

Etude réalisée avec le concours financier de l'Agence de l'eau RMC
et du Conseil Régional PACA



Provence-Alpes-Côte d'Azur

RAPPORT D'ETUDE LES SOURCES TRIASIQUES EN PACA



ANNEE 2016



SOMMAIRE

1. Introduction.....	13
2. Ce que l'on sait des sources triasiques	14
2.1. <i>Définition.....</i>	14
2.2. <i>Le TRIAS.....</i>	15
2.2.1.Définition.....	15
2.2.2.Hydrogéologie	16
2.3. <i>Le gypse et les autres roches évaporites en PACA.....</i>	19
2.3.1.Définition.....	19
2.3.2.Susceptibilité de présence de gypse	20
2.3.3.Susceptibilité de présence de cavités liées à la dissolution de gypse	21
2.3.4.Mouvements de terrain liés à la présence de gypse (BRGM).....	21
a) Les effondrements de karsts liés à la dissolution du gypse.....	21
b) Glissements de terrain associés à des formations de gypse	24
2.4. <i>Caractéristiques des eaux de sources triasiques</i>	24
2.4.1.Les critères retenus	25
2.4.2.Les critères non retenus	25
3. Méthodologie.....	26
3.1. <i>Inventaire des sources triasiques de PACA</i>	26
3.1.1.Le Trias dans le Var	27
3.1.2.Le Trias dans les bouches du Rhône	27
3.1.3.Le Trias dans le Vaucluse	28
3.1.4.Le Trias dans les Alpes de Haute Provence	28
3.1.5.Le Trias dans les Hautes Alpes.....	28
3.1.6.Le Trias dans les Alpes Maritimes	28
3.2. <i>Données géologiques et hydrogéologiques.....</i>	29
3.2.1.Etude toponymique.....	29
3.2.2.Inventaire des sites archéologiques liés à l'exploitation du sel en PACA	29
3.2.3.Inventaires miniers (brgm).....	30
3.2.4.Conductivité des cours d'eau de PACA	30
3.2.5.Contacts auprès de professionnels et acteurs	30
3.2.6.Prospection et reconnaissance	31
3.3. <i>Choix des sources étudiées</i>	31

3.3.1. Sources sulfatées calciques du torrent de l'Izoard	31
3.3.2. Sources triasiques de l'avant pays Provençal	34
a) Sources de l'Eau Salée	35
b) Les Bouillidoux	37
c) Les Gours Bénits	41
d) La Foux	43
3.4. Stations d'études	47
3.5. Protocole d'étude	73
3.5.1. Les jaugeages	73
3.5.2. La température	74
3.5.3. La physico-chimie	75
3.5.4. Le peuplement benthique	76
a) IBGN DCE	76
b) Prélèvements qualitatifs	77
3.5.5. Le peuplement piscicole	79
4. Conditions climatiques de l'étude	79
4.1. Sur le bassin de l'Argens	79
4.1.1. La zone des Gours Bénits	79
a) La pluviométrie	79
b) Débits des cours d'eau	80
4.1.2. L'Eau salée et les Bouillidoux	83
a) La pluviométrie	83
b) Le débit de l'Argens en aval de la confluence Bouillidoux-Eau Salée	84
4.1.3. Le secteur de la Foux	86
a) La pluviométrie	86
b) Le débit de la Nartuby	87
4.2. Le torrent de l'Izoard à Arvieux	89
5. Résultats	91
5.1. Les jaugeages	91
5.1.1. Les Gours Bénits	91
5.1.2. L'Eau Salée	92
5.1.3. Les Bouillidoux	93
5.1.4. La Foux	94
5.1.5. Les sources d'Arvieux sur le torrent de l'Izoard	95
5.2. La température	95
5.2.1. Les Gours Bénits et le Cauron	96

a) Station 01.....	96
b) Station 02.....	98
c) Station 03.....	99
d) Station 04.....	100
5.2.2.l'Eau Salée	101
a) Station 01.....	101
b) Station 02.....	103
5.2.3.Les Bouillidoux	105
a) Station 01.....	105
b) Station 02.....	106
c) Station 03 aval confluence Eau Salée	107
d) Complément lié à l'étude Aquapédia®	109
5.2.4.La Foux.....	112
a) Station 01.....	112
b) Station 02.....	113
c) Station 03.....	114
5.2.5.Le torrent de l'Izoard à Arvieux	115
a) Station 01.....	115
b) Station 02.....	117
c) Station 03.....	118
5.3. <i>La physico-chimie</i>	121
5.3.1.Les eaux des sources.....	121
5.3.2.Analyse des données physico-chimiques des stations	122
a) Les Gours Bénits.....	122
b) L'Eau Salée	123
c) Les Bouillidoux	124
d) La Foux	124
e) Le torrent de l'Izoard à Arvieux	125
5.4. <i>Le peuplement benthique</i>	126
5.4.1.Les IBGN DCE	126
a) Le Cauron	126
b) L'Eau Salée	127
c) Les Bouillidoux	129
d) La Foux	131

e) Le torrent d'Izard	132
5.4.2.Les prélèvements qualitatifs	134
a) Le haut Argens	134
b) La Foux et le torrent d'Izard.....	137
5.5. <i>Le peuplement piscicole</i>	138
5.5.1.Les Gours Bénits	138
a) Étude ONEMA	139
b) Étude Maison Régionale de l'Eau	143
5.5.2.Le secteur Eau Salée- Bouillidoux	144
a) L'Eau salée.....	145
b) L'Argens des Bouillidoux à Vallon Sourn.....	147
5.5.3.La zone d'influence de la Foux.....	151
5.5.4.Le torrent d'Izard dans la zone d'influence des sources d'Arvieux	152
6. Essai de typologie des eaux de sources triasiques en paca	154
7. Conclusion	156
Annexe n°1 : Résultats des IBGN DCE réalisés sur les stations de l'étude sources triasiques de PACA	158
Annexe n ° 2 : grille pour le calcul des classes d'abondance et de biomasse définies par la DR8 de l'ONEMA	168

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

TABLEAU 1 : CHRONOSTRATIGRAPHIE DU TRIAS (SOURCE MRE D'APRES L'UNIVERSITE DE PROVENCE)	15
TABLEAU 2 : BULLETIN DE LA SOCIETE GEOGRAPHIQUE DE LIEGE, 37,1999/2, 19-31 19-KARST DANS LES ÉVAPORITES.....	19
TABLEAU 3 : TABLEAU DE PAUL COURBON-LES MEGADOLINES DU VAR	23
TABLEAU 4 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 01	96
TABLEAU 5 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 02	98
TABLEAU 6 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 03	99
TABLEAU 7 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 04	101
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 01 SUR L'EAU SALEE.....	102
TABLEAU 9 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 02 SUR L'EAU SALEE.....	103
TABLEAU 10 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 01 SUR LES BOUILLIDOUX	105
TABLEAU 11 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 02 SUR LES BOUILLIDOUX	106
TABLEAU 12 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 03 SUR LES BOUILLIDOUX	108
TABLEAU 13 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 01 SUR LA FOUX	112
TABLEAU 14 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 02 SUR LA FOUX	113
TABLEAU 15 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 03 SUR LA FOUX	114
TABLEAU 16 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 01 SUR LE TORRENT DE L'IZOARD	116
TABLEAU 17 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 02 SUR LE TORRENT DE L'IZOARD	117
TABLEAU 18 : SYNTHESE DES DONNEES DE LA STATION 03 SUR LE TORRENT DE L'IZOARD	118
TABLEAU 19 : DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES RELEVEES SUR LES GOURS BENITS	122
TABLEAU 20 : DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES RELEVEES SUR L'EAU SALEE.....	123
TABLEAU 21 : DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES RELEVEES SUR LES BOUILLIDOUX	124
TABLEAU 22 : DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES RELEVEES SUR LA FOUX	125
TABLEAU 23 : DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES RELEVEES SUR LE TORRENT DE L'IZOARD	125
TABLEAU 24 : RESULTATS DES IBGN DCE SUR LA ZONE D'INFLUENCE DES GOURS BENITS	126
TABLEAU 25 : RESULTATS DES IBGN DCE SUR LA ZONE D'INFLUENCE DE L'EAU SALEE	128
TABLEAU 26 : RESULTATS DES IBGN DCE SUR LA ZONE D'INFLUENCE DES BOUILLIDOUX	129
TABLEAU 27 : RESULTATS DES IBGN DCE SUR LA ZONE D'INFLUENCE DE LA FOUX	131

TABLEAU 28 : RESULTATS DES IBGN DCE SUR LE TORRENT D'IZOARD SUR LA ZONE D'INFLUENCE DES SOURCES D'ARVIEUX	132
TABLEAU 29 : RESULTATS DE L'INVENTAIRE PATRIMONIAL DES INVERTEBRES SUR LE HAUT ARGENS.....	136
TABLEAU 30 : RESULTATS DE L'INVENTAIRE PATRIMONIAL DES INVERTEBRES SUR LA FOUX ET LE TORRENT DE L'IZOARD.....	138
TABLEAU 31, 32 ET 33 : ESTIMATION DU PEUPLEMENT PISCICOLE EN AMONT ET EN AVAL DE LA STATION D'EPURATION DE BRAS EN 2009 ET 2012	140
TABLEAU 34 : CLASSES D'ABONDANCE ET DE BIOMASSE CALCULEES SUR LES PRINCIPALES ESPECES CAPTUREES SUR LE CAURON.....	141
TABLEAUX 35 ET 36 : RESULTATS DES PECHES DE SONDAGE REALISEES PAR LA MRE SUR LE CAURON ET L'ARGENS	144
TABLEAU 37 ET 38 : ESTIMATION DU PEUPLEMENT PISCICOLE SUR 2 STATIONS DE L'EAU SALEEE	145
TABLEAU 39 : CLASSES D'ABONDANCE ET DE BIOMASSE CALCULEES SUR LES PRINCIPALES ESPECES CAPTUREES SUR L'EAU SALEEE	146
TABLEAUX 40,41, 42 ET 43 : ESTIMATION DU PEUPLEMENT PISCICOLE SUR 4 STATIONS DE L'ARGENS EN 2004.....	147
TABLEAU 44 : CLASSES D'ABONDANCE ET DE BIOMASSE CALCULEES SUR LES PRINCIPALES ESPECES CAPTUREES SUR LES 4 STATIONS DE L'ARGENS DANS LA ZONE D'INFLUENCE ET DE L'EAU SALEEE DES BOUILLIDOUX	148
TABLEAU 45 : RESULTATS DE LA PECHE REALISEE PAR L'ONEMA EN JUILLET 2014 SUR LA NARTUBY A TRANS.....	151
TABLEAUX 46,47 ET 48 : ESTIMATION DU PEUPLEMENT PISCICOLE SUR 3 STATIONS DU TORRENT DE L'IZOARD EN 2016.....	152
TABLEAU 49 : CLASSES D'ABONDANCE ET DE BIOMASSE CALCULEES SUR LES PRINCIPALES ESPECES CAPTUREES SUR LE TORRENT DE L'IZOARD	152

CARTES

CARTE 1 : CARTE SIMPLIFIEE DES AFFLEUREMENTS TRIASIQUES EN PACA (SOURCE MRE)	16
CARTE 2 : LES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION PACA ET DES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES (SOURCE MRE D'APRES J.NICOD).....	18
CARTE 3 : REPARTITION DES FORMATIONS TRIASIQUES CONTENANT DU GYPSE (BRGM/RP-60896-FR JUILLET 2012)	27
CARTE 4 : REPARTITION DES FORMATIONS TRIASIQUES CONTENANT DU GYPSE ET PRINCIPAUX ENSEMBLES GEOLOGIQUES ASSOCIES (SOURCE MRE)	29
CARTE 5 : SOURCES TRIASIQUES ETUDIEES SUR LE BASSIN VERSANT DE L'ARGENS-(SOURCE MRE)	35
CARTE 6 : CARTOGRAPHIE DU SYSTEME DE SOURCES DE L'EAU SALEE-(SOURCE MRE)	37
CARTE 7 : CARTOGRAPHIE DES ZONES D'EXSURGENCES DES BOUILLIDOUX (SOURCE MRE)	38
CARTE 8 : CARTOGRAPHIE DES BOUILLIDOUX DE LA ZONE C (SOURCE MRE).....	40

PHOTOS

PHOTOS 1 ET 2 : EXEMPLES DE FORMATIONS GYPSEUSES DU COL DES SAGNES (A GAUCHE) ET DE CASTELLANE (A DROITE)-(SOURCE MRE)	20
PHOTO 3: AFFLEUREMENT DE GYPSE AU COL DE L'IZOARD (SOURCE MRE)	22_Toc481144537
PHOTOS 4 ET 5 : SOURCE SULFATEE CALCIQUE DU TORRENT DE L'IZOARD (ZONE AMONT EN RIVE GAUCHE)-(SOURCE MRE)	32
PHOTOS 6 ET 7 : SOURCE SULFATEE CALCIQUE DU TORRENT DE L'IZOARD (ZONE AVAL EN RIVE DROITE)-(SOURCE MRE)	33
PHOTOS 8 ET 9 : SOURCE SULFATEE CALCIQUE DU TORRENT DE L'IZOARD (ZONE AVAL EN RIVE DROITE)-(SOURCE MRE)	33
PHOTOS 10 ET 11 : SOURCE SULFATEE CALCIQUE DU TORRENT DE L'IZOARD (ZONE INTERMEDIAIRE EN RIVE DROITE)-(SOURCE MRE)	33
PHOTOS 12, 13 ET 14 : ZONE AMONT DES SOURCES DE L'EAU SALEE (RIVE DROITE)-(SOURCE MRE)	36
PHOTO 15 : ZONE DES SOURCES DE L'EAU SALEE-AFFLEUREMENTS DE LA ROCHE MERÉ FAILLEE-(SOURCE MRE)	36
PHOTO 16 : CAPTAGE DIT DE LA « SOURCE DE L'EAU SALEE » -(SOURCE MRE)	36
PHOTOS 17 ET 18 : BOUILLIDOUX B1 ET B12 (SOURCE MRE)	39
PHOTO 19 : BOUILLIDOUX C4 (SOURCE MRE)	40
PHOTOS 20 ET 21 : CANAL DE LA ZONE C ET DETAIL D'UN APPOINT PAR UNE FAILLE (SOURCE MRE)	41
PHOTO 22 : CARTOGRAPHIE DES ZONES D'EXSURGENCES DES GOURS BENITS (SOURCE MRE)	41
PHOTO 23 : DEPRESSION LA PLUS AU NORD DE LA ZONE D'EXSURGENCES LIMNOCRENES (SOURCE MRE)	42
PHOTO 24 : DEPRESSION INTERMEDIAIRE DE LA ZONE D'EXSURGENCES LIMNOCRENES (SOURCE MRE)	42
PHOTO 25 : ANCIEN AMENAGEMENT SUR LA ZONE DE CAPTAGE DE SAINT AQUILE (SOURCE MRE)	43
PHOTOS 26 ET 27 : CANAUX, DRAINS ET CHENAUX EN PIERRES SECHES DE LA ZONE PRINCIPALE D'EXSURGENCE DE LA FOUX (SOURCE MRE)	44
PHOTO 28 : DEGAZAGE LIE AUX REMONTEES D'EAU DE L'AQUIFERE (SOURCE MRE)	44
PHOTO 29 : CHENAL BORDE DE MURETS EN PIERRES SECHES (SOURCE MRE)	45
PHOTO 30 ET 31 : PROFIL EN « U » EN AMONT DU MOULIN DE LA FOUX ET ECOULEMENTS SUR LIT DE PIERRES EN AVAL (SOURCES MRE)	45
PHOTO 32 ET 33 : LIT DE LA FOUX BORDE DE ROSELIERES ET CONFLUENCE AVEC LE LIT DE LA NARTUBY (SOURCES MRE)	46
PHOTO 34 : CARTOGRAPHIE DES ZONES D'EXSURGENCES DE LA FOUX (SOURCE MRE)	46
PHOTO 35 : JAUGEAGE A LA STATION 04 SUR LA SOURCE DE L'EAU	73
PHOTO 36 : SONDE THERMIQUE HOBO U1	74
PHOTO 37 : POSE DE LA SONDE THERMIQUE SUR L'ARGENS A LA STATION 02 SUR LA ZONE DES BOUILLIDOUX	75

PHOTO 38 : SONDE MULTI-PARAMETRES UTILISEES POUR LES MESURES IN SITU	75
PHOTOS 39 : PRELEVEMENTS IBGN DCE A L'AIDE DU FILET SURBER SUR LA STATION 02 SUR LE CAURON.....	77
PHOTOS 40 ET 41 : PRELEVEMENTS QUALITATIFS A L'AIDE DU FILET A PAPILLONS (PHASE TERRESTRE) ET DE LA PINCE (PHASE AQUATIQUE)	78
PHOTO 42 : REALISATION DE CHASSES DE NUIT A L'AIDE D'UN PIEGE LUMINEUX SUR LES SOURCES DES BOUILLIDOUX	78
PHOTO 43 : L'ARGENS A SEC EN JUIN EN AMONT DES BOUILLIDOUX	85
PHOTO 44 : LARVE D'AGAPETUS SP (GLOSSOSOMATIDAE)	136
PHOTO 45 : GASTEROPODE PSEUDAMNICOLA ASTIERII, UNE ESPECE STRICTEMENT ENDEMIQUE DU VAR	137

SCHEMAS

SCHEMA 1 : CARTOGRAPHIE DES BOUILLIDOUX DE LA ZONE B (SOURCE MRE).....	39
SCHEMA 2 : ESSAI DE TYPOLOGIE DES SOURCES SALEES TRIASIQUES ETUDIEES (SOURCE MRE).....	155

FIGURES

FIG. 1: COMPARAISON DE LA PLUVIOMETRIE MENSUELLE LORS DE NOTRE ETUDE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (PERIODE 1950-2010) A ST. MAXIMIN.....	80
FIG. 2: DEBITS DE LA SOURCE DE L'ARGENS LORS DE NOTRE ETUDE PAR RAPPORT AUX MOYENNES MENSUELLES (SUR 43 ANNEES).....	81
FIG. 3: REPRESENTATION DES DEBITS DE LA SOURCE DE L'ARGENS ET DE LA PLUVIOMETRIE MENSUELLE A SAINT MAXIMIN LA SAINTE BAUME LORS DE NOTRE ETUDE	82
FIG. 4: PLUVIOMETRIE JOURNALIERE D'OCTOBRE 2016 FEVRIER 2017 A SAINT MAXIMIN LA SAINTE BAUME ET EVOLUTION DU DEBIT DE LA SOURCE DE L'ARGENS	82
FIG. 5: PLUVIOMETRIE JOURNALIERE D'OCTOBRE 2016 A FEVRIER 2017 A LA SATATION DE SAINT MAXIMIN LA SAINTE BAUME ET EVOLUTION DU DEBIT DU CAURON A LA STATION HYDRO DE BRAS.....	83
FIG. 6: COMPARAISON DE LA PLUVIOMETRIE MENSUELLE LORS DE NOTRE ETUDE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (PERIODE 1965-2005) A VARAGES	84
FIG. 7: DEBITS DE L'ARGENS A CHATEAUVERT LORS DE NOTRE ETUDE PAR RAPPORT AUX MOYENNES MENSUELLES (SUR 43 ANNEES).....	84
FIG. 8: EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE A VARAGES ET DU DEBIT DE L'ARGENS A CHATEAUVERT LORS DE NOTRE ETUDE	86
FIG. 9: COMPARAISON DE LA PLUVIOMETRIE MENSUELLE LORS DE NOTRE ETUDE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (PERIODE 1996-2010) A DRAGUIGNAN	87
FIG. 10 : DEBITS DE LA NARTUBY A TRANS EN PROVENCE LORS DE NOTRE ETUDE PAR RAPPORT AUX MOYENNES MENSUELLES (SUR 49 ANNEES).....	88
FIG. 11 : EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE A DRAGUIGNAN ET DU DEBIT DE LA NARTUBY LORS DE NOTRE ETUDE	88

FIG. 12 : PLUVIOMETRIE JOURNALIERE D'OCTOBRE 2016 A FEVRIER 2017 A DRAGUIGNAN ET EVOLUTION DU DEBIT SUR LA PERIODE DE LA STATION HYDRO SUR LA NARTUBY A TRANS EN PROVENCE	89
FIG. 13 : COMPARAISON DE LA PLUVIOMETRIE MENSUELLE (DONT LA PART DUE A LA NEIGE) A LA STATION D'ARVIEUX LORS DE NOTRE ETUDE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (1981-2010)	90
FIG. 14 : RESULTATS DES JAUGEAGES SUR LE CAURON LORS DE NOTRE ETUDE ET DEBIT DE LA STATION HYDRO DE BRAS (SOURCE BANQUE HYDRO)	91
FIG. 15 : RESULTATS DES JAUGEAGES REALISES SUR LES STATIONS DE L'EAU SALEEE LORS DE NOTRE ETUDE	92
FIG. 16 : RESULTATS DES JAUGEAGES REALISES SUR LES BOUILLIDOUX ET SUR L'ARGENS LORS DE NOTRE ETUDE ET DEBIT DE L'ARGENS A LA STATION HYDRO DE CHATEAUVERT (SOURCE BANQUE HYDRO)	93
FIG. 17 : RESULTATS DES JAUGEAGES REALISES SUR LES TROIS STATIONS DE L'ETUDE SUR LA FOUX ET SUR LA NARTUBY ET VALEUR DU DEBIT DE LA STATION HYDRO DE LA NARTUBY A TRANS EN PROVENCE (SOURCE BANQUE HYDRO)	94
FIG. 18 : RESULTAT DES JAUGEAGES SUR LE TORRENT DE L'IZOARD A ARVIEUX LORS DE NOTRE ETUDE	95
FIG. 19 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES, ET MAXIMALES DE LA STATION 01 DES GOURS BENITS, DES TEMPERATURES JOURNALIERES MOYENNES DE L'AIR ET DU DEBIT DU CAURON.....	96
FIG. 20 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MINIMALES, MOYENNES, MAXIMALES ET DE L'AMPLITUDE THERMIQUE DE LA STATION 01 EN RAPPORT AVEC LA TEMPERATURE DE L'AIR ET LE DEBIT DU CAURON LORS DE LA CRUE DU 21 NOVEMBRE 2016 AU 26 NOVEMBRE 2016	97
FIG. 21 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DU CAURON A LA STATION 02 PAR RAPPORT AUX TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DE L'AIR ET AUX DEBITS DU CAURON	98
FIG. 22 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DU CAURON A LA STATION 03 PAR RAPPORT A LA MOYENNE DES TEMPERATURES JOURNALIERES DE L'AIR ET DES DEBITS DU CAURON	100
FIG. 23 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DE L'ARGENS APRES LA CONFLUENCE DU CAURON (STATION 04) PAR RAPPORT AUX TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DE L'AIR ET DU DEBIT DU CAURON.....	101
FIG. 24 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MINIMALES, MOYENNES, MAXIMALES JOURNALIERES DE LA STATION 01 PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE DE L'AIR ET LA PLUIE JOURNALIERE A VARAGES.....	102
FIG. 25 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES SUR LA STATION 02 PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE DE L'AIR ET LA PLUVIOMETRIE JOURNALIERE A VARAGES.....	104
FIG. 26 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DE LA STATION 01 PAR COMPARAISON A LA TEMPERATURE DE L'AIR ET AU DEBIT DE L'ARGENS MESURES A LA STATION DE CHATEAUVERT	106
FIG. 27 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES A LA STATION 02 EN COMPARAISON AVEC LA TEMPERATURE DE L'AIR ET LES DEBITS DE L'ARGENS A CHATEAUVERT	107

FIG. 28 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DE LA STATION 03 SUR L'ARGENS PAR RAPPORT AUX TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DE L'AIR ET LES DEBITS DE L'ARGENS A CHATEAUVER.....	108
FIG. 29 : BOX PLOTS DES MOYENNES JOURNALIERES SUR L'ARGENS AMONT ET AVAL LA CONFLUENCE DE L'EAU SALEE, LA STATION AMONT CONFLUENCE AVEC L'ARGENS SUR L'EAU SALEE, AVANT ET APRES LA CRUE DU 20 NOVEMBRE 2016	109
FIG. 30 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES SUR LA STATION EN AMONT DES BOUILLIDOUX (ARG04) ET EN AVAL DES BOUILLIDOUX (ARG05) ENTRE LE 28/06/2016 ET LE 31/10/2013	110
FIG. 31: EVOLUTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE ESTIVALE ET DES MINIMA ET MAXIMUM RELEVEES SUR LES STATIONS DE L'ARGENS EN 2012.....	111
FIG. N° 31BIS:EVOLUTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE HIVERNALE ET DES MINIMA ET MAXIMUM RELEVEES SUR LES STATIONS DE L'ARGENS EN 2012	111
FIG. 32 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DE LA SOURCE DE LA FOUX PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE DE L'AIR A DRAGUIGNAN.....	112
FIG. 33 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DE LA FOUX EN AMONT DE LA CONFLUENCE AVEC LA NARTUBY PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE DE L'AIR A DRAGUIGNAN	113
FIG. 34 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DE LA NARTUBY APRES LA CONFLUENCE DE LA FOUX PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE MOYENNE JOURNALIERE DE L'AIR A DRAGUIGNAN ET DU DEBIT DE LA NARTUBY A TRANS EN PROVENCE	115
FIG. 35 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DU TORRENT DE L'IZOARD EN AMONT DES SOURCES PAR RAPPORT A LA TEMPERATURE JOURNALIERE A ARVIEUX.....	116
FIG. 36 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DE LA SOURCE EN RIVE GAUCHE EN RAPPORT AVEC LA PLUVIOMETRIE JOURNALIERE A ARVIEUX	118
FIG. 37 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DU TORRENT DE L'IZOARD EN AVAL DES SOURCES EN RAPPORT AVEC LA PLUVIOMETRIE JOURNALIERE ET LA TEMPERATURE DE L'AIR A ARVIEUX	119
FIG. 38 : EVOLUTION DES TEMPERATURES JOURNALIERES MINIMALES, MOYENNES ET MAXIMALES DU TORRENT DE L'IZOARD EN AVAL DES SOURCES EN RAPPORT AVEC LA PLUVIOMETRIE JOURNALIERE A ARVIEUX	119
FIG. 39 : EVOLUTION DES TEMPERATURES MOYENNES JOURNALIERES DU TORRENT DE L'IZOARD ET DES SOURCES D'ARVIEUX	120
FIG 40 : REPARTITION DES SOURCES EN FONCTION DE LA CONCENTRATION EN SODIUM ET EN SULFATE	122
FIG. 41 : HISTOGRAMMES DES TAILLES EN CM DES TRF CAPTUREES SUR LA CAURON EN 2009 ET 2012	142
FIG. 42 : HISTOGRAMME DES TAILLES EN CM DES TRF CAPTUREES SUR L'ARGENS EN AMONT DE LA CONFLUENCE AVEC LE CAURON ET SUR LE CAURON EN AMONT DE LA CONFLUENCE DE L'ARGENS.....	143
FIG. 43 : HISTOGRAMME DES TAILLES EN CM DES TRF CAPTUREES SUR L'ARGENS EN AMONT DE LA CONFLUENCE AVEC LE CAURON ET SUR LE CAURON EN AMONT DE LA CONFLUENCE DE L'ARGENS.....	144

FIG. 44 : HISTOGRAMME DES TAILLES EN CM DES TRF CAPTUREES SUR L'ARGENS EN AMONT ET EN AVAL DES BOUILLIDOUX	149
FIG. 45 : HISTOGRAMME DES TAILLES DES TRUITES FARIO CAPTUREES A LA STATION CHATEAUVERT EN 2004.....	150
FIG; 46 : HISTOGRAMME DES TRUITES FARIO CAPTUREES A LA STATION BAGAREDES EN 2004	150
FIG. 47 : HISTOGRAMME DES TAILLES EN CM DES TRF CAPTUREES AUX STATIONS 2 ET 3 EN SEPTEMBRE 2016	153

1. INTRODUCTION

La variabilité très importante de la pluviométrie et la violence des extrêmes climatiques du cycle de l'eau en région Provence-Alpes-Côte d'azur, sécheresses et crues, s'imposent comme des contraintes majeures aux activités humaines et aux milieux aquatiques.

Dans la gestion de l'eau de notre région, les eaux souterraines, plus qu'ailleurs, jouent un rôle déterminant.

La moitié des prélèvements pour l'alimentation en eau potable est d'origine souterraine. Elles constituent des ressources stratégiques face aux enjeux du changement climatique.

Mais en plus, elles jouent un rôle primordial dans les objectifs d'atteinte du bon état des masses d'eau superficielles grâce au soutien en eau qu'elles amènent lors de l'étiage des cours d'eau.

L'Agence de l'Eau RMC, le Conseil Régional PACA et le BRGM ont décidé de collaborer ensemble dans la mise en place d'une stratégie régionale sur les eaux souterraines.

Organiser un réseau des gestionnaires d'eau souterraines et communiquer sur les eaux souterraines, intégrer les eaux souterraines dans l'aménagement du territoire et les documents d'urbanisme, améliorer le suivi des eaux souterraines, constituent les axes forts de la stratégie régionale. Pour la réussite de cette stratégie, il a été plusieurs fois souligné la nécessité de réduire le déficit de connaissances sur les aquifères, leur fonctionnement et leur vulnérabilité.

Le bassin versant de l'Argens a subi une importante période de sécheresse de 2004 à 2007. Nous avons pu constater l'arrêt de l'écoulement et l'assèchement d'un certain nombre de tronçons et de cours d'eau.

En portant notre attention sur les écoulements présents tout au long de cette période de sécheresse, nous avons identifié des ressources en eaux souterraines, dont les débits et les caractéristiques physico-chimiques, ont à la fois assuré le maintien des écoulements en aval de leurs exsurgences ainsi que le maintien d'un peuplement dans les cours d'eau.

Si les grandes sources pérennes connues issues des grands impluviums du jurassique ont contribué en partie au maintien des écoulements, leurs apports sont restés néanmoins limités par l'effet des prélèvements. Que ce soit pour la production en eau potable ou pour les besoins agricoles, l'exploitation de ces ressources reste essentielle pour les communes. Malgré les mesures de restriction d'usage de l'eau mises en place par la préfecture du Var, tous les prélèvements en eau existant se sont conjugués aux faibles niveaux de ces aquifères.

Nous avons donc tourné notre regard vers d'autres sources moins connues et peu voire pas exploitées, sur ce même territoire.

Il s'agit de sources apparentées à des formations géologiques d'âges triasiques, avec des débits suffisamment importants pour assurer à elle seules le maintien de l'écoulement des cours d'eau qu'elles alimentent. Ces exsurgences d'eaux fraîches ont la particularité d'être très minéralisées et de ce fait, rarement exploitées pour l'eau potable et l'irrigation, d'où une grande méconnaissance de leurs aquifères, de leurs fonctionnements et de leurs vulnérabilités.

Face aux conséquences probables des effets des changements climatiques sur les milieux aquatiques, il apparaît essentiel de réduire le déficit de connaissances sur ces ressources en eau.

C'est ce qu'a souhaité faire la Maison Régionale de l'Eau en proposant un programme de recensement des eaux triasiques de la région, d'analyse de l'importance du rôle joué par ces eaux souterraines dans le maintien de la qualité des cours d'eau et sur les biocénoses originales qu'elles entretiennent.

2. CE QUE L'ON SAIT DES SOURCES TRIASIQUES

2.1. Définition

Qu'est-ce que l'on entend par « source » ?

Les sources, qu'elles soient à écoulements permanents ou temporaires, sont des exutoires naturels des eaux souterraines.

Les eaux de sources peuvent s'écouler et former des chenaux de longueurs variables avant de rejoindre le lit d'un cours d'eau.

Il existe une typologie tirée de l'ouvrage « Evaluation des milieux crénaux de Suisse ».

La limnologie distingue trois principaux types de sources (Steinmann, 1915; Thienemann, 1924):

Les sources rhéocrènes (source jaillissante, résurgence): La zone de source ressemble au cours supérieur du cours d'eau et les écoulements sont rapides. Le substrat est essentiellement représenté par des pierres ou de graviers reposant sur un socle rocheux. Si le chenal ainsi formé n'héberge généralement pas de plantes aquatiques, on peut toutefois y observer des algues, des diatomées, des lichens et de nombreuses espèces de mousses (Geissler, 1975; Petraglia, 2007; Taxböck&Preisig, 2007). On y trouve, sur les bordures, une flore hygropétrique se développant sous de minces filets d'eau ou des colonies de mousses madicoles, sans cesse éclaboussées.

Les sources hélocrènes (source suintante, source marécageuse): Les eaux émergent sur une surface assez vaste pouvant se situer dans des dépressions, sur des terrains plats, des prairies humides et également sur des pentes. Les écoulements sont lents et les particules fines se déposent. On rencontre à proximité de ces sources des mousses, des petites laîches, des joncs ou d'autres plantes (Schläfli, 1979; Delarze&Gonseth, 2008).

Les sources limnocrènes (source d'étang ou de mare): Ce type de source existe lorsque le niveau de la nappe est supérieur à celui du terrain. L'eau sourd par le fond d'une dépression, semblable à une mare ou un étang, puis en débordant, donne naissance à un ruisseau. Le substrat présente des dépôts vaseux et sableux dominant, souvent colonisés par le cresson de fontaine (*Nasturtium officinale*) et/ou la bérula (*Berula erecta*).

Les sources de formes mixtes: Certaines sources linéaires qui peuvent s'étendre dans le cours supérieur d'un ruisseau sur des distances importantes (Zollhöfer -1997). Certaines sources, plus discrètes peuvent être sous-lacustres, immergées dans le lit d'un cours d'eau ou ses rives.

2.2. Le TRIAS

2.2.1. Définition

Le Trias est un système géologique, subdivision de l'ère Mésozoïque qui s'étend de -251 millions d'années à -201,6 millions d'années. Le Trias est précédé par le Permien, sur lequel il repose et suivi par le Jurassique.

Ce terme a été défini pour la première fois par le géologue allemand Friedrich August Von Alberti en 1834, le Trias doit son nom aux trois unités (litho-) stratigraphiques dont il se compose en Europe centrale : Buntsandstein (grès bigarré), Muschelkalk (calcaire coquillier) et Keuper.

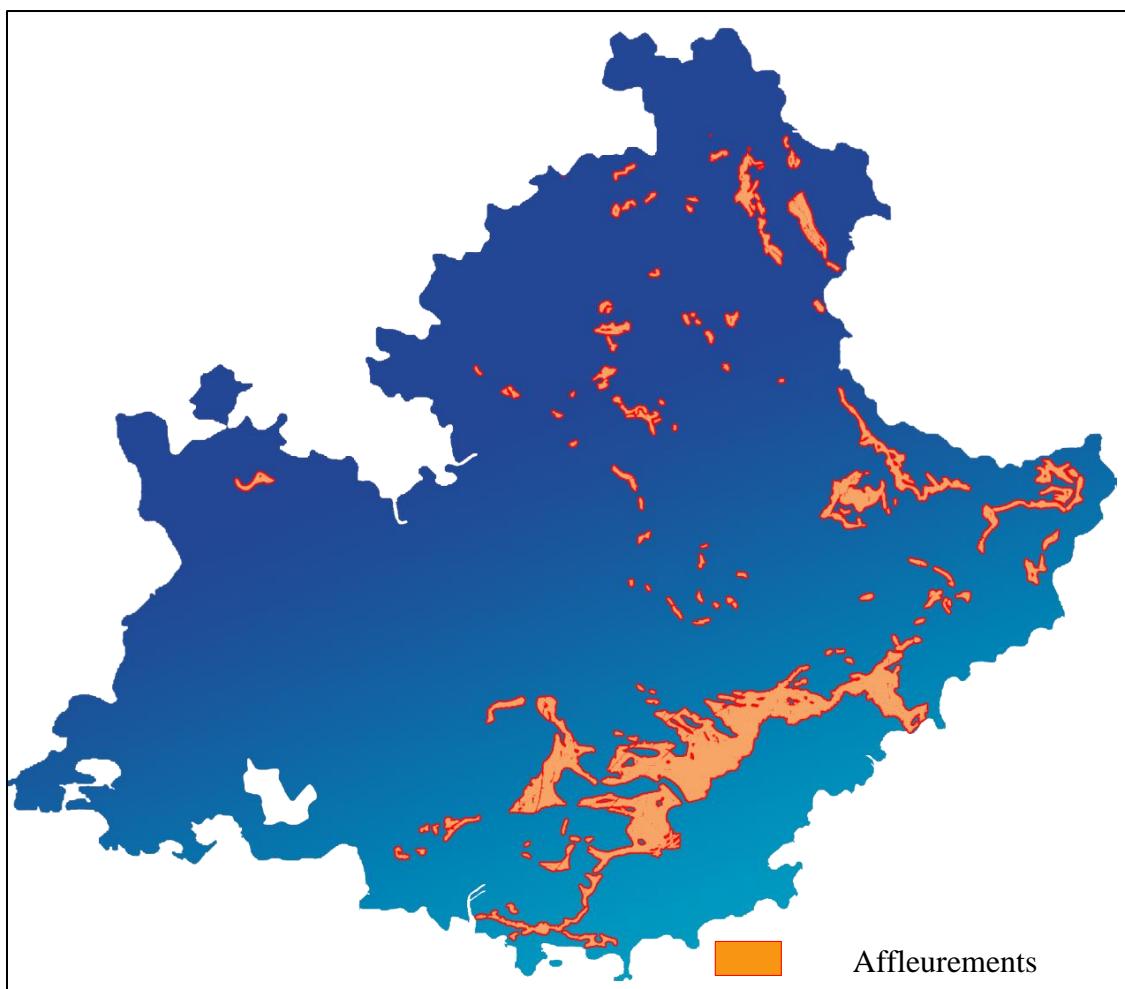
Les grés bigarrés du Trias inférieur sont souvent composés de roches gréseuses. Le grès est une roche sédimentaire issue de la consolidation de sables.

Les calcaires du Muschelkalk caractérisent le Trias moyen. Ils présentent à leur base un niveau de cargneules et de gypses. Ce niveau disharmonique entre les deux ensembles calcaires, a entraîné des réactions différentes de ces derniers lors des différents mouvements orogéniques.

Le Keuper du Trias supérieur est constitué de dépôts détritiques fins qui donnent des marnes irisées (argilites) accompagnées de roches évaporites. En fonction de l'épaisseur de l'eau évaporée, il peut s'agir de dolomies, de gypse (sulfates), d'anhydrite et de sel gemme. . Le terme « Keuper » vient d'un mot du dialecte des carriers allemands pour désigner les marnes. Les roches évaporites du Keuper ont servi de niveau de décollement à de nombreux charriages (Nappe de Dignes par exemple).

Ages absolus	Séries	Faciès Alpin	Faciès Germaniques
203 millions d'années 230 millions d'années	TRIAS SUPERIEUR	Rhétien NorienCarnien	Keuper
240 millions d'années	TRIAS MOYEN	LadinienAnisien	Muschelkalk
250 millions d'années	TRIAS INFERIEUR	Scythien	Buntsandstein (Grès bigarés)

Tableau 1 : Chronostratigraphie du Trias (source MRE d'après l'Université de Provence)



Carte 1 : Carte simplifiée des affleurements triasiques en PACA (source MRE)

2.2.2. Hydrogéologie

- **Les sources karstiques**

Les sources karstiques sont alimentées par des bassins hydrogéologiques auxquels correspondent des systèmes karstiques. Ces systèmes résultent de la dissolution de roches carbonatées (calcaires, dolomies) par l'effet des eaux d'infiltration mêlées au dioxyde de carbone.

L'ensemble des eaux collectées par le système vont constituer un aquifère dont le ou les exutoires constituent les zones de sources.

- **Fonctionnement des aquifères karstiques**

Les aquifères karstiques sont essentiellement créés par les écoulements d'eaux souterraines, dont les propriétés acides entraînent des processus de dissolution des roches carbonatées. Cette acidité est liée à la dissolution dans les sols du gaz carbonique (CO_2) produit par les végétaux et les colonies bactériennes. Ce processus d'érosion spécifique aux massifs carbonatés est appelé la karstification.

Les régions karstiques présentent de fortes perméabilités et l'eau est souvent absente de la surface du sol. Les eaux d'infiltration y circulent rapidement par le biais de conduits comme des fissures, des failles et des rivières souterraines. L'eau des aquifères karstiques émerge des massifs à la faveur de sources.

Les aquifères karstiques représentent une part importante et capitale des ressources en eau de nombreux pays. Les formations carbonatées plus ou moins karstifiées assurent au moins 30% des besoins nationaux en eau potable, auxquels s'ajoutent les prélèvements pour l'agriculture et l'industrie.

Les modalités d'infiltration et d'écoulement des eaux souterraines dans les systèmes karstiques sont particulières et n'existent pas dans les autres aquifères :

Une infiltration différée par un stockage et une restitution lente dans l'épikarst. Ce sont essentiellement les sols et sous-sols proches de la surface qui jouent ce rôle « tampon ».

Une infiltration lente liée à d'étroites fissures et à la porosité de la roche. C'est à ce niveau que les eaux d'infiltrations se mêlent l'air ambiant, riche en CO₂, et sont à l'origine des phénomènes de dissolution.

Une infiltration rapide dans les fissures et fractures les plus larges, sous forme de ruissellements, à l'origine des phénomènes de dissolution en profondeur.

Une infiltration importante et rapide liée à des pertes d'eaux de surface (cours d'eau), dont la totalité ou une partie du débit ont une circulation souterraine avant d'alimenter des résurgences.

Ainsi, c'est un réseau complexe de conduits hiérarchisés qui assure le drainage des eaux infiltrées depuis l'épikarst jusqu'à la zone noyée, puis leur évacuation jusqu'aux zones d'exsurgence.

Les capacités de stockage des systèmes karstiques sont liées à la nature des vides karstiques, à la densité des zones fissurées et au volume total du système.

- **Fonctionnement des aquifères triasiques**

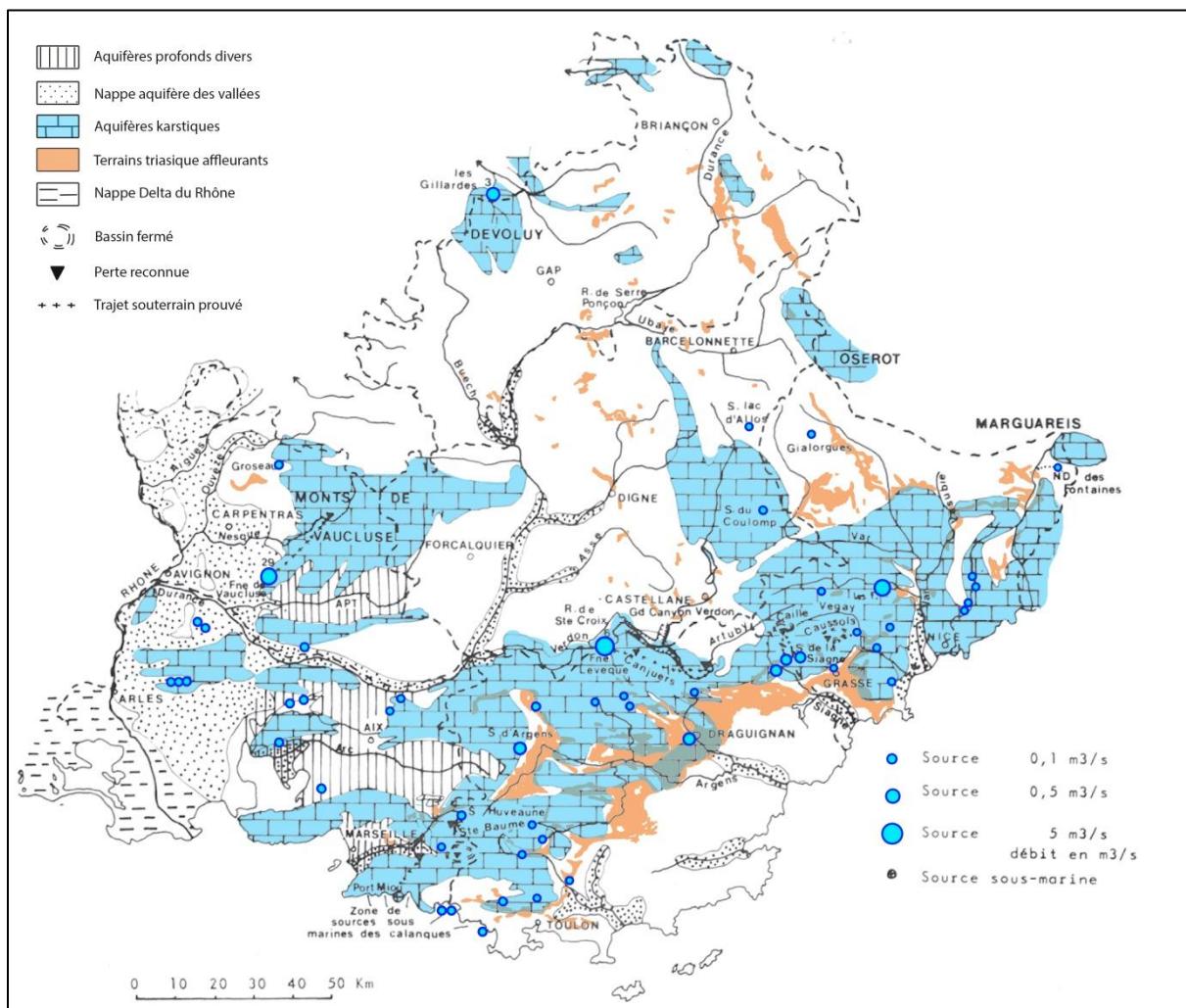
La situation sous-jacente des couches du Trias rend difficile l'observation des phénomènes liés aux écoulements souterrains. Les observations se font sur les franges de certains massifs laissant apparaître des « coupes » dans ces formations géologiques lorsque ces terrains affleurent et qu'ils ne sont pas recouverts d'un sol trop épais.

Les karsts se développent majoritairement dans les calcaires du Muschelkalk et dans les roches évaporites (gypses, halite) de ce dernier ou du Keuper en fonction des zones concernées.

S'ils sont moins karstifiés en profondeur que la plupart des calcaires et dolomies du jurassique, les calcaires du Trias sont en revanche beaucoup plus broyés, du fait des pressions encaissées lors des grands événements géologiques structurant la région. Ils constituent ainsi

de grands impluviums karstiques avec de fortes capacités d'infiltration lorsqu'ils affleurent et de puissants aquifères en profondeur. Du fait de leurs caractéristiques physiques, ces karsts emmagasinent de grands volumes d'eaux interstitielles avec des circulations relativement lentes par rapport à des systèmes karstiques « plus ouverts », comme ceux du Jurassique. Les débits des sources issues de ces aquifères triasiques sont donc plus constant car ils subissent moins les variations climatiques, du fait de cet effet « tampon » joué par les massifs.

Les gypses et autres roches évaporitiques, lorsqu'ils sont présents en couches suffisamment épaisses et étendues, développent des karsts avec de grands volumes vides, du fait de leur forte solubilité, en présence d'écoulements souterrains. Ils peuvent ainsi, en fonction de leur position relative, augmenter la capacité des aquifères karstiques carbonatés et en modifier les caractéristiques physico-chimiques.



**Carte 2 : Les ressources en eau de la région PACA et des grands ensembles géologiques
(source MRE d'après J.Nicod)**

- **Caractéristiques et propriétés physico-chimiques des eaux triasiques**

Si à l'image des sources karstiques issues du jurassique, celles issues du trias ont de fortes concentrations en calcium (Ca^{2+}), elles peuvent s'en distinguer toutefois par de fortes concentrations en sels (Na^+), en sulfates (SO_4^{2-}) ou en chlorures (Cl^-). Cette minéralisation est caractéristique des eaux ayant traversé des gypses et autres roches évaporitiques du Trias, dont la particularité est d'être très solubles.

2.3. Le gypse et les autres roches évaporites en PACA

La plupart des données suivantes ont été extraites de la « Carte régionale de l'aléa effondrement/glissement de terrains gypseux triasiques en paca (BRGM-60896-fr Juillet 2012) »

2.3.1. Définition

- **Propriétés**

Le gypse est un sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) exploité pour la fabrication du plâtre. Comme les sels gemmes (halites) et l'anhydrite, le gypse est une roche évaporite constituées de minéraux résultant de phénomènes évaporatoires. Sur le territoire de la région PACA, les dépôts de gypse sont principalement le Trias (Secondaire) et l'Oligocène (Tertiaire).

Si les roches évaporites sont présentes sur près de 25% de la surface des continents, leur affleurement en surface ne subsiste en revanche que dans des régions arides ou froides, du fait de leur très forte solubilité.

Les phénomènes de dissolution y sont si actifs qu'ils conduisent à la mise en place de karst au sein de ces dépôts évaporites. Par comparaison avec le calcaire, le gypse est 180 fois plus soluble et la halite 26000 fois.

Minéral	Formule	Solubilité
Halite	NaCl	360g/l à 20°C
Gypse	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2,531 g/l à 20°C
Calcite	CaCO_3	14 mg/l 0 25°C*
*en absence totale de CO_2 (Ek, 1993)		

Tableau 2 : Bulletin de la Société géographique de Liège, 37,1999/2, 19-31 19-KARST DANS LES ÉVAPORITES



Photos 1 et 2 : Exemples de formations gypseuses du col des Sagnes (à gauche) et de Castellane (à droite)-(source MRE)

- **Faible densité**

Le gypse a une dureté de 2 sur l'échelle de Mohs, c'est une roche tendre, rayable à l'ongle et d'une densité faible de 2,3 contre 2,1 pour le sel. Le seuil de plasticité de ces roches est très bas, leur conférant ainsi des fortes aptitudes à migrer verticalement ou latéralement

- **Forte solubilité**

La forte solubilité des roches évaporites peu conduire, en fonction des conditions de circulation hydrique, à la formation de karsts susceptibles de conduire à des effondrements impactant la surface.

Ainsi, on retrouve de multiples zones avec des entonnoirs de dissolution de gypse dans les Alpes, du fait d'une dissolution plus active liée au climat.

2.3.2. Susceptibilité de présence de gypse

Le gypse triasique peut se présenter sous différentes formes du fait de sa faible densité. Il peut s'injecter facilement dans la fracturation ou être présent sous forme de bourrage dans des plis pincés (anticlinaux) ou au niveau des grands accidents tectoniques (chevauchements).

Qu'il s'agisse de lentilles, de diapirs, d'injection dans la fracturation, de dépôts épars, chaque formation gypseuse est décrite pour ses quantités plus ou moins importantes de gypse ainsi que la forme sous laquelle il se présente.

Ce sont autant d'informations sur la susceptibilité de présence de gypse que peuvent fournir les études géologiques.

2.3.3. Susceptibilité de présence de cavités liées à la dissolution de gypse

Les critères favorables à la dissolution du gypse sont directement liés à la vitesse de circulation des eaux souterraines. La dissolution est active s'il y a battement de la nappe au sein de la formation gypseuse. Sans circulation d'eau, celle-ci se sature en sulfate de calcium SO_4Ca et la dissolution est interrompue.

Comme c'est le cas pour le Keuper en Provence, les formations gypseuses du Trias peuvent être non aquifères et intensément plissées, les circulations d'eau y sont liées à la fracturation et à la porosité.

La densité de fracturation joue un rôle majeur dans la circulation des eaux souterraines et l'infiltration des eaux de surface (pluie, fonte des neiges) et par conséquent sur l'effet de dissolution du gypse.

2.3.4. Mouvements de terrain liés à la présence de gypse (BRGM)

Les formations de gypse, fortement solubles, entraînent des instabilités dans les terrains environnant. Cela peut se traduire par des effondrements ou des glissements au niveau des versants.

a) Les effondrements de karsts liés à la dissolution du gypse.

Les phénomènes de dissolution dans les évaporites du Trias entraînent à la fois des formations de karst parfois très étendus mais également des formations visibles en surface comme des effondrements ou des dépressions. Ces formations de tailles variables dessinent dans le paysage des entonnoirs de dissolution ou de vastes cuvettes.

○ Les phénomènes karstiques du gypse en Provence

Les karsts de gypse en région méditerranéenne sont tout aussi variés que les karsts Alpins mais plus étendus. L'absence et la rareté de végétation associées au climat, offrent parfois des karsts de gypses quasiment nus à de basses altitudes. Certains, à l'image des systèmes karstiques carbonatés, ont subi une longue évolution. (Nicod, 1976).

○ Les karsts du gypse dans les montagnes Alpines

Les évaporites des régions Alpines ont constitué la semelle de grandes nappes de charriage au cours des activités tectoniques de la région.

Les zones gypseuses se retrouvent aujourd’hui dans des positions diverses, souvent isolées et réduites à des pincées exigües. Ainsi, l’étendue des karsts de gypses Alpins n’excède pas quelques kilomètres. Bien que les affleurements de gypse se situent dans de environnements géomorphologiques variés, les karsts à entonnoirs multiples ne sont présents dans la zone alpine qu’à haute altitude (Nicod, 1976).

Ces entonnoirs peuvent s’ouvrir sur les écoulements souterrains ou être en partie colmatés par les formations de surface. On rencontre des affleurements de gypse de ce type au col du Galibier, dans le Briançonnais et le Queyras.



Photo 3 : Affleurement de Gypse au col de l'Izoard (source MRE)

Les effondrements

- **Le fontis**

A l’image des dolines présentent dans les paysages karstiques carbonatés, les karsts de gypse peuvent présenter des dépressions coniques ou des cratères pseudo- circulaires appelées « fontis ».

Lorsque les formations superficielles sont meubles, les fontis sont appelés entonnoirs de dissolution ou d’effondrement.

- **Les affaissements**

La dissolution des karsts de gypse peut entraîner un simple affaissement de la surface, formant ainsi des cuvettes de profondeurs et de tailles variables. Sans qu'il n'y ait de rupture en surface, ces affaissements peuvent toutefois être un signe avant-coureur de fontis.

On citera en exemple les dolines-lac des deux Louciens de La Roquebrussanne et le Lac de Besse-sur-Issole dans le Var.

Volume des grands effondrements du Var				
Nom	Commune	Long./larg. max.	Prof /Pt haut et bas	Volume Mm³
Cros du Ménager	Draguignan	750 / 500 m	-29 / -21	2 Millions
Clos de Reille	Draguignan	550 / 200 m	-61 / -41 m	1,8 M
Trou de Séville	Varages	300 / 220 m	-65 / -25 m	1,5 M
Trou du Filleul	Bras	300 / 300 m	-47 / -21 m	1,4 M
Colle Pelade	Draguignan	480 / 280	-17 m	1,3 M
Mare Colle	Draguignan	425 / 350 m	-35 / -30 m	0,8 M
Trou de l'Infernet	Châteauvert	200 / 140 m	-62 / -46 m	0,7 M
Petit Laoucien	La Roquebrussanne	275 / 225 m	-37 / -30 m	0,68 M
Grand Laoucien		200 / 180 m	-55 / -44 m	0,6 M
Trou de Maurel	Draguignan	280 / 180 m	-35 / -20 m	0,4 M
Mallemort 498	Draguignan	250 / 180 m	-32 / -20 m	0,4 M
Mallemort 505 ouest	Draguignan	180 / 150 m	37	0,3 M
Mallemort 505 est	Draguignan	160 / 160 m	-41 / -36 m	0,3 M
Mallemort 474	Draguignan	160 / 120 m	-40 / -20 m	0,2 M
Mallemort 481	Draguignan	180 / 145 m	-30 / -15 m	0,13 M
Lac de Besse	Besse-sur-Issole	255 / 200 m	8 m	0,1 M
Peyrui	Bargemon	90 / 80 m	-45 / -15 m	V<0,1 M

Tableau 3 : tableau de Paul Courbon-Les mégadolines du Var

- **Quelques exemples**

1987 : Effondrement de Tourrettes (83) : 50m de profondeur

1992 : Effondrement du Peyrui (Bargemon) (83): 80m de diamètre, 15m de profondeur

1998 : Effondrements à Mougin (06): diamètre 10m, profondeur quelques mètres

2004 : Fontis à Grasse (06) : diamètre“ 10m, profondeur 7m

2010: Effondrement à Saint-Zacharie (83): 10m profondeur, 6-7m de diamètre

Les cavités naturelles

Si les régions humides comme les Alpes présentent de multiples affaissements en entonnoirs de dissolution, la partie sud-est ne présente que des cavités de dimensions modestes.

Dans les étages forestiers de moyenne et basse altitude, des effondrements épisodiques et dispersés marquent la présence de gypse. Ils sont parfois de très grande taille comme dans les régions de Beuil et de Valberg (06).

Quant aux grottes elles sont rarement spacieuses en raison de l'instabilité des parois et des voûtes liées à la tectonisation poussée et l'active dissolution (Nicod, 1976).

b) Glissements de terrain associés à des formations de gypse

La présence de gypse dans les versants est susceptible d'augmenter les risques de glissement de terrain. En plus des facteurs de pente, de gravité et d'écoulement des eaux, vient s'ajouter la forte solubilité des gypses.

Exemples de glissements liés à la présence de gypse :

- Glissement de Roquebilière(06)

Ce glissement s'est produit en 1926 dans les Alpes-Maritimes à la suite de fortes et durables précipitations. Plus de 2 millions de mètres cubes ont été mobilisés, détruit une vingtaine de maisons et provoqué la mort de 19 personnes.

- Glissements rencontrés en Provence

Les glissements de terrain de Bargemon (83) affectent des versants de terrain triasiques appartenant au Keuper, essentiellement composés de marnes et de gypse.

