



Projet Aquapedia

Inventaire des invertébrés aquatiques

Une contribution à la connaissance de la biodiversité de l'Argens



2010-2014



Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



SOMMAIRE

1	Introduction	4
2	Présentation de l'Argens	5
2.1	Localisation.....	5
2.2	Géologie	6
2.3	Hydrologie.....	8
3	Méthodologie.....	10
3.1	Stations d'étude	10
3.1.1	Cours principal de l'Argens (prélèvements quantitatifs).....	10
3.1.2	Stations complémentaires sur les Affluents et sur le cours principal de l'Argens (prélèvements qualitatifs)	25
3.2	Protocole d'étude	27
3.2.1	Protocole hydrologie	27
3.2.2	Protocole Chimie des eaux	28
3.2.3	Protocole Thermie.....	29
3.2.4	Protocole invertébrés aquatiques.....	30
4	Résultats.....	33
4.1	Hydrologie de l'Argens	33
4.1.1	analyse des limnigraphes du bassin versant de l'Argens	33
4.1.2	Contribution d'Aquapédia à la connaissance de l'hydrologie de l'Argens	45
4.2	Chimie des eaux	50
4.2.1	La conductivité.....	50
4.2.1	L'oxygène	51

4.3	Thermie des eaux	53
4.3.1	Analyse par station	53
4.4	Inventaires des invertébrés aquatiques sur le cours principal de l'Argens, de la source à l'embouchure	68
4.4.1	Caractéristiques globales du peuplement faunistique	68
4.4.2	Analyse du peuplement d'invertébrés aquatiques par station et succession longitudinale.....	73
4.4.3	Comparaison avec les zonations théoriques	79
4.5	Comparaison avec les données antérieures	88
4.5.1	La zonation proposée par Dia (1978)	88
4.5.2	Principaux changements faunistiques observés entre 1978 et 2014	89
4.6	Inventaire qualitatif, la richesse faunistique en invertébrés aquatiques du bassin versant de l'Argens	92
4.6.1	La richesse globale et des différents groupes d'invertébrés	92
4.6.2	Espèces remarquables	94
4.6.3	caractérisation écologique de certains milieux lotiques de l'Argens.....	109
5	Conclusion et Perspectives	113
5.1	Peuplement et typologie, l'influence primordiale des Bouillidoux	113
5.2	Le peuplement faunistique de l'Argens, un patrimoine d'exception	114
5.3	Enjeux et gestion du bassin versant de l'Argens	115

1 INTRODUCTION

Soumis à une pression toujours grandissante, le bassin versant de l'Argens est un territoire méditerranéen en pleine mutation. L'évaluation de l'état naturel de son patrimoine naturel et la comparaison avec les données antérieures, est un bon moyen d'apprecier l'influence de ces changements sur les milieux.

Dans le cadre de l'étude Aquapedia, il a été choisi d'étudier le groupe des invertébrés aquatiques. En effet, ils présentent une relation forte avec leur milieu de vie et certaines espèces sont de très bons indicateurs de l'état et de l'évolution des cours d'eau. Leur répartition dans l'Argens et la comparaison avec les données anciennes peuvent nous renseigner sur les évolutions de la qualité. Ce travail comparatif permet également d'évaluer l'influence de changements plus insidieux et plus globaux, comme le réchauffement climatique.

L'Argens a fait l'objet de plusieurs études et suivis entre les années 1970 et aujourd'hui. Mais la recherche la plus complète concernant le peuplement d'invertébrés est une thèse : *Etude écologique et essai de zonation d'une rivière côtière méditerranéenne : l'Argens (Var), d'Aref Dia (1978)*. Ce travail a été réalisé sous la direction du Professeur Giudicelli (faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme à Marseille). Il est le premier à révéler la richesse faunistique de l'Argens et constitue un élément de référence important pour comparer l'évolution des peuplements dans le temps. Mais depuis 1978, aucun inventaire complet des invertébrés aquatiques n'a été réalisé sur l'ensemble du linéaire de l'Argens.

Né de ce constat, le projet Aquapedia veut combler cette lacune en apportant un recensement des plus exhaustifs. Dans ce but six campagnes de prélèvements ont été réalisées entre 2011 et 2012 sur le cours principal de l'Argens, de la source à l'embouchure. Ces échantillonnages sont réalisés en suivant un protocole précis permettant une analyse quantitative des peuplements afin d'apprecier leur évolution dans l'espace et le temps. Ces échantillonnages sont complétés par des prélèvements qualitatifs sur les mêmes stations d'étude, ainsi que sur de nombreux affluents et des sources (30 stations supplémentaires). Ces prospections plus ciblées consistent à rechercher des invertébrés dans des habitats pressentis et à des stades de développement précis permettant une détermination spécifique. Ainsi, les chasses d'adultes sont réalisées de jour au filet sur l'ensemble des stations. Le stade imago est souvent le seul à pouvoir nous renseigner sur le nom précis des larves qui vivent dans le milieu aquatique. Pour augmenter les chances de collectes d'individus ailés, des captures aux pièges lumineux sont également réalisés de nuit. Cet effort de prélèvement, ainsi que la finesse du niveau de détermination, permet un inventaire précis et une bonne connaissance du peuplement, autorisant une comparaison fiable avec les travaux de référence.

A ces prélèvements faunistiques au cœur de l'étude Aquapedia, s'ajoutent des mesures physico-chimiques, des jaugeages et des mesures en continu de la température afin d'évaluer les composantes abiotiques de l'Argens et leur évolution au cours de plusieurs années de suivis et le long d'un gradient longitudinal.

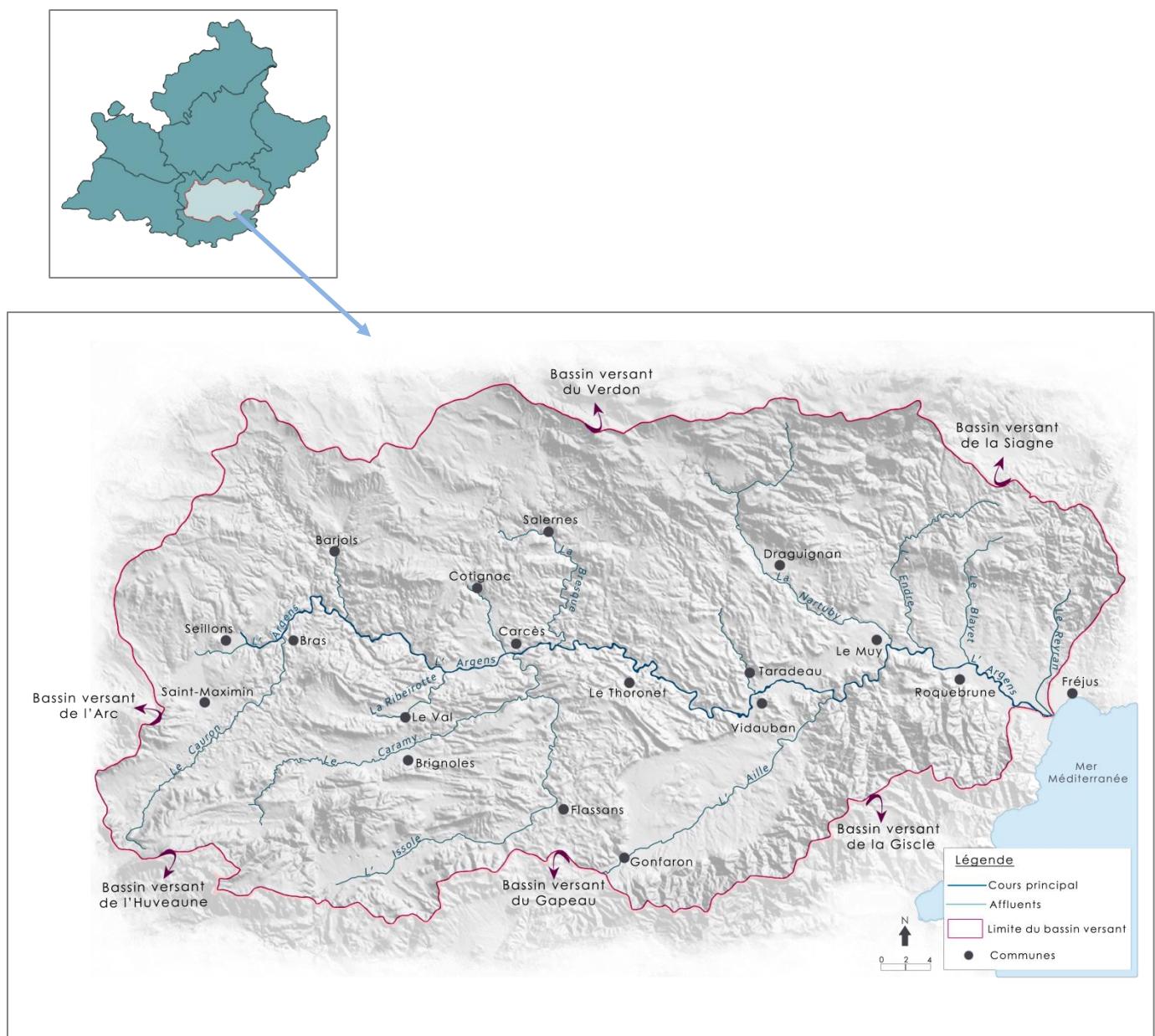
2 PRÉSENTATION DE L'ARGENS

2.1 LOCALISATION

L'Argens prend sa source sur la commune de Seillons-Source-d'Argens, à 269 mètres d'altitude à l'est du massif de la Sainte Victoire. Il s'écoule sur environ **110 kilomètres** et rejoint la Méditerranée dans le golfe de Fréjus.

D'une superficie de 2 800 km², le bassin versant de l'Argens couvre près de la moitié du département du Var. Il s'étend d'ouest en est, à l'amont sur la Provence calcaire, à l'aval sur la Provence cristalline à l'approche du massif des Maures. Il ne totalise pas moins de 81 communes, dont Fréjus et Draguignan abritant chacune plus de 20 000 habitants.

Encadré au sud par le littoral méditerranéen et au nord par le Verdon, le bassin de l'Argens est un lieu de passage très fréquenté notamment en période estivale.

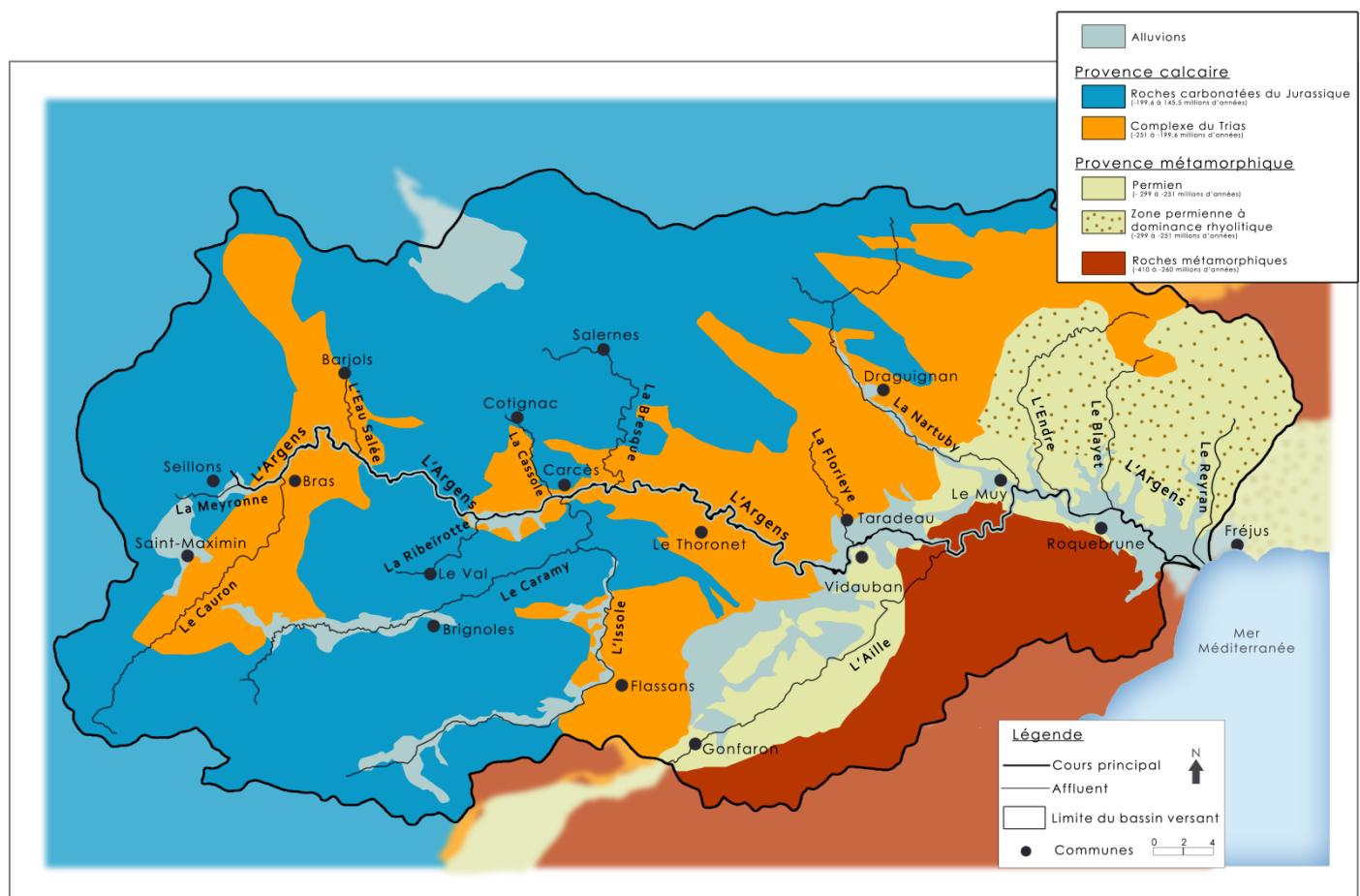


2.2 GEOLOGIE

L'Argens est à cheval entre les formations de la Provence calcaire qui occupe les trois quarts du bassin versant du fleuve, et la Provence cristalline, à l'est, formée par le Massif des Maures et de l'Estérel. Dans la basse vallée, les alluvions transportées puis déposées par le cours d'eau au fil des siècles renferment une nappe phréatique puissante où se confrontent eau douce et eau de mer.

Le bassin versant de l'Argens est marqué par trois particularités géologiques :

- l'abondance des massifs calcaires fissurés. Sur ces secteurs, les précipitations s'infiltrent par les fissures plus ou moins grosses de la roche et alimentent des réservoirs naturels souterrains très riches en eau, les aquifères karstiques. La source de l'Argens a pour origine ces aquifères karstiques.
- l'influence du gypse, roche très soluble qui entraîne une forte minéralisation de l'eau. L'Eau Salée, la rivière qui descend de Barjols et rejoint l'Argens à Châteauvert, lui doit son nom.
- l'influence des versants nord du massif des Maures, formations cristallines très imperméables associées à une forte densité de drainage favorise le ruissellement des eaux de pluie. Ces formations renferment peu de ressources souterraines.



Carte 2 : Géologie simplifiée du bassin versant de l'Argens

- **L'origine des sources salées de l'Argens** : ces eaux très riches en sels minéraux sont le résultat de la dissolution du gypse. Le gypse est une roche sédimentaire formée il y a des millions d'années, en lieu et place d'une ancienne mer fermée. Elle provient de l'évaporation intense d'une eau riche en sulfates de calcium. Ces sources sont caractéristiques du haut bassin de l'Argens. On peut citer les sources de l'Eau Salée à Barjols, les sources des « Bouillidoux » à Châteauvert, les sources des Gours Bénits à Bras, la source de la Foux à Draguignan...
- **Les travertins**, principalement localisés sur les parties calcaires du bassin versant de l'Argens, sont des concrétions calcaires déposées par les cours d'eau saturés en bicarbonate de calcium. Ils forment une succession de seuils naturels qui ordonne le profil en long de la rivière. Formés il y a environ 10 000 ans, ils fossilisent les débris végétaux et animaux, ils sont de véritables outils permettant de reconstituer les climats du passé (paléoclimatologie).
- Les formations cristallines, qui offre peut de capacités de réserve, sont composées de schistes, gneiss, granites. Elles sont le royaume **des cours d'eau temporaires** caractérisés par des crues rapides et violentes, et des périodes d'assèchement du lit en été.



Photo 1 : Barre de Travertin sur le Haut Argens (Bras)



Photo 2 : Vue sur le massif des Maures dans la partie basse de l'Argens (Roquebrune sur Argens)

2.3 HYDROLOGIE

L'Argens, sous l'influence d'un climat méditerranéen, est un cours d'eau à régime pluvial méditerranéen soutenu par des apports karstiques. Le régime de ses eaux est très contrasté, entre des périodes d'étiage et des crues parfois violentes. Les plus fortes précipitations ont lieu au mois de novembre alors que les hautes eaux ont plutôt lieu en janvier soulignant ainsi l'effet tampon des karsts du bassin.

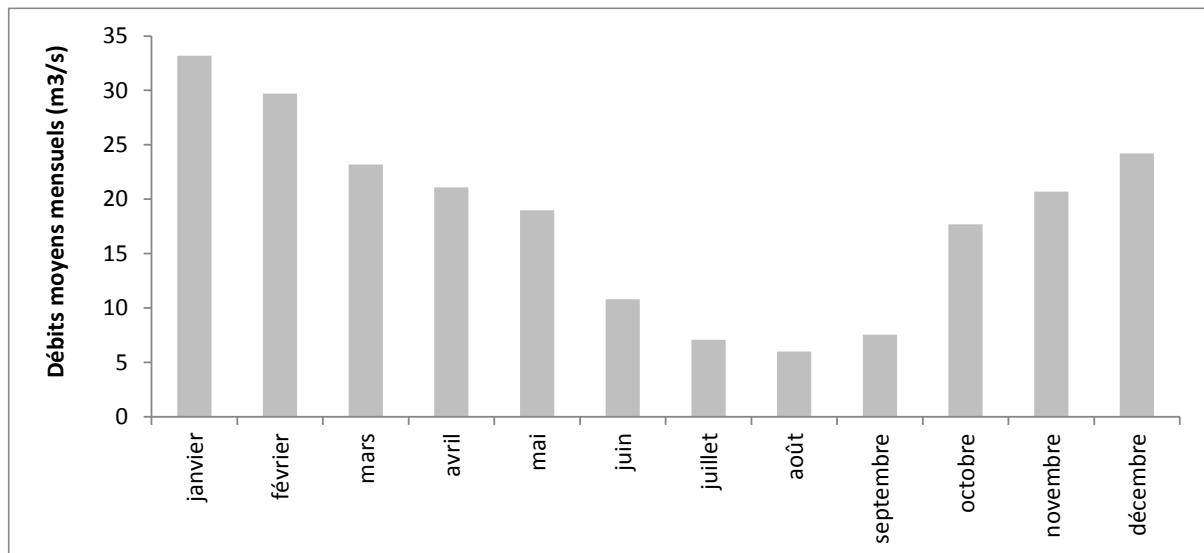


Figure 1 : Débit moyen mensuel de l'Argens à Roquebrune sur Argens sur 39 années de suivis
(données banque hydro)



Photo 3 : L'Argens en crue aux environs de Lorgues

Sur le bassin versant de l'Argens, il existe un fonctionnement hydrologique différent entre l'amont et l'aval. Leurs différences ne sont pas liées aux aménagements, mais sont dues majoritairement à des facteurs naturels, en particulier à la géologie. Ainsi, les taux de ruissellement, les temps de réponse aux précipitations et les temps de propagation des crues sont différents dans la partie haute et basse du bassin versant. Dans le secteur amont, les débits de crues sont limités par les fonctions de rétention d'eau et de ralentissement des ruissellements des zones d'expansion de crue. Dans la partie aval sur le secteur de Roquebrune et de Fréjus, les crues sont rapides et intenses : elles résultent d'un ruissellement intense et rapide dans les vallons de l'Aille et de la Nartuby, et dans une moindre mesure des autres petits affluents de ce secteur.

L'alimentation de l'Argens et de ses affluents est assurée par un ensemble de sources, dont le nombre atteint 320 sur l'ensemble du bassin. Certaines d'entre elles sont immergées dans le lit majeur, tandis que les autres dites de « débordements » en sont assez éloignées.



Photo 4 : Source des Bouillidoux en rive droite de l'Argens au niveau de Châteauvert

Cette hétérogénéité hydrologique à l'échelle du bassin de l'Argens confère à ce cours d'eau toute son originalité qui, comme nous allons le voir dans cette étude, se répercute sur l'ensemble du milieu naturel.

3 METHODOLOGIE

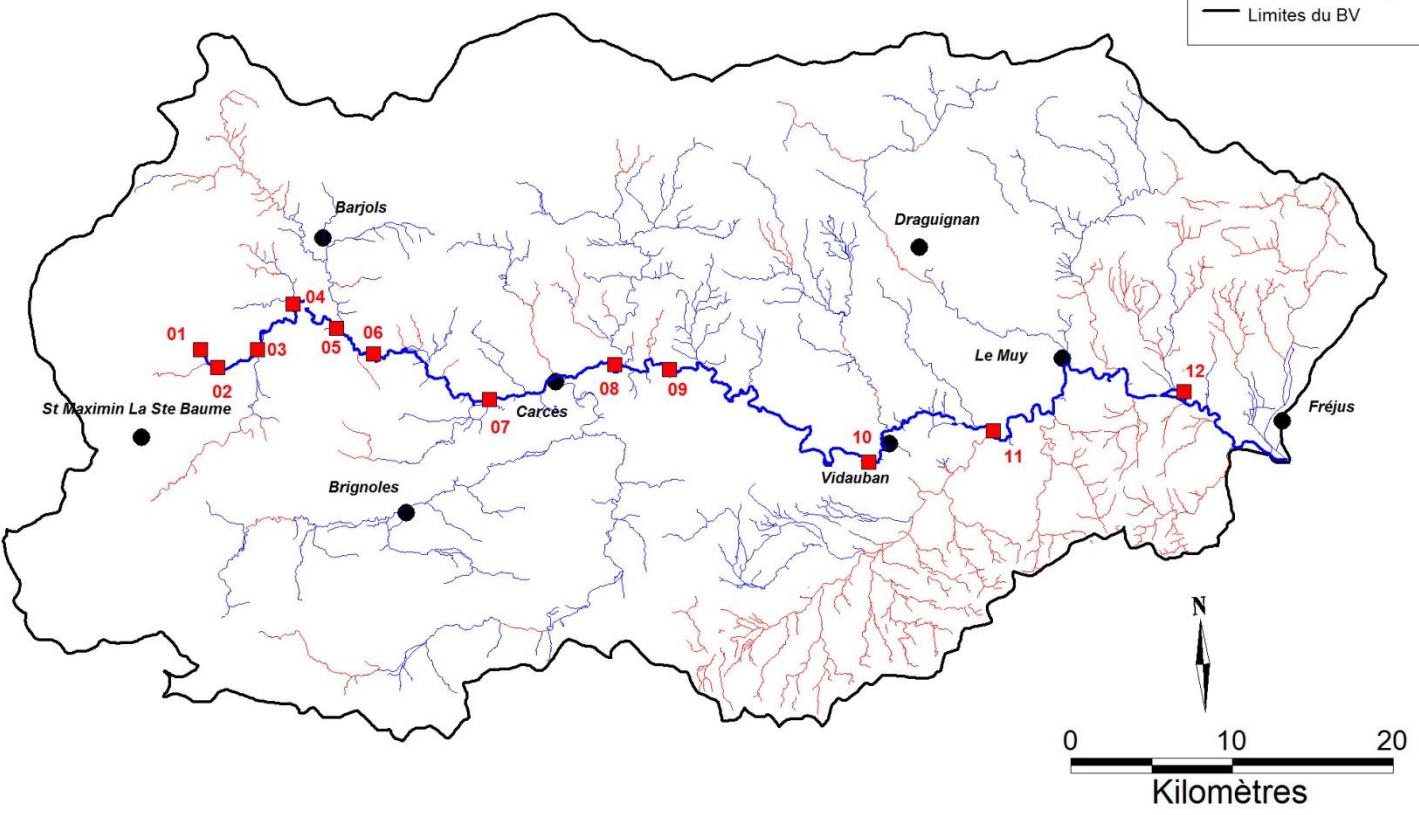
3.1 STATIONS D'ETUDE

3.1.1 COURS PRINCIPAL DE L'ARGENS (PRELEVEMENTS QUANTITATIFS)

Les prélèvements quantitatifs ont été réalisés sur le cours principal de l'Argens. Au total, 12 stations ont été échantillonnées. Leur localisation est mentionnée sur la carte présentée ci-dessous.

**Localisation des stations d'étude sur le cours principal de l'Argens.
Prélèvements quantitatifs**

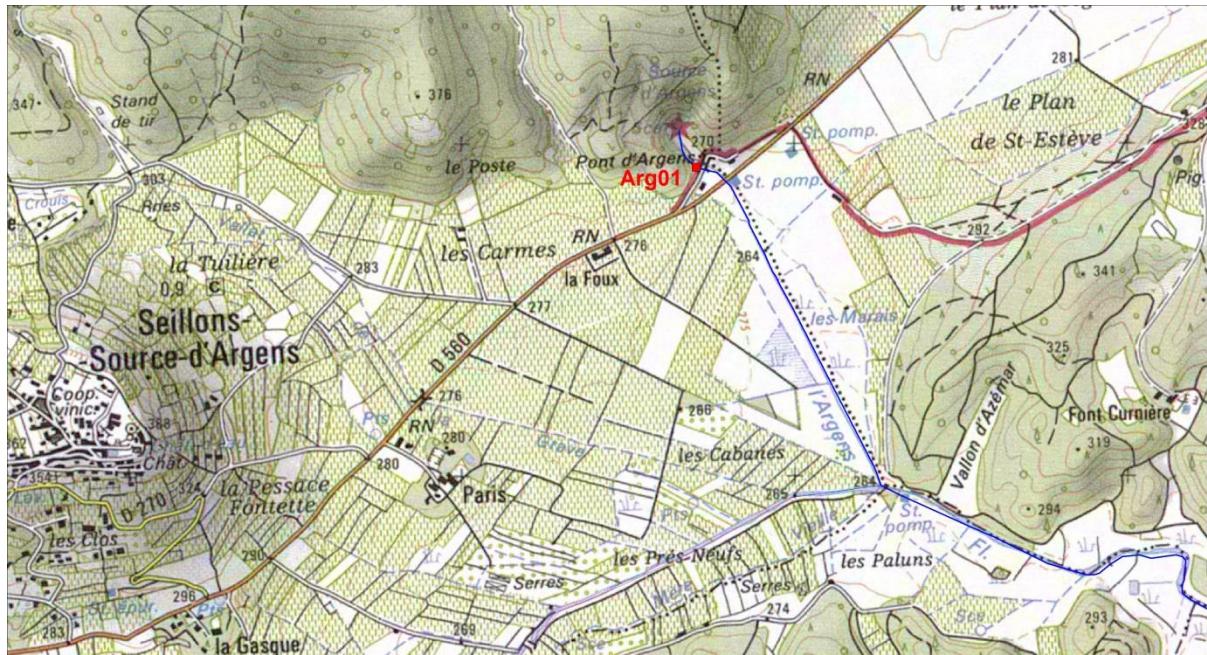
Légende	
■	Stations d'étude
●	Principales agglomérations
—	Ecoulements permanents
—	Ecoulements temporaires
—	Limites du BV



Carte 3 : Présentation des stations d'étude sur le cours principal de l'Argens ayant fait l'objet de prélèvements quantitatifs (au filet Surber)

➤ ARG01 : Source de l'Argens (altitude : 270 m)

Cette station est localisée à environ 100 m de la source de l'Argens, sur la commune de Seillons Source-d'Argens.



Carte 4 : Localisation de la station ARG01

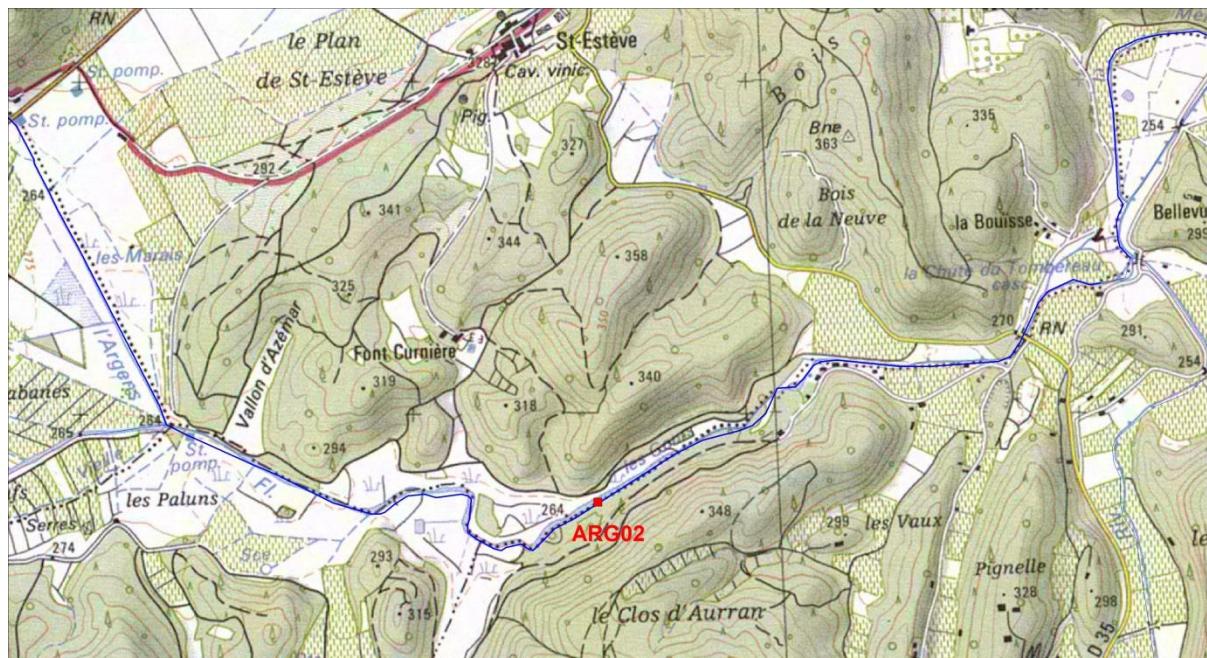
Elle est relativement large (4 à 10 m), caractérisée par un écoulement permanent, une eau claire, fraîche et minéralisée. Les faciès lents où se développe une végétation aquatique assez dense (constituée essentiellement d'*Apium nodiflorum* et de *Potamogeton* sp (feuilles larges)), alternent avec des zones plus rapides de type radier et plat courant. Le substrat dominant dans ce faciès est constitué de pierres fines, cailloux grossiers et quelques pierres grossières. Les éléments du substrat ne présentent aucun signe d'encroûtement par des dépôts calcaires, ni de colmatage par des sédiments fins. La ripisylve est bien présente, constitué essentiellement d'ormes, de frênes et de saules. Elle recouvre sur certains secteurs entièrement le cours d'eau.



Photos 5 : Description de la station ARG01

➤ **ARG02 : Aval du marais de St Estève (altitude : 264 m)**

Cette station est localisée dans la partie terminale du marais de St Estève, sur la commune de Bras. Elle est accessible en voiture par la piste qui longe la rive droite de l'Argens à partir de la route de Brue Auriac/Bras.



Carte 5 : Localisation de la station ARG02

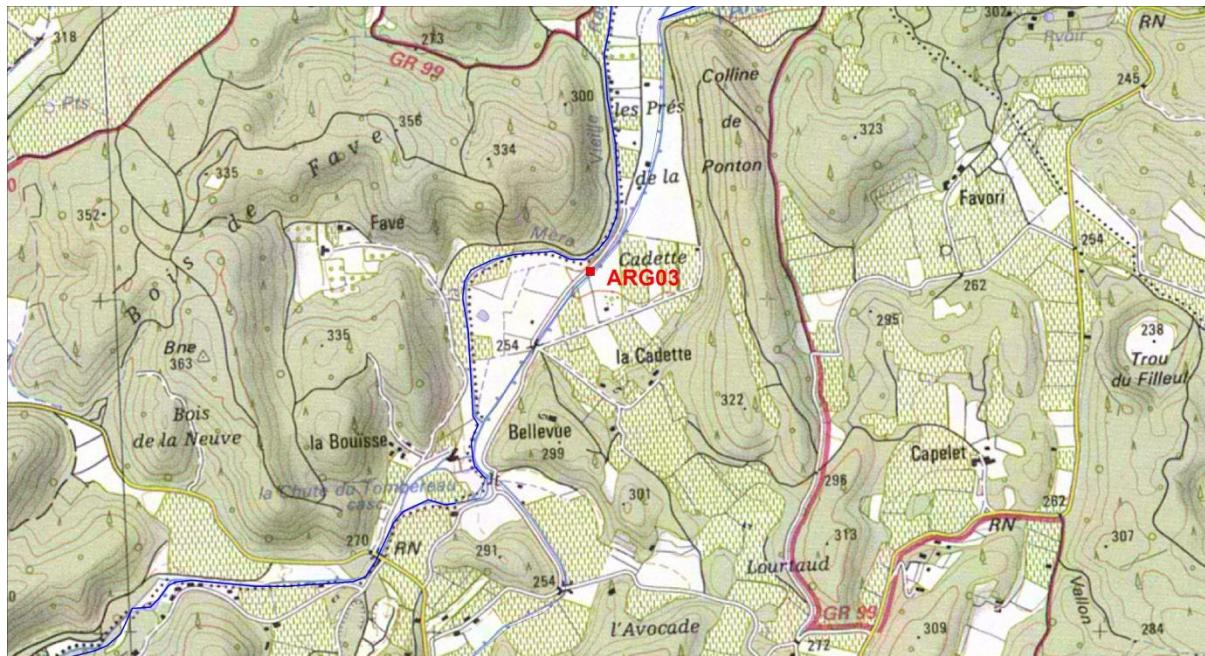
La largeur de la station évolue entre 12 et 15 m. Les profondeurs sont importantes, atteignant 80 cm en moyenne. L'écoulement est lent, caractérisé par des faciès de type plat lent et chenal lentique. Le substrat est constitué principalement de dépôts de matière organique fine et de litière. La végétation aquatique est bien développée. En bordure, les Iris jaunes (*Iris pseudacorus*) sont bien représentés. Quelques taches de Callitriches (*Callitriches sp*) et de Menthe aquatique (*Mentha aquatica*) sont également présentes. Dans le chenal et sur les bordures se développe en abondance le Nénuphar jaune (*Nuphar lutea*). Lors de toutes les campagnes de prélèvements, l'eau présente une turbidité importante.



Photos 6 : Description de la station ARG02

➤ ARG03 : Aval Cauron (altitude : 250 m)

Cette station est située sur la commune de Bras, à 700 m en aval de la confluence avec le Cauron, affluent en rive droite. Elle est accessible par une piste en rive droite, qui débouche sur la route reliant Brue Auriac à Bras.



Carte 6 : Localisation de la station ARG03

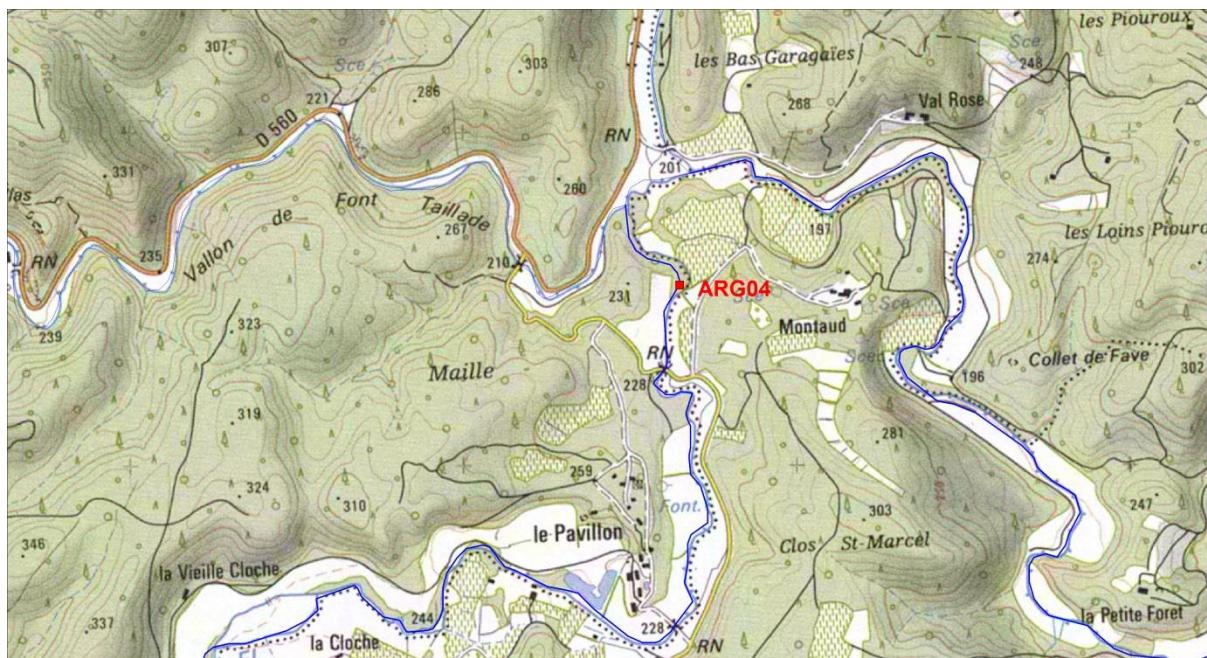
Le substrat est constitué de pierres fines et grossières, ainsi que de blocs, totalement encroûté de concrétions de carbonate de calcium. Quelques dépôts de sables grossiers, de matières organiques fines et grossières (litières, brindilles) sont observables dans les zones de bordures. L'ensemble du lit est canalisé par un mur en pierre de construction ancienne. La ripisylve est bien développée (ormes, frênes) et recouvre l'ensemble du lit mineur. Le cours d'eau (en période de stabilité hydrologique) présente à ce niveau une certaine turbidité.



Photos 7 : Description de la station ARG03

➤ ARG04 : Montaud (altitude : 225 m)

Cette station est localisée sur la commune de Châteauvert, au niveau de la propriété de Montaud. Elle est placée en amont immédiat des cascades. Elle est accessible par la route D34, allant de Barjols à Bras.



Carte 7 : Localisation de la station ARG04

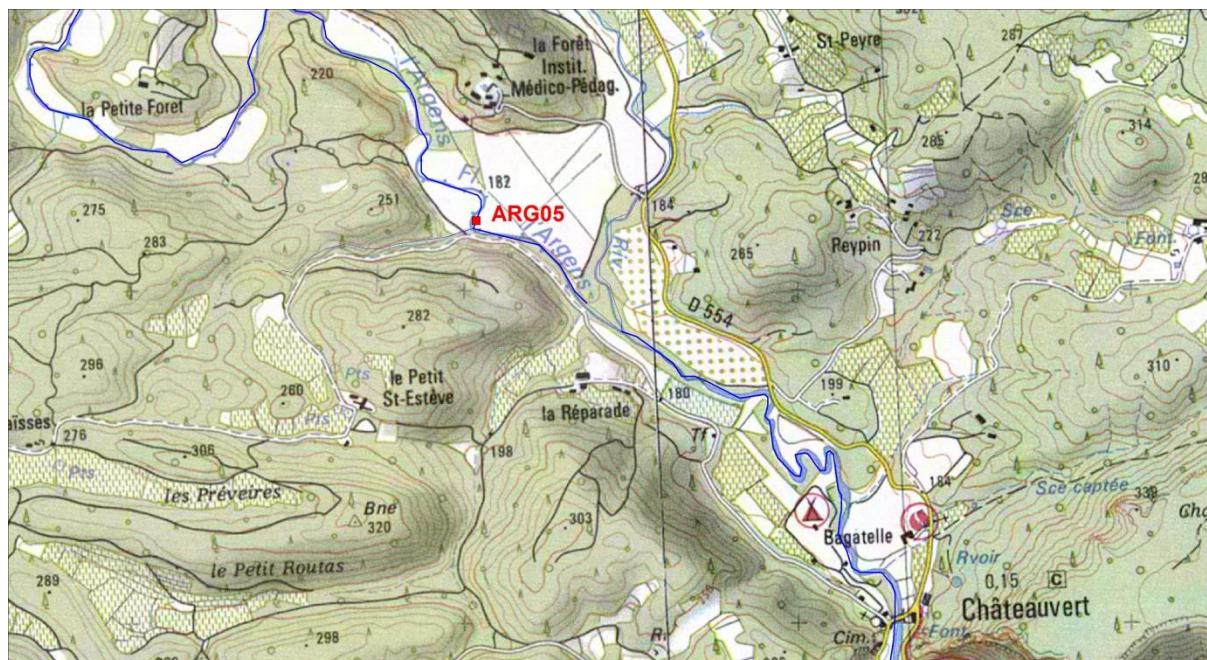
D'une largeur comprise entre 15 et 20 m, cette station est caractérisée par un substrat excessivement encroûté. Les « bancs » de calcaires (travertins) affleurant succèdent aux mouilles profondes (profondeur supérieure à 1 m). Les faciès rapides sont représentés par de petites zones de radiers s'écoulant sur de la dalle, ainsi que par plusieurs cascades, dont la plus spectaculaire présente une hauteur de 4 m. Le cours d'eau présente à ce niveau une turbidité moyenne. Ce secteur est régulièrement soumis lors des étiages sévères à un arrêt de l'écoulement, qui peut conduire dans certains cas à l'assèchement du lit. Ces pertes traduisent la présence d'une zone d'infiltration sur ce tronçon.



Photos 8 : Description de la station ARG04

➤ ARG05 : Aval immédiat des sources dites des « Bouillidoux » (altitude : 182 m)

Située sur la commune de Châteauvert, cette station a été placée en aval immédiat d'une zone de résurgences importantes (dite sources des « Bouillidoux »), qui contribuent à la réalimentation du cours d'eau lors de la période d'étiage. Elle est accessible par la piste qui longe l'Argens en rive droite à partir du pont de Châteauvert.



Carte 8 : Localisation de la station ARG05

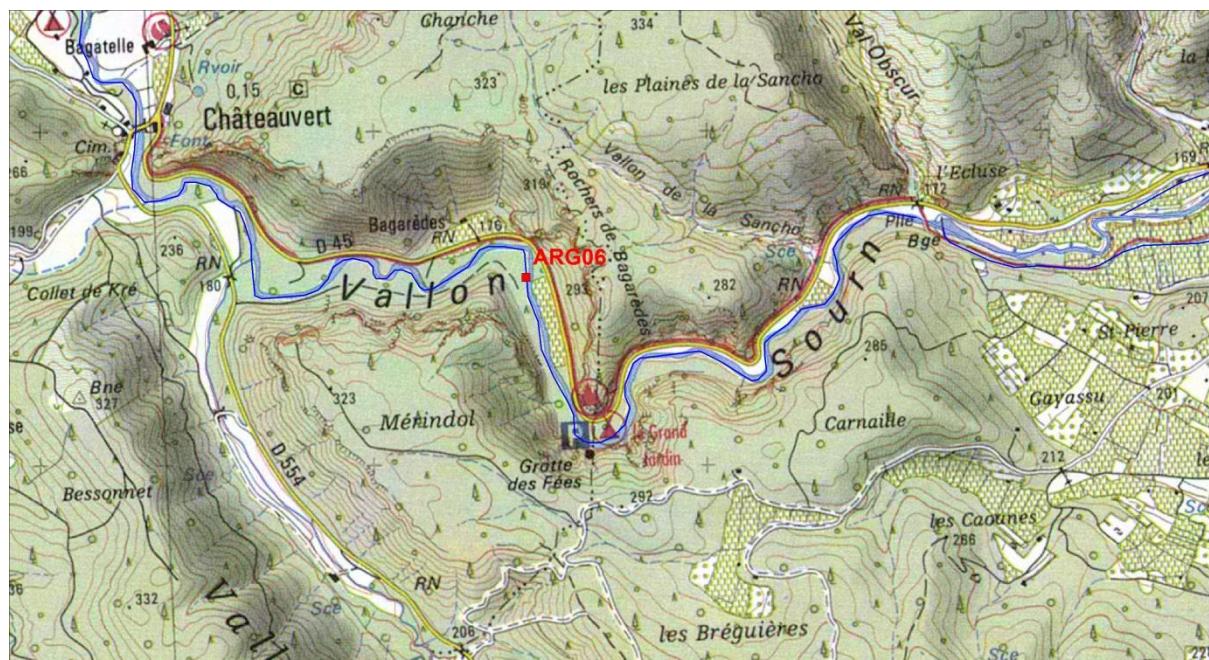
Bénéficiant de l'apport des sources, l'eau est ici beaucoup moins turbide que dans les stations amont. Les faciès dominants sont de type radier et plat courant. Le substrat est principalement constitué de cailloux grossiers, de pierres fines, de pierres grossières et de blocs. Des sables fins et grossiers se déposent dans les zones de bordures. Des développements de Potamots (*Potamogeton pectinatus*) et de Bryophytes sont présents par place. Aucun encroûtement du sédiment n'est observable dans ce secteur. La ripisylve est dense et bien préservée.



Photos 9 : Description de la station ARG05

➤ ARG06 : Vallon Sourn (altitude : 175 m)

Cette station, localisée à la limite des communes de Correns et de Châteauvert, est facilement accessible par la route qui relie les deux villages. Elle est située à environ 3 km de la confluence avec l'Eau Salée.



