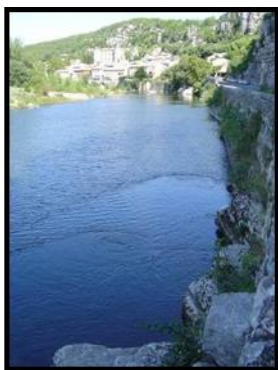


SYNDICAT MIXTE ARDECHE CLAIRE

Etablissement Public Territorial de Bassin
Structure porteuse du SAGE du bassin versant de l'Ardèche
Allée du Château
07 200 VOGÜE



Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche



PHASE 1 :
ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE
ET ANALYSE DES BESOINS FUTURS EN EAU POTABLE SUR LE TERRITOIRE DU SAGE

Version définitive

SOMMAIRE

REFERENCES	18
I- INTRODUCTION.....	25
1- LE CADRE DE L'ETUDE	25
2- LA NOTION DE ZONE DE SAUVEGARDE	26
3- LA ZONE D'ETUDE	27
4- LES ACTEURS DE L'ETUDE.....	30
4.1. Le comité de pilotage	30
4.2. Le prestataire	31
5- LE PHASAGE DE L'ETUDE	31
II- CONTEXTE GENERAL.....	33
1- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE	33
1.1. Zone des grès du Trias Ardéchois	36
1.2. Zone des calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes	36
1.3. Zone des calcaires urgoniens du Bas-Vivarais.....	37
2- CONTEXTE CLIMATIQUE.....	39
3- CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE.....	39
III- DEMARCHE DE RECUEIL DES DONNEES.....	41
1- LES INFORMATIONS EXISTANTES.....	41
1.1. Les bases de données	41
1.2. Les études et thèses.....	42
1.3. Les sources documentaires spéléologiques.....	43
2- LES ENQUÊTES DE TERRAIN ET LES QUESTIONNAIRES	44
3- LA BANCARISATION DES DONNEES.....	45
3.1. Structure de la base de données	45
3.2. Contenu de la base de données.....	50
3.3. Synthèse statistique	56
3.3.1. Les données fondamentales.....	56
3.3.2. Taux de renseignement de la base de données sur l'information "Débit"	57
IV- CARACTERISATION DES UNITES AQUIFERES.....	60
1- LE DOMAINE KARSTIQUE	60
1.1. Définition du karst	60
1.2. Les formes du relief karstique	61
1.3. Les circulations souterraines et le développement du réseau karstique	62

1.4.	<i>Typologie du karst</i>	63
1.5.	<i>Les zones du karst</i>	64
1.6.	<i>Spéléogénèse</i>	65
1.7.	<i>Type de recharge et concepts décrivant la dynamique d'infiltration</i>	67
1.8.	<i>Les structures de stockage et de transfert</i>	69
1.9.	<i>Conséquences sur les échanges surface/souterrain</i>	70
1.10.	<i>Conséquences sur la vulnérabilité de la ressource vis-à-vis d'une pollution</i>	70
1.11.	<i>Conséquences sur la vulnérabilité associée au risque d'inondation dans les bassins versants à fortes composantes karstiques</i>	70
1.12.	<i>Le système karst/rivière</i>	71
1.13.	<i>Les interactions hydrodynamiques surface/souterrain en milieu karstique</i>	73
1.13.1.	Rappels sur l'organisation spatiale des systèmes d'écoulement.....	73
1.13.2.	Sens et direction d'écoulement.....	74
1.13.3.	Synthèse sur la classification des échanges aquifères/rivières	77
1.13.4.	Conséquences de l'exploitation de l'aquifère karstique sur les échanges karst-rivière	77
1.13.5.	Principe de gestion active	78
2-	LES UNITES KARSTIQUES JURASSIQUES DE LA BORDURE SOUS-CEVENOLE	79
2.1.	Stratigraphie – Lithologie	79
2.1.1.	Stratigraphie du réservoir karstique des calcaires jurassiques.....	79
2.1.2.	Lithologie du mur du réservoir karstique des calcaires jurassiques	80
2.1.3.	Lithologie du réservoir karstique des calcaires jurassiques.....	82
2.1.4.	Lithologie du toit du réservoir karstique des calcaires jurassiques	84
2.2.	Tectonique	84
2.2.1.	L'orogénèse hercynienne	84
2.2.2.	La phase pyrénéo-provençale	85
2.2.3.	La phase oligo-miocène.....	85
2.2.4.	La phase mio-pliocène.....	85
2.2.5.	Les accidents tectoniques	85
2.3.	Principaux épisodes de karstification	86
2.4.	L'unité Nord Vogüé	87
2.4.1.	Présentation et délimitation de l'unité	87
2.4.2.	Hydrogéologie	91
2.4.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	92
2.4.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	97
2.4.2.3.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert</i>	98
2.4.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	100
2.4.4.	Echanges nappe/rivière.....	102
2.4.5.	Qualité des eaux.....	103
2.4.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions/Prélèvements	103
2.5.	L'unité Sud-Vogüé	107
2.5.1.	Présentation et délimitation de l'unité	107
2.5.2.	Hydrogéologie	109
2.5.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	116
2.5.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	116
2.5.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	116
2.5.4.	Echanges nappe/rivière.....	116
2.5.5.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions.....	117

2.6.	<i>L'unité St Alban-Auriolles</i>	119
2.6.1.	Présentation et délimitation de l'unité	119
2.6.2.	Hydrogéologie	121
2.6.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	121
2.6.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	127
2.6.2.3.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)</i>	128
2.6.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	130
2.6.4.	Echanges nappe/rivière	131
2.6.5.	Qualité des eaux	132
2.6.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions	137
2.7.	<i>L'unité Sud Chassezac</i>	140
2.7.1.	Présentation et délimitation de l'unité	140
2.7.2.	Hydrogéologie	143
2.7.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	143
2.7.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	148
2.7.2.3.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)</i>	148
2.7.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	149
2.7.4.	Echanges nappe/rivière	150
2.7.5.	Qualité des eaux	152
2.7.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions	153
3-	LES UNITES KARSTIQUES DU BAS-VIVARAIS	155
3.1.	<i>Stratigraphie - Lithologie</i>	155
3.1.1.	Stratigraphie du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens	155
3.1.2.	Lithologie du mur du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens	156
3.1.3.	Lithologie du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens	156
3.1.4.	Lithologie du toit du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens	157
3.2.	<i>Tectonique</i>	158
3.2.1.	L'orogénèse hercynienne	160
3.2.2.	Les prémisses de l'orogénèse alpine	160
3.2.3.	La phase pyrénéo-provençale	160
3.2.4.	La distension oligo-miocène	161
3.2.5.	La phase rhodanienne	161
3.2.6.	La néotectonique	161
3.2.7.	Comportement tectonique	162
3.3.	<i>Karstologie</i>	163
3.4.	<i>L'unité Vallée de l'Ibie</i>	164
3.4.1.	Présentation et délimitation de l'unité	164
3.4.2.	Hydrogéologie	167
3.4.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	174
3.4.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	175
3.4.2.3.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)</i>	176
3.4.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	178
3.4.4.	Echanges nappe/rivière	179
3.4.5.	Qualité des eaux	180
3.4.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions	180
3.5.	<i>L'unité Viviers – Saint-Montan</i>	183
3.5.1.	Présentation et délimitation de l'unité	183
3.5.2.	Hydrogéologie	187
3.5.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	187
3.5.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	188
3.5.2.3.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)</i>	189
3.5.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	189

3.5.4.	Echanges nappe/rivière.....	189
3.5.5.	Qualité des eaux.....	189
3.5.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions.....	190
3.6.	<i>L'unité Gras-Laoul</i>	192
3.6.1.	Présentation et délimitation de l'unité	192
3.6.2.	Hydrogéologie	195
3.6.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	199
3.6.2.2.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert</i>	201
3.6.3.	Qualité des eaux.....	201
3.6.4.	Appréciation du potentiel quantitatif	203
3.6.5.	Echanges nappe/rivière.....	203
3.6.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions.....	203
3.7.	<i>Les unités Rive Gauche et Rive droite de l'Ardèche</i>	206
3.7.1.	Présentation et délimitation de l'unité	206
3.7.2.	Hydrogéologie	210
3.7.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	220
3.7.2.2.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert</i>	220
3.7.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	221
3.7.4.	Echanges nappe/rivière.....	221
3.7.5.	Qualité des eaux.....	223
3.7.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions.....	224
3.8.	<i>L'unité Rive Gauche de la Cèze</i>	228
3.8.1.	Présentation et délimitation de l'unité	228
3.8.2.	Hydrogéologie	230
3.8.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	233
3.8.2.2.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert</i>	233
3.8.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	235
3.8.4.	Echanges nappe/rivière.....	236
3.8.5.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions.....	237
3.9.	<i>L'unité Montagne de la Serre</i>	240
3.9.1.	Présentation et délimitation de l'unité	240
3.9.2.	Hydrogéologie	242
3.9.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	242
3.9.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	244
3.9.2.3.	<i>Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des tracés)</i>	244
3.9.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	244
3.9.4.	Echanges nappe/rivière.....	244
3.9.5.	Qualité des eaux.....	245
3.9.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions.....	245
4-	LE DOMAINE TRIASIQUE	247
4.1.	<i>Type d'aquifère</i>	247
4.2.	<i>Les unités triasiques</i>	247
4.2.1.	Stratigraphie - Lithologie	247
4.2.1.1.	<i>Lithologie du mur du réservoir triasique</i>	249
4.2.1.2.	<i>Lithologie du réservoir triasique</i>	250
4.2.1.3.	<i>Lithologie du toit du réservoir triasique</i>	254
4.2.2.	Tectonique	255
4.3.	<i>L'unité Vesseaux</i>	257
4.3.1.	Présentation et délimitation de l'unité	257
4.3.2.	Hydrogéologie	259
4.3.2.1.	<i>Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires</i>	259
4.3.2.2.	<i>Piézométrie, gradient, direction d'écoulement</i>	260

4.3.2.3.	Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)	261
4.3.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	261
4.3.4.	Echanges nappe/rivière	263
4.3.5.	Qualité des eaux	263
4.3.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions	264
4.4.	L'unité Ailhon	267
4.4.1.	Présentation et délimitation de l'unité	267
4.4.2.	Hydrogéologie	269
4.4.2.1.	Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires	269
4.4.2.2.	Piézométrie, gradient, direction d'écoulement	272
4.4.2.3.	Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)	272
4.4.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	274
4.4.4.	Echanges nappe/rivière	275
4.4.5.	Qualité des eaux	275
4.4.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions	276
4.5.	L'unité Largentièrre	279
4.5.1.	Présentation et délimitation de l'unité	279
4.5.2.	Hydrogéologie	284
4.5.2.1.	Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires	284
4.5.2.2.	Piézométrie, gradient, direction d'écoulement	286
4.5.2.3.	Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)	288
4.5.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	289
4.5.4.	Echanges nappe/rivière	290
4.5.5.	Qualité des eaux	290
4.5.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions	294
4.6.	L'unité Rosières	296
4.6.1.	Présentation et délimitation de l'unité	296
4.6.2.	Hydrogéologie	299
4.6.2.1.	Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires	299
4.6.2.2.	Piézométrie, gradient, direction d'écoulement	302
4.6.2.3.	Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)	302
4.6.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	303
4.6.4.	Echanges nappe/rivière	304
4.6.5.	Qualité des eaux	304
4.6.6.	Vulnérabilité intrinsèque/Occupation des sols/Pressions	306
4.7.	L'unité Lablachère	309
4.7.1.	Présentation et délimitation de l'unité	309
4.7.2.	Hydrogéologie	311
4.7.2.1.	Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires	311
4.7.2.2.	Piézométrie, gradient, direction d'écoulement	313
4.7.2.3.	Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)	314
4.7.3.	Appréciation du potentiel quantitatif	315
4.7.4.	Echanges nappe/rivière	315
4.7.5.	Qualité des eaux	316
4.7.6.	Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions	317

V- LES BESOINS EN EAU POTABLE ACTUELS ET FUTURS 320

1-	LA GESTION DE L'EAU POTABLE SUR LE TERRITOIRE DU SAGE ARDECHE	320
1.1.	Les structures d'alimentation en eau potable	320
1.2.	L'organisation de l'alimentation en eau potable	324

2-	LA POPULATION ACTUELLE (EN 2012) SUR LE TERRITOIRE DU SAGE ARDECHE	326
2.1.	<i>La population permanente en 2012</i>	326
2.2.	<i>La capacité d'accueil en 2012</i>	326
2.3.	<i>La population totale retenue en pointe en 2012</i>	327
3-	LES PRELEVEMENTS/BESOINS ACTUELS	329
3.1.	<i>Les volumes produits (Vp)</i>	329
3.1.1.	AEP publique	329
3.1.2.	AEP privé	330
3.2.	<i>Les volumes mis en distribution (Vmd)</i>	331
3.3.	<i>Les besoins actuels : les consommations</i>	333
3.3.1.	Le rendement des réseaux	333
3.3.2.	Les volumes de service (Vs)	333
3.3.3.	Les consommations et les volumes mensuels de pointe mis en distribution.....	333
4-	L'EVOLUTION DES BESOINS EN EAU POTABLE SUR LE TERRITOIRE DU SAGE ARDECHE.....	338
4.1.	<i>Les projets futurs</i>	338
4.2.	<i>Evolution de la population</i>	339
4.3.	<i>L'évolution estimée des besoins futurs</i>	342
4.4.	<i>Les besoins en sécurisation</i>	348
VI-	CONCLUSION DE LA PHASE 1	352