Sur le secteur de Grasse, les marnes et gypse du Keuper affleurent par endroits sur des épaisseurs pouvant atteindre près de 300m. C'est un contexte complexe lié, entre autre, à la présence du gypse, qui induit des effondrements, des glissements ponctuels et des mouvements de plus grande ampleur impliquant des versants entiers. (Zerathe, 2011).

2.4. Caractéristiques des eaux de sources triasiques

La région PACA recèle de nombreux aquifères de puissances et de qualités physico-chimiques variables.

Cette variabilité découle de la nature géologique des terrains traversés et encaissant, de l'étendue des zones d'alimentation (impluvium) et des volumes d'eaux entrant dans le système.

D'après la « synthèse hydrogéologique de la région Provence Alpes Côte d'Azur 1985 (BRGM) », les eaux de source en région PACA sont de bonne qualité chimique dans l'ensemble.

Si les eaux aux faciès bicarbonatés calciques (HCO_3^- , Ca^{2+}) parfois magnésiens (Mg^{2+}), généralement dures dominent, il faut toutefois noter l'existence d'eaux avec des teneurs en sulfates (SO_4^{2-}) approchant ou dépassant les normes de potabilité. Cette forte minéralisation

est liée à la présence ou à la proximité de roches évaporites comme dans le Var notamment et certains secteurs des Hautes-Alpes.

Les eaux de sources triasiques, du fait de la présence et de la dissolution de roches évaporites, présentent donc des caractères sulfatés (SO_4^{2-}) liées aux gypses et chloruré-sodiques (Na^+ , Cl^-) dus aux sels gemmes (aussi appelés halite).

2.4.1. Les critères retenus

Cette étude se concentre exclusivement sur les aquifères d'eaux fraîches issues d'aquifères karstiques, tout ou partie triasiques, minéralisées (chloruré-sodiques et/ou sulfatées) dont les exsurgences sont en relation par écoulement avec des cours d'eau.

- **Sources avec des eaux karstiques épiqéniques**

Toutes les eaux sont infiltrées depuis la surface (précipitations, pertes par infiltration d'écoulements de surface) et circulent à l'intérieur de massifs calcaires karstifiés.

- **Présence de karsts Triasiques**

Des karsts d'origines triasiques (Muschelkalk, Gypses et autres roches évaporites) constituent l'ensemble ou une partie de la zone d'alimentation de la source.

- **Eaux de fortes conductivités**

Très solubles, ces évaporites confèrent aux eaux qui les traversent de fortes concentrations en minéraux dissous. La conductivité de ces eaux est élevée.

- **Eaux fraîches**

Compte tenu de leurs origines atmosphériques et de leur circulation à des profondeurs n'excédant pas quelques centaines de mètres, ces eaux de sources sont fraîches avec peu de variation de température tout au long de l'année. Celles-ci varient nettement en fonction de la localité des sources (haute montagne, colline de basse Provence) et de la nature des eaux infiltrées (fonte de neige et/ou glacier, précipitations).

2.4.2. Les critères non retenus

- **Sources avec des eaux d'origine hypogéniques**

Ces sources sont alimentées en partie par des eaux d'origines profondes issues de failles, de karsts ou de pseudo-karst de natures géologiques variées.

- **Eaux tempérées, thermales**

Du fait de leurs origines profondes, les eaux confèrent un caractère thermal aux sources qu'elles alimentent. Les températures relevées aux différentes sources dépendent des proportions d'eaux épigéniques et d'eaux hypogéniques mélangées en amont de l'exsurgence.

Il existe de nombreuses sources à caractère thermal, fortement minéralisées par la présence de terrains triasiques en région Paca (sources de Rhétier et Plan de Phasy, Digne les Bains, Saint Martin les Eaux...).

Sont donc écartés :

- Certaines sources, qui, bien que parfois salées et/ou sulfatées, résultent du mélange d'eaux profondes (hypogéniques) chaudes avec des eaux fraîches météoritiques ou des aquifères épigéniques (peu profonds). Cela concerne beaucoup de sources connues dans la région pour leur caractère thermal et/ou minéral. On citera ainsi les sources de St Martin à Manosque, de Gréoux les Bains, de Dignes, de St Geniez, la Salaou à Castellane, la Fontaine pétrifiante de Réotier et les sources thermales du Plan de Phasy, la source de la Mescla, ...
- Les puits et les zones d'émergences chloruré-sodiques et/ou sulfatées n'ayant aucune connexion de surface avec un cours d'eau (puits salés de Taronne, de Moriez à Gévaudan, du Cannet des Maures,).
- Tous les aquifères salés dont les eaux n'atteignent pas la surface.

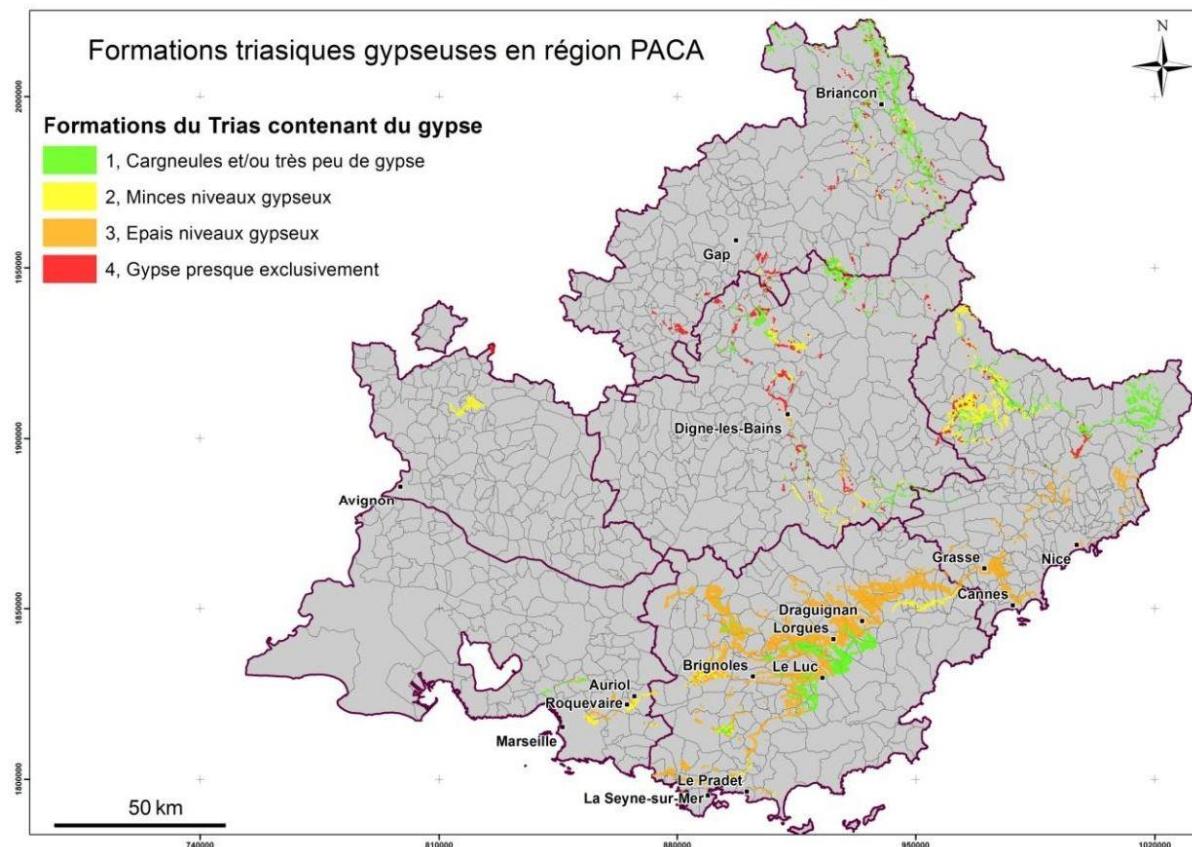
3. METHODOLOGIE

3.1. Inventaire des sources triasiques de PACA

L'étude géologique de la PACA a permis en un premier lieu d'identifier les grands ensembles triasiques régionaux. Le Trias a la particularité d'être très tectonisé, sa structure, souvent étirée et très plissée, est bouleversée.

Les nombreux phénomènes géologiques structurant de la région, ainsi que les variations climatiques ont donné lieu à une répartition très hétérogène des affleurements des roches du Trias.

Ainsi, si l'on aborde la localisation de ces ensembles triasiques affleurant et sous-jacent par département, on constate des énormes différences quant aux surfaces occupées et à la nature des formations triasiques observées.



Carte 3 : Répartition des formations triasiques contenant du gypse (BRGM/RP-60896-FR Juillet 2012)

3.1.1. Le Trias dans le Var

Les terrains Triasiques sont très présents dans le Var, sur la bordure du Massif des Maures Estérel et de la dépression permienne.

Ce sont pour la plupart des niveaux de gypse épais appartenant essentiellement au Keuper (Trias supérieur). Le Keuper y est très épais et très tectonisé. Il se compose généralement de marnes, de gypses et de dolomies plus ou moins cargneulisés.

On rencontre cependant, localement, quelques amas de gypses injectés dans des accidents tectoniques, appartenant à l'étage du Muschelkalk (Trias moyen).

D'autres formations appartenant au Muschelkalk sont constituées de dolomies cargneulisées et de marnes dolomitiques. La cargneulisation est un processus lié à l'altération de la dolomie par des eaux chargées en sulfates, impliquant la présence de gypse.

3.1.2. Le Trias dans les bouches du Rhône

D'après la *carte hydrogéologique du département des Bouches du Rhône*, quelques amas de gypses injectés dans des accidents tectoniques (étage du Muschelkalk) apparaissent localement dans le sud du département.

On citera les affleurements de la vallée de l'Huveaune entre Pont de l'Etoile et Saint Zacharie, la Valentine, la bordure nord orientale du massif du Garlaban et la bordure nord de la chaîne de l'Etoile.

Le Muschelkalk à l'état de lames calcaires, abrite quelques nappes localisées et le Keuper, plutôt imperméable (argiles dominantes) présente des dolomies ou des cargneules intercalées laissant place à des circulations d'eau réduites.

3.1.3. Le Trias dans le Vaucluse

Si les affleurements et gisements de gypse du département sont abondants, seul le gîte situé au nord-est de Beaumes-de-Venise est d'âge Triasique. La majeure partie des gypses du Vaucluse appartiennent au Ludien (Eocène - 56,0 à- 33,9 millions d'années) et celui présent au sud-est de Malaucéne appartient au Sannoisien (Oligocène : -39,8 à -28,1 millions d'années).

Les carrières du nord-est de Beaumes-de-Venise sont exploitées depuis 1948 et la puissance du gypse-anhydrite exploitable reconnue par sondages peut atteindre 45 mètres (Schéma départemental des carrières de Vaucluse).

3.1.4. Le Trias dans les Alpes de Haute Provence

Le département est structuré par deux grandes zones géologiques : la Provence au sud-ouest et la nappe de Digne au-delà de laquelle se trouvent les Alpes. Le Trias est à la base de cette puissante masse rocheuse de près de 5000m d'épaisseur qui chevauche les terrains autochtones. Ainsi, le matériel triasique à la base de ce chevauchement, riche en gypses, souligne le tracé de son front d'érosion.

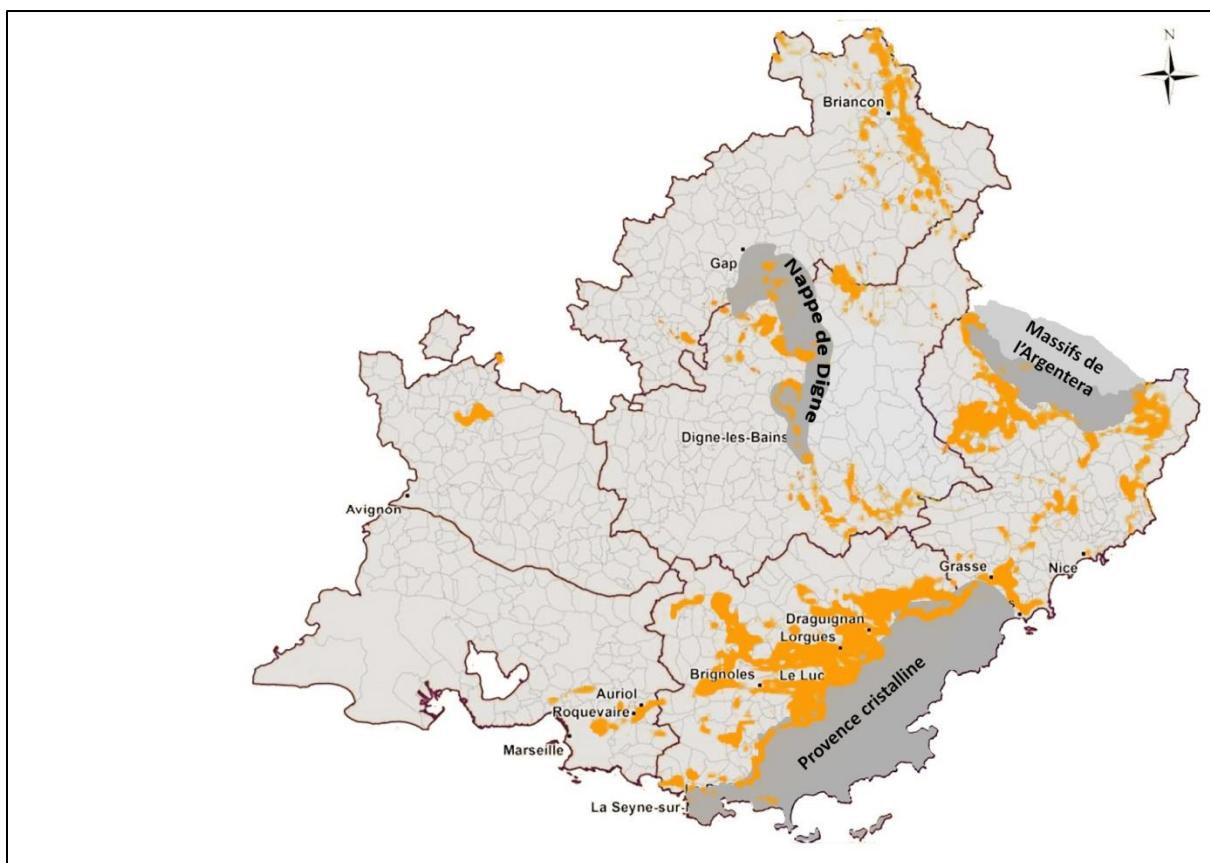
3.1.5. Le Trias dans les Hautes Alpes

Les affleurements triasiques sont essentiellement de nature gypseuse. Ils apparaissent de façon ponctuelle et diffuse dans les reliefs comme au nord-est de Laragne-Montéglin (diapir de gypse de Lazer), dans la région Briançonnaise au col de l'Izoard et à Névache.

3.1.6. Le Trias dans les Alpes Maritimes

La majorité des affleurements triasiques sont à la périphérie du socle primaire, essentiellement autour des massifs de l'Argentera et du dôme de Barrot, où ils peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres d'épaisseurs. Aux alentours du Pelvoux, cette épaisseur est « pelliculaire ».

Des formations triasiques où le gypse domine, affleurent de manière ponctuelle et diffuse. On citera en exemple la vallée de la Vésubie, de la Roya et la périphérie des gorges de Daluis. On note également la présence d'exploitation de gypse dans de nombreuses localités : Nice, St Martin du Var, Grasse, Sospel, Lantosque. (D'après la Carte géologique de la France-Gap)



Carte 4 : Répartition des formations triasiques contenant du gypse et principaux ensembles géologiques associés (source MRE)

3.2. Données géologiques et hydrogéologiques

3.2.1. Etude toponymique

Après avoir identifié les grands ensembles triasiques grâce à l'**étude géologique de la région PACA** (ci-dessus), la lecture des noms de lieux, lieux dits et sources sur les cartes de l'IGN ont permis d'identifier quelques sites potentiellement intéressants sur ces secteurs.

Voici quelques exemples de toponymes liés à nos recherches :

- Exploitations de gypse, fabrication de plâtre : *gypière, plâtrière, gypier*
- Noms liés à la présence de sources ou cours d'eaux salées : *salaou, salette, Salignac, font Salade*
- Affaissements de terrains liés à la dissolution du gypse : *trou de (l')infernet, Seville), clappe*

3.2.2. Inventaire des sites archéologiques liés à l'exploitation du sel en PACA

Ces ressources (INRAP : archéologie du sel, Centre Camille Julian) ont permis d'identifier les puits salés de la vallée de l'asse, à Taronne et à Gévaudan (04), ainsi que des sources salées anciennement exploitées au Cannet-des-Maures (83) et à Baumes-de-Venise (84).

Les eaux des deux puits à Tartonne et Gévaudan présentent en effet des teneurs en sels très élevées et sont probablement des exploitations de petits écoulements dans des couches de halite (ou sel gemme). Ils ne présentent aucun débordement pérenne et donc aucune connexion apparente avec un cours d'eau. Néanmoins, la proximité de vallons laisse à supposer que ces puits exploitent des eaux salées en relation avec les eaux de la nappe d'accompagnements de ces petits cours d'eau.

Le site du Cannet des Maures (Fréquentation et exploitation des sources salées (Var et Vaucluse)-**Audrey Boutet**) n'a pas été reconnu mais semble intéressant dans la mesure où cette source serait en limite de la Provence calcaire, en pleine dépression permienne.

Quatre sources salées jaillissent dans la vallée de la Salette à 2 km au nord de Baumes-de-Venise, dont une qui a fait l'objet d'une tentative d'exploitation du sel au XVIII^e siècle (Fréquentation et exploitation des sources salées (Var et Vaucluse)-**Audrey Boutet**). Lors d'une reconnaissance, le cours d'eau « la Salette » ne présentait pas une conductivité très élevée et nous avons des doutes quant à la pérennité de son écoulement.

3.2.3. Inventaires miniers (brgm)

En complément de l'étude des affleurements triasiques, il est intéressant de localiser les grands gisements de gypses en PACA.

Pour ce faire, il existe les documents suivants :

- la « carte de l'aléa d'effondrement/glissement lié à la présence de terrains gypseux triasiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur » (BRGM)
- la « carte régionale de la susceptibilité des formations aux effondrements ou affaissements associés à des cavités souterraines »(BRGM)
- « Mémento roches et minéraux industriels *Gypse et anhydrite* » (BRGM)
- « Schéma départemental des carrières des Alpes de Haute-Provence »(BRGM)
- « Karst de gypse et accumulations de tufs en Queyras » (M.Brotto)

3.2.4. Conductivité des cours d'eau de PACA

La dissolution des évaporites du trias entraîne de fortes minéralisations des eaux de sources et de surface. Ainsi, il est intéressant d'identifier les cours d'eau de PACA présentant de fortes conductivités, en filtrant les données proposées par le réseau RMC.

Il s'agit de conserver les cours d'eau correspondant aux zones triasiques identifiées et d'éliminer ceux dont la conductivité peut être induite par d'autres facteurs.

3.2.5. Contacts auprès de professionnels et acteurs

De nombreux contacts pris auprès de géologues, hydrogéologues et agents de l'AFB (Agence française pour la biodiversité) ont permis de collecter des informations et de confirmer ou d'inflammer certaines hypothèses.

Ainsi, des cours d'eau présentant de fortes conductivités ont pu être ajoutés à la liste de ceux déjà identifiés par les données du réseau RMC et plusieurs sources présentant des eaux à caractères salés et sulfatées ont été identifiées.

3.2.6. Prospection et reconnaissance

Les reconnaissances de terrain ont consisté à se rendre sur l'ensemble des sites semblant offrir les meilleurs critères en termes de géologie et de présence de sources potentiellement « triasiques ».

S'il est aisé de trouver des points localisés sur les cartes de l'IGN (sources, cours d'eaux, puits), il ne l'est pas autant lorsque aucune source n'est cartographiée. C'est le cas des sources du torrent de l'Izoard (05) qui, malgré la forte salinité qu'elles induisent dans le torrent et un contexte géologique favorable, ne sont pas cartographiées.

A l'inverse, dans un même contexte de géologie favorable et de fortes conductivités dans le cours d'eau, il peut au bout du compte n'y avoir que des phénomènes de dissolution liés au ruissellement, à des suintements et à des apports de petites sources diffuses. On citera comme exemple la région de Sospel (06) et le torrent de la Clapouse (04).

Chaque site est photographié et une sonde multi-paramètres permet de relever la conductivité et la température en plusieurs points sur chaque site. De plus, l'évaluation des débits (lorsqu'il y a écoulement), la présence et la nature des connexions à un cours d'eau sont relevées.

3.3. Choix des sources étudiées

3.3.1. Sources sulfatées calciques du torrent de l'Izoard

Ce sont des fortes conductivités relevées dans le Guil en aval de la confluence avec le torrent de l'Izoard qui ont tout d'abord retenu notre attention. L'examen cartographique ne révèle pas de source salée ou minérale dans le secteur mais la géologie des massifs, notamment celle du col de l'Izoard, met en évidence des affleurements triasiques et plus précisément de gypses.

A l'occasion d'une reconnaissance dans le Briançonnais, nous avons effectué des mesures de conductivité sur le linéaire du torrent de l'Izoard jusqu'à encadrer et identifier la zone de sources.

Ces sources sont d'autant plus intéressantes que la zone amont du torrent connaît des écoulements relativement faibles et qu'elles ont un débit conséquent. Ce sont les seules sources de ce type que nous ayons rencontrées en dehors de celles du département du Var.

Il s'agit d'exsurgences d'eaux fraîches et de conductivités élevées, réparties sur les deux rives du torrent sur une longueur de près de 150 mètres, en amont du hameau des Moulins.

Ce *complexe de sources* se compose de plusieurs types d'exsurgences réparties sur un linéaire de près de 150 mètres sur les deux rives du torrent.

- L'eau sort en amont de la zone par une source *rhéocrène*, sur la rive gauche du torrent, au pied d'un talus abrupt donnant sur une vaste zone pentue enherbée.

Depuis le pied du talus, les eaux surgissent d'entre des pierres et des blocs constituant le fond d'un chenal où les eaux se rassemblent pour former un écoulement vif, bordé d'une végétation de mousses très abondantes.



**Photos 4 et 5 : Source sulfatée calcique du torrent de l'Izoard (zone amont en rive gauche)-
(source MRE)**

- En aval de la zone, une source d'apparence *limnocrène* constitue le dernier point d'exsurgence visible de la rive droite.

Il s'agit d'une vasque d'une profondeur maximale de un mètre accolée à une paroi rocheuse et délimitée du torrent par un bourrelet d'alluvions liées aux dépôts de ce dernier.



Photos 6 et 7 : Source sulfatée calcique du torrent de l'Izard (zone aval en rive droite)-(source MRE)

L'observation en détail de cette exsurgence conduit à remarquer que l'eau sort par des failles de la paroi rocheuse et que la vasque formée est le fruit du barrage « temporaire » formé par le bourrelet d'alluvions. Il pourrait donc être envisageable de considérer cette source comme une *source rhéocrène et non limnocrène*.



Photos 8 et 9 : Source sulfatée calcique du torrent de l'Izard (zone aval en rive droite)-(source MRE)

- Entre ces deux principales exsurgences, quelques failles au pied du massif de la rive droite alimentent le torrent avec des eaux peu abondantes, mais ayant la même conductivité et la même température.



Photos 10 et 11 : Source sulfatée calcique du torrent de l'Izard (zone intermédiaire en rive droite)-(source MRE)

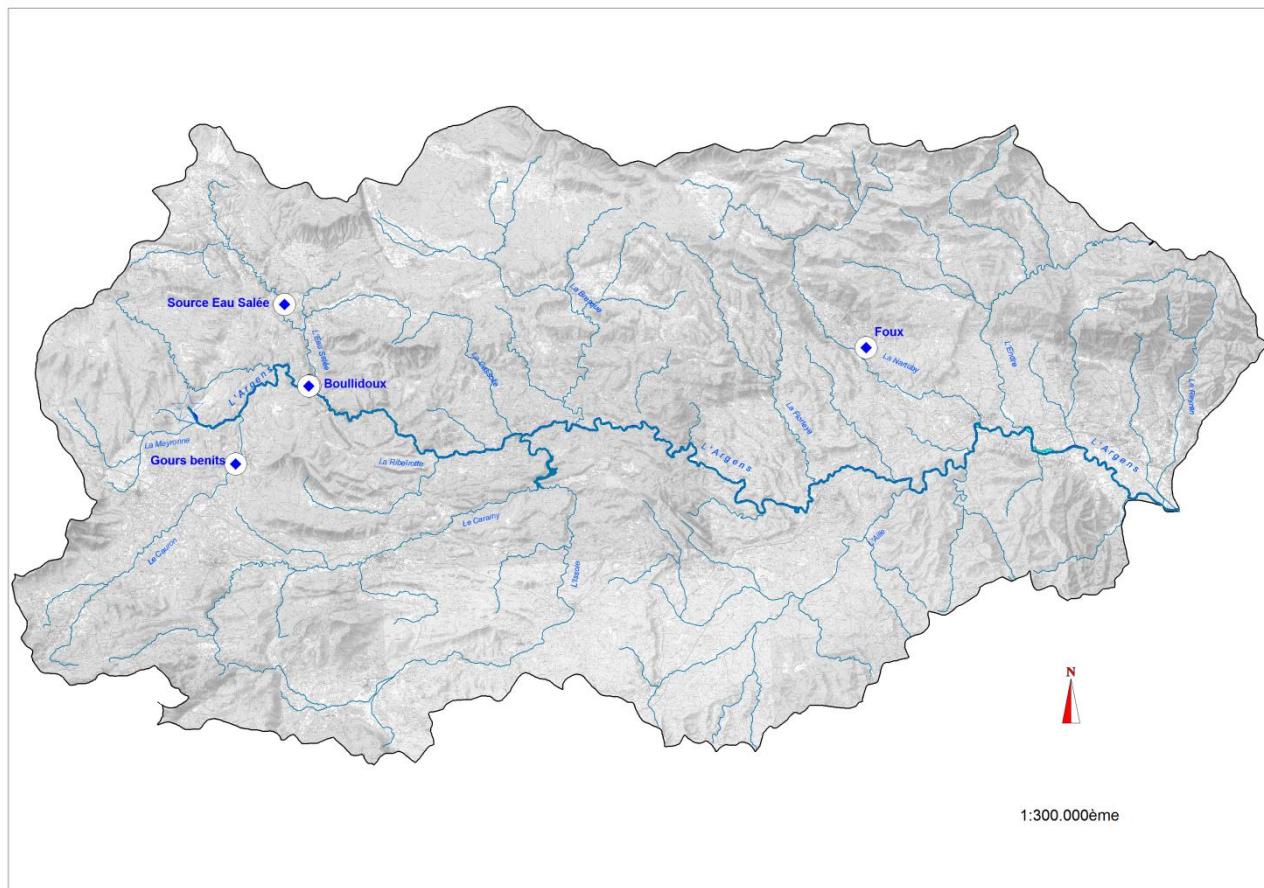
Ces sources s'apparentent donc à un *complexe de sources rhéocrènes et limnocrènes* si l'on admet que cette dernière, la plus en aval en rive droite, conserve ses propriétés physiques.

3.3.2. Sources triasiques de l'avant pays Provençal

Les terrains de l'avant pays Provençal sont complexes du point de vue lithologique, très fortement tectonisés, ils sont à l'origine de sources particulièrement importantes sur ce secteur.

Parmi ces sources, nous avons retenu les suivantes :

- les gours bénits à Bras qui assurent la pérennité du Cauron, alors qu'en été il est sec à l'amont.
- les Bouillidoux à Châteauvert, qui lors des sécheresses les plus sévères du haut-Argens, assurent à eux seul l'écoulement de l'Argens en amont de Châteauvert.
- 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.
- La Foux à Trans en Provence, plus important source triasique du bassin versant de l'Argens, assure la pérennité de la Nartuby lorsque le cours d'eau s'assèche à partir des pertes de la Clappe en amont de Draguignan.



Carte 5 : Sources triasiques étudiées sur le bassin versant de l'Argens-(source MRE)

a) Sources de l'Eau Salée

La rivière « Eau Salée » n'est autre que le prolongement du ruisseau de Varages, alimenté plus en amont par des écoulements temporaires en provenance des communes de saint Martin des Palières et de la Verdière puis par la source pérenne (la Foux) de Varages. Si le débit de cette dernière assure un écoulement constant dans le ruisseau sur près 1,7 kilomètres, il n'en est pas de même sur la partie aval du ruisseau jusqu'à Barjols (près de 4.5 km). En effet, les étiages sévères combinés aux prélèvements divers et aux nombreuses zones de pertes par infiltration, contribuent à favoriser l'asséchement du lit en amont de Barjols.

Ce sont les exsurgences d'eaux salées sur la commune de Barjols qui assurent la pérennité de l'écoulement dans le lit de la rivière jusqu'à sa confluence avec l'Argens et qui justifient ainsi son nom : « l'Eau Salée ».

Une prospection durant l'étiage sévère au cours de l'été 2016 a permis de localiser la partie amont de la zone d'émergence des eaux salées.

Il s'agit de suintements de l'ordre de quelques litres par secondes sortant de petites failles en pied de berge en rive droite du lit.



Photos 12, 13 et 14 : Zone amont des Sources de l'Eau Salée (rive droite)-(source MRE)

L'écoulement est constant et augmente progressivement vers l'aval sans qu'aucune autre source ne soit visible. L'affleurement de la roche mère en rive droite laisse à penser que les apports se font progressivement par le biais de plusieurs zones de failles immergées.

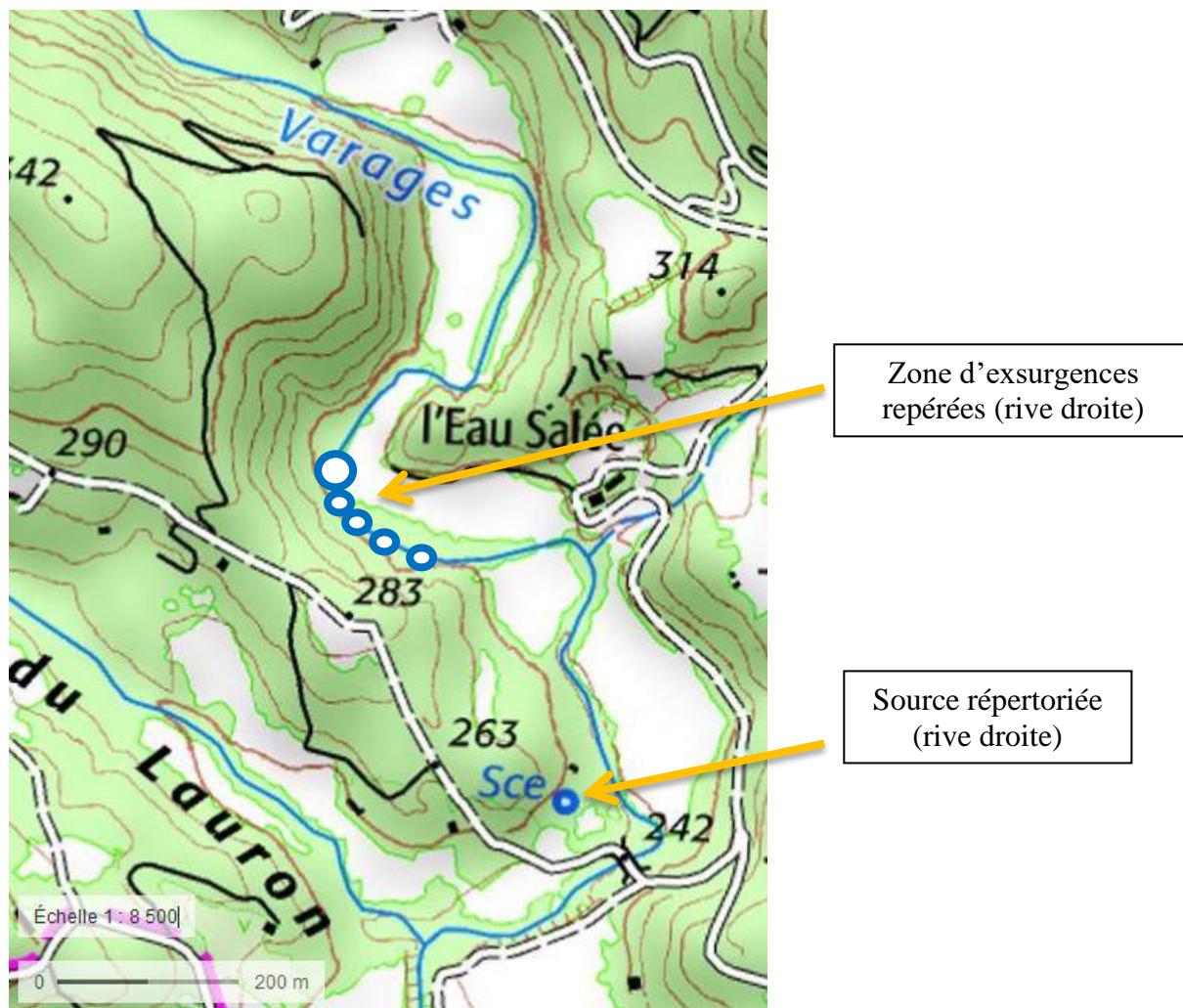


Photo 15 : Zone des Sources de l'Eau Salée-affleurements de la roche mère faillée-(source MRE)

Ce n'est que 600 mètres en aval qu'est répertoriée la « source de l'eau salée » sur les cartes de l'IGN et du BRGM. Cette source correspond à une exsurgence captée, située sur la rive droite à 50 mètres du lit et son débit n'excède pas les 5 litres par seconde. Ses eaux s'écoulent sur 160 mètres dans un canal artificiel avant de regagner le lit de la rivière 170 mètres en aval.



Photo 16 : Captage dit de la« Source de l'Eau Salée » -(source MRE)



Carte 6 : Cartographie du système de sources de l'Eau Salée-(source MRE)

Les sources de l'Eau Salée constituent donc un *système de sources rhéocrènes* issues de fissures de la roche et alimentant la rivière majoritairement dans son lit.

b) Les Bouillidoux

Le terme « Bouillidou » proviendrait du verbe occitan « bolir », lui-même provenant du latin « bullire », qui signifie « bouillir » en français.

Il correspond à une zone d'émergence, un trou d'où sort l'eau en bouillonnant.

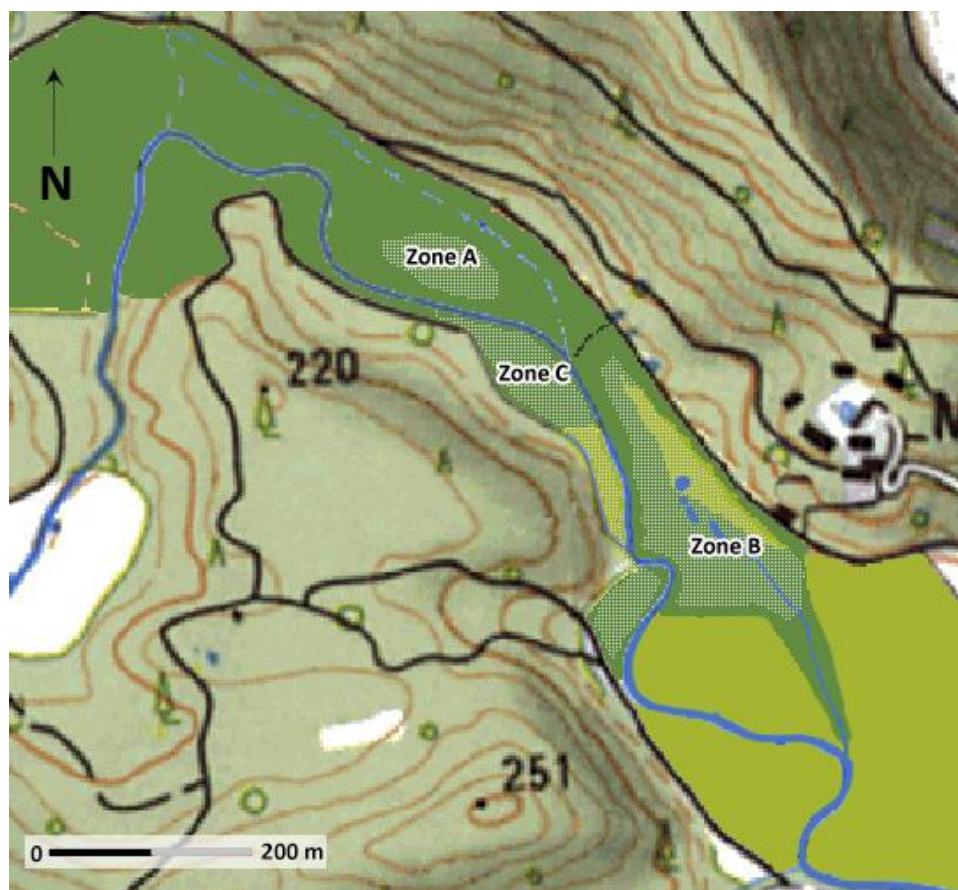
Le site d'étude est probablement une ancienne plaine marécageuse, drainée vers l'Argens par l'homme au fil du temps, afin d'accroître la surface des terres cultivables et pour pouvoir l'utiliser en tant que ressource (pour l'irrigation par exemple). En effet, le domaine de « l'Essor » était une grande exploitation agricole où étaient pratiqués des cultures et de l'élevage bovin.

Le site est à ce jour un centre médico-éducatif pour les enfants.

L'eau des Bouillidoux était également connue pour avoir des vertus curatives. Elle était utilisée pour traiter des maladies de peau comme le zona ou l'eczéma, tout comme on le faisait également avec la source de l'Eau salée.

Enfin, ce site était un lieu privilégié pour la pratique de la chasse (en particulier celle de la bécassine), car elle représente une zone de refuge pour de nombreux oiseaux.

Les zones humides ont été regroupées en trois principales zones, le critère de regroupement étant l'interconnexion qui existe entre elles.



Carte 7 : Cartographie des zones d'exsurgences des Bouillidoux (source MRE)

- Zone A : c'est la zone la plus en amont ne présentant qu'un bouillidou isolé.
- Zone B : regroupant treize bouillidoux dont deux principaux observables sur la carte (B1 et B12). L'interconnexion entre les bouillidoux est directe via la présence de plusieurs canaux aménagés. L'ensemble des eaux drainées est acheminé jusqu'au lit de l'Argens, par un canal à tronçons rectilignes creusé à même les alluvions.

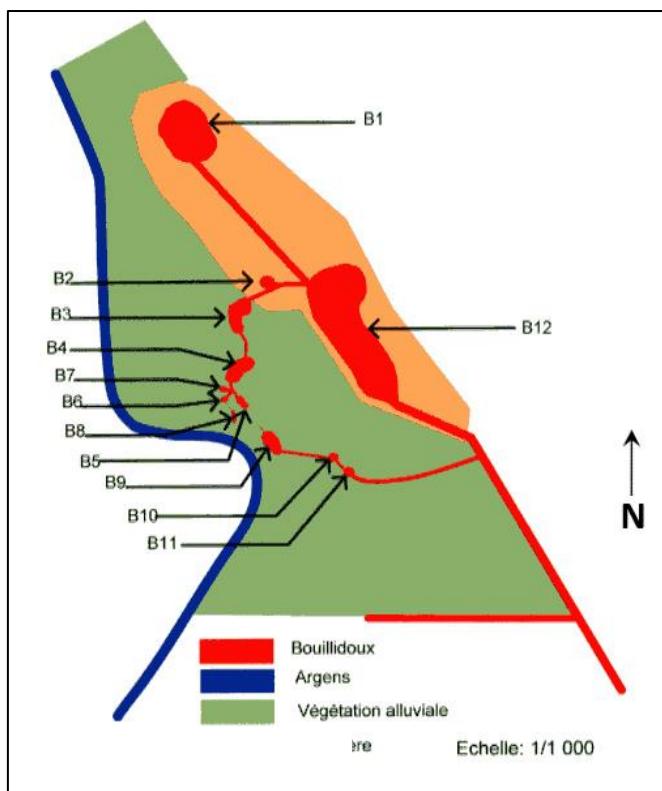
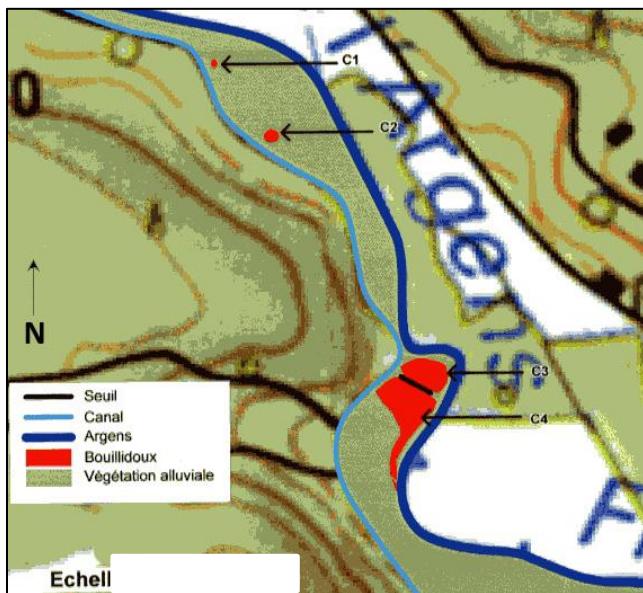


Schéma 1 : Cartographie des Bouillidoux de la zone B (source MRE)



Photos 17 et 18 : Bouillidoux B1 et B12 (source MRE)

- Zone C : regroupant quatre bouillidoux dont deux (C3 et C4) séparés par un seuil et formant la zone humide la plus importante ($\approx 500 \text{ m}^2$). Les eaux issues des bouillidoux C1 et C2 s'écoulent dans un canal aménagé au pied du massif et alimenté, selon les périodes, par des suintements issus de petites failles de la roche mère contre laquelle il s'appuie.



Carte 8 : Cartographie des Bouillidoux de la zone C (source MRE)

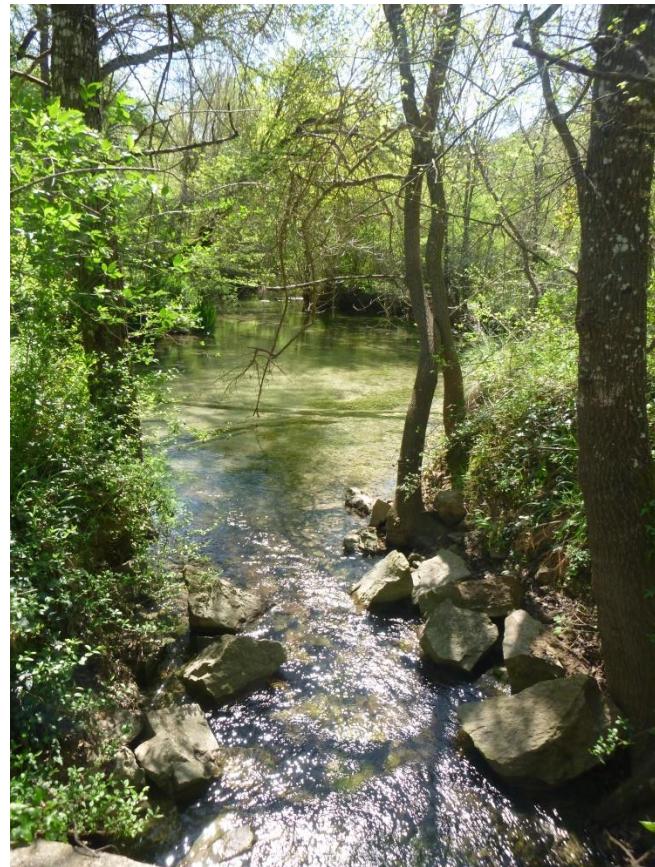


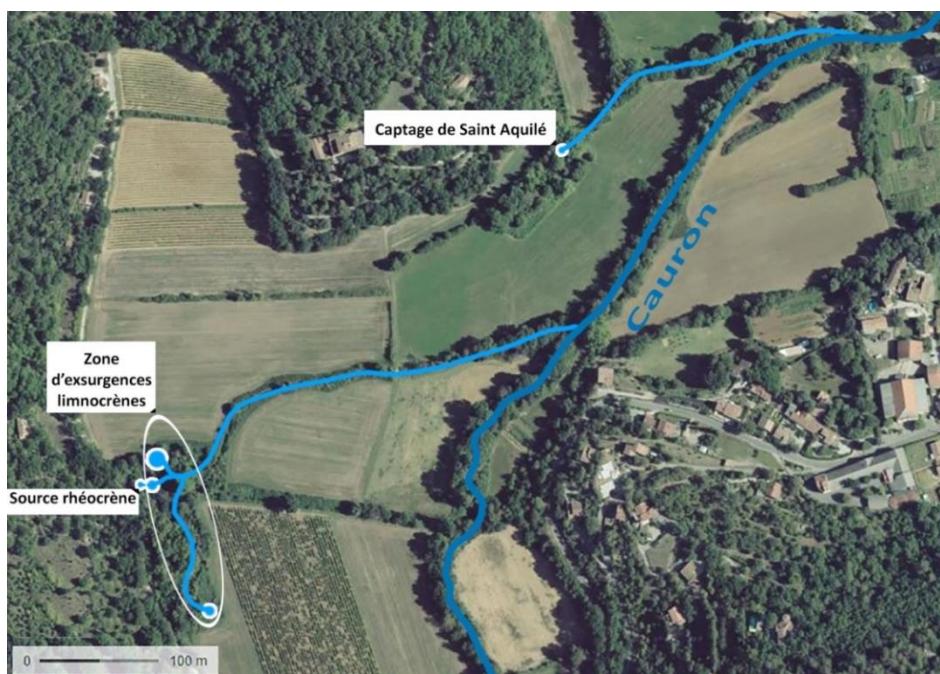
Photo 19 : Bouillidoux C4 (source MRE)



Photos 20 et 21 : Canal de la zone C et détail d'un apport par une faille (source MRE)

L'ensemble des zones d'exsurgence des Bouillidoux s'apparente à un *système de sources limnocrènes* pouvant recevoir des *apports de petites sources rhéocrènes* par endroit selon le niveau de l'aquifère (failles alimentant le canal de la zone C en rive droite). Il serait intéressant de vérifier que l'aquifère est commun ou non à ces différents types d'exsurgence.

c) Les Gours Bénits



Ces zones d'exsurgence se situent en contrebas de massifs, au contact de la plaine alluviale.

Photo 22 : Cartographie des zones d'exsurgences des Gours Bénits (source MRE)

- La majeure partie des eaux est issue de trois dépressions coniques, semblables à des entonnoirs de dissolution. Les eaux issues de ces exsurgences de type *limnocrènes* sont évacuées vers le Cauron, à près de 400 mètres, via des canaux creusés dans les alluvions de la plaine. Les mouvements de sable au fond des dépressions et le relargage de gaz indiquent que les eaux de l'aquifère alimentent ces dépressions par le fond, à des profondeurs jusqu'à près de 6 mètres.



Photo 23 : Dépression la plus au nord de la zone d'exsurgences limnocrènes (source MRE)



Photo 24 : Dépression intermédiaire de la zone d'exsurgences limnocrènes (source MRE)

- En amont immédiat de ces trois dépressions, une source d'aspect *rhéocrène* sort au pied de la colline.

Ces eaux semblent être issues de la partie la plus haute de l'aquifère.
- A environ 420 mètres au nord-est, le captage actuel de Saint Aquilé exploite une autre zone de l'aquifère par forage. Si les aménagements successifs, autrefois gravitaires, rendent difficile l'observation de la zone, il semble toutefois qu'il s'agit d'une exsurgence de type *rhéocrène* à une altitude très proche de la précédente.



Photo 25 : Ancien aménagement sur la zone de captage de Saint Aquilé (source MRE)

L'ensemble de la zone des Gours Bénits et de Saint Aquilée constitue donc un complexe de sources *limnocrènes* et *rhéocrènes* alimentées par un seul et même aquifère.

d) La Foux

La Foux est une zone d'exsurgences captées par un réseau complexe d'aménagements en pierres sèches tels que des canaux et des drains de tailles variables.



Photos 26 et 27 : Canaux, drains et chenaux en pierres sèches de la zone principale d'exsurgence de la Foux (source MRE)

Si la majeure partie des eaux semblent provenir de ces nombreux aménagements, l'observation de bulles liées au dégazage dans le chenal principal indique la présence de remontées d'eau de l'aquifère dans le lit.



Photo 28 : Dégazage lié aux remontées d'eau de l'aquifère (source MRE)

La zone principale d'exsurgence est la plus au nord et les eaux sont canalisées vers le sud via un chenal bordé de murets en pierres sèches.

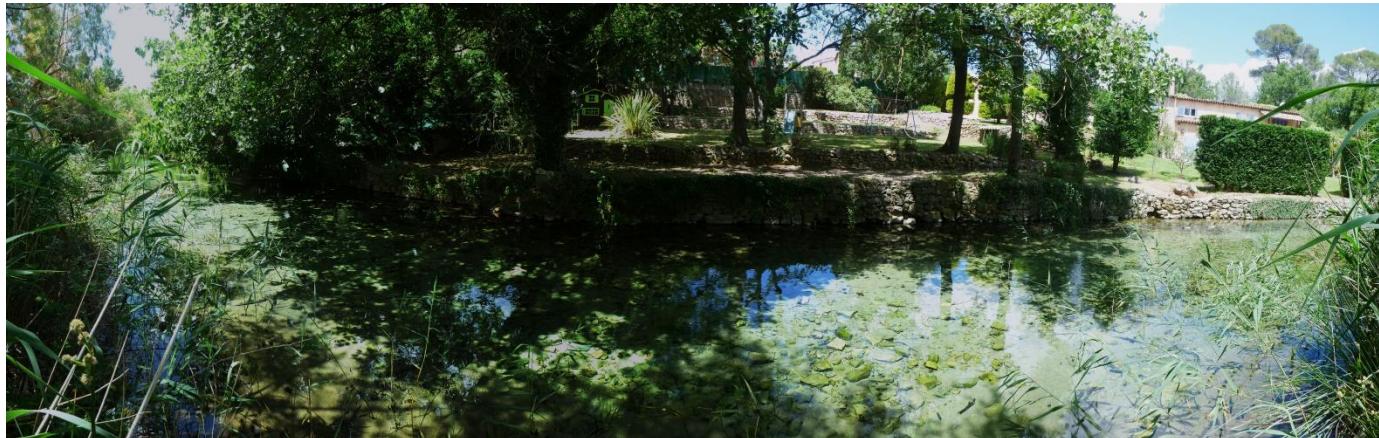


Photo 29 : Chenal bordé de murets en pierres sèches (source MRE)

Dans sa première partie rectiligne, le chenal est alors profilé en « U » et bétonné jusqu'au moulin de la Foux où il retrouve un lit de pierres et cailloux et des vitesses d'écoulement liées à la pente.



Photo 30 et 31 : Profil en « U » en amont du moulin de la Foux et écoulements sur lit de pierres en aval (sources MRE)

C'est en aval du moulin, au niveau du camping, qu'un nouveau chenal apporte les eaux issues de deux exsurgences situées plus aux sud de la zone principale. Le lit, profond et très végétalisé, serpente alors dans une plaine alluviale sur plus de 600 mètres, bordé par de larges bandes de roselières, jusqu'à un seuil bétonné à partir duquel les eaux s'engouffrent sous la route D1555 pour confluer ensuite avec le lit de la Nartuby.

Bien que les zones d'exsurgence de la Foux soient totalement aménagées et les eaux chenalées, il semble qu'il s'agit d'un système de sources *rhéocrènes*, alimentées par un seul et même aquifère.