Carte 9 : Localisation de la station ARG06

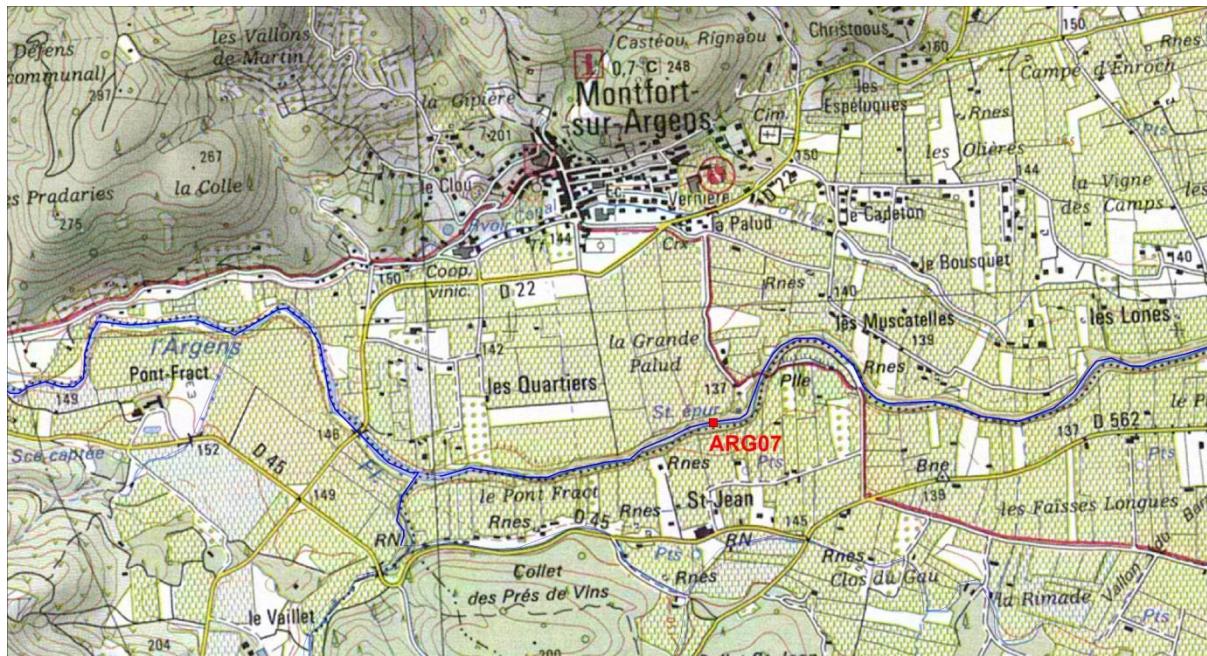
Les faciès dominants sont de type radier, plats courants et mouille de concavité. Le substrat dominant est constitué de cailloux grossiers, de pierres fines et de pierres grossières. Des sables fins et grossiers sont observés dans les zones de bordures, ainsi que des dépôts de matières organiques fines et grossières. Des développements de Bryophytes sont ponctuellement présents.



Photos 10 : Description de la station ARG06

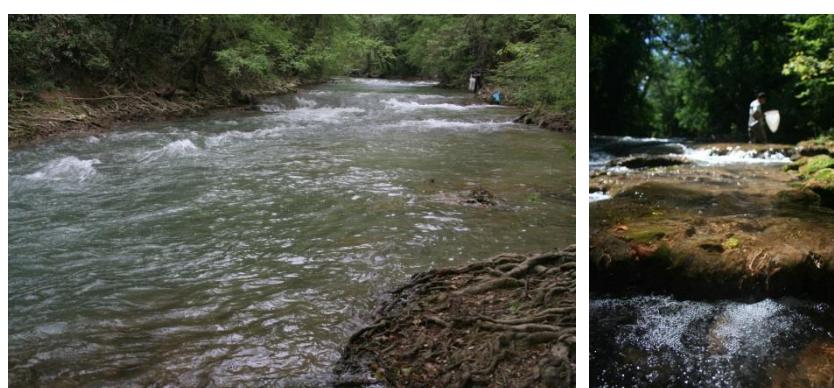
➤ ARG07 : Montfort sur Argens (altitude : 130 m)

Cette station est placée sur la commune de Montfort sur Argens, en amont immédiat de la station d'épuration (STEP) du village. La station est accessible par le chemin qui mène à la STEP.



Carte 10 : Localisation de la station ARG07

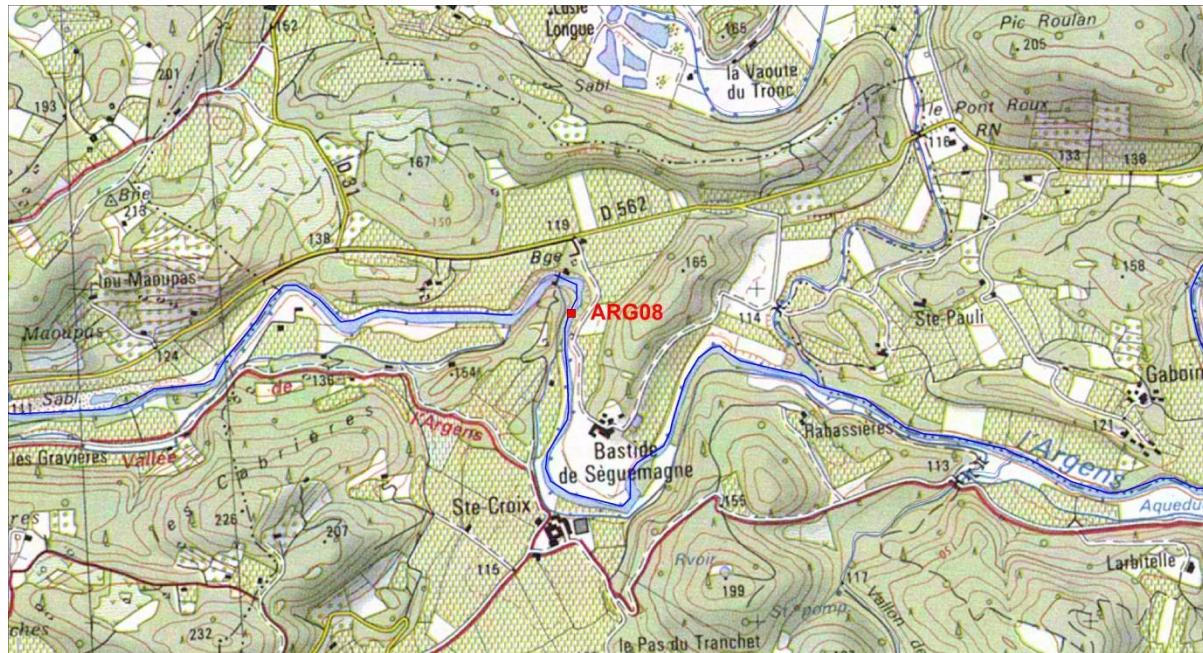
Le cours d'eau est dans ce secteur relativement encaissé. La largeur n'excède pas 8 m et les faciès d'écoulement dominants sont de type rapide, radier et chenal lotique. Le substrat est relativement homogène, constitué de dalles de travertin. Les rares pierres présentes dans cette station sont particulièrement encroûtées et dans certains cas impossible à décollées. Quelques dépôts de matières organiques grossières (litières, branches) sont présents sur les bordures.



Photos 11 : Description de la station ARG07

➤ ARG08 : Seuil de Séguemagne (altitude : 110 m)

Située sur la commune du Thoronet, elle est localisée en aval de Carcès, à une centaine de mètres en aval du seuil de Séguemagne, point de départ du canal de Ste Croix. L'accès se fait par la piste qui mène à la bastide de Séguemagne (propriété privée).



Carte 11 : Localisation de la station ARG08

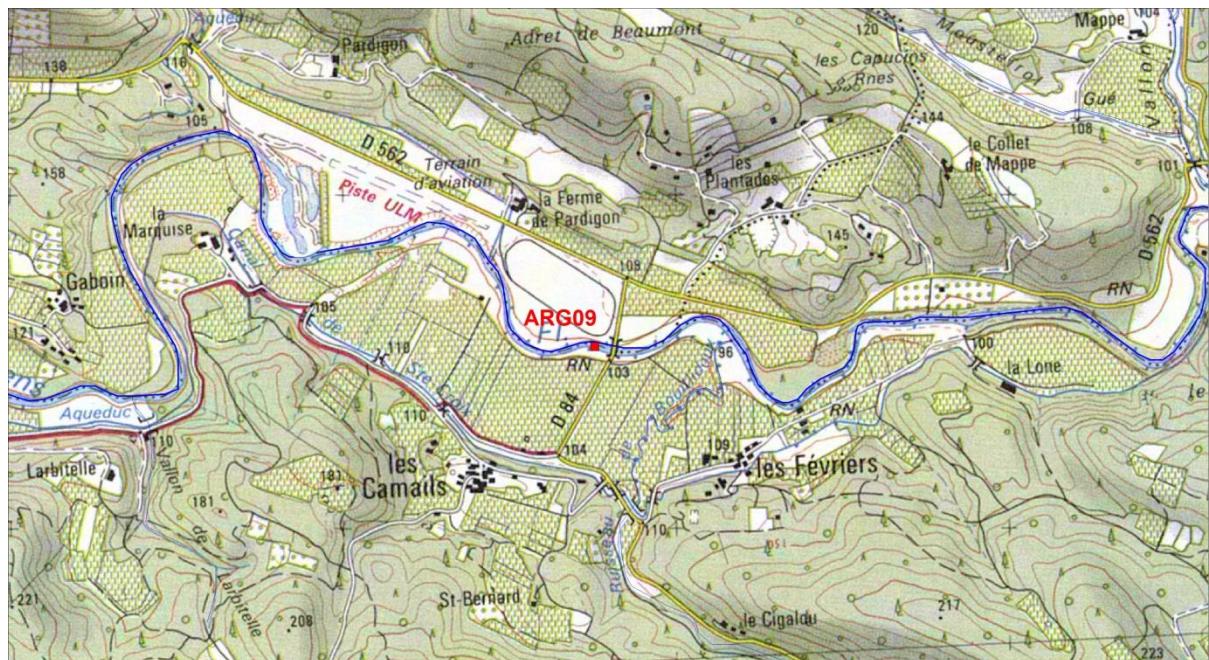
L'aval immédiat du seuil est caractérisé par une fosse de dissipation de très grande surface dont l'exutoire forme un radier/rapide qui à son tour forme un plat courant. Le substrat est constitué essentiellement de pierres fines et de cailloux grossiers, relativement encrouté par des dépôts calcaires. Un développement algal important est constaté au cours de la période estivale.



Photos 12 : Description de la station ARG08

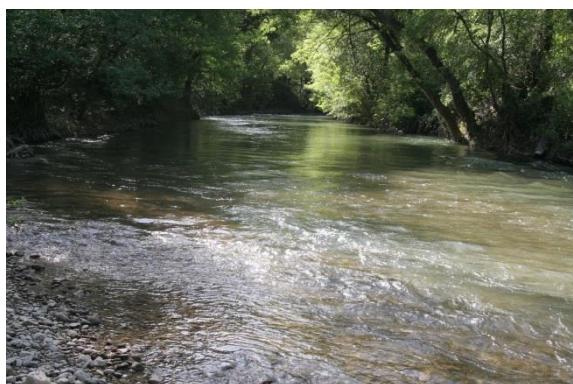
➤ ARG09 : Pont des Févriers (altitude : 100 m)

Ce point est situé à 4 km en aval de l'affluent La Bresque, qui conflue avec l'Argens en rive gauche. Il appartient à la commune du Thoronet. La station est accessible par la route qui relie Carcès au Thoronet, en amont du pont.



Carte 12 : Localisation de la station ARG09

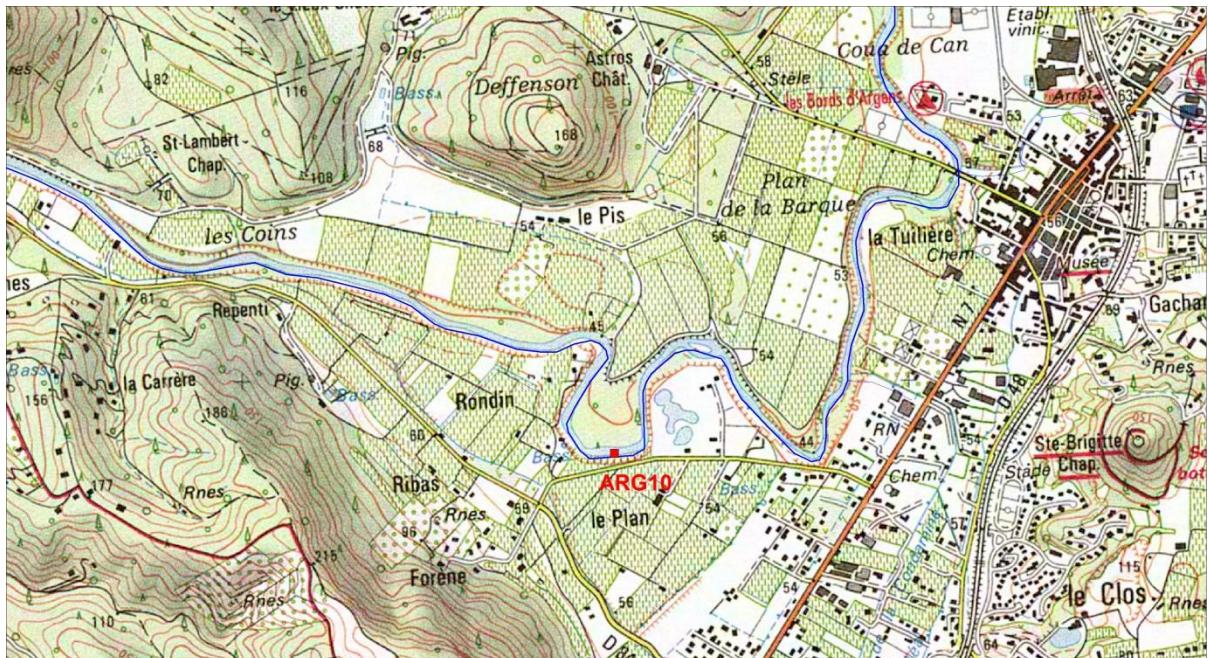
Les faciès d'écoulement dominants sont de type plat lent, radier et rapide. Le substrat est dominé par des pierres fines et des cailloux grossiers. Dans les zones lentes, un dépôt de sables fins et de matière organique fine est présent. Un développement d'algues filamenteuses est observé au cours de la période estivale. Le substrat présente un encroûtement moyen.



Photos 13 : Description de la station ARG09

➤ ARG10 : Amont Vidauban (altitude : 45 m)

Cette station est localisée en amont de la ville de Vidauban. Elle reçoit les eaux des sources d'Entraigues, situées plus de 4 km en amont, ainsi que celles de la retenue du même nom.



Carte 13 : Localisation de la station ARG10

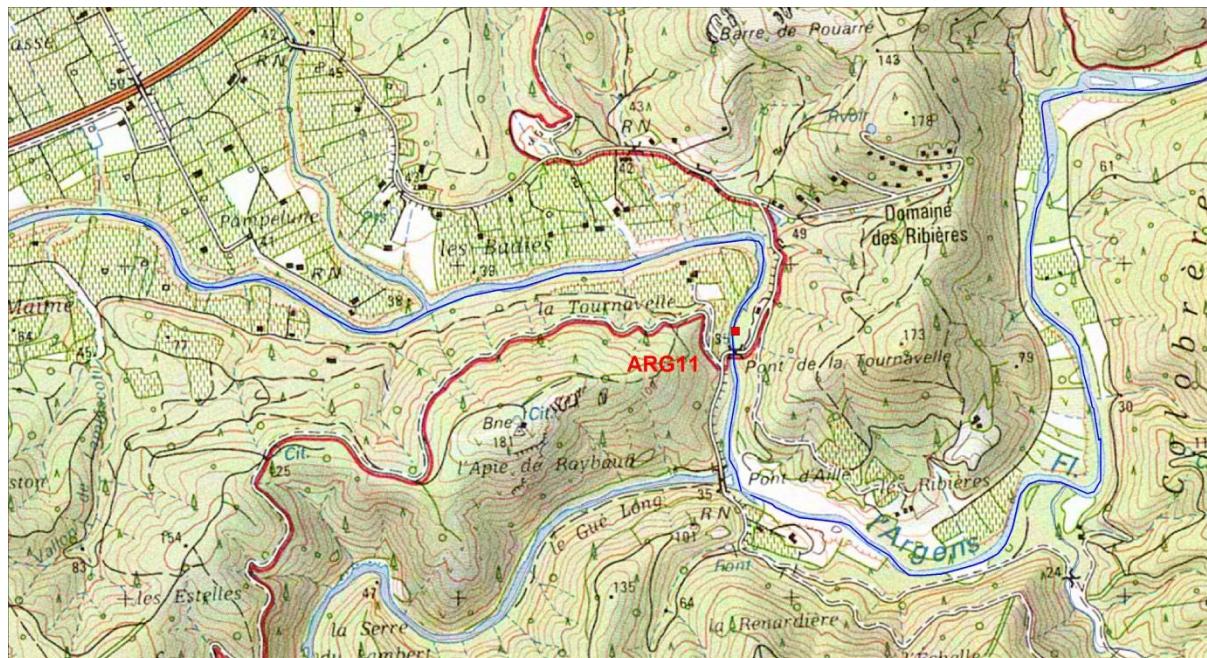
Les faciès d'écoulement dominants sont de type chenal lent, chenal lotique et radier. Le substrat dominant est constitué de cailloux fins et de graviers grossiers. Quelques pierres fines sont présentes, mais les sédiments grossiers sont globalement rares dans cette station. Dans les zones lentes, un dépôt de sables fins et de matière organique grossière est présent. On observe également dans les secteurs rapides un développement d'herbiers (*Potamogeton pectinatus*).



Photos 14 : Description de la station ARG10

➤ ARG11 : Les Arcs (altitude : 35 m)

Située sur la commune des Arcs, cette station est localisée en amont immédiat du Pont de la Tournavelle (propriété privée). Elle est accessible par la piste qui mène à la confluence avec l'Aille.



Carte 14 : Localisation de la station ARG11

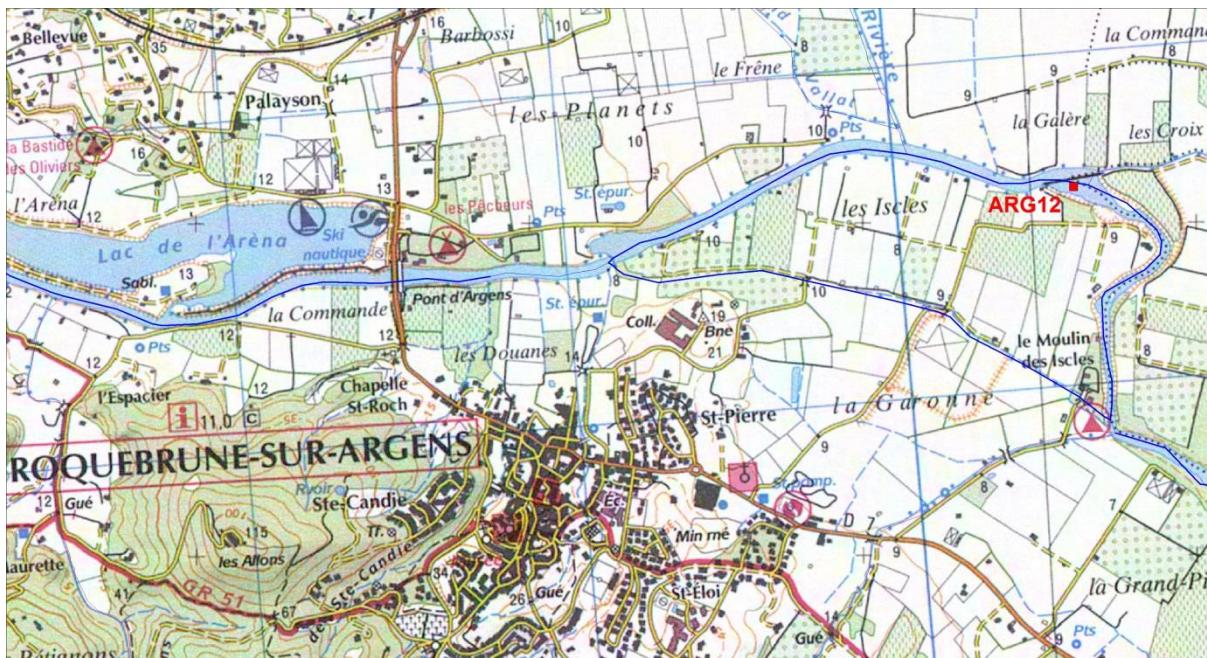
Les faciès d'écoulement dominants sont de type rapide, radier et plat courant. Le substrat est varié, constitué essentiellement de pierres fines, de cailloux grossiers, de sables grossiers et sables fins. Le développement du biofilm est très important au cours de la période estivale.



Photos 15 : Description de la station ARG11

➤ ARG12 : Roquebrune sur Argens (altitude : 8 m)

Localisée sur la commune de Roquebrune-sur-Argens, cette station est accessible par la route qui mène au lieu-dit « les Iscles ». Elle est localisée en aval immédiat d'un large seuil construit d'enrochements.



Carte 15 : Localisation de la station ARG12

La station présente un large rapide en rive gauche où s'écoule la majorité du débit. En rive droite, une part non négligeable du débit s'écoule sous forme de radiers et de plats courants. Ils constituent les rares habitats lotiques du tronçon aval, l'amont du seuil étant caractérisé par un chenal lentique de plusieurs kilomètres de long fortement anthropisé (base de loisir). Le substrat dominant de la station est constitué de cailloux grossiers, pierres fines et grossières, ainsi que de dalles (enrochement). L'ensemble des interstices du substrat présente un comblement par des sables fins et grossiers. La végétation aquatique est particulièrement abondante en été. Le développement du biofilm est très important au cours de la même saison.



Photos 16 : Description de la station ARG12

Les principales caractéristiques des stations d'étude sur le cours principal de l'Argens ayant fait l'objet de prélèvements quantitatifs sont mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Stations	ARG01	ARG02	ARG03	ARG04	ARG05	ARG06	ARG07	ARG08	ARG09	ARG10	ARG11	ARG12	Mer
Distance source officielle (km)	0	2,4	5,3	9,3	14,4	17,9	27,9	37,3	42,7	65,9	77,8	98,4	109,4
Distance résurgence la plus proche (km)	0	2,4	5,3	9,3	0,4	3,9	13,9	23,3	28,7	4,3	16,2	36,8	
Distance avec la station amont (km)	0	2,4	2,9	4	5,1	3,5	10	9,4	5,4	23,2	11,9	20,6	11
Altitude (m)	270	264	250	225	182	175	130	110	100	45	35	5	0
Pente entre les stations (%)	0	0,25	0,48	0,63	0,84	0,20	0,45	0,21	0,19	0,24	0,08	0,15	0,05
Pente par rapport à la source (%)	0	0,25	0,38	0,48	0,61	0,53	0,50	0,43	0,40	0,34	0,30	0,27	0,25
Rang de Strahler	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	6	
Calcaire (0/1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
Cristallin (0/1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
Encroûtement (0/1)	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	
Colmatage fines (0/1)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tableau 1 : Principales caractéristiques des stations d'étude sur le cours principal

Les douze stations d'étude du cours principal de l'Argens sont répartis sur les 110 km qui séparent la source officielle à Seillons Source-d'Argens à l'embouchure dans la mer Méditerranée au niveau du golfe de Fréjus. La première station (notée ARG01) est localisée au niveau de la source et la station la plus en aval (notée ARG12) est localisée à environ 100 km de la source.

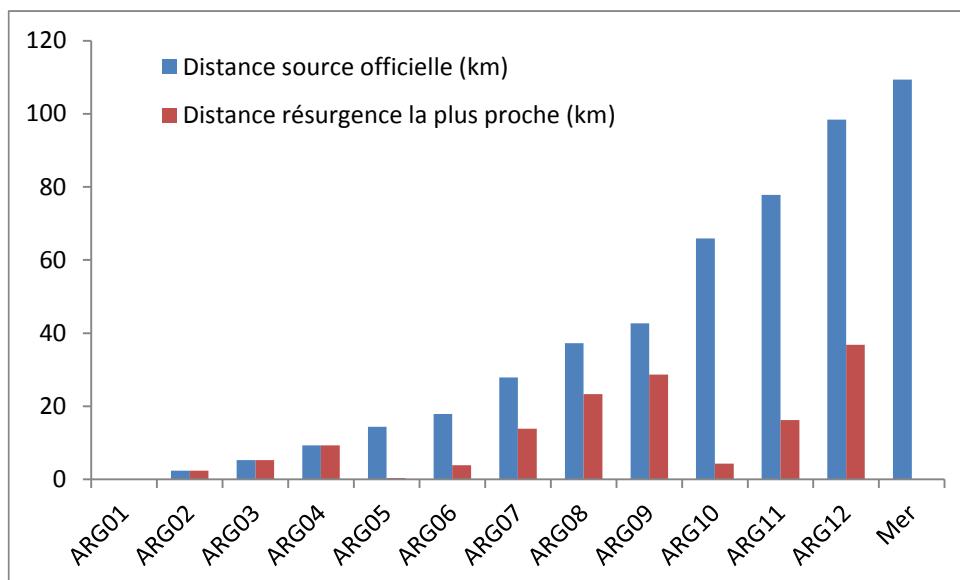


Figure 2: Distance à la source officielle des différentes stations d'étude et distance des résurgences les plus proches

Sur le graphique ci-dessus sont indiquées les distances à la source officielle située à Seillons, mais également la distance aux résurgences importantes qui peuvent influencer la qualité du milieu par l'apport d'eau fraîche. On remarque qu'il existe 3 secteurs principaux proche d'une résurgence influente : la station ARG01, la station ARG05 et enfin la station ARG10.

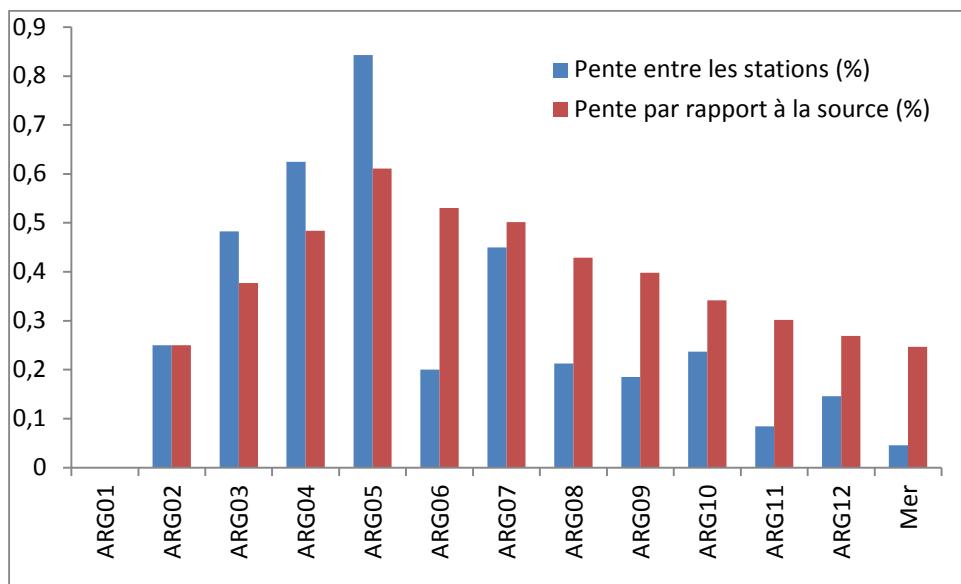


Figure 3 : Pente entre les différentes stations et par rapport à la source

Entre sa source située à 270 m d'altitude et son embouchure dans la mer Méditerranée, le cours principal de l'Argens présente une pente moyenne de 0,25%. Entre la source et la station ARG02, la pente moyenne est faible, indiquant un caractère atypique et peu pentu des premiers kilomètres du cours principal. La pente maximale est observée entre les stations ARG04 et ARG05 où elle atteint 0,84%. Puis elle diminue progressivement jusqu'au niveau de la mer.

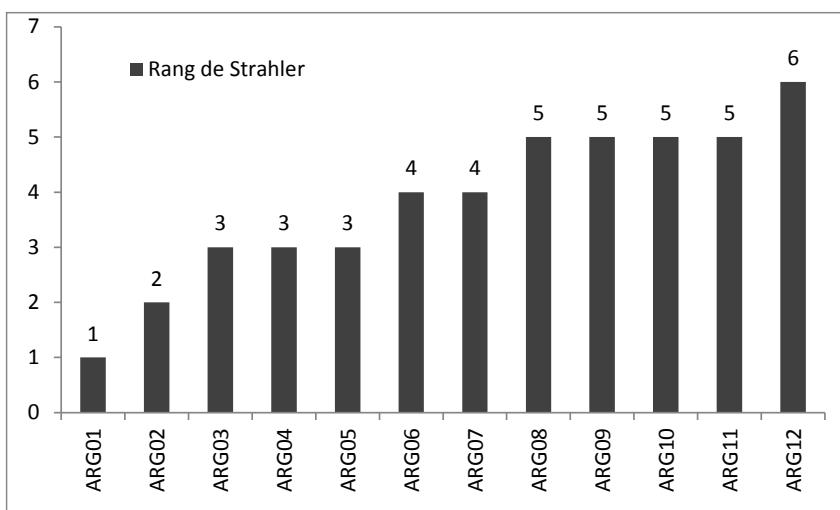
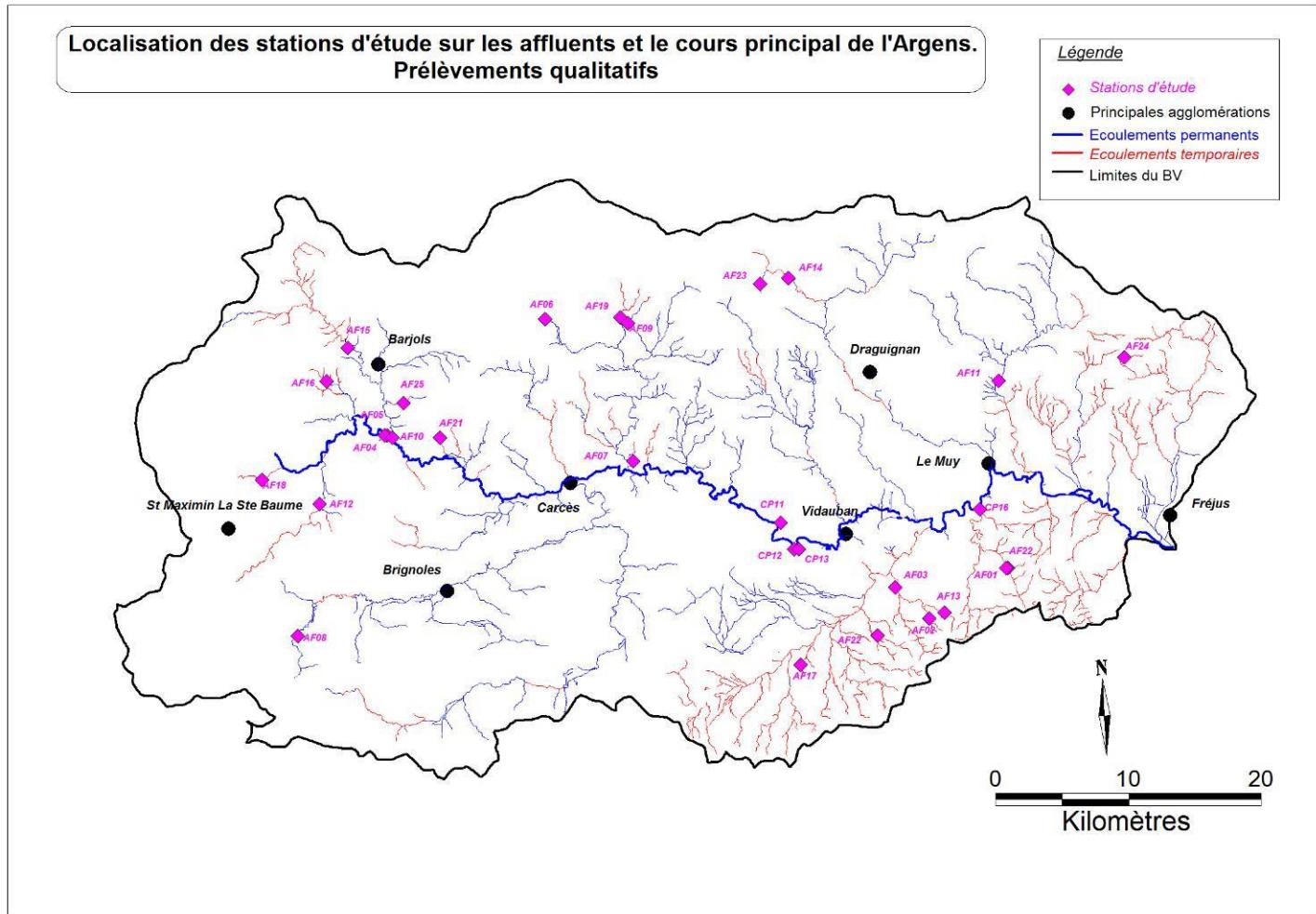


Figure 4 : Stations d'étude et rang de Strahler

La méthode des rangs de Strahler rend compte de l'intensité de drainage en intégrant la règle des confluences. Théoriquement, les stations appartenant aux rangs 1 et 2 sont représentatives de « très petits cours d'eau » (ici les stations ARG01 et ARG02). Le rang 3 caractérise les « petits cours d'eau » (ici station ARG03 à ARG05). Le rang 4 comprend les cours d'eau « moyens » (ARG06 et ARG07) et le rang 5 les « grands » cours d'eau (stations ARG08 à ARG11). Enfin le rang 6 comprend le type « très grands cours d'eau » (ici station ARG12).

3.1.2 STATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LES AFFLUENTS ET SUR LE COURS PRINCIPAL DE L'ARGENS (PRELEVEMENTS QUALITATIFS)

Les prélèvements qualitatifs ont été réalisés sur les affluents et certaines stations du cours principal de l'Argens. Au total, 30 stations ont été échantillonnées. Leur localisation est mentionnée sur la carte présentée ci-dessous.



Carte 16 : Présentation des stations d'étude Aquapedia sur les affluents et le cours principal de l'Argens ayant fait l'objet de prélèvements qualitatifs

Les stations ayant fait l'objet uniquement de prélèvements qualitatifs se répartissent de la manière suivante : **25 stations** ont été positionnées sur les affluents de l'Argens et **5 stations** ont été placées sur des secteurs du cours principal qui n'ont pas fait l'objet de prélèvements quantitatifs mais qui présentaient un intérêt écologique fort (exemple source d'Entraigues) nécessitant de cibler les investigations.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Codes stations	AF01	Baguieri affluent RG																													
	AF02	Beil amont																													
Distance source officielle (km)	0	1,5	5,7	0	0	0,6	22	0,8	2,5	8,8	15,5	0	1,9	4,4	4,8	0,5	0,7	0,1	0,2	1,4	0,1	3,3	0,5	1,4	1,8	14	58,1	61,6	62	86,1	
Altitude (m)	130	130	50	180	180	360	115	280	350	180	60	260	130	510	270	270	85	280	350	130	280	95	620	230	248	185	70	60	50	25	
Rang de Strahler	1	2	3	1	1	1	4	2	1	3	3	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	3	5	5	5	6	
Calcaire (0/1)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
Cristallin (0/1)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Encroûtement (0/1)	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	
Colmatage fines (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	

Tableau 2 : Principales caractéristiques des stations ayant fait l'objet de prélèvements qualitatifs (affluents et cours principal)

Afin d'avoir une vision la plus représentative possible de la diversité des milieux lotiques recensés sur l'ensemble du bassin versant de l'Argens, plusieurs critères ont été pris en compte pour le choix des stations. La géologie a permis de séparer les affluents situés en rive droite de la partie basse de l'Argens et qui draine la partie septentrionale du massif des Maures. Neuf stations ont été positionnées dans ce **secteur cristallin**. Elles sont caractérisées pour la majorité par un écoulement temporaire. Les autres stations sont caractérisées par un **substrat calcaire**. Pour certaines d'entre elles l'encroûtement du lit est caractéristique.

L'**altitude** est également variable d'une station à l'autre. La station notée AF23 localisée sur le vallon de Valségure présente l'altitude maximale (620 m).

Pour les prélèvements qualitatifs réalisés sur les affluents, il a été choisi de privilégier les **secteurs sous l'influence des sources**. Ainsi plus de la moitié des stations ont été positionnées dans des tronçons où le rang de Strahler est égal à 1 (ruisselet de source, ruisseau). Comme le montre les études réalisées sur les réseaux hydrographiques méditerranéens (exemple de la Corse), ces secteurs sont a priori plus enclins à l'endémisme.



Photo 17 : Exemple de station placée au niveau d'une source, les Bouillidoux à Châteauvert

3.2 PROTOCOLE D'ETUDE

3.2.1 PROTOCOLE HYDROLOGIE

Des **mesures de débits instantanées** sont réalisées sur l'ensemble du linéaire, de la source à l'embouchure. Les mesures consistent à mesurer des vitesses d'écoulement régulièrement le long d'un transect (matérialisé par une décamètre étendu sur la largeur du lit mineur) et à des profondeurs différentes (à 20, 40 et 80% de la profondeur).

En connaissant la vitesse moyenne pour une section donnée il est alors possible de calculer un débit. Les mesures de vitesses sont réalisées à l'aide du **courantomètre Flo-mate 2000**.

Au minimum *douze stations* sont jaugées à chaque campagne. Cependant, afin d'intégrer les particularités locales, des mesures complémentaires ont pu être réalisées. Ainsi les sources d'Entraigues sur le Bas Argens et celles des Bouillidoux sur le Haut Argens ont été encadrées par plusieurs points de mesures afin d'évaluer précisément les zones d'infiltrations ou de résurgences.



Photo 18 : Jaugeage à l'aide d'un courantomètre

Le protocole de mesures des débits dans le cadre d'Aquapedia tient compte des **disparités spatiales** mais également de l'**évolution temporelle** de l'hydrologie du cours d'eau à l'échelle du bassin versant. Ainsi, les campagnes de mesures sont réparties tout au long de l'année d'étude afin de rendre compte des évolutions saisonnières.

Mais, s'il est relativement aisé de réaliser des mesures à l'étiage sur l'ensemble du linéaire, il est impossible de mesurer les débits qui empêchent l'opérateur de traverser le cours d'eau dans des conditions acceptables de sécurité. Les débits de crues n'ont donc pas pu être mesurés ainsi que les hautes eaux hivernales et printanières consécutives aux fortes précipitations. Pour cette même raison, les débits ont pu être mesurés dans les secteurs amont mais pas toujours dans les stations aval (en particulier la station ARG12) où les profondeurs ne permettent pas de travailler en sécurité. Dans ces cas-là, les débits disponibles aux différentes stations de suivis dans le **cadre de Vigicrue ou de la banque Hydro** seront intégrés à l'étude.

Pour ces raisons, et aussi à cause d'une problématique et d'un mode opératoire différents, les campagnes de prélèvements faunistiques et les mesures de débits n'ont pas été réalisées de manière concomitante.

3.2.2 PROTOCOLE CHIMIE DES EAUX

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**.



Photo 19 : Sonde multi-paramètres utilisées pour les mesures in situ

Ces mesures visent d'abord à caractériser l'état chimique du cours d'eau au niveau des douze stations retenues sur le cours principal, de la source à l'embouchure. Des mesures sont également effectuées au cours des différentes campagnes de mesures de débits (protocole hydrologie) pour lesquelles les dates et les stations peuvent être sensiblement différentes à celles retenues pour la faune.

Ces mesures systématiques de la chimie des eaux au cours du protocole hydrologie et du protocole invertébrés aquatiques permettent d'obtenir un plus grand jeu de données à des dates et dans des secteurs différents. L'analyse des résultats s'en trouve donc affinée.



Photo 20 : Mesures réalisées in situ à l'aide de la sonde multi-paramètres

Les résultats permettront d'estimer l'influence du contexte géologique, très diversifié sur le bassin versant de l'Argens. Les mesures de la minéralisation des eaux au travers de la conductivité nous renseignent par exemple sur le degré d'influence des sources sulfatées sur le haut bassin. Les mesures d'oxygène permettront également de connaître les secteurs soumis à des phénomènes d'eutrophisation et ainsi, d'évaluer l'influence de certaines activités humaines.

3.2.3 PROTOCOLE THERMIE

Afin de caractériser de manière précise le comportement thermique du cours d'eau sur l'ensemble de son linéaire, des **enregistreurs thermiques** ont été placés dans les douze stations retenues sur le cours principal de l'Argens. Afin d'intégrer dans l'interprétation des données, les évolutions de la température atmosphérique, deux thermographes mesurent à pas de temps horaire 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 premier est situé sur le haut Argens, au niveau de Bras. Le second sur la partie basse du linéaire, au niveau du Muy.

Le matériel utilisé est le thermographe étanche à 30 m de type **HOBO data logger Pendant UA Temp/Alarm**. 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 trois mois, dans la mesure où les conditions hydrologiques le permettent.



Photo 21 : Pose dans le cours d'eau (station ARG06) d'un thermographe enregistreur

Les résultats thermiques permettront d'évaluer le comportement thermique de l'Argens sur l'ensemble de son linéaire, de la source à l'embouchure. L'influence des sources sera particulièrement étudiée. Les paramètres pris en compte seront les températures moyennes journalières, les températures maximales et les amplitudes saisonnières et journalières. Ces résultats permettront d'interpréter la répartition des différentes espèces d'invertébrées sur le cours de l'Argens, et ainsi de mieux appréhender la biotopologie du fleuve.

3.2.4 PROTOCOLE INVERTEBRES AQUATIQUES

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 de l'évolution des richesses et des densités sur le linéaire de l'Argens au cours d'un cycle annuel. 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.

3.2.4.1 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 (1/20^{ème} de m²) et la mille 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 uniquement les **douze stations identifiées au préalable, réparties sur l'ensemble du linéaire de l'Argens**.

Au total, **6 campagnes de prélèvements** ont été réparties entre 2011 et 2012 afin d'intégrer le cycle annuel des invertébrés. Elles ont été complétées par trois campagnes supplémentaires de prélèvements qualitatifs sur les mêmes stations.



Photos 22 : Prélèvements quantitatifs à l'aide du filet Surber

Au total, **quatre habitats sont retenus par station**. Pour permettre une comparaison fiable entre station et entre campagne, les habitats sont définis au préalable. Pour au minimum deux d'entre eux, il s'agit d'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 effectués dans les habitats les plus biogènes possibles présents sur la station (bryophytes, spermaphytes, litières, racines).

Ce protocole s'inspire en partie du protocole utilisé par **Dia, 1978** (Etude écologique et essai de zonation d'une rivière côtière méditerranéenne : l'Argens (Var)). Cette étude est actuellement la plus complète sur le sujet. Elle servira de référence pour une comparaison des résultats obtenus.

3.2.4.2 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, Odonates, Hétéroptères), les prélèvements se font à vue ou en fauchant la végétation rivulaire à l'aide d'un filet à papillons.



Photos 23 : 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 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.

Dans la mesure du possible (conditions météorologiques favorables, temps imparti suffisant), l'ensemble des stations a également fait l'objet de **chasses de nuit au piège lumineux**, afin de capturer des adultes nocturnes de Trichoptères, Plécoptères ou Ephéméroptères.



Photo 24 : Réalisation de chasses de nuit à l'aide d'un piège lumineux

Dans l'ensemble des douze stations réparties sur le cours principal de l'Argens qui font l'objet de prélèvements quantitatifs comme décrits au paragraphe précédent, les prélèvements qualitatifs ont pour objectifs de compléter la liste faunistiques afin de la rendre la plus exhaustive possible.

Ces prélèvements qualitatifs ont également été réalisés sur plusieurs stations situées sur les affluents ou le cours principal de l'Argens, dans des secteurs distincts des douze stations suivies, pour lesquels un intérêt faunistique était pressenti. Ils ont pour but de mieux connaître la richesse en invertébrés aquatiques de l'ensemble du bassin versant de l'Argens et en particuliers, d'évaluer l'intérêt patrimonial de ce peuplement en **recherchant la présence d'espèces rares, localisées ou endémiques**.

Au total, trente-huit campagnes de chasses de nuit ont été effectuées, sur le cours principal de l'Argens et ses affluents

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 (<http://maisonregionaledel'eau.com/mre/>) sont ensuite validées par des scientifiques reconnus (Gennaro COPPA (OPIE), Michel BRULIN (OPIE), Jean Giudicelli (Hydrobiologiste, Professeur émérite). 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>).

4 RESULTATS

4.1 HYDROLOGIE DE L'ARGENS

4.1.1 ANALYSE DES LIMNIGRAPHES DU BASSIN VERSANT DE L'ARGENS

4.1.1.1 Importance de la géologie

Les débits de l'Argens et ses affluents sont suivis par plusieurs stations de mesure (limnigraphes) dont 11 ont été analysées (le choix s'est porté sur les stations ayant la plus longue période de mesure). Elles se répartissent de la manière suivante : 5 sur l'axe principal du fleuve, 6 sur les principaux affluents. Les difficultés des mesures en périodes d'étiages sévères et lors des fortes crues, les longues périodes de maintenance, l'influence des prélèvements sur les cours d'eau en amont des limnigraphes sont des éléments non négligeables à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats. L'annexe n° en donne les principales caractéristiques. Les débits sont naturellement sous l'influence de la géologie du bassin versant avec :

- la prédominance du « complexe de la Provence calcaire » représentant plus de 60% du bassin versant. Ces formations carbonatées constituent la totalité du bassin versant jusqu'à Vidauban et comprennent sur la basse vallée, les grands bassins de la Florière, du Réal des Arcs et de la Nartuby. Comme tout bassin versant karstique, il est difficile de faire le lien entre bassin versant topographique et bassin versant d'alimentation. Une partie des eaux que l'on retrouve par exemple à la source peuvent provenir d'en dehors des limites reconnues du bassin versant. De la même manière, rien ne peut exclure le fait qu'une partie de la pluviométrie soit exportée en dehors de ces mêmes limites topographiques. On reconnaît à ce type de bassin versant un rôle important sur la régulation des extrêmes : les étiages et les crues. En effet, avec de vastes surfaces carbonatées largement fissurées, diaclasés, fracturées, avec de nombreux points ou zones d'infiltration et la mise en place d'un réseau souterrain présentant de forte capacité de stockage, le karst joue un rôle hydrologique déterminant et ce d'autant plus que l'on se trouve dans le climat méditerranéen caractérisé par des sécheresses sévères et des épisodes pluvieux courts et intenses. En interceptant une grande part de la pluie grâce à ses capacités d'infiltration et le stockage de ces eaux dans le réservoir souterrain, le karst assure :
 - une réduction des eaux de ruissèlement, favorable à une réduction des débits de crue
 - l'interception et la mise en réserve d'une partie de la pluviométrie, constituant des réserves qui vont assurer, par les fuites du réservoir, les débits d'étiage lors de la longue période sèche de l'été.