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : périmètre du SAGE et limites d'affleurement des trois masses d'eau stratégiques.....	29
Figure 2 : répartition des structures d'alimentation en eau potable au sein du secteur d'étude	30
Figure 3 : localisation des unités hydrogéologiques suivant les référentiels BD Lisa et MESO	35
Figure 4 : onglet "point d'eau"	47
Figure 5 : onglet "Géologie/Hydrogéologie"	47
Figure 6 : "onglet "Mesures"	48
Figure 7 : onglet "Analyses"	48
Figure 8 : onglet "Gestion de l'eau"	49
Figure 9 : onglet "Localisation"	49
Figure 10 : onglet "Documentation"	50
Figure 11 : communes concernées par le recensement.....	52
Figure 12 : répartition géographique des points d'eau - tout aquifère confondu - identifiés sur la zone d'étude	53
Figure 13 : répartition géographique des points d'eau concernés par les trois masses d'eau de l'étude... ..	54
Figure 14 : répartition des phénomènes et sources karstiques et triasiques sur le secteur d'étude	55
Figure 15 : taux de renseignement des paramètres débits des forages karstiques et triasiques.....	58
Figure 16 : taux de renseignement des paramètres débits des sources karstiques et triasiques	59
Figure 17 : représentation schématique d'un aquifère karstique souterrain (AERMC - 1999 et AERMC - 1999 d'après MANGIN - 1975).....	62
Figure 18 : systèmes karstiques jurassien et vaclusien (adapté d'après MARSAUD - 1996).....	64
Figure 19 : bloc diagramme d'un modèle conceptuel du karst (d'après DOERFLIGER et ZWAHLEN – 1995)	65
Figure 20 : modèles de spéléogénèse (AUDRA - Grottes et karsts de France - KARSTOLOGIA - 2010)	67
Figure 21 : mode de recharge des aquifères karstiques (BRGM -2010).....	69
Figure 22 : représentation schématique des relations karst/rivière (BAILLY-COMTE - 2008)	72
Figure 23 : système d'écoulement local, intermédiaire et régional (DAHL et al - 2007)	73
Figure 24 : rivière drainante (PETERSON ET WILSON - 1988).....	74
Figure 25 : organisation des écoulements à une échelle intermédiaire ou régionale (PETERSON ET WILSON - 1988)	74
Figure 26 : rivière infiltrante (PETERSON ET WILSON - 1988)	75
Figure 27 : cours d'eau perché (PETERSON ET WILSON - 1988)	75
Figure 28 : schématisation en coupe et plan de la limite entre une rivière infiltrante et une rivière drainante au début (cas 1) et à la fin (cas 2) d'un épisode pluvieux (d = rivière perchée, c = rivière infiltrante, a = rivière drainante)	76
Figure 29 : coupe géologique de la bordure ardéchoise (CAHIER DE MEMOIRE D'ARDECHE - 2013)	80
Figure 30 : stratigraphie et karstification des formations géologiques de la bordure cévenole (BRGM - 1998)	83

Figure 31 : coupe géologique GA' passant par l'unité karstique Nord Vogüé au niveau de Lavilledieu (BRGM - 1992).....	88
Figure 32 : coupe géologique GB' du plateau de Lavilledieu entre la vallée de la Louyre et Vogüé (Source inconnue – reprise par GINGER - 2006).....	88
Figure 33 : limites de l'unité karstique Nord Vogüé sur fond géologique.....	90
Figure 34 : localisation des émergences du Pontet.....	94
Figure 35 : report des principaux réseaux spéléologiques de l'unité Nord Vogüé (CDS - 2015).....	96
Figure 36 : esquisse piézométrique en amont des sources de Vogüé (GOMBERT - 1991).....	97
Figure 37 : schéma du fonctionnement de la source de Ladou (IDEES-EAUX – 2015 d'après GRILLOT – 1972).....	101
Figure 38 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Nord Vogüé.....	106
Figure 39 : limites de l'unité karstique Sud Vogüé sur fond géologique.....	108
Figure 40 : coupe HC' du karst au niveau du cirque de Chauzon (Pascal - 1970).....	109
Figure 41 : report des principaux réseaux spéléologiques de l'unité Sud Vogüé sur fond IGN (CDS - 2015).....	115
Figure 42 : occupation des sol, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Sud Vogüé (Corine Land Cover).....	118
Figure 43 : limites de l'unité karstique Saint-Alban-Auriolles sur fond géologique.....	120
Figure 44 : schéma géologique de la partie très karstifiée du karst de St-Alban (Pascal, 1970).....	121
Figure 45: coupe géologique E-A' du karst situé entre la Baume et le Chassezac (Pascal, 1970).....	122
Figure 46: coupe géologique E-B' de la partie très karstifiée du karst de St-Alban (Pascal, 1970).....	122
Figure 47: coupe géologique E-C' du karst de St-Alban (Poulin, 2013).....	122
Figure 48 : report des réseaux spéléologiques de l'unité « Saint-Alban-Auriolles» (CDS - 2015).....	127
Figure 49 : résultats graphiques des analyses isotopiques des sources et cours d'eau sur le secteur St-Alban (Université de Montpellier - 2014).....	132
Figure 50 : Suivi de la conductivité, de la température et de la turbidité lors des paliers de débit dans le forage FG1 de Gerbial (RABIN ; 2012).....	132
Figure 51 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff à partir des eaux des captages du SEBA sur le site de Gerbial/les Fontaines (RABIN, 2010).....	133
Figure 52 : Composition chimique de l'eau du forage des Fontaines en comparaison avec celles observées dans les eaux issues des calcaires jurassiques et celles issues des alluvions de l'Ardèche (G. NAUD, 1993).....	134
Figure 53 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff des paramètres physico-chimiques majeurs sur quelques sources issues du plateau calcaire au sein de l'unité St-Alban (POULIN, 2013).....	135
Figure 54 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Saint Alban Auriolles (Corine Land Cover).....	139
Figure 55 : coupe géologique MB' à travers le synclinal de St André de Cruzières (source inconnue).....	140
Figure 56 : coupe géologique M-A' de l'anticlinal de St Paul le Jeune (Pascal, 1970).....	141
Figure 57 : coupe géologique M-D' de la plaine de Berrias et de l'anticlinal de St Paul (Pascal, 1970).....	141
Figure 58 : limites de l'unité karstique Sud Chassezac sur fond géologique.....	142

Figure 59 : coupe géologique M-C' sous le Bois de Païolive (Rabin, 2016)	143
Figure 60 : report des réseaux spéléologiques de l'unité « Sud Chassezac » (CDS - 2015).....	147
Figure 61 : coupe de la vallée du Granzon en aval de la Fontaine du Vedel (Source :.....	151
Figure 62 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Sud Chassezac (Corine Land Cover)	154
Figure 63 : coupe géologique Ouest-Est passant par le plateau de Saint-Remèze (GUERIN - 1973).....	155
Figure 64 : colonne stratigraphique de l'Urgonien ardéchois	157
Figure 65 : coupes sériées à travers le plateau de Saint-Remèze (GOMBERT - 1988)	159
Figure 66 : coupe à travers le plateau d'Ornac (BELLEVILLE - 1985)	160
Figure 67 : schéma tectonique du Bas-Vivarais (GOMBERT - 1988).....	163
Figure 68 : coupe géologique KC' passant par l'unité aquifère Vallée de l'Ibie au Sud de Lagorce (IDEES-EAUX - 2015)	165
Figure 69 : limites de l'unité Vallée de l'Ibie sur fond géologique.....	166
Figure 70 : plan et coupe de la source du Moulin (MAZELLIER - 1971).....	168
Figure 71 : coupe géologique KA' passant par le l'unité aquifère Vallée de l'Ibie au droit de la source du Moulin (IDEES-EAUX - 2015)	168
Figure 72 : plan et coupe de la source de Font-Garou (MAZELLIER - 1971).....	169
Figure 73 : coupe géologique KB' passant par l'unité Vallée de l'Ibie au droit de la source de Font Garou - pendages et épaisseurs exagérés (IDEES-EAUX - 2015)	169
Figure 74 : plan et coupe de la source du Tiourre (MAZELLIER - 1971).....	173
Figure 75 : coupe géologique KD' passant par l'unité Vallée de l'Ibie au Nord de Vallon-Pont-d'Arc (IDEES-EAUX - 2015)	174
Figure 76 : esquisse piézométrique de la terminaison nord orientale du Bas-Vivarais	175
Figure 77 : évolution des niveaux d'eau et des températures d el'eau enregistrés par le CDS07 à Rives, Marichard et Raid entre octobre 2013 et mai 2014 (CDS - 2015)	178
Figure 78 : schématisation du profil topographique du lit de l'Ibie et des niveaux de plus basses et plus hautes eaux relevés par le CDS07 à l'occasion des différentes sorties spéléologiques (IDEES-EAUX - 2015)	179
Figure 79 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Vallée de l'Ibie (Corine Land Cover)	182
Figure 80 : coupe géologique IB' orientée NW-SE passant par le synclinal de Bayne (BRGM)	183
Figure 81 : coupe géologique IA' orientée NNE-SSW passant légèrement au Sud du forage de Belieure (IDEES-EAUX - 1999):.....	184
Figure 82 : coupe géologique IC' orientée SW-NE passant par le forage de Belieure (IDEES-EAUX - 2015)	185
Figure 83 : limites de l'unité karstique "Viviers - Saint Montan" sur fond géologique	186
Figure 84 : esquisse piézométrique établie sur le secteur de Viviers (IDEES-EAUX - 1998).....	188
Figure 85 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Viviers-Saint-Montan (Corine Land Cover).....	191
Figure 86 : coupe géologique JA' orientée NW-SE passant au droit du forage de Gerige (IDEES-EAUX - 2015)	192

Figure 87 : limites de l'unité Gras-Laoul sur fond géologique	194
Figure 88 : coupe du forage de l'ilette n°2 (HYDROFORAGE - 2014)	197
Figure 89 : zones de vulnérabilité de l'aquifère karstique des sources de Tourne (GOMBERT - 1988)	200
Figure 90 : ACP des eaux échantillonnées sur le plateau de Saint-Remèze (GOMBERT - 1984)	202
Figure 91 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Gras-Laoul (Corine Land Cover)	205
Figure 92 : limites de l'unité karstique « Rive Gauche de l'Ardèche » sur fond géologique	207
Figure 93 : limites de l'unité karstique "Rive droite de l'Ardèche » sur fond géologique	209
Figure 94 : report des principaux réseaux karstiques des unités Rive droite et Rive gauche de l'Ardèche sur fond IGN (CDS - 2015)	211
Figure 95 : coupes des forage du Bœuf (EAU ET GEOENVIRONNEMENT - 2004)	213
Figure 96 : contexte géologique et structural du bassin versant du Rieussec (BELLEVILLE - 1985)	214
Figure 97 : situation et coupe du réseau de Foussoubie (MAZELLIER - 1971)	215
Figure 98 : environnement géologique et structural du réseau de Foussoubie (BELLEVILLE - 1985)	216
Figure 99 : conditions d'émergences du réseau Richemale - Midroï - Rochas (BELLEVILLE - 1985)	218
Figure 100 : typologie des réseaux karstiques à partir du croisement entre les moyennes et l'écart-type des hauteurs d'eau (CDS - 2014)	223
Figure 101 : diagramme conductivité-bicarbonates des émergences du massif des Gras (BELLEVILLE - 1985)	224
Figure 102 : occupation des sols sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche (Corine Land Cover)	226
Figure 103 : occupation des sols sur l'unité Rive droite de l'Ardèche (Corine Land Cover)	227
Figure 104 : limites de l'unité karstique Rive gauche de la Cèze sur fond géologique	229
Figure 105 : coupe géologique Ouest (LB') à travers le plateau d'Ornag (BELLEVILLE - 1985)	230
Figure 106 : coupe géologique NE-SW (LA') à travers le plateau d'Ornag (BELLEVILLE - 1985)	230
Figure 107 : coupe du forage de la Blache (BERGA SUD - 2009)	232
Figure 108 : coupe schématique de l'interfluve Cèze/Ardèche - essais d'interprétation des écoulements souterrains (CHAPUIS - 2014)	234
Figure 109 : synthèse des résultats des traçages réalisés en 2014 (CHAPUIS - 2014)	235
Figure 110 : cartographie des zones d'échange rivière - nappe dans les gorges de la Cèze (CHAPUIS - 2014)	236
Figure 111 : occupation des sols sur l'unité Rive gauche de la Cèze (Corine Land Cover)	239
Figure 112 : coupe géologique F-B' de la Montagne de la Serre (Pascal, 1970)	240
Figure 113 : limites de l'unité karstique Montagne de la Serre sur fond géologique	241
Figure 114 : carte géologique et coupe F-A' de la Montagne de la Serre (Pascal, 1970)	242
Figure 115 : coupe de la source de Font-Vive (Pascal, 1970)	243
Figure 116 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Montagne de la Serre	246
Figure 117 : carte géologique simplifiée du Sud de l'Ardèche (Barth, 2013)	248
Figure 118 : coupe géologique orientée NW-SE présentant le Trias à l'affleurement et sous couverture liasique dans la région de Largentière (Burgéap, 1970)	249

Figure 119: coupe géologique des formations du Trias au niveau de Largentière (Michaud & Samana, 1980)[42].....	251
Figure 120 : coupe géologique (C-D) au niveau du forage de Combe-Chaude (G.Naud., 1995, Rapport hydrogéologique pour l'établissement des périmètres de protection du forage de Combe-Chaude - St Etienne de Boulogne).....	257
Figure 121 : limite de l'unité Vesseaux sur fond géologique	258
Figure 122:carte des réseaux spéléologiques de l'unité Vesseaux (Source : CDS 07)	260
Figure 123:coupe technique du forage Aigues Freydes (RCI, 2012).....	262
Figure 124 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Vesseaux	266
Figure 125 : limite de l'unité Ailhon sur fond géologique	268
Figure 126 : coupe géologique (B-A') du secteur des forages des Vistes à Saint-Etienne-de Fontbellon..	269
Figure 127 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Ailhon (Source : CDS 07).....	271
Figure 128 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Ailhon	278
Figure 129 : coupe géologique C-B' de l'unité aquifère de Largentière (Burgéap, 1970)	280
Figure 130 : plan général de l'exploitation minière de Largentière (document Penarroya).....	281
Figure 131 : essai de coupe perspective schématique de la mine de Largentière (Source : Burgéap, 1982)	282
Figure 132 : limite de l'unité Largentière sur fond géologique	283
Figure 133 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Largentière (Source : CDS 07).....	285
Figure 134 : coupe hydrogéologique schématique au niveau de Largentière (Burgéap, 1988)	287
Figure 135 : carte avec l'implantation des concessions minières et le tracé théorique du traçage de 1992.(Source : géoportail)	289
Figure 136 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Largentière.....	295
Figure 137 : coupe géologique de l'unité Rosières (de Sanilhac à Chapias) –coupe D-B'	296
Figure 138 : coupe géologique D-C' (BE RABIN, 2015)	297
Figure 139 : limites de l'unité Rosières sur fond géologique.....	298
Figure 140 : coupe géologique des collines triasiques entourant la grotte de Sanilhac – coupe D-C'.....	301
Figure 141 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Rosières (Source : CDS 07)	301
Figure 142 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Rosières.....	308
Figure 143 : limite de l'unité Lablachère sur fond géologique	310
Figure 144 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Lablachère (Source : CDS 07)	312
Figure 145 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Lablachère.....	319
Figure 146 : Répartition des UGE de la zone d'étude (source SDAEP 07, 48 et SDGDR 30).....	323
Figure 147 : Schématisation des liens entre les différentes UGE de la zone d'étude (source SDAEP 07, 48 et SDGDR 30).....	325
Figure 148 : population totale desservie retenue en pointe par UGE en 2012.....	328
Figure 149 : ratio par UGE « population saisonnière desservie retenue / population permanente desservie » en 2012	328
Figure 150 : prélèvements pour l'AEP par aquifère en 2012 au droit de la zone d'étude	330
Figure 151 : volumes annuels mis en distribution sur les UGE pour l'année 2012	332