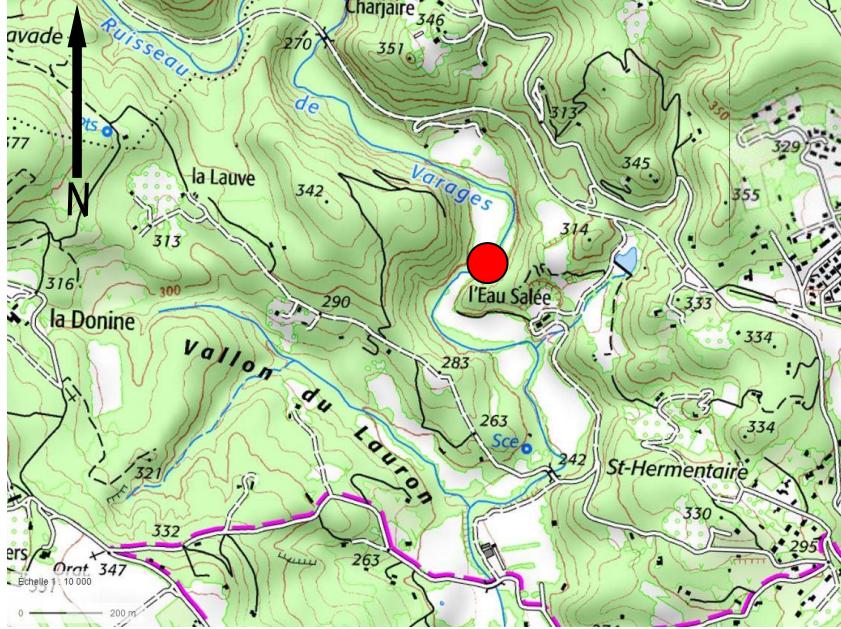


Photo 32 et 33 : Lit de la Foux bordé de roselières et confluence avec le lit de la Nartuby (sources MRE)

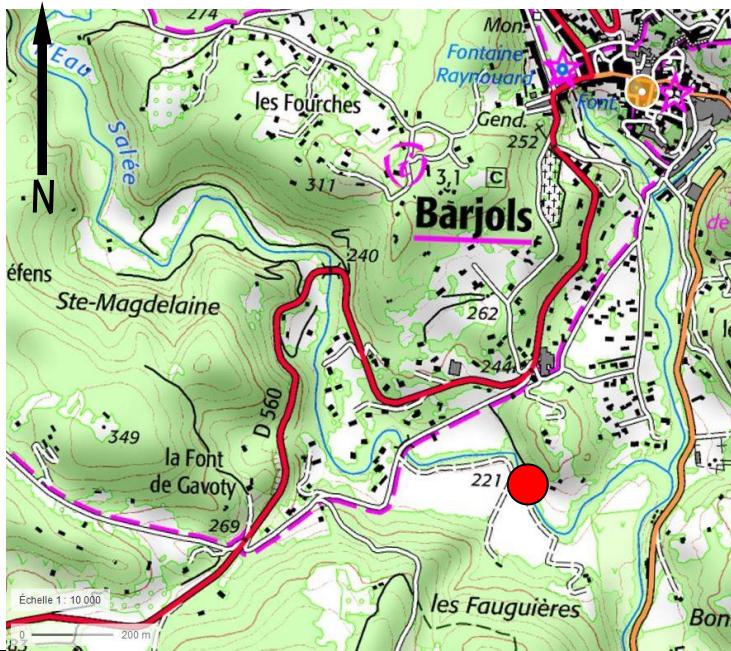


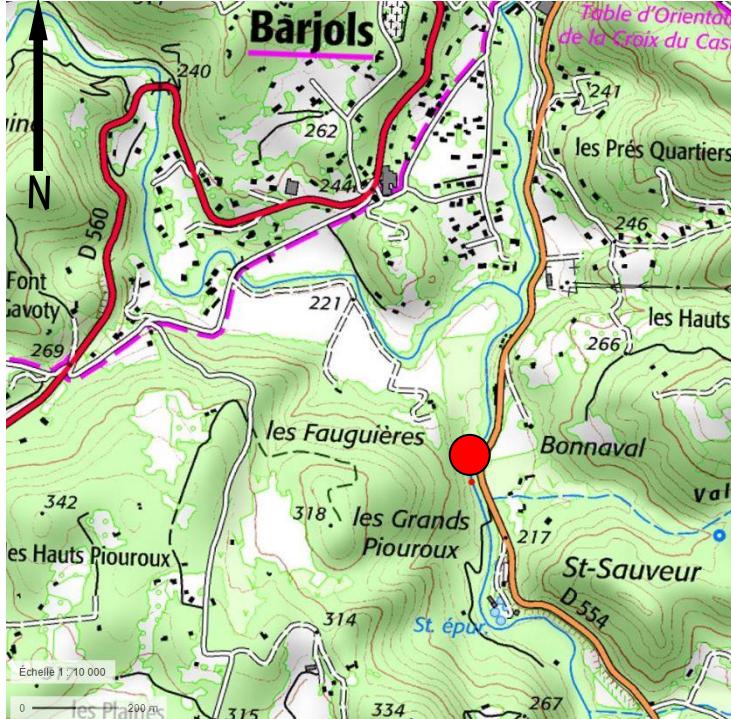
Photo 34 : Cartographie des zones d'exsurgences de la Foux (source MRE)

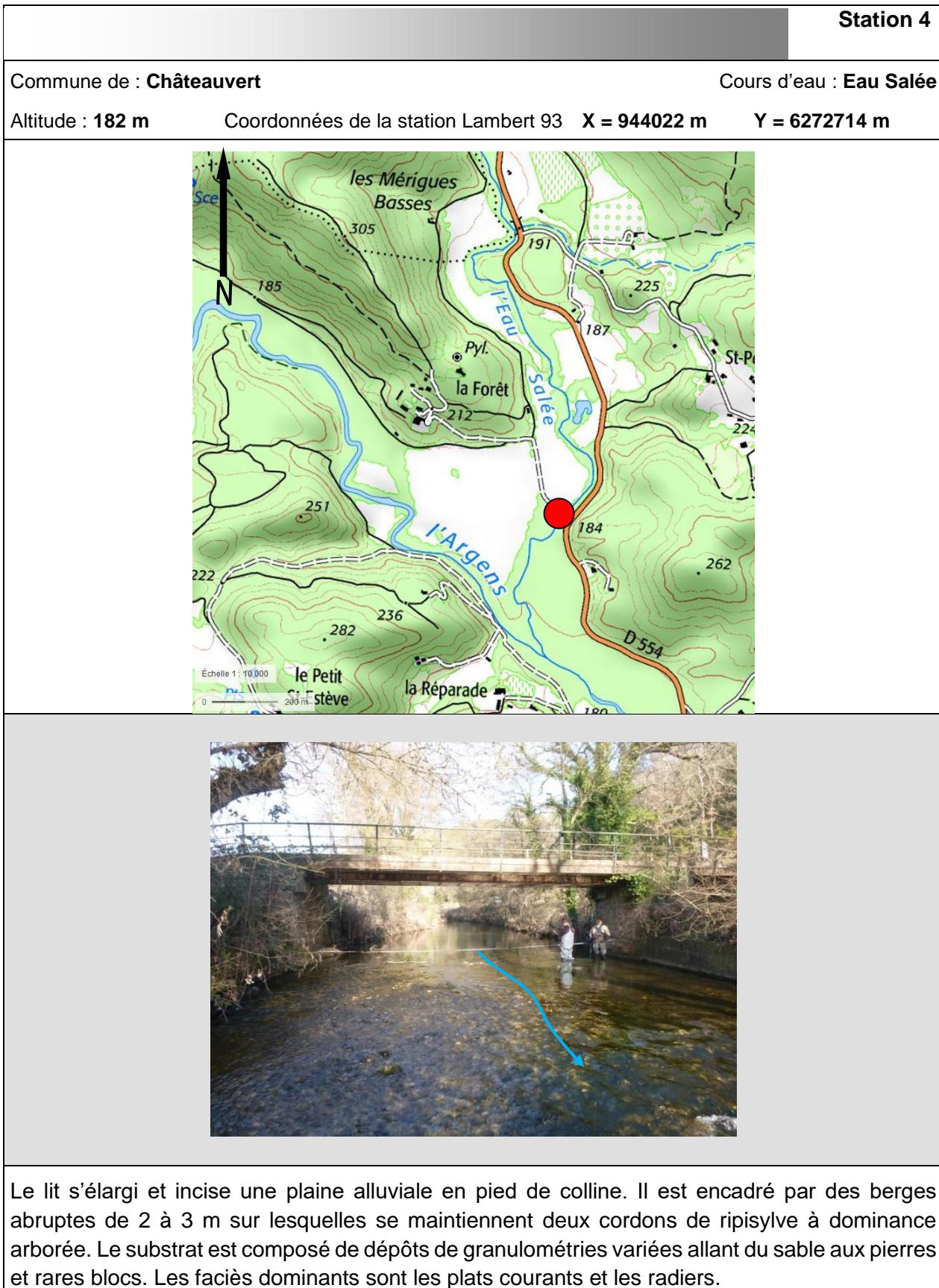
3.4. Stations d'études

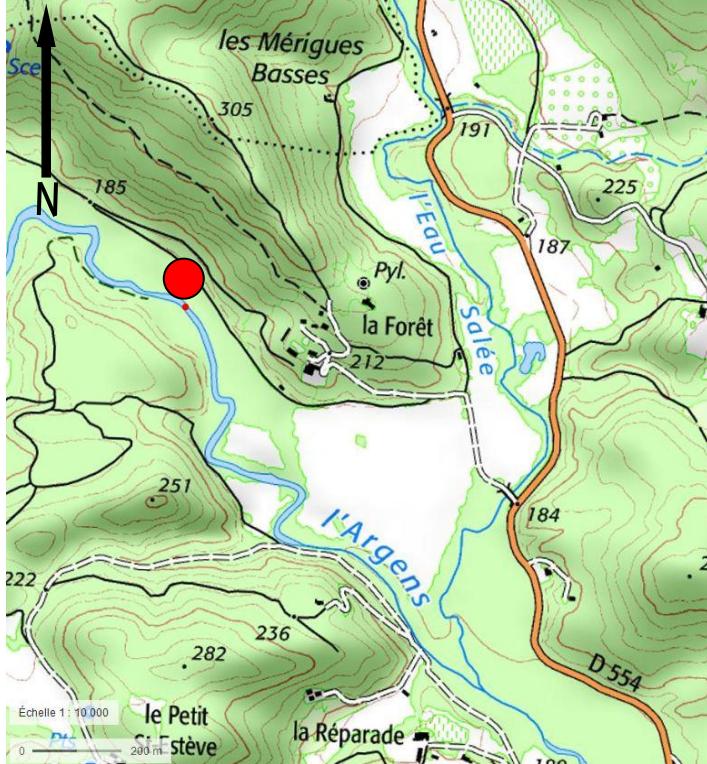
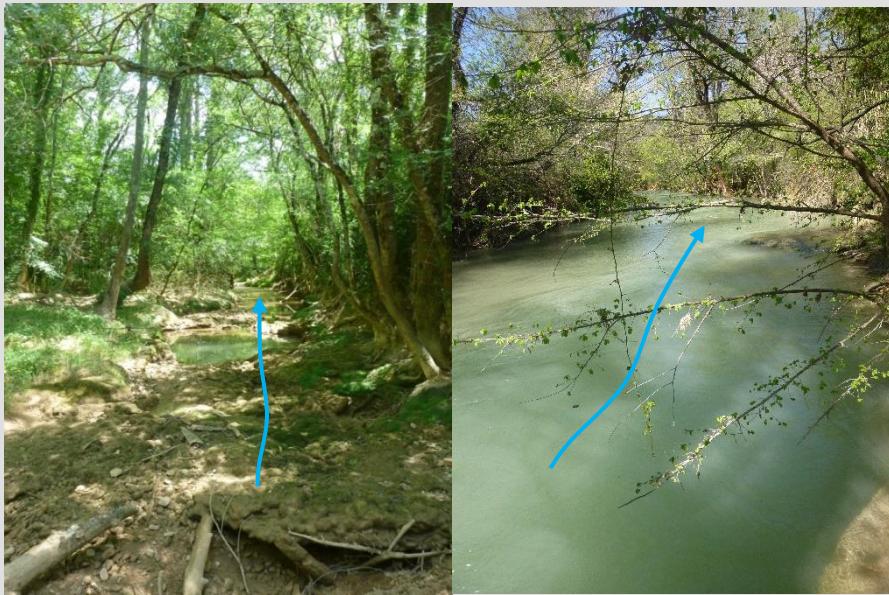
		Station 0
Commune de : Barjols	Cours d'eau : Eau Salée	
Altitude : 245 m	Coordonnées de la station Lambert 93 X = 941569 m	Y = 6278848 m
		
 		
<p>Secteur à écoulements temporaires en amont des émergences d'eaux salées. Le lit est très colmaté et encrouté. Cette station est placée au niveau d'une faille géologique perpendiculaire au lit.</p>		

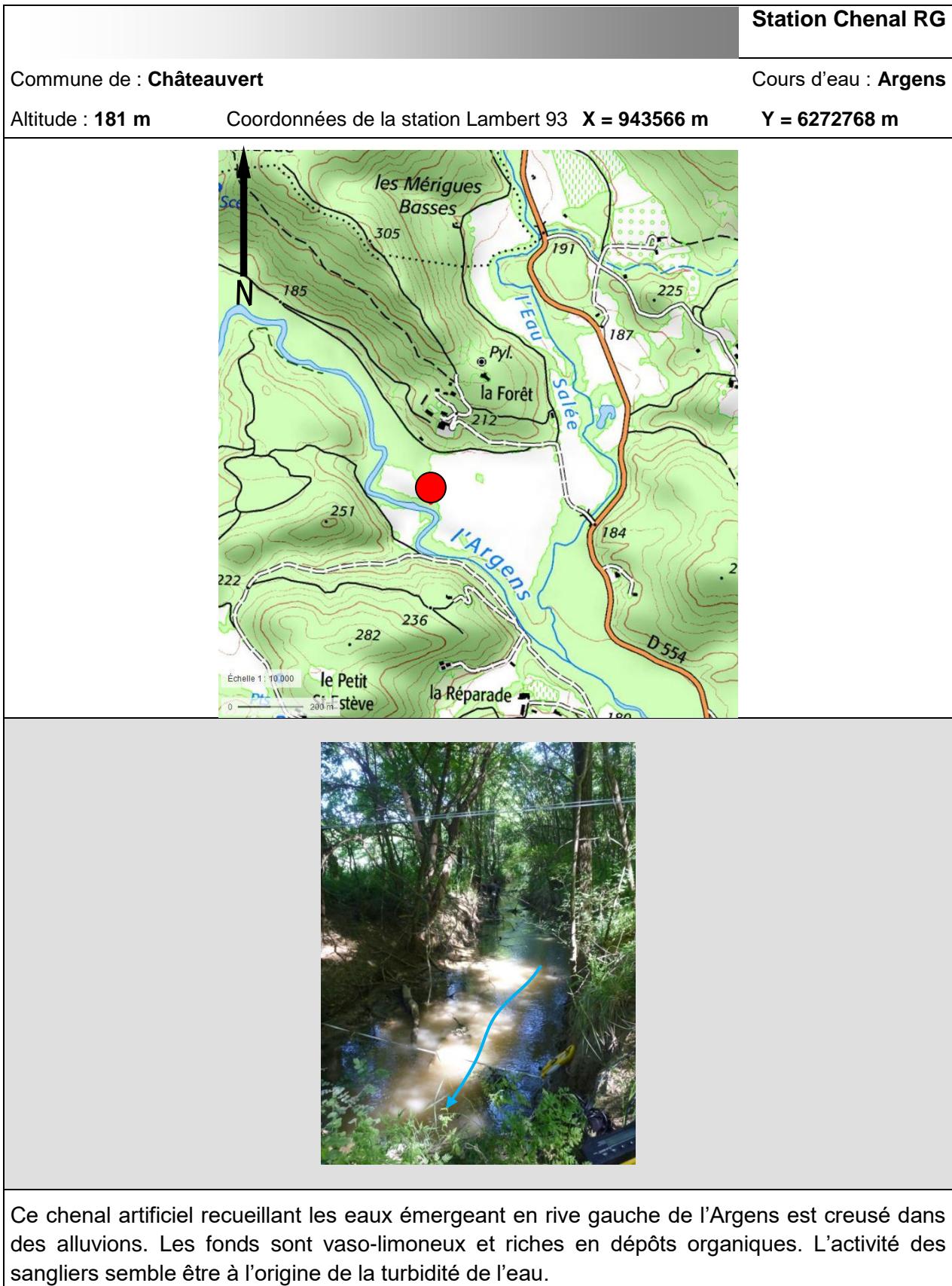
		Station 1
Commune de : Barjols	Cours d'eau : Eau Salée	
Altitude : 235 m	Coordonnées de la station Lambert 93 X = 941664 m	Y = 6277999 m
<p>Située en aval des apports d'eaux salées, cette station a rapidement évolué avec des proliférations d'algues brunes et des dépôts de matières organiques fines importants, colmatant l'ensemble du substrat. Le lit incise une petite plaine sur une hauteur de 1 à 2 mètres, la ripisylve se réduit à de simples cordons à la végétation éparsse. Les faciès alternent entre chenaux lenticules, plats courant et radiers.</p>		

		Station 2
Commune de : Barjols		Cours d'eau : Eau Salée
Altitude : 216 m	Coordonnées de la station Lambert 93	X = 942784 m Y = 6276801 m
		
		
<p>Le lit est encaissé entre des falaises et un haut talus d'alluvions. Le substrat est rocheux avec des dépôts de granulométries variées, recouvertes d'algues brunes et de matières organiques fines. Les faciès dominants sont des plats courants et des radiers.</p>		

		Station 3
Commune de : Barjols		Cours d'eau : Eau Salée
Altitude : 209 m	Coordonnées de la station Lambert 93 X =943061 m	Y = 6276396 m
		
		
<p>Le lit étroit est maintenu entre des falaises et le talus de la route. Le substrat est rocheux avec quelques dépôts de granulométries variées, en partie recouvertes d'algues brunes. Les faciès dominants sont les radiers et les plats courants.</p>		



		Station 0
Commune de : Châteauvert		Cours d'eau : Argens
Altitude : 183 m	Coordonnées de la station Lambert II X = 943313 m	Y = 6272768 m
		
		
<p>Cette station se situe en amont des exsurgences de la zone des Boullidoux. Le lit est entièrement encrouté et traverse une zone de ripisylve dense et boisée.</p>		



Station 1

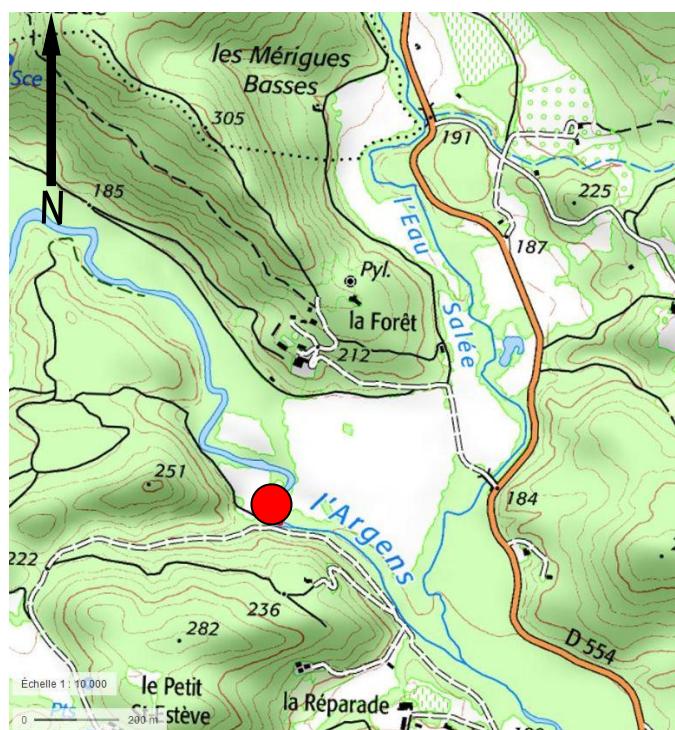
Commune de : Châteauvert

Cours d'eau : Argens

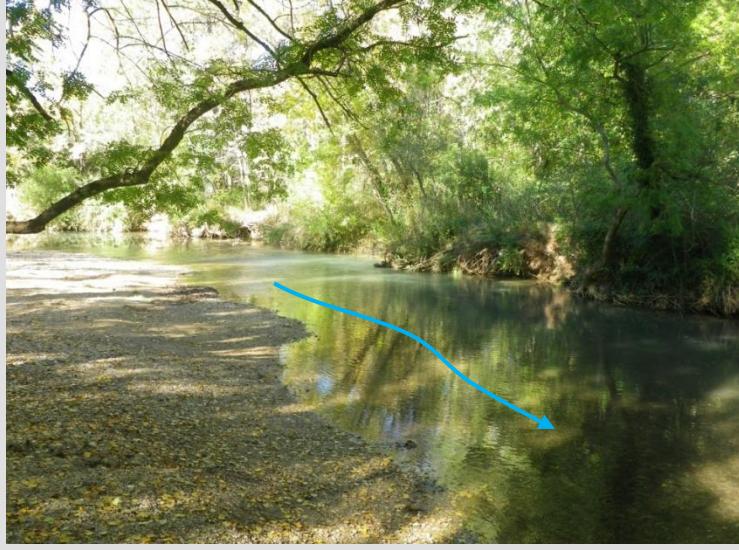
Altitude : 180 m

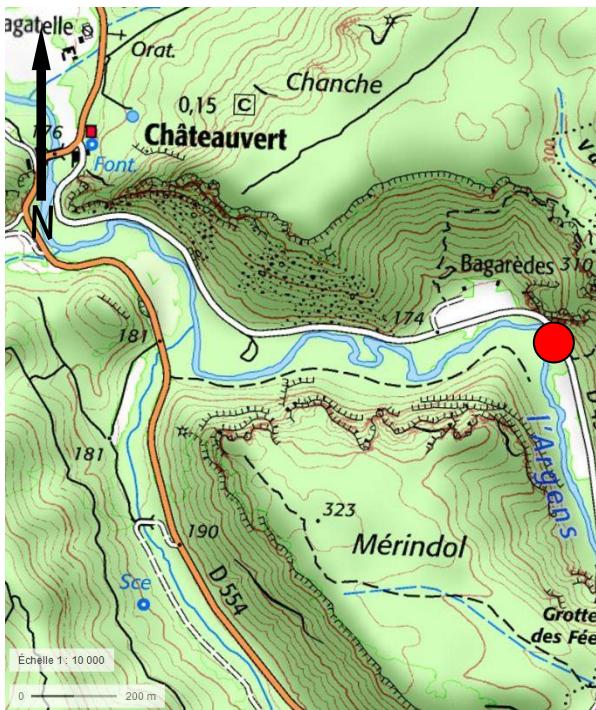
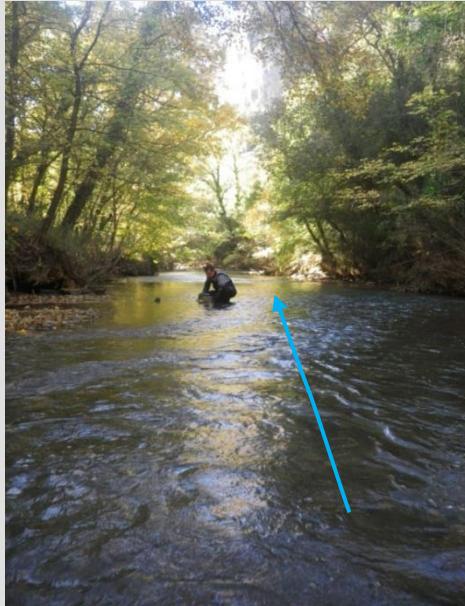
Coordonnées de la station Lambert 93 X = 943535 m

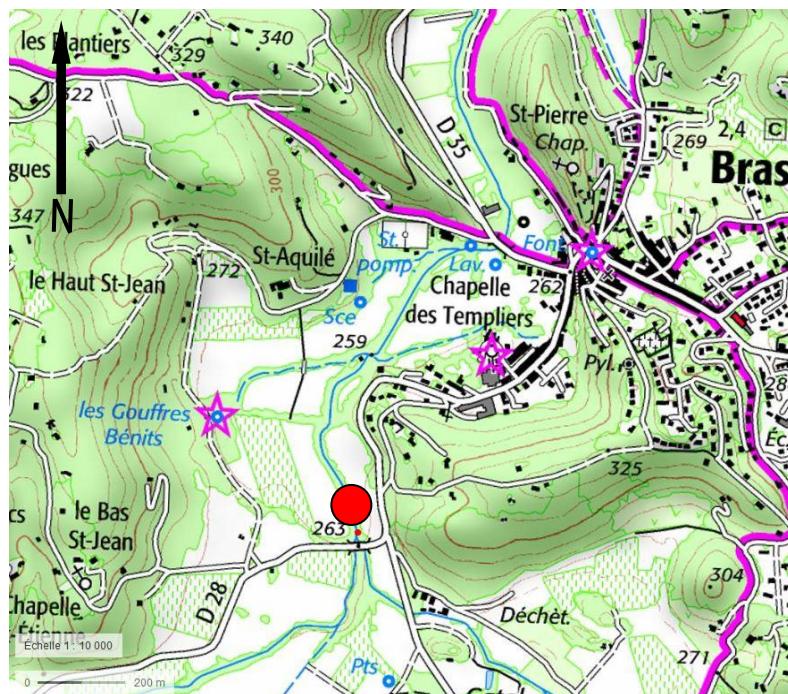
Y = 6272613 m



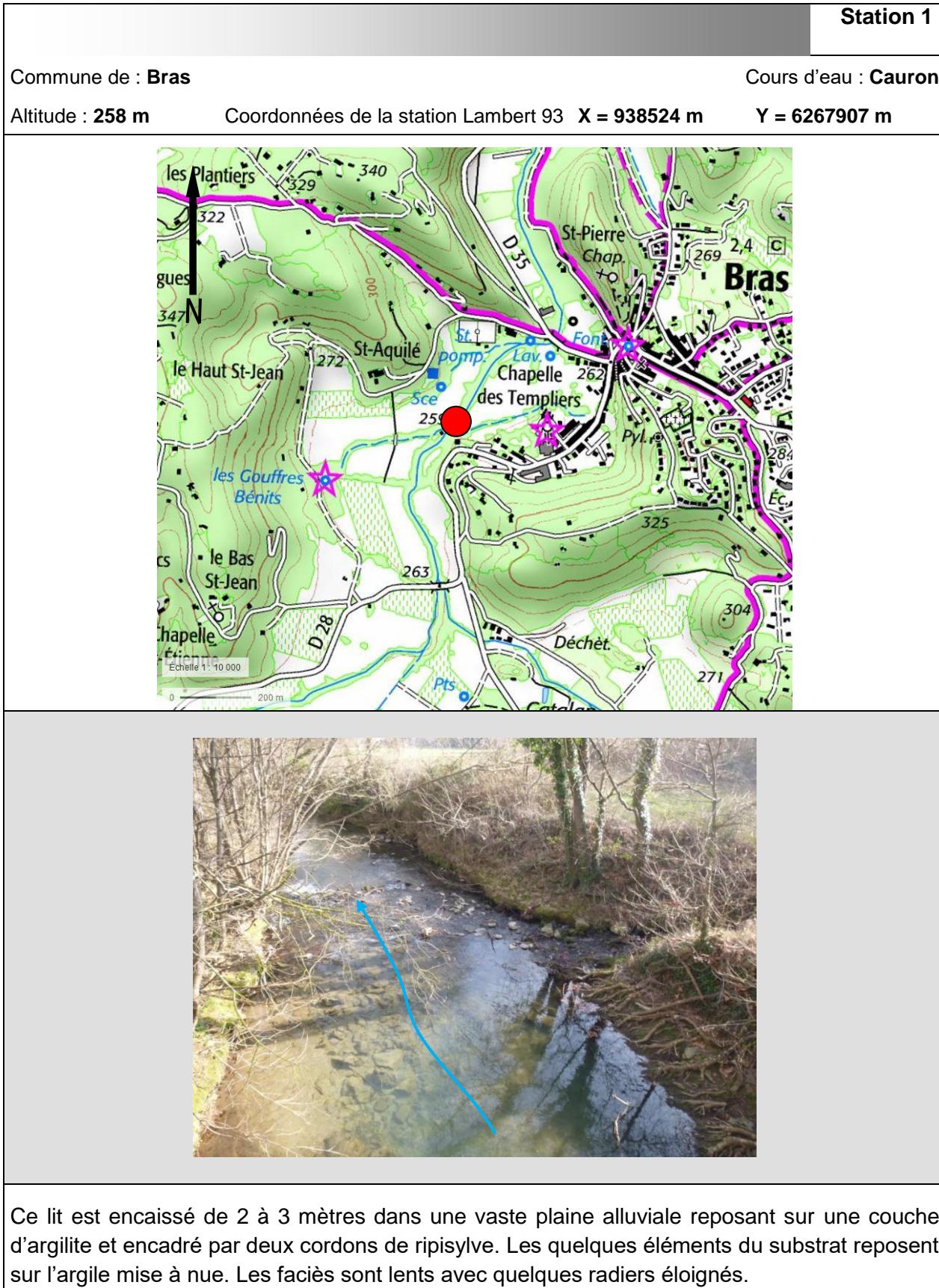
Ce méandre contourne la plaine et vient buter contre un massif dont il sape le talus, sous un entrelacs de racines d'un cordon de ripisylve bien enracinée. Les faciès présentent des radiers, des plateaux courants et des chenaux lotiques. Le substrat est accueillant et la granulométrie variée.

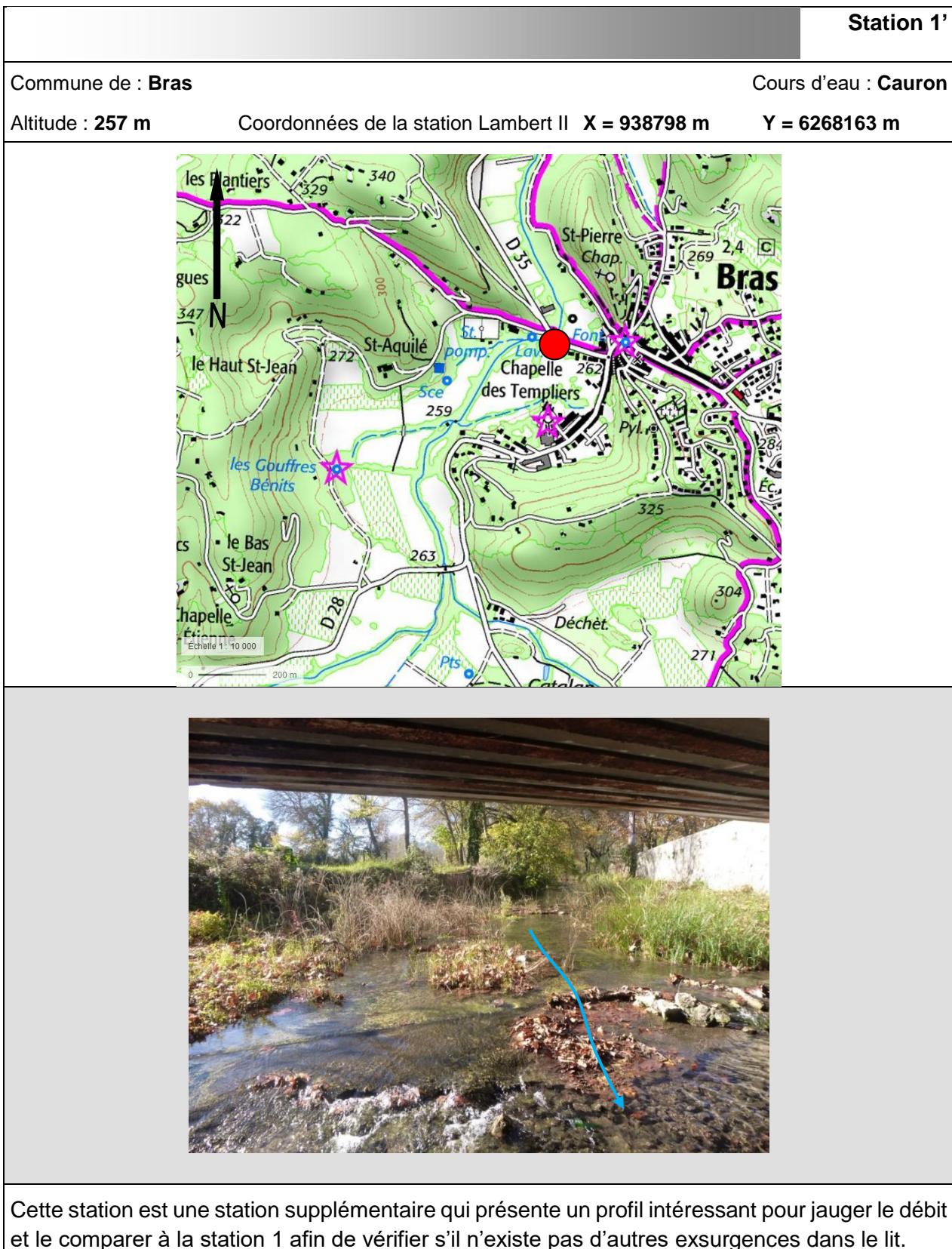
		Station 2
Commune de : Châteauvert		Cours d'eau : Argens
Altitude : 177 m	Coordonnées de la station Lambert 93 X = 944613 m	Y = 6271924 m
		
		
<p>Dans ce grand méandre, le lit érode la berge en son extérieur, sous une ripisylve abondante tandis qu'il dépose des granulats à l'intérieur. Radiers et plats courants alternent avec des fosses d'affouillement.</p>		

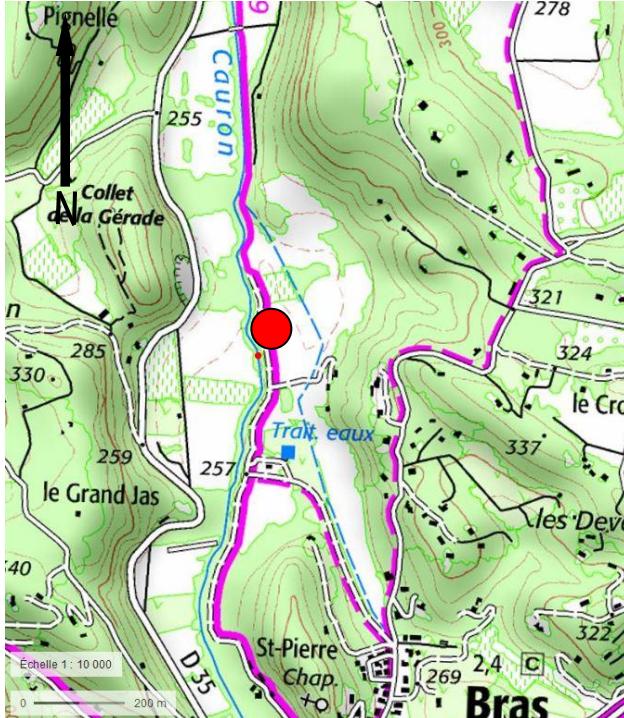
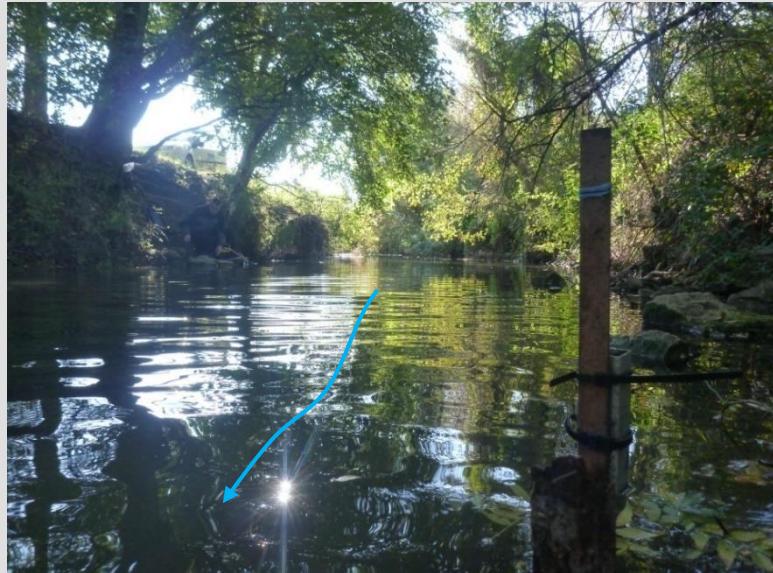
		Station 3
Commune de : Châteauvert		Cours d'eau : Argens
Altitude : 172 m	Coordonnées de la station Lambert 93 X = 945964 m	Y = 6271038 m
		
		
<p>Le lit entame un parcours dans un vallon étroit, creusé dans des alluvions en pied de massifs. La ripisylve y est dense et diversifiée. Le substrat est tant varié d'un point de vue organique que granulométrique.</p>		

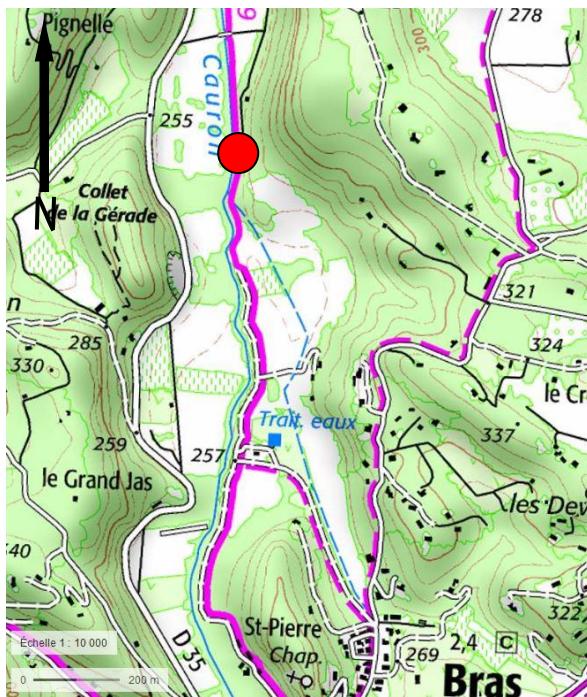
Station 0Commune de : **Bras**Cours d'eau : **Cauron**Altitude : **259 m**Coordonnées de la station Lambert 93 **X = 938493 m****Y = 6267488 m**

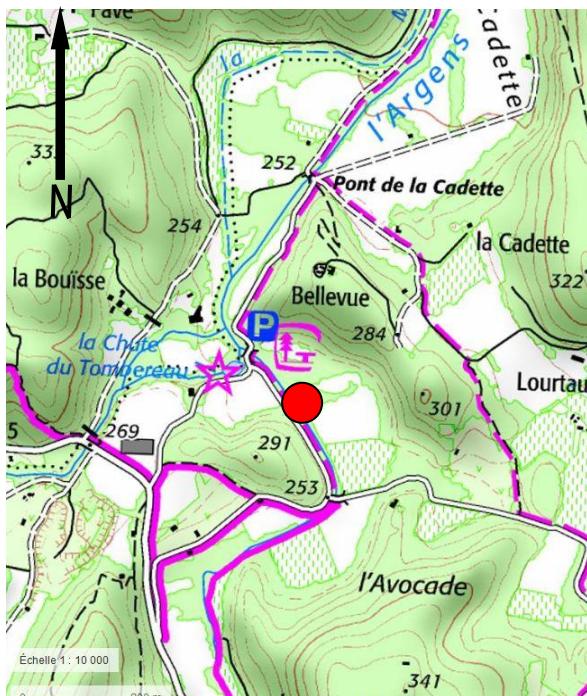
Cette station, à écoulements temporaires, est située en amont du chenal recueillant les eaux des Gours Bénis.

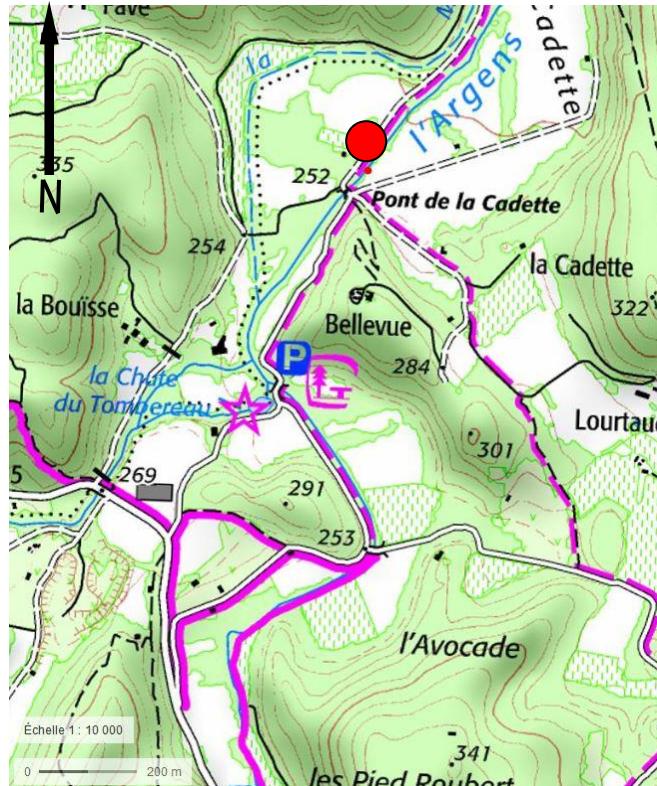


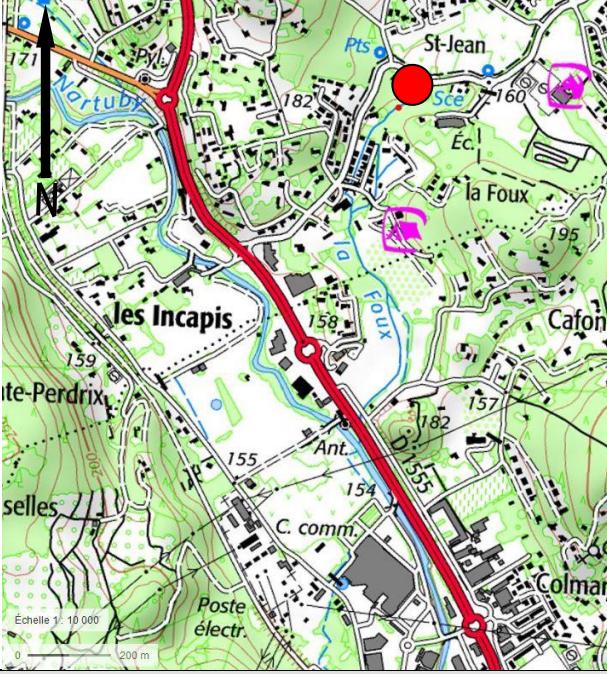


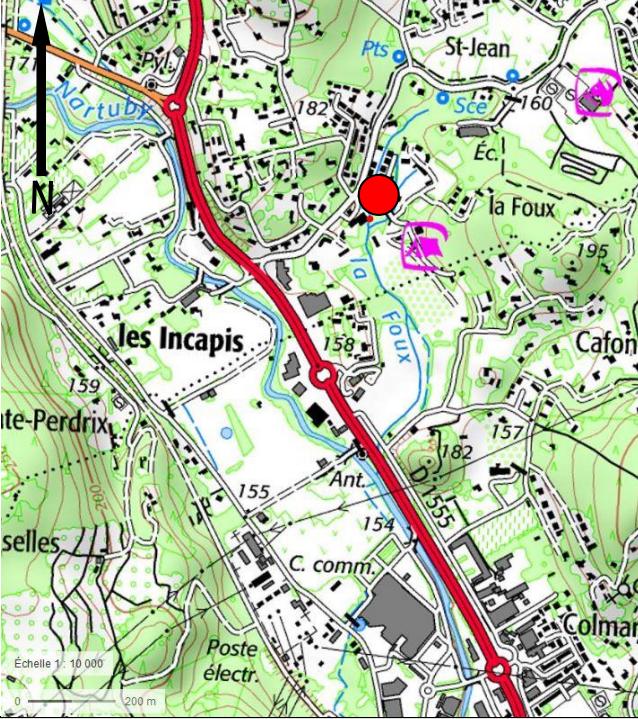
		Station 2'
Commune de : Bras		Cours d'eau : Cauron
Altitude : 254 m	Coordonnées de la station Lambert 93 X = 938787 m	Y = 6269120 m
		
		
<p>Si cette station présentait un atout pour l'installation d'un thermomètre enregistreur, elle n'en présente en revanche aucun pour l'aspect biologique. Les faciès sont lents, profonds et très colmatés.</p>		

		Station 2
Commune de : Bras		Cours d'eau : Cauron
Altitude : 253 m	Coordonnées de la station Lambert 93	X = 938732 m Y = 6269644 m
		
		
<p>Située en aval d'un ancien seuil, cette station offre des faciès d'écoulements variant entre plats courants et radiers. Le lit est néanmoins artificiel, en témoignent les vestiges de murs rectilignes qui l'enserrent, surmontés de cordons de ripisylve arborée formant une galerie. La granulométrie assez abondante provient en grande partie des murs effondrés.</p>		

		Station 3
Commune de : Bras		Cours d'eau : Cauron
Altitude : 252 m	Coordonnées de la station Lambert 93	X = 938803 m Y = 6270794 m
		
		
<p>Toujours dans un tracé artificiel, le lit évolue entre des vestiges de murs en pierres sèches, surmontés de deux cordons étroits de ripisylve. Le fond est quasi totalement encroûté et les faciès peu profonds sont assez lents.</p>		

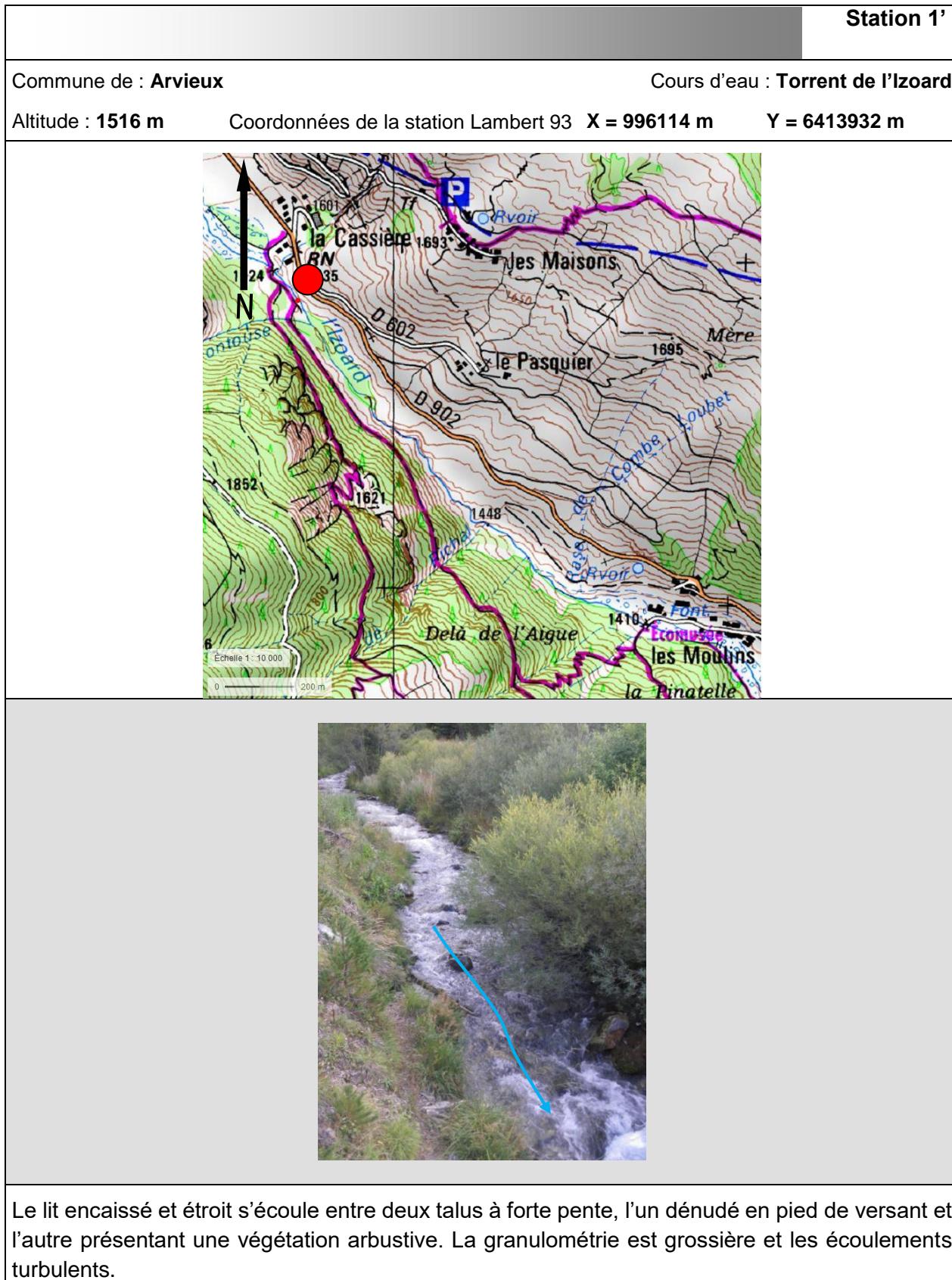
		Station 4
Commune de : Bras		Cours d'eau : Argens
Altitude : 250 m	Coordonnées de la station Lambert 93	X = 938853 m Y = 6271396 m
		
		
<p>Ce lit est également artificiel et maintenu par des murs en ruine. Si la ripisylve présente des cordons arborés en tête de mur, les arbres en pied de murs sont vieillissants ou morts pour la plupart. Le fond est totalement encrouté et l'écoulement assez rapide est chaotique du fait de la pente et de l'irrégularité des fonds.</p>		

		Station 1
Commune de : Draguignan		Cours d'eau : Foux
Altitude : 157 m	Coordonnées de la station Lambert 93 X = 981342 m	Y = 6275178 m
		
		
<p>Ce chenal artificiel recueille un nombre important de drains et chenaux annexes aménagés dans la zone des sources. La végétation est abondante sur l'ensemble de la zone qui est assez plane. Le substrat présente essentiellement des graviers et cailloux qui reposent en réalité sur un lit de limons très fins plus ou moins argileux.</p>		

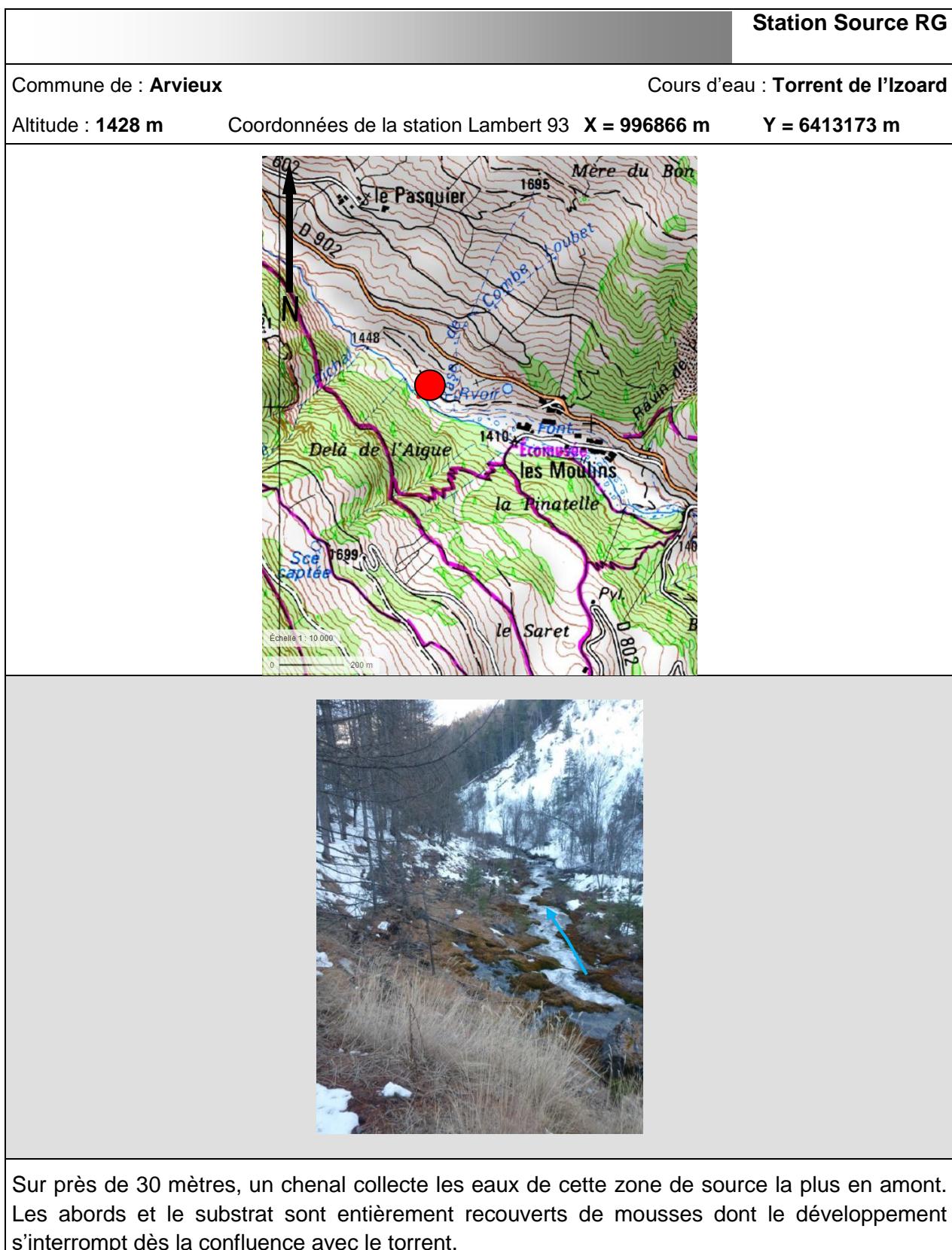
		Station 1'
Commune de : Draguignan	Cours d'eau : Foux	
Altitude : 156 m	Coordonnées de la station Lambert II X = 981220 m	Y = 6274921 m
		
		
<p>Cette station permet de jauger l'ensemble des eaux drainée dans la zone de source de la station 1. Il existe une seconde zone proche de cette dernière mais qui reste difficilement accessible et dont les eaux confluent juste en aval de cette station avec celles de la première.</p>		

		Station 2
Commune de : Draguignan		Cours d'eau : Nartuby
Altitude : 155 m	Coordonnées de la station Lambert 93	X = 981272 m Y = 6274440 m
		
		
<p>Entre une plaine dans laquelle les eaux s'écoulent dans un chenal profond bordé de roselières et un passage busé qui les amènent jusqu'à la Nartuby, un seuil « bombé » bétonné fait office de surverse. En amont de ce seuil, les plus faibles profondeurs permettent d'accéder à un substrat dominant de graviers fins et de sables (débris coquillers) et à une végétation abondante (spermaphytes).</p>		

		Station 3
Commune de : Trans-en-Provence		Cours d'eau : Nartuby
Altitude : 146 m	Coordonnées de la station Lambert 93	X = 981719 m Y = 6273533 m
<p>Le lit est contraint entre un haut mur maçonnié et un talus abrupt parsemé de cannes de Provence et quelques arbres épars. Quelques éléments minéraux de granulométries variées servent de support à des algues vertes filamentueuses et reposent sur la roche mère dont la structure irrégulière et les nombreux interstices peuvent constituer des habitats.</p>		



Station 1	
Commune de : Arvieux	Cours d'eau : Torrent de l'Izard
Altitude : 1431 m	Coordonnées de la station Lambert X = 996836 m Y = 6413181 m 93
<p>Le lit est encaissé entre un haut talus et un pied de versant. La végétation est clairsemée et la granulométrie est très grossière, allant jusqu'au rocher. Les faciès dominants sont les radiers et les plats courants.</p>	



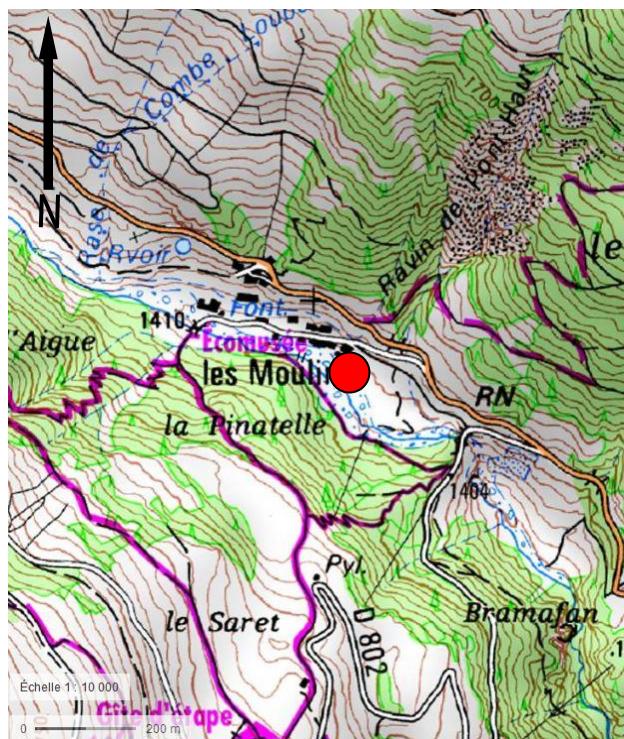
Station 2

Commune de : Arvieux

Cours d'eau : Torrent de l'Izoard

Altitude : 1390 m

Coordonnées de la station Lambert II **X = 997465 m** **Y = 6412935 m**



Le lit incise une zone assez plane avec des berges de 2 à 3 mètres assez peu végétalisées. L'écoulement est turbulent et la granulométrie grossière.

Station 3

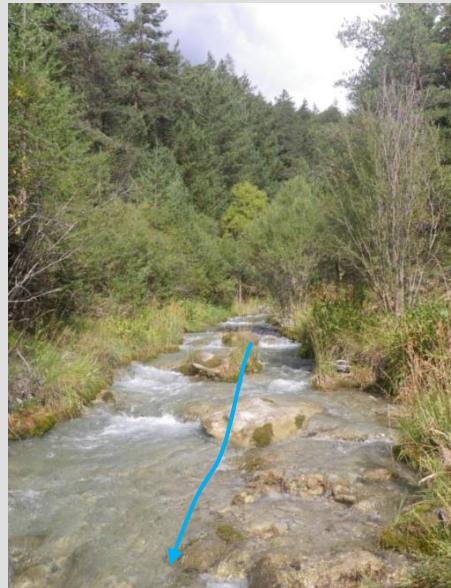
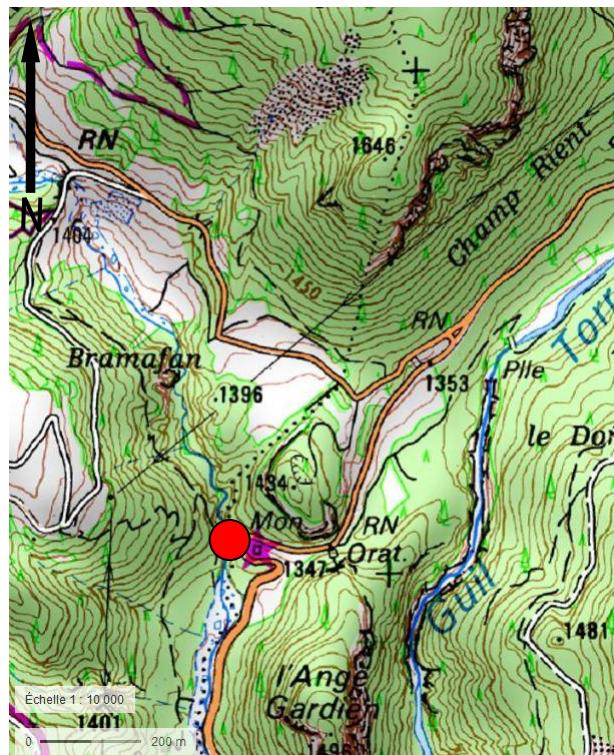
Commune de : Arvieux

Cours d'eau : Torrent de l'Izoard

Altitude : 1318 m

Coordonnées de la station Lambert 93 X = 998063 m

Y = 6412142 m



Le lit s'écoule en fond de vallée au travers d'un environnement forestier. Les écoulements sont vifs avec une dominance de radiers. L'ensemble des granulométries sont présentes mais sont fortement encroûtées.

3.5. Protocole d'étude

3.5.1. Les jaugeages

Une mesure du débit a été réalisée sur chaque station et à chaque campagne de prélèvement. Le jaugeage a été réalisé avec un courantomètre électromagnétique d'après la méthode dite par transect. Un décamètre est tendu entre les deux rives. Des verticales sont régulièrement choisies à chaque changement significatif de profondeur ou de vitesse d'écoulement. Sur chaque verticale, la hauteur d'eau totale (H) est relevée et trois mesures de vitesse sont réalisées : à $0,2H$, à $0,4H$ et à $0,8H$. Les mesures de vitesses sont réalisées à l'aide du **courantomètre Flo-mate 2000**.

Bien évidemment, lorsque des stations sont situées en aval des stations d'épuration ou sous influence plus lointaine (stations 02, 03, 04 sur les Gours Bénits, stations 03, 04 sur l'Eau salée), les jaugeages sont réalisés en dehors des périodes de vidange de la station.



Photo 35 : jaugeage à la station 04 sur la source de l'eau

Nous utiliserons, pour caractériser « l'état hydraulique » de la période d'étude, les données de trois stations de la banque Hydro qui mesurent des débits des cours d'eau du bassin de l'Argens :

- la station à la source de l'Argens
- la station « des allées » sur le Cauron à Bras qui intègre la quasi-totalité des apports des gours bénits.

- la station sur la commune de Châteauvert qui se situe à 1.6 km de la confluence entre l'Argens et l'Eau Salée. Elle intègre des apports triasiques diffus de cette zone en aval de la confluence.

- la station Trans en Provence sur la Nartuby qui se situe à un peu plus d'1km de la confluence avec la Foux. La plupart du temps, la station est alimentée uniquement par les apports de la Foux, avec quelques pertes par infiltration depuis la confluence. Plus les eaux sont importantes et plus ces pertes sont importantes, mais à ces moments, des apports supplémentaires provenant de la zone des Incapis, 1 km en amont de la confluence de la Foux, viennent plus ou moins compenser ces pertes (étude BRGM 2014).

3.5.2. La température

Un suivi thermique a été mis en place sur plusieurs stations en récupérant ou en posant un thermomètre enregistreur à pas de temps programmable. 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 de 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 à la fin de l'étude.