Il est important de bien préciser ces rôles : dans les petits et moyens phénomènes climatiques, le karst joue un rôle tampon efficace, mais dans les phénomènes majeurs, comme nous le verrons plus loin sur les sécheresses de 2003 à 2007 ou dans les crues de juin 2010 et novembre 2011, les effets du karst montrent leurs limites.

Nous allons maintenant souligner les particularités propres à cette zone :

➤ Les dépôts conséquents de travertin le long de l'Argens qui constituent :

- des verrous barrant le lit de l'Argens sur le haut bassin. Les dépôts du Tomberau et de Montaux forment des chutes de plusieurs mètres de hauteur, obstacles infranchissables par les poissons induisant un cloisonnement dans les populations. En arrière de barres de travertin, le lit du cours d'eau montre des pentes plus faibles avec souvent un encroûtement par les précipitations carbonatées du fond du lit. Ces habitats fort jolis du point de vue paysager, sont peu biogènes, et sont peuplés d'espèces adaptées à ces conditions. (mettre une photo) Relevons aussi que l'homme a très souvent modifié ces bouchons de travertin en les incisant (cas du secteur de la cloche, l'amont du Tombereau) ou en les rehaussant pour l'usage des moulins (chute du tombereau). Sur les affluents, on retrouve ce type de barrage du lit par le travertin avec par exemple la spectaculaire chute de Sillans-la-cascade (42m de hauteur).
- le tunnel naturel (perte d'Argens) de Saint-Michel d'Entraygues. En ce lieu le plus original de l'Argens, le fleuve traverse un important dépôt de travertin et reçoit les apports appréciables des sources d'Entraygues.



Photos 25 : Argens et sources au niveau des gorges d'Entraygues

➤ La traversée de l'arc triasique dit de Barjols. Ces terrains complexes du point de vue lithologique, très fortement tectonisés, sont à l'origine de sources particulièrement importantes sur ce secteur. On citera les principales :

- les gours bénits à Bras qui assure la pérennité du Cauron, alors qu'en été il est sec à l'amont.
- les Bouillidoux à Châteauvert. Lors des sécheresses les plus sévères du haut-Argens, le fleuve s'est remis à couler à partir de ces sources.
- les sources de l'Eau Salée à l'origine du cours d'eau du même nom. C'est à partir de cette source que le ruisseau est permanent et contribue d'une manière non négligeable au débit de l'Argens à Chateauvert, (avec les Bouillidoux) en période de sécheresses sévères.
- Les sources salées d'Entraygues, à l'origine d'apports important en aval du barrage, ces sources ont longtemps été la seule alimentation du tronçon court-circuité lorsque le barrage interceptait tout le débit de l'Argens. Avec le « tunnel », ces eaux participent à la mise en place d'un écosystème très original.
- La source de la Foux à Trans en Provence, plus important source triasique du bassin versant, assure la pérennité de la Nartuby lorsque le cours d'eau s'assèche à partir des pertes de la Clappe en amont de Draguignan.

Outre le débit important (voire décisif en phase de sécheresse) de ces sources, les eaux triasiques salées apporte une modification, difficilement compréhensive, au substrat du cours d'eau. Alors qu'à l'amont le fond du lit est encrouté, après les sources on retrouve un substrat constitué de blocs, galets, graviers riches en habitat et offrant aux truites, lorsqu'elles sont présentes sur le secteur, de bonnes conditions de reproduction.

- La présence de griffons tout au long du cours d'eau dont les eaux sont plus ou moins chargées de sulfates (influence du trias).
- Enfin, sur le fond des cours d'eau, le substratum calcaire est souvent le siège de pertes par infiltration des eaux. Ces pertes peuvent conduire, à l'étiage, à l'arrêt de l'écoulement.
- La présence d'un socle métamorphique (le massif des maures), le prolongement du massif du Tanneron et les épanchements volcaniques du permien (l'Estérel) sur la basse vallée de l'Argens. De par la nature peu perméable des roches, le régime des cours d'eau est très dépendant de la pluviométrie, avec des crues importantes et rapides lors des épisodes forts orageux et des débits très faibles, voir nuls, en période de sécheresse.

La figure suivante représentant les débits mensuels de l'Endre, cours d'eau typique de cette zone, illustre bien ces propos, avec un rapport de 50 entre les débits du mois le plus abondant (février) et le mois le plus sec (Août).

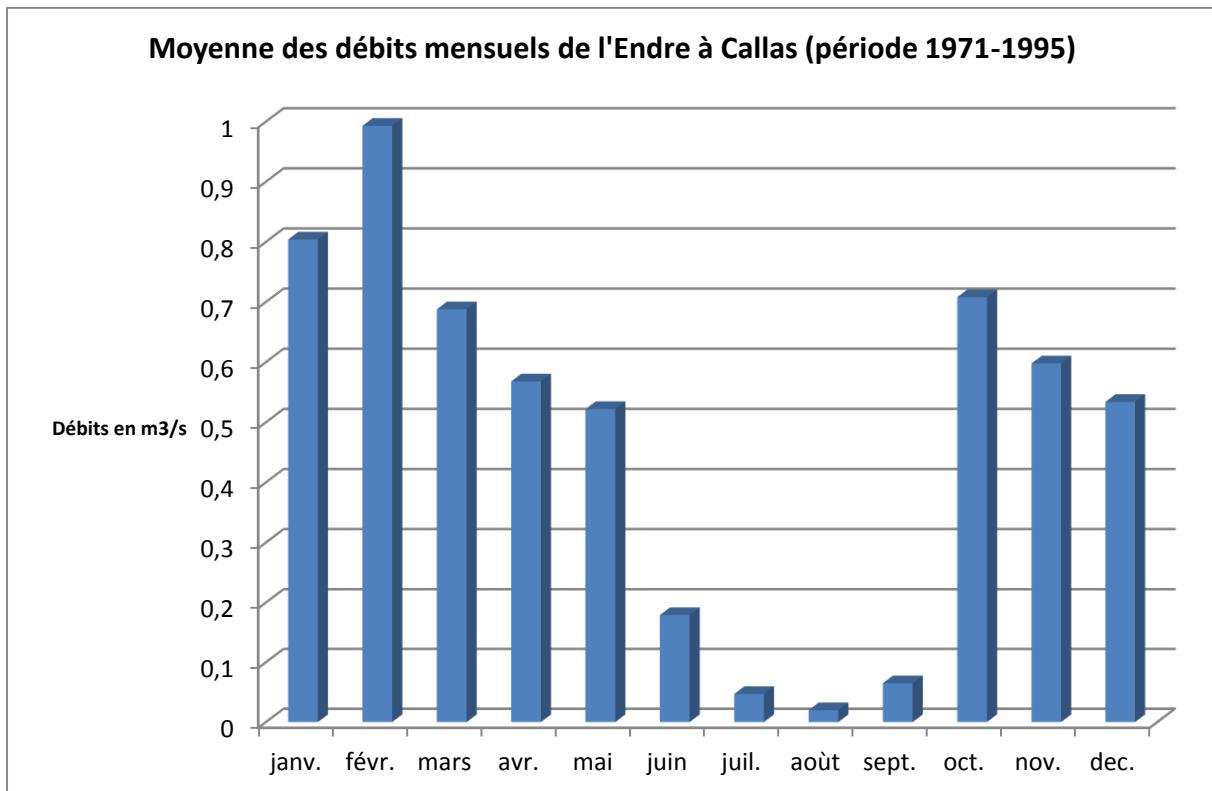


Figure 5 : Débits mensuels de l'Endre à Callas

Ces deux ensembles sont séparés par la dépression permienne qui ceinture le massif des Maures, où s'écoule l'axe principal du fleuve à partir de Vidauban. Dans cette zone, s'écoule l'Aille, le plus grand bassin versant du bas-Argens. Ce cours d'eau a comme originalité de recevoir des affluents permanents en rive gauche provenant de la Provence calcaire et des ruisseaux temporaires provenant du massif des Maures.

4.1.1.2 Analyse des modules

Avec un module de plus de 400l/s, la source de l'Argens est une source puissante. Il faut souligner que le limnigraphie se situe en aval de l'exutoire principal où s'opèrent les prélèvements pour l'eau potable des villages de Brue-Auriac et Seillons Source d'Argens. Il est donc important de souligner que le limnigraphie mesure le débit de la source moins les prélèvements pour les deux villages. Or entre 1968 et 2007 la population de Seillons a été multipliée par 6.8 passant de 295h à 2018h, et la population de Brue-Auriac a été multipliée par 2.6 sur ma même période passant de 425h à 1137h.

Quatorze kilomètres plus loin, à la station de Châteauvert, le module est de 3.492m³/s, soit plus de 8 fois plus qu'à la source. Cette rapide évolution s'explique par les apports des affluents (principalement le Cauron -module 0.566m³/s à la confluence et l'Eau salée - absence de station de mesure), mais aussi des apports triasiques des Bouillidoux et des nombreux griffons. Cette station est fortement influencée par les prélèvements agricoles et, à un degré moindre, par les prélèvements pour l'eau potable.

A la station suivante (Carcès aval), le module grossit des eaux de la Cassole, de la Ribeirote et du Caramy, passe à 7.402m³/s. On notera deux informations :

- la Cassole est souvent à sec en été lorsqu'elle conflue avec l'Argens,
- la confluence du plus grand sous bassin versant, le Caramy. Ce bassin versant, fortement influencé par de multiples prélèvements, dont le plus important se situe au niveau du barrage de Carcès, alimente le syndicat de l'est toulonnais. C'est plus de 18 millions de m³ chaque année qui sont exportés hors du bassin versant de l'Argens (contre près de 700 000 m³ importés sur le haut Argens, grâce à la Société du Canal de Provence). L'arrêté préfectoral impose un débit réservé de 700 l/s en aval de l'ouvrage. Les surverses du barrage, en période de crue du Caramy et de l'Issole, sont souvent mises en cause sur les débordements de l'Argens dans la basse vallée.

A la station des Arcs, plus de 35 km plus loin, le module n'a augmenté que de 54%. Entre ces deux stations, l'Argens reçoit les eaux de la Bresque dont le débit est très faible à la confluence l'été, les apports triasiques à Entraygues dont nous reparlerons plus loin, puis en rive gauche les faibles apports estivaux de la Florière.

Plus de 20 km plus bas, le module de l'Argens à Roquebrune sur Argens est de 18.829 m³/s, soit une augmentation de 64%. Entre les deux stations, l'Argens reçoit en rive gauche : les faibles apports du Réal des Arcs, les apports plus conséquents de la Nartuby (module à Trans en Provence 1.428 m³/s) et le cours d'eau temporaire de l'Endre. En Rive gauche, l'Argens reçoit l'Aille. Ce cours d'eau, s'il a un module conséquent (2.370 m³/s soit le tiers de l'évolution du module entre Les Arcs et Roquebrune), n'a que peu d'influence sur l'étiage du fleuve (les débits sont souvent nul à la confluence en été). Par contre, les crues de l'Aille constituent des apports souvent significatifs sur les débits dans le bas Argens.

4.1.1.3 Le rôle du karst : l'exemple de la source de l'Argens

La figure ci-dessous représente la comparaison entre les débits moyens mensuels de la source et la pluviométrie moyenne mensuelle à St. Maximin.

On constate :

- Un décalage d'un mois entre le minimum de pluie en juillet et le débit le plus faible en août, correspondant aux réserves du karst qui soutiennent l'étiage.
- Un remontée lente des débits alors que l'augmentation de la pluviométrie est très marquée en septembre et en octobre, révélant la capacité d'interception et de stockage du karst. Le pic du débit se situe deux mois après le pic de pluviométrie.

Ainsi, les rôles de soutien d'étiage et d'atténuation des crues du karst sont manifestement illustrés par cette comparaison. Il est indispensable de bien préciser les limites de ces rôles. S'ils sont avérés pour les petits et moyens phénomènes climatiques, il n'en n'est pas de même pour les événements majeurs comme nous allons le voir dans les chapitres suivants.

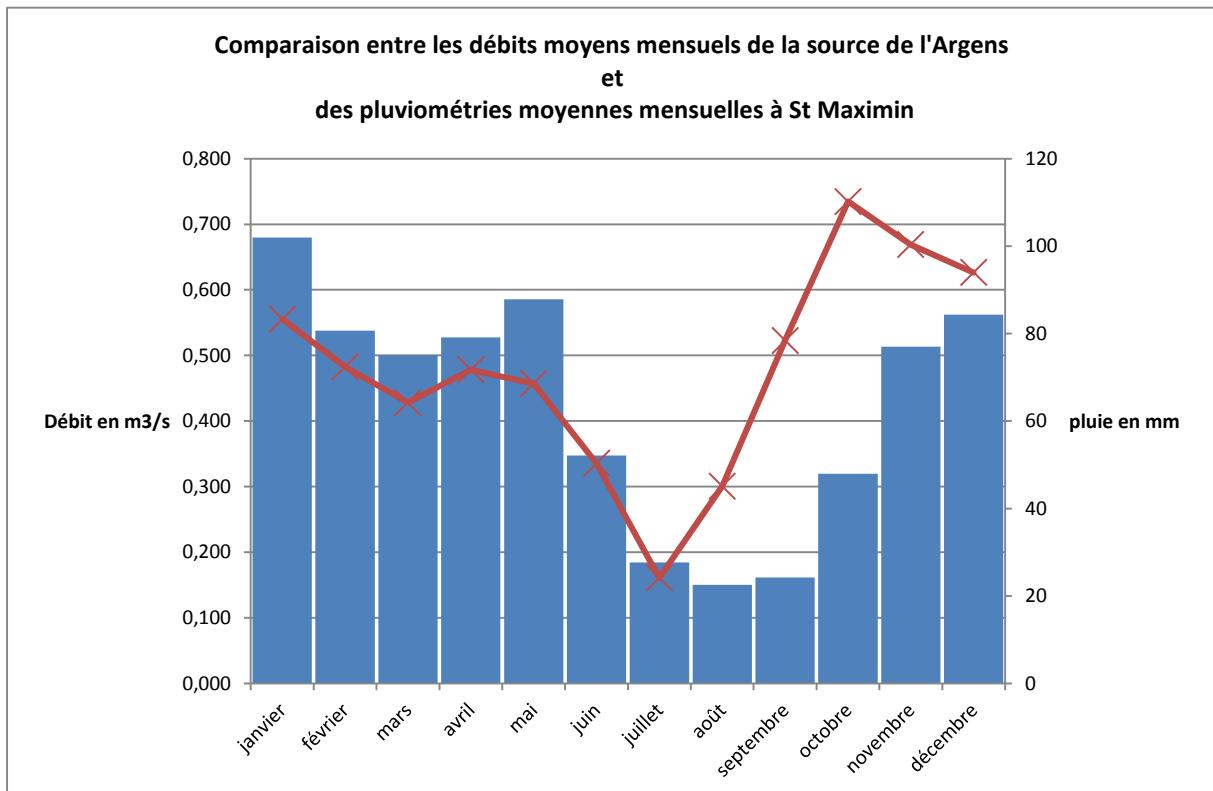


Figure 6 : Débits moyens et précipitations à la source l'Argens

4.1.1.4 Phénomènes majeurs susceptibles d'influencer les résultats de notre inventaire : la sécheresse de 2004 à 2007 et les crues de juin 2010 et novembre 2011.

- **Sécheresse de 2004 à 2007**

Malgré de puissants réservoirs karstiques, la sévérité des sécheresses du climat méditerranéen affecte notablement les débits de l'Argens. Au-delà d'une année déficitaire qui affecte certes le peuplement aquatique, **les biocénoses sont plus sérieusement impactées par la répétition des sécheresses sur plusieurs années consécutives.**

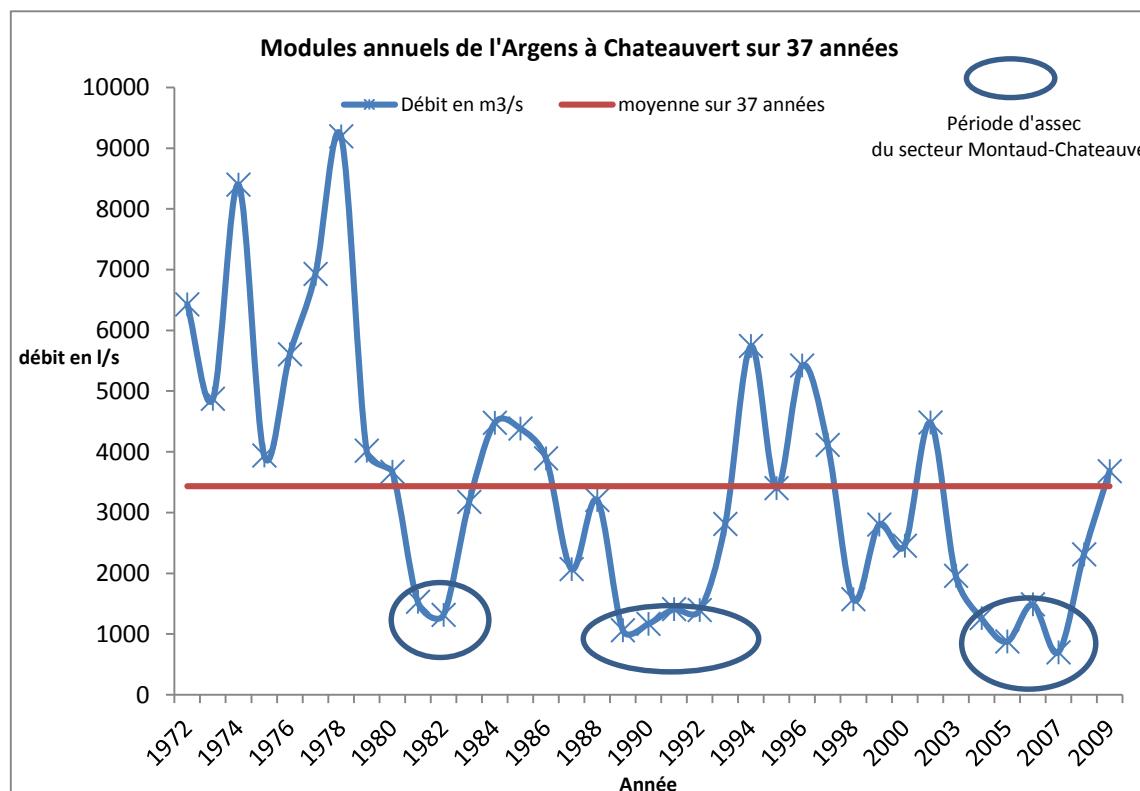
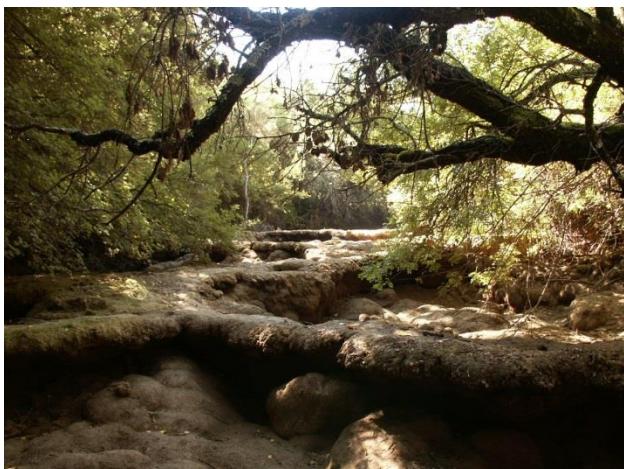


Figure 7 : Evolution des modules annuels de l'Argens

Au cours des 40 dernières années, trois périodes de sécheresse sont identifiées : 1981 - 1982, 1989 – 1992, 2004-2007. Elles se sont traduites par l'arrêt de l'écoulement en été sur plusieurs kilomètres dans le Haut Argens, entre les cascades de Montaux et l'amont de Châteauvert. La dernière période, 2004-2007, a battu tous les records des 40 dernières années : 2005 devient la nouvelle année de référence sécheresse, largement supplantée par 2007 qui devient alors la nouvelle référence de l'étiage sur le haut Argens, à la fois par son intensité et surtout par sa durée d'assèche de mi-août 2007 à mi-janvier 2008. Comme on le verra dans la partie inventaire, cette très longue période d'assèche peut expliquer l'extrême raréfaction du Plécoptère *Leuctra occitana* présent uniquement sur ce secteur.



Photos 26 : L'Argens à Montaud en août 2007

Outre l'impact majeur du à la répétition des sécheresses, l'impact sur les biocénoses dépend de l'intensité de l'étiage et de la durée de la période de basses eaux. Elle constitue le seuil maximum de la capacité d'accueil des espèces aquatiques car la réduction des débits modifie non seulement la température, la dilution et le courant, et par conséquent le taux d'oxygène dissous dans l'eau, mais elle joue aussi sur l'habitat et les connexions de l'hydrosystème.

Lorsque la sécheresse est particulièrement sévère, on peut assister à l'arrêt complet de l'écoulement sur tout ou partie du cours d'eau. La disparition de l'eau se traduit par la destruction totale des biocénoses (hormis pour les cours d'eau temporaires où les espèces sont adaptées pour résister à ces périodes d'assèche).

La recolonisation du milieu, après la remise en eau, va dépendre de plusieurs facteurs :

- **la présence de zones refuges** où des individus peuvent trouver les conditions nécessaires à leur survie pendant l'assèche (abris sous berges, dépôts de matière organique, flaques résiduelles, annexes hydrauliques...) pour ensuite revenir dans le milieu quand les conditions redeviennent propices. Les conditions de survie (persistance de la présence de l'eau, évolution de la qualité de l'eau, préation...) seront déterminantes pour l'efficacité de ce type de recolonisation.
- **la qualité des milieux amont et aval** qui va permettre aux biocénoses de se reconstituer, par des migrations d'individus, principalement en dérivant depuis des secteurs restés en eau en amont.
- **la présence et la position de réservoirs biologiques**, milieux de très bonne qualité dont la forte production biologique permet de réensemencer les milieux à proximité.

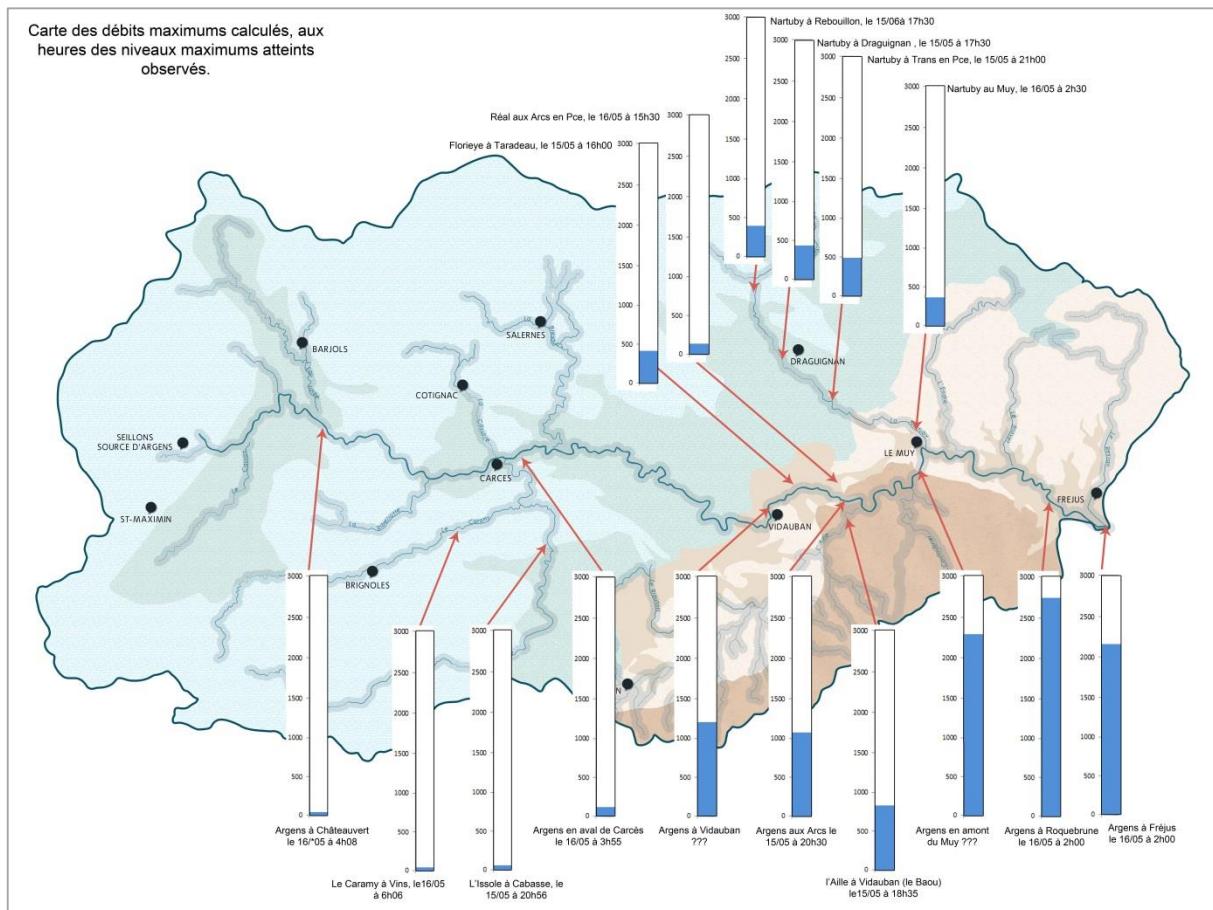
Les capacités de résilience du peuplement après l'assèche sont fonction des possibilités de libre circulation des espèces : circulation amont/aval, circulation entre le milieu impacté et les réservoirs biologiques, circulation entre les zones refuges et le lit, circulation aérienne pour les adultes... Il est donc indispensable que la connexion entre la zone qui a été asséchée et ces milieux ne soit pas entravée par des obstacles infranchissables.

Sur le haut bassin de l'Argens l'été, **les sources triasiques jouent un rôle majeur grâce à leur apport conséquent d'eau fraîche**. Lors de sécheresses particulièrement sévères, alors que les cours d'eau alimentés par les sources jurassiques s'assèchent progressivement tout au long de l'été jusqu'à l'arrêt complet de l'écoulement, les rivières restent en eau dans les portions alimentées par les apports des sources triasiques.

• Les crues de juin 2010 et de novembre 2011

Une crue est un débordement lent ou rapide d'un cours d'eau hors de son lit mineur, les eaux occupent alors le lit majeur du cours d'eau. Dans les secteurs en gorges, le niveau de l'eau monte et les vitesses s'accélèrent. Il existe principalement sur l'Argens deux types de crues :

- **Les crues torrentielles (2010)** : crues rapides, ou crues torrentielles. Les pluies méditerranéennes ont souvent un caractère orageux. De grandes quantités d'eau peuvent alors s'abattre en quelques heures, et se mettre à ruisseler abondamment. De petits ruisselets, parfois à sec, se transforment en véritables torrents. Les rivières plus importantes enflent démesurément. Dotés d'une force phénoménale, ces cours d'eau balayent tout sur leur passage avec des conséquences dramatiques pour les populations exposées dans les zones à risques (23 décès en juin 2010 dans le Var). Cette catastrophe s'est localisée sur la basse vallée de l'Argens, le haut Argens n'a que très peu participé aux débits de crue comme le montre la figure suivante. Le retour d'expérience sur cette catastrophe a montré que, malgré des bassins versants karstique, la Florière et la Nartuby ont subi des crues extrêmement violentes, les sources karstiques en crue ont largement participé à l'augmentation des débits des cours d'eau.



Carte 17 : Cartes des débits atteints sur le bassin versant de l'Argens lors de la crue de juin 2010

➤ **Les crues lentes (2011)** surviennent après un épisode pluvieux de longues périodes, les sols gorgés d'eau finissent par provoquer un ruissellement qui s'intensifie tout au long de l'épisode pluvieux. Le niveau des rivières monte lentement. Ce phénomène peut être amplifié par la remontée du niveau de la nappe et lorsque les zones d'expansion de crue finissent par être saturées. Si la montée des eaux est lente, au maximum de la crue la hauteur et les vitesses de l'eau peuvent provoquer de graves catastrophes. La crue de novembre 2011 est du deuxième type. Celle-ci s'est déroulée en 3 épisodes :

- le 24 octobre 2011, une pluie violente s'abat sur le haut Argens. Cette pluie abondante (pratiquement 100 mm) provoque une saturation rapide des sols et le ruissellement entraîne une crue rapide (voir graphique ci-dessous).

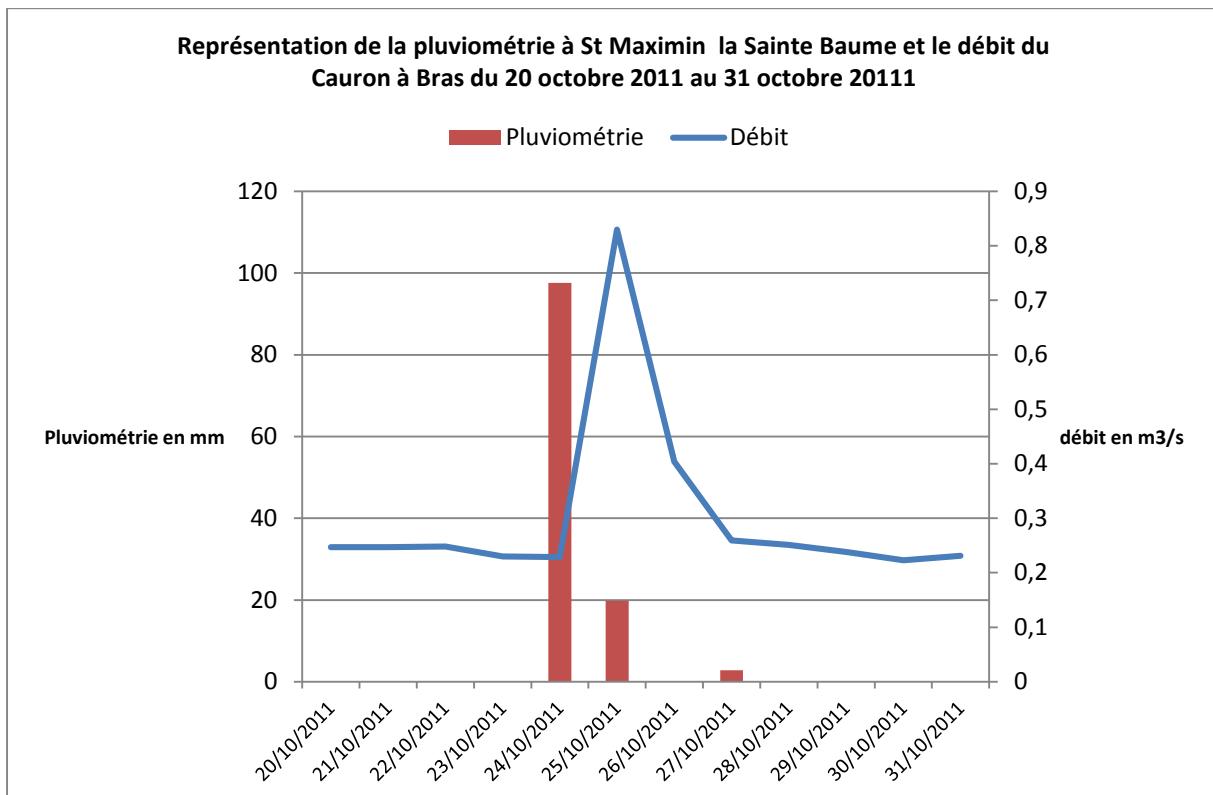


Figure 8 : Evolution des débits du Cauron, affluent de l'Argens, en relation avec les précipitations du 20 octobre 2010 au 31 octobre 2010

- Après une période de calme, le 3 novembre la pluie se remet à tomber. Pendant 2 jours, les rafales de pluie se succèdent. Le paroxysme est atteint le 5 novembre avec 120 mm de pluie. Pendant ces 3 jours, il sera tombé sur tout le haut Argens entre 275 mm à Saint Maximin et 318 mm à Varages. Les sols déjà gorgés d'eau par la pluie de fin octobre et la saturation des zones d'expansion de crue vont entraîner une augmentation des débits majeurs le 6 novembre. Le graphique ci-dessous illustre ce qui s'est passé dans le haut Argens.

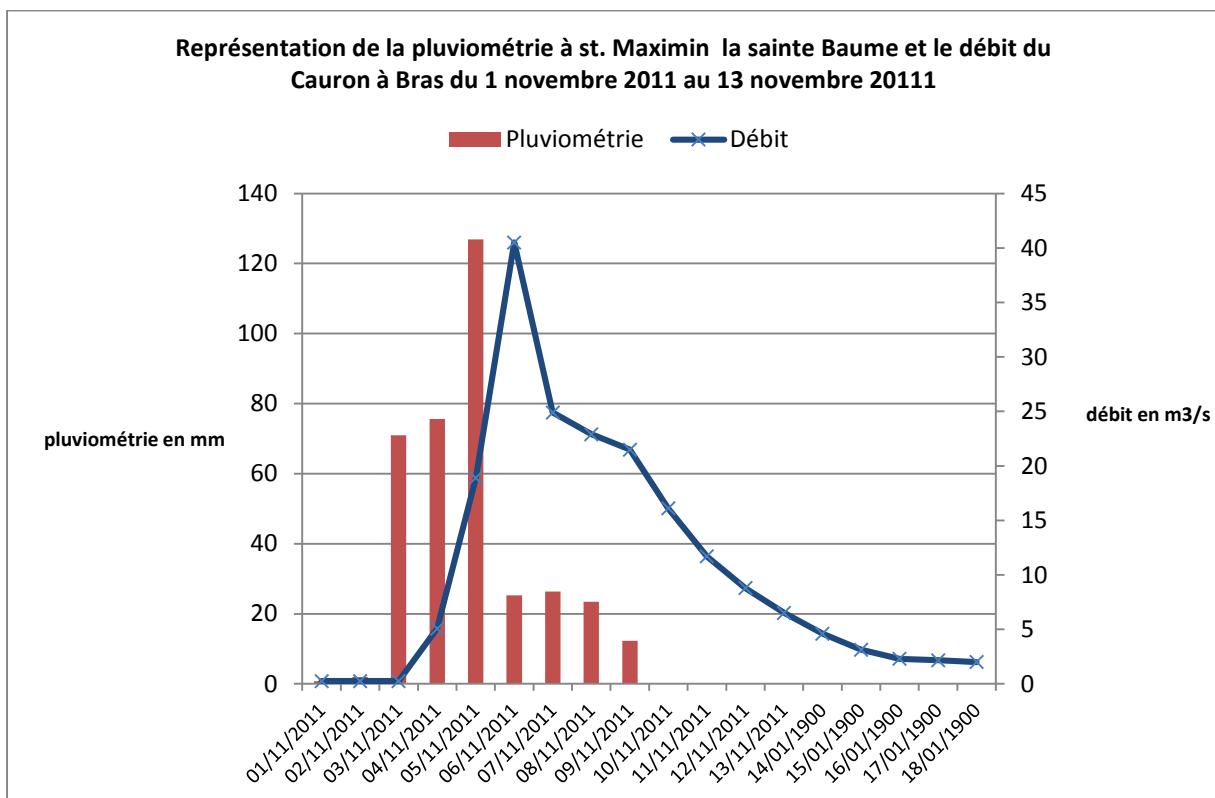


Figure 9 : Evolution des débits du Cauron, affluent de l'Argens, en relation avec les précipitations, du 01 novembre 2010 au 18 novembre 2010

- si les jours suivants la pluie n'est plus aussi violente, l'ensemble de cette eau ruisselle et avec la crue des sources karstiques (dont la crue majeure de la source de l'Argens, voir graphique ci-dessous), les débits ne diminuent que très lentement, restant très élevés jusqu'au 9 novembre. Par la suite, on assiste à une baisse plus franche des débits correspondant à la fin du ressuyage des zones d'expansion des crues et à la fin de la crue des sources karstiques (effet retard). Finalement, il sera tombé entre 360 mm à St. Maximin et 390 mm à Varages durant cette semaine. Si on ajoute l'épisode de fin octobre, c'est entre 460mm et 490mm de pluie, soit 62% de la pluviométrie moyenne annuelle sur le secteur. La crue se classe comme une crue, à minima, cinquantennale. Le transfert des débits vers le bas Argens a provoqué une nouvelle inondation catastrophique sur la basse plaine de Roquebrune à Fréjus.

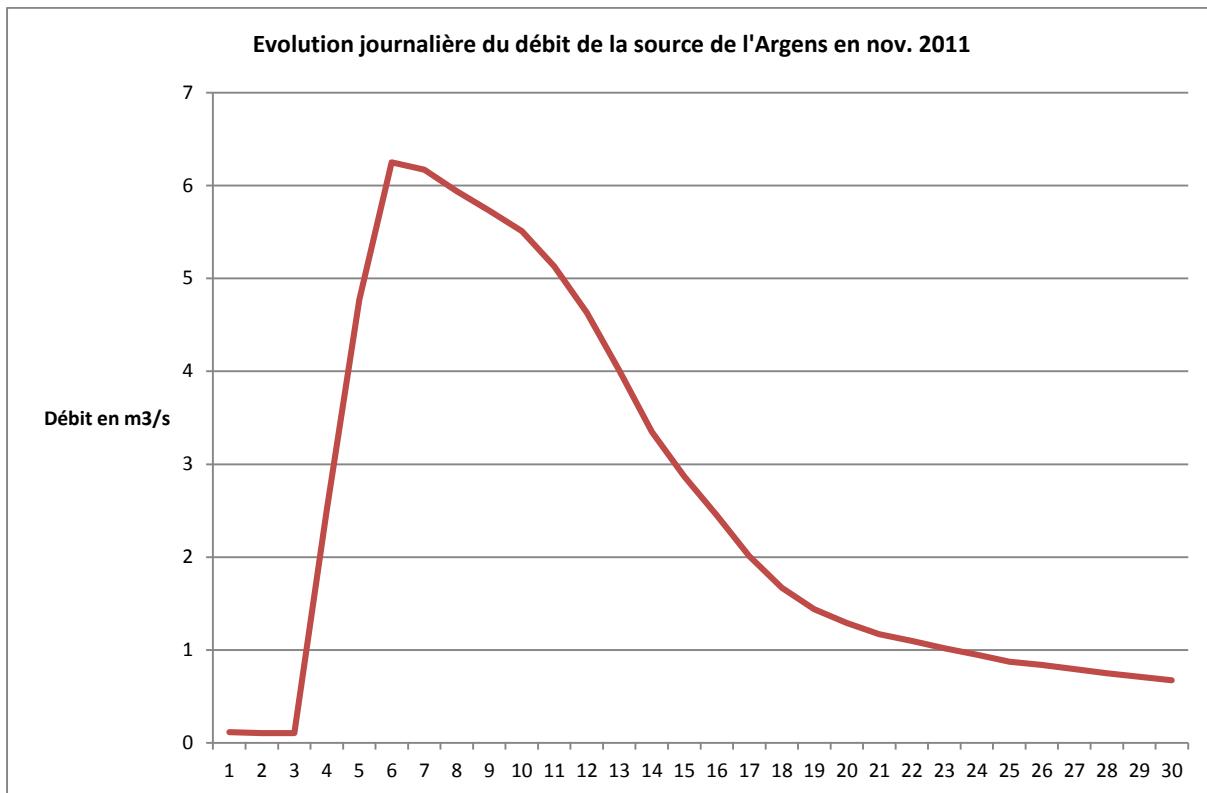


Figure 10 : Evolution des débits de la source de l'Argens lors de la crue de novembre 2011

La crue déloge et détruit une plus ou moins grande partie des peuplements des milieux aquatiques. Il en résulte une réduction plus ou moins considérable des effectifs et une perte de richesse. Les invertébrés sont emportés vers l'aval par l'effet de chasse (dérive catastrophique). Une partie des invertébrés qui sont en dérive vont pouvoir se maintenir dans le lit majeur et dans les **zones d'expansions de crues**. Après la crue, le début de la recolonisation du chenal principal se fait par ces invertébrés qui rejoignent le lit mineur. (BADRI 1987 ; PREVOT G. & al 1986). La **dérive catastrophique** amène plus en aval certains individus qui arrivent à se maintenir plus ou moins longtemps dans leur nouveau milieu. Généralement, ils disparaissent en quelques jours/semaines, ne trouvant pas des conditions de vie favorables.

La dérive ordinaire assure l'essentiel du repeuplement des cours d'eau ayant subi les effets destructeurs. Une grande partie du repeuplement provient aussi du sous écoulement. Ces réservoirs biologiques réensemencent les milieux aquatiques. La présence d'affluents joue un rôle positif, la recolonisation. Certaines espèces dites « polyvoltines asynchrones » jouent un rôle majeur dans la recolonisation après la crue. Cette capacité de reconstitution des biocénoses dépend bien évidemment de l'intensité et/ou de la répétition des crues et de l'intégrité fonctionnelle de l'écosystème. Avec deux crues majeures en un peu plus d'un an, les biocénoses de la basse vallée ont été particulièrement impactées. Ceci pourrait expliquer l'extrême raréfaction dans le bas Argens du Plécoptère *Eoperla ochracea* (voir chapitre Analyse faunistique).

Pour conclure l'étude des sécheresses de 2003 à 2007 et les crues de juin 2010 et novembre 2011, lors des phénomènes majeurs le karst ne peut plus jouer les rôles qu'on lui attribue dans le soutien des étiages et l'atténuation des crues.

4.1.2 CONTRIBUTION D'AQUAPEDIA A LA CONNAISSANCE DE L'HYDROLOGIE DE L'ARGENS

4.1.2.1 Stations d'études

Sur 12 stations, nous avons mesuré les débits instantanés de l'Argens. Le choix de ces stations s'explique ainsi :

- Nous voulons connaître à la fois les pertes sur le secteur de Montaud et l'importance des sources triasiques des Bouillidoux. Pour ce faire nous avons placé :
 - une station en amont de cette zone d'infiltration (station Pavillon).
 - la suivante à la fin de la zone d'infiltration et en amont immédiat des sources des Bouillidoux (station amont Bouillidoux).
 - Une station en aval immédiat des sources des Bouillidoux (station aval Bouillidoux).
- Pour connaître les apports de l'Eau salée et des arrivées diffuses dans le lit ou à proximité immédiate du lit de l'Argens, nous avons installé une station sur Vallon Sourn (station Vallon Sourn).
- Des prélèvements importants pour l'agriculture se font à Correns et Montfort, et pour mieux les appréhender, nous avons mesuré le débit en aval de Montfort (station Aval Montfort).
- La station suivante (amont Carcès) permet à la fois de voir les apports de la Ribeïrote et de la Cassole, et elle est aussi un point de référence en amont de la confluence du Caramy.
- La station Aval Carcès se situe en aval du seuil de Seguemagne où s'effectue la prise de l'important canal de Ste Croix. Elle intègre aussi les apports du Caramy et ceux de multiples petites sources entre Carcès et Seguemagne.
- La station des Févriers intègre les apports de la Bresque et de plusieurs petits valons en rive gauche.
- Deux stations en amont et en aval d'Entraigues permettent de mesurer les apports des sources triasiques d'Entraigues.
- Enfin les deux dernières stations encadrent la confluence de l'Aille pour en connaître son influence sur le débit de l'Argens.

Six campagnes de mesures complètes sur ces stations ont été réalisées. La dernière, en juillet 2013, a dû être interrompue en raison d'un orage violent qui a fait monter le débit de l'Argens (les mesures sur les 4 stations les plus en aval avaient été réalisés). Ce n'est pas le seul événement qui a perturbé nos mesures mais, les crues, le niveau particulièrement élevé en automne, hiver et printemps nous ont empêchés de réaliser les mesures à ces périodes, en raison du risque important. Quoiqu'il en soit nous avons néanmoins une campagne en hiver (février 2012) et surtout 5 campagnes en été, c'est-à-dire en période d'étiage, période particulièrement sensible pour les biocénoses. Nous avons aussi réalisé 2 campagnes spécifiques sur le secteur d'Entraigues avec 4 stations, une en amont du barrage (station de référence), une au pied de l'ouvrage (premiers apports triasique), une en fin du tronçon court-cuité (pour obtenir la totalité des apports triasiques et voir l'évolution de ces apports dans le tronçon court-circuité) et enfin, une en aval de la restitution de l'usine. Ces deux campagnes se sont déroulées en étiage estival (juillet 2013) et novembre 2013, lorsque le barrage ne surversait pas.

4.1.2.2 Résultats

Le graphique suivant représente les résultats de nos jaugeages lors des 7 campagnes.