Figure 152 : estimation des consommations par UGE pour l'année 2012	336
Figure 153 : volumes de pointe moyens mensuels mis en distribution sur les UGE en 2012	337
Figure 154 : évolution de la population totale desservie retenue en pointe par département au droit de la zone d'étude	340
Figure 155 : évolution du taux de la population totale desservie retenue en pointe par UGE au droit de la zone d'étude	341
Figure 156 : scénario des taux d'évolution des volumes annuels qui devront être mis en distribution en 2045 par UGE par rapport à la situation 2012	345
Figure 157 : scénario des taux d'évolution des volumes de pointe mensuels qui devront être mis en distribution en 2045 par UGE par rapport à la situation 2012	346
Figure 158 : scénario pessimiste des taux d'évolution des volumes de pointe mensuels qui devront être mis en distribution en 2045 par UGE par rapport à la situation 2012	347
Figure 159 : probabilité d'arrêt de la ressource principales des UGE de la zone d'étude (SDAEP07)	349
Figure 160 : niveau de satisfaction du besoin moyen par les ressources secondaires des UGE de la zone d'étude (SDAEP07)	351
Figure 161 : Les unités karstiques de l'étude.....	354

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : unités hydrogéologiques des référentiels BD Lisa et masses d'eau souterraines (MESO).....	34
Tableau 2 : principaux cours d'eau du bassin versant de l'Ardèche (Pascal – 1970)	40
Tableau 3 : récapitulatif du nombre et type de points d'eau dans la zone d'étude - source informations 2012	51
Tableau 4 : principaux réseaux karstiques de l'unité Nord Vogüé (CDS - 2015)	95
Tableau 5 : récapitulatif des traçages réalisés entre 1967 et 2003 sur l'unité karstique Nord Vogüé	100
Tableau 6 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Nord Vogüé	104
Tableau 7 : installations classées et sites industriels recensés sur l'unité karstique Nord Vogüé	104
Tableau 8 : principaux phénomènes karstiques de l'unité Sud Vogüé (CDS - 2015).....	111
Tableau 9 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Sud Vogüé.....	117
Tableau 10 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Saint-Alban (Source : CDS07).....	126
Tableau 11 : niveaux statiques des ouvrages de Gerbail liés au réseau karstique	127
Tableau 12 : paramètres hydrodynamiques des ouvrages de Gerbail exploitant l'aquifère karstique	128
Tableau 13 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité St-Alban	130
Tableau 14 : les débits des sources et résurgences importantes de l'unité St-Alban	130
Tableau 15 : bilan des conductivités mesurées sur les ouvrages AEP du SEBA en comparaison avec les conductivités des eaux superficielles et des eaux de sources du plateau calcaire (RABIN, 2016)	136
Tableau 16 : bilan des sondes CTD installées sur les sources suivies par l'Université de Montpellier au sein de l'unité St-Alban (POULIN, 2014).....	137

Tableau 17 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Saint-Alban-Auriolles.....	138
Tableau 18 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Sud-Chassezac (Source : CDS07) ..	146
Tableau 19 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Sud-Chassezac	149
Tableau 20 : analyses chimiques des points d'eau du Sud Chassezac (Pascal, 1970),	152
Tableau 21 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Sud Chassezac	153
Tableau 22 : phénomène karstiques de l'unité Vallée de l'Ibie	172
Tableau 23 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Vallée de l'Ibie	181
Tableau 24 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Viviers - Saint-Montan.....	190
Tableau 25 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité karstique Gras-Laoul (CDS - 2015)	199
Tableau 26 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Gras-Laoul	204
Tableau 27 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche (CDS - 2015)	212
Tableau 28 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité Rive droite de l'Ardèche (CDS - 2015)	212
Tableau 29 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive droite de l'Ardèche	225
Tableau 30 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche	225
Tableau 31 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité karstique Rive gauche de la Cèze (CDS - 2015)	
.....	233
Tableau 32 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive gauche de la Cèze	237
Tableau 33 : installations classées recensées sur l'unité karstique Rive gauche de la Cèze	238
Tableau 34: inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Montagne de Serre (Source : CDS07)	
.....	244
Tableau 35 : analyses chimiques des points d'eau de la montagne de Serre (Pascal, 1970),	245
Tableau 36 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité karstique Montagne de la Serre.....	245
Tableau 37 : principales galeries de pseudo-karstification (Pascal, 1970)	253
Tableau 38 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Vesseaux (Source : CDS07)	259
Tableau 39 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Vesseaux.....	265
Tableau 40 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Ailhon (Source : CDS07)	271
Tableau 41 : niveaux statiques des ouvrages de l'unité Ailhon.....	272
Tableau 42 : valeurs connues des paramètres hydrodynamiques des forages de l'unité Ailhon	272
Tableau 43 : récapitulatif des résultats de la modélisation des 3 forages (BRGM, 2013).....	273
Tableau 44 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Ailhon.....	274
Tableau 45 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Ailhon	276
Tableau 46 : sondages miniers artésiens de l'unité Largentière	287
Tableau 47 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Largentière	289
Tableau 48 : évolution de la qualité de l'eau avec l'influence des mines	293
Tableau 49 : évolution de la qualité de l'eau à la source de la Perruquette	293
Tableau 50 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Largentière	294
Tableau 51 : principaux réseaux de pseudo-karstification (Pascal, 1970).....	300
Tableau 52 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Rosières	303
Tableau 53 : bilan de la qualité de l'eau de la source de Peyradier (SEBA).....	304
Tableau 54 : différents types d'eau avec les concentrations extrêmes en méq/l pour les aquifères triasiques (Source PASCAL, 1970)	305

Tableau 55 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rosières	307
Tableau 56 : principaux réseaux de pseudo-karstification (Source : CDS07)	313
Tableau 57 : récapitulatif des tracés effectués dans l'unité Lablachère	315
Tableau 58 : bilan de la qualité de l'eau pour le forage de la Pazette (ARS07).....	316
Tableau 59 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Lablachère	318
Tableau 60 : répartition des populations permanentes sur la zone d'étude pour 2012	326
Tableau 61 : répartition de la capacité d'accueil sur la zone d'étude pour 2012	326
Tableau 62 : répartition de la population totale desservie retenue en pointe sur la zone d'étude pour 2012	327
Tableau 63 : part des prélèvements dans les trois aquifères de l'étude pour 2012	329
Tableau 64 : les volumes prélevés pour l'AEP privé sur la zone d'étude par UGE et par aquifère	330
Tableau 65 : bilan du rendement moyen, consommation moyenne de pointe et volumes mensuels mis en distribution en période de pointe sur la zone d'étude pour 2012	334
Tableau 66 : rendement des réseaux et nombre de gros consommateurs pour les UGE anormalement consommatrices d'eau potable	335
Tableau 67 : évolution démographique, des volumes consommés et des volumes à mettre en distribution pour la totalité de la zone d'étude	344
Tableau 68 : synthèse des caractéristiques des unités karstiques du Jurassique de la bordure sous-cévenole et des calcaires crétacés du Bas-Vivarais	355
Tableau 69 : principales caractéristiques des unités triasiques	356
Tableau 70 : données prospectives à 2045 sur les populations et les volumes à mettre en distribution selon le scénario le plus pessimiste	358

GLOSSAIRE

Anticlinal :	Pli convexe dont le centre est occupé par les couches géologiques les plus anciennes.
Aquiclude :	Formation géologique relativement imperméable qui emprisonne l'eau et ne la laisse pas circuler (du latin aqua : eau et claudere : emprisonner)
Aquifère :	Formation géologique suffisamment poreuse ou fissurée et perméable pour contenir et laisser circuler de l'eau. Le terme aquifère désigne à la fois la roche réservoir et le système eau + roche (du latin ferre : porter)
Aquifuge :	Formation géologique qui ne peut ni stocker, ni faire transiter de l'eau (du latin fugere : fuir)
Aquitard :	Formation géologique peu perméable ou semi-perméable qui laisse toutefois circuler l'eau (notamment par drainance) à des vitesses très lentes (du latin tardere : retarder).
Argilite :	Synonyme de roche argileuse sans litage.
Arkose :	Roche sédimentaire détritique terrigène contenant une majorité de quartz et de manière minoritaire, des feldspaths et quelques micas. Le ciment est surtout composé d'argiles.
Aven :	Cavité naturelle à tendance verticale formée par l'effondrement de la voûte de la cavité karstique (ou grotte) dû à la dissolution des couches calcaires par l'eau de pluie.
Baume :	Synonyme de Grotte. Cavité naturelle à tendance horizontale.
Cluse ou Clue :	Vallée creusée perpendiculairement dans un relief par une rivière, mettant à jour la structure anticlinale du relief en créant une gorge ou un défilé encadré par des escarpements.
Décrochement :	Faïlle décrochante verticale le long de laquelle deux compartiments rocheux coulissent horizontalement l'un par rapport à l'autre. Le décrochement est soit dextre, soit sénestre suivant le déplacement des deux compartiments le long de la faille.
Doline :	Dépression circulaire de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres liée à la dissolution des calcaires de surface (= forme caractéristique d'érosion des calcaires en contexte karstique).
Dolomie :	Roche sédimentaire carbonatée contenant 50% ou plus de carbonate dont la moitié au moins sous forme de dolomite (Ca,Mg) (CO ₃) ₂ .
Emergence :	Source dont l'origine n'est pas connue.
Epikarst :	Surface superficielle d'un karst caractérisée par un réseau de fissures et de cavités qui collecte, concentre, stocke et facilite l'infiltration vers la zone noyée de l'aquifère karstique.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 1

Exurgence karstique :	Sortie d'eau ou source ne recevant aucune eau en provenance de pertes de rivière, ou source issue d'un système karstique unaire.
Karst :	Paysage original créé par les écoulements d'eau souterraine résultant de processus particuliers d'érosion = la karstification. Ces processus sont commandés par la dissolution des roches carbonatées assurée par l'eau de pluie infiltrée.
Masse d'eau :	Volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères, constituant le découpage élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la DCE.
Masse d'eau stratégique :	masse d'eau souterraine considérée comme stratégique pour l'alimentation en eau potable actuelle ou future.
Rejet d'une faille :	Mesure du décalage qui s'est produit entre les deux compartiments rocheux séparés par la faille.
Résurgence karstique :	Sortie d'eau karstique correspondant à des eaux de surface engouffrées dans des pertes ou source d'un système karstique binaire.
SDAGE :	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux.
Synclinal :	Pli concave dont le centre est occupé par les couches géologiques les plus récentes.
Système aquifère :	Aquifère ou ensemble d'aquifères et de corps semi-perméables (aquitards) d'un seul tenant, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique continue et qui est circonscrit par des limites faisant obstacle à toute propagation d'influence appréciable vers l'extérieur, pour une constante de temps donné.
Système karstique unaire :	Système aquifère développé dans le karst dont l'impluvium est strictement constitué de terrains karstifiables.
Système karstique binaire :	Système aquifère développé dans le karst dont l'impluvium est constitué à la fois de terrains karstifiables et de terrains non karstifiables qui concentrent l'infiltration des eaux en un point.
Zone de Sauvegarde :	Zones à l'échelle desquelles des efforts doivent être portés pour limiter ou éviter les pressions qui pourraient porter atteinte aux ressources, identifiées comme stratégiques pour l'alimentation en eau potable, en volume et en qualité et autoriser pour l'avenir l'implantation de nouveaux captages ou champ captant. On distingue les Zones de Sauvegarde Exploitée (ZSE) et les Zones de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) pour l'usage AEP.
Zone de Sauvegarde Exploitée :	Zone identifiée, au sein d'une masse d'eau stratégique, comme étant intéressante pour l'AEP future et déjà utilisée actuellement pour cet usage.
Zone de Sauvegarde Non Exploitée actuellement :	Zone identifiée, au sein d'une masse d'eau stratégique, comme étant intéressante pour l'AEP future mais qui n'est pas utilisée actuellement pour cet usage.