Photo 36 : sonde thermique Hobo U1

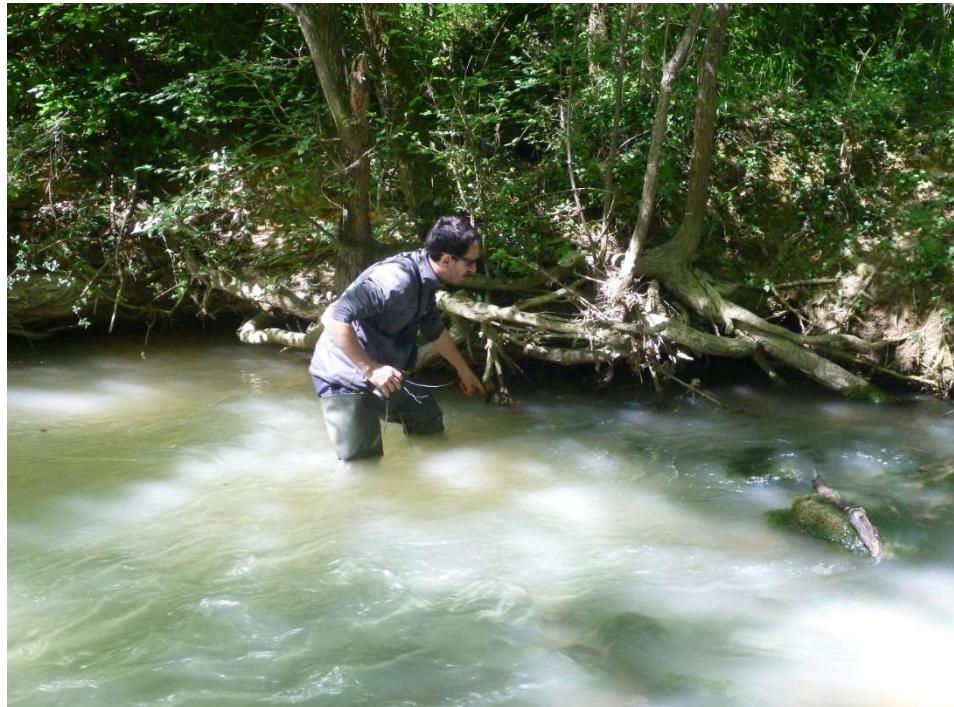


Photo 37 : pose de la sonde thermique sur l'Argens à la station 02 sur la zone des Bouillidoux.

3.5.3. La physico-chimie

Chaque prélèvement sera accompagné d'une **mesure in situ des paramètres** de base soit : température de l'eau et de l'air, conductivité, pH, oxygène dissous et saturation.

Ces paramètres sont mesurés *in situ* l'aide d'une sonde multi-paramètres de type **Hach Lange**.



Photo 38 : Sonde multi-paramètres utilisées pour les mesures in situ

Les sources ont fait l'objet d'un prélèvement d'eau en février pour en analyser la composition minérale. Les échantillons ont été confiés au laboratoire départemental d'analyse et d'ingénierie du Var pour mesurer la concentration des ions principaux : Calcium dissous, Magnésium dissous, Sodium dissous, Potassium dissous, Chlorures, Sulfates, le titre alcalimétrique et les hydrogénocarbonates.

3.5.4. Le peuplement benthique

a) IBGN DCE

Le suivi hydrobiologique a été réalisé par prélèvements, dénominations et déterminations taxonomiques des invertébrés benthiques en suivant le protocole défini dans la note méthodologique - version 2 du 15 janvier 2007 : « *Protocole de prélèvements sur le réseau de surveillance* », *Philippe Usseglio-Polatera, Université de Metz. Jean-Gabriel Wasson, Cemagref de Lyon. Note méthodologique* ». Ce protocole est celui appliqué lors des suivis pluriannuels de la surveillance des masses d'eau (réseau Directive Cadre Européenne).

Le suivi consiste :

à effectuer un relevé de la mosaïque des habitats dominants et marginaux de la station et de les identifier ;

à réaliser 12 prélèvements au filet Surber de faune des invertébrés dans chacun de ces habitats et les fixer dans des bocaux séparés ;

à établir une liste faunistique par bocal des taxons invertébrés présents en fonction des habitats identifiés.

Avant de réaliser les prélèvements, il a été nécessaire d'estimer la surface de recouvrement relative des différents supports minéraux et organiques (liste définie selon la norme IBGN, AFNOR, 2004) sur l'ensemble de la station. Après avoir estimé la superficie mouillée et repéré les habitats marginaux et dominants et les avoir indiqués sur la fiche terrain, les prélèvements peuvent être réalisés en respectant strictement le protocole de prélèvement de la note méthodologique Usseglio-Wasson.

A savoir :

- **Phase 1** : échantillonnage des quatre habitats marginaux représentatifs. Ils représentent moins de 5% de la superficie de la station, mais sont régulièrement rencontrés le long de la station. Ils sont choisis en fonction de leur capacité d'accueil pour la faune benthique, du plus biogène au moins biogène.
- **Phase 2** : échantillonnage des quatre habitats dominants, avec priorité au substrat. Ils sont choisis du plus biogène au moins biogène.
- **Phase 3** : échantillonnage des quatre habitats de manière à compléter l'échantillonnage des habitats dominants au *prorata* de leur superficie.



Photos 39 : Prélèvements IBGN DCE à l'aide du filet Surber sur la station 02 sur le Cauron

La définition précise des différents types d'habitats prélevés est mentionnée dans la note méthodologique d'Usseglio-Wasson. Rappelons que ce document sert de référence à la mise en place du protocole de prélèvements.

Les indices IBG sont calculés en tenant compte des listes faunistiques regroupées par phase.

Chaque prélèvement est trié, déterminé et dénombré de manière exhaustive, à l'exception des taxons pour lesquels une indication de « présence » est uniquement demandée.

Le niveau de détermination taxonomique est celui de la note méthodologique. Il peut être la classe, la famille ou le genre selon les groupes considérés. Toutefois, une identification à un niveau systématique plus précis (espèce) peut être réalisée pour les groupes taxonomiques à forte valeur indicatrice, généralement Ephéméroptère, Plécoptère et Trichoptère.

b) 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 40 et 41 : Prélèvements qualitatifs à l'aide du filet à papillons (phase terrestre) et de la pince (phase aquatique)

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.

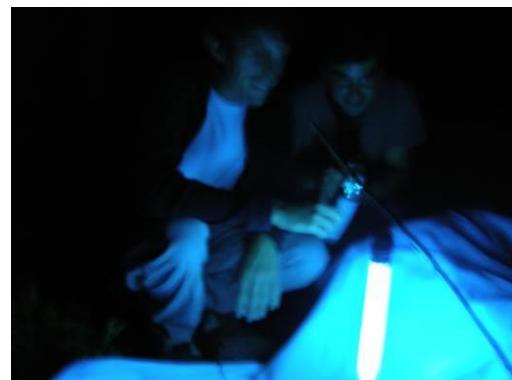


Photo 42 : Réalisation de chasses de nuit à l'aide d'un piège lumineux sur les sources des Bouillidoux

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://maisonregionaledeleau.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>).

3.5.5. Le peuplement piscicole

Il a été appliqué le protocole de la **norme AFNOR NF EN 14011** « qualité de l'eau – échantillonnage des poissons à l'électricité » et **XP T 90-383** « Echantillonnage des poissons à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons en lien avec la qualité des cours d'eau ». La technique utilise une cathode fixe (grille métallique immergée), et une à quatre anodes constituées d'un anneau métallique fixé au bout d'une perche manipulée par un opérateur qui "pêche" de façon systématique d'amont en aval. Le nombre d'électrode sera fixé en fonction de la largeur du cours d'eau. La station sera cartographiée avant les pêches. La pêche sera réalisée en deux passages successifs, sans remise à l'eau des poissons, suivant les préconisations de Seber & Le Cren (1961).

L'estimation du peuplement a été réalisée par la méthode de Carle et Strub, en utilisant le programme que donne Gerdeaux (Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêches successives avec retrait, programme d'estimation par la méthode de Carle et Strub – Bull. Pêche et pisciculture – 1987 p. 304-308). Cette méthode présente plus de précisions que la méthode de De Lury décrite par Seber (The estimation of animal abundance – second édition – Charles Griffin & Co – LTD, London – 1982 – p. 674).

Les poissons capturés sont par la suite mesurés au millimètre près (longueur à la fourche) et pesés au gramme près. Lorsqu'il y a un grand nombre de poissons de petite taille, les individus sont soit mesurés individuellement et pesés par lot comprenant entre 10 et 30 poissons, soit sur un lot de même importance, on mesure le plus grand et le plus petit poisson et on donne le poids du lot.

4. CONDITIONS CLIMATIQUES DE L'ETUDE

4.1. Sur le bassin de l'Argens

4.1.1. La zone des Gours Bénits

a) La pluviométrie

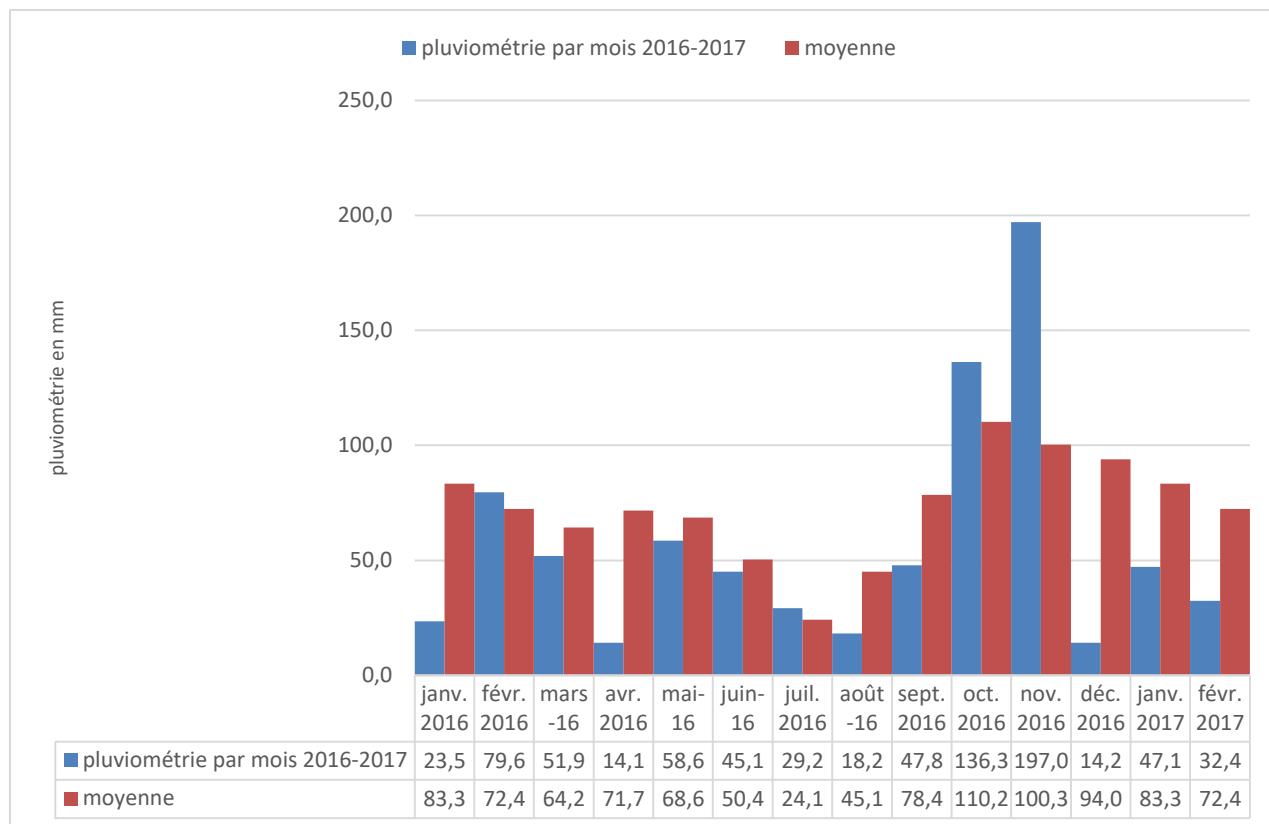


Fig. 1: Comparaison de la pluviométrie mensuelle lors de notre étude par rapport à la moyenne mensuelle (periode 1950-2010) à St. Maximin

L'année 2016 est caractérisée par une sécheresse importante les 9 premiers mois sur le secteur du St. Maximin-La-Sainte-Baume (zone d'étude Gours Bénits) puis octobre et surtout novembre sont des mois particulièrement pluvieux. Ensuite, jusqu'à la fin de l'étude, la pluviométrie est déficitaire surtout en décembre.

b) Débits des cours d'eau

On trouve trois stations du réseau national Hydro sur le territoire d'étude. La station des allées à Bras sur le Cauron, station récente (mise en service le 1^{er} mars 2016), pas encore complètement calibrée et présentant plusieurs arrêts de production de données en 2016. Pour pallier à ces difficultés nous utiliserons aussi pour le secteur des Gours Bénits la station de la banque Hydro de la source de l'Argens. Pour le secteur des Bouillidoux et l'Eau salée, nous utiliserons les données de la station de la banque Hydro de Chateauvert sur l'Argens située en aval de la zone d'étude.

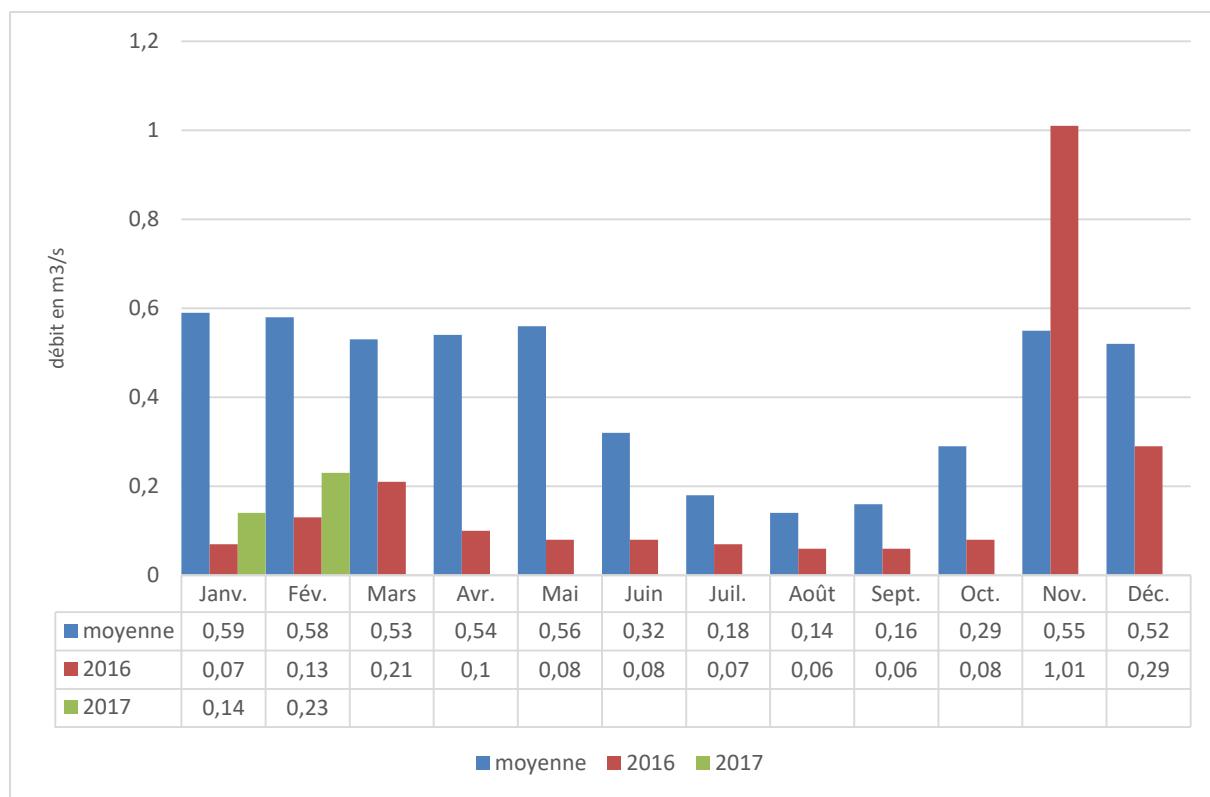


Fig. 2: Débits de la source de l'Argens lors de notre étude par rapport aux moyennes mensuelles (sur 43 années)

En utilisant la série complète de la source de l'Argens, sur 2016 on constate des débits très inférieurs aux valeurs moyennes jusqu'en novembre où on atteint le double de la moyenne du débit du mois. Dès le mois de décembre, on retrouve une situation déficitaire avec cependant des valeurs en janvier et février 2017 légèrement supérieures aux mêmes mois de 2016. L'analyse de la réaction du Cauron à la pluviométrie est représentée à la figure n°, un zoom plus particulier sur les pluies depuis octobre se trouve sur la fig. n°. Le débit augmente en mars avec un mois de retard par rapport à la pluie de février, conformément à ce que l'on peut attendre de la réaction d'une source issue d'un réservoir Karstique répondant à un épisode pluvieux de 79.6mm s'étalant sur le mois. Le déficit pluviométrique est tel que le karst est capable d'encaisser une pluie de 8mm en 2 jours (13 et 14 octobre) sans que le débit de la source de l'Argens réagisse significativement. Par contre, un mois plus tard la source réagit violement aux 63mm de pluie du 21 novembre, ainsi qu'au 46mm du 22 et les 34mm du 24 novembre. Si le ruissellement domine dans de telles circonstances, la rapidité de la courbe de tarissement laisse à penser que la réaction du karst est due aux gros conduits de circulation, à l'origine de cette montée rapide de l'eau suivi d'une baisse rapide. Comme pour octobre, les pluies de janvier ont peu d'effet sur le débit de la source. Pour le Cauron, le cours d'eau a été sec en amont de la zone des Gours bénits jusqu'à l'épisode pluvieux du 21 novembre et est resté en eau jusqu'à la fin de notre étude avec un très faible débit, débit qui a été soutenu artificiellement sur la fin de la période par les pompages d'exhaure sur la source du Cauron.

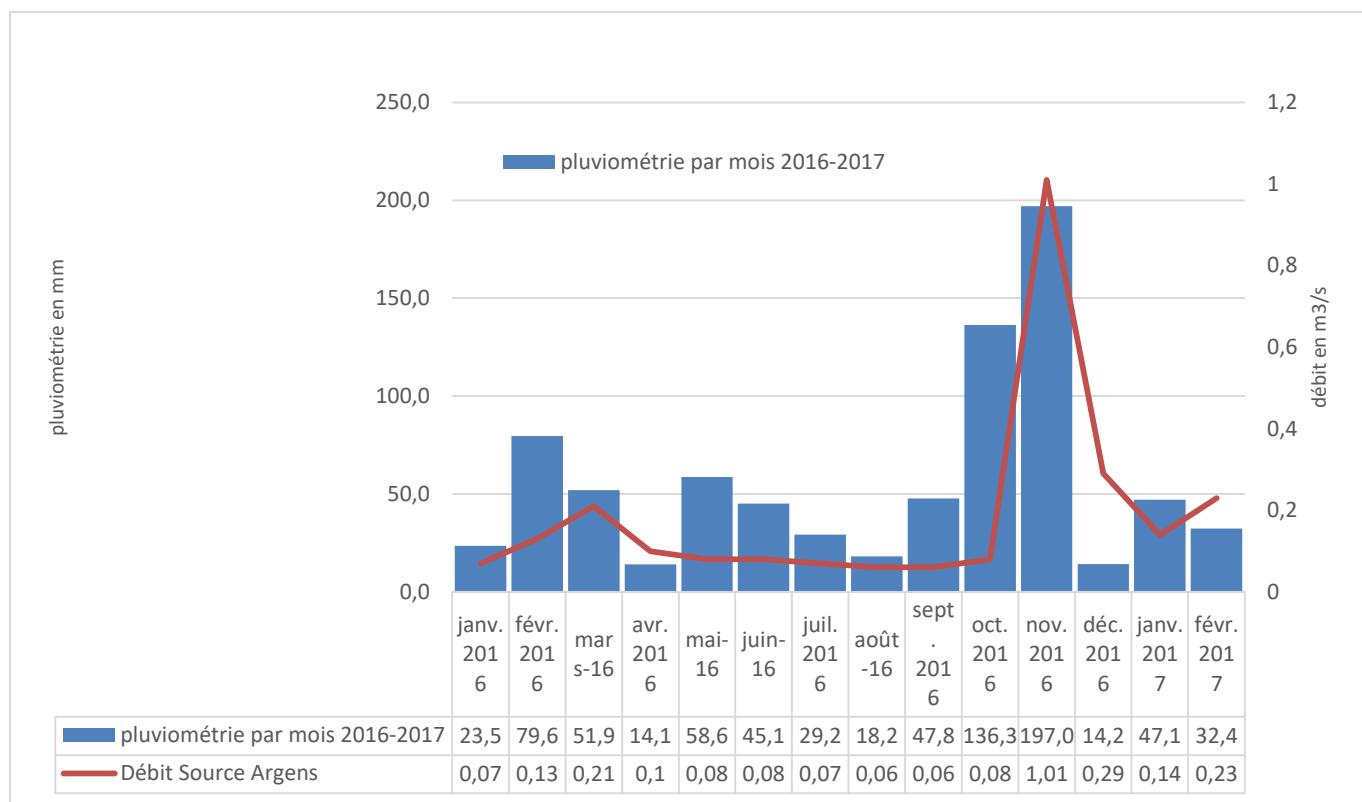


Fig. 3: Représentation des débits de la source de l'Argens et de la pluviométrie mensuelle à Saint Maximin la Sainte Baume lors de notre étude

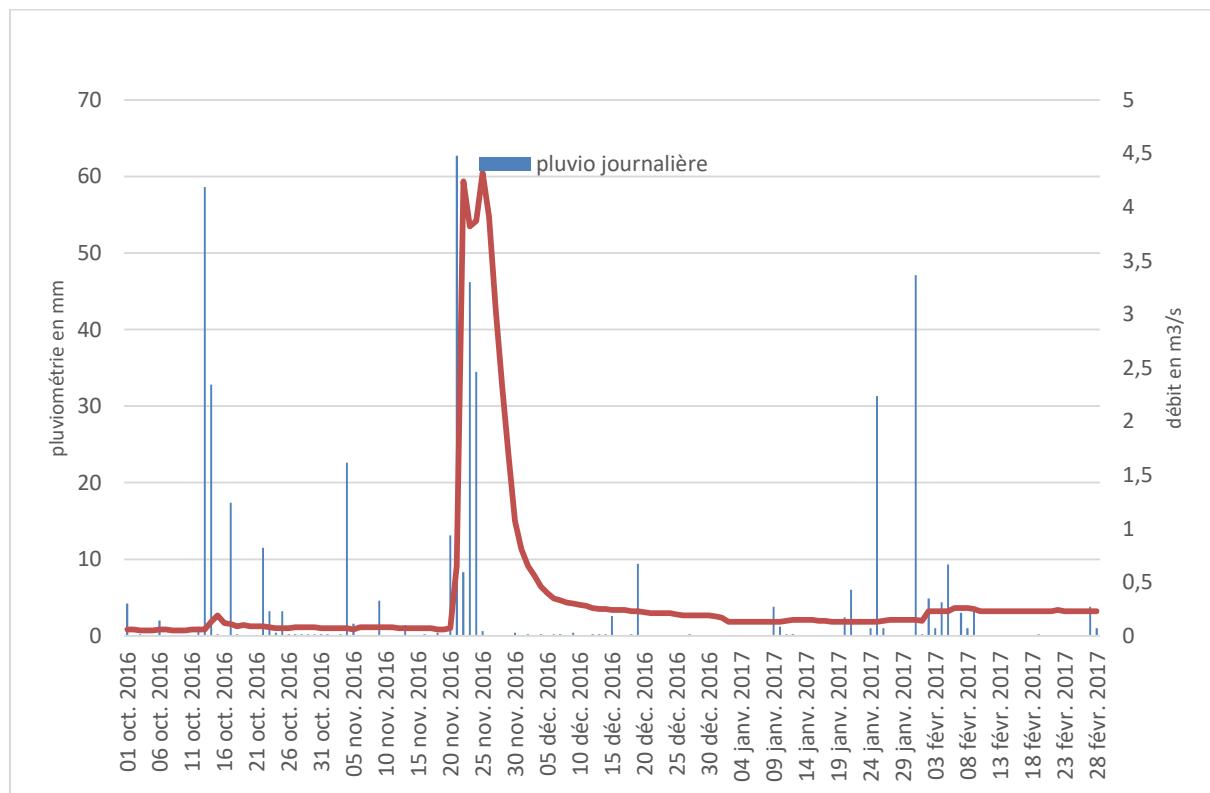


Fig. 4: pluviométrie journalière d'octobre 2016 février 2017 à Saint Maximin La Sainte Baume et évolution du débit de la source de l'Argens

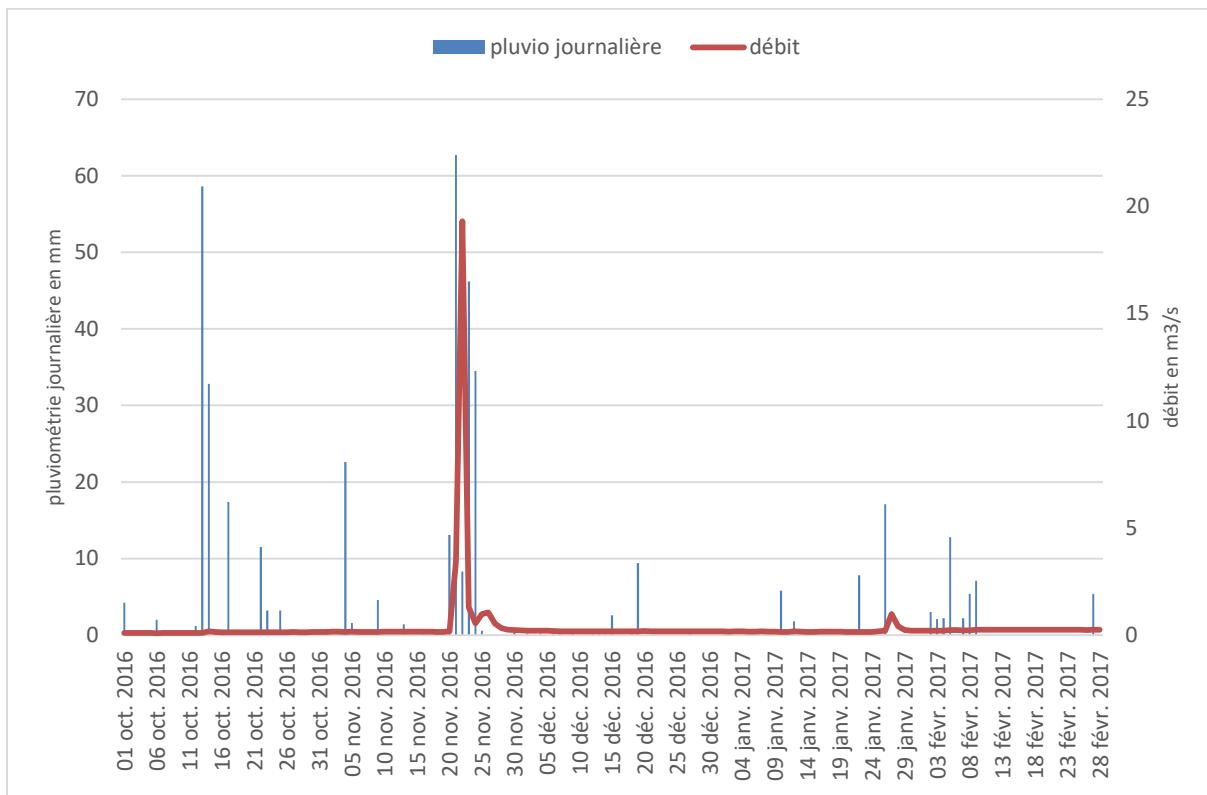


Fig. 5: Pluviométrie journalière d'octobre 2016 à février 2017 à la satation de Saint Maximin La Sainte Baume et évolution du débit du Cauron à la station hydro de Bras

4.1.2. L'Eau salée et les Bouillidoux

a) La pluviométrie

Sur la station de Varages (secteur de l'Eau Salée et des Bouillidoux), on retrouve le même schéma que pour le secteur Gours Bénits, à la différence près que seul le mois de novembre est très largement plus arrosé que la moyenne.

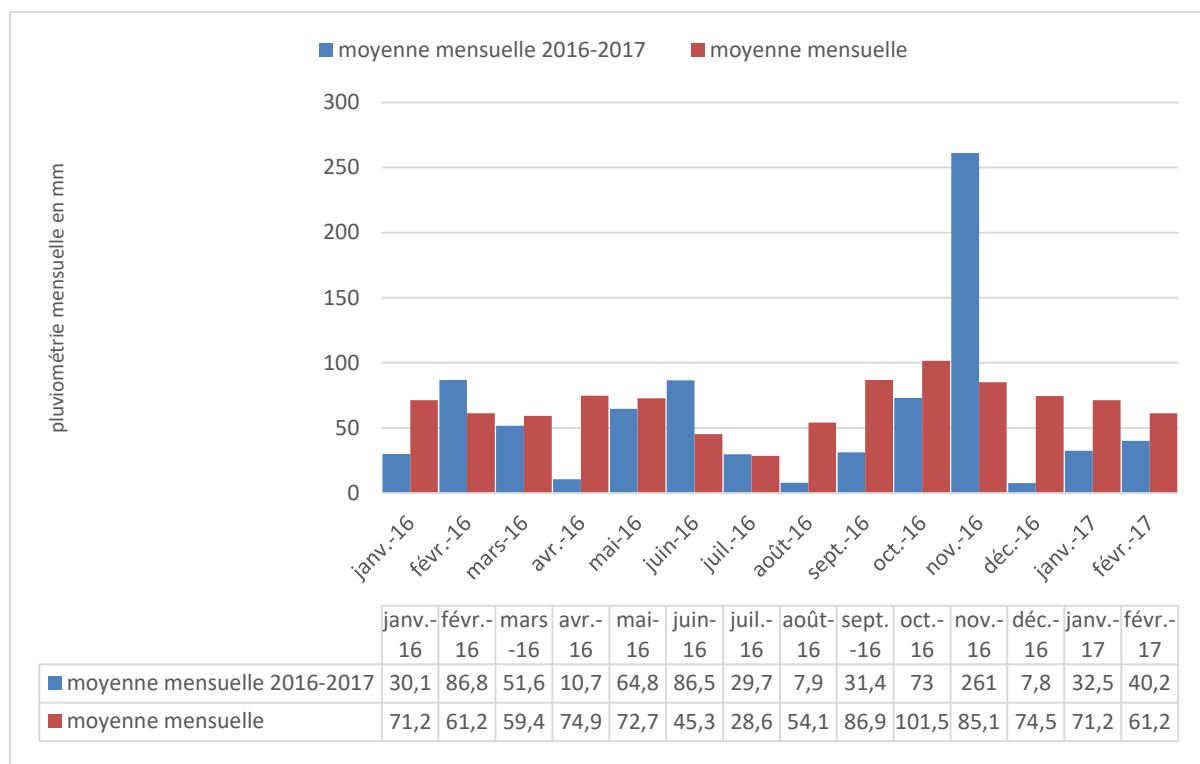


Fig. 6: Comparaison de la pluviométrie mensuelle lors de notre étude par rapport à la moyenne mensuelle (periode 1965-2005) à Varages

b) Le débit de l'Argens en aval de la confluence Bouillidoux-Eau Salée

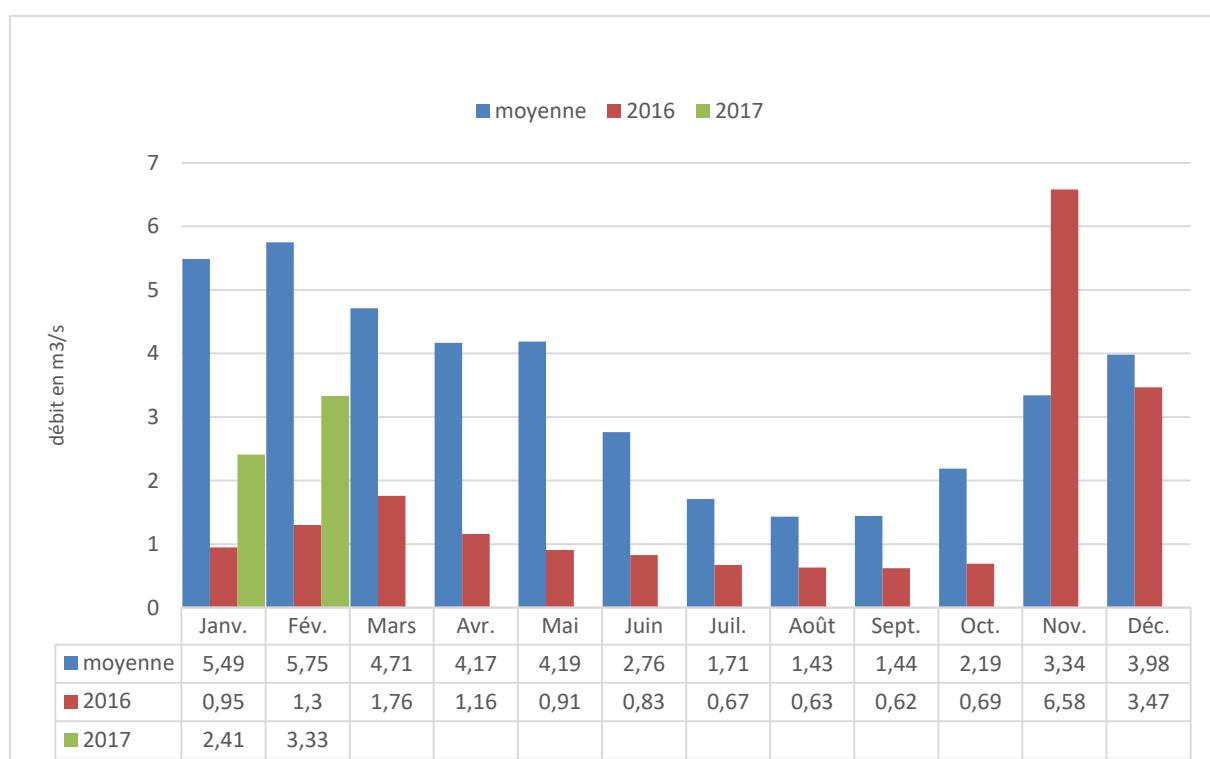


Fig. 7: Débits de l'Argens à Châteauvert lors de notre étude par rapport aux moyennes mensuelles (sur 43 années)

On peut faire les mêmes constations que pour la zone précédente, avec quelques différences :

- le débit de décembre reste conséquent après la crue de novembre
- les débits de janvier et février sont largement plus importants que pour les mêmes mois en 2016.

On peut voir ici l'impact de l'eau Salée avec ses apports triasiques.

Sur l'Eau Salée, dès le mois de juin, le cours d'eau est à sec en amont de la source. La remise en eau se fait le 21 novembre, jusqu'à la fin de notre étude, avec un débit très faible. Pour les Bouillidoux, le cours d'eau se déconnecte en amont des sources dès la mi-juin jusqu'au 21 novembre. La remise en eau est brutale. Les débits permettent au cours d'eau de rester connecté jusqu'à la fin de notre étude.



Photo 43 : L'Argens à sec en juin en amont des Bouillidoux

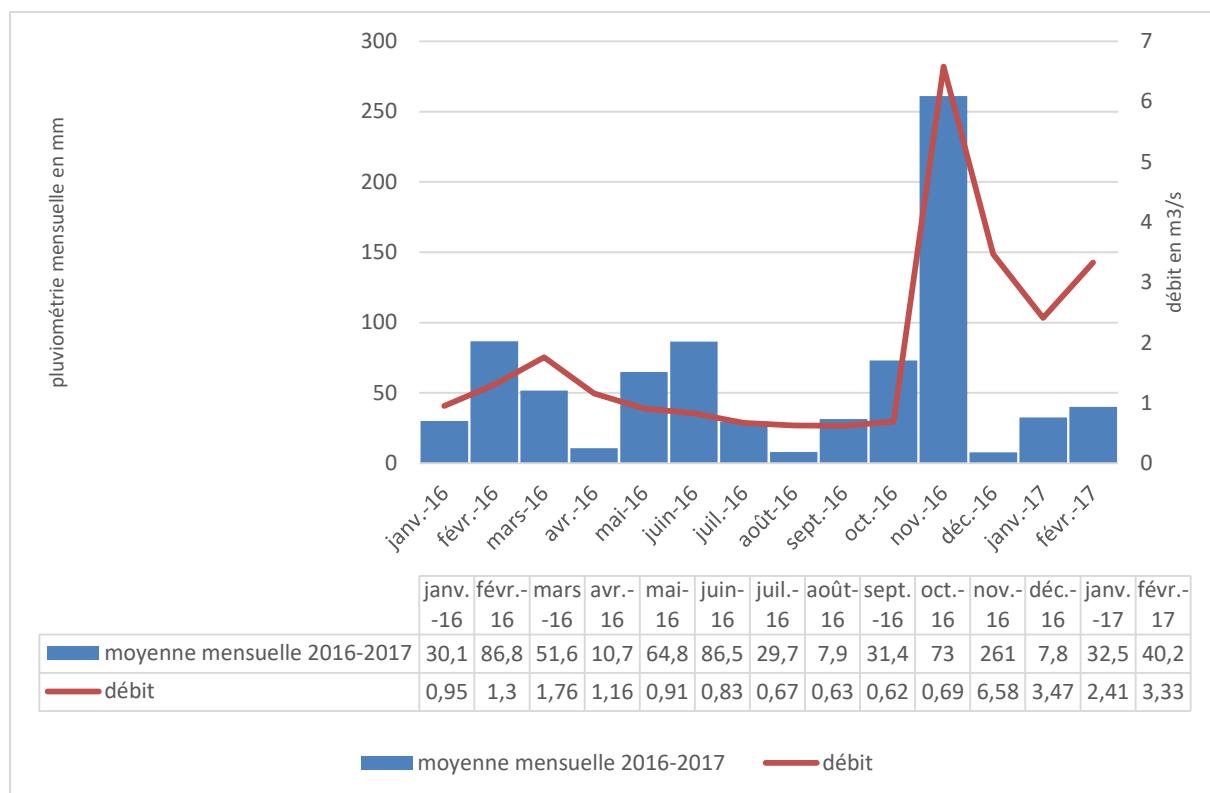


Fig. 8: Evolution de la pluviométrie à Varages et du débit de l'Argens à Chateauvert lors de notre étude

4.1.3. Le secteur de la Foux

a) La pluviométrie

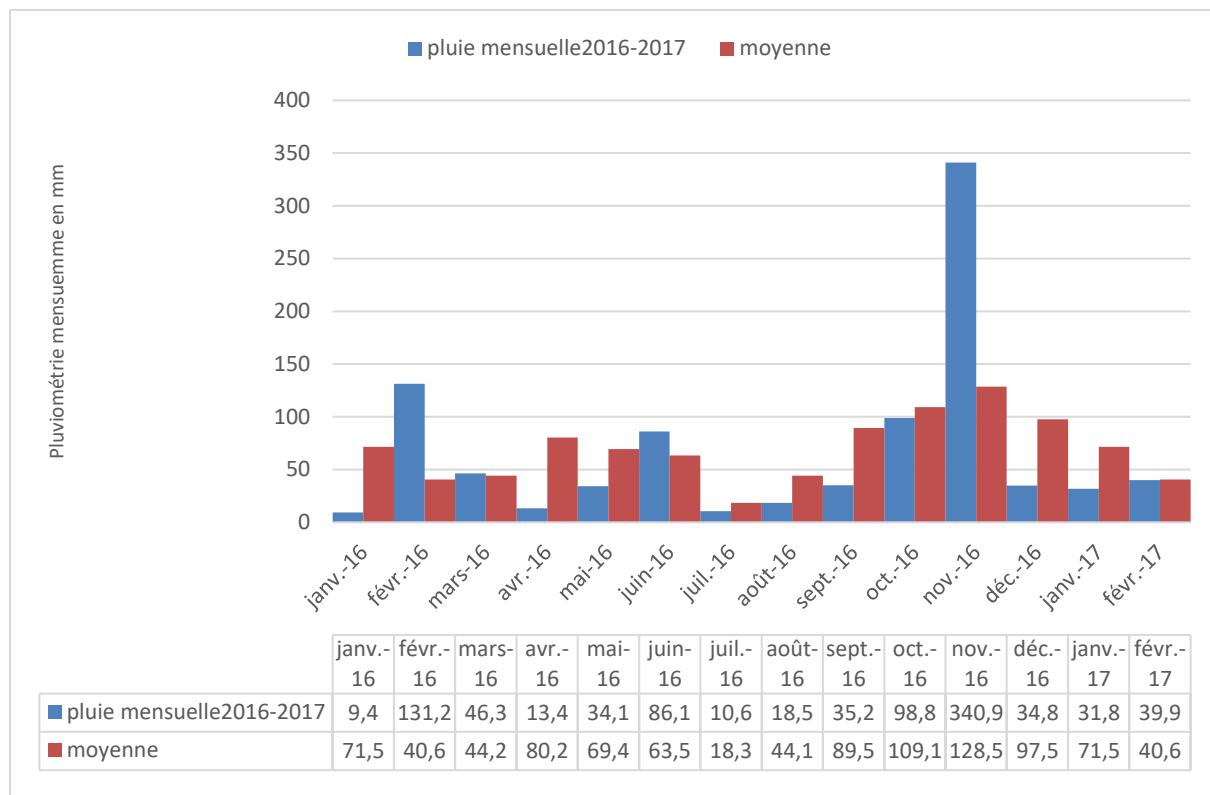


Fig. 9: Comparaison de la pluviométrie mensuelle lors de notre étude par rapport à la moyenne mensuelle (periode 1996-2010) à Draguignan

Avec quelques mois très déficitaires (janvier, avril) et d'autres excédentaires (février, juin), on arrive en novembre avec un écart négatif de 146mm par rapport à la moyenne. L'important épisode pluvieux de novembre (340mm) renverse la situation pour arriver fin décembre à une année quasi normale du point de vue de la pluviométrie annuelle. Décembre et janvier sont des mois de faibles pluviométries, mais en février on atteint une valeur normale pour le mois.

b) Le débit de la Nartuby

Si le mois de mars est proche de la moyenne, tous les autres mois de 2016 sont très déficitaires, et cela jusqu'en novembre où la Nartuby subit une crue violente. A la pluie de février, on obtient une réponse de la Nartuby en mars, ce qui traduit une infiltration efficace avec une restitution différée en liaison avec le bassin karstique de la Nartuby et au rôle essentiel de la source triasique de la Foux. La pluie du 14 octobre (66,7mm) est elle aussi tamponnée par les infiltrations sur le bassin versant. Ruissellement et rapidité de circulation dans les karsts traduisent la réaction au violent épisode pluvieux de fin novembre. Dès décembre on retrouve un niveau bas du débit de la Nartuby, avec comme seule alimentation sur la station, la source de la Foux comme on le verra plus tard.

En janvier 2016 et à partir de mai 2016, hormis novembre et légèrement en décembre, c'est la Foux qui alimente la Nartuby à la station Hydro de Trans en Provence. En amont de la confluence, la Nartuby est à sec.

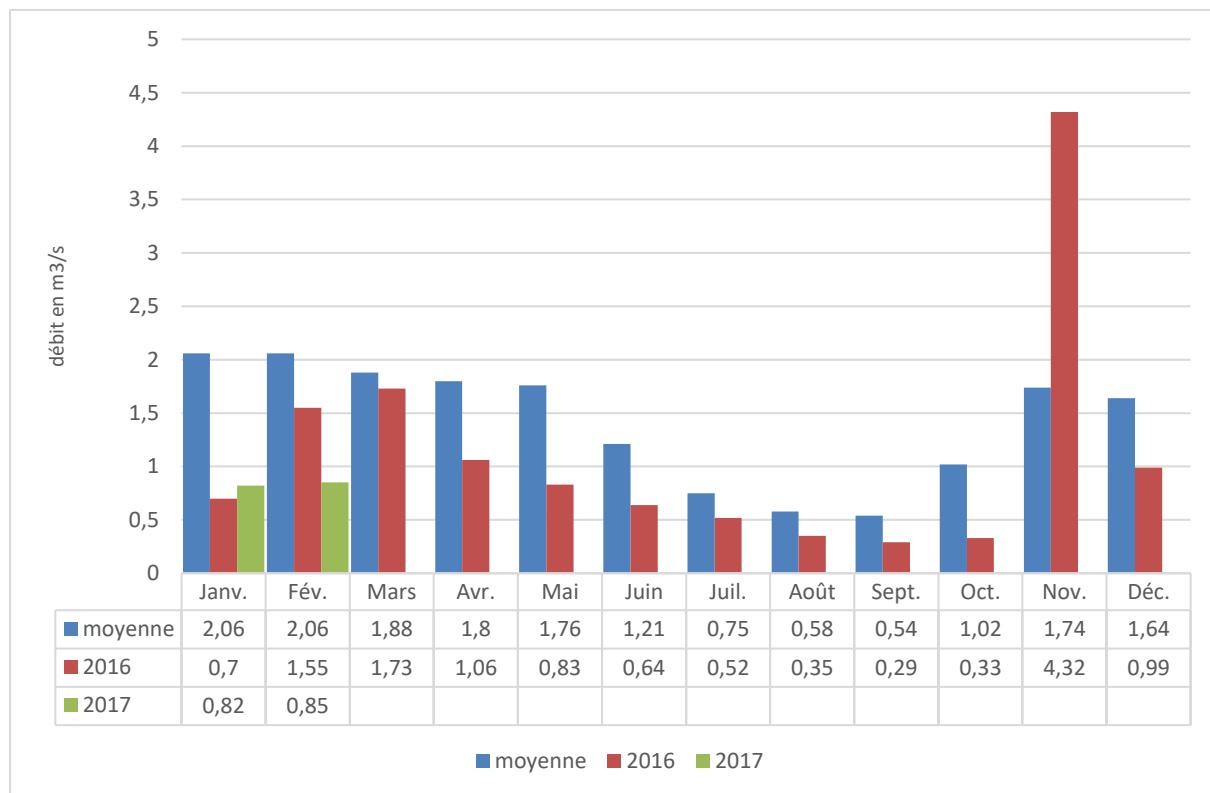


Fig. 10 : Débits de la Nartuby à Trans en Provence lors de notre étude par rapport aux moyennes mensuelles (sur 49 années)

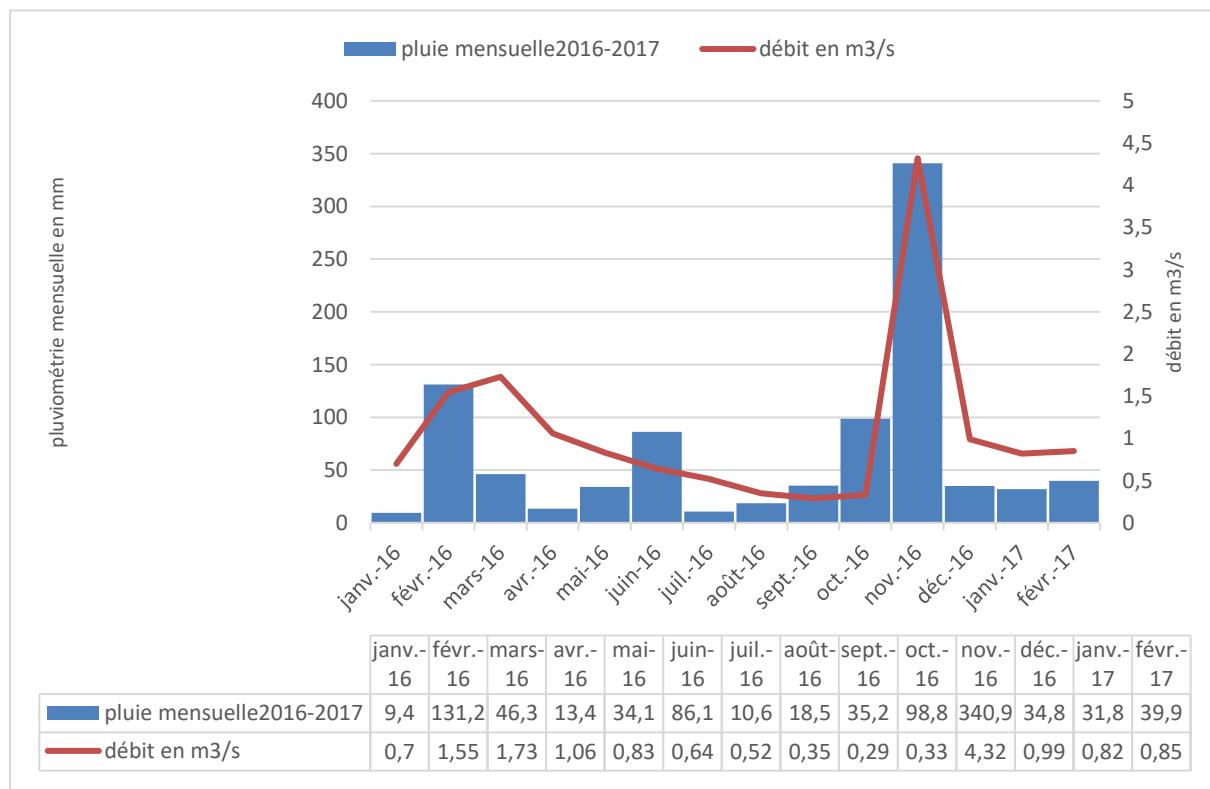


Fig. 11 : Evolution de la pluviométrie à Draguignan et du débit de la Nartuby lors de notre étude

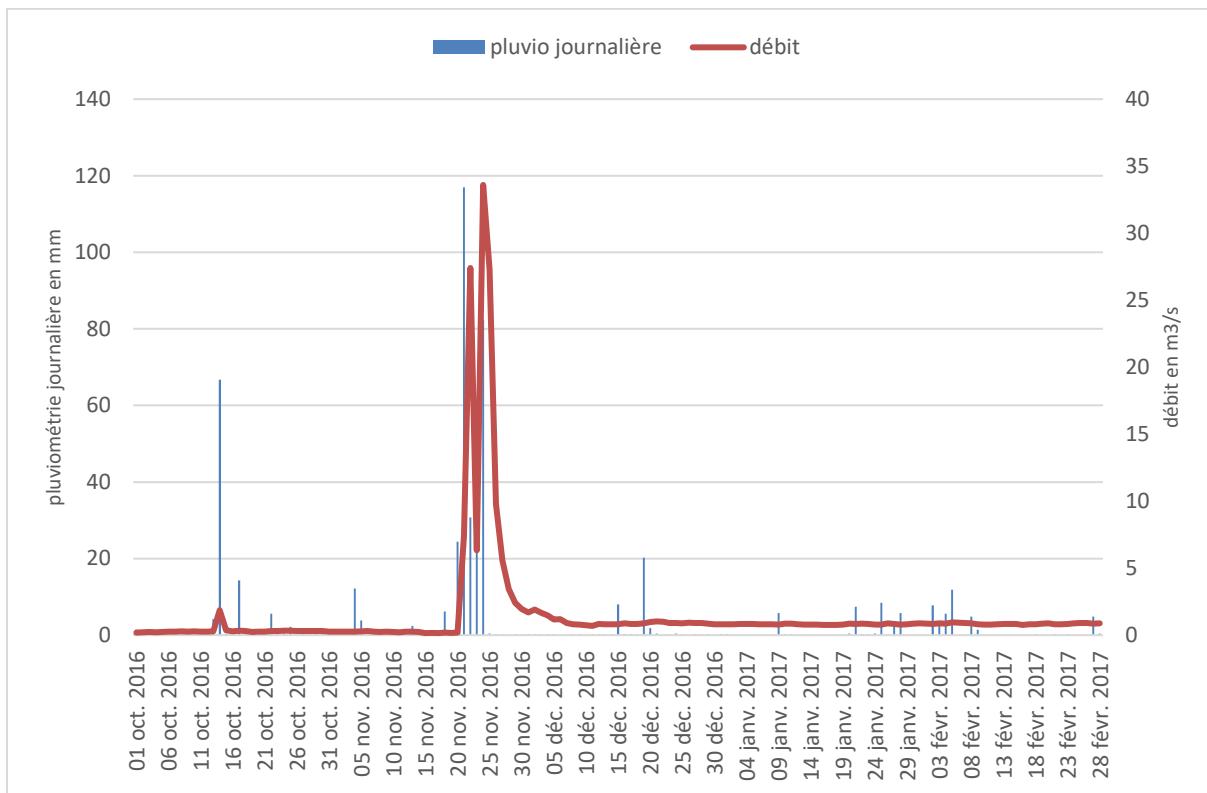


Fig. 12 : pluviométrie journalière d'octobre 2016 à février 2017 à Draguignan et évolution du débit sur la période de la station hydro sur la Nartuby à Trans en Provence

4.2. Le torrent de l'Izoard à Arvieux

Aucune station de la banque Hydro n'est présente sur le torrent de l'Izoard et sur le Guil où il conflue. Nous étudierons uniquement les conditions de pluviométrie.

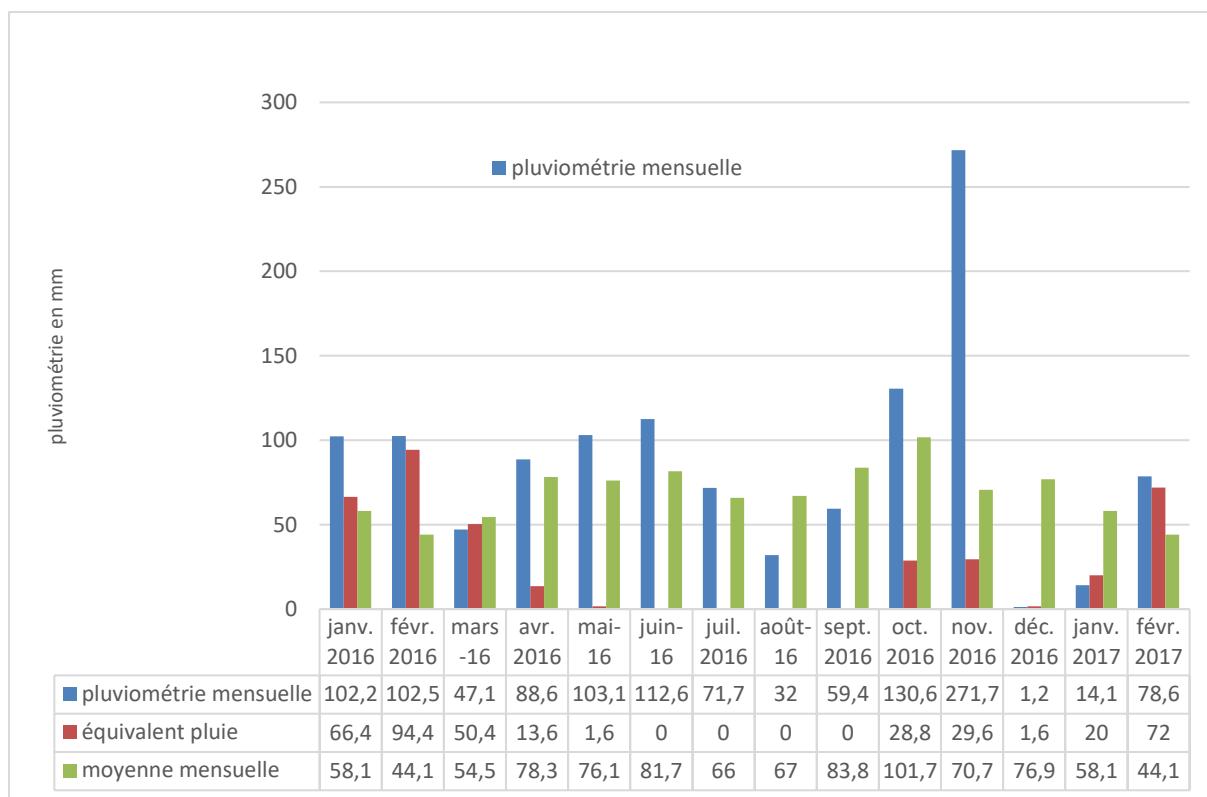


Fig. 13 : comparaison de la pluviométrie mensuelle (dont la part due à la neige) à la station d'Arvieux lors de notre étude par rapport à la moyenne mensuelle (1981-2010)

Avec 1122.7mm de pluviométrie totale en 2016, l'année est bien supérieure à la moyenne interannuelle de 858.9mm. Si le mois de novembre apparaît comme un contributeur, tous les autres mois sont excédentaires à part les mois d'août et de décembre. Pour 2017, si janvier est peu pluvieux et neigeux, ce n'est pas le cas de février essentiellement neigeux et excédentaire.

Ces conditions ont permis d'assurer une continuité permanente de l'écoulement du torrent de l'Izoard en amont des sources d'Arvieux, même si l'étiage estival a été sévère comme nous le verrons plus loin.

Si la pluviométrie de 2016 est légèrement inférieure ou proche de la moyenne sur les stations du bassin versant de l'Argens de janvier à septembre, les fortes précipitations de novembre ont marqué l'ensemble du territoire et assuré le retour des écoulements en amont des apports triasiques.