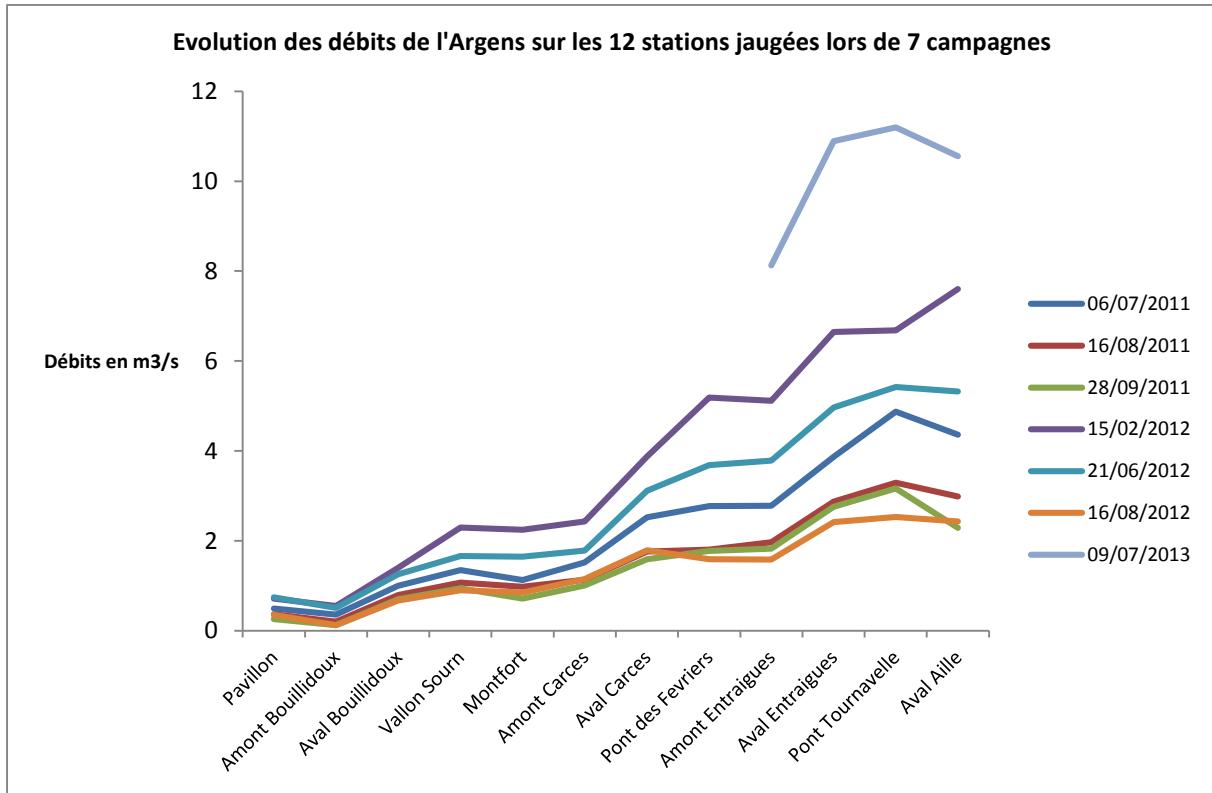


Figure 11 : Résultats des jaugeages réalisés sur l'Argens dans le cadre de l'étude Aquapedia

On gardera en mémoire que les résultats ne portent que sur 6 campagnes (7 sur les 3 dernières stations) et donc que l'on n'est pas dans l'affirmation des résultats en raison de ce faible nombre, mais plutôt dans une contribution à la connaissance de l'évolution des débits sur l'Argens dans des lieux où il existe peu voir pas de données.

• Analyse du secteur des Bouillidoux

Les pertes entre le Pavillon et l'amont des Bouillidoux est de 41% en moyenne sur les campagnes, avec un maximum de 64% en août 2012 et un minimum de 23% en février 2012. On peut regrouper en 2 ensembles les résultats :

- si les débits de l'Argens sont faibles (inférieurs à 360l/s) les pertes sont les plus élevées ;
- à partir de 500l/s les pertes sont de plus en plus faibles.

Les sources des Bouillidoux apportent en moyenne 660l/s, avec un maximum de 848l/s en février 2012 et un minimum de 548l/s en août 2012. Le graphique ci-dessous montre que les apports des Bouillidoux sont largement supérieurs aux pertes que subit l'Argens en amont.

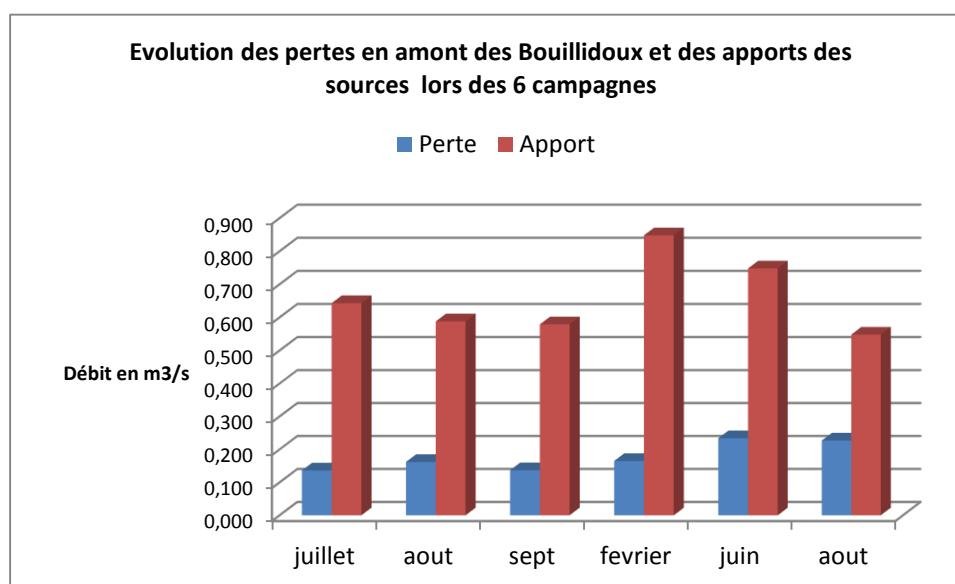


Figure 12 : Analyse de l'importance des résurgences des Bouillidoux sur le débit de l'Argens

Nos résultats confirment l'importance des Bouillidoux comme apports déterminants à l'étiage de l'Argens dans ce secteur du haut-Argens.

- **Les apports depuis l'Eau salée jusqu'à vallon Sourn**

Ces apports sont en moyenne de pratiquement 400 l/s avec un maximum de 900 l/s en février 2012 et de 226 l/s en août 2012. Ces apports sont principalement le fait de l'Eau Salée dont on ne regrettera jamais assez l'absence de limnigraphie sur le cours d'eau.

- **Evolution entre Vallon Sourn et Montfort**

L'Argens perd en moyenne un peu plus d'une centaine de litre avec un maximum de 227l/s en septembre 2011 et un minimum de 9l/s en août 2011. Ces résultats ne sont pas en cohérence avec les prélèvements importants sur Correns et Montfort. Ils peuvent s'expliquer par les apports de la station d'épuration de Correns, les retours des canaux mais aussi encore une fois par des apports diffus provenant du Karst.

- **Les apports de la Cassole et la Ribeïrote : la station amont Carcès**

Les débits entre les stations Montfort et amont Carcès sont en moyenne de 243l/s avec un maximum de 386l/s en juillet 2011 et un minimum de 153l/s un mois plus tard. Ces évolutions sont difficilement compréhensibles, avec par exemple des différences entre juillet et août 2011 et les faibles apports en février, période où normalement les deux cours d'eau ont généralement des débits conséquents.

- **La station Carcès aval**

L'évolution entre l'amont et l'aval de Carcès est de 938l/s avec un maximum de 1445l/s en février 2012 et un minimum de 589l/s en septembre 2012. Cette station est sous la dépendance des apports du Caramy (700l/s hors période de surverse du lacs de Carcès), des apports diffus de petites sources le long de l'Argens et des prélèvements des canaux sur le Caramy en aval du barrage de Carcès et du prélèvement du canal majeur de Ste Croix (570l/s en moyenne).

- **La station Pont des Févriers**

L'évolution depuis l'aval de Carcès est très contrastée, avec une augmentation de 359l/s en moyenne mais avec des écarts très important avec le maximum de 1.3m³/s en février 2012 et une baisse de 199l/s en août 2012, pratiquement aucune évolution en Août 2011 (4l/s). Si l'augmentation en février peut s'expliquer par les apports de la Bresque, la baisse en aout 2012 est difficile à comprendre sans prélèvements conséquents sur le tronçon.

- **Le secteur d'Entraigues**

C'est en moyenne 1m³/s d'apports des eaux triasiques des sources d'Entraigues qui vient grossir le débit de l'Argens avec un maximum de 1.5m³/s en février 2012 et un minimum de 831l/s en août 2012. Ces données ont été complétées par deux campagnes en juillet 2013 et novembre 2013 sur deux stations pour connaître la progression des apports dans le tronçon court-circuité. Les résultats sont globalement cohérents avec les autres campagnes (apports entre 1.6m³/s en juillet et 0.814l/s en novembre). Les stations complémentaires montrent un enrichissement important entre le pied du barrage et la fin du tronçon court-circuité conformément à la succession des apports triasiques. Il faut souligner les difficultés de jaugeage sur la station aval Entraigues avec les débits présents, difficultés qui expliquent des différences notables entre la somme des débits amont plus les débits en fin du tronçon court-circuité et les débits mesurés en aval d'Entraigues (+ 330l/s en juillet, 156l/s en moins en novembre). Il paraît plus juste de donner comme débit en aval d'Entraigues la somme des débits mesurés en amont d'Entraigues additionné des débits mesurés à la fin du tronçon court-circuite soit 6.966m³/s en juillet et 4.882m³/s en novembre. Les apports des sources triasiques deviennent alors : 1.271m³/s en juillet et 0.970l/m³/s en novembre.

- **Entre l'aval d'Entraigues et l'amont de l'Aille**

Le débit augmente de 406l/s (maximum 1.02m³/s en juillet 2011 ; minimum de 34l/s en février 2012). Le minimum de 34l/s en février est une valeur qui paraît peu fiable et qui traduit les très grandes difficultés de jauger ces stations avec un débit de plus de 6m³/s. Les apports plus conséquents s'expliquent par le retour des prélèvements sur l'Argens sur ce secteur (canaux, rejets de la station d'épuration de Vidauban) mais aussi par des apports diffus qui s'effectuent au contact de la série secondaire et de la dépression permienne.

- **L'amont et l'aval de la confluence de l'Aille**

L'Aille est un cours d'eau temporaire au niveau de la confluence avec l'Argens. Ainsi, il est normal de voir son débit influencer positivement l'Argens seulement de la fin de l'automne à la fin du printemps. C'est ce que l'on observe avec une augmentation du débit entre l'amont et l'aval de la confluence (923 l/s en février 2012). Mais pour toutes les autres campagnes, on assiste à une baisse du débit en moyenne de 422 l/s (maximum 878l/s en septembre 2011, minimum 97l/s en août 2012). Ces résultats sont difficilement interprétables même si, le secteur de la confluence est très complexe du point de vue hydraulique.

Pour conclure, notre étude, dans les limites que nous avons évoquées en préambule, apporte principalement des confirmations à un certain nombre d'hypothèse que l'on avait avancé :

- **l'existence de pertes importantes en amont des Bouillidoux dans le secteur de Montaud**
- **l'apport déterminant des sources triasiques (Bouillidoux et sources d'Entraigues) sur le débit de l'Argens à l'étiage**

4.2 CHIMIE DES EAUX

4.2.1 LA CONDUCTIVITE

La figure présentée ci-dessous illustre les évolutions de la minéralisation des eaux (exprimée par la conductivité) de l'amont vers l'aval.

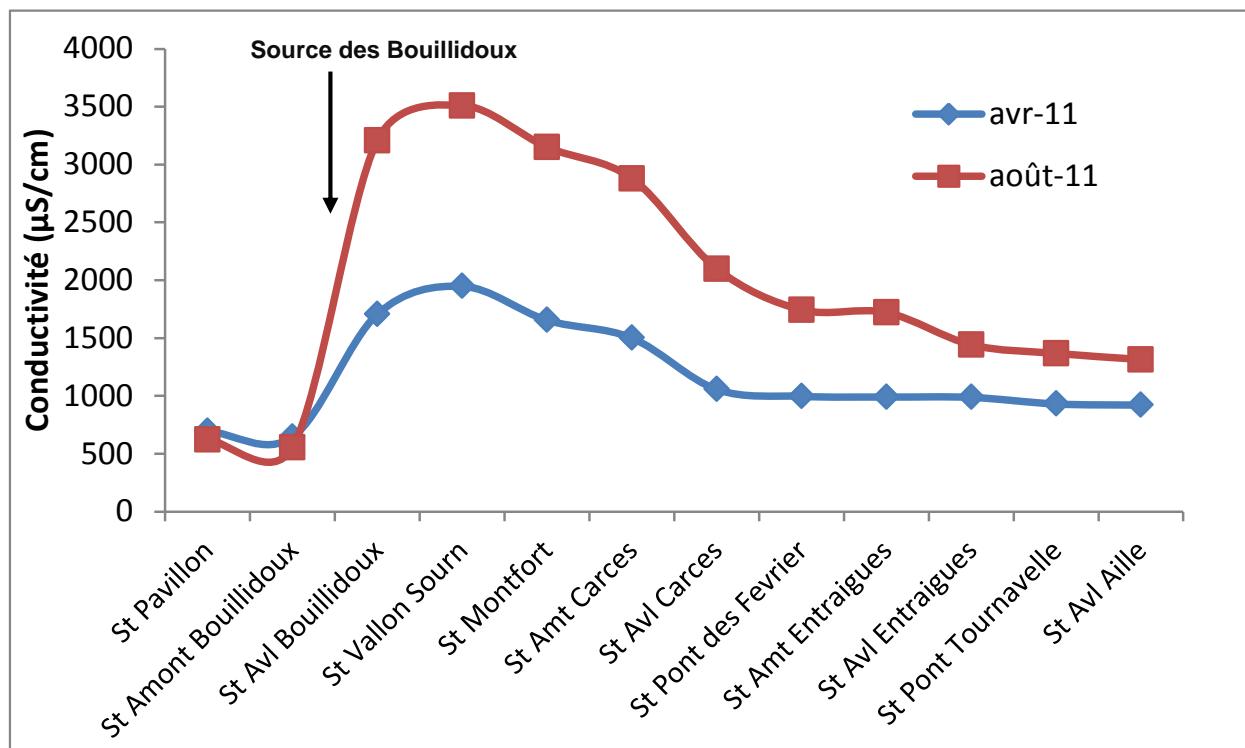


Figure 13 : Evolution de la conductivité de l'amont vers l'aval sur l'Argens

La conductivité des eaux est dès la source relativement élevée puisqu'elle dépasse 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Elle exprime une minéralisation assez élevée des eaux. Elle est caractéristique des eaux issues de réservoir karstique calcaire.

Cette conductivité est observable sur les quinze premiers kilomètres puis on observe à partir de la source des Bouillidoux une augmentation très importante de la conductivité. Elle atteint pour la campagne de août 2011 plus de 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en aval immédiat des sources des Bouillidoux et au niveau du Vallon Sourn. Ces sources sont clairement en cause. Issues de réservoirs karstiques d'âge triasique, elles sont en contact avec des gypses dont la dissolution enrichit les eaux en sulfates et carbonates. Une légère augmentation est observée entre l'aval des Bouillidoux et le Vallon Sourn, certainement liée à la confluence avec l'Eau Salée, dont la source à une origine équivalente à celle des Bouillidoux. La conductivité décroît ensuite progressivement jusqu'à la dernière station. Les valeurs restent cependant élevées supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Une différence très nette est observée entre la campagne d'avril 2011 (haute eaux printanières) et la campagne d'août 2011 (étiage estival). L'influence des débits est ici prépondérante. La dilution des sources par les eaux de ruissellements limite l'influence des Bouillidoux sur la minéralisation de l'Argens. A l'inverse, au cours de l'étiage estival, la part des apports des sources est plus importante. Leur influence sur la chimie des eaux est alors exacerbée.

L'évolution régressive des valeurs dans la partie basse de l'Argens ne montre pas d'influence importante des sources d'Entraigues sur la minéralisation des eaux de l'Argens.

4.2.1 L'OXYGENE

La figure présentée ci-dessous illustre les évolutions des concentrations en oxygène de l'amont vers l'aval.

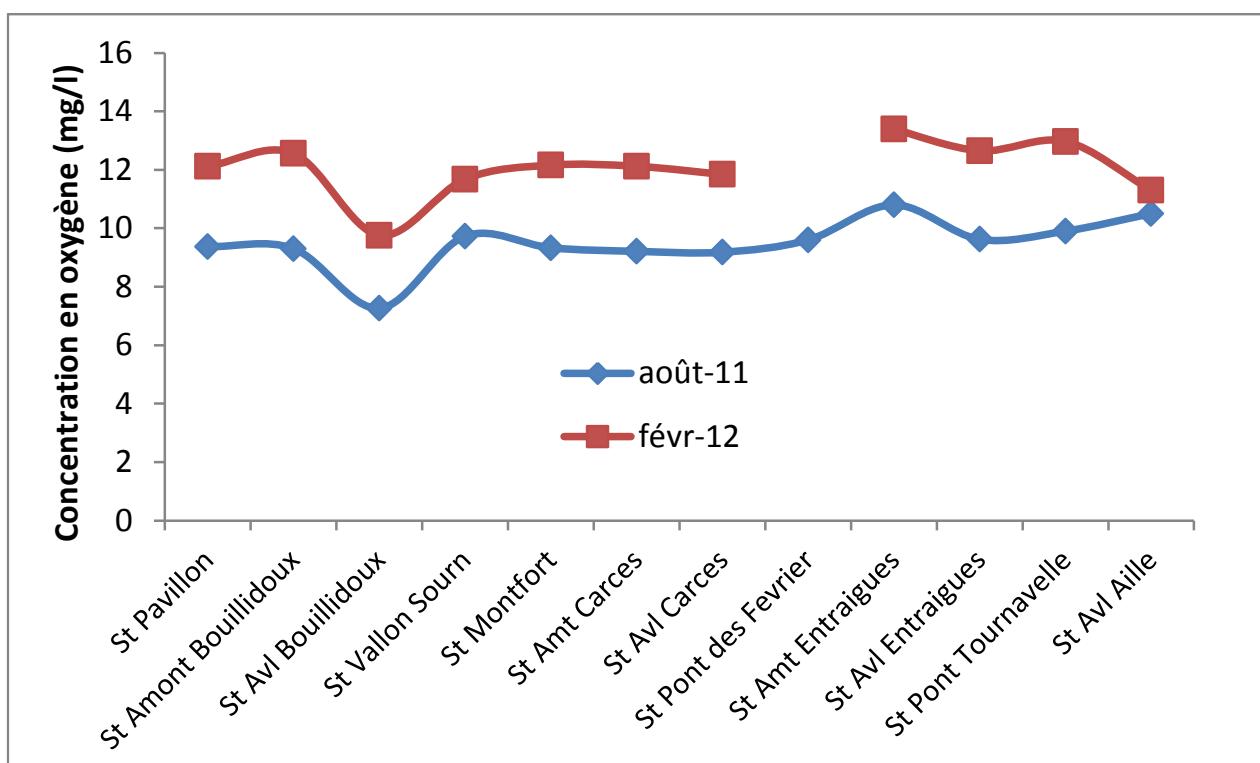


Figure 14 : Evolution de la conductivité de l'amont vers l'aval sur l'Argens

Il a été choisi de présenter l'évolution des concentrations en oxygène des campagnes d'août 2011 (étiage estival) et de février 2012 (hautes eaux hivernales) car elles sont à l'image de l'ensemble des campagnes.

Les teneurs en oxygène restent élevées sur l'ensemble des stations, même au cours de l'été, période la plus critique. On observe une légère baisse des teneurs en oxygène (jusqu'à 7 mg/l au mois d'août 2011) en aval immédiat des Bouillidoux. Ces sources, par leur cheminement souterrain présentent des teneurs plus faibles que le cours d'eau qui lui est en contact avec l'air atmosphérique. Elles provoqueraient donc cette légère baisse, rapidement compensée par le brassage de l'eau dans les secteurs de radiers..

- L'évolution de la conductivité sur le cours principal de l'Argens indique une influence majeure des Bouillidoux sur la minéralisation de l'ensemble de l'Argens. Cette influence s'atténue peu à peu au fur et à mesure des apports intermédiaires mais la minéralisation reste cependant très élevée. Elle est également en relation directe avec les débits de l'Argens en amont des sources qui influencent par effet de dilution la part des sources, qui elles présentent un débit plus stable dans le temps.
- Les teneurs en oxygène sont élevées au cours de la période d'étude. Elles sont plus importantes en hiver du fait d'un brassage et des températures plus faibles. Elles restent même au cours de l'étiage estival proches de 10 mg/l à l'exception de l'aval immédiat des Bouillidoux où la concentration descend à 7 mg/l. Cette baisse est en relation directe avec l'apport d'eaux souterraines qui n'est pas en contact avec l'air atmosphérique.

4.3 THERMIE DES EAUX

Remarques : Plusieurs problèmes sont intervenus lors de notre étude, réduisant les données thermiques à interpréter :

- Les crues qui ont, soit arraché, soit enterré sous une épaisseur conséquente de galets, sable, graviers.
- Le vol de nombreux thermomètres et cela plusieurs fois durant l'étude.
- Exondation malveillante ou ignorante des thermomètres.

4.3.1 ANALYSE PAR STATION

4.3.1.1 Station ARG01

On possède la totalité des enregistrements de température depuis le 28 juin 2011 jusqu'au 4 novembre 2013. Le tableau suivant résume les principales caractéristiques thermique de la station.

ARG01	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	15,45	14,90	13,65	0,39
Moyenne journalière (°C)	15,4	14,9	13,7	0,4
Amplitude thermique journalière (°C)	1,1	0,3	0,0	0,2

Tableau 3 : Caractéristiques thermiques de la station ARG01

Les caractéristiques thermiques montrent :

- La température élevée de la source (moyenne 14.9°C)
- L'extrême stabilité des températures à la source (amplitude moyenne 0.3°C)

Ces données sont conformes aux valeurs que l'on retrouve traditionnellement dans ce type de source karstique.

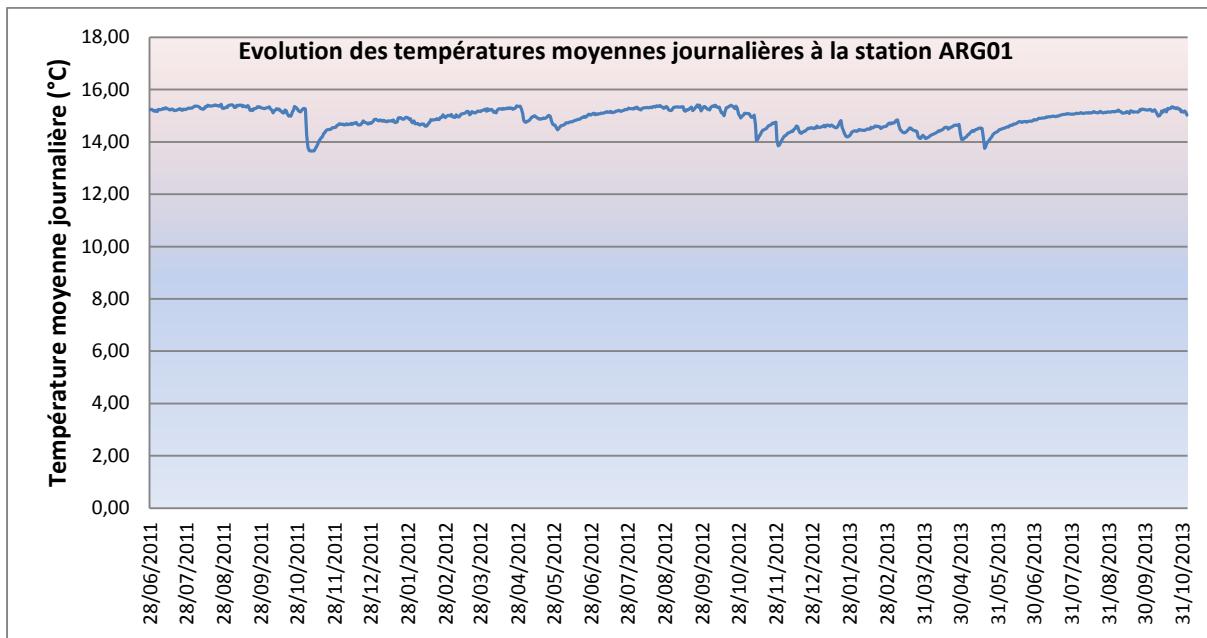


Figure 15 : Evolution des moyennes journalières en ARG01

La stabilité des températures est clairement visible sur le graphique. Le 8 novembre 2011, on remarque que la température de l'eau atteint sa valeur minimale (13,65°C). Cette température est à mettre en relation avec le fort épisode de crue qu'a subit la station. Cette baisse traduit l'évacuation rapide de la pluie qui s'est infiltrée dans le karst. La température moyenne journalière la plus élevée enregistrée l'a été le 26 août 2011 (15,45°C) conformément à un débit très faible.

4.3.1.2 Station ARG02

Les températures ont été relevées depuis le 28 juin 2011 jusqu'au 4 novembre 2013 et permettent de suivre les évolutions de températures du tronçon situé à l'aval des marais de St Estève dans un chenal lotique. Le tableau suivant résume les principales caractéristiques thermiques de la station.

ARG02	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	19,76	14,64	7,78	1,96
Moyenne journalière (°C)	18,3	14,6	9,7	1,8
Amplitude thermique journalière (°C)	5,1	1,9	0,2	0,9

Tableau 4 : Caractéristiques thermiques de la station ARG02

Malgré le passage dans le marais de St Estève, l'écart entre les moyennes des moyennes journalières avec la station de la source est peu important, voir inférieur en ARG02. C'est dans les amplitudes thermiques que les différences sont les plus significatives et dans les variations saisonnières très marquées comme le montre le graphique suivant.

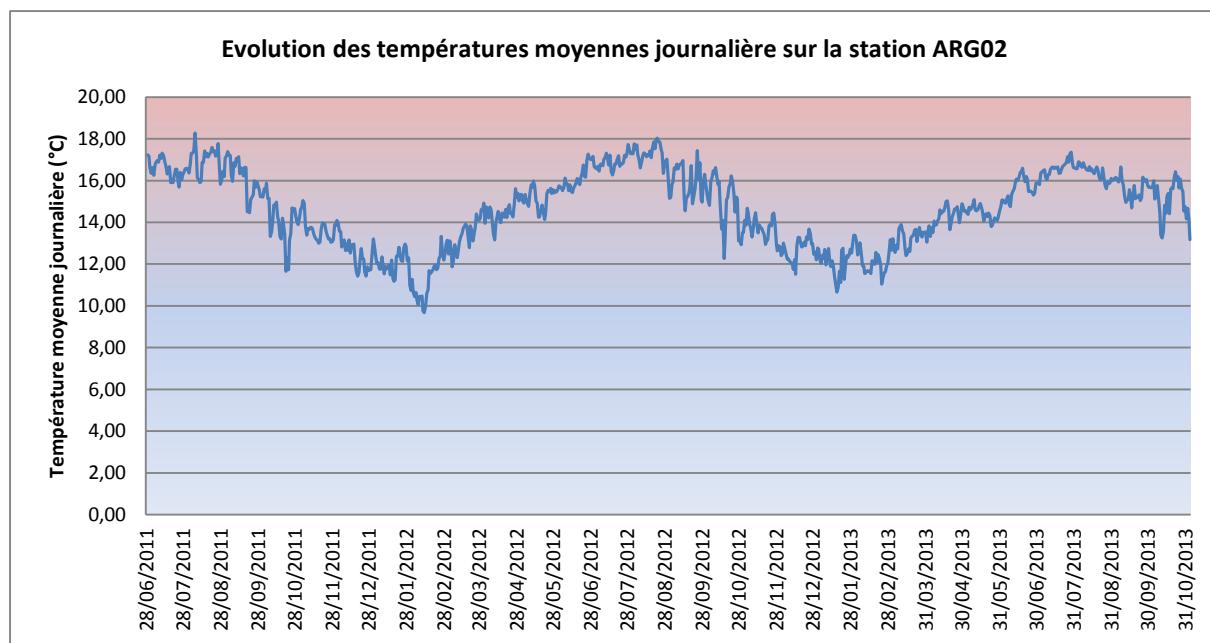


Figure 16 : Evolution des moyennes journalières en ARG02

Les températures moyennes journalières maximales ne dépassent que très légèrement 18°C (une seule fois le 07/08/2011 et que sur quelques instants 1/h la température instantanée atteint 19,7°C) est donc les températures restent compatibles avec la présence d'un peuplement de truite fario. Ces données sont intéressantes pour la FDAPPMA qui souhaite entreprendre des travaux de réhabilitation de la zone pour y réintroduire une population de truite. Ces valeurs basses des températures sont sûrement à mettre en relation avec d'importants apports d'eaux souterraines depuis la zone du marais de St Estève

4.3.1.3 Station ARG03

Les enregistrements ont été interrompus entre le 6 novembre 2012 et le 5 juillet 2013. Le tableau suivant résume les principales caractéristiques thermique de la station.

ARG03	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	19,09	14,77	6,88	2,32
Moyenne journalière (°C)	18,3	14,8	7,8	2,3
Amplitude thermique journalière (°C)	2,7	1,2	0,1	0,5

Tableau 5 : Caractéristiques thermiques de la station ARG03

Le graphique suivant montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

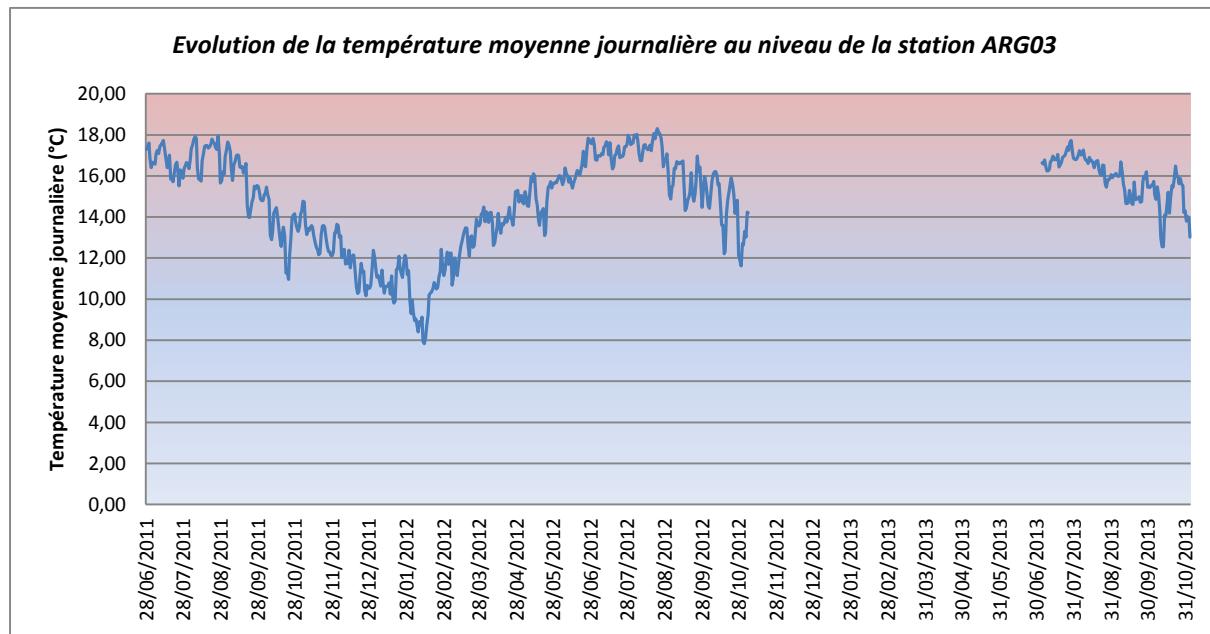


Figure 17 : Evolution des moyennes journalières en ARG03

Les caractéristiques de la station sont proches de celles de la station précédentes avec une différence majeure, la faible amplitude thermique journalière. S'il nous manque des données en période froide, les relevés estivaux montrent que là aussi la station est susceptible de recevoir une population de truite fario.

4.3.1.4 Station ARG04

La position du thermographe de la station ARG04 a enregistré les évolutions de la température au lieu- dit « Montaud » en Amont de la « grande cascade » sur la période de l'étude, sauf entre le 8 octobre 2011 et le 22 décembre 2011.

ARG04	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	20,23	14,43	5,14	3,08
Moyenne journalière (°C)	20,0	14,4	5,7	3,1
Amplitude thermique journalière (°C)	4,0	0,8	0,1	0,5

Tableau 6 : Caractéristiques thermiques de la station ARG04

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station

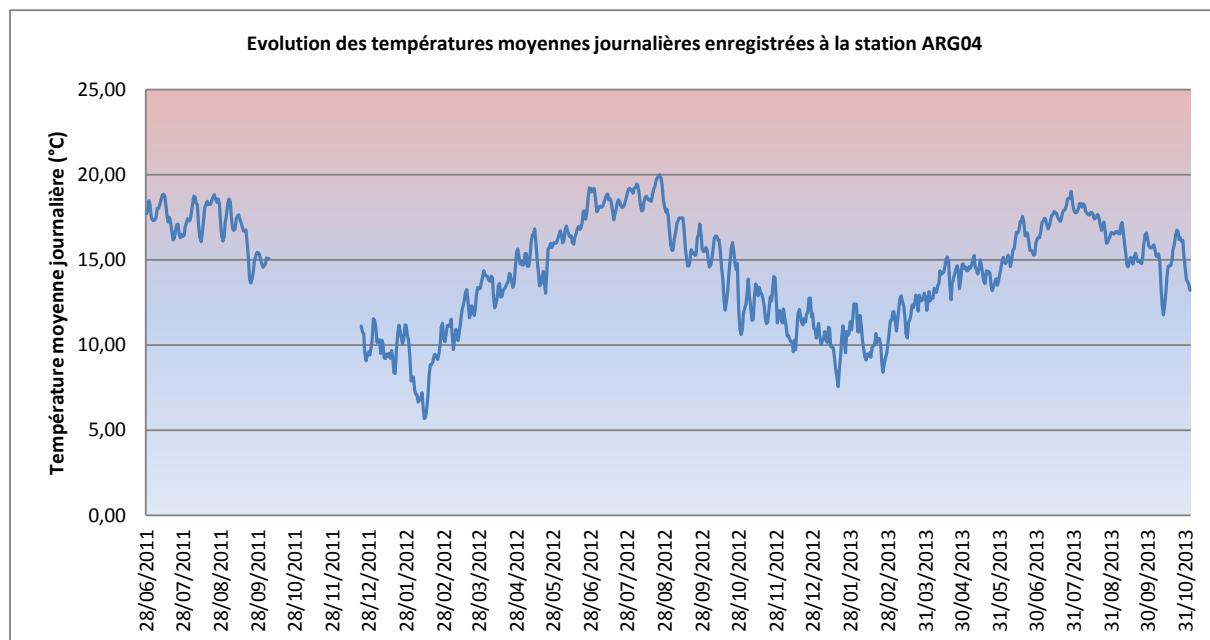


Figure 18 : Evolution des moyennes journalières en ARG04

On arrive ici à des valeurs thermiques qui s'approchent des bornes supérieures pour la truite fario. La réduction du débit de l'Argens depuis ARG03 (prélèvements agricoles, infiltration et pertes) explique ces valeurs relativement élevées sur la station. L'amplitude entre la température la plus froide et la plus chaude est proche de 15°C, résultant des débits plus faibles, mais aussi d'une pente peu élevée résultant de l'effet du bouchon de travertin qui barre la rivière (la série de cascade de Montaud), mais aussi d'une ripisylve en voie de reconstitution après l'attaque de la graphiose qui a terrassé les ormes.

4.3.1.5 Station ARG05

Le thermographe positionné au niveau de la station ARG05 a enregistré, au pas de temps d'une heure, les évolutions de températures du tronçon situé à l'aval des Bouillidoux et en amont de la confluence Argens/Eau Salée.

ARG05	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	18,24	14,03	7,88	1,76
Moyenne journalière (°C)	17,1	14,0	9,4	1,7
Amplitude thermique journalière (°C)	3,4	0,6	0,1	0,3

Tableau 7 : Caractéristiques thermiques de la station ARG05

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

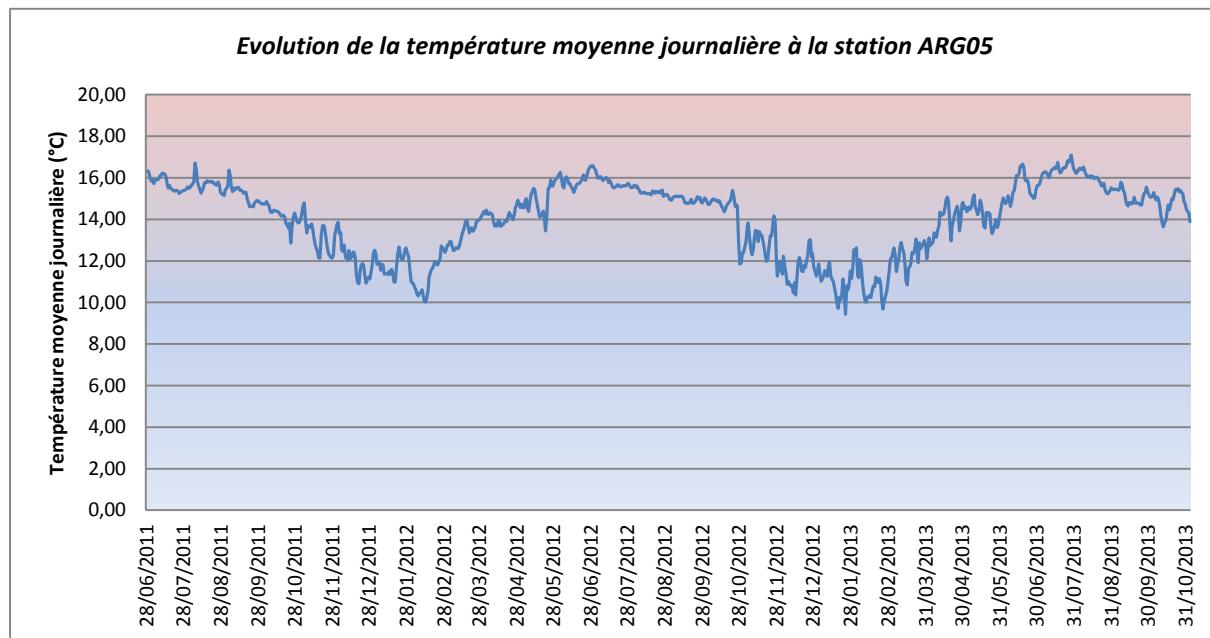


Figure 19 : Evolution des moyennes journalières en ARG05

L'impact et l'importance des Bouillidoux sur l'Argens apparaissent clairement au vue des évolutions des températures moyennes journalières par exemple. L'importance de des Bouillidoux dépend bien évidemment du rapport débit Argens –débit des Bouillidoux. Plus l'Argens est à l'étiage et plus l'impact thermique des Bouillidoux est important

La figure suivante confirme la forte influence des apports des Bouillidoux sur le profil thermique de l'Argens amont en période estivale. Ce rafraîchissement estival est un élément d'une extrême importance pour les biocénoses.

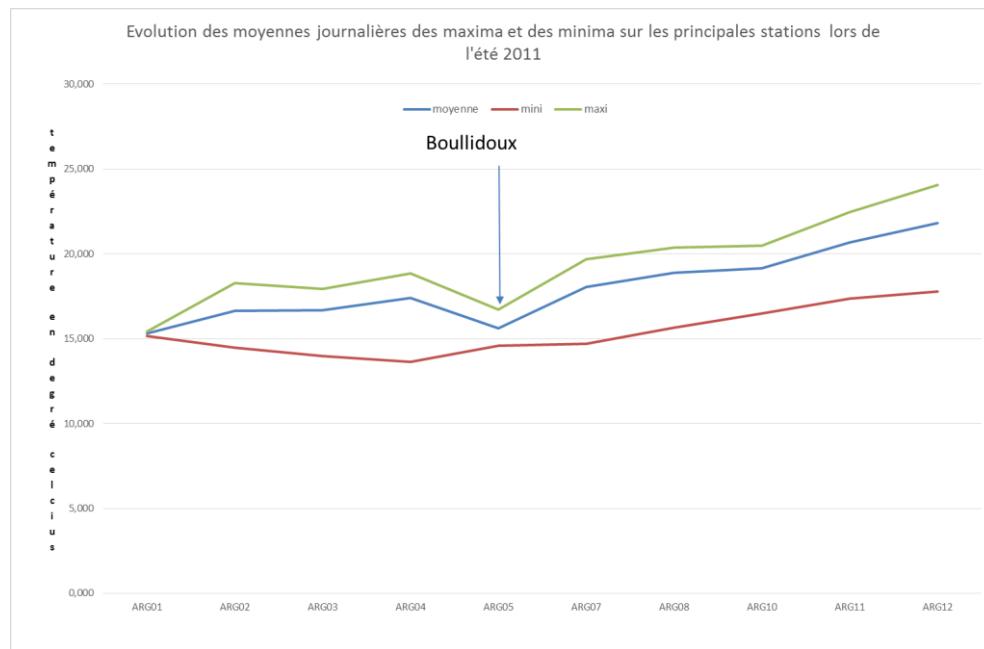


Figure 20 : Evolution des moyennes journalières, des maxima et des minima lors de l'été 2011

La figure suivante montre un autre rôle des apports des Bouillidoux sur l'écosystème du haut Argens. En hiver lorsque le débit de l'Argens est bas, les apports des sources des Bouillidoux font remonter la température moyenne journalière. Le résultat est particulièrement important pour les pontes des truites fario. En effet l'élosion la résorption de la vésicule seront plus rapidement réalisés et donc l'émergence des alevins plus précoce que sur l'amont où les eaux sont plus fraîches. Les alevins seront alors plus rapidement en pris en de nourriture, grandiront plus rapidement et seront plus aptes à résister aux crues de printemps souvent fortes à cette époque.

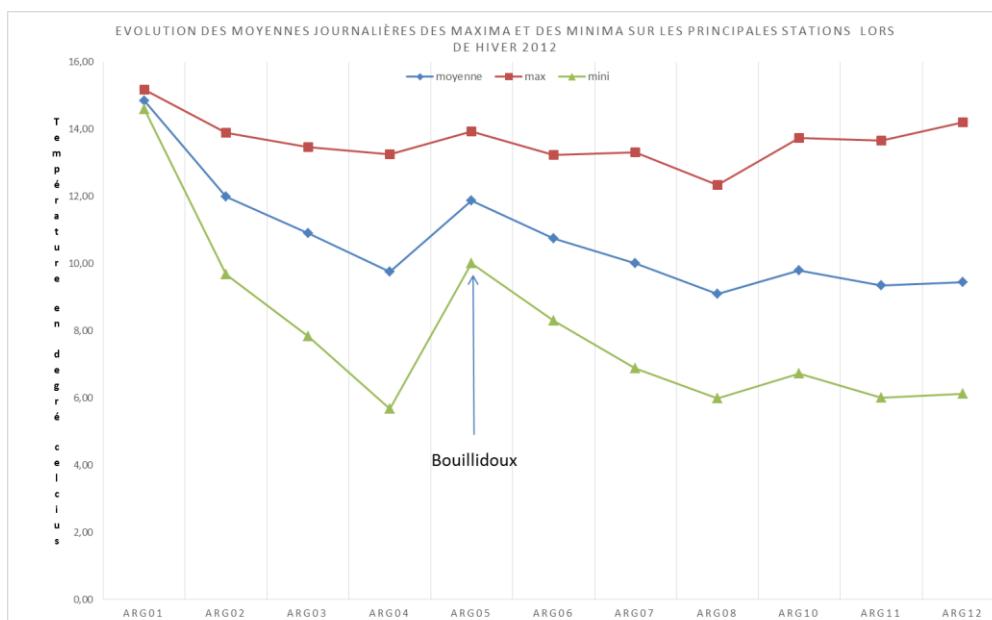


Figure 21 : Evolution des moyennes journalières, des maxima et des minima lors de l'hiver 2012

4.3.1.6 Station ARG06

La station située dans les gorges de Vallon Sourn. L'évolution des températures moyennes journalières n'a pu être récupérer durant deux périodes, les deux liées à des crues du fleuve Argens.

ARG06	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	19,66	13,71	7,58	2,61
Moyenne journalière (°C)	18,1	13,7	8,3	2,5
Amplitude thermique journalière (°C)	3,5	1,5	0,1	0,8

Tableau 8 : Caractéristiques thermiques de la station ARG06

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station

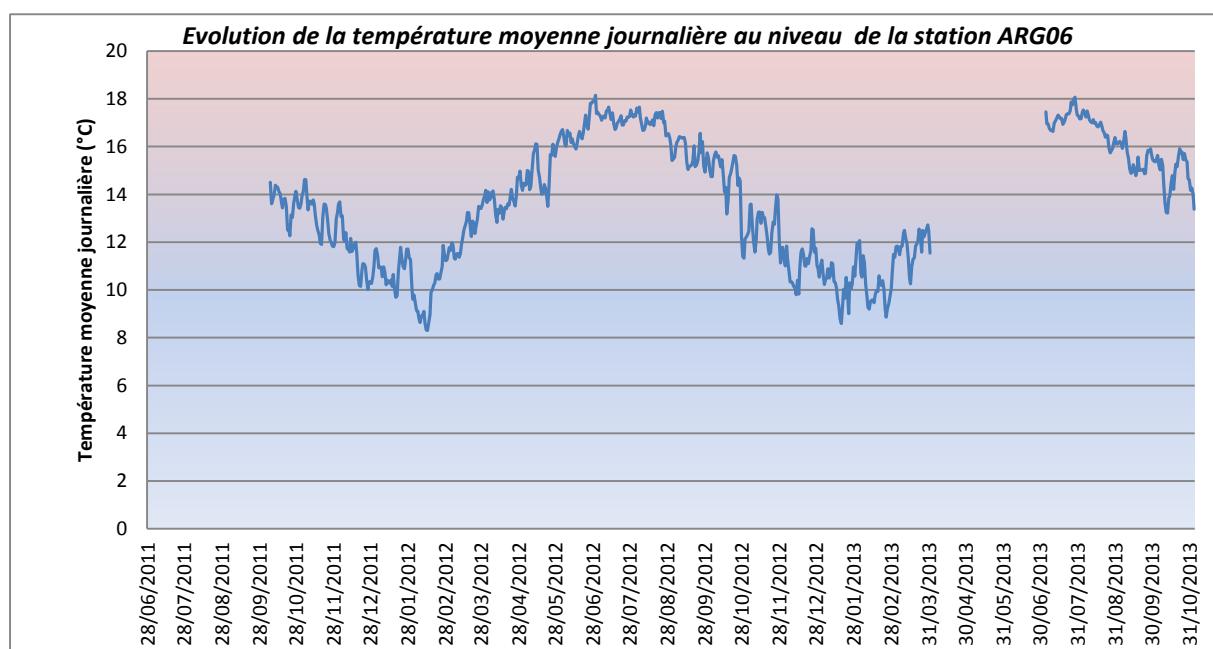


Figure 22 : Evolution des moyennes journalières en ARG06

Malgré les pertes de données résultant des crues, on peut remarquer par rapport à la station précédente une plus grande amplitude annuelle. Le reste des observations portent sur les conditions thermiques qui sont très favorables pour la truite fario. Les apports de l'Eau Salée et surtout une multitude d'apports d'eau triasique dans le lit même du cours d'eau entretien des conditions thermiques favorables à cette espèce.