Références

- [1] AERMC, «SDAGE 2010-2015,» 2009.
- [2] Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, «Note sur l'identification et la protection des ressources en eau stratégiques et zones de sauvegarde pour le futur pour l'alimentation en eau potable en France,» 2014.
- [3] G. Clauzon, «Le canyon messinien du Rhône : une preuve décisive du "Desiccated deep-basin model",» *Bull. Soc. géol. Fr*, 24, 3, pp. 597-610, 1982.
- [4] L. Mocochain, G. Clauzon et J. Y. Bigot, «Réponses de l'endokarst ardéchois aux variations eustatiques générées par la crise de salinité messinienne,» *Bull. Soc. géol. Fr*, 177, 1, pp. 27-36, 2006.
- [5] V. Bailly-Comte, «Interactions hydrodynamiques surface/souterrain en milieu karstique. Thèse de 3ème cycle. Université Montpellier 2,» Montpellier, 2008.
- [6] GINGER Environnement, «Etude des aquifères patrimoniaux karstiques de Drôme-Ardèche - Monographie sur l'ensemble karstique de la bordure sous-cévenole. Rapport final n°7,» 2006.
- [7] H. Pascal, Contribution à l'Etude Hydrogéologique de la bordure karstique sous-cévenole, C.E.R.H. éd., Montpellier, 1970.
- [8] P. Gombert, «Suivi et caractérisation des sources de Vogüé pendant l'étiage 2003. Rapport final CERGA,» 2003.
- [9] P. Gombert, «Etude préliminaire des circulations d'eau souterraine du karst des gras jurassiques entre les Coirons et Vogüé (Ardèche),» Rapport GEOFRANCE, 1991.
- [10] C. Poulin, «Etude du fonctionnement hydrodynamique du karst de Bourbouillet (Ardèche, 07). Rapport Master 2 EAU parcours H3E,» Montpellier, 2014.
- [11] M. Fontanelle, «Etude de secteur karstique compris entre La Beaume et le Chassezac. Master 1 EAU parcours H3E,» Montpellier, 2013.
- [12] A. Palumbo, «Echange surface-souterrain. Cas du karst de Païolive. Rapport de Master 1 EAU parcours H3E,» Montpellier, 2015.
- [13] G. Rabin et E. Deleplace, «Etude hydrogéologique de la ressource dite de "Gerbial / Puits des Fontaines". Saint-Alban-Auriolles / GrosPierre (07),» 2010.
- [14] G. Rabin et E. Deleplace, «Pompage d'essai sur les forages de Gerbial,» 2012.
- [15] G. Naud, «Rapport hydrogéologique concernant la délimitation des périmètres de protection du forage des Fontaines, commune de St-Alban-Auriolles - SEBA,» 1993.
- [16] J. P. Boissin, Notice explicative à la carte hydrogéologique des Cevennes et du Bas-Vivarais et de la Vallée du Rhône entre Pont St-Esprit et La

- Voulte, C.E.R.G.A. éd., Montpellier: C.E.R.G.H. U.S.T.L., 1975.
- [17] P. Bérard, «Hydrogéologie du synclinal de Saint-André-de-Cruzière (Ardèche). Mémoire de D.E.A., Université Montpellier 2,» Montpellier, 1968.
- [18] C. Clerc, «Structure et fonctionnement du système karstique de Saint-André-de-Cruzières. Rapport de Master 2 SEEC.,» Montpellier, 2009.
- [19] R. Mazellier, «Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des terrains crétacés du Bas-Vivaraïs. Thèse de 3ème cycle,» Montpellier, 1971.
- [20] Burgéap, «SIVA Assainissement de Vallon Pont d'Arc - Etudes préliminaires du traitement tertiaire - 2ème phase traçage des écoulements souterrains,» 1991.
- [21] GINGER Environnement, «Monographie sur l'ensemble karstique du Bas-Vivaraïs. Rapport final n°6,» 2006.
- [22] G. Rabin, «Forage d'Orbeire – Pompage d'essai – Commune de Lagorce,» 2010.
- [23] Idées-Eaux, «Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable sur la commune de Viviers – Etude géologique préliminaire,» 1998.
- [24] L. Mocochain, «Les manifestations géodynamiques externes et internes de la Crise de Salinité Messinienne sur une plateforme carbonatée péri-méditerranéenne : le karst de la Basse Ardèche. Thèse de 3ème cycle,» Aix-Marseille, 2007.
- [25] Eau & Géoenvironnement, «Rapport de fin de travaux - Essais par pompage en période de Basses eaux - forage de la Source des Boeufs - SIAEP de Barjac - Salavas,» 2004.
- [26] Eau & Géoenvironnement, «Rapport de fin de travaux - Essais par pompage en période de Hautes eaux - Forage de la source des Boeufs - SIAEP de Barjac - Salavas,» 2004.
- [27] H. Chapuis, «2ème rapport d'avancement du projet : Caractérisation des échanges entre eaux superficielles (rivière) et eaux souterraines en domaine karstique. Exemple d'un affluent du Rhône, la Cèze,» 2015.
- [28] L. Belleville, «Hydrogéologie karstique : géométrie, fonctionnement et karstogénèse des systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche (Ardèche, Gard). Thèse de 3ème cycle,» Grenoble, 1985.
- [29] Larousse, «Encyclopédie Larousse en Ligne - Trias,» [En ligne]. Available: <http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/trias/99129>. [Accès le 01 03 2015].
- [30] P. Barth, «Des Assions à Berrias : Vie et mort de la marge océanique passive ardéchoise,» *Bulletin de la Société Géologique de l'Ardèche* n°206, pp. 8-9, Juin 2005.
- [31] B.R.G.M., «Recherche de minéralisations Pb-Ag-(Zn) dans le Trias inférieur gréseux de la bordure ardéchoise méridionale,» B.R.G.M., 1988.
- [32] D.D.A. S.R.A.E., «Contribution des Services Extérieurs du Ministère de l'Agriculture à la connaissance des ressources en eaux souterraines dans le département de l'Ardèche,» S.R.A.E., 1988.

- [33] M. C. Bailly-Maître et T. Gonon, «Les mines d'eau de Largentière (Ardèche). Techniques de mise en valeur et gestion d'une ressource géologique particulière,» *Památky archeologické - Supplementum 17, Ruralia V*, pp. 34-42, 2003.
- [34] Burgéap, «Etude hydrogéologique de la région de Largentière,» 1970.
- [35] Burgéap, «Note préliminaire sur les conséquences hydrogéologiques de l'arrêt de l'exhaure dans la mine de Largentière,» 1982.
- [36] MICA Environnement, «Concession de Largentière (Ardèche) Déclaration de l'arrêt définitif des travaux miniers,» 2002.
- [37] P. Cula et L. Courel, «Les grès inférieur du Trias cévennois : systèmes sédimentaires fluviaux et laguno-marins,» *Mémoire HS n° 13 - Géologie Alpine : Le détritisme dans le Sud-Est de la France*, pp. 103-111, 1988.
- [38] B.R.G.M., «Recherche d'eau souterraine pour l'irrigation dans trois secteurs du Sud-Est de l'Ardèche,» B.R.G.M., Villeurbanne, 1988.
- [39] J. Roure, «Conditions de gisement et d'exploitation de la nappe souterraine du trias supérieur sous le sillon subcévenol,» *Bulletin de la Société Géologique de l'Ardèche n°177*, pp. 12-17, Mars 1998.
- [40] J. Roure, «Les mines de fer de Merzelet (Vinezac), Chaunes (Ailhon). L'origine du fer, les ateliers métallurgiques antiques,» *Bulletin de la Société Géologique de l'Ardèche n°191*, pp. 6-17, Septembre 2001.
- [41] J. M. Schmitt et P. Combes, «Impact hydrogéologique et hydrochimique de l'abandon d'une mine métallique. Cas de Largentière (Ardèche, France),» *Les Techniques*, pp. 38-48, Décembre 1996.
- [42] J. G. Michaud et J. C. Samana, «Gisement de Plomb-Zinc dans le Sud du Massif Central Français (Cévennes, Montagne Noire) et caractéristiques géologiques de leur environnement. Excursion,» BRGM, Orléans, 1980.
- [43] S.G.A, *Bulletin de la Société Géologique de l'Ardèche n°106*, pp. 16-17, Octobre 1987.
- [44] C. Rossi, «Hydrogéologie de la bande triasique ardéchoise. Rapport bibliographique de Master 1 EAU parcours H3E,» Montpellier, 2015.
- [45] J. M. Deschamps, «Fiche d'identité du forage de Fauger (420 m). Pompage d'essai. ASA Liopoux,» 1994.
- [46] J. M. Schmitt, P. Combes et E. Ledoux, «Qualité des eaux après fermeture des mines : Remplissage initial, évolution transitoire, stabilisation à long terme et gestion environnementale,» *Après-mines 2003*, pp. 1-10, 5-7 Février 2003.
- [47] F. Fogliérini, M. Bruté de Rémur, Napoly et R. J. Testut, «Gisement de plomb et de zinc de Largentière (Ardèche),» 1965.
- [48] P. Elouard, «Rapport Géologique sur le forage de Chamoux (Aigues Freydes), commune de Vessey,» 1989.
- [49] G. Naud, «Rapport hydrogéologique concernant la détermination des périmètres de protection du forage de Combe-Chaude, commune de Saint-Etienne de Boulogne,» 1995.

- [50] BRGM, «Projet PRESCRIRE. Préserver et protéger les ressources en eau souterraine. Le site du SIAE de Saint-Etienne de Fontbellon et Saint-Sernin (07),» BRGM, 2013.
- [51] G. Naud, «Rapport hydrogéologique concernant la détermination des périmètres de protection de la source de Martinesche, commune d'Ailhon. SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1994.
- [52] J. M. Deschamps, «Forage quartier Les Vistes. Conversion de forage de recherche en ouvrage de captage. SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1985.
- [53] J. M. Deschamps, «PV de visite forage des Vistes 2, SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 2002.
- [54] J. M. Deschamps, «Pompage d'essai après reprise du forage Les Vistes F2, SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1991.
- [55] J. M. Deschamps, «Rapport de foration et d'essais de pompage Forage les Vistes 3, SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 2005.
- [56] J. M. Deschamps, «Campagne de forages et pompages d'essais forage F2 Les Vistes et forage Pierredon, SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1991.
- [57] J. M. Deschamps, «Pompage d'essai du forage F3 - Lieu-dit Le Juge. Syndicat d'alimentation d'eau potable d'Ailhon-Mercuer,» 1994.
- [58] HYDROC, «Essai de traçage à la fluorescéine - Recherche de relation entre le ruisseau du Clos et la source de Martinesche. Commune de Ailhon et Saint-Etienne de Fontbellon,» 1997.
- [59] G. Rabin, «Traçage au Chlorure de Sodium (NaCl) entre les eaux superficielles du ruisseau de la Faugère et les sources S1 et S2 de Rodes. SIAE Ailhon-Mercuer,» 2002.
- [60] C. Adam, «Mesures et analyses des différents types d'eaux souterraines du point de vue physico-chimique et présentation sous la forme d'une classification. Thèse de 3ème cycle. Université Lyon 1,» Lyon, 1979.
- [61] Burgéap, «Les modifications chimiques de la source de la Perruquette à Largentière - Approche de solutions,» 1988.
- [62] C. Rossi, «Hydrogéologie de la région de Largentière : Avant, pendant et après exploitation minière. Master 1 EAU parcours H3E,» Montpellier, 2015.
- [63] J. Roure, «Hydrogéologie appliquée. Schéma d'exploitation des nappes du trias au Niger et en Ardèche,» *Bulletin de la Société Géologique de l'Ardèche n°174*, pp. 1-6, 1997.
- [64] J. M. Deschamps, «Recherche en vue du captage des eaux souterraines - Rosières - Rapport final,» 1989.
- [65] Cohérence, «Procédure de protection et d'autorisation des captages d'eau potable du territoire Vallée de la Ligne 1 - SEBA,» 2013.
- [66] G. Rabin et E. Deleplace, «Travaux de transformation du forage de reconnaissance en forage d'exploitation et pompage d'essai - Forage de la Pazette - Lablâchère,» 2011.

- [67] D. Cuche, «Rapport géologique sur la protection sanitaire de la ressource en eau souterraine mobilisée à partir du forage de Mézard - Commune de Lablâchère (07),» 2001.
- [68] S.D.A.E.P. Ardèche, «Fiches UGE,» 2007.
- [69] Véolia, «Rapport annuel délégataire - Commune de Vallon-Pont-d'Arc,» 2014.
- [70] Véolia, «Rapport annuel délégataire - Communauté de communes du Rhône aux gorges de l'Ardèche,» Bourg-Saint-Andéol, 2014.
- [71] X. Tschanz, «Avis hydrogéologique - Mise en conformité des périmètres de protection - Forage de la source des Beaumes - Commune de Montclus,» 2007.
- [72] G. Rabin, «Travaux de réhabilitation et d'approfondissement du forage F3 de Perbost - Inspection caméra de l'ouvrage. Ville d'Aubenas,» 2009.
- [73] G. Rabin, «Etude hydrogéologique complémentaire de l'espace de restitution de la Grotte Chauvet - Site du Razal - Vallon-Pont-d'Arc. Rapport d'étude - Syndicat Mixte Espace de Restitution de la Grotte Chauvet,» 2010.
- [74] C. Poulin, «Etude du secteur karstique compris entre les rivières de La Beaume et du Chassezac. Rapport bibliographique. Master 2 EAU parcours H3E,» Montpellier, 2013.
- [75] G. Naud, «Rapport hydrogéologique concernant la détermination des périmètres de protection des forages des Vistes 1 et des Vistes 2, commune de Saint-Etienne de Fontbellon. SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1992.
- [76] G. Naud, «Rapport hydrogéologique concernant la détermination des périmètres de protection de la source du Crouzet, commune d'Ailhon. SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1993.
- [77] G. Naud, «Rapport hydrogéologique concernant la détermination des périmètres de protection de la source de Valcroze, commune d'Ailhon. Commune de Fons,» 2002.
- [78] G. Naud, «Rapport hydrogéologique concernant la détermination des périmètres de protection de la source de Rodes, commune d'Ailhon. SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1993.
- [79] A. Mazet, «Participation à l'étude des ressources souterraines majeures du bassin versant de l'Ardèche. Master 1 STE spécialité Eaux Souterraines,» Grenoble, 2015.
- [80] R. Guérin, «Un exemple du rôle de la tectonique et de la microtectonique dans la géométrie des écoulements karstiques fossiles et actuels : Le Bas-Vivarais calcaire. Thèse de 3ème cycle,» Montpellier, 1973.
- [81] P. Gombert, «Hydrogéologie et karstogénèse du Bas-Vivarais calcaire (Ardèche). Thèse de 3ème cycle,» Montpellier, 1988.
- [82] P. Gombert, «Etude hydrogéologique du système aquifère des sources de Tourne (Bourg-Saint-Andéol – Ardèche),» CERGA, Montpellier, 1986.
- [83] J. M. Deschamps, «Etude géologique - enquête hydrogéologique - campagne de sondage électrique - foration exploratoire - essai de