5. RESULTATS

5.1. Les jaugeages

5.1.1. Les Gours Bénits

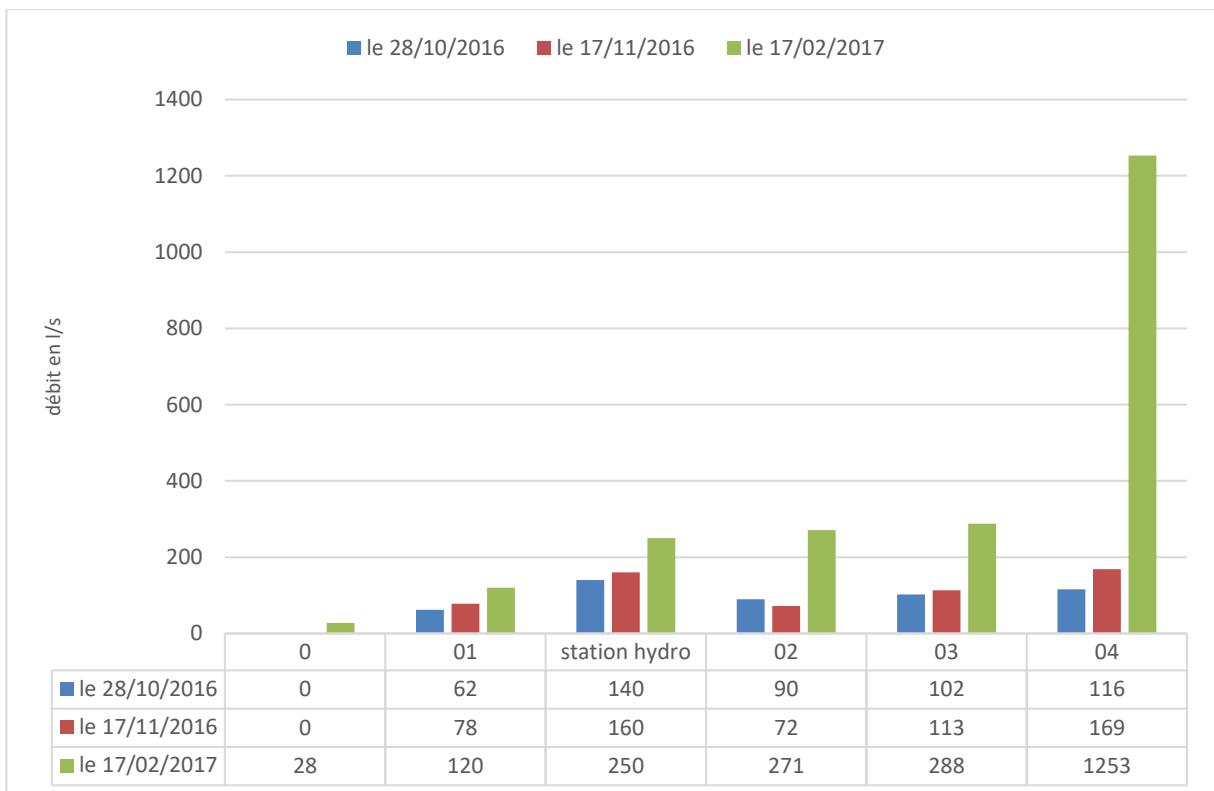


Fig. 14 : Résultats des jaugeages sur le Cauron lors de notre étude et débit de la station hydro de Bras (source banque hydro)

La première remarque concerne la station Hydro de Bras, qui montre très nettement des difficultés à produire des données fiables à très bas débit, comme c'est le cas pour les 2 premières campagnes, où les différences avec la station 02 sont inexplicables autrement. Cela a été vérifié le 17/11/2016, date à laquelle nous avons rajouté une station sur la station Hydro. La valeur que nous avons trouvée est 79l/s, bien en deçà de la valeur de 160l/s fournie par la banque Hydro. La station Hydro a encore besoin de calibrage à bas débit. Pour des débits plus importants comme en février 2017, la station est plus fiable. La Source triasique des gours bénits non exploitée apporte au minimum 62l/s, soit un tout petit peu moins que la puissante source de l'Argens (80l/s le 28/10/2016). A la station 02, qui intègre tous les apports des Gours bénits (dont une partie de manière diffuse dans le lit mineur) plus le retour d'un canal et les apports de la station d'épuration de Bras, on obtient cette fois une valeur de 90l/s supérieure à la source de l'Argens. Le débit augmente encore jusqu'à la station 03 et même si une partie du débit du Cauron s'infiltre avant la confluence, le Cauron est un apport déterminant en période de basses eaux sur le haut-Argens. La deuxième campagne confirme cette analyse, même si l'Argens au niveau de la confluence montre un débit plus conséquent qu'en octobre. Lors de la troisième campagne, le Cauron coule en amont des sources des Gours Bénits, débit entretenu par les exhaures de la source du Cauron à Nans les pins. Le débit de la station 01

a doublé par rapport à la première campagne, encore une fois il s'approche de mesure de 140l/s à la source de l'Argens, valeur qui devient très inférieure lorsque l'on intègre tous les apports des Gours Bénits, 250l/s à la station 02. Avec les apports de toute la zone de St. Estève (Meyronne, source de Sceau, Ville-Vieille), l'Argens atteint 1m3/s en amont de la confluence, le Cauron en période de hautes eaux à peu d'influence sur le haut-Argens.

5.1.2. L'Eau Salée

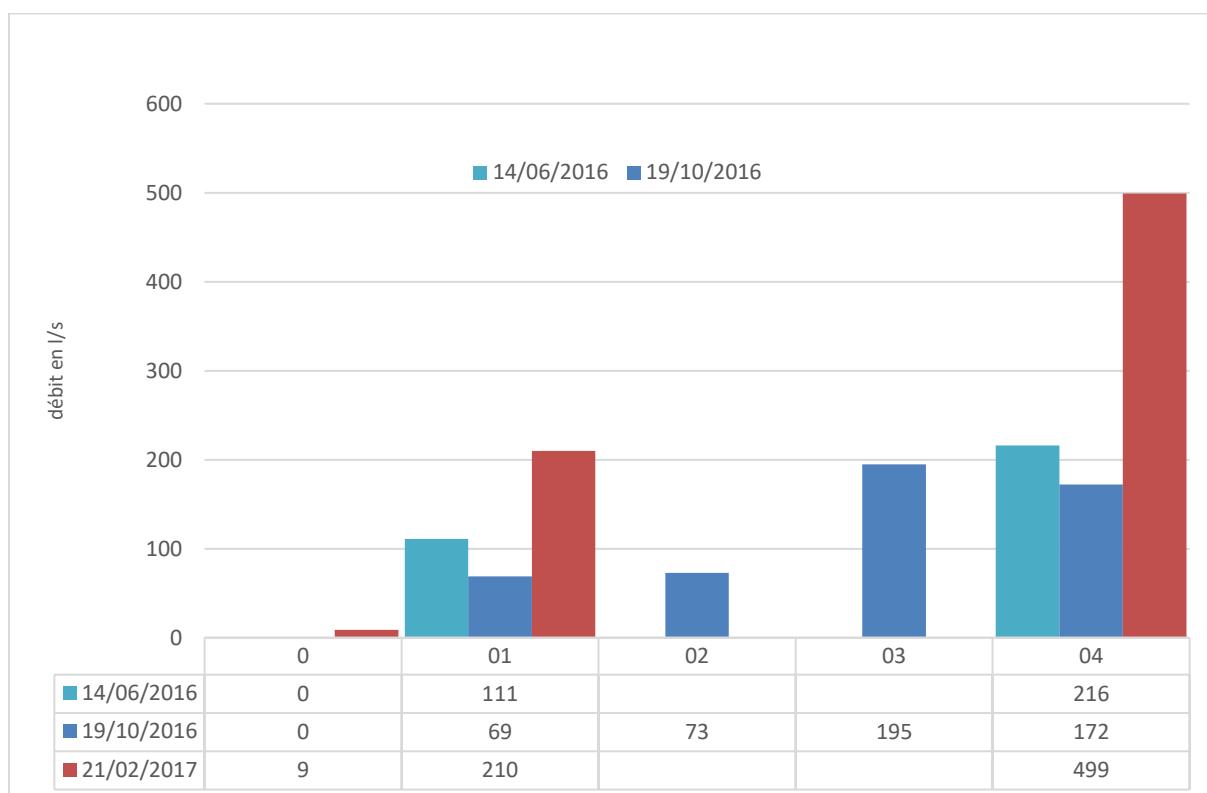


Fig. 15 : Résultats des jaugeages réalisés sur les stations de l'Eau Salée lors de notre étude

Malgré la sécheresse du début de 2016, qui se traduit par un arrêt de la connexion avec la partie amont (le ruisseau de Varages), le débit de la source (des sources) atteint 111l/s soit beaucoup plus que le débit de la source de l'Argens le même jour (80l/s). Avec les apports du Fauvery, du ruisseau des Écrevisses et du ruisseau de Véoune, on atteint 216l/s en amont de la confluence avec l'Argens soit 1/3 du débit du fleuve à la station de Châteauvert. La sécheresse qui se poursuit se traduit en octobre par une baisse quasi de la moitié du débit par rapport à la 2^{ème} campagne, valeur très inférieure à celle de la source de l'Argens mais qui s'explique par l'épisode pluvieux du 12 et 14 octobre. Il tomba 100mm à St. Maximin La Sainte Baume, provoquant une augmentation de 130l/s le 15 octobre puis une baisse régulière du débit allant jusqu'au 5 novembre où l'on retrouve la valeur de 60l/s. Cet épisode pluvieux a beaucoup moins affecté le bassin de l'Eau Salée avec seulement 43mm sur les 2 jours. A la station 02, on n'observe pas d'apport intermédiaire. La brutale augmentation à la station 03 pose problème. En effet dans des conditions d'étiage semblable, les apports du Fauvery (20l/s) et les quelques litres du ruisseau des Écrevisses ne peuvent expliquer cette augmentation de plus de 120l/s. Seul un effet de fin d'éclusée de la centrale du Fauvery peut expliquer cette

augmentation, augmentation qui doit se faire sentir jusqu'à la station 04. Dans ces conditions, il est difficile de dire l'effet réel du bassin de l'Eau Salée sur l'apport à l'Argens à la confluence. En février, la zone est reconnectée avec l'amont, même si le débit reste très faible (9l/s). La(es) source(s) de l'Eau Salée est(sont) puissante(s) avec plus de 200l/s, valeur très légèrement inférieure à celle de la source de l'Argens (230l/s). Fort de l'expérience d'octobre, nous nous sommes assurés de l'absence interférences (prélèvement, éclusée) de la centrale du Fauvery sur la mesure de la station 04. Les quasi 500l/s correspondent aux apports du bassin versant de l'Eau Salée, cela correspond à 1/6^{ème} du débit de la station Hydro de Chateauvert.

5.1.3. Les Bouillidoux

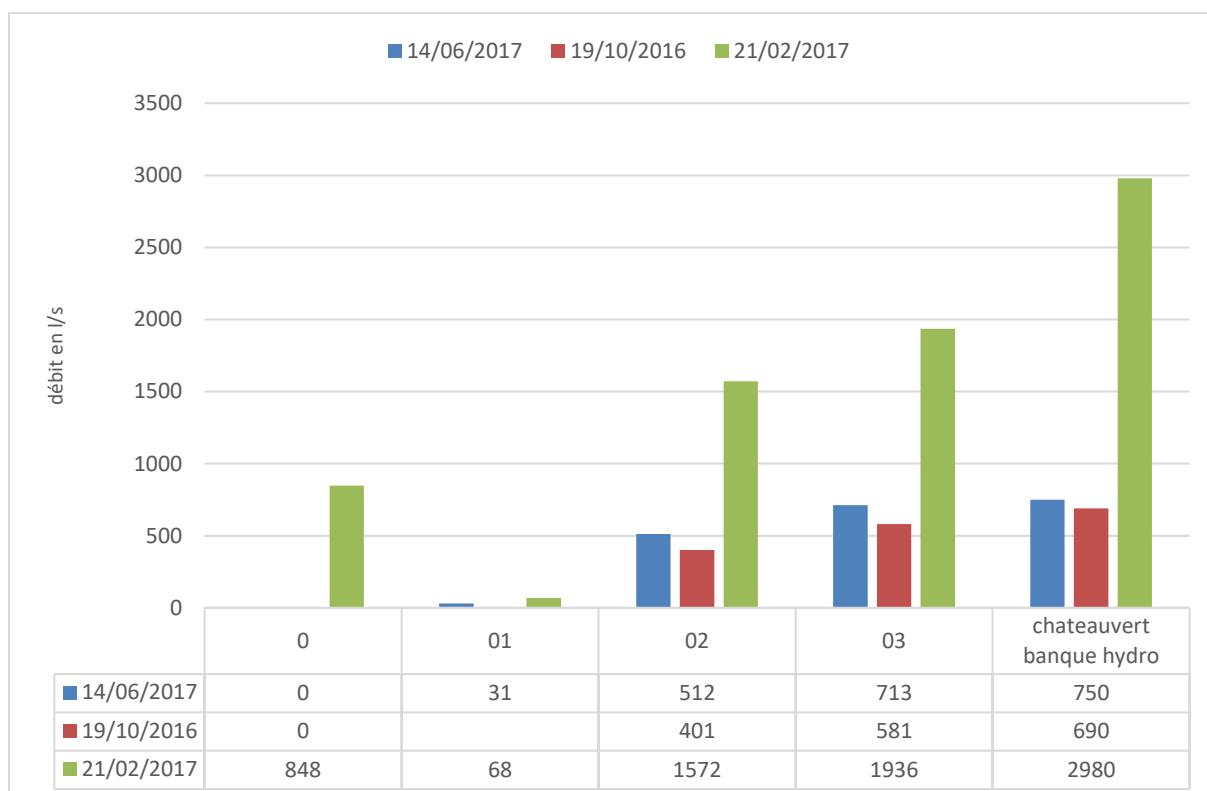


Fig. 16 : Résultats des jaugeages réalisés sur les Bouillidoux et sur l'Argens lors de notre étude et débit de l'Argens à la station hydro de Chateauvert (source banque hydro)

La station 01 caractérise les apports de l'ensemble Bouillidoux, le choix de cette station est d'analyser l'évolution entre l'étiage estival et la période de hautes eaux hivernales. Entre ces deux périodes, le débit double en hiver. En juin, cette source représente 6% des apports de l'ensemble Bouillidoux, en février sa part atteint 9%, preuve que l'ensemble Bouillidoux n'est pas homogène. En juin, le fleuve est sec en amont de la zone des Bouillidoux et c'est donc les apports de ces sources et l'Eau Salée qui assurent le débit de l'Argens de la manière suivante :

- 68.2% pour les Bouillidoux
- 28.8% pour l'Eau Salée
- 3% pour les apports diffus en aval de la confluence de l'Eau Salée.

Cela montre l'importance majeure de ces sources sur la qualité de l'Argens de cette partie du haut-Argens. Les débits baissent avec l'allongement de la période de sécheresse mais restent encore important avec plus de 400l/s. En hiver, les apports du bassin versant sont de 848l/s en amont de la zone de source qui contribue à hauteur de plus de 720l/s.

5.1.4. La Foux

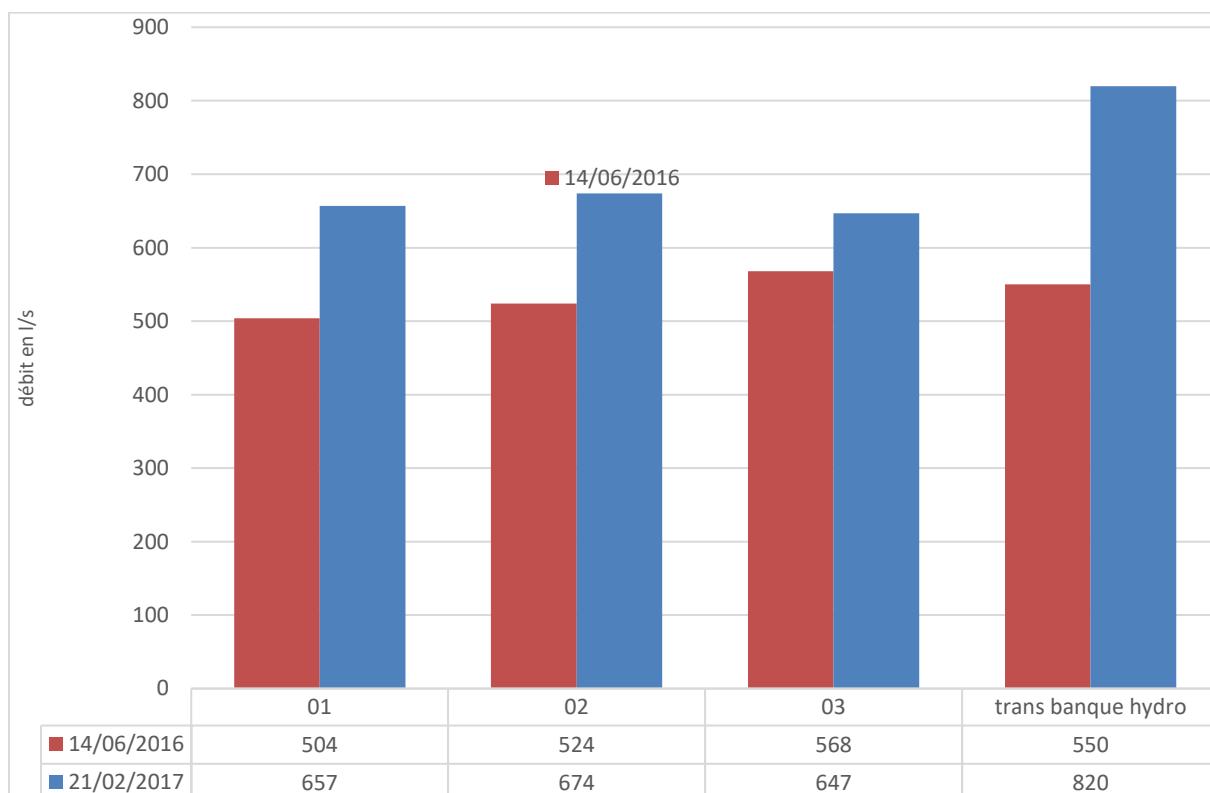


Fig. 17 : Résultats des jaugeages réalisés sur les trois stations de l'étude sur la Foux et sur la Nartuby et valeur du débit de la station hydro de la Nartuby à Trans en Provence (source banque hydro)

Lors des 2 campagnes, la rivière est à sec en amont de la confluence avec la Foux, le débit de la Nartuby à Trans en Provence est uniquement dû à cet affluent.

En juin, la source donne 504l/s et le débit augmente régulièrement jusqu'en amont de la confluence avec la Nartuby (568l/s). L'infiltration après la confluence jusqu'à la station hydro est faible dans les limites des 5% de l'incertitude des mesures. En février, l'augmentation est significative (25%), beaucoup plus faible en amont de la confluence (12%), mais l'intérêt de cette campagne réside dans l'augmentation du débit de la Nartuby entre la confluence de la Foux et la station de Trans en Provence soit 146l/s supplémentaires. Cette zone est clairement identifiée par l'étude du BRGN (2014) comme une zone de perte par infiltration. Ces apports conséquents restent sans identifications, aucun apport n'est cartographié sur le secteur.

5.1.5. Les sources d'Arvieux sur le torrent de l'Izoard

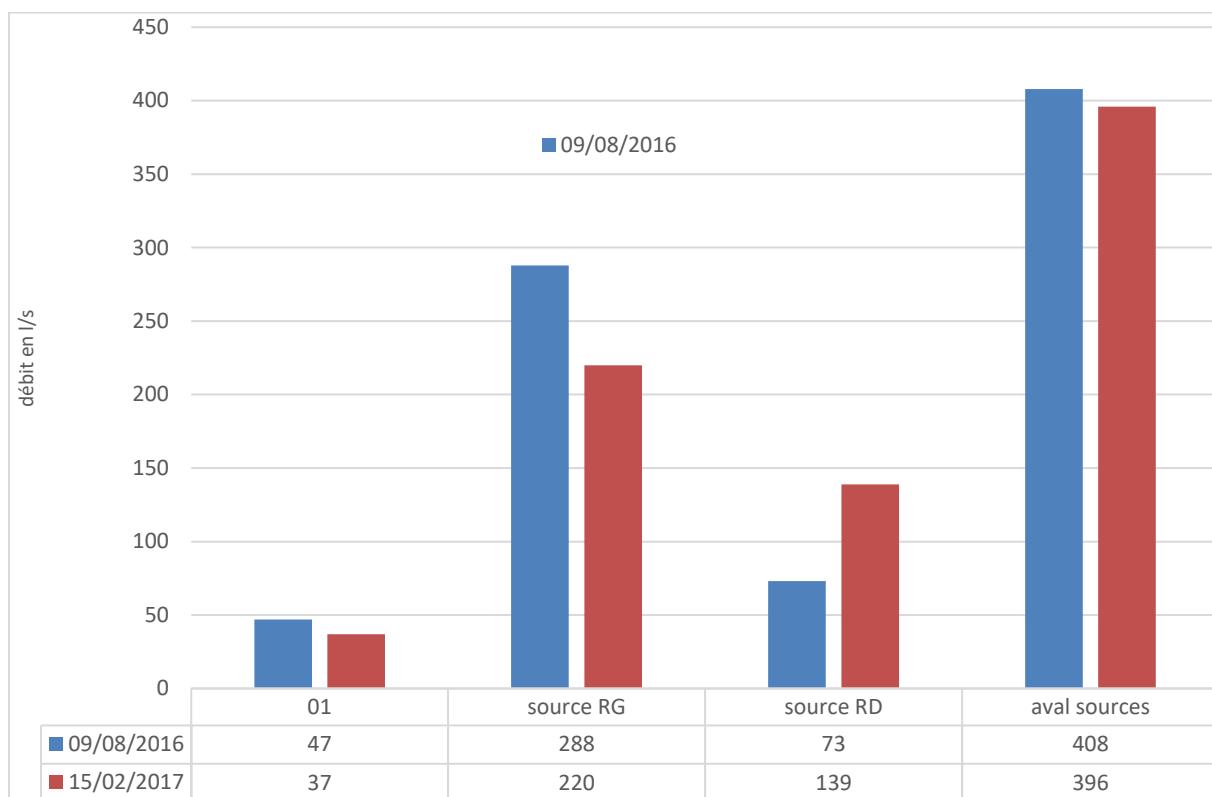


Fig. 18 : Résultat des jaugeages sur le torrent de l'Izoard à Arvieux lors de notre étude

Deux campagnes lors des deux périodes d'étiage : l'étiage estival (août), l'autre en étiage hivernal (février). L'étiage hivernal est légèrement plus bas qu'en été (aux bornes des limites de précision des mesures) sauf pour la source RG où la baisse est très marquée et pour la source RD où cette fois c'est une augmentation nette du débit en hiver. Ces différences entre les deux sources semblent montrer une alimentation en eau non commune. Quoiqu'il en soit, le torrent de l'Izoard n'a vraiment une existence conséquente qu'à partir des apports des sources d'Arvieux, le cours d'eau en amont ne représente que 11.5% du débit du torrent d'Izoard en été et 9.3% en hiver.

Il apparaît clairement que les apports triasiques, même s'ils s'effacent en périodes de hautes eaux, assurent la majeure partie voire la totalité du débit des cours d'eau en période d'étiage.

5.2. La température

Le relevé de température étant partiel, nous nous limiterons à une analyse descriptive. Les thermomètres ont été laissés en place et les températures seront extraites, puis une analyse plus poussée sera faite lorsqu'un cycle annuel aura été effectué.

5.2.1. Les Gours Bénits et le Cauron

a) Station 01

Synthèse données températures station 01		
Du 22/10/2016 au 14/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	12,91	6,5
Minimum moyenne journalière	10,61 (le 28/01/2017)	-0,7 (LE 19/1/2017)
Maximum moyenne journalière	14,67 (25/10/2016)	17,6 (le 24/10/2016)
Amplitude moyenne journalière	0,99	
Amplitude minimale journalière	0,19 (le 6/12/2016)	
Amplitude journalière maximale	4,75 (le 27/01/2017)	
Température minimale	6,88 (le 27/01/2017 à 12h)	
Température maximale	14,996 (le 24/10/2016 de 15h à 17h)	

Tableau 4 : Synthèse des données de la station 01



Fig. 19 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes, et maximales de la station 01 des Gours Bénits, des températures journalières moyennes de l'air et du débit du Cauron

La température de l'eau, en moyenne proche de 13°C(12.91°C), correspond bien aux données classiques des sources de cette région de la Provence carbonatée. Les réactions aux températures de l'air restent faibles par comparaison aux effets plus marqués de la pluviométrie et des réactions du débit du Cauron qui en découlent.

La crue du 21 au 26 novembre 2016 (avec un pic à 19.3m³/s le 22 novembre) n'a pas provoqué de profondes modifications sur la thermie de la station, si ce n'est en réduisant l'amplitude thermique journalière d'une manière forte le 22 novembre (0.38°C), comme on peut le voir sur le graphique ci-dessous.

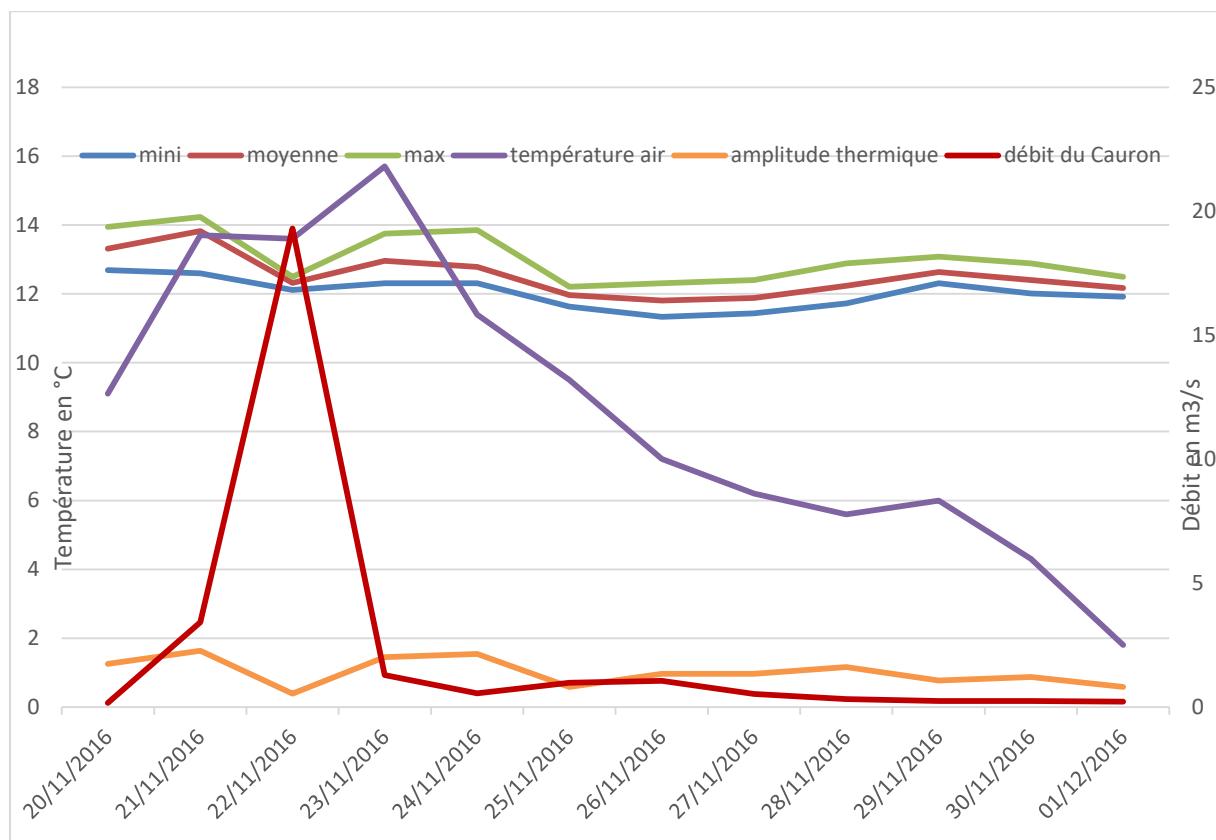


Fig. 20 : Evolution des températures minimales, moyennes, maximales et de l'amplitude thermique de la station 01 en rapport avec la température de l'air et le débit du Cauron lors de la crue du 21 novembre 2016 au 26 novembre 2016

La réaction thermique de la station est beaucoup plus marquée pour la crue du 27 janvier 2017, pourtant nettement moins forte que celle de novembre (maximum 0,980m³/s). Le réchauffement de l'air et la pluie qui l'a accompagné ont provoqué la fonte de la neige tombée précédemment dans le mois de janvier.

Cet apport d'eau froide a provoqué une chute brutale des températures en deux périodes, la première de minuit à 5h30 où la baisse est de 1.6°C, et la deuxième où la température passe de 10.37°C à 10h30 à 6.88°C à 12h.

L'amplitude thermique journalière qui en résulte est la plus importante de la période, soit 4.7°C. Au fur et à mesure de la décrue, la température remonte progressivement ; le 29/01/2017, on retrouve des valeurs proches de celles du début de la période. Le choc thermique est très préjudiciable aux poïkilothermes, surtout sur les stades œuf et embryon. L'apport de cette

première partie des Gours Bénits a joué un rôle important de tampon thermique, même s'il n'a pas pu empêcher le choc thermique, il l'a fortement amortie.

b) Station 02

Synthèse données températures station 02		Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Du 22/10/2016 au 14/02/2017			
Moyenne des températures journalières		12,08	6,5
Minimum moyenne journalière		8,94 (le 27/01/2017)	-0,7 (LE 19/1/2017)
Maximum moyenne journalière		15,23 (25/10/2016)	17,6 (le 24/10/2016)
Amplitude moyenne journalière		1,72	
Amplitude minimale journalière		0,39 (le 22/10/2016)	
Amplitude journalière maximale		3,44 (le 28/01/2017)	
Température minimale		7,28 (le 27/01/2017 à 13h)	
Température maximale		16,05 (le 24/10/2016 à 12h)	

Tableau 5 : Synthèse des données de la station 02

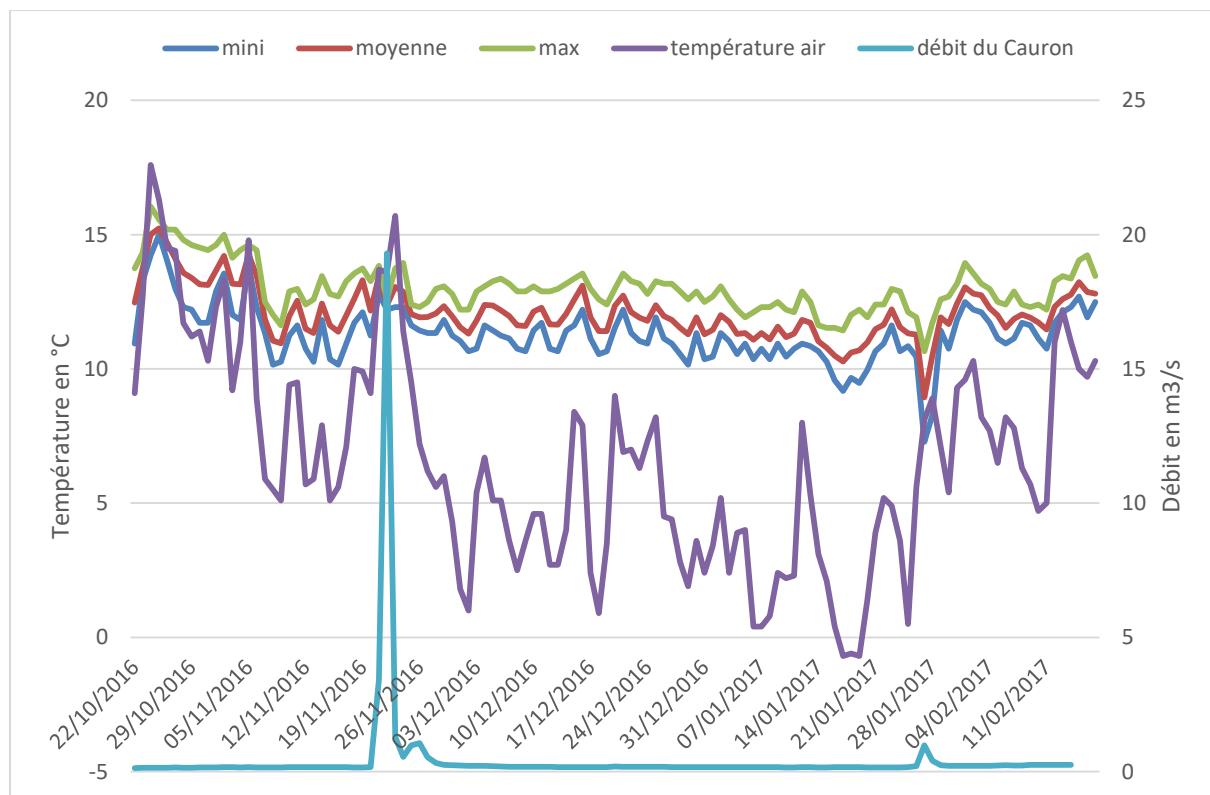


Fig. 21 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales du Cauron à la station 02 par rapport aux températures moyennes journalières de l'air et aux débits du Cauron

Lit de rivière plus large, débit plus important, apports des eaux de la station d'épuration de Bras, autant de nouveaux paramètres qui influencent la thermie de la station. On y retrouve néanmoins le même schéma mais avec quelques différences :

Une sensibilité beaucoup plus forte aux températures extérieures jusqu'à la crue du 27 novembre. Ceci s'explique principalement par la largueur du lit qui favorise l'étalement et donc l'influence de la température extérieure. Avec la baisse des températures, le volant thermique du cours d'eau résiste mieux aux variations de la température de l'air.

Cet étalement favorise aussi la limitation de l'impact des eaux froides lors de la crue de janvier. Là aussi le débit plus fort (et aussi l'apport des eaux de la STEP de Bras) joue un rôle de tampon thermique.

c) Station 03

Synthèse données températures station 03		
Du 22/10/2016 au 14/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	11,23	6,5
Minimum moyenne journalière	8,4 (le 17/01/2017)	-0,7 (LE 19/1/2017)
Maximum moyenne journalière	15,73 (25/10/2016)	17,6 (le 24/10/2016)
Amplitude moyenne journalière	1,7	
Amplitude minimale journalière	0,478 (le 25/10/2016)	
Amplitude journalière maximale	3,15 (le 28/01/2017)	
Température minimale	7,28 (le 17/01/2017 de 10h à 11h)	
Température maximale	16,05 (le 24/10/2016 de 20h à 22h30)	

Tableau 6 : Synthèse des données de la station 03

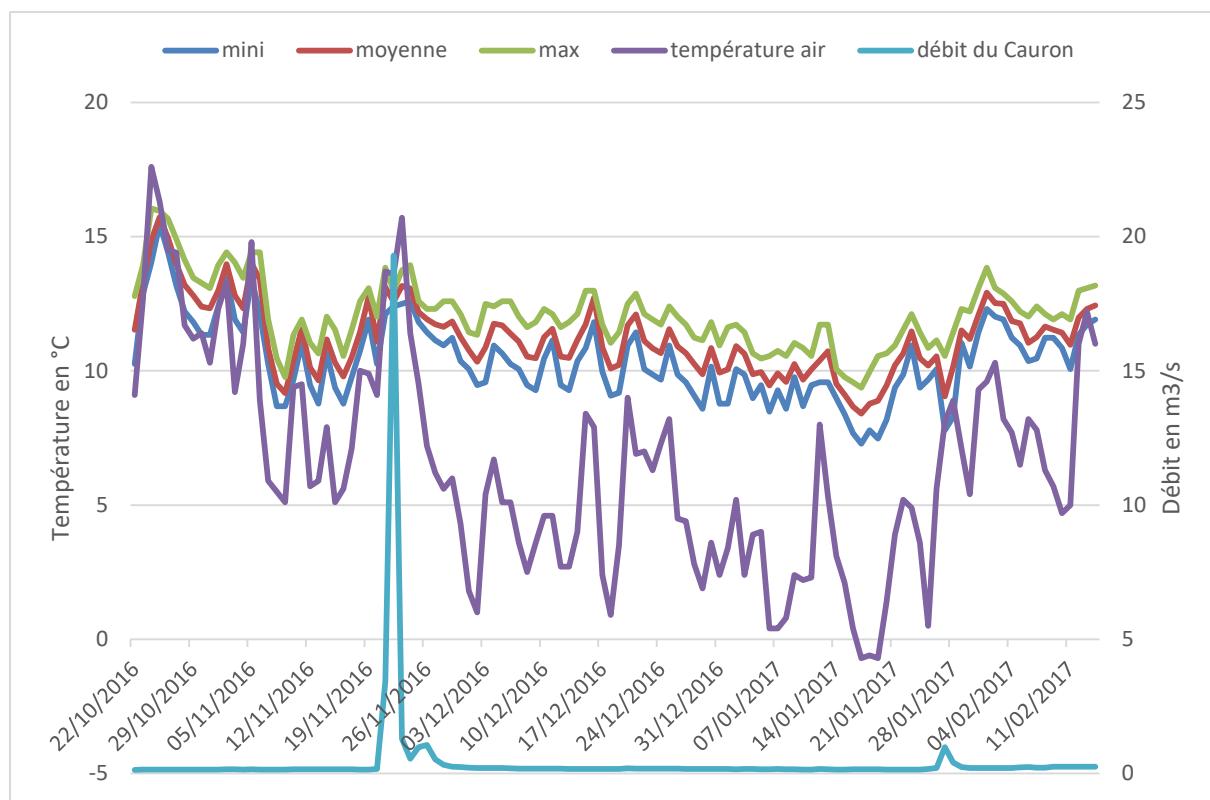


Fig. 22 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales du Cauron à la station 03 par rapport à la moyenne des températures journalières de l'air et des débits du Cauron

La tendance de l'évolution de la thermie sur la station précédente se confirme avec :

- une réaction forte aux températures extérieures jusqu'à la crue de novembre, avec des amplitudes moyennes journalières faibles.
- puis une température plus chaude de l'eau du cours d'eau par rapport à la température extérieure mais avec une amplitude thermique plus importante qu'avant la crue de novembre.

Enfin, une particularité de la station qui réagit beaucoup moins fortement à la crue de janvier (seulement avec 3.15°C d'amplitude thermique), à mettre en relation avec un réchauffement progressif de l'eau depuis la station 01.

d) Station 04

Synthèse données températures station 04		
Du 22/10/2016 au 14/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	11,33	6,5
Minimum moyenne journalière	8,1 (le 17/01/2017)	-0,7 (LE 19/1/2017)
Maximum moyenne journalière	15,54 (25/10/2016)	17,6 (le 24/10/2016)
Amplitude moyenne journalière	1,19	
Amplitude minimale journalière	0,287 (le 23/11/2016)	

Amplitude journalière maximale	3,15 (le 28/01/2017)
Température minimale	7,28 (le 17/01/2017 de 10h à 11h)
Température maximale	16,05 (le 24/10/2016 de 20h à 22h30)

Tableau 7 : Synthèse des données de la station 04

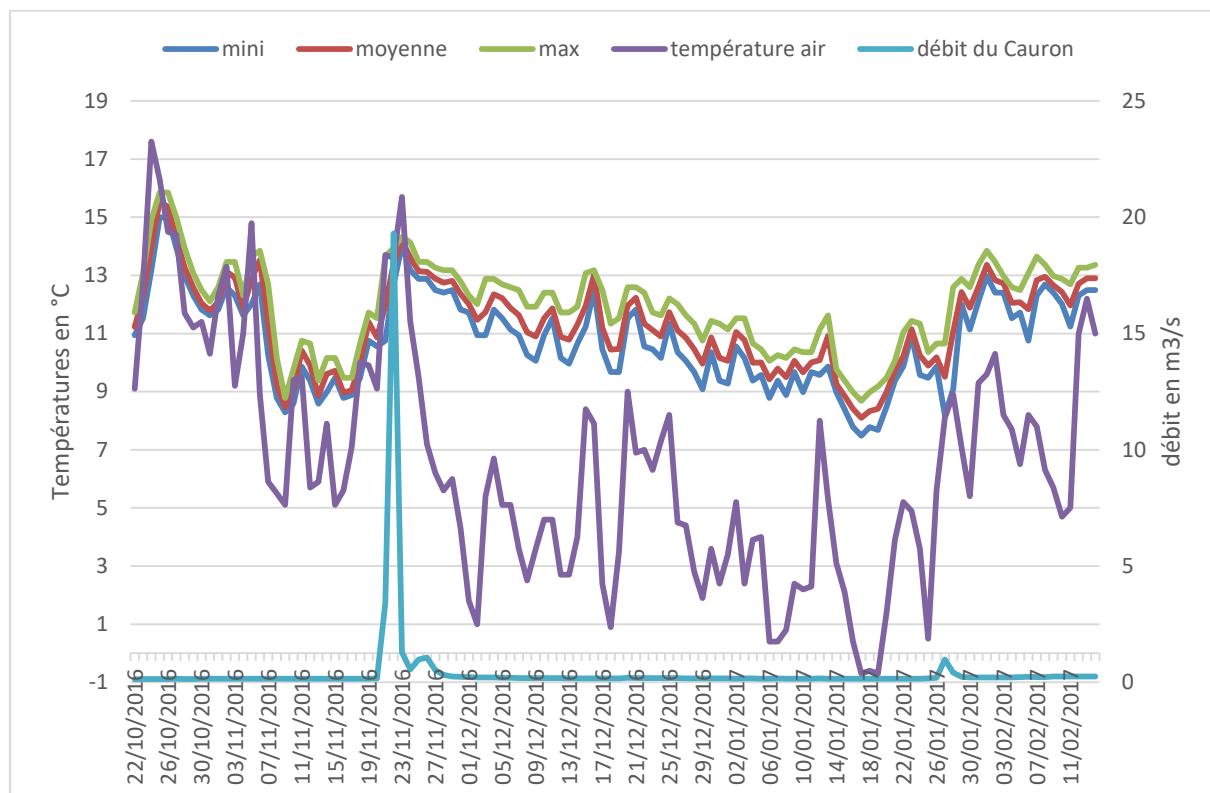


Fig. 23 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales de l'Argens après la confluence du Cauron (station 04) par rapport aux températures moyennes journalières de l'air et du débit du Cauron

La température de l'Argens, avant la crue de novembre, fluctue énormément suivant les variations de la température extérieure, mais l'amplitude moyenne journalière reste faible. Après la crue du 22 novembre, l'effet de la température de l'air devient moins important. La baisse des températures est progressive jusqu'au 17 janvier 2017 puis elle remonte, montée un temps freinée par la crue du 27 janvier 2017.

5.2.2. L'Eau Salée

a) Station 01

Synthèse données températures station 01		
Du 14/06/2016 au 17/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	14,66	15,335
Minimum moyenne journalière	10,52 (le 02/12/2016)	0,2 (le 17/01/2017)

Maximum moyenne journalière	17,1 (le 10/07/2016)	27,9 (le 10/07/2016)
Amplitude moyenne journalière	2,11	
Amplitude minimale journalière	0,29 (le 13/10/2016)	
Amplitude journalière maximale	4,23 (le 20/07/2016)	
Température minimale	10,16 (le 02/12/2016 de 7h à 11h)	
Température maximale	19,47 (le 10/07/2016 à 15h)	
total degrés jour	3650 (pour 249 jours)	

Tableau 8 : Synthèse des données de la station 01 sur l'Eau salée



Fig. 24 : Evolution des températures minimales, moyennes, maximales journalières de la station 01 par rapport à la température de l'air et la pluie journalière à Varages

Cette station, en aval des apports des sources de l'eau salée, montre deux périodes :

- pendant la plus grande partie de notre étude, un écoulement lent et une lame d'eau peu importante ;
- après la crue du 20 novembre, un plus grand débit qui se traduira par une augmentation des 2 paramètres, hauteur et vitesse.

Les courbes des températures de l'eau traduisent bien ces deux périodes, la première avec des grandes amplitudes journalières, la deuxième où l'amplitude thermique journalière est beaucoup plus faible.

Avec la faiblesse du débit en été, malgré les apports frais de la source, la température maximale de la station monte momentanément à 19.7°C, au moment du pic journalier de l'air de 27.9°C le 10 juillet 2016. Par contre la température moyenne journalière résiste bien aux températures de l'air dans la 1^{ère} période avec une certaine stabilité entre 16 °C et 17°C, valeurs qui correspondent aux bornes hautes de l'optimum thermique des truites. En 2^{ème} période, c'est en décembre que l'on atteint le minimum journalier, malgré l'apport d'eau de l'amont faisant suite à l'augmentation de débit, après l'important épisode pluvieux du 20 novembre. Les températures, jusqu'à la fin de la période, montrent une bonne résistance aux températures basses de l'air. Durant cette 2^{ème} période, avec une moyenne de 12.59°C on dépasse la borne supérieure des conditions favorables pour la reproduction des truites et l'embryogénèse. A cette température, le nombre d'œuf qui n'éclora pas est fort.

b) Station 02

Synthèse données températures station 02		
Du 14/06/2016 au 17/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	14,1	15,335
Minimum moyenne journalière	6,02 (le 17/01/2016)	0,2(le 17/01/2017)
Maximum moyenne journalière	21,1 (le 11/07/2016)	27,9(le11/07/2016)
Amplitude moyenne journalière	1,95	
Amplitude minimale journalière	0,29 (le 13/10/2016)	
Amplitude journalière maximale	4 (le 17/07/2016)	
Température minimale	5,24 (le 17/01/2017 à 11h)	
Température maximale	22,72 (le 10/07/2016 à 17h)	
Total degrés jour	3457 (245 jours)	

Tableau 9 : Synthèse des données de la station 02 sur l'Eau salée

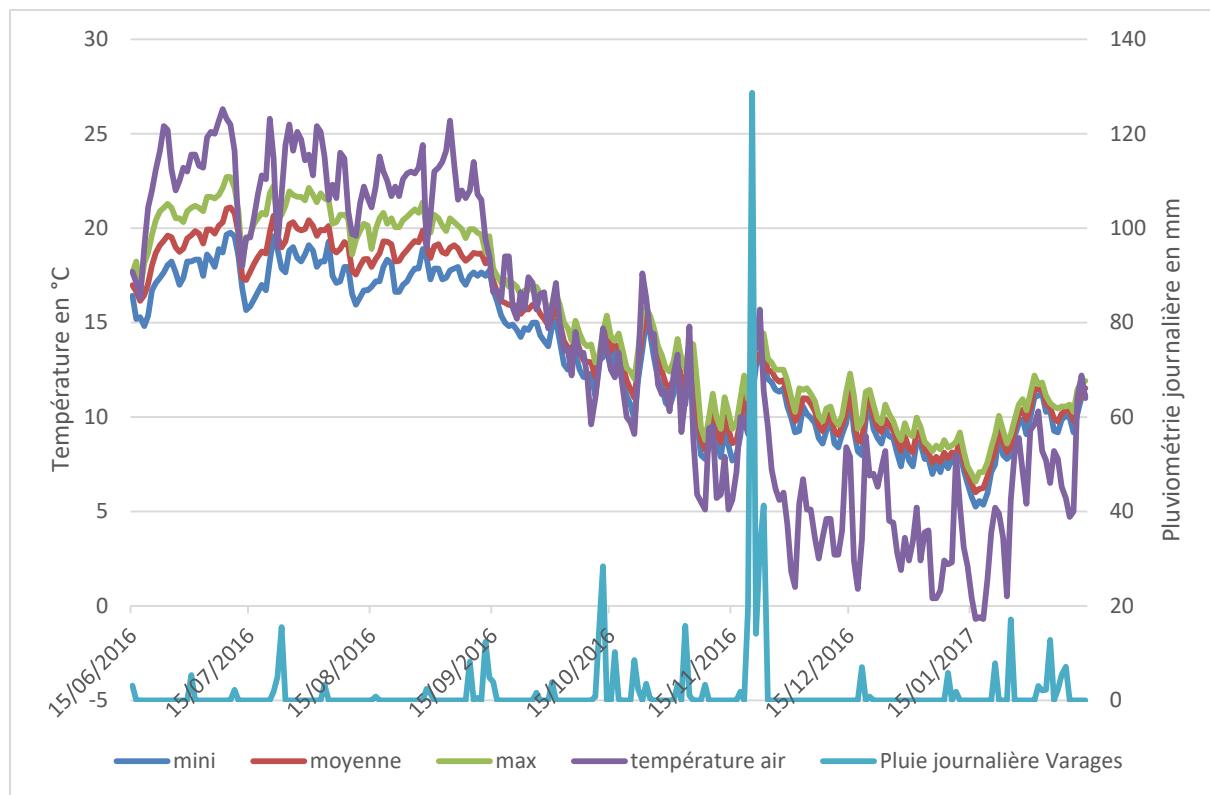


Fig. 25 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales sur la station 02 par rapport à la température de l'air et la pluviométrie journalière à Varages

Cette station est sous de multiples influences :

- Le ruisseau de Varages lorsqu'il est connecté au niveau des sources de l'Eau Salée
- Le ruisseau des Écrevisses, affecté par les prélèvements en AEP pour Barjols et la prise de l'ASA des Écrevisses
- Le Fauvery sous l'influence de la microcentrale de monsieur Duchamp
- Les rejets de la station d'épuration Barjols-Tavernes

Les conditions de débit sont donc extrêmement variables, tout au long de l'année. En été, le ruisseau de Varages n'est pas en continuité avec l'Eau Salée, le ruisseau de Varages et le Fauvery sont en étiage, la microcentrale ne peut procéder qu'à très peu d'éclusé, les rejets de la STEP ne sont pas affectés par les variations dues au tourisme, et l'arrêt du collège compense l'augmentation de la population. Pour le reste de l'année, c'est la pluviométrie qui détermine l'évolution complexe du débit à la station.

Durant notre étude où la sécheresse est très marquée on peut distinguer 3 périodes :

- du 15 juin au 15 septembre 2016, où les températures de la station suivent les variations de la température de l'air à quelques degrés près. On peut aussi observer une grande amplitude journalière. La température maximale journalière (22.71°C à 17h) et la température moyenne journalière maximale sont relevées le 10 juillet 2016. Ces valeurs font parties des températures de la borne supérieure des limites de vie de

la truite brune. Sur la fin de la période on retrouve des valeurs très favorables à cette espèce, entre 17°C Et 16°C.

- Du 16 septembre au 20 novembre 2016, où l'on assiste à une égalité parfaite entre les températures de l'eau et celles de l'air. L'amplitude journalière est faible. La baisse des températures est marquée avec un minimum de 9.4°C le 13 novembre 2016. Les quelques épisodes pluvieux ne sont pas suffisants pour augmenter les débits significativement plus de 2 ou 3 jours.
- La crue du 20 novembre 2016, et la remise en eau qui en résulte sur tous les cours d'eau affluents de l'Eau salée va provoquer une augmentation de la température de l'eau, en cela aidée par la brusque élévation de la température de l'air. Par la suite, avec la diminution progressive des débits, les températures de l'Eau Salée baissent jusqu'à un minimum de 6.01°C le 17 janvier 2017. Les courbes des températures de l'eau et de l'air sont proches, celles de l'eau néanmoins supérieure à celles de l'air. Sur la fin, cette différence se réduit fortement. A partir de décembre, les températures moyennes journalières sont favorables pour la fraie des truites.

5.2.3. Les Bouillidoux

a) Station 01

Synthèse données températures station 01		
Du 15/06/2016 au 14/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	14,68	15,335
Minimum moyenne journalière	13,62 (le 25/11/2016)	0,2 (le 17/01/2017)
Maximum moyenne journalière	15,35 (le 10/07/2016)	27,9 (le 11/07/2016)
Amplitude moyenne journalière	0,87	
Amplitude minimale journalière	0,1 (le 13/10/2016)	
Amplitude journalière maximale	1,73 (le 22/11/2016)	
Température minimale	12,69 (le 22/11/2016 à 0h et 4h)	
Température maximale	16,237 (le 10, 11, 22, 26, 29, 31 juillet 2016 le 1, 3, 4, 5 août 2016 à 14h, le 05/08/2016 à 15h)	
Total degrés jour	3683 (pour 251 jours)	

Tableau 10 : Synthèse des données de la station 01 sur les Bouillidoux

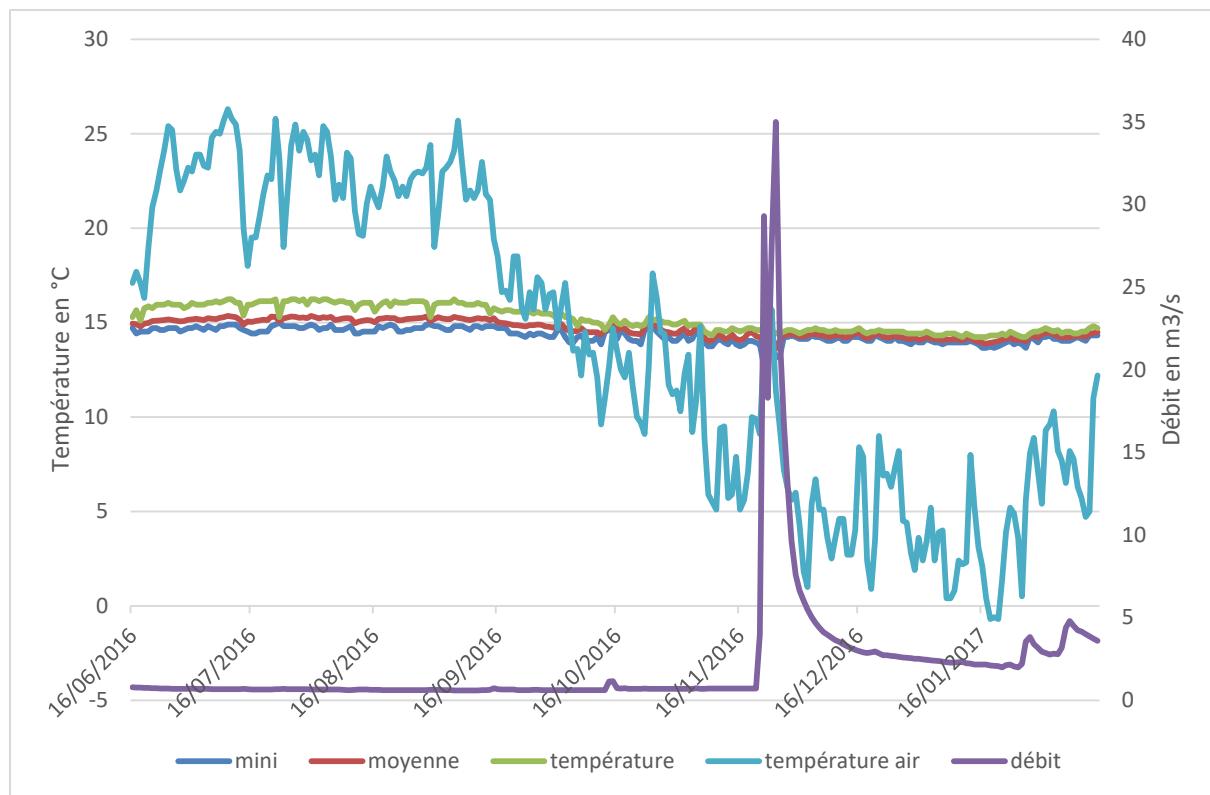


Fig. 26 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales de la station 01 par comparaison à la température de l'air et au débit de l'Argens messurés à la station de Châteauvert

Toutes les températures relevées sont caractéristiques d'une eau de source fraîche et suffisamment puissante pour résister aux températures extérieures. On observe néanmoins en été, plus qu'en hiver, une amplitude légèrement plus grande

b) Station 02

Synthèse données températures Argens amont confluence Eau Salée		
Du 15/06/2016 au 14/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	13,71	15,335
Minimum moyenne journalière	9,72 (le 19/01/2017)	0,2 (le 17/01/2017)
Maximum moyenne journalière	15,47 (le 16/06/2016)	27,9 (le 11/07/2016)
Amplitude moyenne journalière	68	
Amplitude minimale journalière	0,096 (le 13/10/2016)	
Amplitude journalière maximale	3,86 (le 21/11/2016)	
Température minimale	9,472 (le 19/01/2017 de 8h à 11h)	
Température maximale	15,855 (le 22/06/2016 de 15h à 16h et le 05/09/2016 à 16h)	
Total degrés jour	3440 (pour 251 jours)	

Tableau 11 : Synthèse des données de la station 02 sur les Bouillidoux

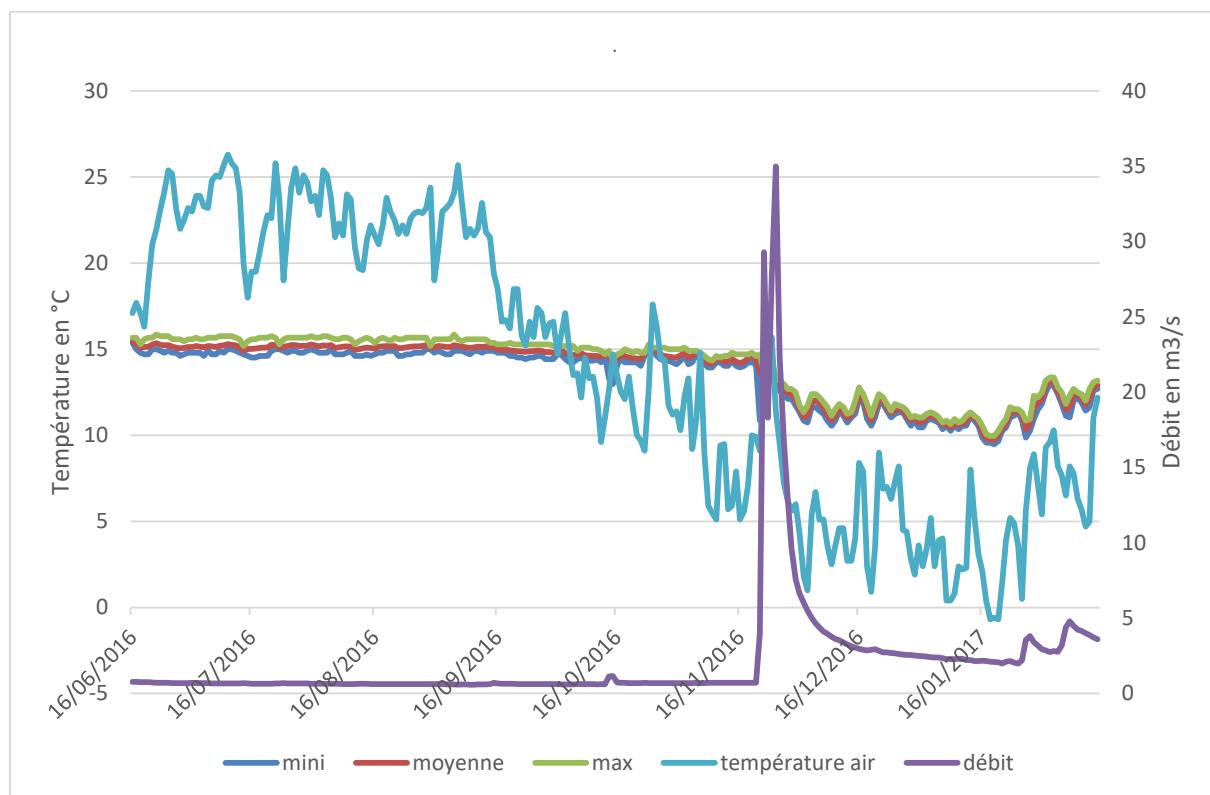


Fig. 27 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales à la station 02 en comparaison avec la température de l'air et les débits de l'Argens à Châteauvert

Tant que l'Argens est à sec en amont des Bouillidoux, la température de l'Argens est celle des sources avec très peu de variations jusqu'à la crue du 22 novembre. La remise en eau qui s'en suit provoque une chute des températures et des variations journalières influencées par le climat. Ces variations restent minimes avec simplement une baisse maximale de 9.72°C le 19 janvier 2017. Sur toute la durée de l'étude, les températures sont très bénéfiques pour le développement et la croissance des truites, par contre les valeurs hivernales sont très souvent proches (ou légèrement en deçà) de la borne haute des températures favorables pour la fraie et le développement embryonnaire des truites.

c) Station 03 aval confluence Eau Salée

Synthèse données températures Argens aval confluence Eau Salée		
Du 15/06/2016 au 14/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	13,84	15,335
Minimum moyenne journalière	8,44 (le 17/01/2017)	0,2 (le 17/01/2017)
Maximum moyenne journalière	17,42 (le 10/07/2016)	27,9 (le 11/07/2016)
Amplitude moyenne journalière	1,51	

Amplitude minimale journalière	0,1 (le 13/10/2016)
Amplitude journalière maximale	3,34 (le 30/07/2016)
Température minimale	7,88 (le 19/01/2017 de 10h à 11h)
Température maximale	18,9 (le 10/07/2016 à 17h)
Total degrés jour	3460 (pour 251 jours)

Tableau 12 : Synthèse des données de la station 03 sur les Bouillidoux**Fig. 28 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales de la station 03 sur l'Argens par rapport aux températures moyennes journalières de l'air et les débits de l'Argens à Châteauvert**

Du 16 juin 2016 jusqu'à une petite crue de 1.16m³/s le 14 octobre 2016, les températures se situent entre 15°C et 17°C, bien en deçà des températures de l'air et avec la plus grande amplitude thermique journalière de la période.