4.3.1.7 Station ARG07

On n'a pas de données de fin novembre 2012 à juillet 2013, le capteur ayant été placé hors d'eau lors d'une des crues de l'Argens.

ARG07	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	21,00	15,36	6,57	3,20
Moyenne journalière (°C)	20,3	15,4	6,9	3,2
Amplitude thermique journalière (°C)	2,9	1,0	0,1	0,4

Tableau 9 : Caractéristiques thermiques de la station ARG07

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

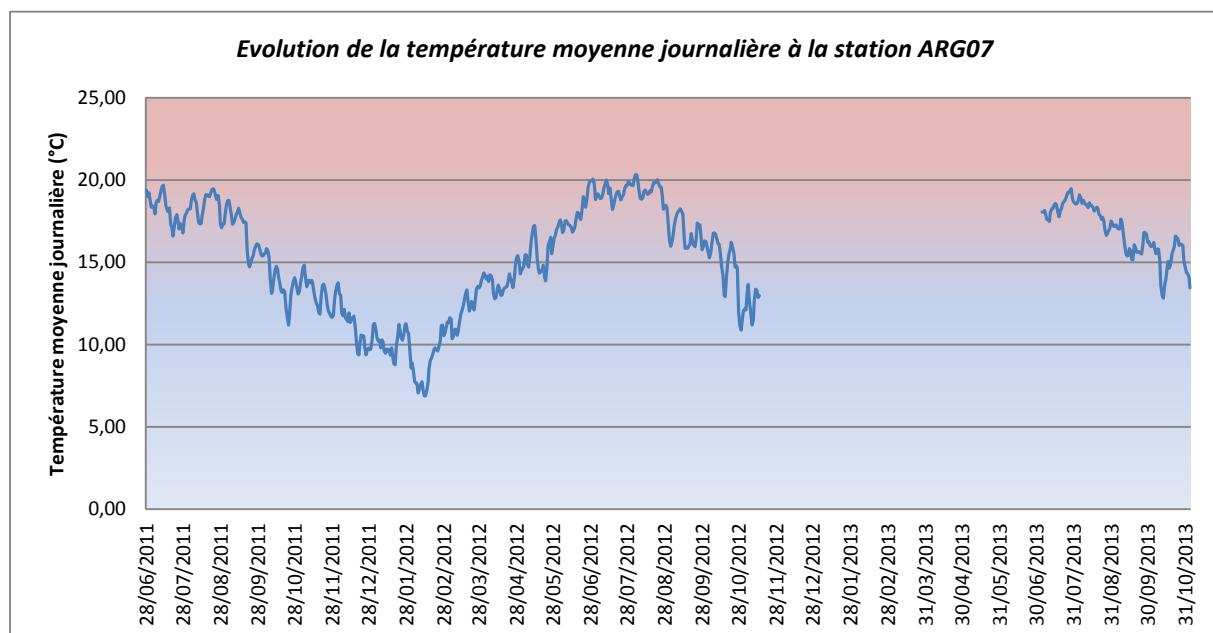


Figure 23 : Evolution des moyennes journalières en ARG07

Pour ce nouveau tronçon situé à Monfort, en amont de la station d'épuration, nous remarquons que la courbe des températures moyennes journalières fluctue fortement en fonction des saisons. En effet, le maximum de température enregistré s'élève à 21°C le 30 juin 2012, alors que la température journalière moyenne de la station reste en deçà des 16°C.

Le 13 février 2012 nous constatons une température moyenne journalière minimale de 6,9°C. Ceci étant le pique de diminution observé sur la figure ci-dessus.

On doit à l'encaissement de la station et à la ripisylve des amplitudes thermiques faibles.

4.3.1.8 Station ARG08

Cette station en aval du seuil de Séguemagne a enregistré les températures durant la période d'étude sauf du 01/10/2011 jusqu'au 23/12/2011 (en cause la crue de novembre 2011) et en fin de l'étude à partir du 01/07/2013 par le vol du thermographe.

ARG08	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	20,81	14,36	5,76	3,91
Moyenne journalière (°C)	20,4	14,4	6,0	3,9
Amplitude thermique journalière (°C)	2,0	0,6	0,0	0,3

Tableau 10 : Caractéristiques thermiques de la station ARG08

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

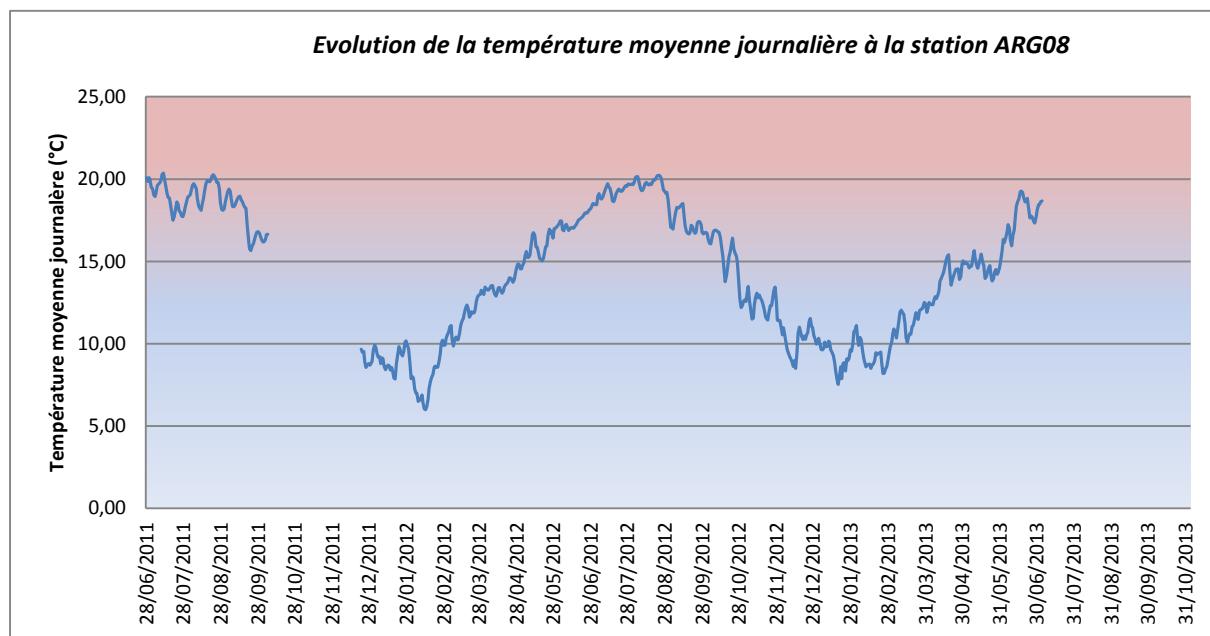


Figure 24 : Evolution des moyennes journalières en ARG08

On est surpris ici des valeurs de températures que l'on s'attendait à voir plus élevées en raison de la position sous le seuil de Séguemagne (réchauffement dans la retenue). Or les valeurs restent relativement fraîches. Certes les fluctuations annuelles sont importantes (15°C), mais on reste encore avec des températures moyennes journalières qui ne dépassent pas 21°C.

4.3.1.9 Station ARG09

Arraché par la crue de novembre 2011 nous ne possédons pas de données jusqu'au 23/12/2011 et pendant une courte période du 27/01/2012 au 09/03/2012 pour une panne momentanée de l'enregistreur.

ARG09	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	22,91	14,90	6,78	3,91
Moyenne journalière (°C)	21,5	14,9	7,0	3,9
Amplitude thermique journalière (°C)	4,7	1,2	0,2	0,7

Tableau 11 : Caractéristiques thermiques de la station ARG09

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

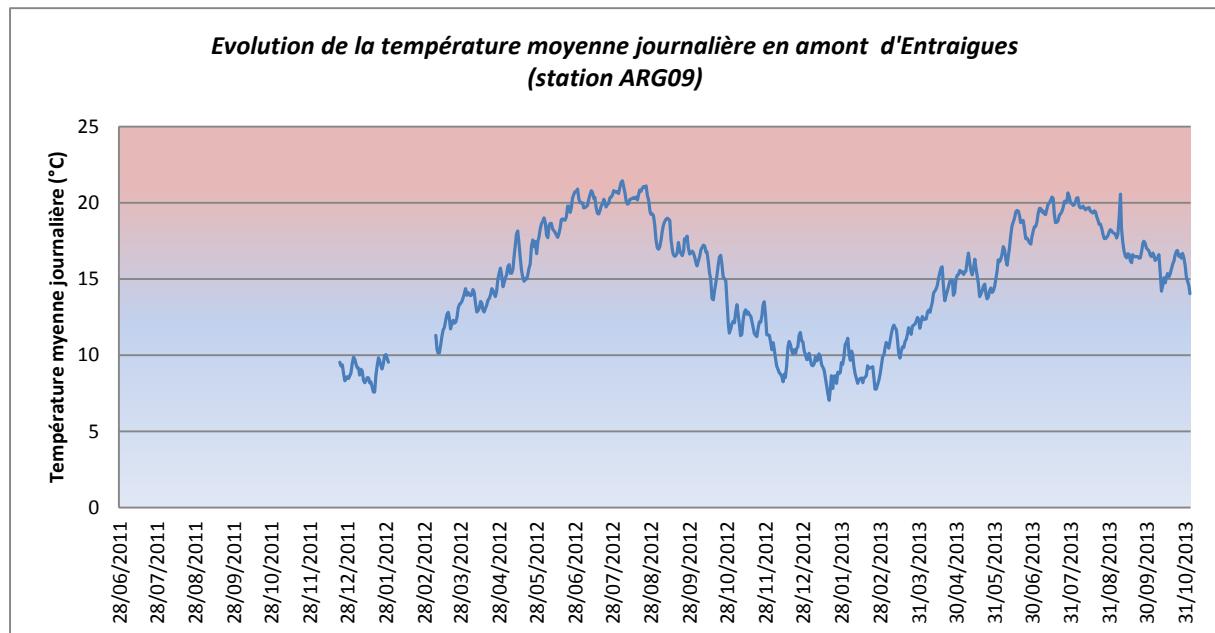


Figure 25 : Evolution des moyennes journalières en ARG09

On commence sur cette station à avoir des valeurs qui se différencient cette fois d'une manière très nette des stations du haut-Argens, avec des températures maximales proche de 23°C et des amplitudes journalières maximales fortes proches de 5°C. On quitte cette fois très nettement le domaine salmonicole. Faible pente et donc courant lent, et longues mouilles et plats courants qui dominent dans les faciès d'écoulement, un lit large qui ne permet pas à la ripisylve d'avoir un effet tampon thermique efficace, expliquent ces résultats.

4.3.1.10 Station ARG 10

Enterrement de la sonde sous les galets et les graviers par une crue, le thermographe deux fois volé pendant l'étude, on ne possède que très peu de données sur la station.

ARG10	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	22,24	14,91	6,47	3,88
Moyenne journalière (°C)	21,2	14,9	6,7	3,9
Amplitude thermique journalière (°C)	3,1	1,2	0,1	0,6

Tableau 12 : Caractéristiques thermiques de la station ARG10

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

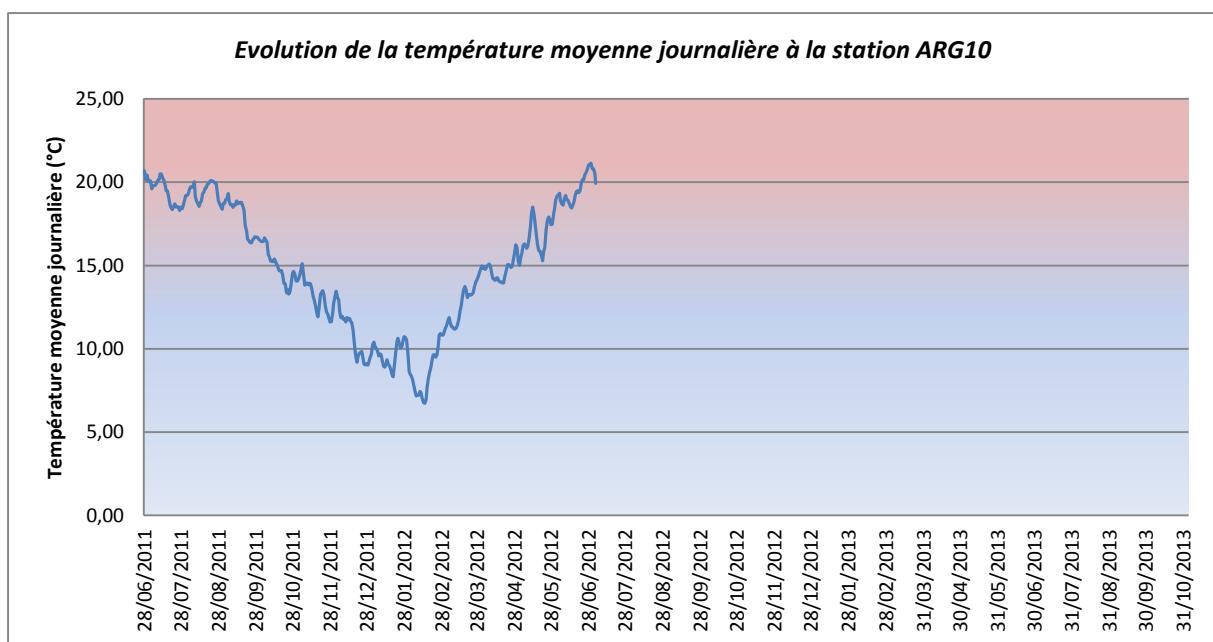


Figure 26 : Evolution des moyennes journalières en ARG10

Sur un seul cycle annuel, il nous est difficile de tirer des conclusions, mais on peut constater que l'évolution à la hausse des valeurs thermiques semble faire une pause, pause que l'on peut attribuer aux effets conjoints des apports triasiques d'Entraigues et des apports diffus dans le lit du cours d'eau au contact jurassique-trias-permien.

4.3.1.11 Station ARG11

La station en amont de la confluence de l'alle a perdu son thermographe à cause de la crue de novembre 2011 et l'on n'a pas de données du 06/10/2011 jusqu'au 23/12/2011. De même, le thermographe a disparu de son attache entre le 04/01/2013 et le 09/07/2013, ce qui réduit considérablement les conclusions que l'on peut tenir sur l'état de la thermie des eaux de la station.

ARG11	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	25,13	16,65	5,76	4,65
Moyenne journalière (°C)	23,4	16,7	6,0	4,6
Amplitude thermique journalière (°C)	5,5	1,5	0,1	0,8

Tableau 13 : Caractéristiques thermiques de la station ARG11

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

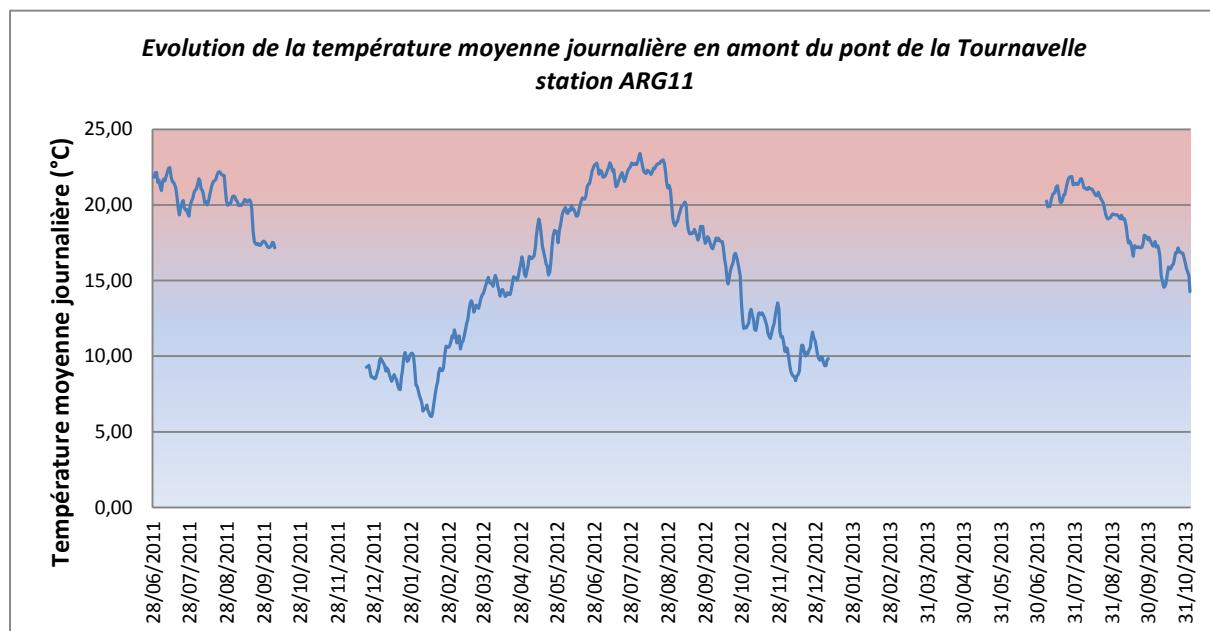


Figure 27 : Evolution des moyennes journalières en ARG10

Sur un seul cycle, l'on peut remarquer une amplitude annuelle de près de 20°C et des températures estivales maximales qui dépassent 25°C. On est là (avec le bémol de peu de donnée) sur des régimes thermiques caractéristiques de cyprinicoles d'eaux calmes.

4.3.1.12 Station ARG12

Une seule courte période de manque de données du 08/08/2012 au 27/09/2012 sur la station la plus basse sur l'Argens à quelques kilomètres à peine de l'estuaire.

ARG12	Maximum	Moyenne	Minimum	Ecart-type
Température absolue (°C)	27,08	15,88	5,86	4,98
Moyenne journalière (°C)	25,2	15,9	6,1	5,0
Amplitude thermique journalière (°C)	3,7	0,9	0,0	0,5

Tableau 14 : Caractéristiques thermiques de la station ARG12

La figure suivante montre l'évolution des températures moyennes journalières sur la station.

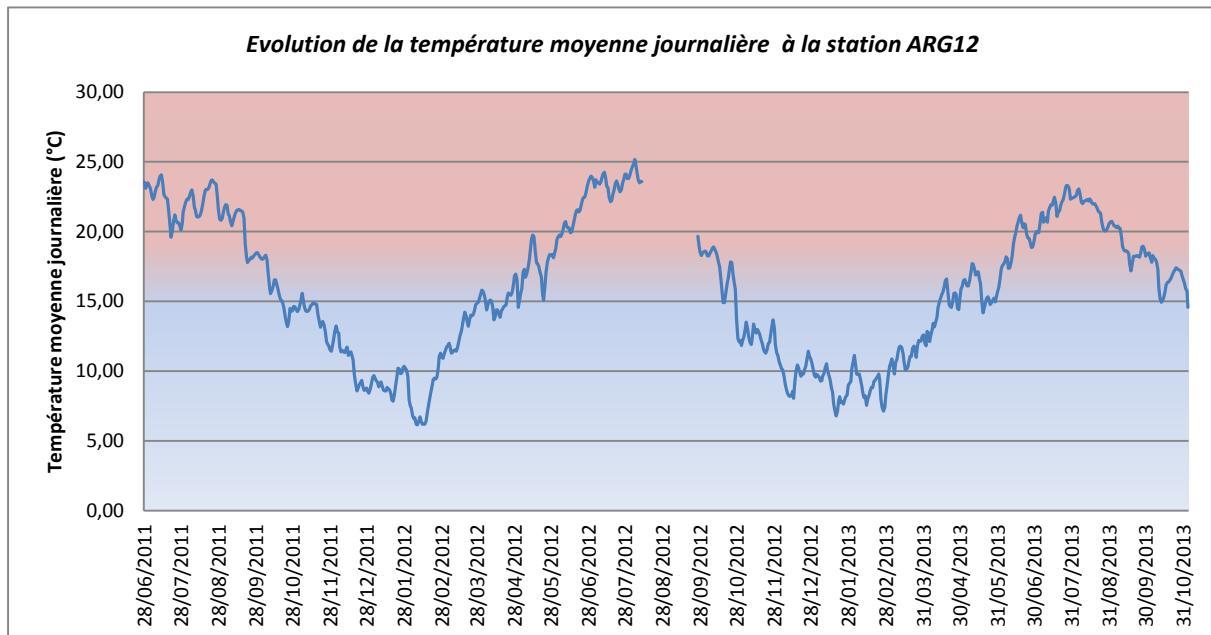


Figure 28 : Evolution des moyennes journalières en ARG10

Si les températures maximales sont légèrement supérieures à 27°C, on reste quand même avec des températures moyennes pas aussi fortes que ce que l'on pouvait penser atteindre. On peut faire la même remarque sur les amplitudes thermiques que l'on peut qualifier de faibles pour une telle station. Néanmoins, les amplitudes annuelles sont fortes. Ces données sont à mettre en relation avec l'apport important de la Nartuby.

Malgré plusieurs problèmes rencontrés sur les enregistrements, les données d'Aquapédia sont des données importantes de la connaissance du régime thermique de l'Argens. Il paraît évident, maintenant, que les données thermiques seront des éléments clefs pour évaluer l'évolution des milieux aquatiques dû aux changements climatiques. La constitution de bases de données prend toute son importance. Pour ce qui concerne les grands traies de la température des eaux de l'Argens on peut dire :

- que les températures de l'Argens restent plus basses par rapport à ce que l'on pouvait attendre dans un bassin versant avec une altitude de la source à 270m, une pente faible et un climat méditerranéen caractérisé, comme on le sait, par des températures de l'air très élevées. On doit ce phénomène à la dominance de la Provence calcaire et de ces réseaux karstiques et plus spécialement des apports très originaux et particulièrement puissants du karst triasiques (les remarquables Bouillidoux, les sources d'Entraigues). Ces apports se caractérisent aussi par des apports dans le lit même de l'Argens.
- c'est à partir de la station ARG09 que le système bascule vers des milieux « chauds », domaine réservé aux espèces eurythermes.

4.4 INVENTAIRES DES INVERTEBRES AQUATIQUES SUR LE COURS PRINCIPAL DE L'ARGENS, DE LA SOURCE A L'EMBOUCHURE

4.4.1 CARACTERISTIQUES GLOBALES DU PEUPLEMENT FAUNISTIQUE

4.4.1.1 Richesse taxonomique

Au total, **203 taxons différents** ont pu être identifiés sur les douze stations du cours principal de l'Argens, prélevements quantitatifs et qualitatifs confondus. Ils sont répartis principalement en 9 ordres d'insectes, 3 ordres de Crustacés et en deux classes de Gastéropodes (voir tableau 3).

Classes	Ordres/Classes	Richesses taxonomiques
Insectes	Plécoptères	7
	Trichoptères	55
	Ephéméroptères	21
	Coléoptères	25
	Diptères	35
	Hétéroptères	5
	Odonates	17
	Névroptères	1
	Mégaloptères	1
Crustacés	Isopodes	1
	Amphipodes	3
	Décapodes	2
Mollusques	Gastéropodes	13
	Bivalves	3
Turbellariés	Triclades	3
Nématodes	Nématodes	1
Oligochètes	Oligochètes	1
Achètes	Achètes	8
Hydracariens	Hydracariens	1
	Total	203

Tableau 15 : Richesses taxonomiques sur le cours principal de l'Argens

Les insectes représentent à eux seuls 82% de cette richesse taxonomique globale. Bien qu'ils représentent la réelle suprématie de cette classe d'Arthropodes dans les eaux courantes, ces résultats sont à nuancer car ils sont aussi à l'image de nos connaissances en systématique. En effet, cette classe est la mieux connue et a concentré nos efforts de détermination. La classe des Hydracariens et celle des Oligochètes n'ont par exemple pas été explorées avec le même effort.

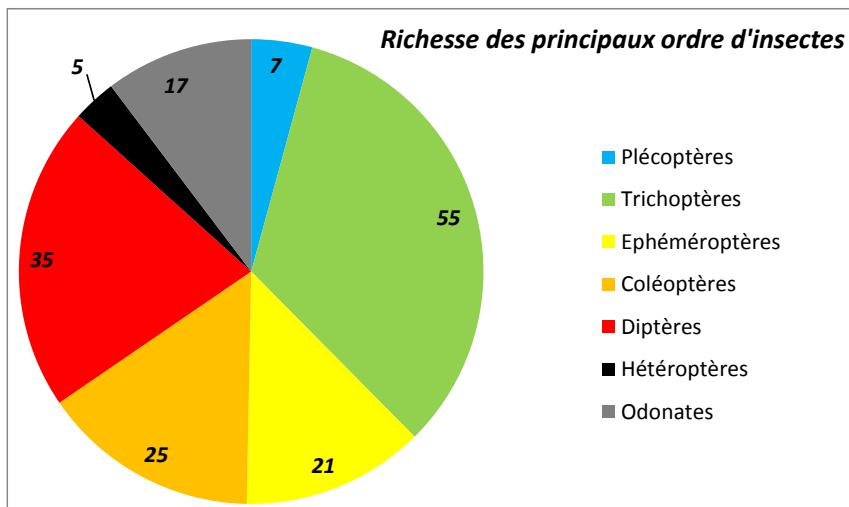


Figure 29 : Richesse taxonomique des principaux ordres d'insectes présents sur le cours principal de l'Argens

L'ordre des Trichoptères représente l'ordre le plus riche en espèces avec 55 taxons déterminés. Il est suivi par l'ordre des Diptères (35 taxons), l'ordre des Coléoptères (25 taxons) et l'ordre des Ephéméroptères (21 taxons). Les Odonates sont représentés par 17 taxons, suivis des Plécoptères (7 taxons) et des Hétéroptères (5 taxons)

La figure 5 renseigne sur les évolutions de la richesse taxonomique globale de l'amont vers l'aval. Rappelons que cette richesse est le résultat de 6 campagnes de prospections comptabilisant chacune 4 prélèvements au filet Surber dans des habitats comparables, complétées par des prélèvements qualitatifs.

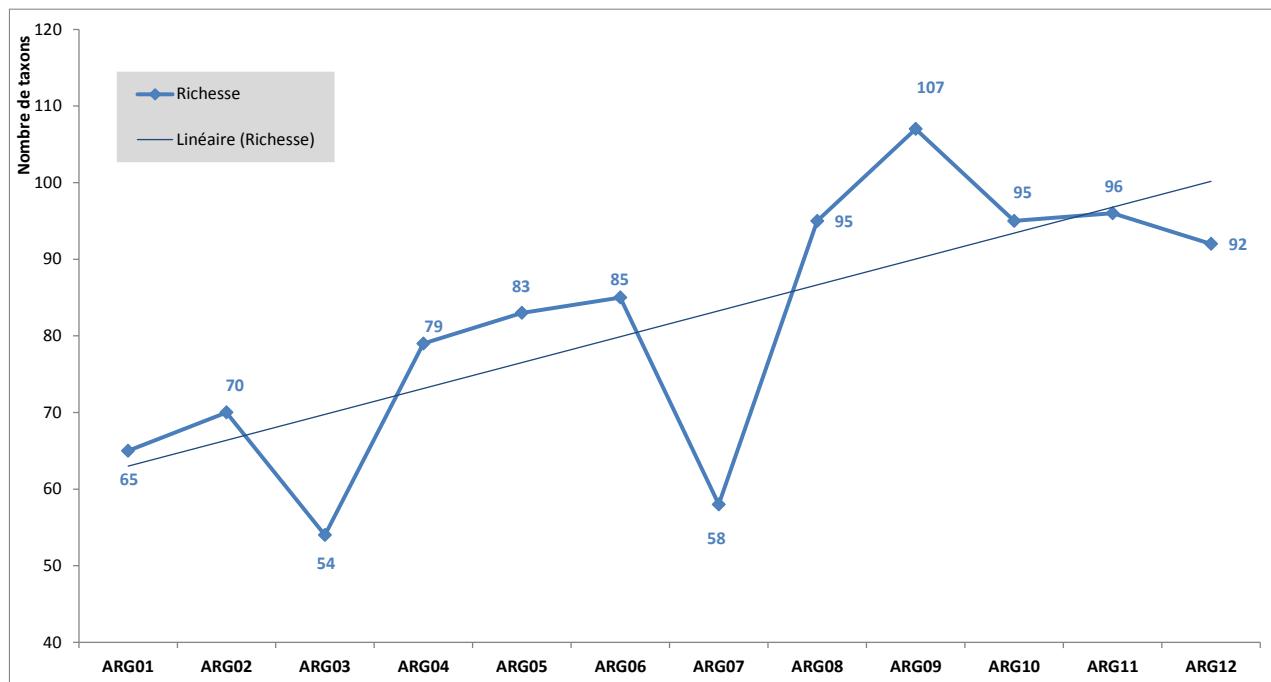


Figure 30 : Evolution des richesses taxonomiques globales de l'amont vers l'aval

Il apparaît clairement de la source à l'embouchure un enrichissement progressif en nombre de taxons. Passant de 65 taxons à la source (ARG01), la richesse dépasse les 90 taxons à partir de la station ARG08. La richesse la plus élevée est rencontrée à la station ARG09 avec un maximum de 107 taxons. Deux stations sont marquées par une richesse plus faible : les stations ARG03 et ARG07.

4.4.1.2 Evolution des densités

Au total, 195 106 individus ont été déterminés au cours des 6 campagnes de prélèvements. Ce chiffre correspond à une densité globale élevée de 13 549 ind/m². Sur la figure 6, l'évolution des densités de l'amont vers l'aval est indiquée. .

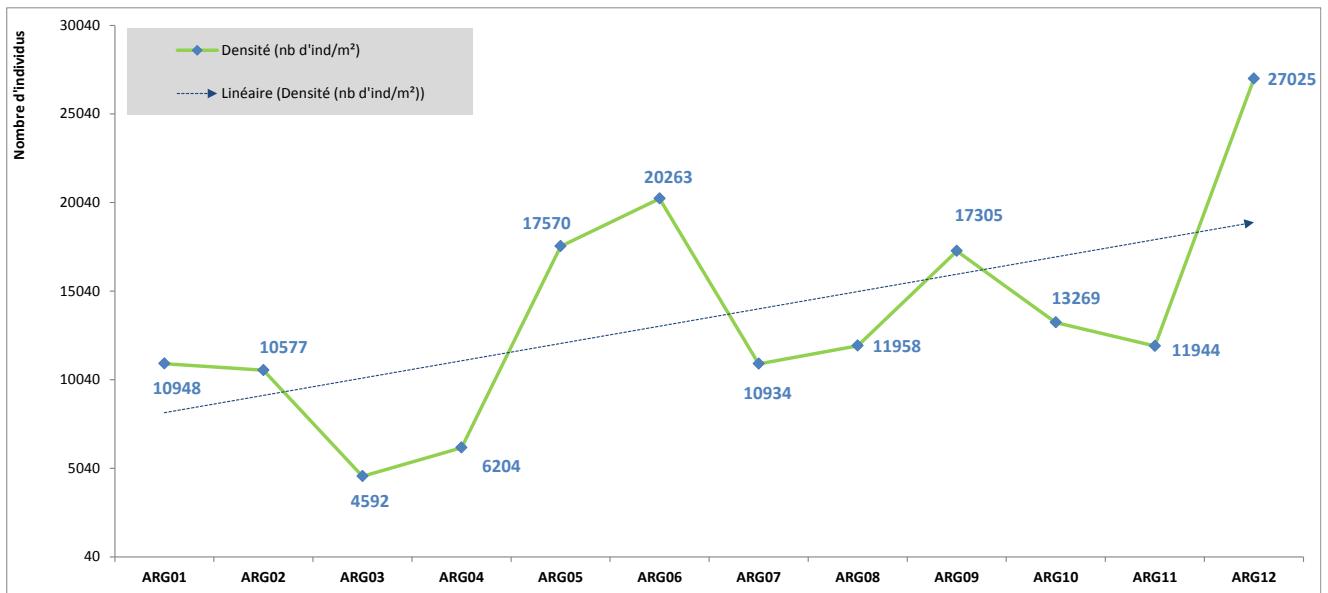


Figure 31 : Evolution du nombre d'individus récoltés par station de l'amont vers l'aval

Même si la tendance montre une augmentation des densités de l'amont vers l'aval, l'évolution de la courbe montre une certaine irrégularité entre les stations, en particulier entre les stations de l'amont. Ainsi les stations ARG01 et ARG02 présentent une densité proche, supérieure à 10 000 individus par m². Elle diminue ensuite de moitié à la station ARG03 et reste faible à la station ARG04. Entre cette station et la station localisée plus en aval (station ARG05), la densité est multipliée par 3. Elle augmente encore à la station ARG06 où elle très élevée, dépassant les 20 000 individus par m². A la station ARG07, elle est à nouveau diminuée de moitié puis on observe une certaine régularité jusqu'à la station ARG11, avec cependant un pic à la station ARG09. La densité la plus élevée est calculée à la station ARG12, située la plus en aval.

4.4.1.3 Composition du peuplement global

	Abondance relative	Fréquence (%)
<i>Gammarus pulex gallicus</i>	28,8	100
<i>Simulium sp</i>	14,5	100
<i>Orthocladiinae</i>	12,8	100
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	10,8	92
<i>Seratella ignita</i>	2,7	75
<i>Baetis rhodani</i>	2,5	100
Tanytarsini	2,2	100
<i>Baetis buceratus</i>	2,0	58

Tableau 16 : Abondance relative et fréquence des taxons dont l'abondance relative dépasse 2% du peuplement global sur le cours principal de l'Argens

Le peuplement global de l'Argens est dominé par le Gammare (Crustacés) *Gammarus pulex gallicus* qui représente près de 30% des effectifs. Cette espèce est présente dans l'ensemble des stations. Les larves des Diptères *Simulium sp* et des Orthocladiinae viennent respectivement en deuxième et troisième position. L'espèce *Potamopyrgus antipodarum*, appartenant à la classe des Gastéropodes, représente elle aussi plus de 10%. Les autres espèces mentionnées dans le tableau 16 présentent toutes une abondance variant entre 2 et 3% du peuplement. Trois espèces d'Ephéméroptères font parties des taxons les plus abondants : l'Ephemerellidae *Seratella ignita*, les Baetidae *Baetis rhodani* et *Baetis buceratus*.



Photos 27 : Taxons abondants rencontrés dans l'Argens, les larves du Diptère *Simulium sp* (à gauche) et *Gammarus pulex gallicus* (à droite)

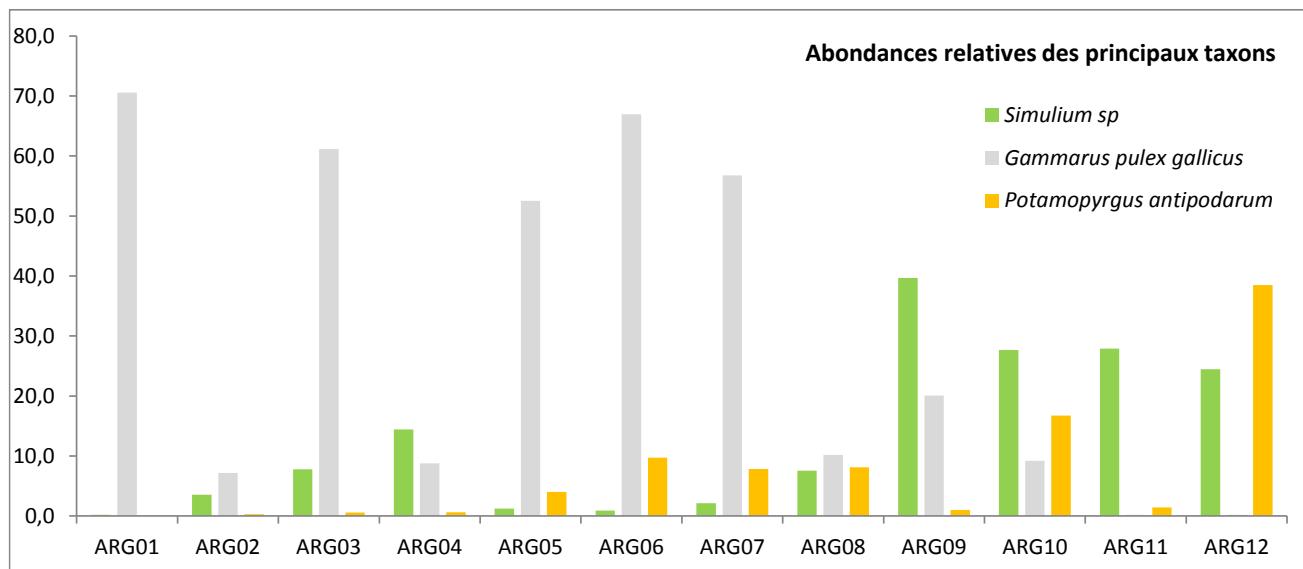


Figure 32 : Evolution des abondances relatives des trois principaux taxons recensés sur le cours principal de l'Argens

L'examen des abondances relatives des trois principaux taxons montrent une différence de structure au sein du peuplement des différentes stations. Le Crustacés *Gammarus pulex gallicus* domine essentiellement dans les stations de l'amont à l'exception d'ARG02 et ARG04. A partir de la station ARG08 l'abondance de ce taxon devient moins prépondérante. Il est quasiment absent des stations ARG11 et ARG12.

Le Diptère *Simulium* devient véritablement dominant dans la partie aval du cours d'eau, en particulier à partir de la station ARG09 et ce, jusqu'à la station ARG12.

La présence du Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* est véritablement marquée à partir de la station ARG06. Il est particulièrement abondant à la station ARG12.

- Avec au total 203 taxons recensés et une densité moyenne de 13 549 ind/m², le peuplement faunistique global de l'Argens est marqué par une richesse et une productivité importantes. Les courbes de tendances montrent une augmentation progressive des richesses de l'amont vers l'aval avec, cependant, des stations marquées par un peuplement plus pauvre. Il s'agit des stations ARG03 et ARG07, caractérisées par un substrat particulièrement encroûté, peu favorable à la faune benthique. Les insectes représentent plus de 80% du nombre de taxon déterminés. Les ordres les mieux représentés sont les Trichoptères et les Diptères. La composition du peuplement global indique une forte dominance numérique du Crustacés *Gammarus pulex gallicus* qui a lui seul constitué près de 30% des effectifs totaux. Sa répartition n'est pas homogène d'une station à l'autre et sa dominance est effective dans les stations du haut Argens. La partie aval du cours d'eau est plutôt caractérisée par la dominance du Diptère *Simulium* et du Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*, en particulier dans la station ARG12. On peut d'ores et déjà indiquer que la dominance de ces taxons est représentative d'un enrichissement organique du cours d'eau dans le cours inférieur.

4.4.2 ANALYSE DU PEUPLEMENT D'INVERTEBRES AQUATIQUES PAR STATION ET SUCCESSION LONGITUDINALE

4.4.2.1 Analyses des Correspondances (AFC)

- **Méthode**

L'AFC est une méthode descriptive adaptée aux tableaux de contingence, permettant d'étudier la répartition d'éventuelles relations existant entre deux variables nominales.

Les valeurs d'abondances ont été codées afin de pouvoir comparer les stations entre elles, en atténuant l'importance numérique des espèces très abondantes, qui perturbent l'interprétation des graphiques.

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 :

$$\sum i / N$$

$\sum i$: 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 des correspondances est réalisée à partir de l'ensemble des taxons déterminés sur le cours principal de l'Argens.

• Interprétation de l'AFC

L'essentiel de l'information (56%) est exprimée sur les 4 premiers axes. Seuls ces axes sont donc considérés ici.

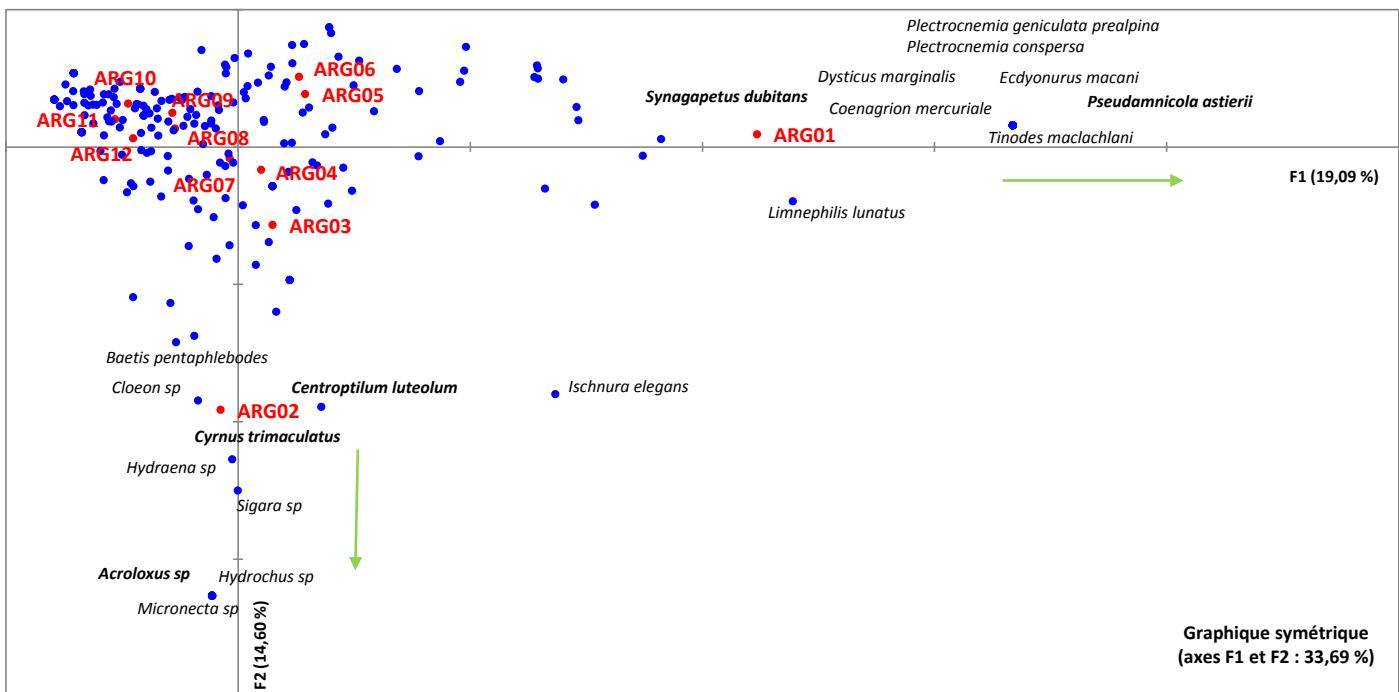


Figure 33 : Position des prélèvements et des taxons sur les axes F1 et F2 (ensemble des stations)

Une station se détache nettement sur l'axe F1, la station **ARG01**. Elle est caractérisée par la présence d'espèces qui ne sont retrouvées que dans cette station ou qui présentent une abondance importante dans cette station. Il s'agit pour les plus déterminantes des Trichoptères *Plectrocnemia conspersa*, *Plectrocnemia geniculata prealpina*, *Synagapetus dubitans*, du Mollusque *Pseudamnicola astierii* ou de l'Odonate *Coenagrion mercuriale*.

axe F1 (typique station ARG01)	axe F2 (typique station ARG02)
Polycentropodidae <i>Plectrocnemia conspersa</i>	Polycentropodidae <i>Cygnus trimaculatus</i>
Polycentropodidae <i>Plectrocnemia geniculata prealpina</i>	Baetidae <i>Baetis pentaphlebodes</i>
Glossosomatidae <i>Synagapetus dubitans</i>	Baetidae <i>Centroptilum luteolum</i>
Psychomyiidae <i>Tinodes maclachlani</i>	Baetidae <i>Cloeon sp.</i>
Psychomyiidae <i>Tinodes unicolor</i>	Hydrochidae <i>Hydrochus sp.</i>
Limnephilidae <i>Limnephilus lunatus</i>	Hydraenidae <i>Hydraena sp.</i>
Limnephilidae <i>Limnephilus sp.</i>	Simuliidae <i>Simulium latigonia</i>
Limnephilidae <i>Mesophylax aspersus hogarrensis</i>	Corixidae <i>Corixidae</i>
Limnephilidae <i>Micropterna testacea</i>	Corixidae <i>Micronecta sp.</i>
Heptageniidae <i>Ecdyonurus macani</i>	Corixidae <i>Sigara sp.</i>
Hydrophilidae <i>Coelostoma sp.</i>	Lestidae <i>Lestidae</i>
Scirtidae <i>Elodes sp.</i>	Libellulidae <i>Sympetrum fonscolombii</i>
Dixidae <i>Dixa sp.</i>	Sialidae <i>Sialis sp.</i>
Veliidae <i>Velia caprai</i>	Astacidae <i>Pacifastacus leniusculus</i>
Coenagrionidae <i>Coenagrion mercuriale</i>	Acrolochidae <i>Acrolochus sp.</i>
Coenagrionidae <i>Ischnura elegans</i>	
Hydrobiidae <i>Pseudamnicola astierii</i>	
Glossiphoniidae <i>Boreobdella verrucata</i>	
Glossiphoniidae <i>Helobdella stagnalis</i>	
Glossiphoniidae <i>Batracobdella paludosa</i>	

Tableau 17 : Espèces typiques des stations ARG01 et ARG02, différencierées sur les axes F1 et F2

Sur l'axe F2 se différencie la station **ARG02**, caractérisée par certaines espèces. Il s'agit par exemple parmi les plus déterminantes du Trichoptère *Cyrnus trimaculatus*, des Ephéméroptères *Baetis pentaphlebodes* et *Centroptilium luteolum*, du Mollusque *Acroloxus sp* (voir tableau 17).

Cette analyse permet de différencier deux stations atypiques (par la présence d'espèces spécifiques) de l'ensemble des autres stations. Une seconde analyse est réalisée en écartant ces deux stations du traitement des données.