- débit. SIAE de Saint-Etienne de Fontbellon et Saint-Sernin,» 1983.
- [84] J. M. Deschamps, «Essai de débit avec équipement définitif. SIAE Saint-Etienne de Fontbellon et de Saint-Sernin,» 1985.
- [85] Idées-Eaux, «Travaux complémentaires sur le forage de Bélière - Viviers,» 2001.
- [86] Idées-Eaux, «Rapport de télé-inspection de forage - captage du Boeuf - Salavas,» 1998.
- [87] Eau & Géoenvironnement, «Rapport de fin de travaux – Piézomètre de la source des Bœufs - SIAEP de Barjac, Salavas,» 2004.
- [88] Eau et Géoenvironnement, «Rapport de fin de travaux - Diagnostic caméra et coupes du forage F2 Aval - Source des Boeufs - SIAEP de Barjac - Salavas,» 2004.
- [89] Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, «Deuxième Plan santé Environnement 2009-2013,» 2009.
- [90] Rhône-Cévennes-Ingénierie, «Dossier d'enquête publique – Rapport de l'hydrogéologue agréé pour la mise en conformité du captage de Gérige sur la commune de Bourg-Saint-Andéol,» 2000.
- [91] Rhône-Cévennes-Ingénierie, «Dossier d'enquête publique – Rapport de l'hydrogéologue agréé pour la protection de la source de Ladou sur la commune de Saint-Laurent-sous-Coiron.,» 1993.
- [92] G. Rabin, «Etude de l'alimentation du captage de Gournier avec l'analyse de l'Oxygène 18 – Saint-Remèze. CG 07.,» 2008.
- [93] Joseph, «Demande d'études préliminaires au rapport définitif de l'hydrogéologue agréé concernant le forage de la Blache. Commune de Pont-Saint-Esprit,» 2011.
- [94] Idées-Eaux, «Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable sur la commune de Viviers – Forage d'exploitation – site de Belieure.,» 2004.
- [95] Idées-Eaux, «Etude géologique pour la mise en conformité des périmètres de protection des ressources en eau potable des aires de bivouac de Gaud et Gournier – CG07,» 2002.
- [96] Idées-Eaux, «Recherche d'une nouvelle ressource en eau potable sur la commune de Viviers – Forage de reconnaissance,» 1999.
- [97] J. C. Grillot, «Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du massif des Coirons,» CERGH, Montpellier, 1971.
- [98] Génie géologique, «Rapport de synthèse Forage 1 et 2 de l'Ilette – Communauté de communes du Rhône aux gorges de l'Ardèche,» 2014.
- [99] P. Elouard, «Rapport géologique sur la source du Moulin. Commune de Rochecolombe,» 1988.
- [100] P. Elouard, «Rapport géologique forage d'Orbeire. Commune de Lagorce,» 1984.
- [101] EKS, «Traçage hydrogéologique entre la perte du ruisseau du Bourdary à Lavilledieu et les sources du Pontet à Vogüé. DDAF de l'Ardèche,» 1997.
- [102] Eau & Géoenvironnement, «Rapport de fin de travaux – Diagnostic caméra et coupes du forage F1 Amont – Source des Bœufs – SIAEP de BARJAC -

- Salavas,» 2004.
- [103] Eau & Géoenvironnement, «Rapport de fin de travaux – Piézomètre de la source des Bœufs – SIAEP de BARJAC - Salavas.,» 2004.
- [104] Eaucéa, «Plan de gestion des étiages du bassin versant de l'Ardèche – Tome 2 Propositions de différents scénarios du PGE. SAGE Ardèche,» 2007.
- [105] Eaucéa, «Plan de gestion des étiages du bassin versant de l'Ardèche – Tome 1 Etat des lieux et tendances d'évolution. SAGE Ardèche,» 2007.
- [106] E. Debard, «Rapport géologique préliminaire sur les périmètres de protection du captage de la source du Tiourre. Commune de Vallon-Pont-d'Arc,» 1991.
- [107] E. Debard, «Rapport géologique sur les sources des Bujarelles haute et Bujarelles basse. Mise en conformité des périmètres de protection des captages. ARS – 07,» 1990.
- [108] D. Cuhe, «Rapport géologique sur la situation sanitaire de la ressource en eau souterraine du captage au quartier Belieure – DRAGA,» 2005.
- [109] D. Cuhe, «Rapport géologique définitif sur la situation sanitaire de la source de Font-Garou – Commune de Lagorce,» 2003.
- [110] R. Combémoré, «Rapport géologique sur la protection du captage du bœuf – Commune de Salavas. SIAEP de Barjac,» 2006.
- [111] D. Cailhol, «Documentation du fonctionnement des différents aquifères et systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche. Comité départemental de spéléologie de l'Ardèche,» 2013.

I- INTRODUCTION

1- LE CADRE DE L'ETUDE

Cette étude s'inscrit dans un cadre général fixé par la **Directive Cadre sur l'Eau (DCE)** du 23 octobre 2000. Cette directive demande aux États membres de i) désigner dans chaque district hydrographique les masses d'eau utilisées pour l'eau potable ou destinées, pour le futur, à un tel usage et ii) assurer leur protection afin de prévenir la détérioration de la qualité.

Cette démarche a été reprise et précisée dans le **SDAGE Rhône-Méditerranée 2016-2021** dont l'orientation fondamentale n°5E prévoit de « Préserver les masses d'eau souterraine stratégiques pour l'alimentation en eau potable actuelle ou future en assurant leur protection à l'échelle des zones de sauvegarde ».

La disposition 5E-01 du SDAGE indique que dans ces zones de sauvegarde, il est nécessaire de protéger la ressource en eau et d'assurer sa disponibilité en quantité et en qualité suffisantes pour permettre sur le long terme une utilisation pour l'alimentation en eau potable sans traitement ou avec un traitement limité (désinfection). Le SDAGE précise également les différents outils et procédures réglementaires qui doivent prendre en compte cet objectif : SAGE, SCoT, PLU, schéma régional des carrières, procédure ICPE et loi sur l'eau, etc...

Par ailleurs, le **SAGE Ardèche** approuvé par arrêté inter-préfectoral le 29 août 2012, décline ces exigences dans sa disposition a.2 : « améliorer la connaissance (quantité et qualité) des aquifères notamment ceux identifiés comme ressources majeures par le SDAGE ». Le SAGE identifie ainsi 3 masses d'eau souterraines stratégiques sur lesquelles il recommande de :

- délimiter de manière plus précise les aquifères, identifier leur potentialité et leur participation aux débits superficiels lors des épisodes d'étiage, préciser pour chaque aquifère les volumes exploités et apprécier l'impact de ces prélèvements sur les milieux aquatiques associés, définir les possibilités de sollicitation des ressources souterraines à forte capacité de stockage en période d'étiage (en particulier les karsts noyés) comme solutions alternatives aux prélèvements en eaux superficielles,
- identifier les zones et les mesures nécessaires à la protection quantitative et qualitative des ressources majeures à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle et future, compléter les données existantes afin de mieux connaître la qualité des eaux souterraines.

2- LA NOTION DE ZONE DE SAUVEGARDE

Les masses d'eau souterraines stratégiques – échelle globale :

Sont considérées comme masses d'eau stratégiques à préserver les masses d'eau souterraines recelant des ressources en eau d'intérêt départemental à régional qui sont soit d'ores et déjà fortement sollicitées et dont l'altération poserait des problèmes immédiats pour les populations qui en dépendent, soit pas ou faiblement sollicitées à l'heure actuelle mais à fortes potentialités, préservées à ce jour et à conserver en l'état pour la satisfaction des besoins futurs.

Sur le bassin versant de l'Ardèche, 3 grandes masses d'eau ont été identifiées comme stratégiques par le SDAGE et le SAGE : les calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes, les calcaires urgoniens du Bas-Vivarais et les grès du Trias Ardéchois (cf. § La zone d'étude).

Les zones de sauvegarde – échelle locale :

Au sein des masses d'eau stratégiques, l'article 10 de l'arrêté du 17 mars 2006, qui fixe le contenu des SDAGE, demande que ceux-ci [1] :

- identifie les zones utilisées actuellement pour l'alimentation en eau potable pour lesquelles des objectifs plus stricts seront fixés afin de réduire les traitements nécessaires à la production d'eau potable ;
- propose les zones à préserver en vue de leur utilisation future pour des captages destinés à la consommation humaine.

Ainsi, la notion de zones de sauvegarde désigne des ressources :

- importantes en quantité ;
- dont la qualité chimique est conforme ou encore proche des critères de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, tels que fixés dans la directive 98/83/CE ;
- bien situées par rapport aux zones de forte consommation (actuelles ou futures), pour des coûts d'exploitation acceptables.

Parmi ces ressources, il faut distinguer celles qui sont :

- d'ores et déjà fortement sollicitées et dont l'altération poserait des problèmes immédiats pour les populations qui en dépendent ;
- faiblement sollicitées mais à forte potentialité, et préservées à ce jour du fait de leur faible vulnérabilité naturelle ou de l'absence de pression humaine, mais à réserver en l'état pour la satisfaction des besoins futurs à moyen et long terme.

Pour ces ressources, la satisfaction des besoins en eau potable doit être reconnue comme prioritaire par rapport aux autres usages (activités agricoles, industrielles, récréatives, ...).

In fine, dans une optique de développement durable et conformément à la DCE, le but est d'assurer la disponibilité sur le long terme de ressources suffisantes en qualité et en quantité pour satisfaire les besoins actuels et futurs d'approvisionnement en eau potable des populations.

L'enjeu est de préserver, de la manière la plus efficace possible, les ressources les plus intéressantes pour la satisfaction des besoins en eau potable, face aux profonds bouleversements constatés ou attendus en terme d'occupation des sols et de pressions sur les aires de recharge des aquifères (évolution démographique, expansion de l'urbanisation et des activités connexes périphériques, impact sur le long terme des pratiques agricoles ou industrielles).

L'identification des zones de sauvegarde vise à :

- permettre de définir et de mettre en œuvre sur celles-ci, et de manière efficace, des programmes d'actions spécifiques ;
- interdire ou réglementer certaines activités ;
- maintenir une qualité de l'eau compatible avec la production d'eau potable sans recourir à des traitements lourds ;
- garantir l'équilibre entre prélèvements et recharge naturelle ou volume disponible.

Les différents types de zones de sauvegarde :

Les caractéristiques des outils mobilisables imposent la distinction entre deux catégories de zones de sauvegarde[2] :

- **les Zones de Sauvegarde Exploitées (ZSE)**, zones identifiées comme étant intéressantes pour l'alimentation en eau potable (AEP) future et qui sont déjà utilisées pour l'AEP.
- **les Zones de Sauvegarde Non Exploitées Actuellement (ZSNEA)**, zones identifiées comme étant intéressantes pour l'AEP future mais qui ne sont pas utilisées actuellement pour l'AEP.

Les ZSE et ZSNEA représentent ainsi les zones de sauvegarde pour le futur.

3- LA ZONE D'ETUDE

Les aquifères étudiés :

Comme identifié dans le SAGE Ardèche et le SDAGE Rhône-Méditerranée, l'étude concerne trois masses d'eau souterraines stratégiques présentes sur le bassin versant de l'Ardèche. Il s'agit des masses d'eau :

- **FRDG 118** « *Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes* ».
- **FRDG 161** « *Calcaires urgoniens du Bas-Vivarais* ».
- **FRDG 245** « *Grès du Trias Ardèchois* ».

Le secteur concerné par ces aquifères représente environ 600 km² sur le territoire du SAGE Ardèche.

L'étude des 3 masses d'eau est limitée pour l'essentiel aux portions incluses dans le territoire du SAGE Ardèche (Figure 1), à l'exception du massif des calcaires urgoniens qui est étudié également sur son versant rhodanien.

La partie Nord de la masse d'eau FRDG 245 « *Grès du Trias Ardèchois* » n'est pas intégrée à la zone d'étude car elle se situe hors du bassin versant de l'Ardèche.

La zone d'étude hydrogéologique est ainsi délimitée :

- au Nord, par le col de l'Escrinet,
- au Sud, par la limite du bassin versant de l'Ardèche,
- à l'Est, par la vallée du Rhône,
- à l'Ouest, par les massifs métamorphiques et cristallins.

Le bassin versant de l'Ardèche :

Au-delà de l'analyse hydrogéologique qui se restreint aux 3 aquifères présentés ci-dessus, l'étude vise également à analyser les besoins en eau potable du territoire à l'échelle de l'ensemble du bassin versant de l'Ardèche.

Le territoire ainsi étudié s'étend sur trois départements : l'Ardèche, le Gard et la Lozère. Il couvre 172 communes réparties comme suit :

- 145 communes sur le département de l'Ardèche ;
- 16 communes sur le département du Gard ;
- 11 communes sur le département de la Lozère.

Parmi ces communes, certaines sont incluses dans leur globalité dans la zone d'étude, d'autres ne sont concernées que sur une superficie réduite.

.

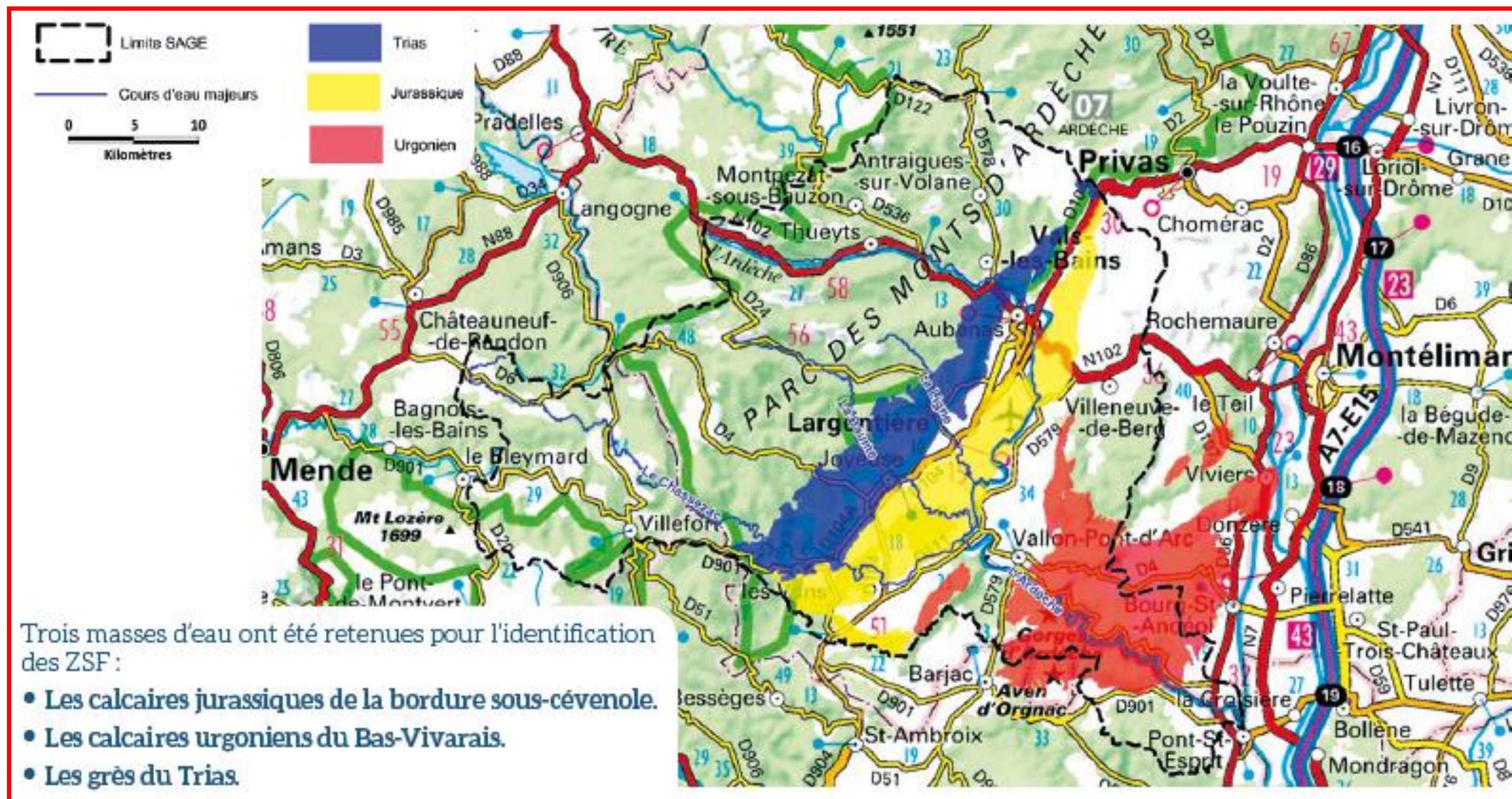


Figure 1 : périmètre du SAGE et limites d'affleurement des trois masses d'eau stratégiques