Entre le 10 octobre et le 22 novembre, l'impact des températures extérieures se fait plus sensible sur le cours d'eau, mais l'amplitude thermique journalière se réduit nettement.

Après la crue du 22 novembre, la remise en eau généralisée sur tout le bassin versant se traduit par une bonne inertie thermique de l'Argens, avec certes une baisse des températures, mais loin de la température ambiante. L'amplitude thermique journalière est très faible.

Sur la fin de la période, malgré quelques petites augmentations du débit, la température s'élève suivant en cela la température de l'air. L'analyse par « boite à moustache » des moyennes journalières de l'Argens en amont et en aval de la confluence de l'Eau Salée, et sur

l'Eau salée en amont de la confluence avec l'Argens, permet de comprendre l'importance des sources des Bouillidoux et de l'Eau salée sur la thermie de l'Argens à Châteauvert.

Pour mieux visualiser, nous avons séparé la période en 2, avant et après l'évènement majeur que constitue la crue du 22 novembre 2016.

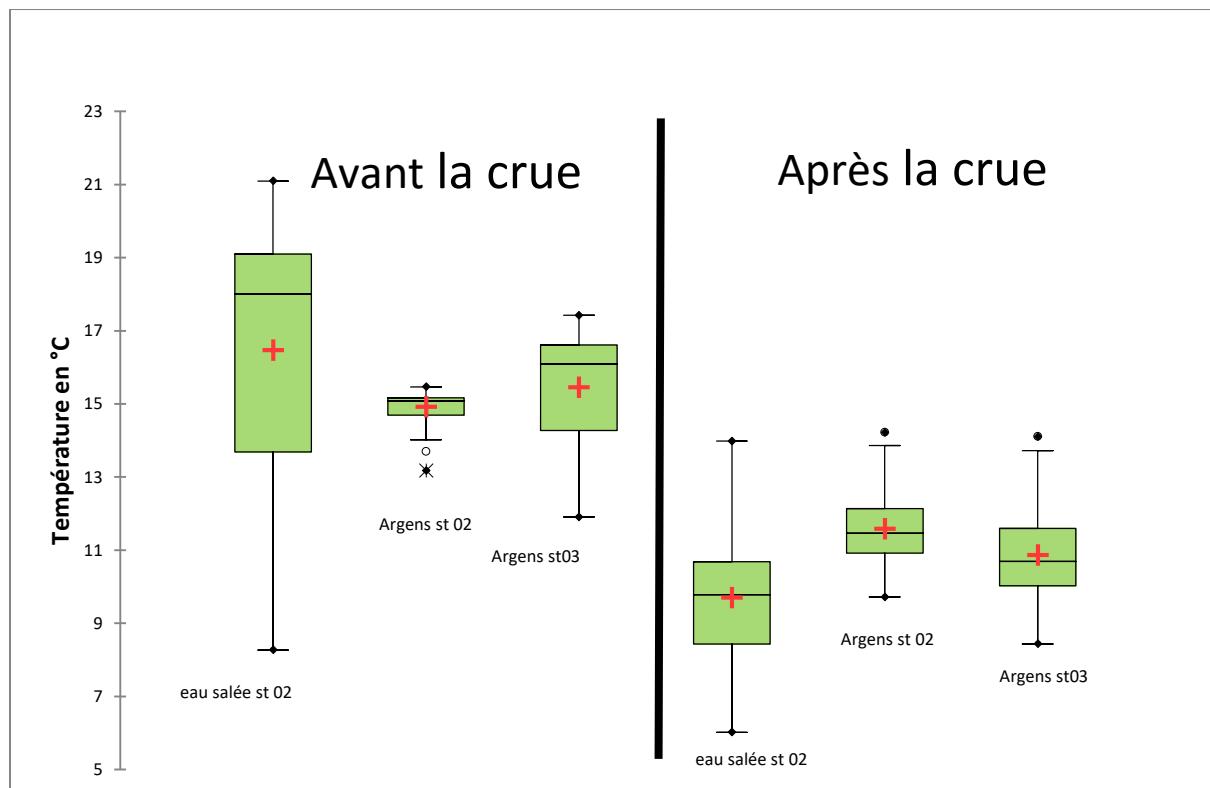


Fig. 29 : Box plots des moyennes journalières sur l'Argens amont et aval la confluence de l'Eau Salée, la station amont confluence avec l'Argens sur l'Eau Salée, avant et après la crue du 20 novembre 2016

La forte stabilité des températures de l'Argens uniquement alimenté par les sources des Bouillidoux et l'important débit qu'elles confèrent au cours d'eau au niveau de la confluence, tamponnent fortement les variations apportées par l'Eau Salée pendant la période avant la crue. Les températures de l'Argens restent très favorables à la croissance des truites. L'influence des Bouillidoux se fait aussi sentir après la crue du 22 novembre où l'Argens fluctue nettement moins que l'Eau salée dans cette période. Les conditions thermiques sont très favorables pour les truites avec 50% des valeurs comprises entre 10°C et 11.6°C. Seulement 6 jours ont des températures moyennes journalières qui dépassent légèrement les 12°C, borne supérieure de l'optimum pour la reproduction de la truite.

d) Complément lié à l'étude Aquapédia®



Fig. 30 : Evolution des températures moyennes journalières sur la station en amont des Bouillidoux (ARG04) et en aval des Bouillidoux (ARG05) entre le 28/06/2016 et le 31/10/2013

La sécheresse de 2016 a provoqué la mise à sec de l'amont des Bouillidoux. L'importance des apports de ces sources est alors très nettement visible avec :

- une atténuation des températures estivales permettant un rafraîchissement extrêmement favorable aux espèces d'eau froide comme la truite.
- Un réchauffement hivernal permettant une croissance optimale durant une période où, généralement, les eaux froides constituent un ralentissement important de la croissance des truites. Si, à l'aval immédiat des sources, ces effets sont manifestes, l'importance des Bouillidoux (complétée par les apports de l'Eau Salée) se fait sentir jusqu'à Vallon Sourn, secteur de gorges en aval, site majeur pour la population de truite de l'Argens. Les 2 graphiques suivants illustrent ces propos.

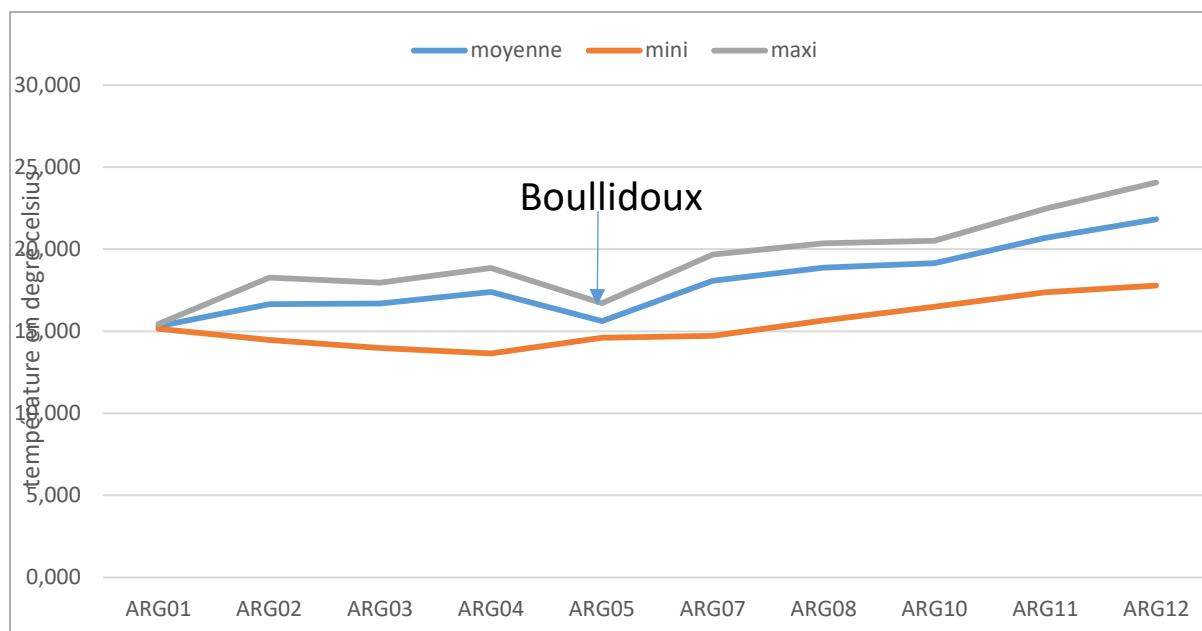


Fig. 31: Evolution de la température moyenne estivale et des minima et maximum relevées sur les stations de l'Argens en 2012

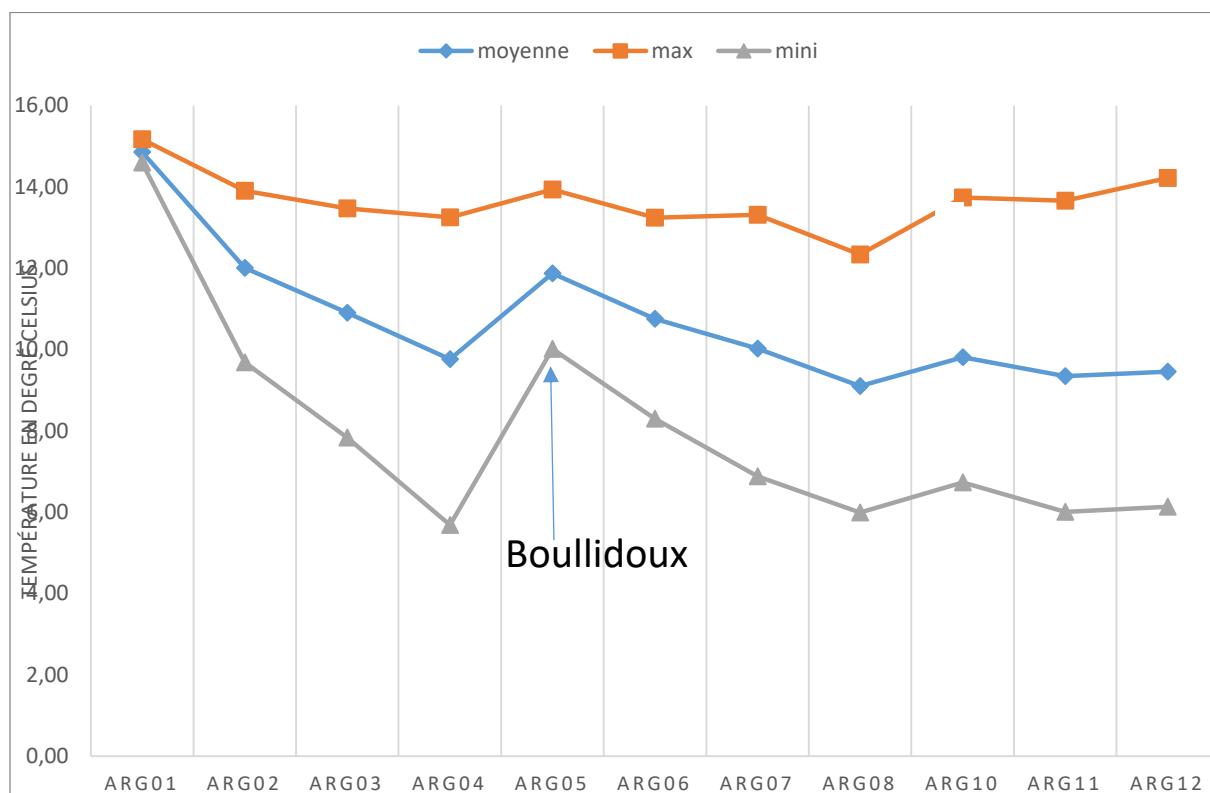


Fig. n° 31bis: Evolution de la température moyenne hivernale et des minima et maximum relevées sur les stations de l'Argens en 2012

5.2.4. La Foux

a) Station 01

Synthèse données températures station 01	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Du 15/06/2016 au 20/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	14,69	15,5
Minimum moyenne journalière	14,357 (le 17/01/2017)	-0,9 (le 17/01/2017)
Maximum moyenne journalière	14,883 (le 15/09/2016)	27,6 (le 24/06/2016)
Amplitude moyenne journalière	0,13	
Amplitude minimale journalière	0 (le 13/10, 30/11, 10/12, 11/12/2016; 04/01, 05/01, 06/01, 08/01, 09/01, 09/01, 13/01, 14/01, 25/01, 04/02, 06/02, 07/02, 0/02, 13/02, 15/02/2017)	
Amplitude journalière maximale	1,15 (le 15/09/2016)	
Température minimale	13,654 (le 24/01/2017 à 6h)	
Température maximale	15,855 (le 15/09/2016 à 1h)	
Total degrés jour	3668 (pour 251 jours)	

Tableau 13 : Synthèse des données de la station 01 sur la Foux

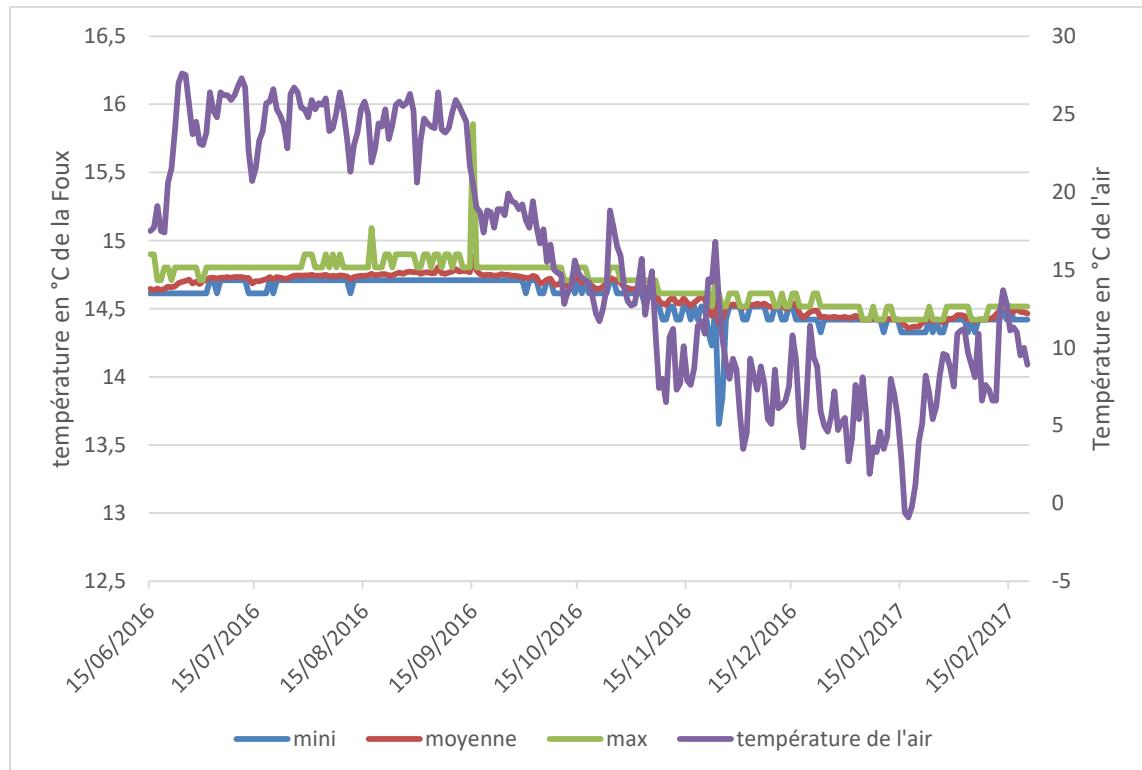


Fig. 32 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales de la source de la Foux par rapport à la température moyenne journalière de l'air à Draguignan

Très faible variation sur la période, très faible amplitude thermique journalière, tout cela caractérise bien les conditions thermiques que l'on trouve dans les sources, si ce n'est que la moyenne (à affiner sur un cycle annuel) des moyennes journalières est plus élevée que ce que l'on rencontre normalement sur le secteur (généralement 13°C).

b) Station 02

Synthèse données températures station 02	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Du 15/06/2016 au 20/02/2017		
Moyenne des températures journalières	14,91	15,5
Minimum moyenne journalière	13,74 (le 09/11/2016)	-0,9 (le 17/01/2017)
Maximum moyenne journalière	16,28 (le 15/09/2016)	27,6 (le 24/06/2016)
Amplitude moyenne journalière	1,55	
Amplitude minimale journalière	0,29 (le 04/11/2016)	
Amplitude journalière maximale	3,91 (le 22/09/2016)	
Température minimale	12,4 (le 24/11/2016 à 8h)	
Température maximale	18,81 (le 15/09/2016 à 2h)	
Total degrés jour	3743 (pour 251 jours)	

Tableau 14 : Synthèse des données de la station 02 sur la Foux

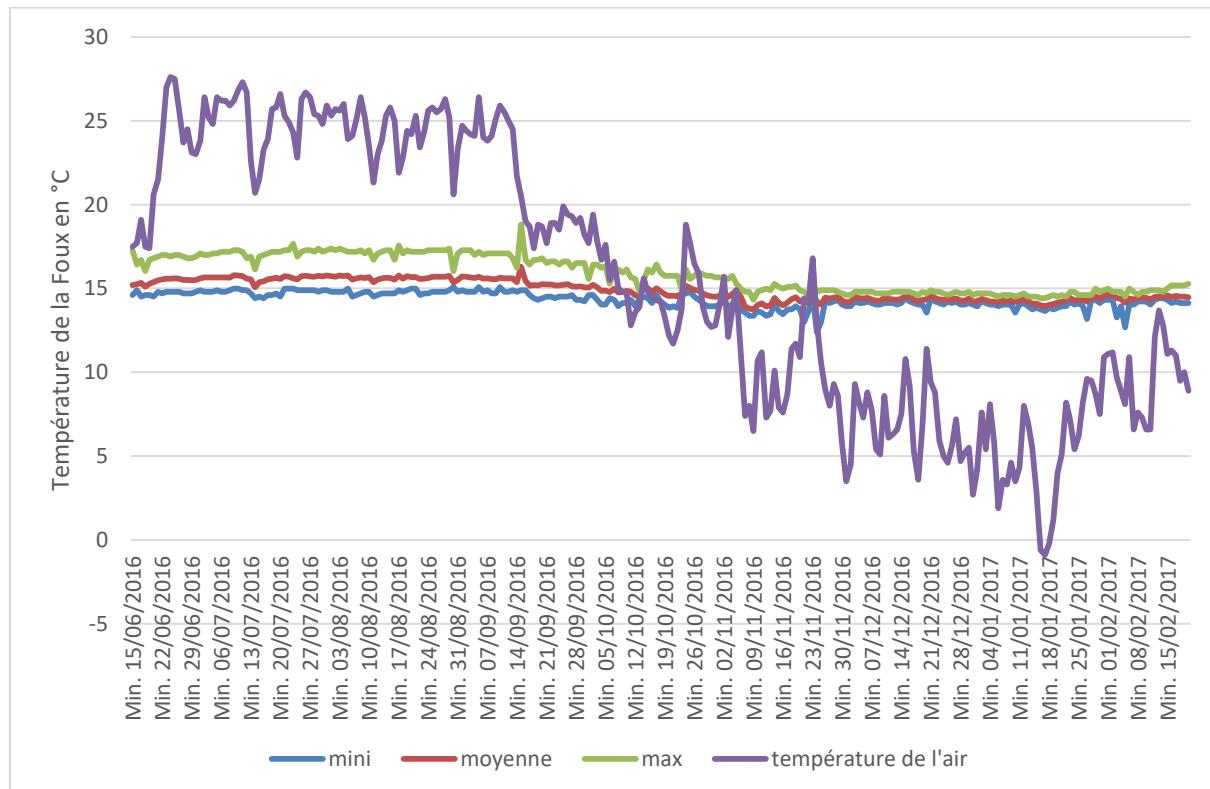


Fig. 33 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales de la Foux en amont de la confluence avec la Nartuby par rapport à la température moyenne journalière de l'air à Draguignan

Après 900m d'écoulement très artificialisé depuis la source, on arrive à la station 02 avant que la Foux se jette dans la Nartuby. Peu de différence avec la station précédente si ce n'est une augmentation de la température moyenne et une amplitude thermique journalière plus élevée jusqu'au 22 novembre 2016. En 4 jours à partir du 21 novembre 2016, il sera tombé 288mm de pluie. La source est entrée en crue et l'augmentation du débit s'est poursuivie jusqu'à quasiment la fin de la période, cela permet une plus grande stabilité des températures, l'amplitude thermique étant très faible.

c) Station 03

Synthèse données températures station 03		
Du 15/06/2016 au 20/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	14,95	15,5
Minimum moyenne journalière	11,26 (le 01/12/2016)	-0,9 (le 17/01/2017)
Maximum moyenne journalière	17,49 (le 15/09/2016)	27,6 (le 24/06/2016)
Amplitude moyenne journalière	2,27	
Amplitude minimale journalière	0,19 (le 13/10/2016)	
Amplitude journalière maximale	4,48 (le 07/07/2016)	
Température minimale	10,651 (le 01/12/2016 de 9h à 10h)	
Température maximale	19,567 (le 09/07/2016 à 15h)	
Total degrés jour	3753 (pour 251 jours)	

Tableau 15 : Synthèse des données de la station 03 sur la Foux

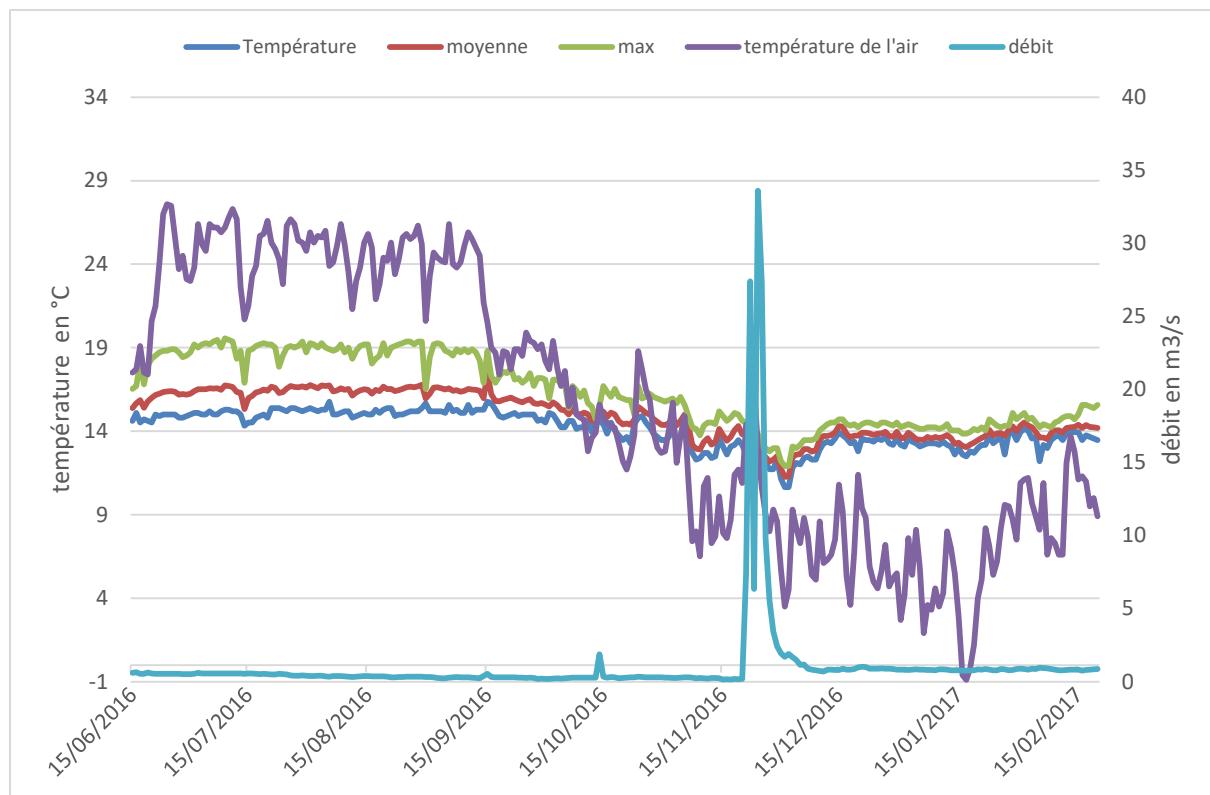


Fig. 34 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales de la Nartuby après la confluence de la Fouix par rapport à la température moyenne journalière de l'air à Draguignan et du débit de la Nartuby à Trans en Provence

Jusqu'à la crue de novembre, la Nartuby ne coule que par les apports de la Fouix. Le large lit de la nartuby favorise un étalement de la lame d'eau et entraîne en été un réchauffement de l'eau. Ce réchauffement reste réduit grâce au débit et à la température de la Fouix lorsqu'elle arrive à la confluence. Ce qui est marquant c'est l'amplitude thermique qui atteint au maximum 4.48°C. Lors de la remise en eau de toute la nartuby, dans un premier temps on observe une baisse de la température et une contraction de l'amplitude thermique journalière, puis rapidement la température moyenne remonte pour se stabiliser au alentour de 14°C. Sur la fin de la période après l'arrêt de l'écoulement amont, l'amplitude thermique journalière reprend de l'ampleur (2.11°C les deux derniers jours). Si on analyse les températures estivales, grâce à la Fouix, la température moyenne de la Nartuby résiste bien aux fortes températures ambiantes, on ne dépasse légèrement que de quelques heures la borne haute de l'optimum thermique de la truite. Tout au long de la période, la truite trouve des conditions thermiques favorable à sa croissance. Par contre les températures hivernales sont hautes pour la fraie et l'embryogénèse de la truite.

5.2.5. Le torrent de l'Izard à Arvieux

a) Station 01

Synthèse données températures station 01		
Du 10/08/2016 au 15/02/2017 (thermomètre hors d'eau du 01/10 au 24/10/2016)	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	5,59	3,97
Minimum moyenne journalière	1,87 (le 15/01/2017)	-11,8 (le 16/01/2017)
Maximum moyenne journalière	9,92 (le 14/08/2016)	19,2 (le 25/08/2016)
Amplitude moyenne journalière	2,08	
Amplitude minimale journalière	0,531 (le 18/01/2017)	
Amplitude journalière maximale	5,72 (le 11/08/2016)	
Température minimale	1,112 (le 05/11/2016 à 2h)	
Température maximale	13,365 (le 1/08/2016 à 15h)	
Total degrés jour	459 (pour 166 jours)	

Tableau 16 : Synthèse des données de la station 01 sur le torrent de l'Izard

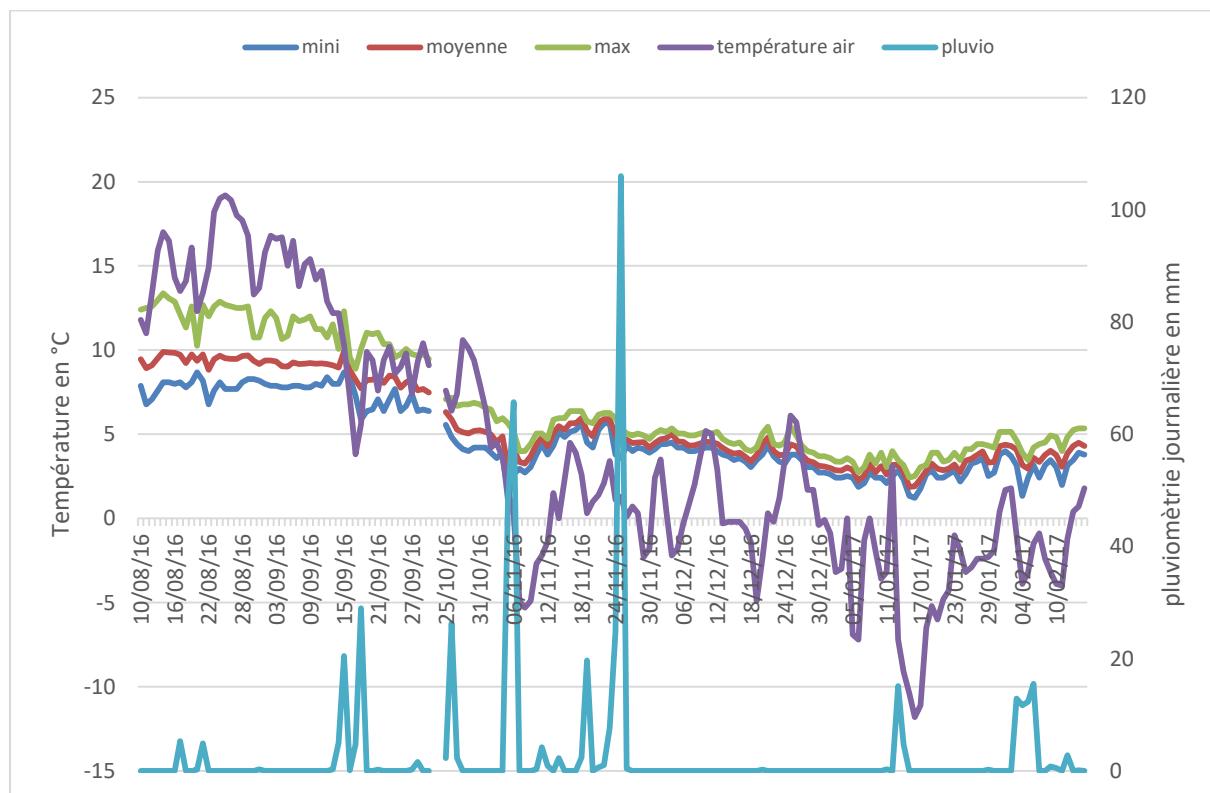


Fig. 35 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales du torrent de l'Izard en amont des sources par rapport à la température journalière à Arvieux

Avec de très faibles débits jusqu'au 6 novembre (il y a même une période où l'écoulement est si faible que le thermomètre est hors d'eau du 01/10/2016 au 24/10/2016), les réactions thermiques du cours d'eau sont sous l'influence marquée des conditions extérieures.

Néanmoins, les eaux restent fraîches avec une grande amplitude thermique. Avec la remise en eau suite à la succession des épisodes pluvieux, la thermie du cours d'eau est plutôt stable, résistant bien par exemple au grand froid du 16 janvier 2017. La moyenne de cette période se situe en dessous de 5°C, température suffisamment basse pour réduire considérablement l'activité des truites.

A 5°C la reproduction de la truite est difficile, voire bloquée, dans la littérature, le seuil de 6-7°C apparaît comme minimum pour la reproduction (les œufs eux nécessitent à une température de 2°C à 6°C pour l'incubation). Même pour l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) qui peut par hyperglycémie résister à des basses températures, ces conditions ne sont pas favorables.

b) Station 02

Synthèse données températures station 02		
Du 10/08/2016 au 15/02/2017	Température en °C de l'eau	Température en °C de l'air
Moyenne des températures journalières	7	3,97
Minimum moyenne journalière	6,877 (le 27/11/2016)	-11,8 (le 16/01/2017)
Maximum moyenne journalière	7,04 (le 11/09/2016)	19,2 (le 25/08/2016)
Amplitude moyenne journalière	0,06	
Amplitude minimale journalière	0	
Amplitude journalière maximale	0,1	
Température minimale	6,877	
Température maximale	7,079	
Total degrés jour	1329 (190jours)	

Tableau 17 : Synthèse des données de la station 02 sur le torrent de l'Izoard



Fig. 36 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales de la source en rive gauche en rapport avec la pluviométrie journalière à Arvieux

Toutes les données caractérisent une eau de source de haute altitude avec un débit puissant.

c) Station 03

Synthèse données températures station 03	
Du 10/08/2016 au 15/02/2017	Température en °C de l'eau
Moyenne des températures journalières	6,7
Minimum moyenne journalière	4,6 (le 06/11/2016)
Maximum moyenne journalière	7,87 (le 14/09/2016)
Amplitude moyenne journalière	0,61
Amplitude minimale journalière	0 (le 18/11/2016)
Amplitude journalière maximale	2,822 (le 5/11/2016)
Température minimale	2,73 (le 05/11/2016 à 22h)
Température maximale	8,68 (le 14/02/2016 de 13h à 15h)
Total degrés jour	1273 (pour 190 jours)

Tableau 18 : Synthèse des données de la station 03 sur le torrent de l'Izard



Fig. 37 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales du torrent de l'Izard en aval des sources en rapport avec la pluviométrie journalière et la température de l'air à Arvieux

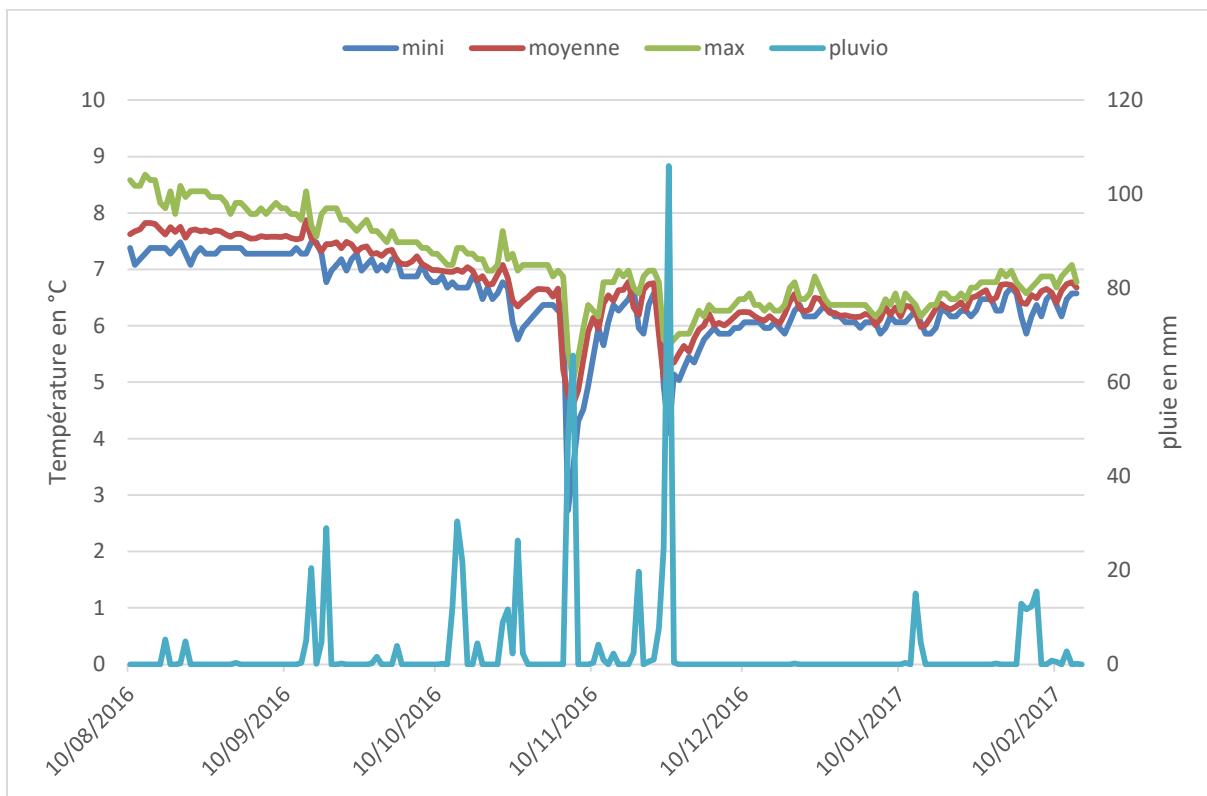


Fig. 38 : Evolution des températures journalières minimales, moyennes et maximales du torrent de l'Izard en aval des sources en rapport avec la pluviométrie journalière à Arvieux

Trois remarques à l'analyse des graphiques ci-dessus :

- Les deux épisodes majeurs (le 5 et 6 novembre avec 116mm de pluie et le 25 novembre avec 106mm de pluie) provoquent deux crues du torrent qui sont suffisamment fortes pour impacter fortement la thermie en aval de la zone des sources d'Arvieux.
- L'amplitude thermique journalière jusqu'à la crue du 6 novembre est la plus forte de la période
- Après les deux crues, l'amplitude thermique journalière se réduit. Elle augmente à nouveau dès janvier 2017 avec l'installation de l'étiage hivernal, en amont de la zone de source. Grâce aux sources, la température de l'eau résiste bien aux rudes conditions climatiques de la vallée. Par exemple, avec une période de trois jours où la température extérieure descend à -11°C, la température de l'eau ne réagit pratiquement pas avec simplement une diminution de 0.2°C sur les températures moyennes journalières.

L'importance des sources se fait clairement sentir lorsqu'on analyse le graphique ci-dessous. Baisse de la température en été et élévation de la température en hiver en aval des sources par rapport à l'amont du torrent de l'Izard. Les conditions de température pour la reproduction de la truite sont satisfaisantes dès la mi-novembre, époque du début du fraie en zone de montagne.

Par contre les températures restent basses pour la croissance des truites, mais la stabilité thermique plus forte limite les variations des températures d'une journée sur l'autre. L'apport majeur des sources reste bien évidemment l'augmentation du débit et de l'habitat qui l'accompagne.



Fig. 39 : Evolution des températures moyennes journalières du torrent de l'Izard et des sources d'Arvieux

Du fait de l'importance de leurs apports en termes de débit et de leurs constances thermiques, les sources Triasiques assurent, en plus du rôle de soutien d'étiage, celui de tampon thermique, favorisant ainsi le maintien et le développement des espèces poïkilothermes les plus exigeantes, comme la truite fario.

5.3. La physico-chimie

5.3.1. Les eaux des sources

Code station	Date	PH Labo	Calcium dissous (mg/l)	Magnésium dissous (mg/l)	Sodium dissous (mg/l)	Potassium dissous	Chlorures (mg/l)	Sulfates SO4 (mg/l)	Temp mesure PH (°c)	Titre Alcalimétrique complet (°F)	Hydrogénocarbonates CO3H
Arvieux Source salée	16/02/2017	7,6	441	68,30	2,10	<1,00	2,8	1220	19,8	15,1	185
Bras Gours Benis	16/02/2017	7,4	143	21,10	7,20	1,5	20,1	129	19,5	30,6	374
Chateauvert Bouillidoux RG	16/02/2017	7,5	172	30,80	563,00	20,2	880	307	19,6	28,6	349
Trans en provence La Foux	16/02/2017	7,3	408	59,50	727,00	17,7	1170	991	19,4	23,1	282
Eau Salée	16/02/2017	7,4	196	62,10	2060,00	89,5	3140	546	19,8	31	378

Deux sources se différencient nettement : la Source de l'eau salée avec une très forte teneur en sodium (2060mg/l), preuve de la présence d'halite (NaCl) et la source d'Arvieux avec sa forte concentration en sulfates (1220mg/l), indiquant une dominance du gypse dans les terrains infiltrés.

Entre les deux, on va trouver la Foux moins riche en sels que la source de l'Eau Salée, mais plus riche qu'elle en sulfate. Les Bouillidoux sont, elles, caractérisées par plus de sodium que de sulfates. Les gours bénits, comme on peut s'y attendre, ont des teneurs faibles en sulfate et en sodium, mais ces 2 éléments marquent l'appartenance de ces sources au complexe triasique.

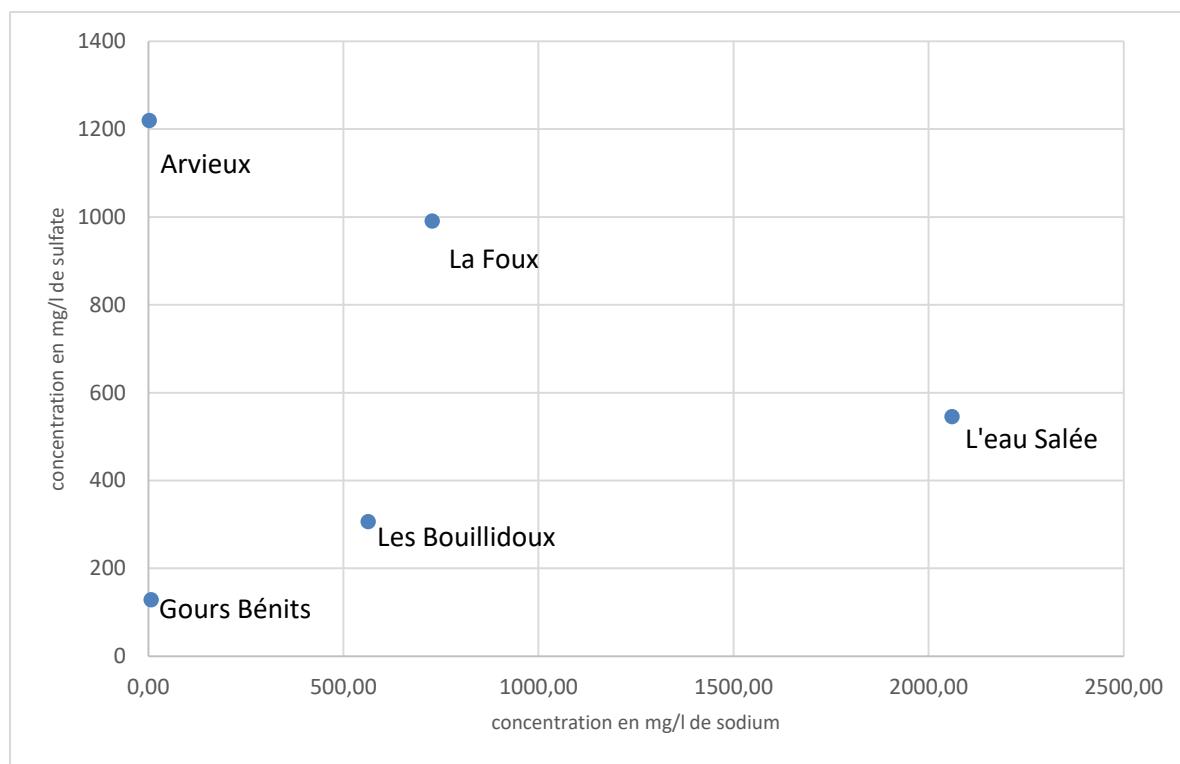


Fig 40 : répartition des sources en fonction de la concentration en sodium et en sulfate

5.3.2. Analyse des données physico-chimiques des stations

a) Les Gours Bénits

Les Gours Bénits								
amont source	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	21/02/2017	28	784	12,46	115,7	10,5	10,3	8,49
station 01	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	28/10/2016	61	858	8,35	83,6	11	14	8,25
	21/02/2017	120	772	8,18	81,3	14,2	14,4	7,55
station 02	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	28/10/2016	87	875	9,54	91	11,4	12,3	8,22
	21/02/2017	271	590	10,18	97,6	11,8	12,8	8,19
station 03	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	28/10/2016	102	858	9,53	89	11	10,8	8,2
	21/02/2017	288	787	10,67	101,5	11,7	12,5	8,3
station 04	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	28/10/2016	115	762	10,15	95,8	11	11,5	8,6
	21/02/2017	1253	660	10,57	101,8	12,3	12,8	8,4
Station Diren bras pont des allées	date	Débit en l/s						
	28/10/2016	140						
	21/02/2017	250						

Tableau 19 : données physico-chimiques relevées sur les Gours Bénits

Le Cauron, en amont des Bouillidoux (station amont Source), montre une conductivité un peu élevée pour un cours d'eau karstique. Cette plus forte conductivité traduit sûrement déjà une contamination du cours d'eau par le complexe triasique. La concentration et le pourcentage de saturation élevés de l'oxygène, dans un cours d'eau avec un faible courant, traduit une activité de photosynthèse importante, activité photosynthétique confirmée par un pH haut.

A la station 01, plus le débit est faible et plus la conductivité est élevée. Cela traduit une présence plus profonde du niveau triasique contenant du gypse, dès que le volume du karst augmente la dilution s'effectue avec des eaux moins chargées en sulfates. Cette constatation est valable pour toute les stations sur le Cauron (station 02, 03). En période d'étiage, le faible brassage se traduit par un faible apport d'oxygène dans l'eau, les concentrations en oxygène sont faibles.

b) L'Eau Salée

Eau Salée								
Station 0	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	21/02/2017	9	601	12,59	113	12	9,1	8,92
station 01	date	Débit en l/s	Conductivité en µs/cm	O2 g/l	O2 en %	T°air en °C	T° eau en °C	PH en UpH
	14/06/2016	111	10850	8,22	86,7	18,2	15,9	7,65
	19/10/2016	69	11220	9,45	93,7	14	14	7,64
	21/02/2017	210	6750	11,6	115	14	14,2	8,71
station 02	date	Débit en l/s	Conductivité en µs/cm	O2 g/l	O2 en %	T°air en °C	T° eau en °C	PH en UpH
	19/10/2016	73	10060	10,48	99,8	11,6	12,3	8,42
Station 03	date	Débit en l/s	Conductivité en µs/cm	O2 g/l	O2 en %	T°air en °C	T° eau en °C	PH en UpH
	19/10/2016	195	5080	11,3	105	10,6	12,4	8,44
Station 04	date	Débit en l/s	Conductivité en µs/cm	O2 g/l	O2 en %	T°air en °C	T° eau en °C	PH en UpH
	14/06/2016	216	5280	7,61	82,2	19,5	17,3	8,13
	19/10/2016	172	4610	10,87	102,1	11,4	11,8	8,59
	21/02/2017	499	3140	13,28	125,9	12	12,04	8,75

Tableau 20 : données physico-chimiques relevées sur l'Eau salée

La station 0, en eau seulement à la campagne hivernale, se caractérise par une eau de milieu karstique traditionnel dans la région, comme le montre la conductivité. La surconcentration en oxygène, dans un cours d'eau à très faible débit, ne peut être due qu'à l'activité photosynthétique, hypothèse confirmée par la très haute valeur du pH.

Ce qui saute aux yeux immédiatement lorsqu'on regarde la station 01, c'est l'exceptionnelle valeur de la conductivité dont nous avons vu l'explication précédemment, avec la présence de sodium, chlorure et à un degré moindre de sulfate. Plus le débit baisse plus la conductivité monte, lorsque le débit augmente la conductivité baisse. La teneur en oxygène et le taux de saturation restent hauts mais traduisent une situation bien plus précaire que ce que ces valeurs de phase claire (production photosynthétique) le laissent paraître. En effet, les algues brunes reposent sur une vase issue de la décomposition des mattes végétales de couleur noire, preuves d'une dégradation sous très faible concentration en oxygène. C'est cette même situation inquiétante que l'on retrouve à la station 02 en octobre. La situation s'améliore en février, après la crue de novembre qui a régénéré le milieu en emportant la plus grande partie des zones de vase. La station 03 en octobre, comme nous l'avons vu, était sûrement sous l'effet de la fin d'une éclusée de la microcentrale du Fauvery. La dilution par des eaux provenant de milieu calcaire traditionnel se traduit par une conductivité en baisse. Effet de l'éclusée plus effet de la végétation expliquent la forte concentration en oxygène. Pour la station 04 en juin, les 100l/s apportés par les bassins du Fauvery, du ruisseau des Ecrevisses et du vallon de Véounes font baisser de moitié la conductivité de l'Eau Salée. La sous saturation en oxygène traduit une auto-épuration active du rejet de la station d'épuration de Barjols. On remarquera aussi la faible amplitude thermique entre la source et l'Eau Salée à l'approche de la confluence avec l'Argens (1.4°C). En octobre, la station est, comme la station précédente, sous l'effet de la fin de l'éclusée. La prolifération végétale s'est installée et l'activité photosynthétique se traduit par un pH élevé. Le compartiment végétal s'est réinstallé en février

après le décapage qu'il a subi avec la crue de novembre, réinstallation favorisée par les apports en sels minéraux de la station d'épuration de Barjols.

c) Les Bouillidoux

Bouillidoux (Argens)								
Station 0	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	21/02/2017	848	589	11,59	108	12	11,4	8,51
chenal bouillidoux	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	14/06/2016	31	4170	6,47	67,1	18,6	15,4	7,48
	21/02/2017	68	3440	7,33	71,18	8	14	7,68
station 01	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	14/06/2016	512 l/s	3610	6,79	70,7	16,9	15,6	7,65
	19/10/2016	401	4010	7,43	74,7	13,7	14,7	8,29
	21/02/2017	1572	1751	9,58	88,2	8	11,3	7,99
station 02	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	14/06/2016	712	4110	8	84,7	16,3	17,5	7,82
	19/10/2016	419	4160	10,16	100,6	14,2	14,2	8,36
	21/02/2017	1936	2097	10,6	96,1	8	10	8,19
station 03	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	19/10/2016	431	10060	10,6	103	13,8	13,7	8,44
station DIREN Chateauvert	date	Débit en l/s						
	14/06/2016	750						
	19/10/2016	690						
	21/02/2017	2980						

Tableau 21 : données physico-chimiques relevées sur les Bouillidoux

La station 0, en amont des sources des Bouillidoux, est caractérisée par des eaux issues des massifs calcaires. Brassage plus activité végétale expliquent la concentration en oxygène. Les eaux provenant quasiment directement des sources (station chenal Bouillidoux) sont naturellement fortement conductives, peu oxygénées et avec un pH légèrement basique.

On retrouve ces mêmes caractéristiques à la station 01 tant que l'Argens ne coule pas en amont (juin, octobre), lorsque c'est le cas la conductivité baisse, le pH augmente mais le taux de concentration reste bas.

Après l'apport de l'Eau Salée et ses eaux fortement conductives, la conductivité augmente en juin et février (pour octobre nous nous trouvons toujours avec le handicap des effets de l'éclusée de la microcentrale du Fauvery).

Si la saturation en oxygène n'est pas atteinte en juin, avec 8mg/l, valeur qui fluctue peu tout au long de la journée car la couverture végétale est peu développée, on trouve des conditions d'oxygène très favorables pour la faune et en particulier pour les poissons exigeants comme la truite. Après la reconnexion du cours d'eau évidemment la conductivité baisse, la teneur en oxygène est soutenue par la photosynthèse et atteint une valeur élevée.

d) La Foux

La foux								
station 01	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	14/06/2016	504	5390	5,82	60,8	23,3	15,5	7,25
	21/02/2017	657	5060	6,21	62,8	14	15	7,64
station 02	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	14/06/2016	524	5380	8	87,1	24,3	17,7	7,34
	21/02/2017	674	5020	9,28	93,7	14	15,2	7,73
station 03	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	14/06/2016	568	5390	9,84	106,4	20,6	18,3	7,92
	21/02/2017	648	4930	11,06	118,9	15	15,8	8,46
Station Diren trans en provence	date	Débit en l/s						
	14/06/2016	550						
	21/02/2017	820						

Tableau 22 : données physico-chimiques relevées sur La Foux

La station 01 est caractéristique des eaux brutes issues de la source (forte conductivité, faible teneur en oxygène, pH proche de la neutralité) et ce sur les deux campagnes.

Les choses changent peu à la station 02, si ce n'est que l'écoulement, même s'il s'effectue dans un environnement très artificialisé, se traduit par une augmentation de la concentration en oxygène sans pour autant atteindre la saturation, mais en on s'en approche en période de hautes eaux en février. Une fois arrivée dans la Nartuby, l'étalement de la lame d'eau favorise le développement végétal qui provoque un apport en oxygène, apport traduit par la sursaturation et l'augmentation du pH.

Même avec les fluctuations journalières dues à l'alternance phase claire et sombre, la concentration en oxygène est favorable aux salmonidés.

e) Le torrent de l'Izoard à Arvieux

Sources Arvieux								
Station 0	date	Débit en l/s	Conductivité	O2 g/l	O2 en %	T°air	T° eau	PH
	09/08/2016	47	340					
	15/02/2017	37	463	10,42	95,4	4	5,5	7,77
station 01	date	Débit en l/s	Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	O2 g/l	O2 en %	T°air en °C	T° eau en °C	PH en UpH
	09/08/2016	288	1420					
	15/02/2017	220	2160	5,04	48,1	4	6,4	7,61
station 02	date	Débit en l/s	Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	O2 g/l	O2 en %	T°air en °C	T° eau en °C	PH en UpH
	09/08/2016	408	1477					
	15/02/2017	396	1938	9,73	93,8	4	8,1	7,99

Tableau 23 : données physico-chimiques relevées sur le torrent de l'Izoard

Même avec un très faible débit, la concentration en oxygène est forte, proche du taux de saturation. La conductivité est forte pour un massif comme le Queyras, mais faible pour un environnement calcaire. La source en rive gauche est comme toutes les sources peu oxygénées, mais la valeur est particulièrement basse car la mesure a été prise juste en amont de la confluence avec le torrent après une bonne trentaine de mètres où l'eau a fortement ruisselé. La situation pour l'oxygène s'améliore à la station 02 sans pour cela atteindre la saturation. Avec près de 10mg/l, la concentration en oxygène est très favorable pour les salmonidés.

La physico chimie révèle la présence de sulfates et de sodium dans les eaux de chacune des sources étudiées avec des variations fortes selon leur localité. Si l'oxygénation et le PH sont relativement bas au niveau des sources, les valeurs dans les cours d'eau augmentent globalement vers l'aval grâce à la photosynthèse.

5.4. Le peuplement benthique

5.4.1. Les IBGN DCE

Les tableaux complets et les cartographies des stations sont en annexe n°1 de ce rapport.

a) Le Cauron

Date : 27/10/2016

Station	Cauron St 01	Cauron St 02	Cauron St 03	Argens St 04
Richesse	15	21	14	19
Total (nb ind)	511	1209	684	1202
Densité (nb ind/m ²)	1277	3022	1710	3005
Taxons indicateur (G.I.)	Ephemeridae (6)	Philopotamidae (8)	Ephemeridae (6)	Ephemeridae (6)
Note IBGN /20	10	14	10	11
Note IBGN consolidée /20	9	11	8	8
Dominants 1	Gammaridae (47%)	Elmidae (25%)	Gammaridae (39%)	Gammaridae (63%)
Dominants 2	Ephemeridae (20%)	Gammaridae (25%)	Elmidae (17%)	Oligochètes (21%)
Dominants 3	Oligochètes (12%)	Chironomidae (18%)	Simulidae (13%)	Elmidae (5%)

Tableau 24 : Résultats des IBGN DCE sur la zone d'influence des Gours Bénits

La rivière, en amont de la station 01, est à sec depuis plusieurs mois.