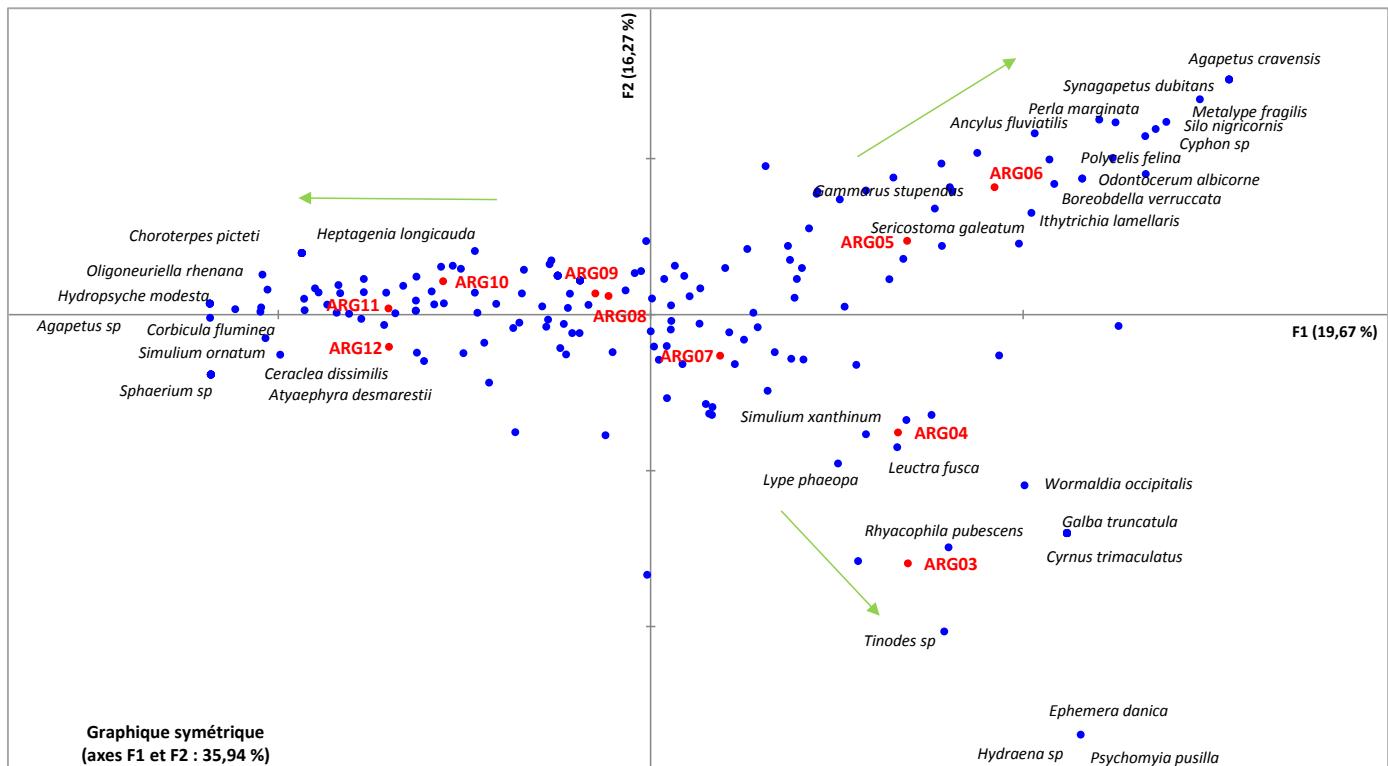


Figure 34 : Position des prélèvements et des taxons sur les axes F1 et F2
(les stations ARG01 et ARG02 ont été volontairement enlevées)

L'analyse factorielle permet ici de séparer les stations du cours supérieur de l'Argens et leur peuplement faunistique des stations du cours inférieur. Sur l'axe F1, il apparaît clairement une séparation entre les stations ARG03, ARG04, ARG05, ARG06 et dans une moindre mesure, ARG07, toutes situées à droite du graphique, et les stations ARG08, ARG09, ARG10, ARG11 et ARG12 représentées à gauche du graphique. On remarque que le peuplement faunistique de station ARG07 est finalement plus proche de celui observé à la station ARG06 qu'à la station ARG03, pourtant situées toutes les deux à des distances équivalentes.

Les taxons qui participent de manière structurante à cette opposition sur l'axe F1 sont par exemple les Trichoptères *Wormaldia occipitalis* et *Odontocerum albicorne* qui caractérisent les stations situées à l'amont (à droite sur le graphique) et qui s'opposent par exemple aux Ephéméroptères *Oligoneuriella rhenana* ou *Choroterpes picteti* qui eux sont typiques des stations les plus en aval.

Sur l'axe F2, il apparaît nettement une opposition entre les stations ARG05 et ARG06 dans la partie haute du graphique, et les stations ARG04 et ARG03 dans la partie basse. Les taxons structurants sont par exemple le Trichoptère *Metalype fragilis* et le Plécoptère *Perla marginata*, caractéristiques des stations ARG05 et ARG06, qui s'opposent par exemple au Diptère *Simulium xanthinum* et à l'Ephéméroptère *Ephemera danica*, retrouvés essentiellement en ARG03 et ARG04.

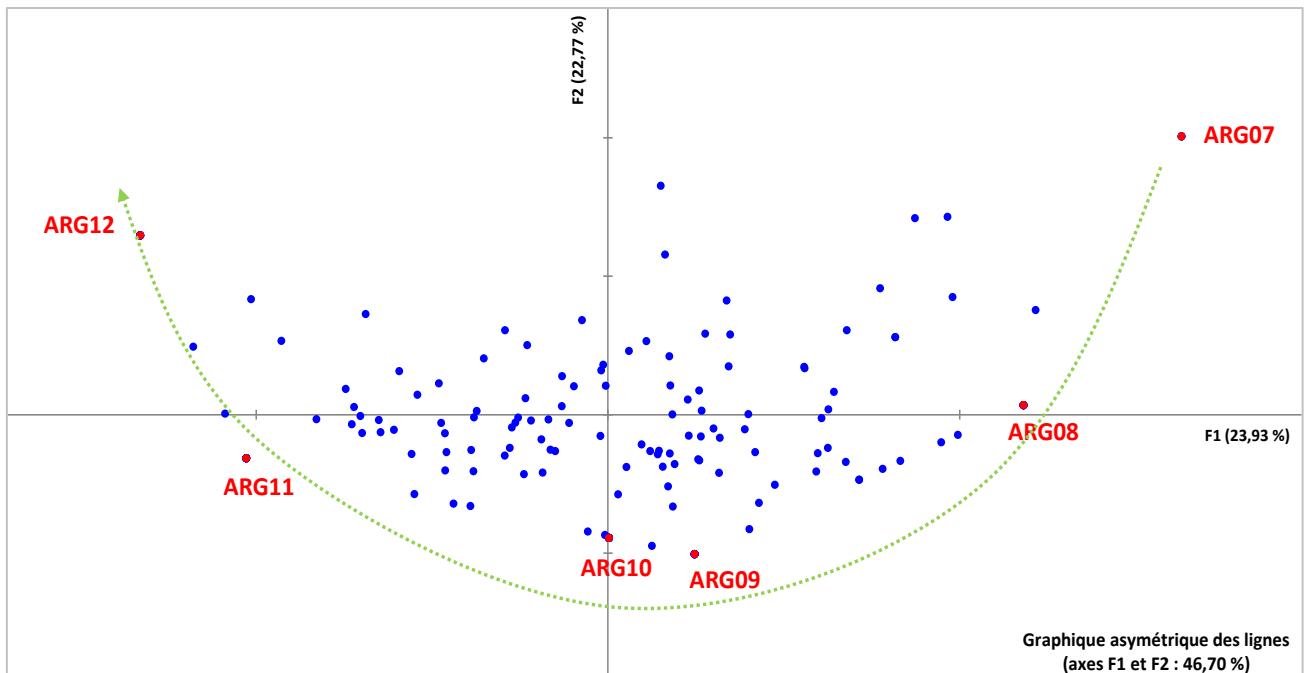


Figure 35 : Position des prélèvements et des taxons sur les axes F1 et F2.
Réalisé avec les stations ARG07 à ARG12

La figure 35 illustre la position des prélèvements réalisés des stations ARG07 aux stations ARG12. L'ensemble des stations qui ont pu être différencierées dans les analyses précédentes ont ici été retirées. L'information exprimée sur l'axe F1 et F2 est importante puisqu'elle atteint 46,7%.

Il apparaît sur l'axe F1 une succession amont/aval des prélèvements, allant de la station ARG07 localisée à droite du graphique à la station ARG12, située à l'extrême gauche. Ce graphique n'est pas sans rappeler les systèmes théoriques d'analyses typologiques où se succèdent de l'amont vers l'aval les différents peuplements, dessinant sur le graphique une forme caractéristique en U.

Contrairement aux stations qui ont été différencierées de manière tranchées dans les analyses précédentes, il est difficile ici de trouver pour chaque station une ou plusieurs espèces typiques. Cette courbe reflète surtout le glissement qui s'opère progressivement de l'amont vers l'aval et qui concerne essentiellement les effectifs des différentes espèces composant l'ensemble du peuplement du cours inférieur de l'Argens.

4.4.2.2 Caractérisation des peuplements et succession longitudinale des espèces

Les analyses factorielles réalisées ci-dessus mettent en évidence des changements faunistiques nets entre station. Ces changements sont plus marqués dans la partie amont. En effet, sur les 20 premiers kilomètres qui séparent la source officielle de la station ARG06 (Vallon Sourn), quatre types de peuplements distincts ont pu être différenciés.

Les groupes d'espèces caractéristiques des stations du cours supérieur sont mentionnées ci-dessous (celles surlignées en gras sont exclusives de la station) :

- station ARG01 : *Perla marginata*, ***Plectrocnemia conspersa***, ***Plectrocnemia geniculata prealpina***, *Synagapetus dubitans*, ***Tinodes maclachlani***, *Odontocerum albicone*, ***Limnephilus lunatus***, *Elmis aenea*, ***Elodes sp***, *Cyphon sp*, ***Coenagrion mercuriale***, *Gammarus stupendus*, ***Pseudamnicola astierii***, *Polycelis felina* ;
- station ARG02 : *Cyrnus trimaculatus*, *Hydropsyche pellucidula*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Baetis buceratus*, *Centroptilum luteolum*, *Tanytarsini*, *Tanypodinae*, *Sigara sp*, *Micronecta sp*, ***Simulium latigonia***, ***Pacifastacus leniusculus***, *Physa fontinalis*, ***Acroloxus sp*** ;
- stations ARG03 et ARG04 : *Wormaldia occipitalis*, *Rhyacophila pubescens*, *Lype phaeopa*, *Ephemera danica*, *Simulium xanthinum* ;
- stations ARG05 et ARG06 : *Perla marginata*, *Odontocerum albicone*, *Synagapetus dubitans*, ***Agapetus cravensis***, ***Metatype fragilis***, *Sericostoma galeatum*, *Allotrichia pallicornis*, *Cyphon sp*, *Polycelis felina*, *Gammarus pulex gallicus*, *Gammarus stupendus*.

L'examen des listes faunistiques montre que la station ARG01 et le groupe que forment ARG05 et ARG06 ont en commun certaines espèces dites sténothermes d'eau froide, habituellement retrouvées dans les secteurs de sources en Provence calcaire (*Perla marginata*, *Synagapetus dubitans*, *Odontocerum albicone*, *Polycelis felina*...). Cependant, la présence d'espèces exclusive structurantes comme le Gastéropode *Pseudamnicola astierii* à la station ARG01 permet de séparer ces deux groupes.

La station ARG02 est caractérisée par la présence d'espèces à caractère eurytherme marqué comme *Baetis buceratus*, *Hydropsyche pellucidula* ou à tendance lenitophile *Sigara sp*, *Micronecta sp* ou *Acroloxus sp*.

Les stations ARG03 et ARG04 se caractérisent par une densité relativement faible et par la présence d'espèces typique de milieux calcaires fortement encroûté comme le Diptère *Simulium xanthinum* ou le Trichoptère *Rhyacophila pubescens*.

Pour les stations suivantes, il est plus difficile d'isoler des espèces caractéristiques. C'est plutôt l'absence, les évolutions de la richesse ou des effectifs de certains taxons qui permettent de caractériser le peuplement.

- La **station ARG07** est marquée par une faible richesse et le peuplement est constitué d'espèces banales, à l'exception de *Simulium xanthinum* est caractéristique de secteurs encroûtés. Cette station se rapproche par certains aspects (faible richesse, présente d'espèces typiques de milieux encroûtés) de la station ARG04, mais l'absence d'espèce sténotherme d'eau froide (Trichoptères *Wormaldia occipitalis*) la différencie.
- La **station ARG08** est caractérisée par une forte richesse et l'augmentation des effectifs d'espèces nettement eurythermes : *Leuctra geniculata*, *Chimarra marginata*, *Hydropsyche pellucidula*, *Hydropsyche incognita*, *Baetis buceratus*, *Baetis fuscatus*...
- Les **stations ARG09 et ARG10** peuvent être regroupées car elles présentent des caractéristiques communes à savoir, une richesse élevée à très élevées, l'augmentation des effectifs de taxons nettement potamiques (*Hydropsyche exocellata*, *Silmulum lineatum*, diversification des Leptoceridae). Bien que sans commune mesure avec les stations du cours supérieur, les Gammaridae présentent encore à ces stations des effectifs relativement importants.
- Les **stations ARG11 et ARG12** ont en commun une faible densité du Crustacé de la famille des Gammaridae. Elles concentrent également les plus fortes abondances d'espèces potamophiles comme les Trichoptères *Hydropsyche exocellata*, *Chimarra marginata*, *Hydroptila vectis* ou les Ephéméroptères *Baetis buceratus*, *Oligoneuriella rhenana* et *Caenis pusilla*. A noter que la station ARG12 diffère sensiblement de la station ARG11 par la très forte abondance du gastéropode *Potamopyrgus antipodarum* et du bivalve *Corbicula fluminea*.

4.4.3 COMPARAISON AVEC LES ZONATIONS THEORIQUES

4.4.3.1 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.

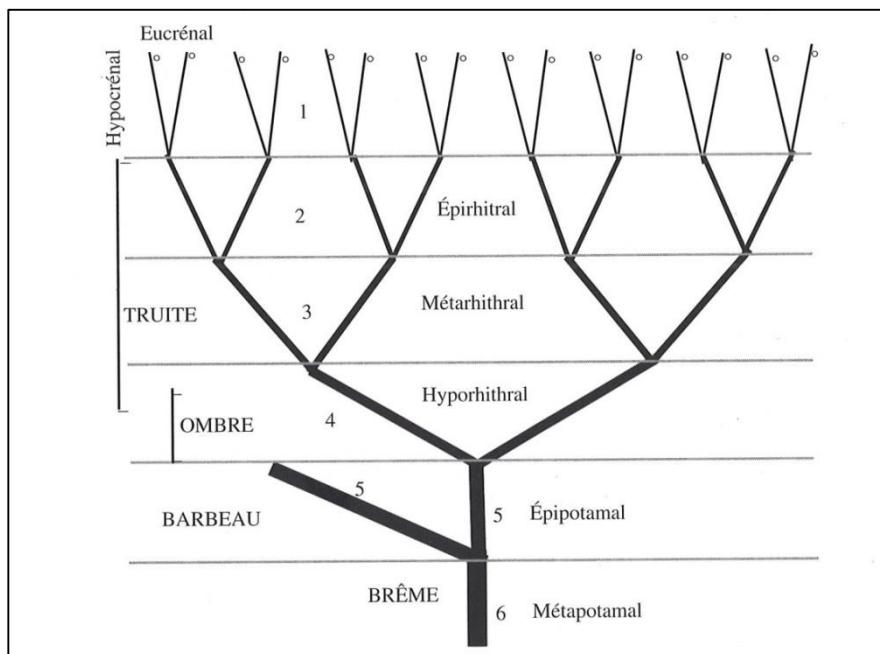


Figure 36 : Schéma de la zonation des cours d'eau d'Illies et Botosaneanu (1963)

Dans cette zonation, il existe donc une relation nette entre l'ordre de drainage (exprimé par le rang de Strahler) et les différentes zones biologiques. Sur le cours principal de l'Argens, l'ordre de drainage est calculé pour chaque station (voir figure 37).

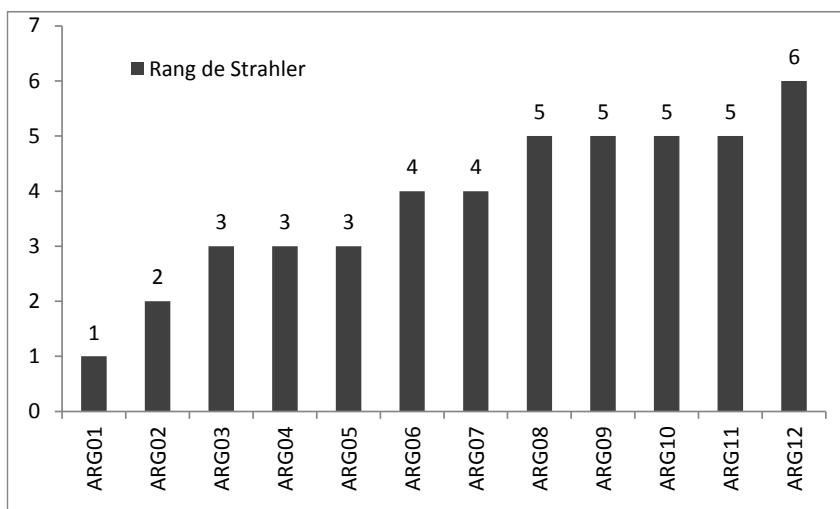


Figure 37 : Ordres de drainage exprimés par les rangs de Strahler des différentes stations d'étude sur le cours principal de l'Argens

Pour chaque station, il correspond un ordre de drainage qu'il est possible de relier avec les différentes zones typologiques définies par Illies et Botosaneanu (voir tableau 18).

Stations	Rang de Strahler	Zonation d'Illies et Botosaneanu (1963)
ARG01	1	Crenal
ARG02	2	Epirhithral
ARG03	3	Metarhithral
ARG04	3	Metarhithral
ARG05	3	Metarhithral
ARG06	4	Hyporhithral
ARG07	4	Hyporhithral
ARG08	5	Epipotamal
ARG09	5	Epipotamal
ARG10	5	Epipotamal
ARG11	5	Epipotamal
ARG12	6	Metapotamal

Tableau 18 : Relation entre rang de Strahler des différentes stations de l'Argens et la zonation d'Illies et Botosaneanu

A chacune de ces zones correspond un peuplement faunistique, plus ou moins variable en fonction de la zone biogéographique considérée. En considérant certaines espèces repères, il est possible de définir pour une station donnée à quel zone typologique elle appartient. Cette comparaison entre la zonation théorique et la zonation observée fait l'objet du chapitre suivant.

4.4.3.2 La typologie de l'Argens d'après les données Aquapedia

Dans cette partie, les données issues des inventaires faunistiques réalisés entre 2011 et 2013 sont comparées avec les données théoriques définies ci-dessus. La comparaison est réalisée avec la zonation d'Illies et Botosaneanu (1963).

Stations	Espèces caractérisques	Signification typologique des invertébrés	Rang de Strahler	Typologie théorique (Illies et Botosaneanu)
ARG01	<i>Plectrocnemia conspersa</i> , <i>Plectrocnemia geniculata prealpina</i> , <i>Silo nigricornis</i> , <i>Synagapetus dubitans</i> , <i>Odontocerum albicorne</i> , <i>Ecdyonurus macani</i> , <i>Elodes sp.</i> <i>Gammaurus stupendus</i> , <i>Pseudamnicola astrii</i> , <i>Polycelis felina</i>	Crénal	1	Crénal
ARG02	<i>Hydropsyche pellucidula</i> , <i>Cyrnus trimaculatus</i> , <i>Baetis buceratus</i> , <i>Centroptilum luteolum</i> , <i>Sigara sp.</i> , <i>Acroloxus sp.</i> , <i>Physa fontinalis</i>	Epipotamal	2	Epirhithral
ARG03	<i>Wormaldia occipitalis</i> , <i>Rhyacophila pubescens</i> , <i>Lype phaeopa</i> ,	Métarhithral	3	Métarhithral
ARG04	<i>Ephemera danica</i> , <i>Simulium xanthinum</i>	Métarhithral	3	Métarhithral
ARG05	<i>Perla marginata</i> , <i>Silo nigricornis</i> , <i>Synagapetus dubitans</i> ,		3	Métarhithral
ARG06	<i>Allotrichia pallicornis</i> , <i>Sericostoma galeatum</i> , <i>Metalytpe fragilis</i> , <i>Odontocerum albicorne</i> , <i>Agapetus cravensis</i> , <i>Cyphon sp.</i> , <i>Polycelis felina</i>	Crénal/Epipotamal	4	Hyporhithral
ARG07	<i>Simulium xanthinum</i>	Méta/Hyporhithral	4	Hyporhithral
ARG08	<i>Leuctra geniculata</i> , <i>Hydropsyche pellucidula</i> , <i>Chimarra marginata</i> , <i>Ithytrichia sp.</i> , <i>Atripsodes sp.</i> , <i>Setodes argentipunctellus</i> , <i>Baetis buceratus</i> , <i>Baetis fuscatus</i> , <i>Caenis pusilla</i>	Hyporhithral/Epipotamal	5	Epipotamal
ARG09	<i>Leuctra geniculata</i> , <i>Hydropsyche bulbifera</i> , <i>Hydropsyche exocellata</i> , <i>Lepidostoma hirtum</i> , <i>Chimarra marginata</i> , <i>Ithytrichia sp.</i> , <i>Atripsodes leucophaeus</i> , <i>Setodes argentipunctellus</i> , <i>Caenis pusilla</i> , <i>Simulium lineatum</i> , <i>Simulium pseudequinum</i>	Epipotamal	5	Epipotamal
ARG10	<i>Hydropsyche bulbifera</i> , <i>Hydropsyche exocellata</i> , <i>Lepidostoma hirtum</i> , <i>Chimarra marginata</i> , <i>Ithytrichia sp.</i> , <i>Orthotrichia sp.</i> , <i>Atripsodes leucophaeus</i> , <i>Setodes argentipunctellus</i> , <i>Caenis pusilla</i> , <i>Simulium lineatum</i> , <i>Simulium pseudequinum</i>	Epipotamal	5	Epipotamal
ARG11	<i>Hydropsyche modesta</i> , <i>Hydropsyche bulbifera</i> , <i>Hydropsyche exocellata</i> , <i>Chimarra marginata</i> , <i>Ithytrichia sp.</i> , <i>Orthotrichia sp.</i> , <i>Atripsodes leucophaeus</i> , <i>Setodes argentipunctellus</i> , <i>Caenis pusilla</i> , <i>Baetis buceratus</i> , <i>Baetis fuscatus</i> , <i>Oligoneuriella rhenana</i> , <i>Simulium lineatum</i> , <i>Simulium pseudequinum</i>	Epipotamal	5	Epipotamal
ARG12	<i>Hydropsyche exocellata</i> , <i>Chimarra marginata</i> , <i>Hydroptilla sparsa</i> et <i>vectis</i> , <i>Caenis pusilla</i> , <i>Baetis buceratus</i> , <i>Simulium lineatum</i> , <i>Simulium pseudequinum</i> , <i>Simulium aureum</i> , <i>Atyaephyra desmarestii</i> , <i>Asellus sp.</i> , <i>Corbicula fluminea</i>	Epipotamal/Métapotamal	6	Métapotamal

Tableau 19 : Relation entre rang de Strahler des différentes stations de l'Argens et la zonation d'Illies et Botosaneanu

Dans le tableau 19 sont mentionnées les espèces caractéristiques et espèces repères (soulignées) des stations d'étude qui indiquent par leur présence (ou leur abondance) l'appartenance à une zone typologique. Cette zone typologique « observée », issue des données acquises au cours de l'étude Aquapedia, est confrontée à la zonation théorique. Les principales différences observées sont surlignées en bleu dans le tableau. La zonation de l'Argens peut être décrite de la manière suivante.

Dans la première station (**ARG01**), il apparaît clairement un peuplement typique de sources calcaires caractérisées par la présence d'espèces comme *Polycelis felina* (Planaire), *Plectrocnemia conspersa* et *Synagapetus dubitans* (Trichoptères).

Dans la station **ARG02**, le peuplement est caractérisé par la présence d'espèces d'eaux calmes (Gastéropodes *Acroloxus* sp) et eurythermes (Ephéméroptères *Baetis buceratus*, *Centroptilum luteolum*) habituellement retrouvées dans un niveau typologique inférieur (potamal). Le ralentissement des eaux lié à un affaiblissement de la pente se traduit donc par un changement typologique. Des espèces typiques des parties basses de cours d'eau peuvent s'installer dans cette station, qui théoriquement appartient à l'épirhithral.

Les stations **ARG03** et **ARG04** présentent un peuplement assez proche. L'accentuation de la pente et l'atténuation des variations thermiques (ripisylve dense) jouent en faveur des espèces du rhithron qui caractérisent cette zone (Trichoptères *Rhyacophila pubescens*, *Wormaldia occipitalis*, Ephéméroptère *Ephemera danica*). L'importance des dépôts calcaire dans ce milieu favorise des espèces typiques des milieux encroûtés comme le Diptère *Simulium xanthinum*. La zonation est ici relativement concordante avec ce qui était attendu.

Dans les stations **ARG05** et **ARG06**, le peuplement subit de profonds bouleversements. L'apparition d'espèces sténothermes d'eau froides, typiques de sources calcaires (*Polycelis felina* (Planaire), *Synagapetus dubitans* (Trichoptères)) et de partie haute du rhithron en milieu calcaire (Plécoptère *Perla marginata*, Trichoptère *Metatype fragilis*) indique une influence structurante des apports d'eau des sources des Bouillidoux. A noter que cette influence est perceptible jusqu'à la station ARG06 (Vallon Sourn), localisée 4 km en aval. Par comparaison avec la zonation théorique, le peuplement subit un glissement net vers l'amont, passant de l'hyporhithral à une zone intémédiaire entre le crénal et l'épirhithral.

La station **ARG07** est caractérisée par un peuplement très pauvre, dont certaines espèces sont typiques des milieux encroûtants (Diptère *Simulium xanthinum*). La disparition des espèces sténothermes citées ci-dessus permet de classer cette station en hyporhithral.

Le peuplement de la station **ARG08** est caractérisé par l'apparition d'espèces typiques du potamon, en particulier les Trichoptères *Chimarra marginata* et *Hydropsyche pellucidula*. Cette station localisée en aval de Carcès et donc de la confluence avec le Caramy, peut être considérée comme intermédiaire entre le rhithron et le potamon. Ce résultat est concordant avec la zonation théorique. L'Argens en aval de la confluence avec le Caramy correspond en effet à un épipotamal selon la typologie d'Illies et Botosaneanu.

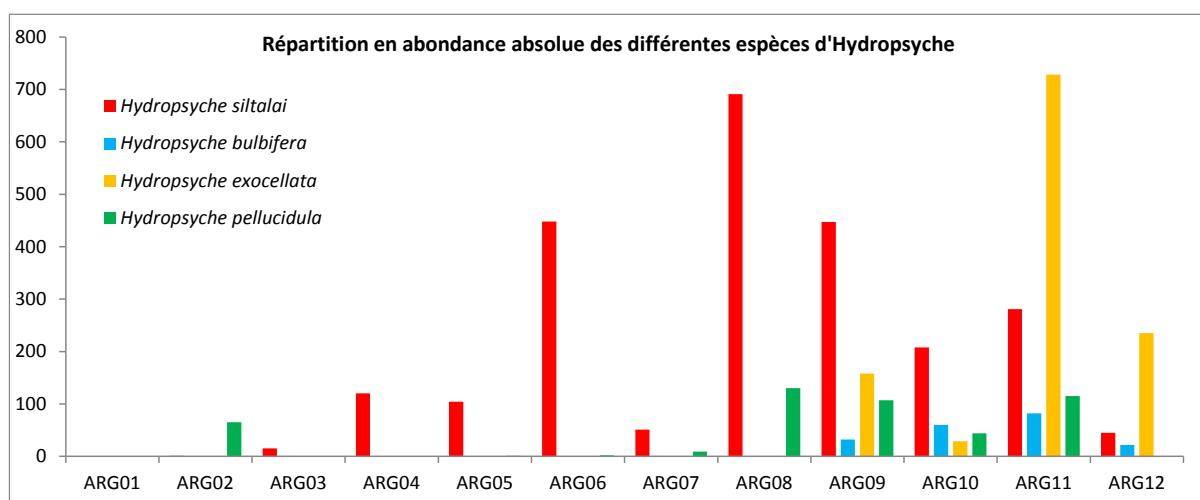


Figure 38 : Evolution des effectifs de quatre espèces d'*Hydropsyche* sur le cours principal de l'Argens

A partir de la station **ARG09**, la nature du peuplement indique clairement un potamon. Le peuplement est proche de celui observé à la station précédente mais ce caractère est plus affirmé avec l'apparition d'espèce comme les Trichoptères *Hydropsyche exocellata* et *Athripsodes leucophaeus*.

Les peuplements sont homogènes dans la partie basse. La nature du peuplement n'évolue que très peu d'une station à l'autre et aucune différence fondamentale n'est observée entre la station ARG09 et **ARG10**. Quelques espèces apparaissent plus nombreuses comme l'Ephéméroptère *Oligoneuriella rhenana* dans la station **ARG11** et le Crustacé *Atyaephyra desmarestii* dans la station **ARG12** mais il n'y a pas de changements profonds dans la composition du peuplement. La structure en revanche évolue avec des espèces potamiques devenant plus nombreuses dans les stations du cours inférieur. On peut par exemple citer l'espèce *Hydropsyche exocellata* (voir figure 38) plus abondante dans les stations ARG11 et ARG12.

Dans l'ensemble des stations à partir de la station ARG08, à partir de laquelle le cours d'eau passe du rhithral au potamal, la typologie observée est conforme à la typologie théorique. Cependant, dans la station la plus en aval, le passage de l'épipotamon au métapotamon est très peu visible.

- La comparaison entre les données acquises au cours des trois années de suivi et la zonation théorique telle que définie par Illies et Botosaneanu montre certaines discordances. La première intervient très tôt sur le cours principal de l'Argens puisque dès la station ARG02, située 2,4 km de la source officielle, le schéma classique n'est pas respecté. Le peuplement présente en effet des éléments caractéristiques du potamon, alors que la zone attendue serait de l'épirhithral. Ceci s'explique par le ralentissement des eaux lié à une diminution de la pente qui favorise l'apparition d'espèces eurythermes et de milieux lenticques, habituellement retrouvées dans la partie basse des cours d'eau. Une deuxième différence majeure avec le schéma théorique de la zonation est l'apparition à environ 15 km de la source officielle d'une zone de résurgence qui favorise l'apparition d'espèces sténothermes d'eau froide, typique des sources en Provence calcaire. Alors que cette partie du cours d'eau est en théorie classée en méta et hyporhithral, la faune indique plutôt un crénel glissant vers l'hyporhithral. Notons ici qu'il est impossible de caractériser les subdivisions des zones typologiques à partir de la faune, le peuplement pouvant évoluer en fonction du régime hydrologique. L'influence des sources est par exemple moins déterminante en période de hautes eaux. A partir de la station ARG08, localisée en aval de la confluence avec le Caramy, la zonation suit le schéma théorique, les stations appartenant toutes au métapotamal. Pour la dernière station, théoriquement typique de l'hypopotamon, la distinction avec la subdivision inférieure n'est pas possible à partir du peuplement faunistique.

4.4.3.3 La typologie de Verneaux (1977)

La biotypologie de Verneaux est largement citée et utilisée en France (WASSON, 1989). L'objectif est ici de caractériser les zones à partir de **paramètres abiotiques**.

La formule proposée par Verneaux intègre trois facteurs :

- **T1 (composante thermique)** : la température moyenne maximale des trente jours les plus chauds ;
- **T2 (composante trophique)** : le produit de la distance aux sources par la dureté (concentration en calcium et magnésium) ;
- **T3 (composante morphologique)** : le rapport de la profondeur moyenne au produit de la pente par largeur.

Le niveau typologique théorique (**Ntt**) se calcule de la manière suivante :

$$T1 = 0,55.Tmax - 4,34$$

$$T2 = 1,17 [\ln(d0.D/100)] + 1,50$$

$$T3 = 1,75 [\ln(Sm/p.l^2).100] + 3,92$$

$$\boxed{Ntt = 0.45 T1 + 0.30 T2 + 0.25 T3}$$

Tmax : moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds ;

d0 : distance à la source en km ;

p : pente en % ;

l : largeur du lit mineur ;

Sm : section mouillée à l'étiage en m² ;

D : dureté Ca-Mg en mg.l⁻¹.

Pour le calcul des Ntt sur le cours de l'Argens, les données thermiques sont issues des thermographes enregistreurs placés à toutes les stations. La distance à la source est calculée à partir de la source officielle située à Seillons Source d'Argens. La largeur du lit et la section mouillée sont calculées à partir des mesures hydrologiques réalisées à l'étiage (été 2011). Les valeurs de dureté sont issues des mesures réalisées régulièrement sur l'Argens par l'Agence de l'Eau RMC. Il s'agit d'une moyenne pour chaque station.

Les résultats sur l'Argens sont présentés dans le graphique suivant.

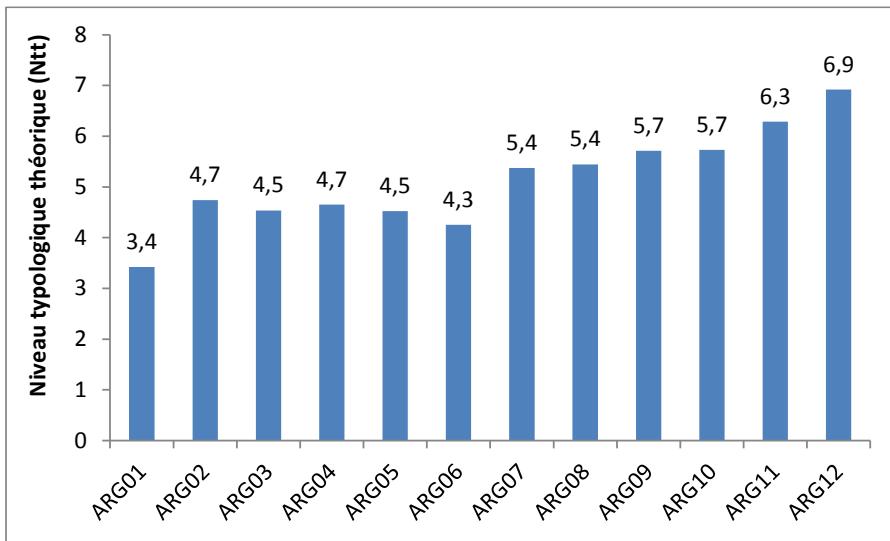


Figure 39 : Niveau typologique théorique (Verneaux, 1977) dans chaque station d'étude du cours principal de l'Argens

Ces niveaux typologiques théoriques peuvent être traduits en « biocénotypes » comme sur le schéma présenté ci-dessous. Les biocénotypes comme définis par Verneaux (1973-1974) sont divisés en 10 niveaux. Ils vont de B0 (crénion) au B9 (hypopotam).

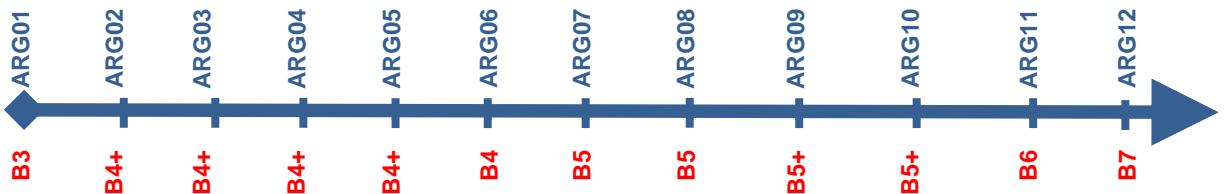


Figure 40 : Biocénotypes pour chaque station étudiée sur le cours principal de l'Argens

A ces biocénotypes, il est possible de faire correspondre la zonation d'Illies et Botosaneanu (1963), comme présenté dans le tableau ci-dessous.

Stations Aquapedia	Ntt	Biocénotypes	Zonation d'Illies et Botosaneanu
ARG01	3,42	B3	Epirhithron
ARG02	4,74	B4+	Métarhithron
ARG03	4,54	B4+	Métarhithron
ARG04	4,65	B4+	Métarhithron
ARG05	4,52	B4+	Métarhithron
ARG06	4,25	B4	Métarhithron
ARG07	5,37	B5	Hyporhithron
ARG08	5,44	B5	Hyporhithron
ARG09	5,71	B5+	Hyporhithron
ARG10	5,73	B5+	Hyporhithron
ARG11	6,28	B6	Hyporhithron
ARG12	6,92	B7	Epipotamon

Tableau 20 : Niveau typologique théorique (Ntt), biocénotypes (Verneaux, 1973) et correspondance avec la zonation d'Illies et Botosaneanu (1963)

Sur le bassin versant de l'Argens, le calcul des niveaux typologiques théoriques, comme définis par Verneaux en 1977, appelle plusieurs remarques.

La première est l'appartenance de la source au **niveau B3**, ce qui se traduit en termes de peuplement en un *épirhithron* et non en un *crénon*, comme il était a priori attendu d'après l'examen de la faune d'invertébrés. Il semble donc que les caractéristiques abiotiques utilisées dans le calcul du niveau typologique ne traduisent qu'approximativement la réalité faunistique de ce cours méditerranéen de faible altitude. La température tout d'abord, qui ne varie presque pas de 15°C, est relativement douce. La pente de cette source karstique est quasiment nulle et enfin la largeur et la section du lit mouillé reste (même à l'étiage) conséquente. Ces facteurs tendent à faire glisser le peuplement de la station ARG01 vers un rhithron plutôt que vers un crénon.

De la station ARG02 (marais de St Estève) à la station ARG05 (aval source des Bouillidoux), le peuplement est **classé en B4+**, ce qui correspond au métarhithron. Il n'y a donc pas de distinction entre des stations très différentes d'un point de vue faunistique comme ARG02, constituée d'espèces banales et certaines typiques du potamon, avec ARG05, peuplée d'espèces typiques du crénon. La prise en compte de la largeur et de la section du lit mouillée, ainsi que la distance à la source semblent masquée ces différences importantes. Ces distinctions faunistiques pourraient s'expliquer par l'examen de la température seule.

Un léger rajeunissement est visible à la station ARG06 (Vallon Sourn) qui passe en **B4**. Ceci est certainement lié à la pente, les températures estivales étant légèrement supérieures à celles observées en ARG05 et les débits étant comparables.

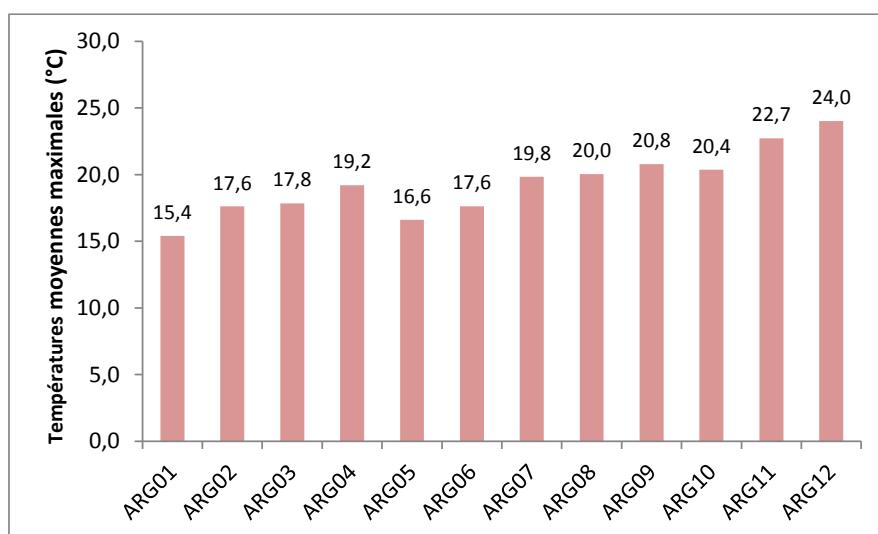


Figure 41 : Températures moyennes des maximales durant les 30 jours consécutifs les plus chauds

A partir de la station ARG07 jusqu'à la station ARG11, le niveau typologique passe progressivement de **B5 à B6**, ce qui correspond à un hyporhithron. Le passage entre le rhithron et le potamon qui était, au niveau faunistique, situé à la station ARG08 est ici imperceptible. Le peu de changement observé à partir de l'aval de la confluence avec le Caramy, peut aussi s'expliquer par l'existence du barrage de Carcès sur cet affluent qui contribue à modifier la composante morphologique qui s'en trouve atténuée. Rappelons que la biotypologie de Verneaux s'applique à des systèmes naturels et que toute modification hydrologique a des conséquences sur la valeur du niveau typologique.

Enfin, la dernière station (ARG12) appartient au biocénotype **B7**, ce qui correspond à un épipotamon. D'après cette typologie, le peuplement semble déclassé par rapport à ce que donne l'analyse faunistique et la zonation d'Illies et Botosaneanu. Même s'il est difficile, voire impossible, de discerner à partir de l'analyse du peuplement les subdivisions du potamon, il est clair que l'épipotamon apparaît bien plus tôt sur l'Argens. Cette différence d'évaluation peut s'expliquer par la longueur relativement faible (110 km) de ce fleuve, par une section mouillée et une largeur finalement réduite par comparaison à d'autres systèmes hydrographiques. Les caractéristiques thermiques de la station ARG12 correspondent à un biocénotype B9 (Verneaux et Leynaud, 1974). Il semble donc que les composantes morphologiques déclassent l'Argens au contraire des composantes thermiques qui semble davantage en adéquation avec le peuplement faunistique.

Dans le domaine méditerranéen, la répartition des invertébrés dans les cours d'eau seraient plus qu'ailleurs sous dépendance directe des températures maximales davantage que des composantes morphologiques telles que la largeur du lit mouillé et la section.

- L'application de la biotypologie de Verneaux montre plusieurs discordances entre le niveau typologique théorique (Ntt) et le peuplement en place. Il semble que les particularités des cours d'eau méditerranéens à régime karstique soient faiblement intégrées dans le mode de calcul. En effet, le débit élevé dès la source (conférant une largeur et une section mouillée conséquente), une température relativement douce et une pente faible concourent à déclasser la source de l'Argens. A l'inverse, le faible linéaire, le débit peu élevé et une pente moyenne participent à déclasser les stations aval. Alors que les températures et le peuplement indiquent des conditions de potamal dès l'aval de Carcès, la typologie de Verneaux indique l'apparition du potamon au niveau de Roquebrune sur Argens. Le réchauffement des eaux plus important en région méditerranéenne serait sous-évalué dans le calcul des niveaux typologiques par rapport aux autres composantes.

4.5 COMPARAISON AVEC LES DONNEES ANTERIEURES

La thèse d'Aref DIA (1978) constitue l'étude principale sur laquelle est basée cette comparaison. Dans un premier temps, nous comparons la zonation typologique comme elle avait été définie à la fin des années 1970. Puis dans un deuxième temps nous présentons les principaux changements faunistiques observés.

4.5.1 LA ZONATION PROPOSEE PAR DIA (1978)

Cet auteur propose à partir des invertébrés quatre zones typologiques :

- La source (crénon)

Dans l'émissaire de la source, l'auteur désigne parmi les espèces caractéristiques les Trichoptères *Synagapetus dubitans* et *Plectrocnemia conspersa*, le Gastéropode *Bythinella viridis* (qui correspond en fait à *Pseudamnicola astierii*) et le Planaire crénobionte *Polycelis felina*. L'auteur indique des températures stables proches de 15°C, favorisant les espèces sténothermes d'eau fraîche. Cette valeur est conforme au régime thermique enregistré au cours de cette étude.

- Marais en aval de la source (zone atypique)

Elle correspond à la station ARG02 de notre présente étude. Pour Dia, cette zone constitue un biotope lenitique et elle est peuplée par des espèces le plus souvent représentées dans les eaux stagnantes (*Cloeon sp*, *Baetis buceratus...*). Certaines espèces du rhithron sont également représentées à faible effectif.

- Argens en aval de marais jusqu'à la station 06 (rhithron)

La station 06 est dans la thèse de Dia, située en aval de la ville de Carcès. L'ensemble de ce secteur correspond de l'amont vers l'aval aux stations ARG03, ARG04, ARG05, ARG06 et ARG07 de la présente étude. Dia considère cet ensemble comme homogène, appartenant à la même zone écologique. Comme espèces caractéristiques de la zone, il cite par exemple les Trichoptères *Silo nigricornis*, *Tinodes pusillus*, *Rhyacophila pubescens...*

- Argens en aval de Carcès (potamon)

Dia indique ici l'importance de la confluence avec le Caramy, affluent principal de l'Argens en rive droite, comme facteur de discontinuité. Cela se traduit par une discordance faunistique marquée avec l'amont. Apparaissent des espèces typiques du potamon comme par exemple les Ephéméroptères *Oligoneuriella rhenana*, *Baetis fuscatus*, *Potamanthus luteus*. Le Trichoptère *Hydropsyche pellucidula* est considéré comme une espèce marquant la transition entre le rhithron et le potamon.

La typologie de Dia est donc proche de celle présentée dans ce rapport. La zone de source, le secteur atypique des marais de St Estève et la zone de transition rhithron/potamon sont bien identifiée dans la thèse. Cependant, il apparaît que le secteur des Bouillidoux n'a pas été identifié, la zone du rhithron comprenant pour Dia des secteurs très différents au niveau faunistique comme le secteur de Montaud, le Vallon Sourn ou l'aval de Correns. L'influence de ces sources sur le peuplement et en particulier le retour à un crénon à partir des des Bouillidoux n'avait donc pas été perçue en 1978.