La zone d'étude concerne enfin 85 structures d'alimentation en eau potable :

- 9 syndicats des eaux ;
- 75 régies communales ;
- 1 régie intercommunale ;

Elles se répartissent de la manière suivante :

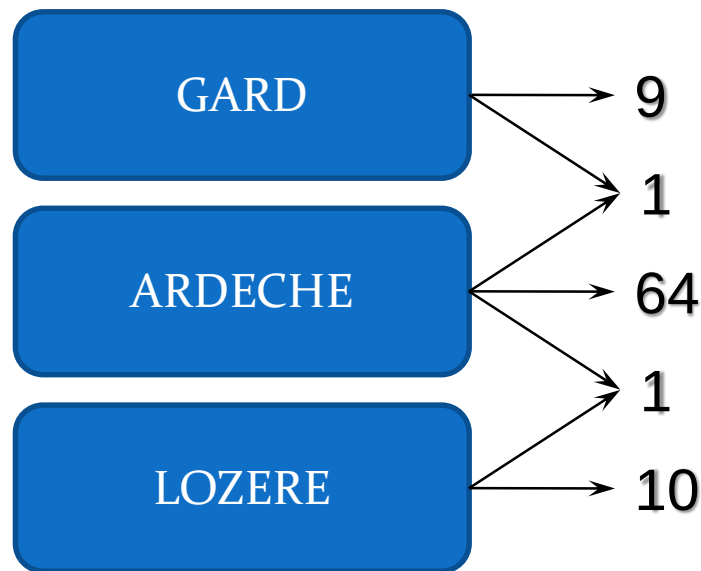


Figure 2 : répartition des structures d'alimentation en eau potable au sein du secteur d'étude

4- LES ACTEURS DE L'ETUDE

4.1. Le comité de pilotage

L'étude est réalisée sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat Mixte EPTB Ardèche Claire (SMAC), structure porteuse du SAGE Ardèche, qui a constitué un comité de pilotage composé des représentants de :

- la commission quantité de la Commission Locale de l'Eau du SAGE du bassin versant de l'Ardèche ;
- les collectivités compétentes en AEP concernées ;
- les structures locales de gestion de l'eau ;
- l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée ;
- les services de l'Etat (ARS-07, ARS-30, ARS-48, DREAL, DDT-07, DDT-30, DDT-48).

- le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) ;
- les universités de Montpellier, Grenoble et Savoie (EDYTEM) ;
- un représentant des SCOT.

4.2. Le prestataire

L'étude a été confiée à un groupement d'entreprises composé :

- du bureau d'études IDEES-EAUX, *mandataire*, situé quartier les Drets, 26 300 Bourg-de-Péage, et représenté par M. Jérôme GAUTIER, *Gérant et Hydrogéologue* ;
- du bureau d'études GILLES RABIN, *cotraitant*, installé 35bis chemin de Grazza, 07 200 Aubenas, et représenté par M. Gilles RABIN, *Gérant et Hydrogéologue*.

Ils sont assistés de trois sous-traitants :

- le bureau d'études ACTEON spécialisé dans l'appui au développement et à la mise en œuvre des stratégies et politiques de l'environnement,
- le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche qui détient, par l'ensemble de ses membres, une connaissance approfondie des réseaux karstiques ardéchois,
- une experte en base de données, Claire LELONG, informaticienne indépendante,

et d'un consultant – Hydrogéologue-Expert, M. Georges NAUD, également coordonnateur des hydrogéologues agréés pour le département de l'Ardèche.

5- LE PHASAGE DE L'ETUDE

Afin de parvenir à l'objectif de préservation de la ressource, l'étude a été conçue en 3 phases :

- **PHASE 1** : le point sur les connaissances à partir de l'analyse de la bibliographique complétée par des reconnaissances de terrain sur les trois masses d'eau incluses dans le périmètre du SAGE et l'analyse des besoins futurs en eau potable sur ce même territoire.

Finalité de la phase 1 :

- Pré-sélectionner des unités aquifères au sein des 3 masses d'eau stratégiques sur la base de critères et définir leur intérêt potentiel ;
- Faire le bilan de l'alimentation en eau potable actuelle et future sur le territoire du SAGE Ardèche.

- **PHASE 2** : la mise en œuvre d'investigations de terrain et la rédaction d'un cahier des charges pour des investigations complémentaires.

Finalité de la phase 2 :

- Proposer et mettre en œuvre un profil géophysique sur le secteur de Vogüé pour mettre en évidence la structure et les limites de la série calcaire du jurassique ;
 - Proposer et mettre en œuvre 3 essais de traçage sur des zones aquifères pressenties comme zone de sauvegarde future (ZSF) afin d'améliorer la connaissance et préciser la délimitation de ces zones,
 - Proposer d'autres investigations sur d'autres secteurs potentiels sous la forme d'un cahier des charges.
- **PHASE 3** : l'identification, la délimitation et la description, le bilan, sous forme de fiches, des zones de sauvegarde futures (ZSE et ZSNEA) au sein des unités aquifères sélectionnées en phase 1 et la proposition de scénarios opérationnels de préservations de ces zones.

Finalité de la phase 3 :

- Identifier, délimiter et décrire les zones de sauvegarde futures ;
- Etablir pour chaque zone, un bilan de sa situation en termes de potentialité, qualité, vulnérabilité, risque en fonction de l'évolution prévisionnelle des pressions d'usage et de l'occupation des sols, mais aussi de son statut actuel par rapport aux documents de planification, d'aménagement du territoire et d'urbanisme ;
- Réfléchir aux mesures de protection à mettre en place sur ces zones pour garantir la qualité de l'eau sur le long terme ;
- Réfléchir aux moyens d'action et/ou outils disponibles pour rendre opposable ces zonages.
- Identifier les porteurs de projet qui seront en mesure de communiquer et faire accepter, au sein de ces zonages, les règles de gestion et contraintes associées.

Il ne s'agit pas ici d'une analyse à partir des ouvrages exploités, mais d'une analyse structurante à l'échelle de chaque masse d'eau qui doit aboutir à la délimitation de secteurs de taille significative.

Le présent rapport concerne la phase 1.

II- CONTEXTE GENERAL

1- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Géographiquement, la zone d'étude peut être découpée selon les trois masses d'eau étudiées et leurs subdivisions inscrites dans les référentiels hydrogéologiques BD Lisa et Masses d'eau souterraines (MESO) dont nous indiquons les déclinaisons dans le Tableau 1 et la Figure 3 présentés ci-après.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

ECHELLE NATIONALE				ECHELLE REGIONALE			ECHELLE LOCALE		
BDLisa	Dénomination BDLisa	MESO	Dénomination MESO	BDLisa	MESO	Dénomination	BDLisa	MESO	Dénomination
533	Formations de la bordure sous-cévenole dans le Gard et l'Ardèche	245	Grès du Trias ardéchois	533AJ	607B	Formations variées du trias supérieur au Jurassique moyen de la bordure sous-cévenole			
				533AK	607F	Grès du Trias (moyen et inférieur) ardéchois.			
		161	Calcaires urgoniens du bas-vivaraïs	533AE	548A	Calcaires urgoniens de la Montagne de la Serre			
				534AQ	148C	Calcaires urgoniens du bassin hydrogéologique de la Cèze			
				533AH	148B	Calcaires urgoniens en rive droite de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint-Martin d'Ardèche			
				533AG	148A	Calcaires urgoniens en rive gauche de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint-Martin d'Ardèche	533AG01	148A1	Unité karstique de Lagorce-ibie
							533AG02	148A2	Unité karstique du Bois Malbosc
							533AG03	148A3	Unité karstique Gras-Laoul-Sources de Tournes
				533AG04	148A4	Unité karstique Saint Montan - Viviers			
		118	Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes	533AF	147	Calcaires jurassiques de la bordure sous-cévenole	533AF02	147B	Unité karstique Nord Vogüé
							533AF03	147C	Unité karstique entre l'Ardèche et la ligne
							533AF05	147D	Unité karstique entre l'Ardèche, la Beaume et la Ligne
							533AF06	147E	Unité karstique entre la Beaume et le Chassezac
							533AF07	147F	Unité karstique sud Chassezac
							533AF08	147G	Unité karstique cuvette de Saint-André-de-Cruzières

Tableau 1 : unités hydrogéologiques des référentiels BD Lisa et masses d'eau souterraines (MESO)

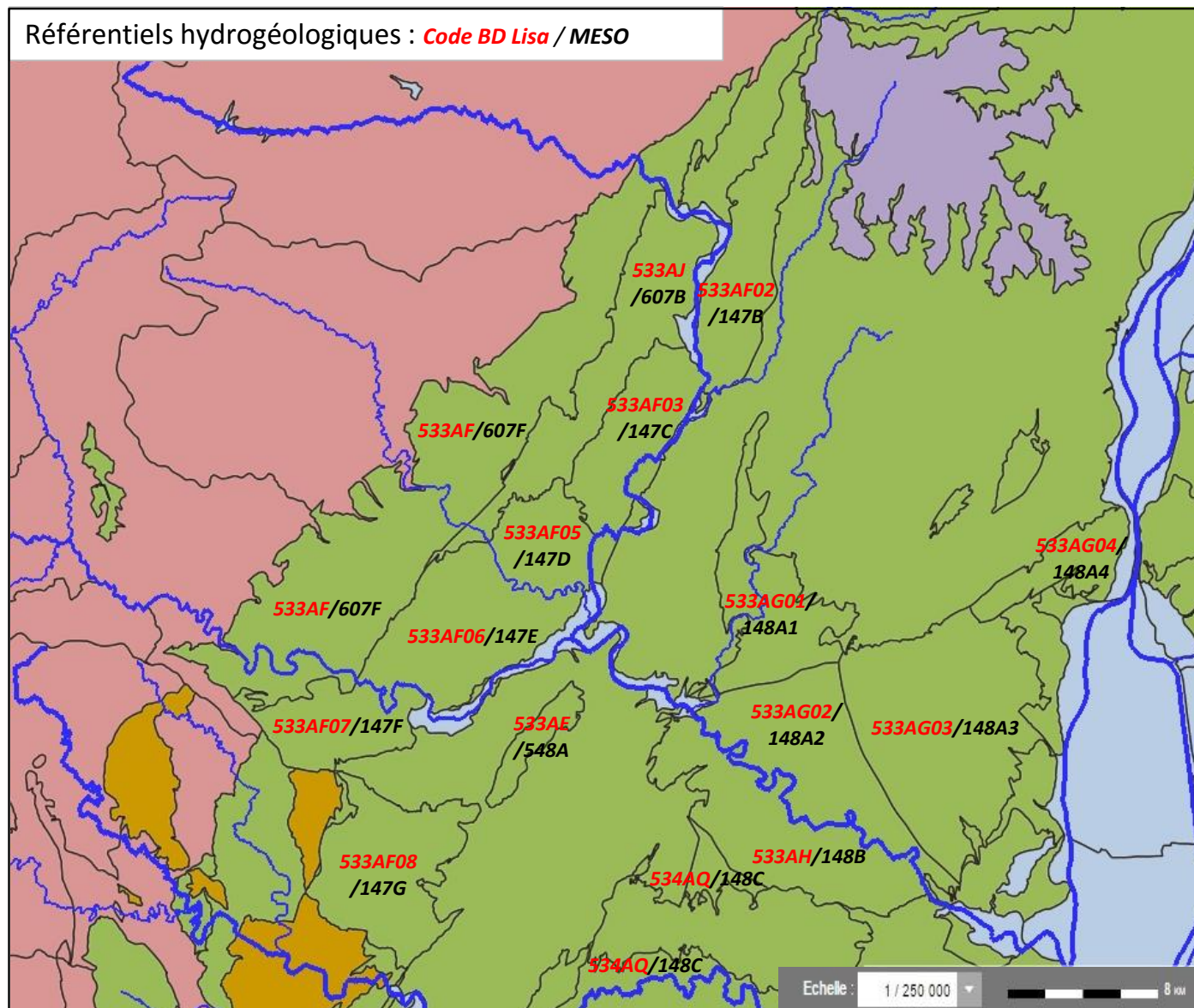


Figure 3 : localisation des unités hydrogéologiques suivant les référentiels BD Lisa et MESO

1.1. Zone des grès du Trias Ardéchois

Elle correspond à la bande de terrains orientée Nord/Est-Sud/Ouest composée des grès triasiques située entre les massifs métamorphiques et cristallins à l'Ouest et les calcaires du Jurassique à l'Est.

Le secteur d'étude se limite à la zone comprise entre le Col de l'Escrinet au Nord-Est et le secteur des Vans au Sud-Ouest et comprend donc une partie :

- des formations du Trias supérieur au Jurassique moyen de la bordure sous-cévenole (code BD-Lisa : 533 AJ, code MESO : 607B)
- des grès du Trias moyen et inférieur ardéchois (code BD-Lisa : 533 AK, code MESO : 607F).

Le massif gréseux se situe en position dominante par rapport aux autres secteurs situés à l'aval du pendage.

Cet ensemble géologique s'étale donc sur une longueur approximative d'environ 45 km, composé d'une bande étroite au Nord-Est et d'une largeur maximale à l'affleurement comprise entre 6 et 8 km dans les secteurs des Vans ou de Rosières.

En termes d'altimétrie, le secteur est compris en moyenne entre 300 et 400 m NGF. Nous pourrions citer les deux extrêmes de cette zone qui sont constitués par :

- au Nord-Est, le pied du massif volcanique du Roc de Gourdon sur la commune de Gourdon - environ 1000 m d'altitude ;
- au Sud-Ouest, la bordure du Chassezac sur la commune des Vans - environ 150 m d'altitude.

1.2. Zone des calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes

Elle correspond à la bande de terrains carbonatés orientée Nord/Est-Sud/Ouest, composée des calcaires du Jurassique supérieur, située entre les grès du Trias (et les marnes du Lias) à l'Ouest, et la faille des Cévennes à l'Est.