Malgré plus de 60 l/s apportés par les Gours Bénits, l'écoulement est à dominance lentique sur le Cauron. Le substrat est peu biogène avec quelques blocs posés sur un lit d'argile. On trouve aussi en petites quantités des dépôts de matière organique, principalement des débris foliaires.

La note IBGN de 10 (station 01), avec la dominance des gammarides puis des éphémérides suivies par les oligochètes traduit bien la situation moyenne de la station. La richesse taxonomique et la densité sont relativement faibles, trahissant un milieu peu productif et peu diversifié en termes d'habitats.

A la station 02, la note de 14 dénote un bon état hydrobiologique. La richesse et la densité augmentent par rapport à la station amont, témoignant d'un milieu plus accueillant. Le peuplement est dominé par les Elmidae, les Gammaridae et les Chironomidae. Cet état traduit un rejet de la station d'épuration de Bras sans impact majeur sur le cours d'eau. Un milieu plus diversifié et avec un débit grossi par tous les apports non salés de l'ensemble « Gours Bénits » (malgré les prélèvements agricoles) permet de mettre en place des conditions auto-épuratoires suffisamment importantes. La note consolidée de 11 indique que la situation reste néanmoins précaire.

Les deux autres stations (station 03 sur le Cauron et station 04 sur l'Argens après la confluence du Cauron) ont des notes moyennes, avec des richesses et des densités relativement faibles, qui s'expliquent par un encroûtement total du substrat qui pénalise fortement les stations en termes d'habitat.

Notes sur l'écologie de certains taxons

Quelques taxons, exigeants vis-à-vis de certains paramètres de leur environnement telle que la température, ont une signification écologique marquée. Parce qu'ils sont souvent en faible nombre dans les prélèvements, il est important de mettre leur présence en relief. Ces taxons à forte signification écologique appartiennent essentiellement aux ordres des Plécoptères, des Trichoptères, des Ephéméroptères ou des Coléoptères.

- Les Plécoptères

On trouve très peu de Plécoptères sur les stations du Cauron. En effet, seuls quelques *Leuctra* sont présents uniquement sur la station 02. Leurs exigences sont assez différentes en fonction de l'espèce. Ils vivent de manière générale plutôt dans des eaux oligotrophes.

- Les Ephéméroptères

Il y a peu de diversité pour cet ordre. On trouve des *Baetis* et des *Ephemera* sur l'ensemble des stations. Ces taxons sont des taxons banaux peu polluo-sensibles. *Ephemera. danica* est une espèce à cycle semivoltin colonisant le rhithral-epipotamal de cours d'eau présentant un substrat meuble, dans lequel elle creuse des galeries. Elle est commune et largement distribuée en France, et est assez polluosensible.

Caenis et *Ecdyonurus* sont présents sur les stations 01 et 02 et sont également des taxons communs avec des exigences très différentes selon les espèces.

- Les Trichoptères

On note la présence du Philopotamidae *Wormaldia*. C'est un genre typique des cours d'eau méditerranéens. C'est une espèce très polluo-sensible vivant préférentiellement dans les milieux oligotrophes (pauvres en phosphore et azote) de la zone supérieure du rhithron.

Rhyacophila est présent sur les stations 02, 03 et 04. La présence des différentes espèces de ce genre est déterminée par le régime thermique des cours d'eau, certaines étant eurythermes comme *Rhyacophila dorsalis* et d'autres sténothermes d'eau froide comme *Rhyacophila vallisclausae*.

- Les Coléoptères

On remarque une grande représentativité des Elmidae (*Limnius*, *Riolus*, *Esolus*, *Elmis*, *Oulimnius*), ce qui est souvent le cas dans les cours d'eau calcaires fortement minéralisés.

b) **L'Eau Salée**

Date : 26/10/2016

Station	Eau salée St 01	Eau Salée St 02	Eau salée St 03	Eau Salée St 04
Richesse	17	13	16	25
Total (nb ind)	3881	3997	3492	3437
Densité (nb ind/m ²)	9702	9992	8730	8592
Taxons indicateur (G.I.)	Caenidae (2)	Caenidae (2)	Hydropsychidae (3)	Glossosomatidae (7)

Note IBGN /20	7	6	7	14
Note IBGN consolidée /20	6	5	6	11
Dominants 1	Hydrobiidae (55%)	Hydrobiidae (69%)	Hydrobiidae (74%)	Hydrobiidae (83%)
Dominants 2	Gammaridae (42%)	Gammaridae (28%)	Gammaridae (17%)	Elmidae (8%)
Dominants 3	Gomphidae (1%)	Elmidae (1%)	Elmidae (3%)	Gammaridae (4%)

Tableau 25 : résultats des IBGN DCE sur la zone d'influence de l'Eau Salée

La rivière, en amont de la station 01, est à sec depuis plusieurs mois.

La sécheresse particulièrement sévère de cette année 2016 a provoqué une baisse très importante des débits de l'Eau Salée. La concentration en sel est particulièrement élevé (2060 mg/l de Na). Depuis les sources, l'Eau Salée s'écoule sur un lit envahi par les algues brunes, elles-mêmes reposant sur une mate de débris organiques en décomposition.

Cela se traduit par des valeurs IBGN très faibles sur les 3 premières stations avec des richesses et des densités faibles ainsi que des groupes indicateurs représentés par des taxons très peu polluo-sensibles (Caenidae pour les stations 01 et 02 et Hydropsychidae pour la station 03). La note reste, en effet, basse jusqu'en amont de la station de Barjols (station 03), les apports du Ruisseau des Écrevisses et du Fauvery étant insuffisants pour changer la situation. De plus, les éclusées de la microcentrale du Fauvery sont, à cette période de faible débit de l'Eau Salée, impactantes pour le milieu.

En amont de la confluence avec l'Argens (station 04), l'Eau Salée obtient la note de 14, note que l'on peut qualifier de bonne à la vue de la sévérité de la sécheresse. On note également une augmentation de la richesse taxonomique, traduisant une diversité d'habitats plus importante qu'à l'amont, ainsi qu'un groupe indicateur représenté par les Glossosomatidae, taxon polluo-sensible. Cette note montre, à la fois le bon fonctionnement de la station d'épuration de Barjols et la forte capacité épuratoire de l'Eau Salée, même si la note consolidée de 11 traduit une situation précaire.

Les peuplements benthiques des quatre stations sont dominés par les Hydrobiidae, les Gammaridae et les Elmidae dans des proportions différentes (excepté la station 01 dont les Elmidae sont remplacés par les Gomphidae). Cette dominance est à mettre en rapport avec l'importance de la représentation des zones lentes des stations induites par la forte baisse des débits de l'Eau Salée mais également par la forte minéralisation du cours d'eau.

Notes sur l'écologie de certains taxons

- Les Plécoptères

On trouve très peu de Plécoptères sur les stations de l'Eau Salée. En effet, seuls quelques *Leuctra* sont présents uniquement sur la station 04.

- Les Ephéméroptères

Il y a peu de diversité pour cet ordre. On trouve des *Baetis* et des *Caenis* sur l'ensemble des stations. Ce sont des taxons banaux très peu polluo-sensibles.

- Les Trichoptères

On note la présence du Philopotamidae *Wormaldia* sur la station 01. C'est un genre typique des cours d'eau méditerranéens. C'est une espèce très polluo-sensible vivant préférentiellement dans les milieux oligotrophes (pauvres en phosphore et azote) de la zone supérieure du rhithron.

Le Philopotamidae *Chimarra marginata* a été recensé uniquement sur la station 04. C'est une espèce typique du passage du rhithron au potamon, affectant les eaux oligotrophes.

Odontocerum et *Synagapetus* sont des taxons plutôt inféodés aux zones de sources. Ils ont été trouvés essentiellement sur la station 04.

- Les Coléoptères

On remarque une grande représentativité des Elmidae (*Limnius*, *Riolus*, *Esolus*, *Elmis*, *Oulimnius*), ce qui est souvent le cas dans les cours d'eau calcaires fortement minéralisés.

c) Les Bouillidoux

Date : 26/10/2016

Station	Bouillidoux St 01	Bouillidoux St 02	Bouillidoux St 03
Richesse	18	22	21
Total (nb ind)	3992	8560	6567
Densité (nb ind/m ²)	9980	21400	16417
Taxons indicateur (G.I.)	Odontoceridae (8)	Perlidae (9)	Perlidae (9)
Note IBGN /20	13	15	15
Note IBGN consolidée /20	12	13	12
Dominants 1	Hydrobiidae (51%)	Hydrobiidae (88%)	Hydrobiidae (77%)
Dominants 2	Gammaridae (41%)	Chironomidae (5%)	Gammaridae (11%)
Dominants 3	Elmidae (4%)	Elmidae (1%)	Hydropsychidae (4%)

Tableau 26 : résultats des IBGN DCE sur la zone d'influence des Bouillidoux

La rivière, en amont de la station 01, est à sec depuis plusieurs mois.

Au débouché des premiers apports (rive droite), l'Argens obtient la note IBGN de 13 (station 01), ce qui est plutôt une bonne note pour une zone de sources. Hydrobiidae et Gammaridae assurent 93% du peuplement, comme c'est souvent le cas au niveau des sources du bassin versant.

Plus en aval, après les apports de toute la zone des Bouillidoux (station 02), le milieu, plus diversifié que sur la station précédente, voit sa note passer à 15, notamment grâce à la présence des Perlidae, taxon très polluo-sensible. De même, la densité et la richesse augmentent, indiquant un milieu plus productif et plus diversifié en termes d'habitats. Si la diversité augmente, le peuplement reste cependant totalement dominé par les Hydrobiidae

avec 88% du peuplement. Cette dominance est à mettre en rapport avec l'importance de la représentation des zones lentes de la station, alimentée uniquement par les sources des Bouillidoux.

Cette situation se retrouve également en aval de la confluence avec l'Eau Salée (station 03), affluent, qui comme nous l'avons vu précédemment, a réalisé une auto-épuration efficace du rejet de la station de Barjols. A ce niveau, la note IBGN est de 15, révélant un bon état hydrobiologique. Le groupe indicateur est toujours représenté par les Perlidae. La richesse taxonomique et la densité ont diminué par rapport à la station précédente mais restent du même ordre, montrant ainsi que le milieu est accueillant.

Au-delà de ces résultats très significatifs des apports des Bouillidoux sur l'Argens, dont le débit est nul en amont des Bouillidoux, les effets bénéfiques des Bouillidoux et de l'Eau Salée peuvent se mesurer lors de 2^{ème} et 3^{ème} année de sécheresse les plus marquantes de l'Argens. En effet, à la station de Chateauvert, 400m en aval de la zone de confluence, on note une note IBGN de 19 et une diversité de 37 taxons (résultats du réseau de surveillance DCE station Chateauvert code station 06202750) Le bon état de la masse d'eau, mesuré sur cette station, est le résultat des apports des Bouillidoux et de l'Eau Salée.

Notes sur l'écologie de certains taxons

- Les Plécoptères

Il y a peu de diversité pour cet ordre sur les stations de l'Argens. En effet, seuls quelques *Leuctra* et *Perla* sont recensés. Leurs exigences sont assez différentes en fonction de l'espèce. Ce sont cependant deux genres qui vivent plutôt dans des eaux oligotrophes.

- Les Ephéméroptères

On trouve très peu d'Ephéméroptères. On trouve uniquement des *Baetis*, taxon très commun dont les espèces ont des *preferendum* très différents.

- Les Trichoptères

On note la présence du Philopotamidae *Wormaldia* sur la station 02. C'est un genre typique des cours d'eau méditerranéens. C'est une espèce très polluo-sensible vivant préférentiellement dans les milieux oligotrophes (pauvres en phosphore et azote) de la zone supérieure du rhithron.

Odontocerum et *Sericostoma* sont des taxons plutôt inféodés aux zones de sources. *Odontocerum* a été retrouvé sur les trois stations tandis que *Sericostoma* est présent uniquement au niveau de la station 01.

- Les Coléoptères

On remarque une grande représentativité des Elmidae (*Limnius*, *Riolus*, *Esolus*, *Elmis*, *Oulimnius*), ce qui est souvent le cas dans les cours d'eau calcaires fortement minéralisés.

d) La Foux

Date : 10/06/2016

Station	Trans St 01	Trans St 02	Trans St 03
Richesse	10	18	25
Total (nb ind)	2997	2943	9847
Densité (nb ind/m ²)	7492	7357	24617
Taxons indicateur (G.I.)	Glossosomatidae (7)	Odontoceridae (8)	Odontoceridae (8)
Note IBGN /20	10	13	15
Note IBGN consolidée /20	4	8	11
Dominants 1	Gammaridae (95%)	Gammaridae (57%)	Hydrobiidae (55%)
Dominants 2	Glossosomatidae (4%)	Simulidae (11%)	Gammaridae (29%)
Dominants 3	Helodidae (1%)	Elmidae (8%)	Hydroptilidae (7%)

Tableau 27 : Résultats des IBGN DCE sur la zone d'influence de la Foux

La Nartuby, en amont de la station 03, est à sec depuis plusieurs mois.

La note de 10 à la station 01 est tout à fait conforme à une zone de source oligotrophe. De même, la richesse et la densité assez faibles sont conformes à ce que l'on attend de ce type de source. L'écrasante dominance des gammarides est telle qu'ils exercent une pression forte sur les autres taxons. Lorsqu'ils sont aussi nombreux, ils assurent une prédatation sur les autres invertébrés. Seuls les taxons à cuticule dure (Helodidae) ou protégés par des fourreaux (Glossosomatidae) arrivent à résister et à se développer.

A la station 02, l'état hydrobiologique est bon malgré une richesse taxonomique et une densité relativement faibles. C'est la présence des Odontoceridae qui explique la note IBGN. En effet, le caractère très artificiel de l'habitat limite les capacités de développement des populations d'invertébrés aquatiques. Malgré cela, le débit, le courant et l'excellente qualité de l'eau sont les 3 paramètres favorables expliquant la fragile note de 13 (note consolidée de 8). La présence des odontocérides, taxon polluo-sensible, atteste de la bonne qualité des eaux.

A la station 03, la note IBGN augmente ainsi que la richesse, témoignant d'un milieu plus diversifié en termes d'habitats. De même, la densité est plus importante, indiquant une productivité plus forte. En effet, la Foux arrive dans le lit de la Nartuby, offrant plus de diversité d'habitat. Si l'endiguement est contraignant, les potentialités biologiques des apports de la Foux s'expriment mieux et l'on atteint la note de 15. La sévérité de l'étiage reste une pression majeure dont la note consolidée de 11 traduit la précarité de la situation.

Notes sur l'écologie de certains taxons

- Les Plécoptères

On trouve très peu de Plécoptères sur les stations de la Foux. En effet, seuls quelques *Leuctra* sont présents uniquement sur la station 03.

- Les Ephéméroptères

Il y a peu de diversité pour cet ordre. . On trouve des *Baetis* et des *Caenis* sur l'ensemble des stations. Ces taxons sont des taxons banaux très peu polluo-sensibles.

- Les Trichoptères

Odontocerum est un taxon plutôt inféodé aux zones de sources. Quelques individus ont été retrouvés essentiellement sur les stations 02 et 03.

Synagapetus est trouvé au niveau de la station 01. C'est un genre sténotherme d'eau froide et affectant les eaux oligotrophes.

- Les Coléoptères

On remarque une grande représentativité des Elmidae (*Limnius*, *Riolus*, *Esolus*, *Elmis*, *Oulimnius*), ce qui est souvent le cas dans les cours d'eau calcaires fortement minéralisés.

e) Le torrent d'Izoard

Date 10/08/2016

Station	Izoard St 01	Izoard St 02	Izoard St 03
Richesse	19	15	15
Total (nb ind)	1666	1188	887
Densité (nb ind/m ²)	4165	2970	2217
Taxons indicateur (G.I.)	Perlodidae (9)	Leuctridae (7)	Nemouridae (6)
Note IBGN /20	14	11	10
Note IBGN consolidée /20	12	10	9
Dominants 1	Baetidae (45%)	Nemouridae (69%)	Chironomidae (42%)
Dominants 2	Nemouridae (34%)	Chironomidae (15%)	Nemouridae (32%)
Dominants 3	Simulidae (8%)	Baetidae (6%)	Baetidae (14%)

Tableau 28 : Résultats des IBGN DCE sur le torrent d'Izoard sur la zone d'influence des sources d'Arvieux

C'est en amont des apports des sources triasiques (station 01) que la note IBGN est la plus élevée. Cette note importante pour ce type de cours d'eau traduit mal la qualité biologique réelle du cours d'eau. La note consolidée de 12 est déjà une indication de la fragilité de la note IBGN obtenue. Le faible débit (47 l/s) permet une présence de zones lentes importantes qui favorisent la diversité d'un habitat classiquement dominé par les vitesses très rapides sur ce type de torrent.

Avec une eau de bonne qualité, les conditions sont réunies pour que s'installe un peuplement d'invertébrés aquatiques relativement bien diversifié. La faiblesse de la surface mouillée ne permet pas à ces invertébrés de présenter une densité importante.

A contrario, l'augmentation très importante du débit par les apports des sources triasiques entraîne des vitesses très fortes qui sont les plus pénalisantes pour les conditions d'habitat sur la station 02, comme le prouve la faible richesse taxonomique. Avec un substrat très minéral

qui vient ajouter une contrainte supplémentaire, on a là les explications de la faible note IBGN obtenue par la station.

Pour la station 03, la richesse et la densité sont sensiblement les mêmes que sur la station 02. Elles témoignent d'un milieu peu diversifié en termes d'habitats et peu productif. La note de 10 est le résultat d'un encroûtement du substrat qui dégrade fortement les conditions d'habitat.

Notes sur l'écologie de certains taxons

- Les Plécoptères

On trouve plusieurs genres de Plécoptères sur les stations du torrent de l'Izoard. Des Perlodidae des genres *Isoperla* et *Perlodes* ont été recensés sur la station 01. Ce sont des genres plutôt sténothermes d'eau froide et affectant les eaux oligotrophes.

Protonemura est trouvé sur les stations 01, 02 et 03. Leurs exigences sont assez différentes en fonction de l'espèce. Ils vivent de manière générale plutôt dans des eaux oligotrophes et froides.

Chloroperla est trouvé au niveau de la station 02. C'est un taxon dont les exigences sont assez différentes en fonction de l'espèce. C'est cependant un genre que l'on trouve plutôt dans des eaux oligotrophes.

- Les Ephéméroptères

Il y a peu de diversité pour cet ordre. On trouve des *Baetis* et des *Ecdyonurus* sur les 3 stations. Ces taxons sont des taxons banaux très peu polluo-sensibles.

Le genre *Rhithrogena* est trouvé au niveau de la station 01. C'est un genre sténotherme d'eau fraîche (<15°C), caractéristique des écoulements rapides.

- Les Trichoptères

Limnephilinae et *Rhyacophila* ont été recensés sur l'ensemble des stations. Ce sont des taxons qui comptent de nombreuses espèces avec des exigences différentes.

Hyporhyacophila qui a été trouvé au niveau des stations 01 et 03 ainsi que *Pararhyacophila* présent sur la station 01 sont des genres affectant les eaux oligotrophes.

Quatre des cinq sources étudiées ont assuré à elles seules le maintien des peuplements benthiques dans les cours d'eau lors de l'étiage sévère de l'année 2016. Si les notes IBGN ne traduisent pas une grande qualité de ces zones d'exsurgence, elles évoluent globalement positivement vers l'aval en fonction des facteurs biotiques et abiotiques des cours d'eaux.

5.4.2. Les prélèvements qualitatifs

a) Le haut Argens

La forte sécheresse lors de notre étude sur l'Argens a affecté la partie « prélèvements qualitatifs ». Ainsi, aucune nouvelle espèce n'a été capturée par rapport à l'étude Aquapédia® sur l'Argens, étude pendant laquelle les inventaires patrimoniaux avaient été particulièrement poussés (plus de 3 ans d'étude). Il faut rajouter qu'en commençant l'étude tardivement en raison de l'accord de subvention en juin, nous n'avons pas pu inventorier en mai, période très riche en émergence d'insectes aquatiques. La prolongation de l'étude en 2017, si elle est accordée, nous offrirait une possibilité de parfaire l'inventaire. On rappelle dans le tableau suivant les résultats de l'étude Aquapédia®.

Inventaire qualitatif sur les stations des sources triasiques dans l'étude aquapédia			Bouil RD	Bouil RG	Eau Salée	Gours Bénis
Plécoptères	Leuctridae	<i>Leuctra fusca</i>	0	0	7	0
	Leuctridae	<i>Leuctra geniculata</i>	0	0	1	0
	Perlodidae	<i>Isoperla grammatica</i>	0	0	0	0
Trichoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche siltalai</i>	0	0	5	1
	Philopotamidae	<i>Chimarra marginata</i>	0	0	1	0
	Philopotamidae	<i>Wormaldia occipitalis</i>	1	3	4	0
	Polycentropodidae	<i>Cyrnus trimaculatus</i>	0	0	0	0
	Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia conspersa</i>	0	0	0	0
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus flavomaculatus</i>	2	1	5	1
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus hebraeus</i>	0	0	0	0
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila vulgaris</i>	24	0	1	0
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila dorsalis</i>	2	0	14	0
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila pubescens</i>	0	0	0	0
	Glossosomatidae	<i>Agapetus sp</i>	0	0	0	0
	Glossosomatidae	<i>Agapetus cravensis</i>	0	0	26	0
	Glossosomatidae	<i>Synagapetus dubitans</i>	0	0	0	2
	Psychomyiidae	<i>Lype phaeopa</i>	0	2	0	0
	Psychomyiidae	<i>Lype reducta</i>	14	3	1	4
	Psychomyiidae	<i>Metatype fragilis</i>	3	2	0	0
	Psychomyiidae	<i>Psychomyia pusilla</i>	0	0	1	0
	Psychomyiidae	<i>Tinodes sp</i>	0	0	0	1
	Psychomyiidae	<i>Tinodes antonioi</i>	0	0	0	0
	Psychomyiidae	<i>Tinodes macclachlani</i>	0	0	1	0
	Psychomyiidae	<i>Tinodes maculicornis</i>	1	1	0	0
	Psychomyiidae	<i>Tinodes unicolor</i>	0	1	0	0
	Psychomyiidae	<i>Tinodes waeneri</i>	0	0	0	0
	Goeridae	<i>Silo nigricornis</i>	7	1	0	6
	Odontoceridae	<i>Odontocerum albicorne</i>	20	1	7	1
	Sericostomatidae	<i>Sericostoma galeatum</i>	0	0	0	0
	Hydroptilidae	<i>Agraylea sexmaculata</i>	4	3	13	0

	Hydroptilidae	<i>Allotrichia pallicornis</i>	0	1	9	0
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila angulata</i>	3	8	2	2
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila cognata</i>	0	1	0	0
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila forcipata</i>	0	1	8	0
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila occulta</i>	0	0	0	1
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila phaon</i>	0	2	0	0
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila sparsa</i>	25	63	803	4
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila vectis</i>	0	2	69	2
	Hydroptilidae	<i>Ithytrichia clavata</i>	0	0	5	0
	Hydroptilidae	<i>Ithytrichia lamellaris</i>	0	3	6	0
	Hydroptilidae	<i>Orthotrichia angustella</i>	0	0	3	0
	Limnephilidae	<i>Allogamus sp</i>	0	0	0	0
	Limnephilidae	<i>Limnephilus lunatus</i>	0	0	0	2
	Limnephilidae	<i>Stenophylacini</i>	0	0	0	0
	Leptoceridae	<i>Athripsodes albifrons</i>	0	0	5	0
	Leptoceridae	<i>Athripsodes leucophaeus</i>	0	0	1	0
	Leptoceridae	<i>Mystacides azurea</i>	0	0	1	0
	Leptoceridae	<i>Setodes argentipunctellus</i>	0	0	260	0
	Leptoceridae	<i>Triaenodes ochreelus</i>	6	0	9	0
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis lutheri</i>	0	0	0	0
	Baetidae	<i>Baetis muticus</i>	0	0	0	0
	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i>	0	0	0	15
	Ephemerellidae	<i>Seratella ignita</i>	0	0	0	0
	Caenidae	<i>Caenis luctuosa</i>	0	0	0	0
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus helveticus</i>	0	0	0	0
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus venosus</i>	0	0	0	0
	Ephemeridae	<i>Ephemera danica</i>	0	0	0	1
	Polymitarcidae	<i>Ephoron virgo</i>	0	0	0	0
Coléoptères	Elmidae	<i>Elmis sp</i>	0	0	0	5
	Elmidae	<i>Esolus parallelepipedus</i>	0	0	0	0
	Elmidae	<i>Limnius volckmari</i>	0	0	0	0
	Haliplidae	<i>Haliplus sp</i>	0	0	0	0
	Dytiscidae	<i>Deronectes moestus inconspectus</i>	0	0	0	0
	Scirtidae	<i>Elodes sp</i>	0	0	0	1
Odonates	Aeshnidae	<i>Anax imperator</i>	0	0	0	1
	Calopterygidae	<i>Calopteryx virgo meridionalis</i>	2	0	0	2
	Calopterygidae	<i>Calopteryx xanthostoma</i>	0	0	0	0
	Calopterygidae	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	0	0	0	4
	Coenagrionidae	<i>Coenagrion mercuriale</i>	1	0	0	1
	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster boltoni immaculifrons</i>	1	0	0	1
	Gomphidae	<i>Onychogomphus uncatus</i>	0	0	0	0
	Gomphidae	<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i>	0	0	0	0
	Lestidae	<i>Sympetrum fusca</i>	0	0	0	0
	Libellulidae	<i>Orthetrum coerulescens coerulescens</i>	0	0	0	1

	Platycnemididae	<i>Platycnemis latipes</i>	0	0	0	1
Amphipodes	Gammaridae	<i>Gammarus pulex gallicus</i>	0	0	0	0
	Gammaridae	<i>Gammarus stupendus</i>	0	0	0	4
Gastéropodes	Hydrodrobiidae	<i>Pseudamnicola astierii</i>	0	0	0	20
	Neritidae	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0	0	0	5
Turbellariés	Planariidae	<i>Polycelis felina</i>	0	0	0	3
	Dendrocoelidae	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	0	0	0	2
Nématodes	Nématodes	Nématodes	0	0	0	0
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	0	0	0	0
Achètes	Erpobdellidae	<i>Trocheta sp</i>	0	0	0	0
	Erpobdellidae	<i>Dina lineata</i>	0	0	0	1
	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia sp</i>	0	0	0	2
		<i>Richesse</i>	15	18	27	30
		<i>Total richesse Bouillidoux</i>	23			
		<i>Total richesse sources triasiques</i>	62			

Tableau 29 : Résultats de l'inventaire patrimonial des invertébrés sur le haut Argens

Remarques sur les principales espèces d'importance pour la biodiversité de PACA :

- **Les Trichoptères**

- *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 44 : Larve d'*Agapetus sp* (Glossosomatidae)

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

Ces deux espèces n'étaient jusqu'à présent recensées que dans 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 été 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.

- **Les Odonates**

Cordulegaster boltonii immaculifrons Donovan, 1807 (Cordulegastridae)

Ce taxon est endémique d'une zone allant du Portugal à la Ligurie en Italie. En France, cette espèce n'est observée que dans 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 (**Gours Bénits**, Vallon des Baumes, **sources des Bouillidoux**).

- **Les Gastéropodes**

Pseudamnicola astieri 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.



Photo 45 : Gastéropode *Pseudamnicola astieri*, une espèce strictement endémique du Var

b) **La Foux et le torrent d'Izoard**

Une seule campagne d'inventaire a été réalisée sur chaque site. Les résultats sont sur le tableau suivant :

Inventaire patrimonial sur les stations de la Foux et du Torrent de l'Izoard	Trans en Provence			Arvieux		
	station 01	station 02	station 03	station 01	station 02	source
Plécoptères	<i>Protonemura sp</i>			10	5	2
	<i>Nemurella picteti</i>					11
Ephéméroptères	<i>Ecdyonurus sp</i>			1		
	<i>Baetis alpinus</i>			5		

	<i>Baetis melanonyx</i>				10		
Trichoptères	<i>Hydropsyche siltalai</i>			1			
	<i>Odontocerum albicorne</i>			1			
	<i>Hydroptila vectis</i>			83			
	<i>Hydroptila sparsa</i>			3			
	<i>Allogamus sp</i>				1		
	<i>Rhyacophila torrentium</i>			2	1	1	
	<i>Rhyacophila vulgaris</i>			2			
Coléoptères	<i>Elodes sp</i>						1
Diptères	<i>Liponeura minior/cinarescens</i>					1	
	<i>Dixa sp</i>				1		
	Simuliidae				15	15	
Odonates	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>		4				
Planaires	<i>Crenobia alpina</i>				1		

Tableau 30 : Résultats de l'inventaire patrimonial des invertébrés sur La Foux et le torrent de l'Izard

Les résultats de ces campagnes feront l'objet d'un commentaire lorsque nous aurons complété l'inventaire avec des campagnes en mai-juin 2017.

5.5. Le peuplement piscicole

En raison de la sévérité de l'étiage sur l'Argens, nous n'avons pas pu prospecter les stations comme cela était prévu. Nous exploiterons des données antérieures que la Maison Régionale de l'Eau avait obtenues dans l'anticipation de l'étude sur les eaux triasiques (Gours Bénits, Bouillidoux, Eau salée) et des résultats des inventaires de l'ONEMA (maintenant AFB). Pour le torrent de l'Izard, nous avons pu réaliser nos inventaires comme cela avait été prévu.

5.5.1. Les Gours Bénits

Nous traiterons deux sources de données :

- La première provient des études de l'ONEMA (ex CSP) qui portent sur 2 campagnes de pêches :
 - en 2009 deux stations sont inventoriées en amont et en aval de la station d'épuration (STEP) de la commune de Bras. La station amont STEP correspond à notre station 02. La deuxième se situe entre la STEP et notre station 03. L'habitat est plus favorable que sur notre station 03 car le fond n'est pas encrouté, et présente plusieurs zones de fraie, quelquefois colmatées par de la matière organique. L'habitat pour les poissons est essentiellement constitué par les abris sous berges pour les adultes. Pour les alevins et les juvéniles, la granulométrie est plus favorable pour les alevins que pour les juvéniles.

- en 2012, soit moins d'un an après la crue cinquantennale du Cauron en novembre 2012, seule la station en aval de la STEP a été inventoriée.

Nous avons fait une analyse complète en partant des données brutes fournies par l'ONEMA.

- La deuxième source d'informations vient d'une campagne de sondage que nous avons réalisée sur ce secteur, soit deux stations : une sur l'Argens en amont de la confluence du Cauron (en amont de la cascade du Tombereau), l'autre sur le Cauron légèrement en amont de la station 03, c'est-à-dire à proximité de la confluence Argens-Cauron.

a) Étude ONEMA

L'estimation du peuplement a été réalisée par la méthode de Carle et Strub, en utilisant le programme que donne Gerdeaux (Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêches successives avec retrait, programme d'estimation par la méthode de Carle et Strub – Bull. Pêche et pisciculture – 1987 p. 304-308).

Cette méthode présente plus de précisions que la méthode de De Lury décrite par Seber (The estimation of animal abundance – second édition – Charles Griffin & Co – LTD, London – 1982 – p. 674).

Cours d'eau: Cauron								
Station: Amont Station d'épuration à Bras								
date : 29/5/2009								
Superficie de la station en m ² : 720								
Code	Effectif capturé		Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%
BLN	69	19	1222	1306	1419	25361	27100	29444
CHE	6	3	125	125	125	8000	8000	8000
GAR	25	7	444	458	493	24889	25648	27608
TRF	81	29	1528	1722	1934	62792	70774	79487
VAI	116	61	2580	3292	4004	5315	6782	8248
PFL	1	0						
Cours d'eau: Cauron								
Station: Aval Station d'épuration à Bras								
date : 29/5/2009								
Superficie de la station en m ² : 816								
Code	Effectif capturé		Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%
BAM	0	1	12	12	12	98	96	96
BLN	54	26	980	1213	1490	11525	14259	17515
CHE	21	10	380	441	550	19341	22451	28001
GAR	3	1	49	49	49	1000	1000	1000
GOU	2	1	37	37	37	74	74	74
TRF	71	39	1348	1826	2330	31409	42546	54289
VAI	24	17	502	760	1163	2002	3028	4633
PFL	0	2						

Cours d'eau: Cauron								
Station: Aval Station d'épuration à Bras								
date : 26/6/2012								
Superficie de la station en m ² : 816								
Code	Effectif capturé		Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%
BLN	43	32	919	1593	2486	12004	20805	32467
CHE	13	3	196	196	196	13490	13485	13485
CMI	1	0	12					
GOU	2	0	25					
TRF	138	32	2083	2194	2311	63396	66763	70324
VAI	9	3	147	147	147	891	891	891
PFL	1	1	25					

Tableau 31, 32 et 33 : Estimation du peuplement piscicole en amont et en aval de la station d'épuration de Bras en 2009 et 2012

Cinq espèces constituent l'ossature du peuplement des deux stations en 2009. Il s'agit du blageon (BLN), du chevesne (CHE), du gardon (sporadique sur la station aval STEP), de la truite de rivière (TRF), et du vairon (VAI). Avec de très faibles effectifs, on trouve le barbeau méridional (BAM) et le goujon (GOU). L'écrevisse signal (PFL) est présente sur les deux stations, elle fait partie de la liste des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques. Partie d'un élevage pour la restauration à Seillons -Source-d'Argens, cette espèce envahit le haut Argens depuis plusieurs années. Deux espèces font l'objet de protection :

- **Le blageon (*Leuciscus souffia*)**

C'est une espèce classée sensible au niveau du bassin Rhône Méditerranée. Elle est inscrite comme espèce rare sur la liste rouge des espèces françaises. Elle figure également dans l'annexe 2 de la Directive « Habitat, Faune, Flore » et dans l'annexe 3 de la Convention de Berne.

- **Le barbeau méridional (*Barbus meridionalis*) :**

Ce barbeau est une espèce rare à l'échelle du territoire français, endémique de la zone méditerranéenne. C'est d'ailleurs l'espèce de poisson la plus anciennement connue dans le sud de la France. Elle est protégée à l'échelle du territoire français. Elle est également inscrite sur les listes de protection de la Directive « Habitat, Faune, Flore » et de la Convention de Berne. Cette espèce fait l'objet d'une hybridation avec le barbeau fluviatile introduit du bassin de la Durance, hybridation qui a gagné l'ensemble du linéaire de l'Argens et nombre de ses affluents.

En 2012, on retrouve pratiquement les espèces précédemment citées, mais le barbeau méridional n'est plus capturé, et une carpe miroir (CMI) apparaît dans l'inventaire.

L'analyse des peuplements fait référence à des classes d'abondance définies par la délégation 8 de l'ONEMA, faisant suite à l'étude de Verneaux (1973), revue par la délégation régionale de Lyon (DR n°5). 5 classes (plus une de présence) d'abondance ont été définies en densité et en biomasse, correspondant au barème suivant (annexe n°2) :

Classe	Abondance Nombre d'individus pour 1000m ²	Biomasse En kg par hectare
P	Présence de l'espèce	Extrêmement faible
1	Très faible	Très faible
2	Faible	Faible
3	Moyenne	Moyenne
4	Forte	Forte
5	Très forte	Très forte

Les rédacteurs recommandent d'utiliser cette grille dans les comparatifs inters annuels en retenant la valeur minimale de la classe de densité ou de biomasse comme classe d'abondance de l'espèce pour l'année.

Les résultats se trouvent sur le tableau suivant :

Année	Station	Code Espèce	Classe Abondance	Classe Biomasse
2009	amont STEP	BLN	3	4
		CHE	1	1
		GAR	1	1
		TRF	3	3
		VAI	2	2
	aval STEP	BLN	3	4
		CHE	2	2
		TRF	3	2
		VAI	1	1
	aval STEP	BLN	3	3
		CHE	1	1
		TRF	3	3
		VAI	1	1

Tableau 34 : classes d'abondance et de biomasse calculées sur les principales espèces capturées sur le Cauron

Deux espèces sortent nettement du lot : la truite et le blageon.

Cette dernière espèce, parfaitement adaptée à ce type de milieu avec des lônes et quelques embâcles, se caractérise par des classes d'abondance moyenne, mais obtient un niveau fort sur la biomasse.

Le blageon a bien résisté à la crue, profitant des zones d'expansion de crue, bien représentées sur cette portion du Cauron. La bonne qualité de l'eau faiblement altérée par le rejet de la station d'épuration est bien sûr un atout pour l'espèce. La truite obtient la classe moyenne pour l'abondance et la biomasse (faible sur la station aval STEP, mais avec des valeurs proches de la borne haute de la classe). Là aussi, la résistance, pour les mêmes raisons, a été bonne.

L'examen des histogrammes des tailles des truites capturées (figure ci-dessous) montre l'intérêt du Cauron avec ses eaux triasiques caractéristiques. La forte présence des 0+ indique que les conditions de reproduction sont bonnes sur le bas Cauron. Il y a là une caractéristique forte de cette partie du Cauron, le rôle de zone de reproduction pour la truite du Cauron, mais surtout pour les truites de l'Argens en aval de la chute du Tombereau, obstacle infranchissable à la montaison, secteur de l'Argens qui en plus est complètement encrouté (voire plus loin).

La situation est plus difficile pour les 1+ et 2+ pour lesquels l'habitat est moins favorable. C'est aussi le cas des truites adultes qui réussissent néanmoins à trouver dans les abris sous berges quelques abris. L'écart de taille très net entre les 0+ de 2009 et ceux 2012 peut s'expliquer par une compétition moins forte après la crue de 2011 et/ou par un effort d'alevinage de la société de pêche de Bras.

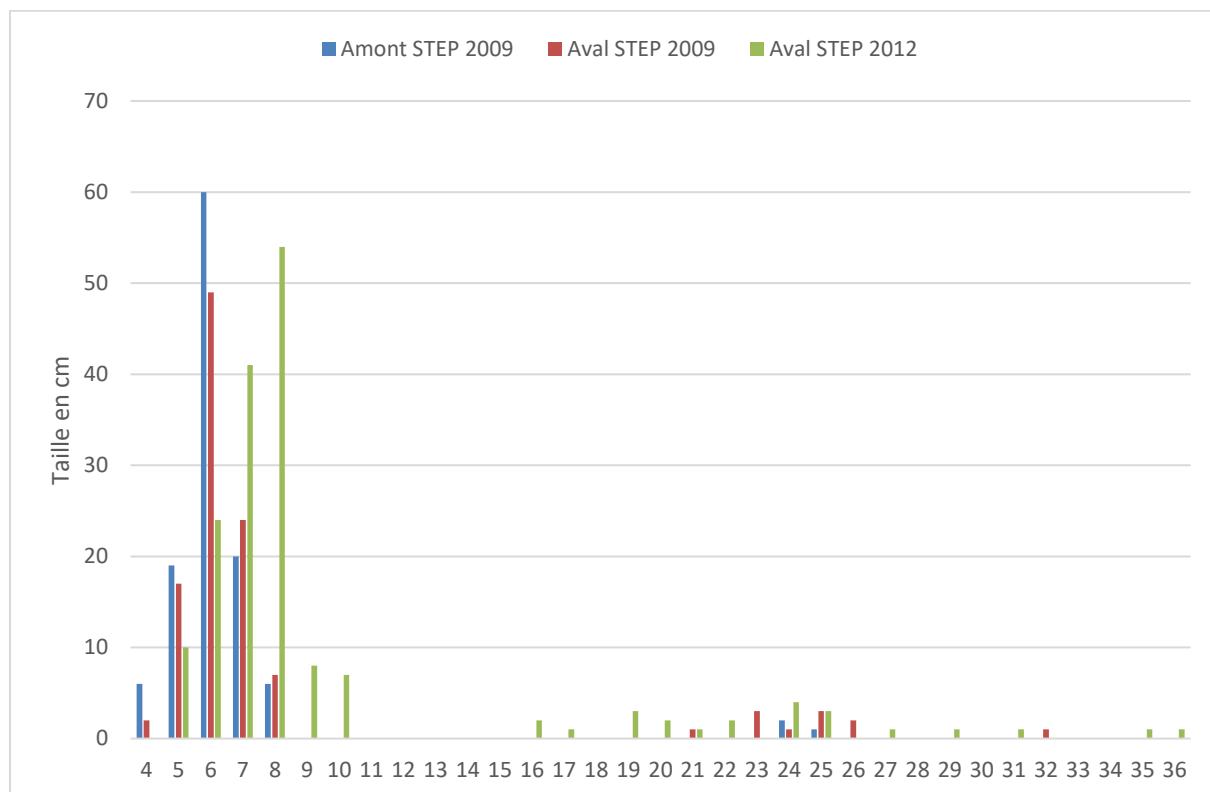


Fig. 41 : Histogrammes des tailles en cm des TRF capturées sur la Cauron en 2009 et 2012

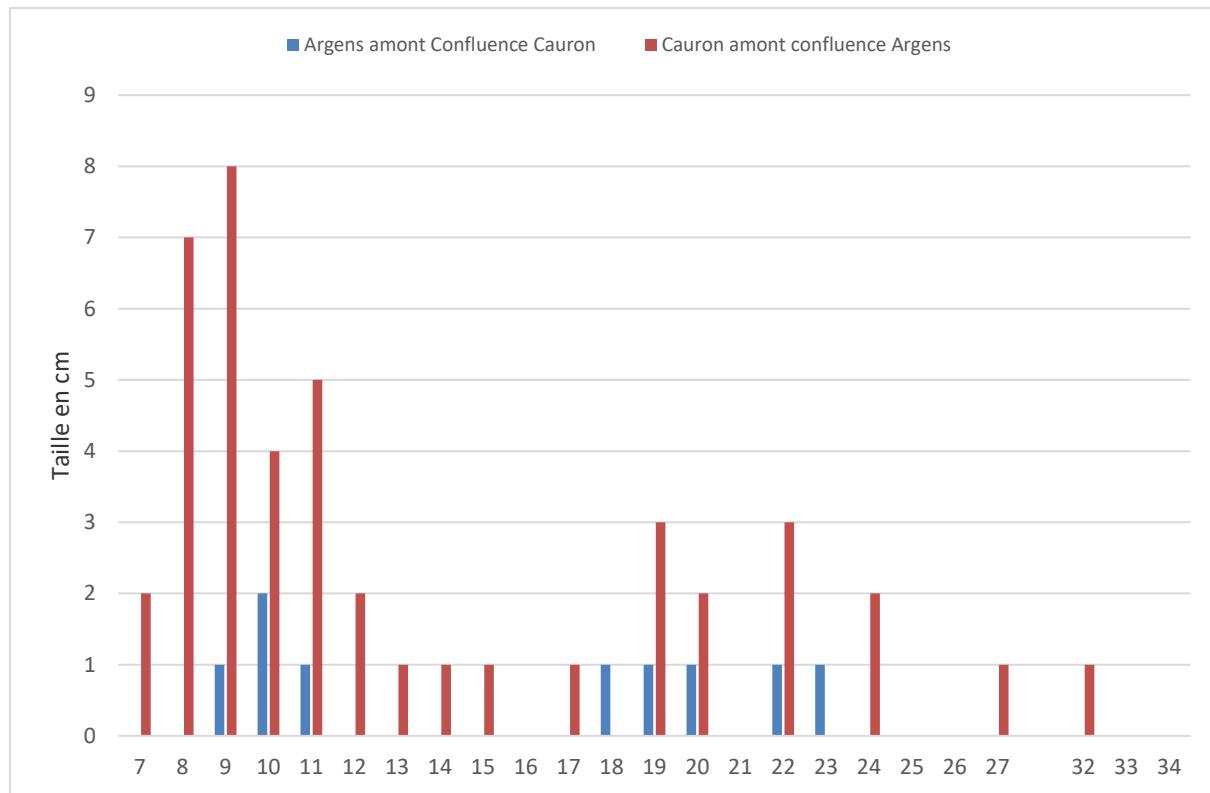


Fig. 42 : Histogramme des tailles en cm des TRF capturées sur l'Argens en amont de la confluence avec le Cauron et sur le Cauron en amont de la confluence de l'Argens

b) Étude Maison Régionale de l'Eau

Les résultats des deux sondages réalisés en 2012 confirment le rôle important du Cauron pour la truite. Les captures sont regroupées dans les deux tableaux et l'histogramme suivants.

Argens amont confluence Cauron

Code espèce	Effectif	Biomasse en g
BLN	45	926
CCO	2	1186
CHE	11	2861
GAR	23	1369
GOU	6	93
PES	33	772
TRF	9	489
Total	129	7696

Cauron amont confluence

Code espèce	Effectif	biomasse en g
BA?	1	3
BLN	25	363
CHE	2	851
GAR	2	42

GOU	10	89
TRF	45	2273
Total	85	3621

Tableaux 35 et 36 : Résultats des pêches de sondage réalisées par la MRE sur le Cauron et l'Argens

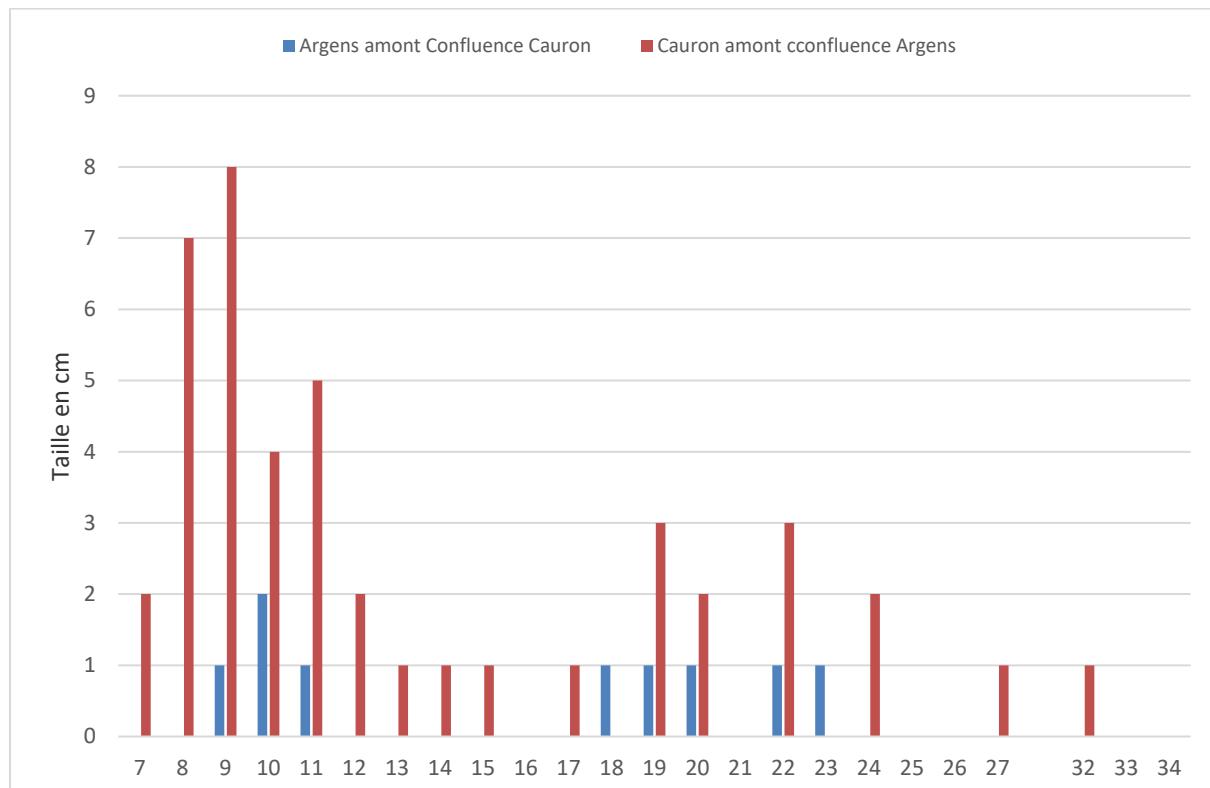


Fig. 43 : Histogramme des tailles en cm des TRF capturées sur l'Argens en amont de la confluence avec le Cauron et sur le Cauron en amont de la confluence de l'Argens

L'hybridation du barbeau méridional et du barbeau fluviatile dès la 2^{ème} génération rend difficile visuellement l'identification de ces individus. Dans les inventaires ils sont codifiés BA ?. La différence sur les deux stations montre bien le rôle de zone de reproduction que joue le Cauron, avec son eau de bonne qualité grâce aux Gours Bénits et, en amont de la confluence avec l'Argens, des zones de fraie de favorables à la truite. C'est tout le contraire de l'Argens, avec son substrat colmaté et des problèmes (à l'époque) de qualité de l'eau dus aux rejets des STEP de l'amont. L'obstacle infranchissable que constitue le Tombereau fait du Cauron la seule solution pour le maintien des truites sur ce secteur.

5.5.2. Le secteur Eau Salée- Bouillidoux

C'est en 2004 que nous parvennent les premières informations sur la présence de barbeau fluviatile dans l'Argens à Chateauvert. Engagé depuis plusieurs années sur la compréhension du fonctionnement du Haut-Argens, il nous a semblé important de procéder à des pêches d'inventaire piscicole sur le secteur Eau Salée-Argens. Ainsi :

- 2 stations sur l'Eau salée ont été prospectées :

- en amont de la station d'épuration de Barjols (station 03 de notre étude)
 - une autre en amont de la confluence avec l'Argens (station 04 de notre étude)
- 4 stations sur l'Argens :
- en amont des Bouillidoux (station 0 de notre étude)
 - en aval des Bouillidoux et en amont de la confluence Eau Salée (station 02 de notre étude)
 - au niveau du pont de Chateauvert (400m en aval de la confluence Eau Salée-Argens)
 - dans Vallon Sourn à Bagarède (1.7km en aval de la confluence Eau Salée-Argens)

Ces inventaires, aujourd'hui, sont utilisés pour illustrer l'importance des Bouillidoux et de l'Eau Salée pour les populations piscicole du secteur Chateauvert- Vallon Sourn.

a) L'Eau salée

Les résultats des inventaires sont dans les tableaux ci-dessous :

Cours d'eau:Eau salée									
Station: Amont confluence Argens		Superficie en m ² :700							
Code Espèce	Effectif capturé		Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)			
	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	
BAM	28	26	771	1643	2957	34464	73442	132178	
BLN	46	28	1057	1514	2093	15855	22710	31395	
CHE	20	13	359	643	927	7252	12989	18725	
PES	1	0	14	14	14	140	140	140	
TRF	27	8	469	529	589	28140	31740	35340	
Cours d'eau:Eau salée									
Station: amont STEP de Barjols		Superficie en m ² :700							
Code Espèce	Effectif capturé		Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)			
	1er passage	2ème passage	3ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%
BAM	15	25	14	675	1612	3002	13919	33239	61901
BLN	46	61	28	1688	2662	3690	13842	21828	30258
CHE	6	7	0	162	162	162	26406	26406	26406
TRF	10	12	7	414	562	884	28856	39171	61615
VAI	0	1	0	14	14	14	70	70	70

Tableau 37 et 38 : Estimation du peuplement piscicole sur 2 stations de l'Eau salée

Station	Code espèce	Classe abondance	Classe biomasse
Amont STEP Barjols	BAM	4	3
	BLN	4	3
	CHE	1	2
	TRF	1	2

Amont confluence Argens	BAM	5	4
	BLN	3	3
	CHE	2	1
	TRF	1	2

Tableau 39 : classes d'abondance et de biomasse calculées sur les principales espèces capturées sur l'Eau Salée

Immédiatement à l'examen des résultats il apparaît le rôle majeur de l'Eau salée pour deux espèces emblématiques : le barbeau méridional et le blageon.

On atteint pour le barbeau méridional à l'amont de la confluence le niveau très fort pour l'abondance, fort pour la biomasse. Les regrets sont grands de savoir aujourd'hui sur ce secteur de l'Eau Salée, la disparition quasi complète du barbeau méridional au profit des hybrides avec le barbeau fluviatile.

Heureusement le ruisseau de Varages constituant l'amont de l'Eau Salée et lui exempt de contamination par le barbeau fluviatile. Le blageon atteint le niveau de fort pour l'abondance à l'amont de la STEP de Barjols, la classe moyenne pour la biomasse en raison d'un grand nombre d'alevin et de juvéniles.

Si les truites ne montrent pas un peuplement important, on y retrouve quand même de nombreux alevins (dominance dans les inventaires), mais il faut ajouter le rôle de refuge que peut constituer l'Eau Salée pour l'espèce en cas de crue de l'Argens.

b) *L'Argens des Bouillidoux à Vallon Sourn*

Cours d'eau: Argens							
Station: Amont I Bouillidoux							
Date : septembre 2004							
Superficie de la station en m ² : 250							
Code	Effectif capturé	Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare
BAM	2	0	80	80	80	160	160
BLN	24	18	1680	2680	4245	3864	6164
CHE	5	1	240	240	240	560	560
GOU	16	15	777	2480	4474	2525	8060
PES	7	2	360	360	360	5400	5400
SPI	17	1	720	720	720	2660	2660
TRF	13	3	640	640	640	5980	5980
Cours d'eau: Argens							
Station: aval Bouillidoux							
Date : septembre 2004							
Superficie de la station en m ² : 364							
Code	Effectif capturé	Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare
BAM	1	1	55	55	55	4758	4758
BLN	6	2	220	220	220	5060	5060
EPI	1	0	28	28	28	28	28
LOR	0	1	28	28	28	224	224
TRF	73	39	3035	4093	5151	202435	273003
Cours d'eau: Argens							
Station: Chateauvert							
Date : septembre 2004							
Superficie de la station en m ² : 800							
Code	Effectif capturé	Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare
BAM	10	8	225	312	484	3308	4586
BLN	32	16	600	738	941	8058	9911
EPI	1	0	13	13	13	13	13
GOU	1	0	13	13	13	117	117
LOF	7	3	125	125	125	338	338
SPI	0	1	13	13	13	78	78
TAC	1	0	13				
TRF	112	62	2279	3025	3771	123795	164318
Cours d'eau: Argens							
Station: Bagarède							
Date : septembre 2004							
Superficie de la station en m ² : 720							
Code	Effectif capturé	Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare
BAM	19	10	403	486	635	4221	5093
BLN	81	42	1708	2250	2795	22584	29745
CHE	3	1	56	56	56	728	728
EPI	8	4	180	181	182	7190	7240
LOF	14	7	292	4	91	1167	16
PES	1	0	14	14	14	84	84
SPI	0	1	14	14	14	56	56
TRF	122	47	2393	2722	3051	72269	82204

Tableaux 40,41, 42 et 43 : Estimation du peuplement piscicole sur 4 stations de l'Argens en 2004

Station	Code espèce	Classe abondance	Classe biomasse
Amont Bouillidoux	BLN	4	1
	CHE	1	1
	PES	3	3
	SPI	4	3

	TRF	2	1
Aval Bouillidoux	BAM	1	2
	BLN	1	2
	TRF	4	1
Chateauvert	BAM	3	1
	BLN	2	3
	TRF	3	4
Vallon Sourn Bagarède	BAM	4	1
	BLN	4	4
	CHE	1	1
	TRF	4	3

Tableau 44 : classes d'abondance et de biomasse calculées sur les principales espèces capturées sur les 4 stations de l'Argens dans la zone d'influence et de l'Eau Salée des Bouillidoux

- **De l'amont et l'aval des Bouillidoux**

Deux espèces ne font pas partie de contexte piscicole de l'Argens : la loche France (LOF) et le spirlin (SPI).

Leur présence confirme la contamination par des apports du bassin du Rhône (Son affluent le plus proche le Verdon). Si la loche est peu représentée, le spirlin atteint un niveau important en amont des Bouillidoux.

Cette densité peut s'expliquer par la concentration de ces poissons dans les lônes, concentration qui vient de la réduction des débits de l'amont des Bouillidoux faisant suite à la sécheresse. Les poissons se concentrent alors dans les mouilles.

C'est le même cas pour le blageon et les perches soleil (PES) qui elles proviennent de la surverse d'un lac en lit majeur en amont de la zone d'étude. Les poissons arrivent à se maintenir dans ces mouilles tant que la sécheresse n'est pas trop sévère ; mais en 2005, 207 et 2016, le cours d'eau sèche complètement entraînant la disparition du peuplement piscicole.

Dans cette zone l'Argens existe seulement qu'à partir des Bouillidoux. Pour la truite l'histogramme ci-dessous illustre bien l'importance des Bouillidoux pour l'espèce.