4.5.2 PRINCIPAUX CHANGEMENTS FAUNISTIQUES OBSERVÉS ENTRE 1978 ET 2014

Dans sa thèse, Dia (1978) réalise le traitement de la faune à partir principalement de quatre groupes d'invertébrés : les Trichoptères, les Ephéméroptères, les Plécoptères et les Coléoptères. Dans l'étude Aquapedia, la détermination à l'espèce des invertébrés permet une comparaison fiable du peuplement au travers de trois groupes principaux : les Trichoptères, les Ephéméroptères et les Plécoptères. Nous nous attacherons donc à définir les principales différences observées entre 1978 et 2014 au travers de ces trois ordres d'insectes. Au total, 114 espèces sont ici considérées. A noter que l'absence de données numériques dans les travaux de Dia empêche la comparaison détaillée des effectifs.

4.5.2.1 Espèces citées en 1978 et absentes de l'étude Aquapedia

Il apparaît que **20 espèces** recensées en 1978 n'ont pas été retrouvées lors des relevés réalisés entre 2011 et 2013.

	<i>Espèces</i>
Trichoptères	<i>Agapetus delicatulus</i>
	<i>Agapetus laniger</i>
	<i>Athripsodes dissimilis</i>
	<i>Halesus radiatus</i>
	<i>Hydropsyche borealis</i>
	<i>Orthotrichia costalis</i>
	<i>Polycentropus irroratus</i>
	<i>Tinodes pusillus</i>
Ephéméroptères	<i>Baetis niger</i>
	<i>Caenis moesta</i>
	<i>Ecdyonurus forcipula</i>
	<i>Ephemerella ignita</i>
	<i>Habroleptoides modesta</i>
	<i>Habrophlebia sp</i>
	<i>Heptagenia sulphurea</i>
	<i>Siphlonurus lacustris</i>
Plécoptères	<i>Capnioneura sp</i>
	<i>Eoperla ochracea</i>
	<i>Leuctra occitana</i>
	<i>Dictyogenus ventralis</i>

Tableau 21 : Liste des espèces citées de la thèse non retrouvées dans l'étude Aquapedia

Parmi ces espèces, certaines d'entre elles ont vu leur systématique évoluée, leur dénomination ancienne étant remplacée. Ainsi, le Trichoptère *Athripsodes dissimilis* est nommé aujourd'hui *Ceraclea dissimilis*. L'Ephéméroptère *Ephemerella ignita* est à présent renommée *Seratella ignita*. Ces deux espèces sont bien présentes sur le cours principal de l'Argens. L'existence de l'Heptageniidae *Ecdyonurus forcipula* est également aujourd'hui remise en question par les spécialistes du groupe des Ephéméroptères (Michel Brulin, *comm.pers.*). Il semblerait que cette espèce ait été confondue pendant des années par *Ecdyonurus venosus*, espèce commune sur l'Argens.

D'autres espèces comme le Trichoptère *Halesus radiatus* ne sont pas recensées dans l'Argens dans l'étude Aquapedia mais sont présentes dans les affluents, confirmant ainsi leur présence sur le bassin versant.

La présence de certaines espèces recensées dans la thèse de Dia (1978) peut être remise en cause par la capture d'espèces proches dont la détermination est confirmée. Ainsi, concernant *Hydropsyche borealis* dans la partie basse de l'Argens (espèce actuellement non signalée en France), il pourrait s'agir de l'espèce *Hydropsyche exocellata* commune aujourd'hui dans le cours inférieur et dont la présence n'est pas signalée en 1978. Il en est de même également pour *Tinodes pusillus* (actuellement non signalée en France), qui aurait pu être confondue avec *Tinodes unicolor*, présente dans les stations similaires. Signalons également *Heptagenia sulphurea* qui n'a pas été retrouvée sur le cours principal de l'Argens, contrairement à *Heptagenia longicauda* qui a été recensée dans les mêmes stations et qui n'était pas citée en 1978.

Enfin certaines espèces rares en 1978 n'ont pas été recensées sans que pour autant leur présence soit mise en cause. Le caractère aléatoire de l'échantillonnage ne permet pas de rendre compte de la richesse globale du cours d'eau.

Pour celles dont le caractère patrimonial est important, il a été mené des investigations complémentaires. Ainsi, les Plécoptères *Capnioneura* sp, *Eoperla ochracea*, *Leuctra occitana* et *Dictyogenus ventralis* semblent avoir disparus des stations où ils étaient recensés en 1978.



Photo 28 : Le Bivalve *Corbicula fluminea*, une espèce introduite qui a colonisé le Bas Argens après 1980

4.5.2.2 Espèces citées de l'étude Aquapedia et non recensées en 1978

Au total, **37 espèces** non recensées en 1978, appartenant aux trois groupes faunistiques précités, ont été recensés entre 2011 et 2013 sur le cours principal de l'Argens au cours de l'étude Aquapedia.

L'ordre des Trichoptères comptent à lui seules 27 espèces supplémentaires. Ceci tient principalement à l'utilisation de pièges lumineux qui a permis d'augmenter fortement l'effort de prospection. Ils ont permis de découvrir des espèces rares sur le bassin de l'Argens comme *Hydropsyche doelheri* endémique du Var et des Alpes-Maritimes.

Cette différence s'explique également par la connaissance des espèces qui a évolué depuis la fin des années 70. Ainsi certaines descriptions comme celle de *Plectrocnemia geniculata prealpina* (espèce nouvelle pour le bassin de l'Argens) ont été réalisées ultérieurement au rendu de la thèse.

Certaines différences faunistiques visibles entre 2011 et 1978 concernent d'autres groupes faunistiques que les trois grands ordres d'insectes précédemment comparés. Elles concernent l'apparition d'espèces introduites entre les deux études. Le bivalve *Corbicula fluminea* (Corbiculidae) colonise le Bas Argens du Thoronet jusqu'à Roquebrune sur Argens (voir photo 28). C'est en particulier entre Vidauban et sa confluence avec la mer qu'il est le plus abondant. Cette espèce originaire d'Asie et d'Afrique a été observée pour la première fois en Dordogne en 1980 (Brancotte, 2002). Elle a depuis colonisé l'ensemble du réseau hydrographique français. Le mode de colonisation du Bas Argens serait lié aux transferts d'eau entre bassins (Durance/Argens).

- La comparaison avec les données issues de la thèse (Dia, 1978) montre une évolution assez comparable des peuplements de l'amont vers l'aval. A l'exception de l'influence des résurgences des Bouillidoux qui n'avait pas été décelée à sa juste en valeur au cours de cette étude, la typologie exprimée par le peuplement est très proche. En particulier, la zone de transition rhithron/potamon était déjà en 1978 identifiée en aval de la confluence avec le Caramy. Ces résultats indiquent l'absence d'influence perceptible des changements climatiques sur le peuplement faunistique entre 1978 et 2011.
- Mais si la structure du peuplement n'est pas profondément modifiée par rapport à ce qui était observé en 1978, certaines lacunes faunistiques sont criantes. Les principales sont l'absence d'espèces qui étaient citées comme régulières et qui, malgré des prospections ciblées, n'ont pas été retrouvées en 2011. Il s'agit en particulier du Plécoptère *Eoperla ochracea* et dans une moindre mesure des Plécoptères *Leuctra occitana* et *Dictyogenus ventralis*. L'absence de données ne permet pas de conclure à leur disparition de l'Argens (qui pour les deux premières serait synonyme de disparition de France). Rappelons que deux crues majeures ont touché l'Argens en 2010 et 2011. Ces espèces seraient à rechercher dans un contexte hydrologique plus favorable.
- Enfin, l'étude Aquapedia a permis de confirmer la présence d'espèces rares décelées en 1978 (exemples : *Agapetus cravensis*, *Hydropsyche brevis*). Elle permet ainsi de compléter les connaissances acquises à l'époque en fournissant une liste plus complète, en particulier pour l'ordre des Trichoptère.

4.6 INVENTAIRE QUALITATIF, LA RICHESSE FAUNISTIQUE EN INVERTEBRES AQUATIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'ARGENS

En complément de l'inventaire du cours principal de l'Argens, une prospection plus ciblée a été réalisée sur le cours principal mais aussi sur les affluents de l'Argens. Ces échantillonnages ont pour objectif de rendre compte de manière la plus exhaustive possible de la richesse faunistique du bassin versant. Il permet également de déceler la présence d'espèces rares ou endémiques (à fort intérêt patrimonial). Rappelons que cet inventaire n'est pas réalisé au Surber, mais à la pince pour les formes aquatiques, ou au filet et par pièges lumineux pour les formes aériennes.

4.6.1 LA RICHESSE GLOBALE ET DES DIFFERENTS GROUPES D'INVERTEBRES

Au total, **258 taxons** différents ont été déterminés sur l'ensemble du bassin versant. Cette richesse est particulièrement importante par comparaison à certaines études patrimoniales réalisées dans la région. Une étude réalisée sur l'ensemble du Mercantour pendant 5 ans de prospections a révélé une richesse en invertébrés aquatiques de 242 taxons. Rappelons que ce territoire est protégé car considéré comme un « hot-spot » de la biodiversité. Le bassin versant de l'Argens est donc au niveau régional d'une importance capitale pour cette faune.

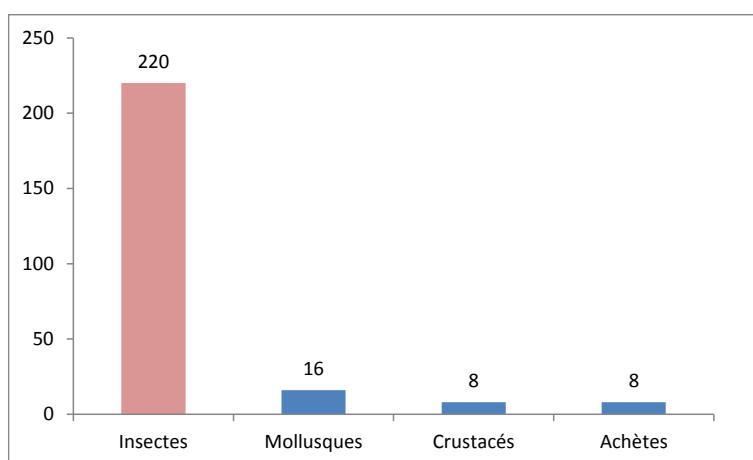


Figure 42 : Richesses taxonomiques des différentes classes d'invertébrés présentes sur le bassin versant de l'Argens

Le groupe le plus richesse est sans conteste celui des insectes avec 220 taxons identifiés. Les Mollusques comptent 16 taxons. Les Achètes et les Crustacés comptabilisent 8 taxons.

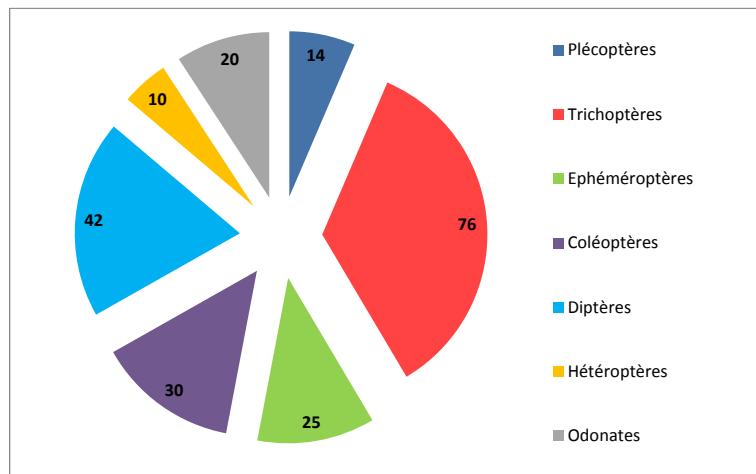


Figure 43 : Richesses taxonomiques des différents ordres d'insectes présents sur le bassin versant de l'Argens

Parmi les insectes, l'ordre des Trichoptères est plus riche avec au total **76 taxons déterminées**. Pour comparaison, nos connaissances concernant cette faune sur l'ensemble du bassin de l'Argens étaient issues de la thèse qui faisait état de 38 espèces de Trichoptères. Cet ordre est suivi par les Diptères (42 taxons), les Coléoptères (30 taxons) et les Ephéméroptères (25 taxons).

Rappelons que la richesse taxonomique est aussi à l'image du niveau de connaissance que nous avons des différents ordres d'insectes et de la capacité de la déterminer au niveau spécifique. Ainsi, si l'identification des espèces d'Odonates, de Plécoptères, de Trichoptères et d'Ephéméroptères est rendue possible par l'existence de clef, la détermination des Diptères est plus compliquée pour certaines familles à cause de l'absence de critères fiables. Cet ordre est donc sous-évalué par rapport aux autres insectes.

4.6.2 ESPECES REMARQUABLES

Une espèce est ici considérée comme remarquable quand elle est rare, protégée, endémique ou retrouvée pour la première fois sur un territoire (Var, région PACA). Dans cet inventaire du bassin versant de l'Argens, 59 espèces d'invertébrés aquatiques répondent à cette définition soit 23% du peuplement global.

Le groupe qui concentre le plus d'espèces remarquables est l'ordre des Trichoptères avec 37 espèces.

Statuts	Nombre d'espèces
Endémiques sud-est France	21
Rares en France	25
Première citation en France	1
Première citation en PACA	19
Première citation dans le Var	36
Protégées	3

Tableau 22 : Caractérisation des différentes espèces remarquables recensées

Dans ce classement présenté ci-dessus, il apparaît que beaucoup d'espèces remarquables sont citées pour la première fois dans le département du Var. *Rappelons que les données de référence sont issus de l'inventaire (complété d'une synthèse bibliographique) réalisé par l'Opie-Benthos sur le territoire national.* Ce nombre élevé d'espèces citées pour la première fois dans le département ou dans la région reflète surtout le manque de connaissance de cette faune. Beaucoup de ces espèces ne sont pas rares mais n'avaient tout simplement jamais été identifiées.

Une espèce présentée ici (*Polycentropus n sp* appartenant à l'ordre des Trichoptères) n'a jamais été observée en France. Elle pourrait être nouvelle pour la science mais des investigations supplémentaires sont nécessaires pour confirmer cette information.

Trois espèces d'invertébrés bénéficiant d'une protection nationale ont été identifiées sur le bassin versant de l'Argens : l'écrevisse à pieds blancs (Crustacés), l'Agrion de Mercure (Odonates) et la Cordulie à corps fin (Odonates).

La part la plus remarquable du peuplement est constituée par les espèces endémiques du sud-est ou rares en France. Nous détaillerons ci-après les principales espèces rencontrées et leur répartition. Au total, **35 espèces sont rares, endémiques du sud-est ou protégées.**

4.6.2.1 Espèces rares et/ou endémiques recensées dans le bassin versant de l'Argens

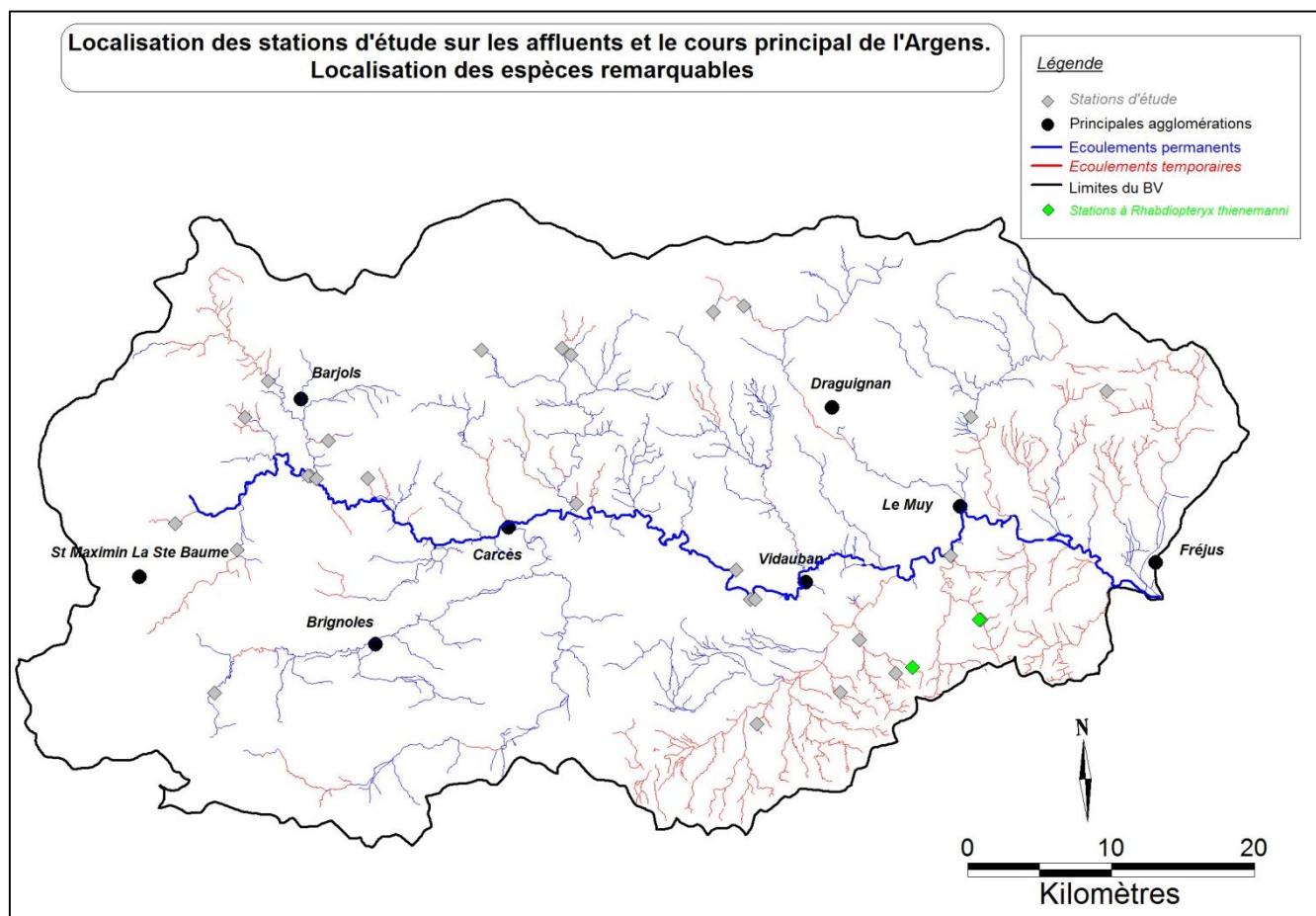
1. Plécoptères :

Rhabdiopteryx thienemanni Illies, 1957 (Taeniopterygidae) :

Appartenant à la famille des Taeniopterygidae, cette espèce est extrêmement rare en France. Connue d'Espagne, elle a été découverte sur notre territoire au début des années 1980 (Dumont, 1984), dans un petit cours d'eau temporaire du massif des Maures (Verne, bassin versant de la Giscle). Elle a depuis été capturée une seule fois sur le cours principal de la Giscle dans le cadre d'une étude patrimoniale réalisée par la Maison Régionale de l'Eau en 2011. Ces deux stations étaient jusqu'à présent les deux seules connues de l'espèce en France. Dans le cadre de cette étude, deux individus femelles ont été capturés dans deux petits affluents temporaires de l'Aille (affluent de l'Argens), également dans le massif des Maures : le vallon des Baguiers et le Langoustaou. En France, les quatre stations maintenant connues de cette espèce sont cantonnées au seul département du Var.
Elle nécessite donc une attention particulière.



Photos 29 : A : *Rhabdiopteryx thienemanni* Adulte ; B : Vallon du Langoustaou : ruisseau temporaire du massif des Maures où a été recensée *Rhabdiopteryx thienemanni*



Carte 18 : Répartition de *Rhabdiopteryx thienemanni* sur le bassin versant de l'Argens

2. Trichoptères :

Hydropsyche brevis Mosely, 1930 (Hydropsychidae) :

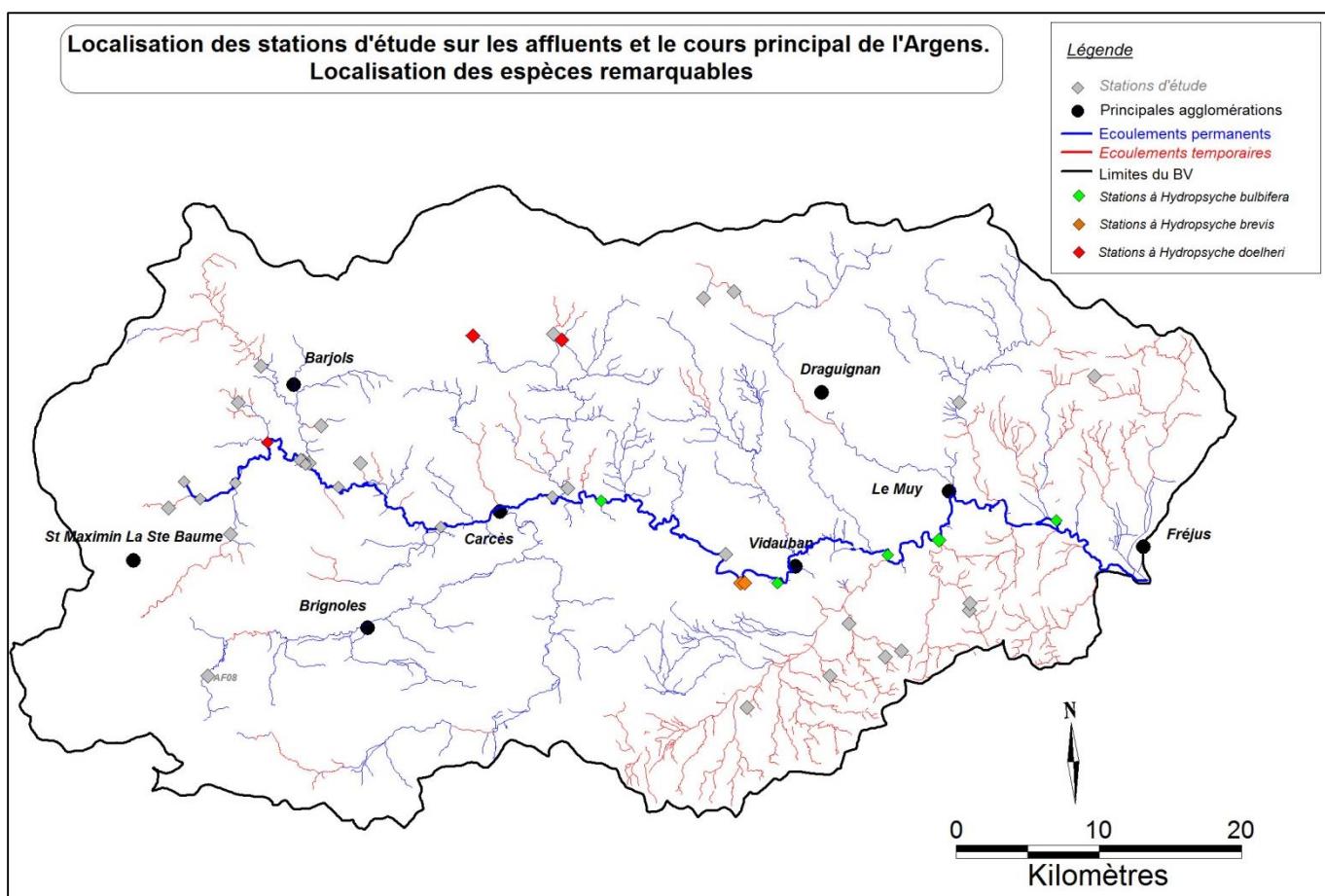
Cette espèce est présente dans le sud-ouest de l'Europe (Espagne, Pyrénées...). En France, elle est rare : elle est actuellement recensée dans trois départements (Hautes-Pyrénées, Hérault, Var). Dans le cadre de cette étude, elle a été observée dans deux stations dans le secteur des gorges d'Entraigues (Vidauban), sur le cours principal de l'Argens.

Hydropsyche bulbifera MacLachlan, 1878 (Hydropsychidae) :

En France, ce Trichoptère est typique du sud-est. Il est recensé aussi bien dans les petits cours d'eau temporaires que dans les grands cours d'eau. Il est présent dans 6 départements dont cinq bordant la Méditerranée. Sur l'Argens, il est assez bien représenté de Vidauban à Roquebrune sur Argens.

Hydropsyche doelheri Tobias, 1972 (Hydropsychidae) :

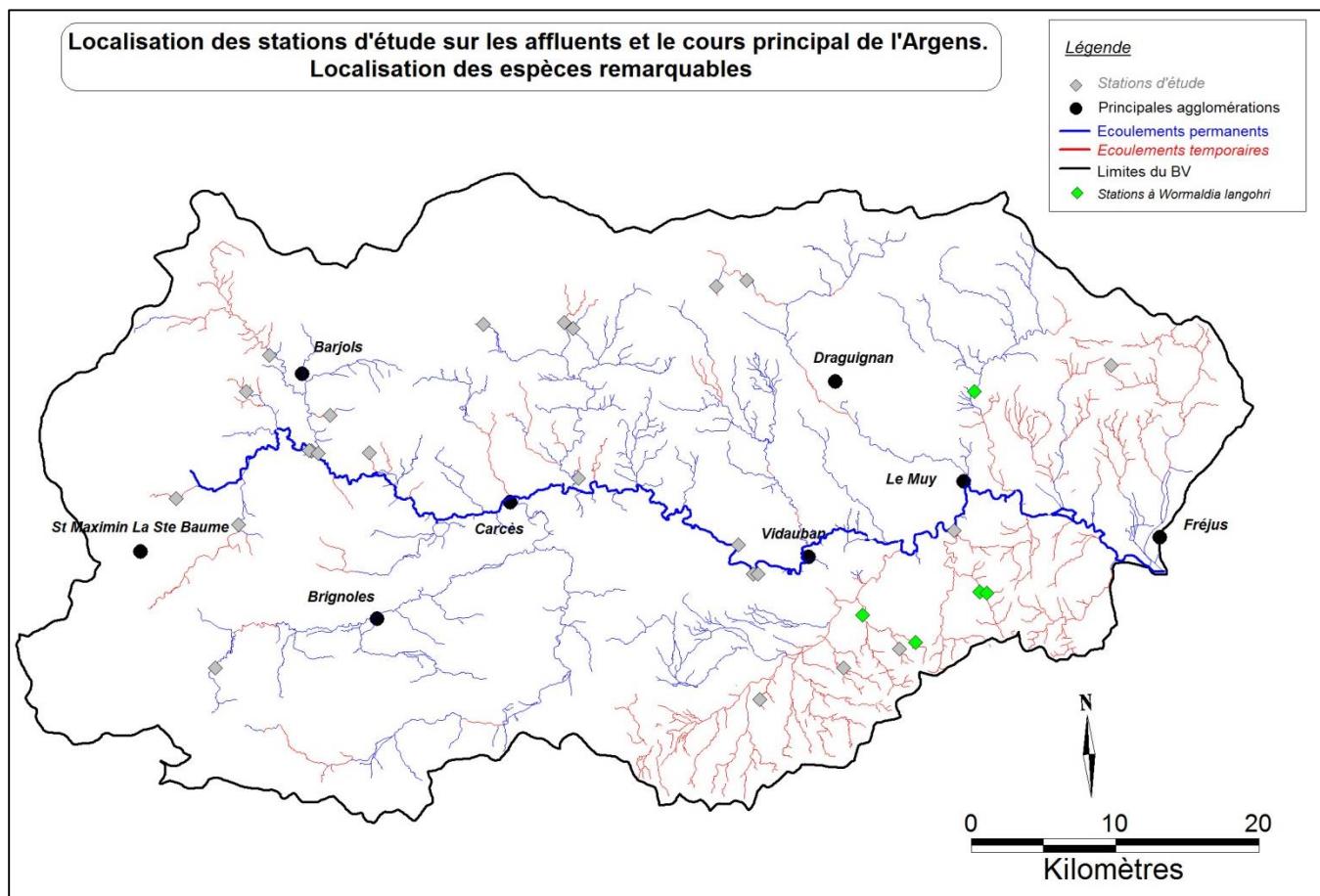
Endémique italienne dont la répartition déborde dans l'extrême sud-est de la France, cet espèce est très rare sur le territoire national, occupant uniquement le Var et les Alpes-Maritimes. Sur le bassin versant de l'Argens, elle a été recensée dans deux petits affluents du Haut Argens, la Bresque et la Combe Amère, ainsi que sur le cours principal au niveau de Bras.



Carte 19 : Répartition des *Hydropsyche* remarquables sur le bassin versant de l'Argens

Wormaldia langohri Botosaneanu & Giudicelli, 2001 (Philopotamidae) :

Ce petit Trichoptère a été découvert et décrit pour la première fois en 2001 (Botosaneanu, 2001) dans deux petits cours d'eau temporaires du Var (massif de l'Estérel et des Maures). Elle a depuis été recensée dans deux autres départements français (Gard, Lozère). Sur le bassin versant de l'Argens, elle est strictement cantonnée aux petits ruisseaux temporaires issus de l'Esterel (Endre) ou des Maures (affluents de l'Aille, Vallon des Baguiers).



Carte 20 : Répartition de *Wormaldia langohri* sur le bassin versant de l'Argens



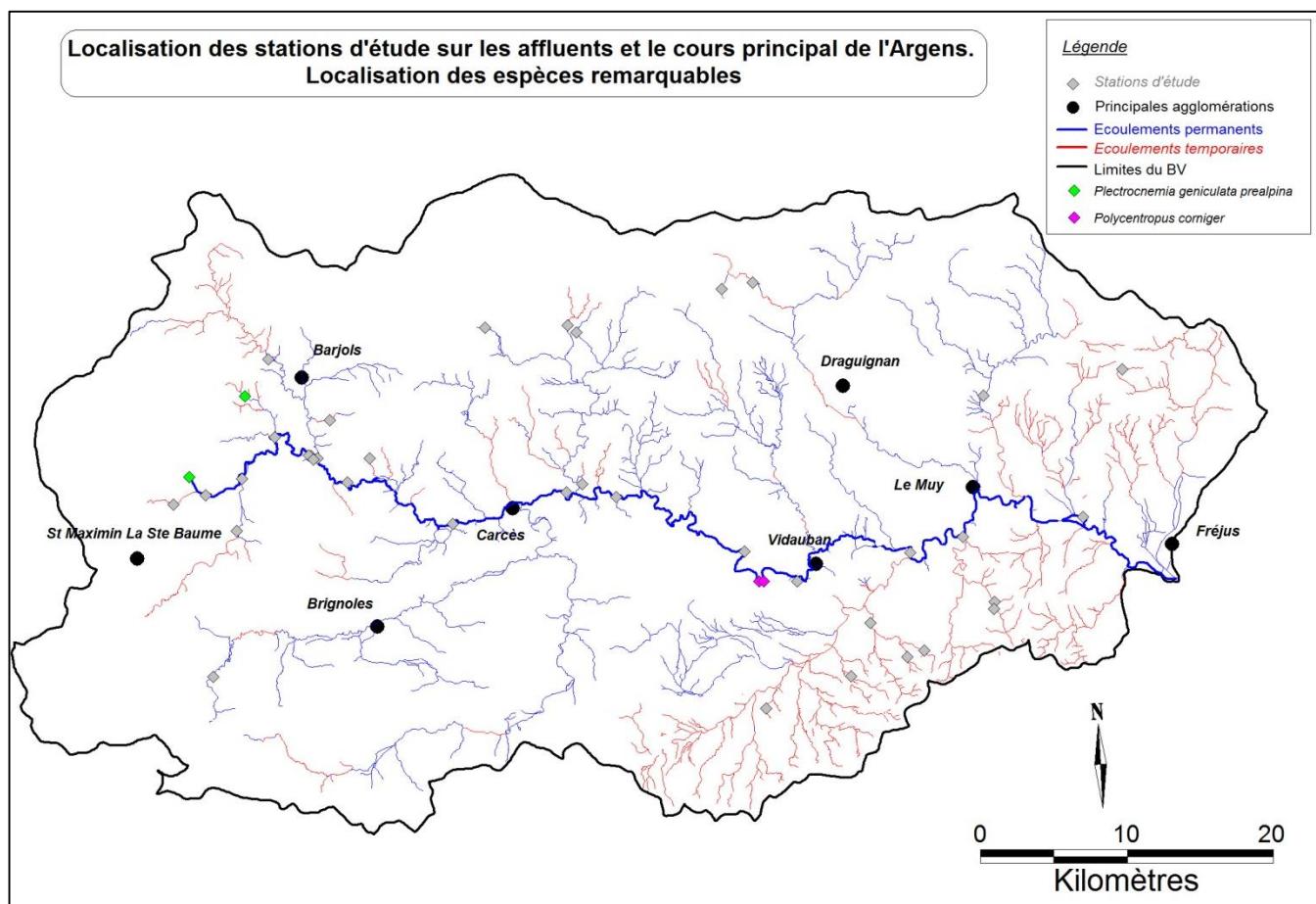
Photos 30 : A : Larves d'*Hydropsyche* sp ; B : Larve de *Wormaldia* sp

Plectrocnemia geniculata prealpina Botosaneanu & Giudicelli, 2004 (Polycentropodidae) :

Cette sous-espèce a été décrite en 2004 par Botosaneanu et Giudicelli. Les individus types ont été découverts dans une source des Hautes-Alpes (Réotier), du massif de la Ste Baume (Bouches-du-Rhône), de la Siagne (Var) et dans le Mercantour (Alpes-Maritimes). Cette endémique régionale est découverte ici pour la première fois sur le bassin de l'Argens. Conformément à sa répartition dans les autres stations, elle a été capturée dans des zones de sources (source de l'Argens, vallon des Rigouards).

Polycentropus corniger MacLachlan, 1884 (Polycentropodidae) :

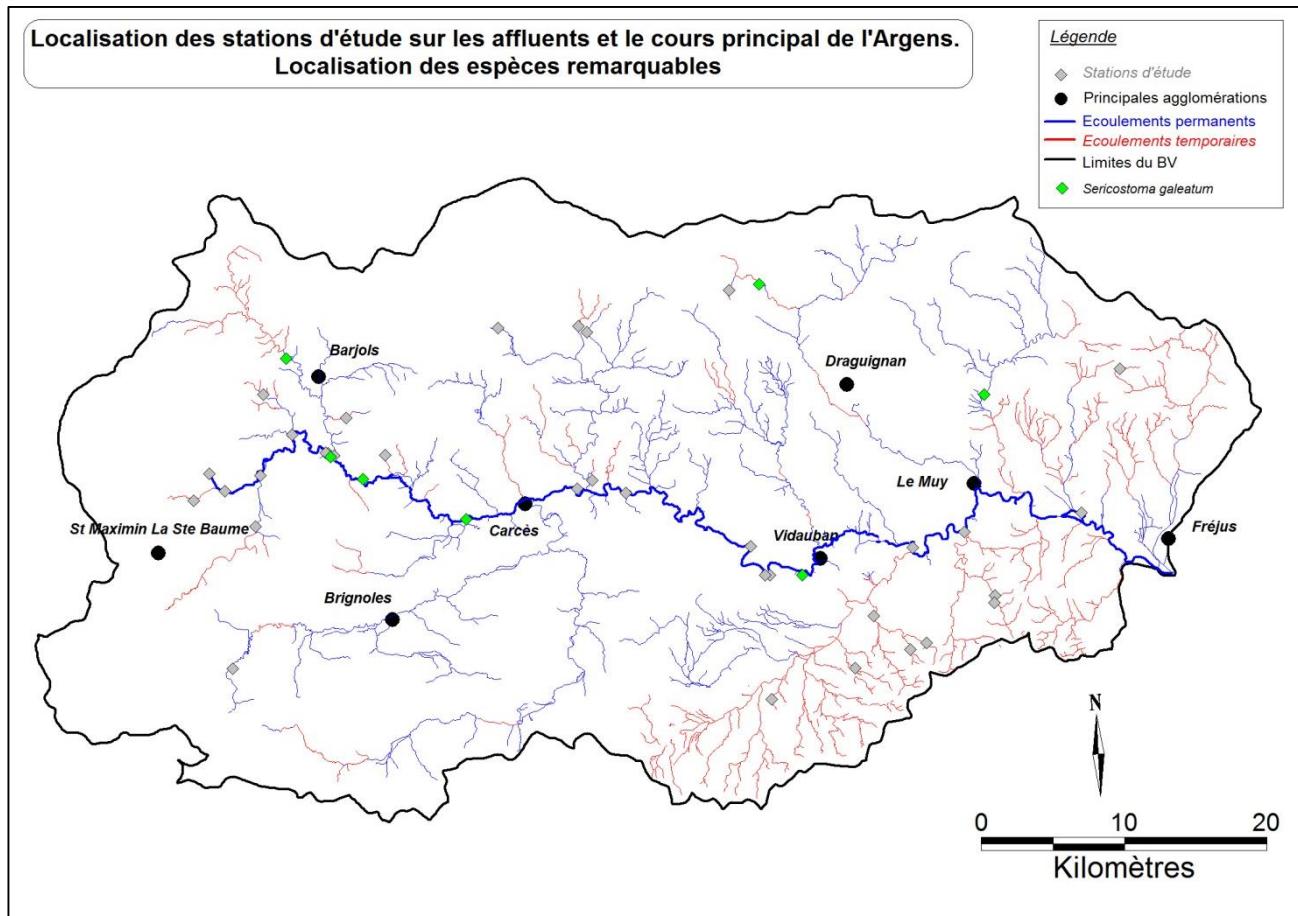
Cette espèce, inféodée au sud-est de la France, est surtout présente dans les départements de l'ouest du Rhône. Sur le bassin de l'Argens, elle a été capturée uniquement au niveau des gorges d'Entraigues et en aval immédiat.



Carte 21 : Répartition des Polycentropodidae sur le bassin versant de l'Argens

Sericostoma galeatum Rambur, 1842 (Sericostomatidae) :

Cette espèce n'est pas rare dans les petits cours d'eau de la région méditerranéenne. C'est une endémique du sud-est de la France (département de l'est du Rhône). Elle est également présente en Corse. Sur le bassin versant de l'Argens, elle est échantillonnée



Carte 22 : Répartition de *Sericostoma galeatum* sur le bassin versant de l'Argens



Photos 31 : A : Adultes de *Sericostoma galeatum* ; B : Larve de *Sericostoma galeatum*

Agapetus cravensis Giudicelli, 1973 (Glossosomatidae) :

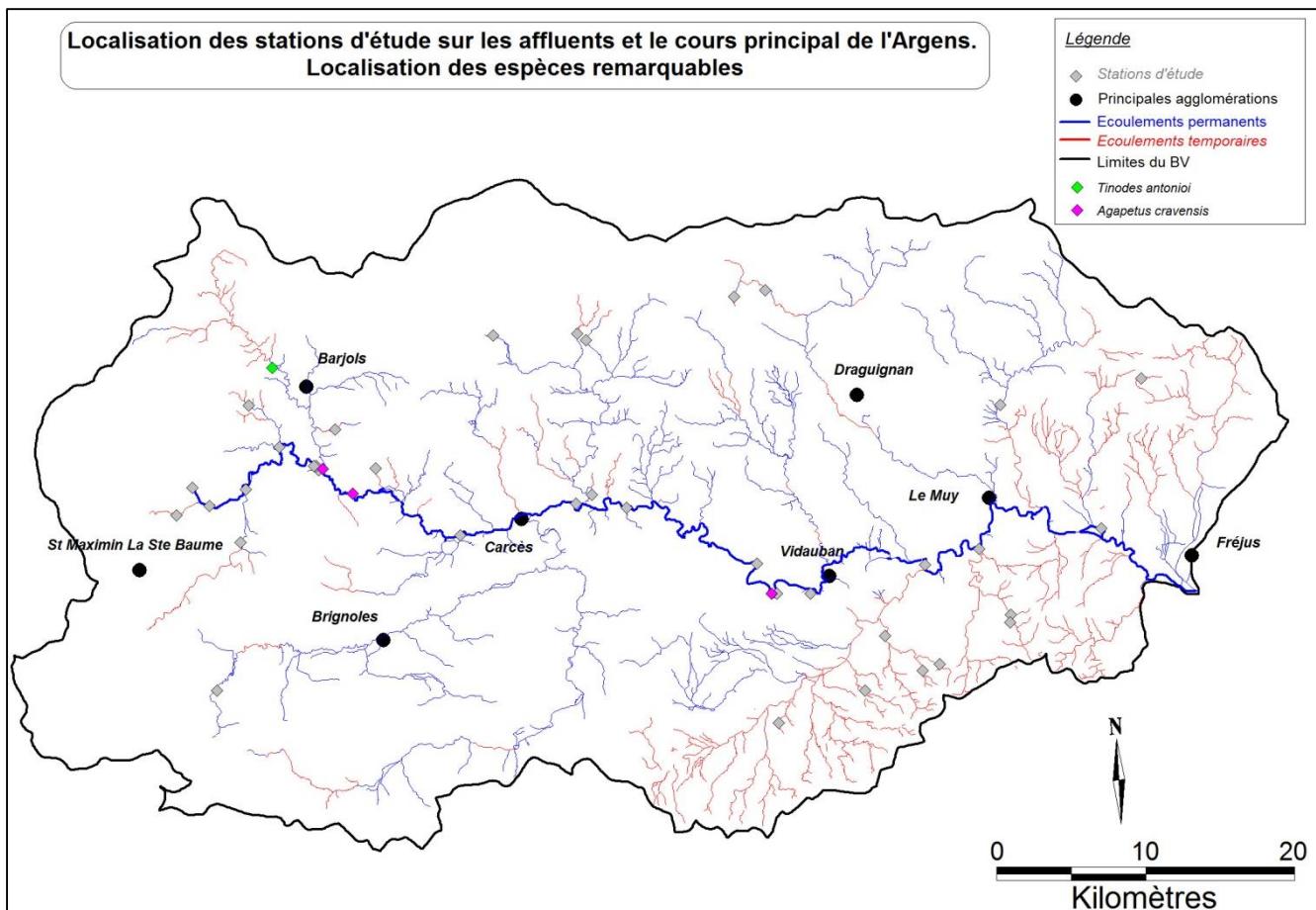
Ce Trichoptère a été découvert en 1973 par le Pr Giudicelli. Les exemplaires décrits avaient été capturés dans deux sources de la plaine de la Crau (Mouriès, Bouches-du-Rhône). Sa présence a depuis été confirmée dans quelques cours d'eau des Alpes-Maritimes (Roya) et du Var. Sur le bassin versant de l'Argens, cet endémique provençal a été échantillonné dans la partie amont (Vallon Sourn, Eau Salée), ainsi qu'au niveau des gorges d'Entraigues (capture d'une seule femelle).



Photo 32 : Larve d'*Agapetus* sp (Glossosomatidae)

Tinodes antonioi Botosaneanu & Taticchi-Vigano, 1974 (Psychomyiidae) :

Cette espèce est connue de quelques localités d'Italie et de Slovénie. Elle a été récemment décrite en France où elle est présente dans quelques cours d'eau des Alpes-Maritimes (Loup), du Var (Eau Salée) et des Bouches-du-Rhône (massif Ste Victoire). Dans l'étude présentée ici, elle a été capturée dans une seule station : le ruisseau de Varages.