La masse d'eau se situe dans son extrémité méridionale sur le département du Gard et se développe essentiellement dans le département de l'Ardèche, le long de la bordure sous-cévenole du Bas-Vivarais. C'est une zone de transition entre la plaine d'Alès au Sud et les montagnes du Vivarais au Nord-Ouest.

Le secteur d'étude est compris entre le pied occidental du massif des Coirons au Nord-Est et le secteur de Saint-André-de-Cruzières au Sud-Ouest, soit une longueur d'environ 40 km pour une largeur maximale de 7 km entre Joyeuse et Saint-Alban-Auriolles. L'altitude moyenne des terrains jurassiques se situe à environ 250 m NGF avec les minima et maxima suivant :

- au Nord-Est, sur la commune de St-Laurent-sous-Coiron - environ 700 m d'altitude (Aven des Blaches) ;
- au Sud-Ouest, à l'extrémité des gorges de la Beaume, qui a entaillé le massif calcaire, sur la commune de St-Alban-Auriolles - environ 110 m d'altitude.

Dans les référentiels hydrogéologiques BD Lisa et MESO, la masse d'eau est divisée en 7 unités hydrogéologiques dont 6 font parties de la zone d'étude avec :

- **L'unité karstique Nord Vogüé** (code BD-Lisa : 533 AF02, code MESO : 147B) : elle s'étire entre le Moulin d'Artige au Nord et Vogüé au Sud, inclut le bassin versant de la Louyre et de l'Eyrole au Nord, celui du Bourdaric et de l'Auzon au Sud.
- **L'unité karstique entre l'Ardèche et la Ligne** (code BD-Lisa : 533 AF03, code MESO : 147C) : elle s'étend de Vogüé au Nord à la commune de Pradons au Sud, elle est limitée par la Ligne au Sud, l'Ardèche au Nord et à l'Est. La limite Nord-Ouest correspond à une ligne de crête séparant le bassin versant de la Ligne à l'Ouest de celui de l'Ardèche à l'Est et correspond également à une limite d'affleurement des calcaires jurassiques.
- **L'unité karstique entre l'Ardèche, la Beaume et la Ligne** (code BD-Lisa : 533 AF05, code MESO : 147D) : elle couvre la quasi-totalité de la commune de Labeaume et une partie des communes de Rosières et Laurac-en-Vivaraïs. Elle est insérée entre la Beaume à l'Ouest et au Sud, la Ligne au Nord et l'Ardèche à l'Est.
- **L'unité karstique entre la Beaume et le Chassezac** (code BD-Lisa : 533 AF06, code MESO : 147E) : elle est limitée par la Beaume au Nord, le Chassezac au Sud-Ouest, le fond de vallée du Chassezac et de l'Ardèche au Sud-Est et au Nord-Est et par une limite d'affleurement des calcaires jurassiques au Nord-Ouest le long d'une faille normale.
- **L'unité karstique du Chassezac** (code BD-Lisa : 533 AF07, code MESO : 147F) : elle s'insère entre les Vans au Nord, le Chassezac au Nord-Est, le fond de vallée du ruisseau du Granzon au Sud-Est et Banne au Sud. La limite Ouest est une limite d'affleurement des calcaires jurassiques au Nord-Ouest le long des failles normales.
- **L'unité karstique cuvette de Saint-André-de-Cruzières** (code BD-Lisa : 533 AF08, code MESO : 147G) : elle se trouve à cheval sur les départements du Gard et de l'Ardèche. Elle est traversée d'Ouest en Est par la rivière la Claysse.

1.3. Zone des calcaires urgoniens du Bas-Vivaraïs

Elle correspond à l'imposante masse de terrains carbonatés du Crétacé inférieur, d'une superficie de l'ordre de 300 km², entaillée par les gorges de l'Ardèche et dont les grandes limites sont les suivantes :

- à l'Ouest, Vallon-Pont-d'Arc et la vallée de l'Ibie,

- à l'Est, la vallée du Rhône,
- au Nord, les massifs de la dent de Rez (719 m) et du Serre de Berrès (667 m),
- au Sud, le bassin d'Issirac.

Dans les référentiels hydrogéologiques BD Lisa et MESO, la zone est divisée en 4 unités karstiques, avec :

- Les calcaires urgoniens en rive gauche de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint-Martin-d'Ardèche (code BD-Lisa : 533 AG, code MESO : 148A) : il s'agit de la plus grande unité, elle correspond au plateau de Saint-Remèze et à ses retombées. Ce système est divisé en 5 sous-unités dont 4 font parties de la zone d'étude :
 - L'unité karstique de Lagorce-Ibie (code BD-Lisa : 533 AG01, code MESO : 148A1) ;
 - L'unité karstique du Bois-Malbosc (code BD-Lisa : 533 AG02, code MESO : 148A2) ;
 - L'unité karstique Gras – Laoul (code BD-Lisa : 533 AG03, code MESO : 148A3) ;
 - L'unité karstique Saint-Montan-Viviers (code BD-Lisa : 533 AG04, code MESO : 148A4).
- Les calcaires urgoniens en rive droite de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint-Martin-d'Ardèche (code BD-Lisa : 533 AH, code MESO : 148B) ;
- Les calcaires urgoniens de la Montagne de la Serre, système disjoint des autres systèmes et situé au Sud-Ouest du secteur d'étude (code BD-Lisa : 533 AE, code MESO : 548A) ;
- Les calcaires urgoniens du bassin hydrogéologique de la Cèze (code BD-Lisa : 534AQ, code MESO : 148C), pour laquelle, la zone d'étude se limite aux calcaires urgoniens situés en rive gauche de la Cèze.

2- CONTEXTE CLIMATIQUE

L'Ardèche offre une réelle diversité climatique. La partie méridionale est dominée par un climat méditerranéen influencé par la barrière montagnarde des Cévennes.

Ceci se traduit par des étés chauds et secs sur de longues périodes entrecoupées par des orages violents et des précipitations intenses. Les mois de Juin, Juillet et Août ne représentent que 14% de la pluviométrie annuelle.

L'automne est marqué par des longues périodes de pluies dues à une dépression venant de l'Atlantique. Bloquée au sud par les Pyrénées, elle est ramenée au niveau des Cévennes par les masses d'airs méditerranéennes, ce sont les orages cévenols. Ces événements représentent 40% des précipitations annuelles et permettent une recharge efficace des aquifères karstiques.

L'hiver est relativement doux et sec, protégé par les hautes pressions méditerranéennes et les reliefs du Massif-Central à l'Ouest.

Le printemps est pluvieux (surtout au mois d'Avril) et représente 30% de la pluviométrie annuelle.

Les précipitations décroissent ensuite jusqu'au mois d'Août. La durée d'insolation avoisine les 2500 heures. Le vent du Nord (Mistral) peut être violent, principalement en vallée du Rhône et entraîne une baisse soudaine et durable de la température. La moyenne pluviométrique est de l'ordre de 900 mm/an.

3- CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

L'Ardèche est un affluent situé en rive droite du Rhône. Son bassin versant est composé de nombreux affluents dont les principaux sont :

- Le Chassezac.
- La Baume.
- La Ligne.
- L'Ibie.
- Le Lignon.
- La Volane.

Ceux-ci forment un bassin hydrographique dont la densité de drainage est proche de 1,4 km/km².

Le fort dénivelé (notamment en tête de bassin) explique le débit torrentiel de l'Ardèche et de toutes les rivières cévenoles.

	Altitude de la source	Longueur	Bassin Versant total	Bassin versant en amont du Karst
Ardèche	1450 m (Mazan)	125 km (40 km en amont du karst)	2430 km ²	538 km ²
Ligne	1200 m (Champ du Cros)	27 km	117 km ²	105 km ²
Baume	1350 m (Col de Meyrand)	40 km	236 km ²	215 km ²
Chassezac	1450m (Chasseradès)	80 km	760 km ²	590 km ²

Tableau 2 : principaux cours d'eau du bassin versant de l'Ardèche (Pascal – 1970)

La Ligne, la Baume et le Chassezac confluent tous avec l'Ardèche sur une distance de quelques kilomètres au niveau de Ruoms. De plus, le Chassezac a un temps de concentration équivalent à celui de l'Ardèche. Ces paramètres peuvent expliquer la présence de crues importantes.

Le cours de l'Ardèche traverse les calcaires jurassiques par cluse au niveau de Vogüé puis les longe à l'Est pour ne les recouper qu'au niveau de Balazuc et de Chauzon à Ruoms.

Dans notre zone d'étude, les principaux affluents sont :

- En rive gauche :
 - Le ruisseau de la Louyre (à sec à l'étiage et jusqu'à plusieurs m³/s).
 - L'Auzon (à sec à l'étiage et jusqu'à plusieurs m³/s).
 - L'Ibie (à sec à l'étiage et jusqu'à plusieurs m³/s).
- En rive droite :
 - La Ligne (débit d'étiage de l'ordre de 50 l/s).
 - La Baume (débit d'étiage de l'ordre de 100 l/s).
 - Le Chassezac (dont le débit est influencé par le soutien d'étiage du barrage de Puy-Laurent).

III- DEMARCHE DE RECUEIL DES DONNEES

Ce chapitre fournit les informations relatives à la méthodologie utilisée pour recueillir, compiler et analyser les données utilisées dans l'étude puis dresse le bilan des données recueillies.

1- LES INFORMATIONS EXISTANTES

Pour la réalisation de l'étude, le groupement IDEES-EAUX/RABIN a consulté un grand nombre de documents, études, thèses, bases de données.

1.1. Les bases de données

Le groupement IDEES-EAUX/RABIN s'est également appuyé sur les données disponibles à l'Agence de l'eau, la DREAL, le BRGM, dans les ARS, DDTM, conseils généraux des départements de l'Ardèche et du Gard, la chambre d'agriculture de l'Ardèche, le Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau (GRAIE) :

- Référentiel hydrogéologique BDLisa, référentiel des masses d'eau souterraines et référentiel des sites de surveillance des eaux souterraines sur SIG et fiches descriptives ;
- Bases de données des masses d'eau souterraine et fiches entités hydrogéologiques existantes ;
- Avis des hydrogéologues agréés et Déclaration d'Utilité Publique (ARS 07 et 30) y compris cartographie papier des périmètres de protection de captages ;
- Base de données ADES et ouvrages de prélèvements AEP Agence de l'Eau (fichier redevances) ;
- Base de données SISE-EAUX (captages AEP, captages abandonnés ou projets de captage, périmètres de protection) et bilan de la qualité de l'eau distribuée publiée par les ARS des deux départements concernés ;
- Banque de données du Sous-sol (BSS) ;
- Cartes géologiques au 1/50 000^e et leurs notices (PRIVAS, BOURG-SAINT-ANDEOL, AUBENAS, MONTELMAR, LARGENTIERE, BESSEGES) ;
- Cartes zones vulnérables sur l'Ardèche et le Gard ;
- Inventaire des traçages en Ardèche (Agence de l'eau) ;
- Schémas départementaux d'adduction d'eau potable pour le Gard et l'Ardèche ;
- Schémas départementaux des carrières ;

- Données INSEE sur l'évolution de la population ;
- Occupation des sols (CORINE Land Cover) ;
- Observatoire régional des SPANCs ;
- Sites BASIAS et BASOL pour les sites industriels ;
- Etudes volumes prélevables ;
- Base de données prélèvements et forages de la chambre d'agriculture, cartes pédologiques
- **La DDT07** pour les données sur les volumes prélevés sur quelques points d'eau.

1.2. Les études et thèses

Voici une liste non exhaustive des principales études de synthèse existantes:

- GINGER Environnement, Etudes des aquifères karstiques patrimoniaux de Drôme-Ardèche, Monographie sur l'ensemble karstique du Bas-Vivarais, 2006.
- GINGER Environnement, Etudes des aquifères karstiques patrimoniaux de Drôme-Ardèche, Monographie sur l'ensemble karstique de la Bordure Sous-Cévenole, 2006.
- SRAE, Contribution des services extérieurs du Ministère de l'Agriculture à la connaissance des ressources en eaux souterraines dans le département de l'Ardèche, 1980.
- J. P. Boissin, Notice explicative à la carte hydrogéologique des Cévennes et du Bas-Vivarais et de la Vallée du Rhône entre Pont St-Esprit et La Voulte, C.E.R.G.A. éd., Montpellier: C.E.R.G.H. U.S.T.L., 1975.
- Les études « VOLUMES PRELEVABLES » pour les bassins versants de l'Ardèche (EAUCEA de 2010 à 2013) et de la Cèze (BRLi de 2011 à 2013).
- Les données des Schémas directeurs départementaux de l'Ardèche (en cours) et du Gard fournis par les Conseils Généraux 07 et 30.

En plus de ces études générales, des thèses, des études hydrogéologiques spécifiques, des mémoires, des extraits de rapport, des rapports de travaux, des rapports délégataires, des documents hydrologiques (plan de gestion des étiages sur le bassin versant de l'Ardèche, donnée barrages hydrauliques), des documents plus synthétiques (présentations PWP, plans de réseaux, coupes de forage, résultats d'essais de pompage, résultats analytiques, données aménagements, inventaires prélèvements,...) ont été collectés auprès :

- De l'Agence de l'Eau ;
- Du BRGM ;
- De la DREAL ;

- Des universités de Montpellier, de Grenoble et de Savoie (EDYTHEM) ;
- Des bureaux d'études qui ont pu travailler sur la zone d'étude (IDEES-EAUX, BE RABIN, HYDROC, BERGA SUD, GEOPLUS, EAU & GEO ENVIRONNEMENT, GENIE GEOLOGIQUE) ;
- Des entreprises de forage qui ont réalisé des ouvrages sur la zone d'étude (VOLPELLIERE, GIUNZIONI, SONDAFOR, SUNFOR, SUD AQUA SERVICES, ECO FORAGE, KB FORAGES, STEFANON FRERES, FORAGES CEVENOLS, HYDROFORAGE, ROUDIL FORAGES, BRIES & Fils, AQUIFORE, GRESSE) ;
- Des collectivités concernées par l'étude (Syndicat Ardèche-Claire, SEBA, Syndicat Olivier de Serre, Syndicat de BARJAC, Syndicat Ailhon - Mercuer, Syndicat St-Sernin - St Etienne-de-Fontbellon, Syndicat du Pays des Vans, Syndicat du Fay, DRAGA, Communes...) ;
- Des sociétés fermières SAUR, SDEI et VEOLIA ;
- De la Zone Atelier Bassin Rhône (travaux sur la Cèze).