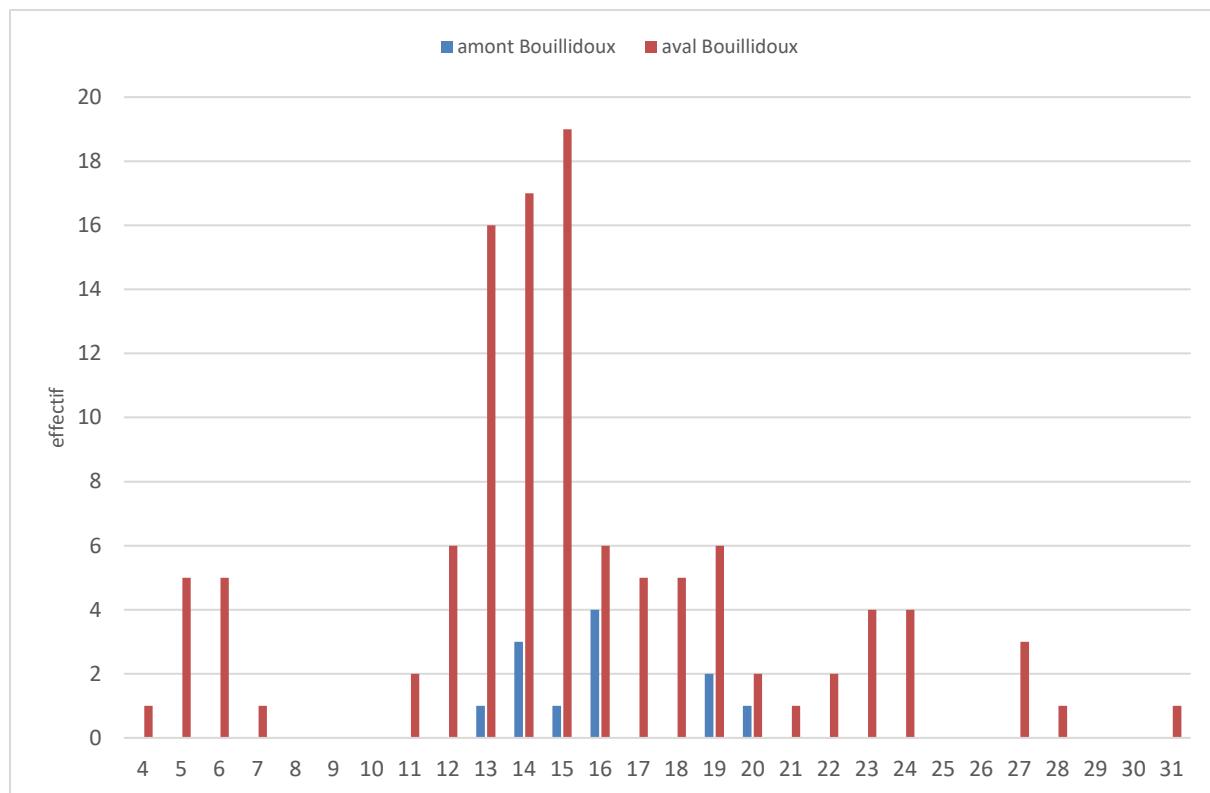


Fig. 44 : histogramme des tailles en cm des TRF capturées sur l'Argens en amont et en aval des Bouillidoux

Le peuplement passe de faible en amont des Bouillidoux à fort en aval et si la biomasse reste très faible cela est dû à la forte représentation des juvéniles (et à un degré moindre des 0+), faisant de cette zone, une véritable zone de « pépinière ». Pour souligner s'il en fallait, on rappellera que l'Argens en amont des Bouillidoux sèche régulièrement. Enfin un commentaire sur le barbeau méridional, il est absent sur l'amont car il n'aime pas les substrats totalement encroutés. Sur l'aval des Bouillidoux, la température de l'eau en été ne lui semble pas favorable, il préférera comme nous les verrons plus loin, des températures plus élevées, conséquences de l'apport de l'Eau Salée.

○ L'influence conjointe Bouillidoux-Eau Salée

Le blageon se développe pleinement dans les grandes mouilles de la station Bagarèdes il atteint alors des classes fortes tant pour l'abondance que pour la biomasse.

Le barbeau méridional trouve dans ce secteur des conditions de reproduction qui lui sont très favorables comme l'atteste les classes d'abondance moyenne à forte alors que la classe d'abondance reste très faible, preuve que le peuplement est essentiellement constitué de petits sujets (0+ et 1+).

Pour la truite, les deux graphiques suivants montrent l'importance des apports des Bouillidoux et de l'Eau Salée.

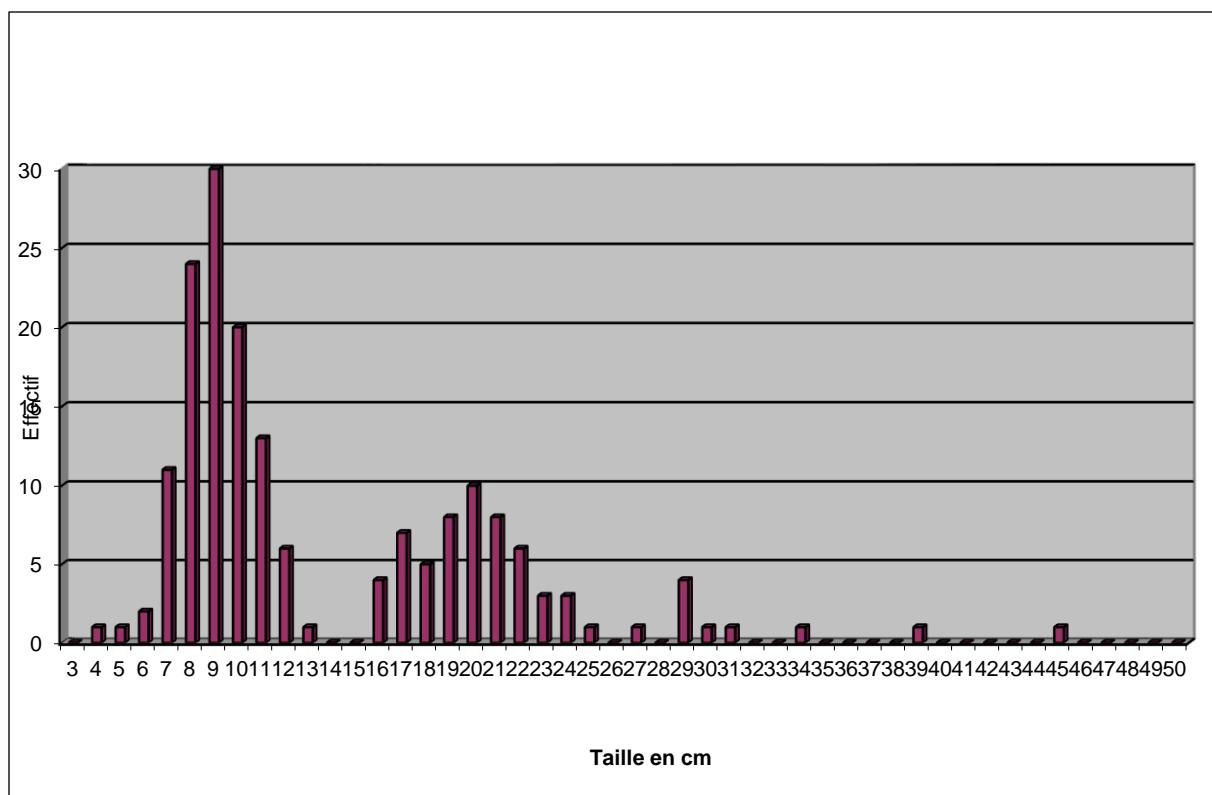


Fig. 45 : Histogramme des tailles des truites fario capturées à la station Chateauvert en 2004

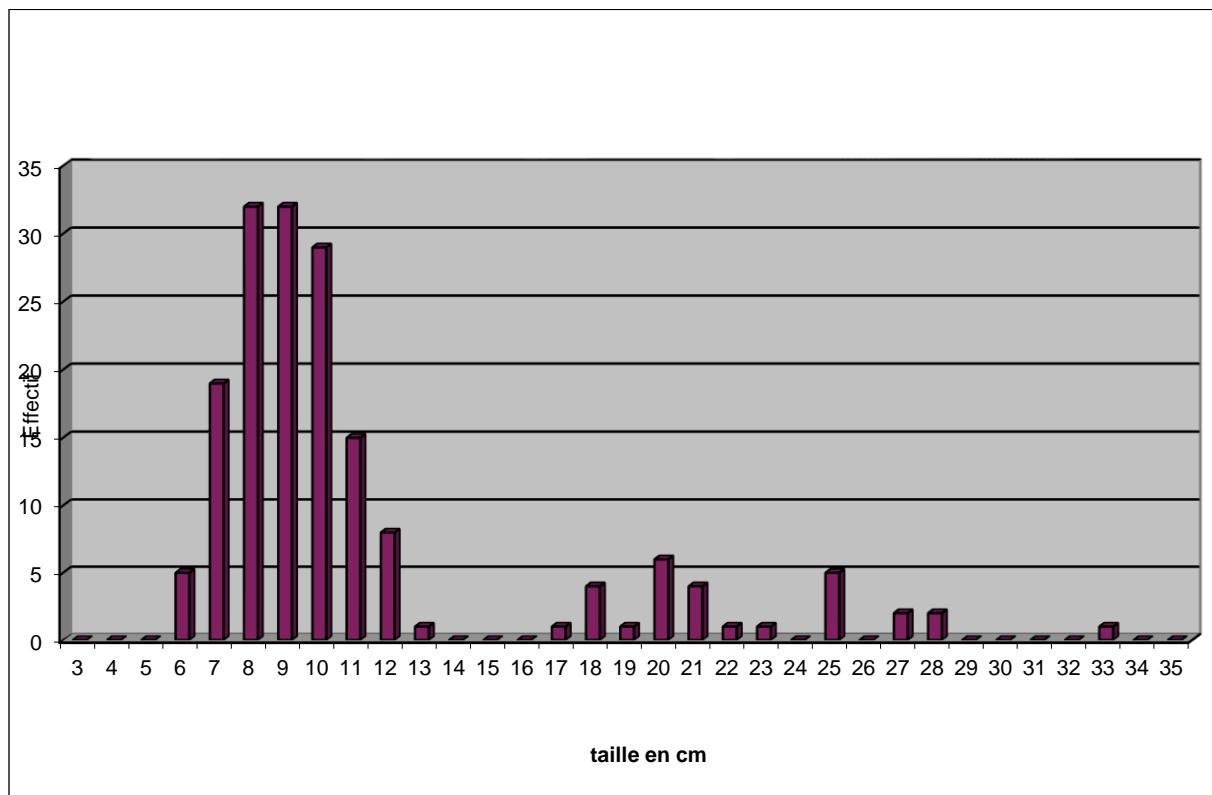


Fig. 46 : Histogramme des truites fario capturées à la station Bagaredes en 2004

L'histogramme de Châteauvert montre un peuplement très bien structuré avec une bonne reproduction et une bonne représentation des juvéniles. Les zones profondes et les embâcles permettent l'installation de gros sujets (54cm pour la plus grande truite).

À Bagarèdes, si la présence de 0+ est toujours aussi importante, le reste du peuplement est plus restreint. La raison en est que la station présente de nombreuses zones profondes difficilement prospectables. La classe d'abondance est forte, il manque un peu de gros sujets pour atteindre une note élevée pour la biomasse qui est qualifiée de moyenne.

Nous avons clairement démontré le rôle fondamental pour le peuplement piscicole de la zone Bouillidoux-Vallon Sourn, peuplement qui n'existe que grâce à ces apports d'eau, les années d'étiage sévère, l'Argens s'assèche en amont.

5.5.3. La zone d'influence de la Foux

Aucune étude piscicole ne concerne la zone immédiate d'influence de la source de la Foux. Un seul sondage, rapidement abrégé pour des raisons de sécurité (forte conductivité et libération d'H₂s), concerne la source et un seul barbeau méridional a été capturé.

La station d'étude la plus proche se situe en aval des rejets de la station d'épuration de Trans-Draguignan (70 000 équivalent habitants). Elle a été inventoriée par l'ONEMA en juillet 2014 soit 3 ans après la crue majeure (pluri-centennale 500ans ?). Le peuplement apparaît comme très dégradé sur le tableau ci-dessous :

Nartuby à Trans-en-provence

Opération : 85260000031

Date : 03/07/2014

Espèces	Estimation de peuplement (Méthode De Lury)									
	P1	P2	Efficacité	Effectif estimé	Intervalle de confiance	Densité Hectare	% de l'effectif	Biomasse Kg/Hectare	% du poids	
Barbeau méridional	BAM	1	0	100	1	+/- 0	9	4	1	4
Blageon	** BLN	0	1	-	1	-	9	4	«	1
Chevaine	CHE	1	0	100	1	+/- 0	9	4	6	17
Epinoche	** EPI	1	1	-	2	-	18	8	«	«
Goujon	** GOU	0	1	-	1	-	9	4	«	«
Truite arc-en-ciel	TAC	3	0	100	3	+/- 0	28	12	5	13
Truite de rivière	TRF	9	2	78	12	+/- 2	106	46	26	65
Vairon	** VAI	1	3	-	4	-	37	17	«	«
TOTAL - Nb Esp : 8				16	8		225		40	

* : non estimée

(** : Condition Seber et Lecren non réalisée)

Tableau 45 : résultats de la pêche réalisée par l'ONEMA en juillet 2014 sur la Nartuby à Trans

Nous souhaitons pouvoir réaliser au moins une station en aval de la confluence de la Foux comme cela était prévu en 2016, pêche qui nous avait été refusée en raison des conditions de sécheresse. Cette zone jamais inventoriée, pour des raisons inconnues, mérite au moins un inventaire.

5.5.4. Le torrent d'Izoard dans la zone d'influence des sources d'Arvieux

Trois stations ont été inventoriées : la station 1, 2, 3. Les résultats sont sur les tableaux ci-dessous.

Cours d'eau: torrent Izoard							
Station: 1							
Date : 21/09/2016	Superficie de la station en m ² :	152					
Code	Effectif capturé	Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare
SDF	3	0	197	197	197	11447	11426
Station: 2							
Date : 21/09/2016	Superficie de la station en m ² :	268					
Code	Effectif capturé	Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare
SDF	3	2	187	187	187	5610	5610
TRF	29	6	1306	1343	1442	64646	66479
Station: 3							
Date : 21/09/2016	Superficie de la station en m ² :	280					
Code	Effectif capturé	Estimation de la population à l'hectare par la méthode de Carle et Strub			Estimation de la biomasse à l'hectare (en g)		
Espèce	1er passage	2ème passage	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la population à l'hectare	Borne sup.de I.C. à 5%	Borne inf. de I.C. à 5%	Estimation de la biomasse à l'hectare
SDF	2	0	71	71	71	5143	5112
TRF	23	10	1179	1357	1679	49618	57130

Tableaux 46,47 et 48 : Estimation du peuplement piscicole sur 3 stations du torrent de l'Izoard en 2016

Station	Code espèce	Classe abondance	Classe biomasse
1	SDF	2	1
2	SDF	2	1
	TRF	3	3
3	SDF	1	1
	TRF	2	3

Tableau 49 : classes d'abondance et de biomasse calculées sur les principales espèces capturées sur le torrent de l'Izoard

Deux espèces ont été capturées à la station 1 : l'omble (saumon) de fontaine(SDF) et la truite de rivière (TRF). La faiblesse du débit de la station en amont des apports des sources, ne permet pas l'installation d'un véritable peuplement piscicole, seul 3 omble de fontaine arrivent difficilement à se maintenir dans les quelques zones un peu plus profondes. Ils ne dépasseront par le nombre de 5 captures (station 2) sur les autres stations, leur maintien semble particulièrement lié aux alevinages

A la station 2 grâce aux apports des sources d'Arvieux, l'habitat est plus favorable aux deux espèces capturées l'omble de fontaine et la truite de rivière. Cette dernière espèce est

favorisée par les températures plus élevées qu'à la station 1. Son régime thermique plus haut que celui de l'omble de fontaine, trouve à partir des sources d'Arvieux des conditions d'habitat que seul la forte pente et le fort courant viennent contraindre. Certes les classes de densité restent moyennes, il faut ramener cette classification « générale » aux conditions naturelles de haute montagne. L'examen de l'histogramme des tailles des truites capturées montre :

- la présence réduite de 0+ (échec de la reproduction cette année et/ou échec des alevinages),
- une meilleure représentation des juvéniles pour lesquels les conditions d'habitat sont les plus favorables pour ce stade comparativement à tous autres stades
- et quelques adultes défavorisés par les forts courants et l'absence de zone profonde si favorable au stade.

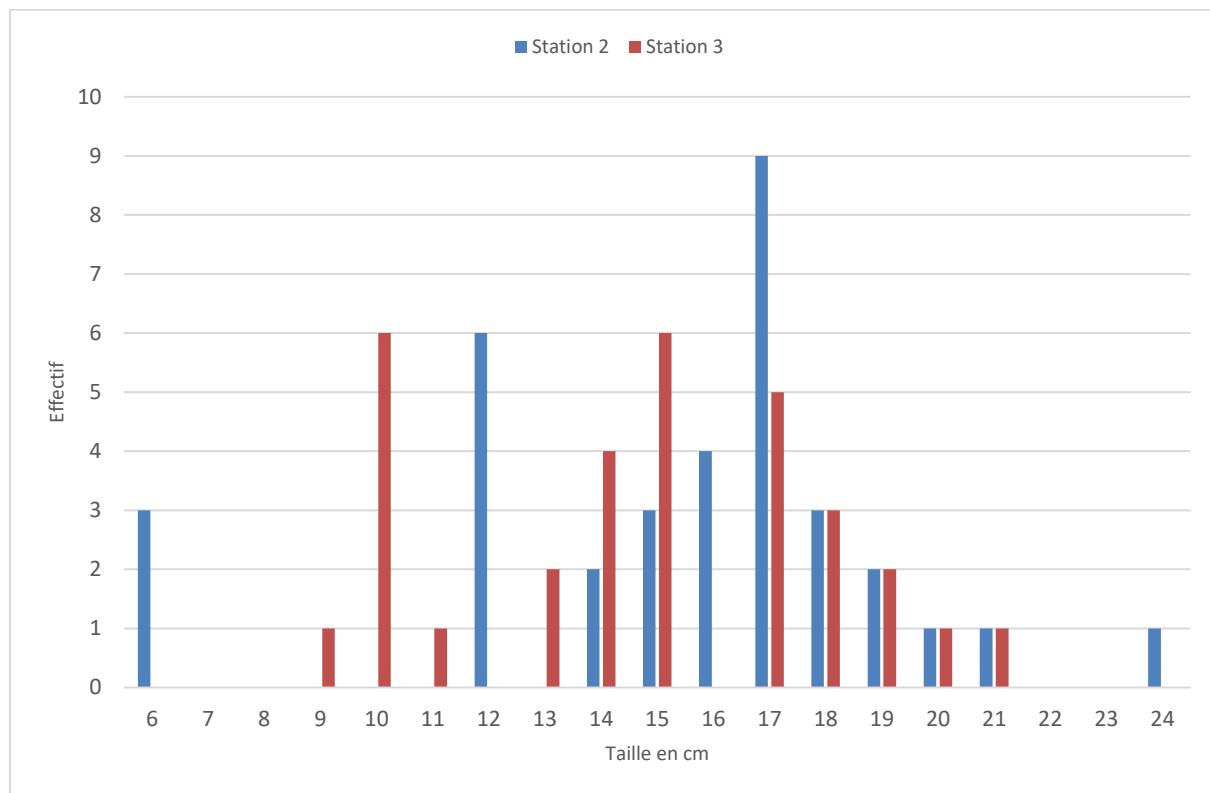


Fig. 47 : histogramme des tailles en cm des TRF capturées aux stations 2 et 3 en septembre 2016

A la station 3 on retrouve à peu près les mêmes conclusions, avec comme différence majeure l'absence de 0+, absence que l'on peut relier à l'encroûtement partiel du substrat.

6. ESSAI DE TYPOLOGIE DES EAUX DE SOURCES TRIASIQUES EN PACA

Selon que les karsts sont alimentés par des eaux **épigéniques et/ou hypogéniques**, les eaux des aquifères ont des paramètres physico-chimiques différents, et notamment la température.

Ainsi, notre étude basée sur les eaux fraîches exclusivement, ne conserve que les **karsts triasiques** alimentés par des **eaux épigéniques**.

Si l'on pense essentiellement aux eaux atmosphériques en termes d'alimentation des systèmes karstiques, il faut également prendre en compte la complexité de la géologie régionale.

En effet, du fait des diverses phases liées à la mise en place des reliefs actuels, de nombreuses « failles », plus ou moins masquées par des dépôts plus récents et le couvert végétal, traversent les paysages.

Ainsi, ce sont autant de zones potentiellement favorables à des infiltrations d'eau ou des « pertes », lorsque les lits et les failles se chevauchent.

Il convient donc de distinguer les systèmes karstiques alimentés par les **eaux météoritiques exclusivement**, de ceux alimentés **en plus par des eaux de perte**.

Les exsurgences des eaux d'un même aquifère peuvent être distantes de plusieurs centaines de mètres et dispersées sur des zones de quelques hectares.

Ainsi, si certaines zones d'exsurgence sont **dans le lit majeur des cours d'eau**, d'autres, plus distantes, **alimentent des chenaux** souvent artificialisés qui conduisent les eaux jusqu'au cours d'eau.

Dans le premier cas, il est intéressant de noter si la majorité des apports sont **dans le lit vif** ou **dans le lit majeur**.

Enfin, il s'agit de distinguer les différents types de sources présentes sur chaque zone d'exsurgence de l'aquifère : les **sources rhéocrènes** (source jaillissante, résurgence), **les sources hélocrènes** (source suintante, source marécageuse), **les sources limnocrènes** (source d'étang ou de mare).

Se définiront comme « **complexe de sources** » les zones avec plusieurs types de source et comme « **système de sources** » les zones en présentant un seul type.

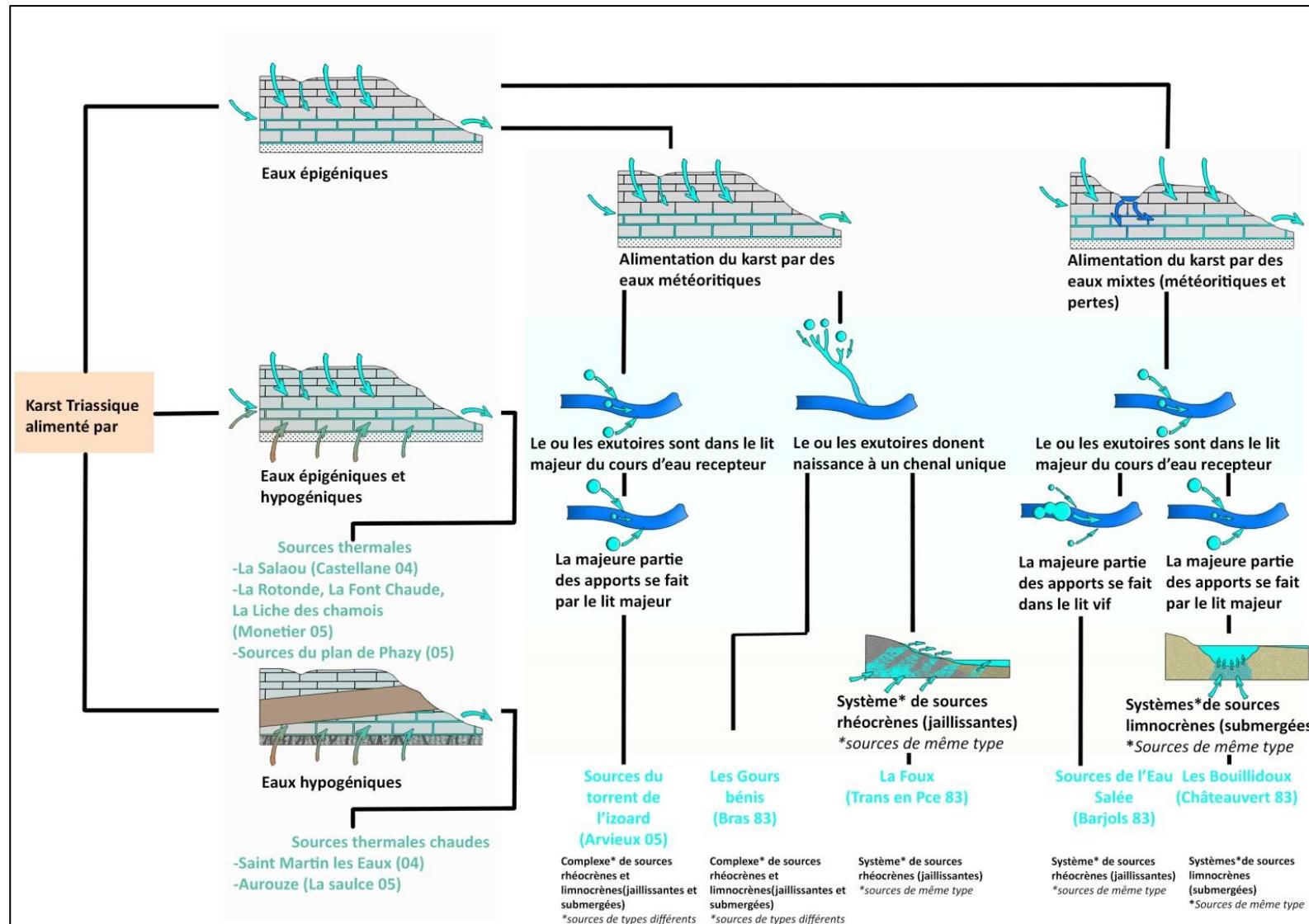


Schéma 2 : essai de typologie des sources salées triasiques étudiées (source MRE)

7. CONCLUSION

Le long travail d'identification des apports triasiques à forte valeur patrimoniale pour le milieu naturel a permis d'identifier cinq zones d'étude :

- Les Gours Bénits à Bras (83)
- Les Bouillidoux à Châteauvert (83)
- L'Eau salée à Barjols (83)
- La Foux à Draguignan (83)
- Les sources du moulin d'Arvieux (05)

Un protocole d'étude et d'analyse a été mis en place.

Les conditions d'étude particulières de 2016, si elles ont permis de mettre clairement en évidence le rôle fondamental de ces apports triasiques (elles ont assuré pendant tout l'étiage l'écoulement permanent des cours d'eau récepteurs), ont été aussi une difficulté majeure, notamment en empêchant la réalisation du protocole complet d'inventaire piscicole.

L'autre difficulté rencontrée au cours de cette étude a également été l'attribution tardive des subventions. En effet, nous n'avons pu démarrer les campagnes de terrain au printemps et nous avons ainsi manqué, par exemple, la période de mai-juin, très favorable aux inventaires patrimoniaux des invertébrés.

Néanmoins, des résultats très probants ont été produits :

- ces apports d'eau de bonne qualité, comme nous l'avons déjà souligné, ont une importance capitale dans des cours d'eau subissant des étiages extrêmement sévères (assec complet en amont des sources sur les cours d'eau du bassin versant de l'Argens) ;
- l'apport d'eaux fraîches a un rôle thermique très favorable permettant le maintien d'une faune sténotherme d'eau froide, en particulier pour les truites de rivière qui y trouvent des conditions très satisfaisantes pour leur développement ;
- Les indices « IBGN DCE » montrent en aval des principaux rejets des stations d'épuration de Bras et de Barjols que ces apports triasiques contribuent à entretenir un débit et une qualité d'eau favorisant un pouvoir auto-épurateur élevé. Le rôle le plus significatif de ces apports se trouve au niveau de la station « Châteauvert » (code DCE : 06202750), station qui se situe en aval du complexe Bouillidoux-Eau Salée, qui obtient la note de 19/20 (août 2005, juin et août 2006, dates auxquelles l'Argens était totalement sec en amont de ces apports triasiques) ;
- Les sources découvertes à Arvieux, grâce aux informations du chef de brigade de l'ONEMA (aujourd'hui l'AFB: Agence Française pour la Biodiversité) du 05, Philippe Moulec, ont permis de mettre en évidence le rôle de ces apports dans le maintien de la biodiversité du cours d'eau. Le torrent de l'Izoard ayant subi jusqu'à peu les rejets difficilement épurés de l'ancienne station d'épuration d'Arvieux. Au sévère étiage

hivernal, l'apport de plus de 300 litres/seconde d'eau de bonne qualité a favorisé le pouvoir auto-épurateur du cours d'eau.

Il apparaît indispensable de compléter ce travail en mettant en œuvre 2 campagnes d'inventaires patrimoniaux (invertébrés) en juin et en septembre sur au moins deux sites : le secteur de la Foux et le torrent de l'Izoard.

De la même manière, l'étude piscicole du Cauron, du complexe Bouillidoux-Eau salée et sur la Nartuby en aval immédiat de la confluence avec la Foux (zone qui n'a jamais fait l'objet d'inventaire), nous paraît indispensable pour clôturer la connaissance de ce compartiment biologique.

Enfin, nous avons laissé les thermomètres enregistreurs sur toutes les stations d'étude pour bénéficier d'un cycle annuel complet permettant de caractériser le rôle thermique essentiel de ces apports dans les milieux récepteurs.

Nous avons par ailleurs entrepris, dans l'objectif pour 2017 de rédiger et éditer un Cahier de la MRE N°4 consacré à ces sources triasiques, en collaboration avec l'Université d'Avignon, une étude hydrogéologique plus poussée. Etude indispensable à la mise en place d'un plan de gestion permettant d'identifier l'impluvium de ces sources afin d'y proposer des mesures de protection de ces ressources indispensables à l'atteinte du bon état écologique que la DCE nous impose.

Annexe n°1 : Résultats des IBGN DCE réalisés sur les stations de l'étude sources triasiques de PACA

Cauron : stations 1 à 4

Cauron			27/10/2016				St 01							
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Trichoptères	Hydropsychidae	Hydropsyche	2											
	Philopotamidae	Wormaldia											4	1
Ephéméroptères	Baetidae	Baetis	5		6	1		5		9			23	2
	Caenidae	Caenis										1	1	
	Ephemeridae	Ephemera				5			22	76	7	22		
	Heptageniidae	Ecdyonurus						5					2	
Coléoptères	Elmidae	Oulimnius	1									1		15
	Elmidae	Esolus			7	1			2	1		4	6	
	Elmidae	Elmis	1	6	2				1		1	1		
	Elmidae	Limnius				1					1	2	1	
	Scirtidae	Hydrocyphon			4								3	
Diptères	Chironomidae	Chironomidae			2		6		6	7	9	19	90	9
	Limoniidae	Limoniidae				5					1	1		
	Simuliidae	Simuliidae											2	
	Tabanidae	Tabanidae							1		7			
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	105	1	35	15	67	8	4	5	1	1	140	66
Hydracariens	Hydracariens	Hydracariens								5				
Bivalves	Sphaeriidae	Pisidium			1									
Gastéropodes	Ancylidae	Ancylus			3			1					4	
	Hydrobiidae	Potamopyrgus	4			3					1			1
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes			4	50	3	3	1	2	95	5		3

Cauron			27/10/2016				St 02							
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra									1	2		
	Hydropsychidae	Hydropsyche					2				1			
Trichoptères	Hydroptilidae	Hydroptila	1											
	Philopotamidae	Wormaldia			9	3	3				12		2	
	Polycentropodidae	Polycentropus						7		6	2	3	1	
	Rhyacophilidae	Rhyacophila									1			
	Baetidae	Baetis	2	5	30	2	55	2	1	3	38	82	3	57
Ephéméroptères	Ephemeridae	Ephemera	3			11		26	12	12	4	2	1	
	Heptageniidae	Ecdyonurus			1	1	4				2	8		1
	Elmidae	Oulimnius								4		37		
Coléoptères	Elmidae	Esolus	2	3	1	9	114	75	27	6	40	24	4	35
	Elmidae	Elmis	4	5	3		8	13	3		4	3	1	8
	Elmidae	Limnius					5	6	3	5	1	7	2	2
	Elmidae	Riolus	3	1					3					
	Gyrinidae	Orectochilus			1									
	Chironomidae	Chironomidae	57		3	62	4	11	44	30	6	12	4	2
Diptères	Empididae	Empididae	1								3			
	Limoniidae	Limoniidae					1		1		2			
	Simuliidae	Simuliidae	3			1	3	1			4			
	Tabanidae	Tabanidae						2	1					
	Gomphidae	Onychogomphus					3	1			1	4		
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	23	26	85	5	59	73	15	11	27	76	5	64
Hydracariens	Hydracariens	Hydracariens					2						1	
Bivalves	Sphaeriidae	Pisidium	6						2		1			
Gastéropodes	Ancylidae	Ancylus				12								
	Hydrobiidae	Potamopyrgus				70	1	37			6		1	
	Neritidae	Theodoxus									1			
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	4	3		2		12	13	11	3	8	3	3

Cauron		27/10/2016				St 03								
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Trichoptères	Hydropsychidae	Hydropsyche	3											
	Philopotamidae												1	
	Polycentropodidae	Polycentropus								3				
	Psychomiidae		1											
	Rhyacophilidae	Rhyacophila												1
Ephéméroptères	Baetidae	Baetis	22	2				8	3	7		9	4	6
	Ephemeridae	Ephemera		1		6	7		8				1	
Coléoptères	Elmidae	Esolus	17	1	3	2	10	6	14	6	1	5	2	4
	Elmidae	Elmis	12					2						
	Elmidae	Limnius				1								
	Elmidae	Riolus	15	1	4		5	6	8	1	3	1	8	3
Diptères	Chironomidae	Chironomidae	28	5	13	4	5	5	4	14	8	17	7	14
	Empididae	Empididae	5	1						1	1			1
	Limoniidae	Limoniidae					2	1	9	5	3	2	1	
	Simuliidae	Simuliidae	74	3			5	4			2	2	2	
Odonates	Gomphidae	Onychogomphus							2					
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	24	48	13	5	80	15	61	18	5	9	10	10
Gastéropodes	Hydrobiidae	Potamopyrgus				1			1					
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	1	4		35	1		4	2				

Cauron		27/10/2016				St 04								
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Trichoptères	Hydropsychidae	Hydropsyche							1	2		6	1	
	Philopotamidae					1								
	Philopotamidae	Wormaldia												1
	Rhyacophilidae	Rhyacophila							1					
Ephéméroptères	Baetidae	Baetis	8	1	2		1	11	1		6	13	11	4
	Ephemeridae	Ephemera					2		3					
Coléoptères	Dryopidae	Pomatinus			1									
	Elmidae	Esolus	21	2					4	9			3	
	Elmidae	Elmis			1									
	Elmidae	Riolus	1		1	3	3	1		14	4	3	4	
	Hydrophilidae	Sphaeridiinae			1									
Diptères	Ceratopogonidae	Ceratopogoninae								2	1			
	Chironomidae	Chironomidae	10	3	3	1		7		4	7	6	5	1
	Empididae	Empididae	1											
	Limoniidae	Limoniidae	1		1				3		4	1	5	
	Simuliidae	Simuliidae	24	2	2			3	4		6	1	7	15
	Stratymyiidae	Stratymyiidae					1	1						
Odonates	Gomphidae	Onychogomphus						1						
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	4	400	29	71	73		56	127	9	20	1	
Gastéropodes	Hydrobiidae	Potamopyrgus			7									
Planaires	Dugesiidae	Dugesia		1	3	3	1					1	1	
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes		1			52		200	4				

L'Eau salée : stations 1 à 4

Eau Salée			26/10/2016			St 01									
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D	
Trichoptères	Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>		1											
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>				1									
	Caenidae	<i>Caenis</i>		1					7	5	2	2	1	3	6
Coléoptères	Dryopidae	<i>Pomatinus</i>													2
Diptères	Athericidae	<i>Athericidae</i>								1					
	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	1		1	4	4	2	14	4	4	1	2	4	
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>					1								
	Psychodidae	<i>Psychodidae</i>						1							
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>													5
	Tabanidae	<i>Tabanidae</i>								3	2				
Odonates	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>							1						
	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster</i>							1		6	1	1		
	Corduliidae										1				
	Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>						14	27			2	4	7	
Crustacés	Asellidae	<i>Asellus</i>		13		1									
	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	310	175	152	375	204	240	114	58	207	370	240	434	
Gastéropodes	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>	100	25	11	800	230	580	115	270	100	310	304	348	
Planaires	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>	1	1			1	1				1			
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes							1						

Eau Salée			26/10/2016			St 02									
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D	
Trichoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>					2						1	1	
Ephéméroptères	Caenidae	<i>Caenis</i>				10		1	9	4		3			
Coléoptères	Elmidae	<i>Oulimnius</i>							2						
	Elmidae	<i>Esolus</i>				1			30				1		
	Elmidae	<i>Riolus</i>							1						
	Scirtidae	<i>Scirtes</i>					1								
	Scirtidae	<i>Hydrocyphon</i>						1							
Diptères	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>			2		6	1	3	4		3			
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>			1										
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>					7	2				9	5		
Odonates	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster</i>							1						
	Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>					3	1	1	6	2	1			
Crustacés	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	9	34	156	126	94	305	38	370	202	20	170	300	
Gastéropodes	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>	1050	35	4	480	39	320	240	590	23	200		2	
Planaires	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>					1	1						1	
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes	1	2	1	3			2		1				

Eau Salée		26/10/2016				St 03								
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Trichoptères	Hydropsychidae	Hydropsyche	4		16	2	1		21	20	3			
	Hydroptilidae	Hydroptila	1										1	
Ephéméroptères	Caenidae	Caenis						1						
	Elmidae	Oulimnius	2						2			1	2	3
	Elmidae	Esolus		3	3		1	39	5		5	4	4	
	Elmidae	Elmis	2		7	1	3		3			1		
	Elmidae	Limnius									1			
	Elmidae	Riolus			7	1	1		6	9	1		2	
	Gyrinidae	Orectochilus		1							1			
Diptères	Chironomidae	Chironomidae	17		2		1		12			2	1	
	Empididae	Empididae							2					
	Rhagionidae	Rhagionidae		1										
	Simuliidae	Simuliidae	46		10				13	3		1		
	Stratyomiidae	Stratyomiidae	2											
Odonates	Calopterygidae	Calopteryx		1										
	Cordulegasteridae	Cordulegaster		1										
	Gomphidae	Onychogomphus										1		
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	400	15	49	7	3	10	40	70	61	105	95	3
Gastéropodes	Hydrobiidae	Potamopyrgus	500	48	200	25	504	1190	80	26	72	519	1270	57
	Physidae	Physa	2											
Planaires	Dugesiidae	Dugesia	6	32	2			1	4	3	34	2	1	

Eau Salée		26/10/2016				St 04								
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra			2						1		1	1
	Glossosomatidae	Synagapetus					14			2		1	3	8
	Hydropsychidae	Hydropsyche		5	2	5			4		5		2	
	Hydroptilidae	Hydroptila							3		2	1		
	Odontoceridae	Odontocerum							1					
	Philopotamidae	Chimarra		2										1
Ephéméroptères	Baetidae	Baetis	1				2			22		6	7	7
	Caenidae	Caenis		1										
Coléoptères	Dryopidae	Pomatinus					1	1						
	Elmidae	Oulimnius		17	36	16	9	20	18	12	10	3	13	
	Elmidae	Esolus	2	25	20	30	16	24	15	15	39	18	13	
	Elmidae	Elmis		7		1	1				3			10
	Elmidae	Limnius												
	Elmidae	Riolus		4		2	1		5	1	2		2	
Diptères	Scirtidae	Hydrocyphon		3		1								
	Chironomidae	Chironomidae			1					7	1	61	1	5
	Limoniidae	Limoniidae							2					
	Psychodidae	Psychodidae							1					
	Simuliidae	Simuliidae								36	9	10	2	1
	Stratyomiidae	Stratyomiidae					1							
Odonates	Tipulidae	Tipulidae						2						
	Cordulegasteridae	Cordulegaster	3	1										
	Gomphidae	Onychogomphus			5		3	4	2	1	2	1		2
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	25	13	2	1	45		17	20	23	70	2	35
Hydracariens	Hydracariens	Hydracariens									1			
Gastéropodes	Hydrobiidae	Potamopyrgus	25	364	179	665	600	72	550	390	81	650	330	480
	Neritidae	Theodoxus						5	3				1	1
	Physidae	Physa					2						1	
Planaires	Dugesiidae	Dugesia	2		10	2	17		9	4	1	3	11	5
Nématodes	Nématodes	Nématodes							2					

Les Bouillidoux : stations 1 à 3

Bouillidoux			26/10/2016				St 01							
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Leuctridae	<i>Leuctra</i>		1				1	1	1	5	1		
	Perlidae	<i>Perla</i>								2	1			
Trichoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>					3	2	2	1	6	1		
	Odontoceridae	<i>Odontocerum</i>					1	3		1		1		
Ephéméroptères	Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i>												1
	Baetidae	<i>Baetis</i>				2	3	3	4	7	12			2
Coléoptères	Dryopidae	<i>Pomatinus</i>		11				1				1		
	Elmidae	<i>Oulimnius</i>				28	37	47	4	1	28	4		1
	Elmidae	<i>Esolus</i>	1						1	4	7		3	7
	Elmidae	<i>Elmis</i>	1	4		10	3	6	14	2	1	26	13	7
	Elmidae	<i>Limnius</i>						1	2	2	1		5	
	Scirtidae	<i>Hydrocyphon</i>		1					1	2	2			3
Diptères	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	1				3		1	1	1	2	1	
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>												1
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>									1			
	Stratyomiidae	<i>Stratyomiidae</i>									1			
Odonates	Calopterygidae	<i>Calopteryx</i>		10										1
	Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>					2	5	1		4			
Crustacés	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	146	26	1	259	274	708	187	39	295	170	16	30
Achètes	Glossiphoniidae	<i>Glossiphoniidae</i>	1											
Gastéropodes	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>	467	45	156	54	30	998	185	89	82	272	32	25
	Neritidae	<i>Theodoxus</i>		2		2	2	5	5	24	9	5		
Planaires	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>					2	2		4	1			1
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>			25				3	2		1	1	

Bouillidoux			26/10/2016				St 02							
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Perlidae	<i>Perla</i>					1			3	1	7	1	3
Trichoptères	Goeridae	<i>Goeridae</i>					4			3				1
	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	1				78	6	1	17	14	68	8	49
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>		2			51		6	18	8	15	2	9
	Odontoceridae	<i>Odontocerum</i>									5			1
	Philopotamidae	<i>Wormaldia</i>					1							
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>					3	1			3			3
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>	1				66	3	8	9	16	19	26	16
Coléoptères	Dryopidae	<i>Pomatinus</i>	1	2										10
	Elmidae	<i>Oulimnius</i>		18			10	3			1			17
	Elmidae	<i>Esolus</i>	3	10	6		12	5	12	19	3	3	21	9
	Elmidae	<i>Elmis</i>	3	3	1		10	1		3	4	5	14	19
	Elmidae	<i>Limnius</i>			1		3	1	2	1	1	1		
	Elmidae	<i>Potamophilus</i>												1
	Gyrinidae	<i>Orectochilus</i>					1			1				3
	Haliplidae	<i>Haliplus</i>									1			
	Scirtidae	<i>Hydrocyphon</i>									1			
	Anthomyidae	<i>Anthomyidae</i>					1			1				
Diptères	Athericidae	<i>Athericidae</i>			2									
	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	5	11	2		181	14	167	55	77	139	47	61
	Empididae	<i>Empididae</i>					1							
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>					18		38		5	8	4	8
	Tabanidae	<i>Tabanidae</i>			2									
Odonates	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster</i>		3										1
Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>									1	2	3	12	1
Crustacés	Asellidae	<i>Asellus</i>					6							
	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	28	404	60	24	54	111	127	193	240	67	288	120
Hydracariens	Hydracariens	<i>Hydracariens</i>												1
Achètes	Glossiphoniidae	<i>Glossiphoniidae</i>	1				4				1		1	
Gastéropodes	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>	532	1011	837	570	587	340	1722	1950	1080	810	606	1200
	Neritidae	<i>Theodoxus</i>		1			6			21		6	8	9
Planaires	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>		1			17	3			75	27	46	91
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>			27	14		4			2	1		

Bouillidoux			26/10/2016				St 03								
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D	
Plécoptères	Leuctridae	Leuctra					1	2				1			
	Perlidae	Perla					3				1		4	6	
Trichoptères	Goeridae	Goeridae						4							
	Hydropsychidae	Hydropsyche	1	98	51	4	99	13	1	2	434	35	44	48	
	Hydroptilidae	Hydroptila						3				1	1		2
	Odontoceridae	Odontocerum											2	6	
Ephéméroptères	Rhyacophilidae	Rhyacophila						1							
	Baetidae	Baëtis	9	1			31	24	1	3	8	12	11	12	
Coléoptères	Dryopidae	Pomatinus	8	3			5						1		
	Elmidae	Oulimnius	15				11	6		2	9	2	6	3	
	Elmidae	Esolus	37	5			6	41	3	4	5	17	17	14	
	Elmidae	Elmis	75	4			14	4		1	35	11	12	4	
	Elmidae	Limnius	1		2			7	2	1		5	3		
	Elmidae	Riolus		4	4		15				10	2	2	2	
	Gyrinidae	Orectochilus									2		2	2	
Diptères	Anthomyidae	Anthomyidae		1											
	Chironomidae	Chironomidae	1	32	4	2	34	10	2		4	15	17	24	
	Empididae	Empididae					1		1						
	Limoniidae	Limoniidae							1					1	
	Psychodidae	Psychodidae													
Odonates	Simuliidae	Simuliidae	6	3			2				1	1			
	Calopterygidae	Calopteryx			1										
	Gomphidae	Onychogomphus						2	1	1			4		
Crustacés	Gammaridae	Gammarus	216	65	4	67	2	70	4	322	15	78	46	6	
Gastéropodes	Hydrobiidae	Potamopyrgus	536	36	148	314	930	200	78	2810	10	180	620	550	
	Neritidae	Theodoxus	1				1	3	2	1	1	4	2	28	1
Planaires	Dugesiidae	Dugesia			1			9			5		25	2	4
Oligochètes	Oligochètes	Oligochètes					2			2			1		

La Foux : stations 1 à 3

Trans		14/06/2016	St 01											
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Trichoptères	Glossosomatidae	<i>Synagapetus</i>		1			62	12	26	6		5		15
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>										13	1	
	Rhyacophilidae													1
	Ephéméroptères	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>											1
Coléoptères	Elmidae	<i>Elmis</i>				1						1		
	Scirtidae	<i>Elodes</i>	3	2	2	14	1	1				1		2
Diptères	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>								6			2	
	Psychodidae	<i>Psychodidae</i>	1			1								
Odonates	Cordulegasteridae	<i>Cordulegaster</i>								1				
Crustacés	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	374	261	231	284	211	119	636	735	89	100	75	600
Hydracariens	Hydracariens	<i>Hydracariens</i>										3		
Gastéropodes	Ancylidae	<i>Ancylus</i>	1											
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>										1	82	
	Limnaeidae	<i>Galba</i>					1				1	3		
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>										22	1	

Trans		14/06/2016	St 02											
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Trichoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>					180	1						
	Odontoceridae	<i>Odontocerum</i>		1						2				1
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>	14	3	4		15	5	1		19	143	1	
Coléoptères	Elmidae	<i>Oulimnius</i>					1							
	Elmidae	<i>Elmis</i>					224	4	1					1
	Elmidae	<i>Limnius</i>					1							
	Scirtidae		13											
Diptères	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	7	1	4	13	3			1		1	1	2
	Dixidae	<i>Dixidae</i>		3										
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>							1					
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>	1	9	1	1	278	10	27	7	159	6	2	
Crustacés	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	172	96	238	178	491	142	320	40	13	28	51	24
	Cambaridae	<i>Procambarus</i>							1					
Gastéropodes	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>			2	10	88	25	59	30	8	27	4	20
	Limnaeidae	<i>Galba</i>	14											
	Limnaeidae			9	35									
	Neritidae	<i>Theodoxus</i>	1	25	30	7	28	27	10	12	40	112		60
Planaires	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>		1	6									
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>	1		4	8					1			2
Nématodes	Nématodes	<i>Nématodes</i>									1			

Trans		10/06/2016	St 03											
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Leuctridae	<i>Leuctra Geniculata</i>							1					
	Leuctridae	<i>Leuctra</i>												7
Trichoptères	Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>					6	2			1	48	5	
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	225	5	140	143	25	175			638	53	60	27
	Leptoceridae	<i>Mystacides</i>								1				
	Odontoceridae	<i>Odontocerum</i>			1		1	2					2	
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>			1						3	2	4	
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>	55	1	1	5	82	196	10	1	3	45	101	12
	Caenidae	<i>Caenis</i>	2	10		7	1			2	1			1
Coléoptères	Elmidae	<i>Oulimnius</i>					2				1		1	
	Elmidae	<i>Esolus</i>	1								2			
	Elmidae	<i>Elmis</i>	2	5	12	11	50	4	5		1	110	6	7
	Elmidae	<i>Limnius</i>										1	2	
	Elmidae	<i>Riolus</i>				1		2			2	16		
	Haliplidae	<i>Haliplus</i>		1										
Diptères	Anthomyiidae	<i>Anthomyiidae</i>	1				1				1	2		
	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i>				3	1	1		6		4	1	1
	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	16	108	1	28	14	8	13	39	297	198	43	7
	Empididae	<i>Empididae</i>							1					
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>		1					3			1		2
	Psychodidae	<i>Psychodidae</i>	2											
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>	1		1	2	12	21	2	2	5	14	4	
	Stratiomyidae	<i>Stratiomyidae</i>				1					2			
	Tabanidae	<i>Tabanidae</i>										1		
Odonates	Gomphidae	<i>Onychogomphus</i>		1			1		1					1
Crustacés	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	43	391	220	242	1190	445	330	3	287	120	425	158
Achètes	Glossiphoniidae	<i>Glossiphoniidae</i>												1
Gastéropodes	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus</i>	2	1325	140	1425	197	55	310	1923	3	9	57	259
	Limnaeidae	<i>Radix</i>		12										
	Neritidae	<i>Theodoxus</i>		12	2	13	34	17	20	2	20	9	23	16
Planaires	Dugesiidae	<i>Dugesia</i>							2			4	1	
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>	3										2	

Le torrent de l'Izoard : stations 1 à 3

Izoard		09/08/2016			St 01									
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Leuctridae	<i>Leuctra</i>								4		1		
	Nemouridae	<i>Protonemura</i>	152	27	4	2	163	65	52	100	83	40	5	14
	Perlodidae	<i>Isoperla</i>	2				2					1		
	Perlodidae	<i>Perlodes</i>			1									
Trichoptères	Limnephilidae		1											
	Limnephilidae	<i>Limnephilinae</i>		2	2								1	
	Rhyacophilidae	<i>Hyporhyacophila</i>	1				4	1	1	3		1		
	Rhyacophilidae	<i>Pararhyacophila</i>						1						
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>						4	3	9	1			1
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>	9	1	3	3	257	210	68	197		42	15	35
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i>				2	3		3	2		2		
	Heptageniidae	<i>Rhithrogena</i>							1		1			
Coléoptères	Dytiscidae	<i>Hydroporinae</i>		1										
Diptères	Anthomyidae	<i>Anthomyidae</i>								1	2			
	Blephariceridae	<i>Blephariceridae</i>							1	4	1	1	1	6
	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	13	13	40	6	13	8	3	4	6	2		
	Dixidae	<i>Dixidae</i>	1		1		1							
	Empididae	<i>Empididae</i>					3	4		3		2		
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>			4	1			2	1				
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>	5	1	3		14	58	6	39	4		3	11
Hydracariens	Hydracariens	<i>Hydracariens</i>	9											
Planaires	Planariidae	<i>Crenobia</i>	3				7	1		3		1		
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>		1		6	1	2	12			2		

Izoard		10/09/2016			St 02									
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Chloroperlidae	<i>Chloroperla</i>								1	1			1
	Leuctridae	<i>Leuctra</i>	1											
	Nemouridae	<i>Protonemura</i>	50	1	160	107	122	82	43	254	180	35	267	134
Trichoptères	Limnephilidae	<i>Limnephilinae</i>				1								
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>				2	1		1	1	1	2	11	
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>	12	2		4	2	11	35	6	29	6	9	6
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i>				1			4		2		1	
Diptères	Athericidae	<i>Athericidae</i>	1											
	Blephariceridae	<i>Blephariceridae</i>									1			
	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	1	1	127	11	3	3	10	23	3	4	27	1
	Empididae	<i>Empididae</i>	2			4	3			5		3	1	
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>		1	1	5	4	2	3	2	1			
	Psychodidae	<i>Psychodidae</i>								1				
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>			1		6	2	9	7		2		
Planaires	Planariidae	<i>Crenobia</i>					1	1	5	3	19	22	3	13
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>		1			2			1		4		1
Nématodes	Nématodes	<i>Nématodes</i>	1					9	2		2			

Izoard		10/08/2016	St 03											
Ordre	Famille	Taxons	B1A	B1B	B1C	B1D	B2A	B2B	B2C	B2D	B3A	B3B	B3C	B3D
Plécoptères	Nemouridae	<i>Protonemura</i>	14			74	23	104	6	64	86	79	45	61
Trichoptères	Limnephilidae	<i>Limnephilinae</i>				2								
	Rhyacophilidae	<i>Hyporhyacophila</i>	1											
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>					1	10	2	5		4	6	4
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i>	2		2		7	92	6	12	8	20	18	17
	Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i>						2		1				
Diptères	Blephariceridae	<i>Blephariceridae</i>				2								
	Ceratopogonidae	<i>Ceratopogoninae</i>												1
	Chironomidae	<i>Chironomidae</i>	25	195	11	60	4	60	6	13	199	9	23	26
	Empididae	<i>Empididae</i>		1		4	4	14	1	1	6	6	1	10
	Limoniidae	<i>Limoniidae</i>		8				12	1	3	9			6
	Psychodidae	<i>Psychodidae</i>		1		1	1							
	Simuliidae	<i>Simuliidae</i>			4		5	6	1		3	3	15	7
	Tabanidae	<i>Tabanidae</i>		1										
	Hydracariens	<i>Hydracariens</i>						3						
Planaires	Planariidae	<i>Crenobia</i>					1	3	2	2	2		1	
Oligochètes	Oligochètes	<i>Oligochètes</i>								1				

Annexe n° 2 : grille pour le calcul des classes d'abondance et de biomasse définies par la DR8 de l'ONEMA

C1= très faible-C2=faible-C3=moyen-C4=fort-C5=très fort

Classes de densités estimées : nb ind/ 10 ares (soit 1000 m ²)										Tableau 4					Classes de biomasses estimées : kg/ha						
	Inf 1	C1	SUP 1	C2	SUP 2	C3	SUP 3	C4	SUP 4	C5		Inf 1	C1	SUP 1	C2	SUP 2	C3	SUP 3	C4	SUP 4	C5
CHA	8	75	150	300	600						CHA	0.53	5	10	20	40					
TRF	6	60	120	240	480						TRF	2.4	24	48	96	192					
TAC	1	3	5	10	20						TAC	0.92	2.75	5.5	11	22					
VAI	15	175	350	700	1400						VAI	0.39	4.5	9	18	36					
LOF	20	200	400	800	1600						LOF	0.8	8	16	32	64					
OBR	2	6	13	25	50						OBR	2.75	8.25	16.5	33	66					
LPP	2	10	20	40	80						LPP	0.03	0.13	0.25	0.5	1					
BLN	6	38	76	152	304						BLN	0.63	4	8	16	32					
BAM	1	10	20	39	78						BAM	0.48	4.75	9.5	19	38					
HOT	10	96	193	385	770						HOT	2.6	25	50	100	200					
TOX	3	17	35	69	138						TOX	2.21	12.5	25	50	100					
VAN	5	28	55	110	220						VAN	1.79	10	20	40	80					
CHE	5	28	55	110	220						CHE	3.39	19	38	76	152					
BAF	3	13	25	50	100						BAF	4.04	17.5	35	70	140					
LOT	1	2	4	8	16						LOT	1.56	6.25	12.5	25	50					
SPI	5	15	29	57	114						SPI	0.35	1.05	2.1	4.2	8.4					
GOU	6	58	115	230	460						GOU	0.52	5	10	20	40					
BRO	0.5	2	5	9	18						BRO	1.88	7.5	15	30	60					
PER	1	3	6	12	24						PER	0.17	0.5	1	2	4					
BOU	3	18	35	70	140						BOU	0.07	0.4	0.8	1.6	3.2					
PES	5	14	28	55	110						PES	0.67	1.7	3.4	6.8	13.6					
ROT	1	4	8	15	30						ROT	0.13	0.5	1	2	4					
CCO	0.5	2	5	9	18						CCO	1.56	6.25	12.5	25	50					
CAR	0.5	2	4	8	16						CAR	0.63	2.5	5	10	20					
TAN	0.5	3	5	10	20						TAN	0.63	3.75	7.5	15	30					
BRE	1	5	9	18	36						BRE	0.9	4.5	9	18	36					
PCH	1	4	8	15	30						PCH	0.25	1	2	4	8					
GRE	6	63	125	250	500						GRE	0.31	3.25	6.5	13	26					
GAR	15	170	340	680	1360						GAR	2.43	27.5	55	110	220					
BRB	5	30	60	120	240						BRB	0.46	2.75	5.5	11	22					
ABL	25	500	1000	2000	4000						ABL	0.79	15.75	31.5	63	126					
ANG	5	15	30	60	120						ANG	5.42	16.25	32.5	65	130					
SAN	0.5	2	5	9	18						SAN	0.94	3.75	7.5	15	30					
BBG	0.5	2	4	8	16						BBG	0.31	1.25	2.5	5	10					
EPI	4	23	46	92	184						EPI	0.05	0.3	0.6	1.2	2.4					
EPT	2	8	15	30	60						EPT	0.03	0.1	0.2	0.4	0.8					
PSR	5	25	50	100	200						PSR	0.01	0.03	0.06	0.12	0.24					
BLE	2	10	20	40	80						BLE	0.03	0.16	0.32	0.64	1.28					
SDF	3	15	30	60	120						SDF	3.1	15.5	31	62	124					