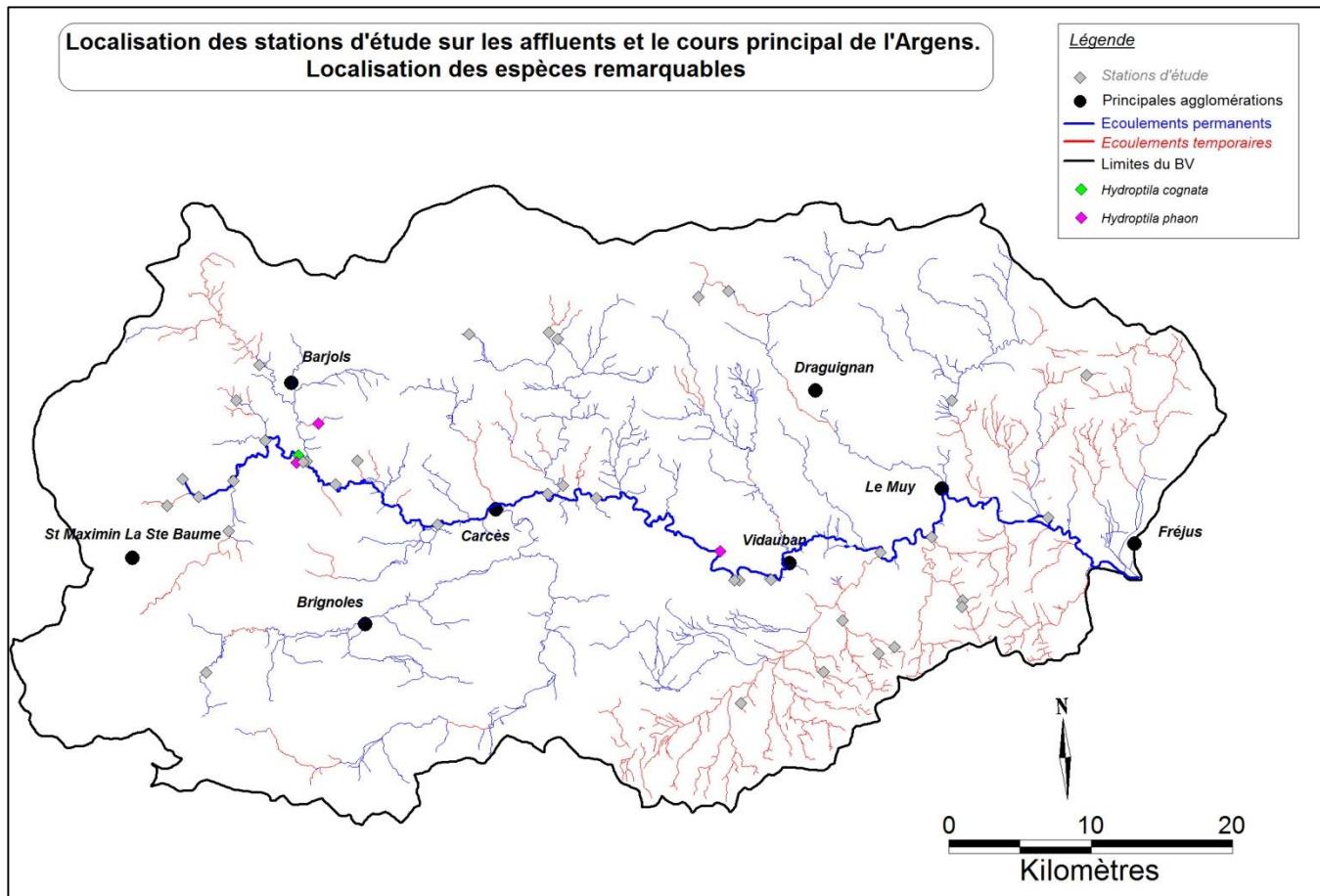


Carte 23 : Répartition de *Tinodes antonioi* et d'*Agapetus cravensis* sur le bassin versant de l'Argens

Hydroptila phaon Malicky, 1976 et *Hydroptila cognata* Mosely, 1930 (Hydroptilidae)

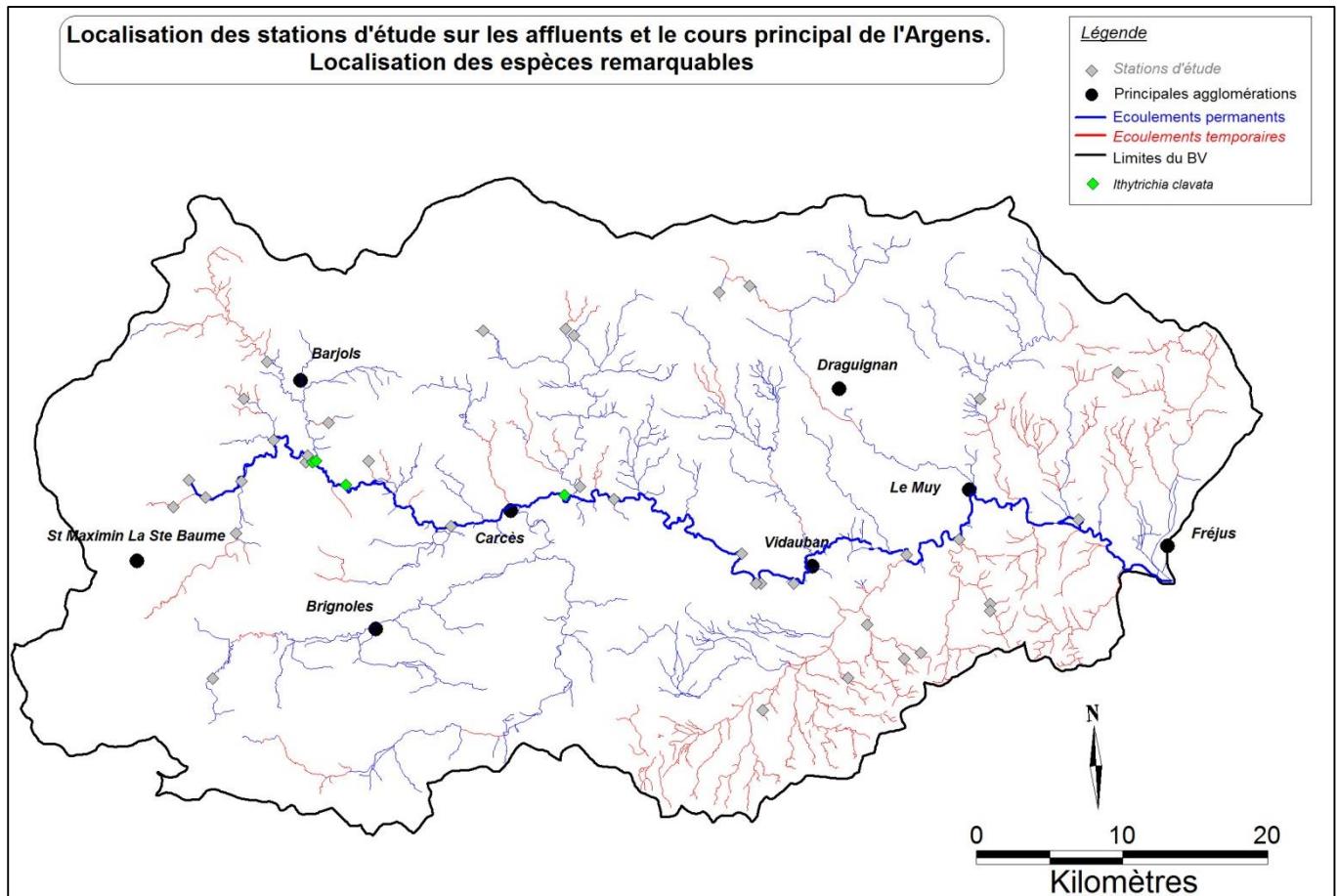
Ces deux espèces n'étaient à présent recensées que de deux départements de la moitié sud de la France. L'inventaire sur le bassin de l'Argens a permis de les découvrir pour la première fois dans la région PACA. Leur répartition sur le bassin de l'Argens est mentionnée sur la carte 21.

Hydroptila phaon a été retrouvé dans trois sites inventoriés dont les sources des Bouillidoux. *Hydroptila cognata* n'a été recensé que dans les sources des Bouillidoux.



Ithytrichia clavata Morton, 1905 (Hydroptilidae)

Ce rare Trichoptère n'était jusqu'à présent connu que d'un seul département français (Lozère). Dans la cadre de l'inventaire de l'Argens, il a retrouvé dans quatre stations : sur l'Argens en aval immédiat des Bouillidoux, au Vallon Sourn et en aval de Carcès. Sur les affluents, il n'a été recensé que dans l'Eau Salée en aval de Barjols.



Carte 25 : Répartition d'*Ithytrichia clavata* sur le bassin versant de l'Argens

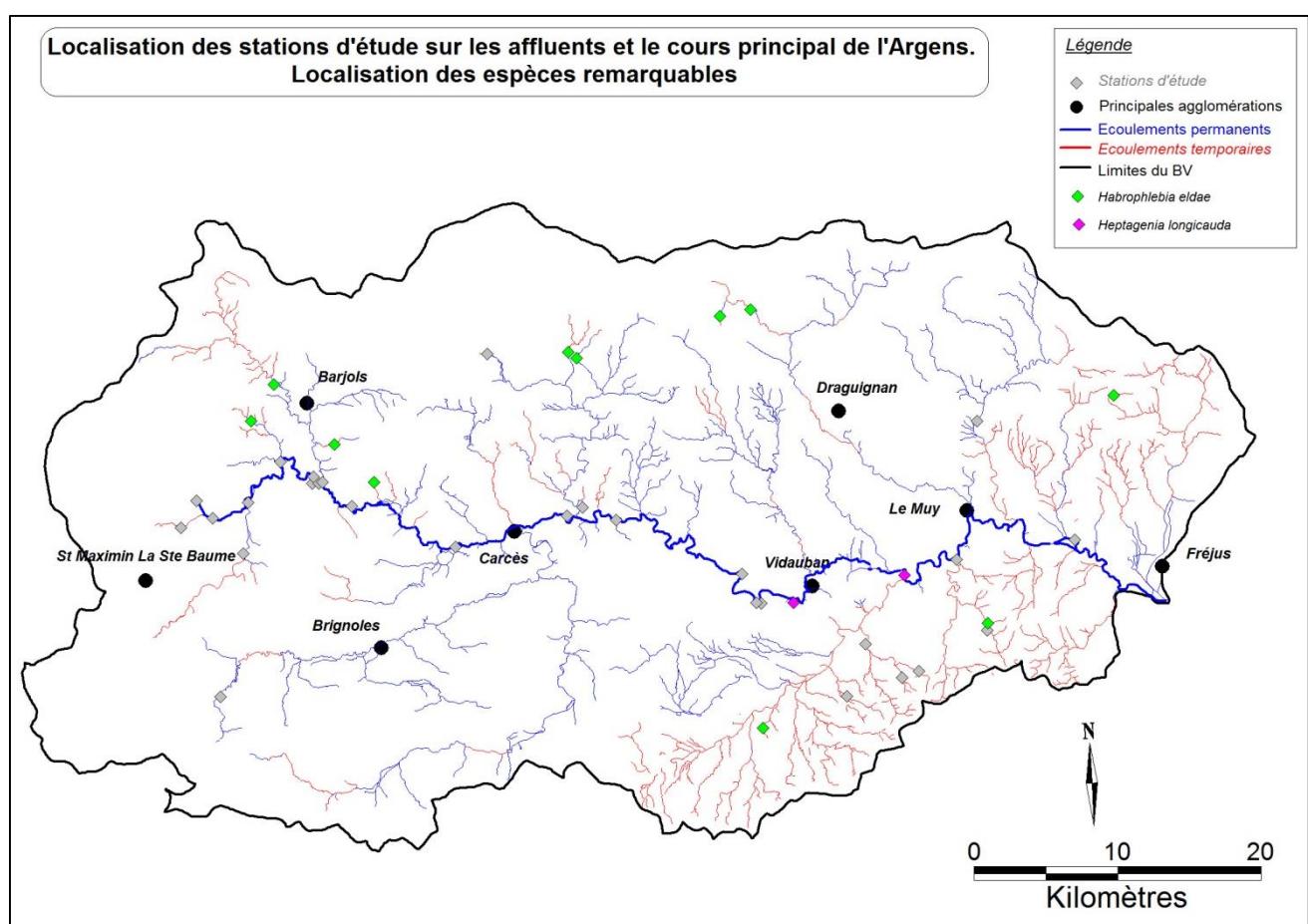
3. Ephéméroptères :

Habrophlebia eldae Jacob & Sartori, 1984 (Leptophlebiidae)

Cette espèce n'a été découverte en France qu'en 1997 (RIGHETTI, 1997). Elle colonise les petits cours d'eau à étiage sévère, mais restant relativement frais. Elle est typique de la région méditerranéenne. Sa répartition couvre la Provence et le Languedoc. Sur le bassin de l'Argens, elle a été retrouvée dans onze petits affluents, en milieux calcaires et en milieux cristallin (Vauloube, Rigouards, Viérard, Vallon des Baguiers, Nartuby d'Ampus, Valségur...).

Heptagenia longicauda Stephens, 1836 (Heptageniidae)

Cette espèce est rare en France. Sa répartition était pour l'instant connue de quelques départements de la moitié du territoire national. Sa découverte sur le bassin de l'Argens constitue sa première citation dans le sud du pays. Elle est bien présente sur le cours inférieur, entre Vidauban et le Muy.



Carte 26 : Répartition d'*Habrophlebia eldae* et *Heptagenia longicauda* sur le bassin versant de l'Argens

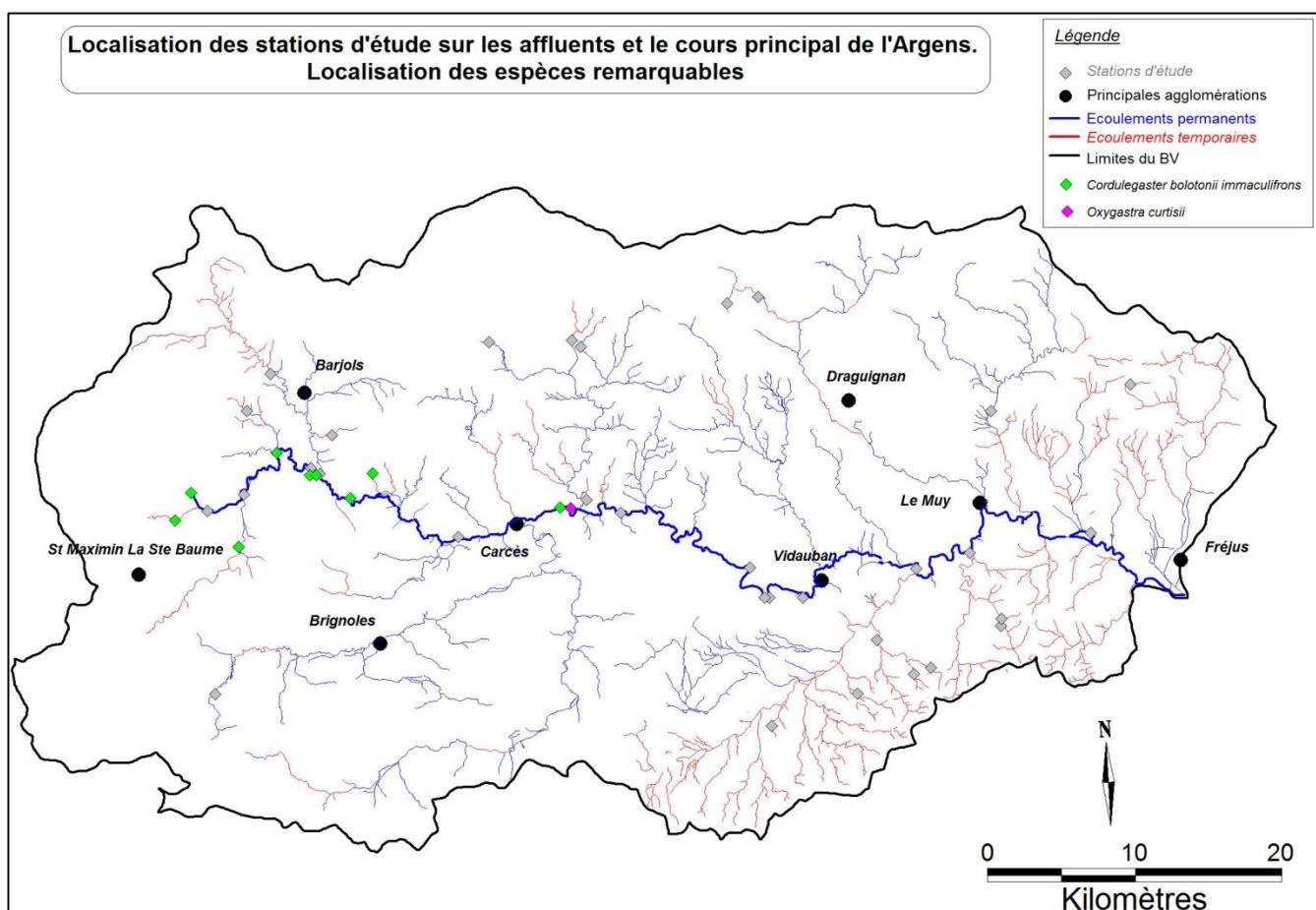
4. Odonates :

Cordulegaster boltonii immaculifrons Donovan, 1807 (Cordulegastridae)

Ce taxon est endémique d'une zone allant du Portugal à la Ligurie en Italie. En France, elle n'est observée que le sud-est, en particulier à l'est du Rhône, où elle est commune. Sur le cours principal de l'Argens, elle est a été recensée dans le cours supérieur (de la source au Vallon Sourn). Elle peuple également les sources et petits affluents (Gourres Bénis, Vallon des Baumes, sources des Bouillidoux).

Oxygastra curtisii Dalle, 1834 (Corduliidae)

Espèce endémique de l'Ouest de l'Europe, cette espèce est relativement rare en France, à l'exception de la région méditerranéenne où elle est régulière. C'est une espèce protégée sur le plan national et européen. Sur le bassin de l'Argens, elle a été collectée dans une station à l'état larvaire (aval de Carcès).



Carte 27 : Répartition de *Cordulgaster boltonii immaculifrons* et *Oxygastra curtisii* sur le bassin versant de l'Argens



Photo 33 : Larve de *Cordulegaster boltonii immaculifrons* (Cordulegastridae)

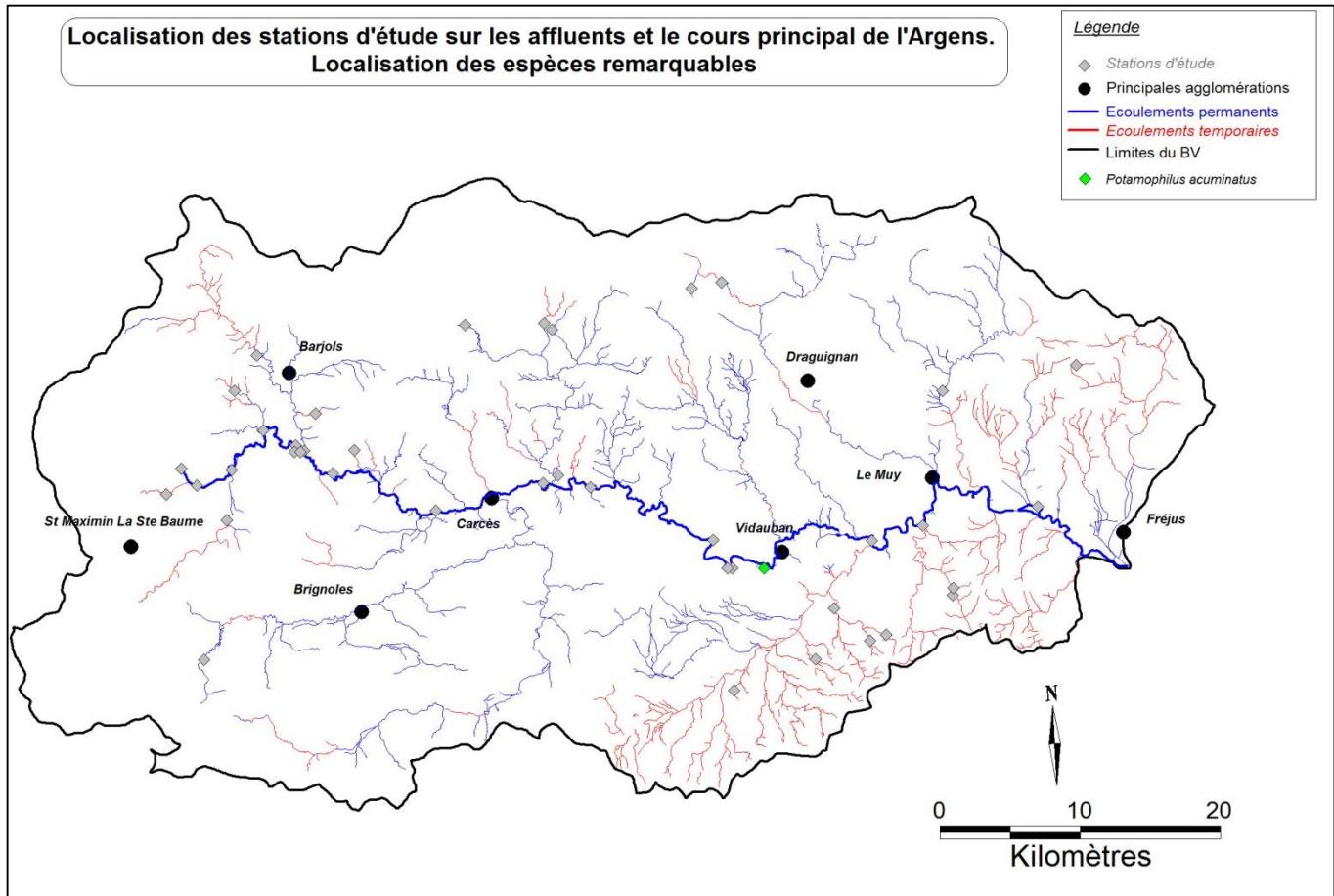


Photos 34 : Adultes d'*Oxygastra curtisii* (à gauche) et de *Cordulegaster boltonii immaculifrons* (à droite)

5. Coléoptères :

Potamophilus acuminatus Donovan, 1807 (Elmidae)

Ce Coléoptère est considéré comme rare en France. Sa découverte dans le bassin de l'Argens constitue sa première citation dans le sud-est de la France. Un seul individu a été capturé à l'état larvaire sur le cours principal de l'Argens (amont Vidauban). Sa présence dans cette station située dans le cours inférieur correspond aux exigences écologiques de cette espèce à tendance potamique.

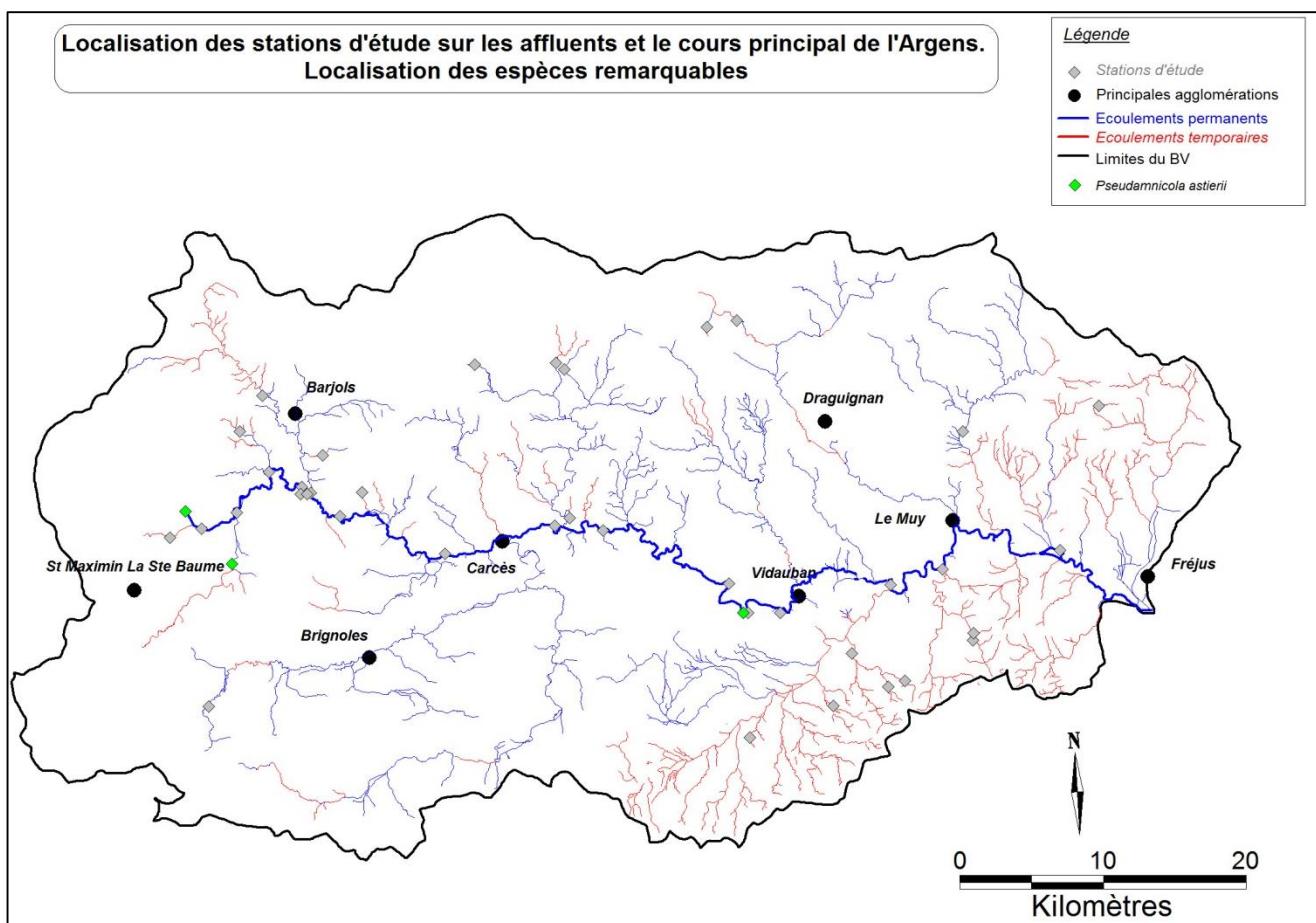


Carte 28 : Répartition de *Potamophilus acuminatus* sur le bassin versant de l'Argens

6. Gastéropodes :

Pseudamnicola astierii Dupuy, 1851 (Hydrobiidae)

Cette espèce de Gastéropode est connue uniquement de quelques sources du département du Var (GIRARDI, 2009), dont la majorité est située sur le bassin versant de l'Argens. Dans le cadre de cette étude, il a été récolté en abondance dans la source de l'Argens, d'où il était déjà connu. Il a également été découvert dans deux nouvelles stations : dans la source des Gours Bénits à Bras et dans une source des gorges d'Entraigues en amont de Vidauban. La répartition très restreinte de ce gastéropode en fait une espèce particulièrement sensible, à haute valeur patrimoniale et qui mériterait une protection intégrale.



Carte 29 : Répartition du Gastéropode *Pseudamnicola astierii* sur le bassin versant de l'Argens



Photo 35 : Gastéropode *Pseudamnicola astierii*, une espèce strictement endémique du Var

4.6.3 CARACTERISATION ECOLOGIQUE DE CERTAINS MILIEUX LOTIQUES DE L'ARGENS

Plusieurs espèces d'invertébrés aquatiques sténotopes caractérisent les différents milieux lotiques par leur présence. Pour présentons ci-dessous les différents types de cours d'eau et le peuplement associé quand il est caractéristique.

4.6.3.1 Sources et ruisselets en milieux calcaires

Ces milieux sont caractérisés par un écoulement permanent, ou du moins par un secteur relativement étendu qui reste toujours alimenté au cours de l'étiage estival. Les eaux sont fraîches, à températures constantes et souvent minéralisées. La conductivité peut dans certaines sources « triasiques » comme celles des Bouillidoux ou de l'Eau salée approcher les 4000 µS/cm. Cependant, cette très forte minéralisation liée à la présence de sulfates de calcium n'influence pas suffisamment le peuplement faunistique pour que ces milieux soient différenciés des sources calcaires « jurassiques » (source de l'Argens).



Photo 36 : Milieux de sources en Provence calcaire (Haut Argens).

A : Source du Vallon des Baumes à Correns ; B : Source des Gours Bénits à Bras

Le peuplement est ici dominé par les Gammaridae (*Gammarus pulex gallicus*). Il est caractérisé par la présence d'espèces sténothermes d'eau froides, dont certaines sont particulièrement rares ou endémiques. Comme éléments récurrents de ce milieu, les espèces caractéristiques sont présentées dans le tableau 23.

Sources et ruisselets en milieux calcaires	
Plécoptères	<i>Perla marginata</i>
Trichoptères	<i>Wormaldia occipitalis</i> , <i>Plectrocnemia conspersa</i> , <i>Synagapetus dubitans</i> , <i>Metatype fragilis</i> , <i>Odontocerum albicone</i> , <i>Rhyacophila pubescens</i> , <i>Silo nigricornis</i>
Odonates	<i>Coenagrion mercuriale</i>
Planaires	<i>Polycelis felina</i>
Gastéropodes	<i>Pseudamnicola astierii</i>

Tableau 23 : Principales espèces d'invertébrés aquatiques caractéristiques des sources et ruisselets en milieux calcaires sur le bassin de l'Argens

Les espèces citées ci-dessus sont typiques des sources et petits cours d'eau frais en milieux calcaires de la région PACA. Certaines d'entre elles comme le Gastéropode *Pseudamnicola astierii* ne sont retrouvées que dans le Var, en particulier sur le bassin de l'Argens. On peut également rajouter à cette liste deux espèces de Trichoptères, très rares à l'échelle de la France qui ne sont citées que dans quelques stations du sud-est de la France : *Tinodes antonioi* (Psychomyiidae) et *Agapetus cravensis* (Glossosomatidae). Ces deux espèces sont présentes sur le bassin de l'Argens, dans certains secteurs influencés par des sources karstiques.



A



C



B

Photos 37 : Quelques espèces caractéristiques des sources et ruisselets en Provence calcaire.
A : *Perla marginata* (Plécoptère Perlidae) ; B : *Polycelis felina* (Planaire Planariidae) ; C : *Odontocerum albicone* adulte (Trichoptère Odontoceridae)

4.6.3.2 Ruisselets temporaires en milieux cristallins

Dans la partie basse du bassin versant de l'Argens, en particulier sur les affluents en rive droite comme l'Aille, la géologie du substratum devient métamorphique, constituée essentiellement de schistes et quartzites. Ces roches cristallines ont la particularité d'être imperméables et donc de ne pas offrir les mêmes capacités de réserves que les milieux calcaires. Par conséquent, l'hydrologie de ces cours d'eau est caractérisée par un étiage très sévère, conduisant dans la majorité des cas à l'arrêt de l'écoulement superficiel. Ces cours d'eau sont dits temporaires. Cet assèchement du lit est systématique par comparaison au cours d'eau en région calcaire. Il en découle que la faune qui peuple ces milieux est totalement différente que dans les milieux permanents, constituée d'espèces adaptées au cycle hydrologique de ces milieux. Dans le tableau 24 présenté ci-dessous, les principales espèces caractéristiques de ces milieux sont présentées.

Ruisselets temporaires en milieux cristallins (temporaires)	
Plécoptères	<i>Brachyptera risi, Rhabdiopteryx thienemanni, Capnioneura mitis, Siphonoperla torrentium,</i>
Trichoptères	<i>Wormaldia langohri</i>
Diptères	<i>Prosimulium tomosvaryi</i>

Tableau 24 : Principales espèces d'invertébrés aquatiques caractéristiques des ruisselets temporaires en milieux cristallins

Une association de Plécoptères particulièrement originale est typique de ces milieux. Elle est constituée d'espèce comme *Brachyptera risi* (Taeniopterygidae) capable de s'enfouir dans le substrat humide à l'état larvaire, et de vivre ainsi en quiescence, attendant la remise en eau pour reprendre son développement. Une autre espèce de la même famille est particulièrement typique de ces milieux : *Rhabdiopteryx thienemanni*. Présente en Espagne dans le même type de cours d'eau, elle n'est signalée en France que de quelques stations du département du Massif des Maures. Enfin signalons également le Trichoptère *Wormaldia langohri*, espèce typique des milieux temporaires sur substrat cristallins. Elle est typique de ce secteur du Var où elle bien représentée dans les petits ruisseaux temporaires.



Photos 38 :

A : Milieu typique de Provence cristallines sur le bassin de l'Argens : le Vallon des Baguiers au Muy ; B : Larves de *Brachyptera risi* (Plécoptère) en compagnie de plusieurs larves de *Prosimulium tomosvaryi* (Diptère) ; C : Larve de *Wormaldia langohri* (Trichoptère), espèce typique des ruisselets temporaires du massif des Maures.

4.6.3.3 Cours inférieur de l'Argens

Le peuplement de la partie basse de l'Argens présente des espèces d'invertébrés typiques du potamon. Ces espèces sont généralement eurythermes et supportent des températures relativement élevées. Certaines d'entre elles sont caractéristiques de ces milieux. Dans le tableau 25 sont présentées les plus caractéristiques.

Cours inférieur de l'Argens	
Trichoptères	<i>Hydropsyche exocellata, Chimarra marginata</i>
Ephéméroptères	<i>Choroterpes picteti, Heptagenia longicauda, Oligoneuriella rhenana</i>
Bivalves	<i>Corbicula fluminea</i>

Tableau 25 : Principales espèces d'invertébrés aquatiques caractéristiques du cours inférieur de l'Argens

Le Trichoptère *Chimarra marginata* (Philopotamidae) est un élément caractéristique de cette zone. Son apparition en aval de Carcès signe le passage du rhithron au potamon. Il est ensuite présent sur tout le cours aval de l'Argens. Bien que moins répandue que la première, l'espèce *Hydropsyche exocellata* (Hydropsychidae) est également typique du potamon et accompagne généralement *Chimarra marginata* dans son milieu. Les Ephéméroptères *Choroterpes picteti* (Leptophlebiidae) et *Oligoneuriella rhenana* (Oligoneuriidae) sont également typique de cette zone. On remarque cependant des effectifs en baisse par rapport à 1978 (Thèse de Dia).

Notons que la seconde espèce est considérée comme vulnérable en France, du fait de sa diminution régulière de ses populations depuis quelques décennies, suite à l'anthropisation des cours d'eau. La population du bassin de l'Argens serait donc à suivre. Le peuplement du bas Argens se singularise aussi par la présence d'*Heptagenia longicauda*, espèces peu répandue en France.

Enfin, signalons le Bivalve *Corbicula fluminea* qui colonise toute la partie basse de l'Argens. Cette espèce originaire d'Asie a été introduite en France en 1980. Elle ne cesse depuis d'étendre son aire de répartition.



A



C



Photos 39 :

- A : L'Argens en aval de sa confluence l'Aille ;
- B : Adulte de *Chimarra marginata* (Trichoptère) ;
- C : Larve d'*Oligoneuriella rhenana* (Ephéméroptère).

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

5.1 PEUPLEMENT ET TYPOLOGIE, L'INFLUENCE PRIMORDIALE DES BOUILLIDOUX

Le premier volet de l'étude Aquapedia concerne l'étude du cours principal de l'Argens. L'objectif était de rendre compte de la richesse et de la densité en invertébrés aquatiques au travers de prélèvements quantitatifs et qualitatifs réguliers. Le protocole retenu est très proche de celui utilisé au cours des travaux de Dia (1978) qui est au cours de cette étude l'étude de référence.

Au total, la richesse faunistique sur le cours principal atteint 203 taxons, dont plus de 80% sont des insectes. Parmi eux, l'ordre des Trichoptères est particulièrement abondant avec 55 espèces différentes déterminées. La richesse globale et la densité augmentent de l'amont vers l'aval mais dans les secteurs très encroûtés (secteurs de Bras et de Montfort), une diminution importante de la diversité est observée, en lien directe avec le cimentage du substrat par les concrétions calcaires. Avec près de 30% de l'abondance globale, l'espèce dominante est *Gammarus pulex gallicus* (une sous-espèce de *Gammarus* endémique de la région méditerranéenne) suivie des larves de *Simulium* sp. Ces dernières, ainsi que le très fréquent Gastéropode *Potamopyrgus antipodarum*, sont particulièrement abondants dans la partie basse de l'Argens. Ils sont représentatifs de l'enrichissement organique du cours inférieur.

Par comparaison à la thèse, les résultats d'Aquapedia montrent un peuplement proche présentant des caractéristiques typologiques semblables à ce qui avait été observé en 1978. Le caractère original avait déjà été soulevé à l'époque, à savoir l'existence quelques kilomètres après la source d'une zone de marais (maintenant drainé) où la faible pente et le ralentissement de l'écoulement favorisent l'apparition d'espèces habituellement retrouvées dans le cours inférieur (potamon). Puis le cours d'eau subit un « rajeunissement » net au niveau de Châteauvert, grâce à l'influence de résurgences abondantes (dites des Bouillidoux). L'existence de ces sources ne semblait pas, à l'époque de la thèse, connue par son auteur. Le peuplement est pourtant profondément marqué par la présence d'espèces habituellement retrouvées au niveau des sources, dites sténothermes d'eau froide. L'influence de ces apports est perceptible jusqu'au Vallon Sourn où le peuplement présente des caractéristiques de zones de transition crénon/rhithron.

Il faut souligner que l'influence de ces sources est dépendantes des débits venant de l'amont. Dans les périodes de hautes eaux, la thermie et l'hydrologie sont davantage dépendantes des débits transitant depuis les quinze premiers kilomètres séparant ce secteur de la source officielle. Mais au cours de l'étiage estival, la situation est différente. Les débits provenant de l'amont sont atténus et le cours d'eau est davantage influencé par les apports peu fluctuants des résurgences des Bouillidoux. Les conditions thermiques stables atténuent fortement l'influence du réchauffement estival. Les espèces sténothermes d'eau froides qui ne supportent pas des températures élevées se trouvent donc favorisées.

En aval de Correns, les eaux se réchauffent progressivement et le peuplement évolue. La confluence avec le Caramy en aval de Carcès constitue la zone de transition entre le rhithron et le potamon, ce qui était déjà vérifié en 1978. On peut à partir de cette comparaison conclure sur l'absence d'évolutions significatives indiquant l'influence des changements climatiques sur le peuplement aquatique de l'Argens.

Cette typologie exprimée par le peuplement faunistique est ensuite comparée avec la zonation d'Illies et Botosaneanu (1963), ainsi que celle de Verneaux (1977). Il apparaît qu'aucun modèle ne colle parfaitement avec la réalité faunistique observée. Concernant la zonation d'Illies et Botosaneanu, l'influence de résurgences dans un secteur où le rang de Strahler ne correspond pas à celui de sources (cas particulier de l'Argens) fausse cette typologie. Le niveau typologique théorique de Verneaux ne s'applique pas au cas de l'Argens. Il semble que les particularités des cours d'eau méditerranéens à régime karstique soient mal intégrées dans le mode de calcul. En effet, le débit élevé dès la source (conférant une largeur et une section mouillée conséquente), une température relativement douce (lié à l'altitude peu élevée et au climat méditerranéen) et une pente faible concourent à déclasser la source de l'Argens. A l'inverse, le faible linéaire, le débit peu élevé et une pente moyenne participent à déclasser les stations aval. Alors que les températures et le peuplement indiquent des conditions de potamal dès l'aval de Carcès, la typologie de Verneaux indique l'apparition du potamon au niveau de Roquebrune sur Argens. Le réchauffement des eaux plus important en région méditerranéenne serait sous-évalué dans le calcul des niveaux typologiques par rapport aux autres composantes.

Cependant, le calcul du niveau typologique à un point donné, même s'il ne colle pas parfaitement avec le peuplement faunistique, permet d'avoir une situation de référence permettant une comparaison dans le cadre d'étude ultérieure.

5.2 LE PEUPLEMENT FAUNISTIQUE DE L'ARGENS, UN PATRIMOINE D'EXCEPTION

Le second volet de l'étude Aquapedia concerne l'inventaire qualitatif de l'ensemble du bassin versant de l'Argens. L'objectif est de compléter les prospections réalisées sur le cours principal par des recherches ciblées sur des affluents ou des sources du bassin versant. Au total 25 stations sur des affluents ont été choisies pour leur représentativité et leur intégrité biologique pressentie. A cela s'ajoute 5 stations dans des milieux particuliers du cours principal de l'Argens (sources des Bouillidoux, gorges d'Entraigues).

Cet inventaire a permis d'identifier **258 taxons différents**. Par comparaison à des études similaires (se concentrant sur les mêmes groupes faunistiques) réalisées dans la région PACA dans des laps de temps comparables, il s'avère que cette richesse est particulièrement élevée. Par exemple, une étude réalisée sur le l'ensemble du territoire du Mercantour (territoire remarquable par sa biodiversité) intégrant 5 années de prospection, révélait en 2006 une richesse 242 taxons. Une autre étude réalisée par la Maison Régionale de l'Eau sur le territoire du Queyras (Hautes-Alpes) révélait après 3 années de prospections 155 taxons. Malgré le faible nombre d'études réalisées dans la région sur cette faune, il s'avère par comparaison que la faune du fleuve Argens est particulièrement riche. Elle contribue ainsi fortement à la diversité régionale.

L'intérêt de cet inventaire est d'avoir révélé cette richesse faunistique. Nos connaissances actuelles sur la faune de ce bassin versant étaient jusqu'à présent issue de la thèse de Dia (1978), travaux de référence pour de l'Argens. Si l'on considère uniquement le groupe des Trichoptères (ordre d'insecte particulièrement diversifié et connu), l'étude d'Aquapedia a permis d'identifier 76 espèces contre 38 espèces initialement connues. Beaucoup d'entre elles sont citées pour la première fois dans la région. Il y a donc un intérêt évident à actualiser nos connaissances sur nos cours d'eau en tenant compte des avancées de la systématique et en augmentant l'effort d'échantillonnage.

Parmi ces espèces échantillonnées, certaines sont remarquables par leur rareté, leur caractère endémique ou leur statut d'espèces protégées. Ainsi, 35 espèces peuvent être ici considérées comme présentant une forte valeur patrimoniale, soit 14% du peuplement global. Ce chiffre atteint 20% chez les Trichoptères. On peut citer *Hydropsyche doelheri* (Hydropsychidae), *Agapetus cravensis* (Glossosomatidae) ou *Tinodes antonioi* (Psychomyiidae) dont la répartition connue en France est actuellement limitée à l'extrême sud-est. Ils ont été capturés dans cette étude dans quelques stations du haut Argens (Bresque, Eau Salée...). Une espèce de Plécoptère est particulièrement rare en France et localisée au seul Massif des Maures. Il s'agit de *Rhabdiopteryx thienemanni* (Taeniopterygidae) qui n'était jusqu'à présent connue que du bassin versant de la Giscle. Elle a été récoltée dans deux cours d'eau temporaires aux environs du Muy, sur la partie cristalline du bassin versant de l'Argens. Enfin signalons un Gastéropode remarquable appartenant à la famille des Hydrobiidae (*Pseudamnicola astieri*) endémique du Var où cette espèce était déjà connue de la source de l'Argens. L'inventaire Aquapedia a permis de révéler son bon maintien dans la source ainsi que l'existence de deux nouvelles stations. Pourtant seules trois de ces espèces remarquables bénéficient d'un statut de protection.

5.3 ENJEUX ET GESTION DU BASSIN VERSANT DE L'ARGENS

La valeur patrimoniale d'un site peut être mesurée par le nombre d'espèces « remarquables » le peuplant. Dans cette étude, nous avons montré que le peuplement faunistique de l'Argens, des sources au cours inférieur, est marqué par la présence d'espèces endémiques ou rares. Ce fleuve et ses affluents constituent donc à l'échelle régionale un important réservoir de biodiversité qu'il est absolument essentiel de protéger si l'on veut maintenir ce patrimoine naturel.

Les prospections réalisées entre 2011 et 2013 ne montrent pas de changements profonds de la zonation longitudinale des peuplements sur l'Argens. Les éventuels glissements typologiques liés aux changements climatiques observés au cours des dernières décennies ne sont pour l'instant pas perceptibles. Les zones de transition entre grandes zones restent identiques à ce qui a été observé en 1978. Les espèces indicatrices de conditions thermiques spécifiques, en particulier celles qui nécessitent des eaux fraîches et constantes et qui caractérisent le peuplement des sources, sont présentes dans les mêmes secteurs et dans des abondances comparables.

En revanche, d'autres espèces ont vu leurs effectifs chuter jusqu'à leur absence dans les prélèvements réalisés en 2011/2013. Il s'agit en particulier d'une espèce de haute valeur patrimoniale par sa rareté et son caractère endémique du pourtour méditerranéen. Le Plécoptère *Eoperla ochracea* (Perlidae) est une espèce bien présente au Maghreb, qui affectionne la partie basse des cours d'eau où la température est élevée en été. En France, elle n'a été signalée que de l'Hérault, des Pyrénées Orientales et du Var (Argens). Dans aucun de ces départements cette espèce n'a été récemment retrouvée. Dans le cadre d'Aquapedia, les prospections plus ciblées n'ont pas permis de la récolter. Elle était pourtant bien présente en 1978 entre les Arcs sur Argens et Roquebrune sur Argens.

Il est difficile d'expliquer l'absence de cette espèce dans nos collectes. Les changements intervenus durant 33 ans sont certes importants comme l'augmentation de la population sur le bassin versant, mais les systèmes d'épuration des eaux usées ont en parallèle évolué positivement. Malgré un enrichissement organique certain de la partie basse de l'Argens, il est difficile d'incriminer la dégradation de la qualité pour expliquer l'absence de ce Plécoptère dans nos prélèvements. Cependant, on connaît très mal l'influence de certains polluants comme les pesticides sur la faune benthique. Les surfaces de cultures de vignes ayant augmenté depuis quelques décennies, de nouveaux polluants sont apparus qui même à des doses réduites, pourraient avoir des répercussions sur certaines espèces polluo-

sensibles. Enfin, le contexte hydrologique des dernières années pourrait également expliquer la raréfaction d'*Eoperla ochracea* sur le cours de l'Argens. Des crues répétées d'intensité inhabituelle ont frappé le bassin versant en juin 2010 et novembre 2011. Cette espèce ayant à la base des effectifs réduits, il se peut que des conditions peu favorables répétées l'aient raréfiée temporairement. D'autres prospections ciblées, dans un contexte hydrologique plus favorable permettraient de conclure si cette raréfaction est synonyme de disparition. Il en de même pour le Plécoptère *Leuctra occitana*, dont la seule station en France était sur un secteur du haut Argens (Bras). Ce tronçon de cours d'eau a subit au cours de l'été 2005 et 2007 des épisodes de sécheresse très sévères dans leur intensité et leur durée qui pourrait avoir été fatal à cette espèce. Des prospections futures devraient permettre de confirmer ou non cette disparition.

La gestion du bassin de l'Argens passe par la prise en compte de sa richesse faunistique et de sa fragilité. Rappelons que parmi le nombre élevé d'espèces remarquables recensés, seules trois bénéficient d'un statut de protection en France. Pourtant, plus que jamais la faune benthique apparaît comme une composante majeure de notre patrimoine méditerranéen et doit être considérée en tant que telle.

Mais, les pressions sur le bassin versant telles que les prélèvements d'eau, l'urbanisation galopante, les aménagements qui perturbent les continuités et la libre circulation des espèces, se font au détriment du peuplement aquatique. A cela, s'ajoute l'impact des changements climatiques, qui tendent à accentuer les extrêmes, déjà contraignants pour les biocénoses en régions méditerranéennes.

En effet l'efficacité de la résilience des peuplements aquatiques aux extrêmes méditerranéens est directement liée au bon état des connexions et des milieux aquatiques, des réservoirs biologiques et des zones refuges. Mais, dans une région où l'urbanisation se fait souvent au détriment des milieux aquatiques ou des zones humides, où les seuils entravent la libre circulation des espèces, où les aménagements contre les crues endiguent les cours d'eau, les connexions de l'Argens et la préservation de ses réservoirs biologiques sont mis à mal. Encadré au sud par le littoral méditerranéen et au nord par le Verdon, le bassin de l'Argens est, de plus, un lieu de passage très fréquenté notamment en période estivale et traversé par l'autoroute qui rejoint les Alpes-Maritimes et l'Italie. Depuis plusieurs années, le bassin versant essentiellement rural et forestier subit un fort accroissement de sa population. Pour les prochaines décennies, le secteur de la Provence verte devrait même être une zone de PACA à avoir la plus forte croissance démographique.

Plus que jamais, une gestion intégrée du bassin versant de l'Argens s'impose. Les études volumes prélevables, les suivis de qualité, les études patrimoniales telles qu'Aquapedia, les études sur les risques inondation du bassin, fournissent aux décideurs les supports nécessaires à la définition de plans et d'actions de gestion durable. La concertation à l'échelle du bassin versant et la connaissance scientifique, sociologique et économique du territoire permettront de retrouver de nouveaux équilibres entre le développement du bassin de l'Argens et la préservation de son patrimoine aquatique. C'est le plus sûr moyen d'atteindre les objectifs ambitieux de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) : le bon état écologique des milieux aquatiques.