Les bureaux d'études se sont appuyés sur les thèses existantes suivantes :

- H. PASCAL (Université de Montpellier), *Contribution à l'étude hydrogéologique de la bordure sous-Cévenole*, 1970
- L. BELLEVILLE (Université de Grenoble), *Géométrie, fonctionnement et karstogénèse des systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche*, 1985
- R. MAZELLIER, *Contribution à l'Etude Géologique et Hydrogéologique des Terrains Crétacés du Bas Vivarais*, 1971
- R. GUERIN, *Un exemple du rôle de la tectonique et de la microtectonique dans la géométrie des écoulements karstiques fossiles et actuels : le Bas Vivarais calcaire*, 1973
- L. MOCOCHAIN, *Les manifestations géodynamiques externes et internes de la crise de salinité messinienne sur une plate-forme carbonatée péri-méditerranéenne : le karst de la basse Ardèche (moyenne vallée du Rhône ; France)*, 2007
- P. GOMBERT (Université de Montpellier), *Hydrogéologie et karstogénèse du Bas-Vivarais calcaire (Ardèche – France)*, 1988
- Bailly-Comte (2008). Interactions hydrodynamiques surface/souterrain en milieu karstique. Thèse de 3ème cycle Montpellier.

1.3. Les sources documentaires spéléologiques

Cette étude a été menée en partenariat avec le Comité Départemental de Spéléologie 07. A partir de la base de données du CDS07, il a été possible de disposer des données existantes suivantes :

- Les informations géo-référencées sur les grottes, cavités et réseaux spéléologiques sur le secteur d'étude
- Pour les réseaux les plus importants, des données sur la présence d'eau ou non, le développement des réseaux, la présence ou non de siphons...
- Données documentaires sur quelques grands réseaux spéléologiques (topographies, cartographie)
- Des synthèses spéléologiques détaillées rédigées par le CDS07 en fonction des unités aquifères définies dans le présent rapport d'étude,
- Ainsi que différents échanges constructifs lors de nombreuses réunions de travail.

D'autres compléments d'information spéléologique ont été récupérés :

- Articles de presse ;
- Extraits de magazines spéléologiques (TUBES...).

2- LES ENQUÊTES DE TERRAIN ET LES QUESTIONNAIRES

Au cours de cette étude, nous avons effectué de nombreuses investigations de terrain qui ont permis de renseigner et d'approfondir les connaissances de ce vaste secteur et notamment des 3 masses d'eau à l'étude.

Ces enquêtes de terrain ont été menées avec pour principal objectif de rencontrer :

- les différents producteurs d'eau potable du secteur (SEBA, SIAEP BARJAC, SIAEP Les Vans...)
- leurs sociétés fermières,
- mais également quelques propriétaires de point d'eau importants (forages agricoles...)
- des propriétaires de campings

Des échanges oraux avec ces personnes rencontrées sur le terrain ont permis de compléter les données collectées à partir de la bibliographie.

D'autres investigations de terrain ont été menées afin d'approfondir les connaissances sur certains secteurs (notamment sur la masse d'eau triasique, moins connue) :

- reconnaissance géologique
- visite de certains points d'eau

et ainsi compléter les données collectées auparavant.

Un questionnaire (sous format Tableur Excel) adressé aux collectivités productrices/distributrices d'eau potable pour valider les chiffres sur les besoins en eau actuels et futurs sur le territoire du SAGE Ardèche.

3- LA BANCARISATION DES DONNEES

Afin de pouvoir exploiter de manière pertinente l'ensemble des données recueillies à l'occasion de la synthèse bibliographique, nous avons proposé la création d'une base de données (BDD) permettant de gérer un grand nombre d'informations de nature différente (texte, nombres, images, calculs, graphiques...). D'une part, cette BDD permet d'archiver l'ensemble des documents recensés (base documentaire) et répond ainsi au cahier des charges, et d'autre part, elle facilite la recherche, le tri, la sélection des données pour l'identification des points d'eau structurants et remarquables.

Cette base a été créée sous ACCESS version 2.1.0 et elle a été associée à un Système d'Informations Géographiques (SIG) pour la représentation spatiale des données (Logiciel MAPINFO – version 11).

3.1. Structure de la base de données

La BDD est construite d'abord autour de la notion de « points d'eau » qui désigne des exutoires naturels (sources) ou artificiels (forages, puits et prises d'eau) captés, abandonnés ou non captés.

La BDD intègre également des édifices particuliers communément rencontrés en système karstique et rassemblés sous la notion de « phénomènes karstiques » qui désigne les avens, grottes, pertes et cavités.

Elle intègre enfin les sondages réalisés pour divers objectifs et qui fournissent principalement des informations d'ordre géologique.

La notion d'unité de gestion (UGE) constitue un autre accès à la base de données pour les points d'eau captés. La gestion de l'eau potable repose sur les UGE auxquelles sont associés un ou plusieurs captages.

UGE et UDI de la base SISE-EAUX des ARS :

UGE (unité de gestion) et UDI (unité de distribution) sont deux notions importantes dans le fonctionnement de l'alimentation en eau potable des collectivités. Elles sont utiles pour gérer le contrôle sanitaire sur les réseaux par les délégations départementales des ARS (base SISE-EAUX).

L'UGE désigne le gestionnaire de l'alimentation en eau potable, c'est le propriétaire des installations, le responsable légal de la distribution, il correspond à une collectivité : commune, syndicat des eaux, communauté de communes.

L'UDI désigne, au sein d'un réseau, un secteur où l'eau distribuée est la même (qualité identique). Cette distinction est utile lorsqu'une UGE exploite plusieurs ressources en eau distribuées à partir de

différents points du réseau. Une UDI peut correspondre à une ressource unique ou à un mélange de plusieurs ressources. Elle inclut le type de traitement appliqué aux eaux captées. Le schéma classique d'une UDI est un ou plusieurs captages, alimentant un réservoir où est appliqué un traitement puis un réseau de distribution. Cette notion permet aux ARS de gérer les points de prélèvement dans le cadre du contrôle sanitaire.

Le plus souvent UGE et UDI se confondent, notamment dans le cas de petites collectivités.

Une UGE peut contenir plusieurs UDI. Par exemple, la Communauté de Communes du Rhône aux Gorges de l'Ardèche dispose de 6 ressources dont le forage de GOGNE et le forage de GERIGE chacune dotée d'une station de traitement.

Une UDI peut contenir plusieurs UGE. Elle peut être partagée entre plusieurs UGE. Par exemple, le SEBA et l'UGE de Joyeuse.

Dans le cadre d'interconnexions, les limites des UDI deviennent plus floues avec des mélanges d'eaux de qualités différentes dans les réservoirs ou au sein même du réseau.

Les limites des UDI sont évolutives, elles ne sont pas nécessairement associées à une population stable.

Dans la création de la base de données, nous avons privilégié l'approche par UGE dont les contours et le statut sont mieux définis. L'existence des UDI est prise en compte dans l'interprétation des analyses sur l'eau distribuée.

Les informations dans la BDD sont agencées par thèmes correspondant chacun à des onglets accessibles sur l'interface de saisie des données :

- Points d'eau (Figure 4) ;
- Géologie-Hydrogéologie (Figure 5) ;
- Mesures (Figure 6) ;
- Analyses sur l'eau brute (Figure 7) ;
- Gestion de l'eau (Figure 8) ;
- Localisation (Figure 9) ;
- Documentation (Figure 10).

Ces thématiques sont présentées dans les fenêtres ci-dessous qui correspondent aux formulaires de saisie des informations. Chaque information correspond à un « champ » de la base de données. Certains champs ont été renseignés à partir des bases de données existantes, c'est le cas pour les « volumes prélevés », les « analyses sur l'eau brute », la validité de ces données a été cependant vérifiée.

Les autres champs ont été renseignés manuellement à partir des sources d'information décrites précédemment.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 1

Identifiant : 07002476	Nom : FORAGE BELIEURE	Bureau d'étude : Idées Eaux
Commune d'implantation : VIVIERS	UGE : CC DU RHONE GORGES ARDECHE	

Point d'eau	Géologie / Hydrogéologie	Mesures	Analyses	Gestion de l'Eau	Carte de localisation	Documentation	Evaluation
--------------------	---------------------------------	----------------	-----------------	-------------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

Identification

Département : **07** Bureau d'études : **Idées Eaux**

Identifiant Point d'Eau : **07002476** ARS : **07002476** BSS : **08665X0315**

Code AERMC : **107346012** Code cavité BRGM :

Nom du point d'eau : **FORAGE BELIEURE**

Commune implantation : **VIVIERS**

Localisation

Lambert II X : Y :

Lambert 93 X : **833432** Y : **6377571** Altitude : **82**

Caractéristiques

Nature point d'eau : **Forage** Nb Emergences : **1**

Mode utilisation : **Capté** Usage principal : **AEP**

Abandonné

Cause Abandon :

Commentaire :

Classification

Aquifère : **Urgonien**

Caractérisation : **Structurant**

Commentaire :

Entité hydrogéologique à fort potentiel

Référence zone :

Commentaire :

Périmètre de protection

Date étude hydrogéologique : Date rapport hydrogéologie agréé : **28/10/2002** Date DUP : **21/07/2008**

Avancement de la procédure : **Procédure terminée (captage public)**

Etat DUP (données ADES) : **procédure terminée pour un captage public**

Date dossier : Documentation : **procédure terminée pour un captage public**

Figure 4 : onglet "point d'eau"

Identifiant : 07002476	Nom : FORAGE BELIEURE	Bureau d'étude : Idées Eaux
Commune d'implantation : VIVIERS	UGE : CC DU RHONE GORGES ARDECHE	

Point d'eau	Géologie / Hydrogéologie	Mesures	Analyses	Gestion de l'Eau	Carte de localisation	Documentation	Evaluation
--------------------	---------------------------------	----------------	-----------------	-------------------------	------------------------------	----------------------	-------------------

Géologie

Série : **Crétacé inférieur** Commentaire : **Calcaires karstifiés de l'URGONIEN. Urgonien rencontré à 130 m de profondeur.**

Etage : **Barrémien**

Hydrogéologie

Type de perméabilité : **Fracturé** Nappe : **Urgonien**

Entité hydro BDLisa : **534 - Calcaires urgoniens du Gard et de l'Ardèche et calcaires j**

Détail BDLisa :

Entité hydro BDRHF : **548c**

Masse d'eau (2010) : **FRDG129 - Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Ba**

Masse d'eau (2015) : **FRDG161 - Calcaires urgoniens des garrigues du Gard et du Ba**

Commentaire : **Essai par pompage a donné : Perméabilité: K = 2.10 -3 m/s Transmissivité : T = 4.1 0-2m2/s Pas de débit critique atteint pour 76m3 durant 33/h Rayon d'action (méthode graphique) : = 400 m. au débit de 76 m3/h.**

Bassin d'alimentation

Superficie BA Critères géologiques : **60** Km² Fiabilité des limites : **2 - Moyen**

Calculé par bilan hydro : Km² Typologie : **Type 2**

Figure 5 : onglet "Géologie/Hydrogéologie"

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 1

Identifiant : 07002476 Nom : FORAGE BELIEURE Bureau d'étude : Idées Eaux
Commune d'implantation : VIVIERS UGE : CC DU RHONE GORGES ARDECHE

Point d'eau Géologie / Hydrogéologie Mesures Analyses Gestion de l'Eau Carte de localisation Documentation Evaluation

Prélèvements

Mode de Prélèvement :
Volume Prélévé : 195 700,00 m³/an
Prélèvement Moyen : 536,00 m³/jour
Prélèvement Pointe : m³/jour
Autorisation de prélèvement : 1 000,00 m³/jour
Population desservie : 2 425 habitants

Sources

Débit d'étiage : m³/heure Débit moyen mesuré : m³/jour
m³/jour

Forages

Profondeur : 125 Niveau statique : 21 m Date niveau : ####
Débit Critique : m³/heure Tubage Acier : m Cimentation : m
Débit d'exploitation : 230 m³/heure Tubage PVC : m Crépine : m

Redevance AERMC

FORAGE DE BELIEURE

Année	Volume prélevé	Usage
2012	195 700	AEP
2011	39 500	AEP
2010	0	AEP

Météorologie

Appareil de mesure	Date début	Date fin	Commentaire
*			

Pluviométrie Pluie efficace : mm

Commentaire

Figure 6 : "onglet "Mesures"

Identifiant : 07002476 Nom : FORAGE BELIEURE Bureau d'étude : Idées Eaux
Commune d'implantation : VIVIERS UGE : CC DU RHONE GORGES ARDECHE

Point d'eau Géologie / Hydrogéologie Mesures Analyses Gestion de l'Eau Carte de localisation Documentation Evaluation

Physico-Chimie

Paramètre	Moyen	Maxi	Mini	Norme AEP	Unité
Conductivité à 25°C	735,50	740,00	731,00	200 - 1000	µS/cm
pH	7,28	7,30	7,25	6,5 - 9	unité pH
Turbidité néphélométrique NFU	0,00	0,00	0,00	1	NFU
Dureté	40,95	41,00	40,90	30	°F
Carbone organique total	0,25	0,50	0,00	2	mg/l C
Ammonium (en NH4)	0,00	0,00	0,00	0,1	mg/l
Nitrites (en NO2)	0,00	0,00	0,00	0,5	mg/l
Nitrates (en NO3)	6,15	6,40	5,90	50	mg/l
Aluminium total	0,00	0,00	0,00	200	µg/l
Fer total	0,00	0,00	0,00	200	µg/l
Manganèse total	0,00	0,00	0,00	50	µg/l
Sulfates	38,50	39,00	38,00	250	mg/l
Chlorures	10,50	11,00	10,00	250	mg/l
Bore mg/L	0,03	0,04	0,03	1	mg/l
Potassium	1,25	1,30	1,20	12	mg/l
Sodium	6,35	6,40	6,30	200	mg/l
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	0,00	0,00	0,00	0,1	µg/l
Total des pesticides analysés	0,07	0,07	0,07	0,5	µg/l

Enr : 1 sur 18

☒ Toutes les analyses ☐ Eaux brutes ☐ Eaux distribuées

Bactériologie eau brute

	Nb analyses	Mini	Maxi
Escherichia coli	0	0	0
Entérocoques	3	0	0
Coliformes	0		

Traitement

Traitement
*

Interprétation

Afficher le graphique des principaux éléments
Afficher l'ensemble des chroniques

Commentaire

Figure 7 : onglet "Analyses"

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 1

Identifiant : **07002476** Nom : **FORAGE BELIEURE** Bureau d'étude : **Idées Eaux**
Commune d'implantation : **VIVIERS** UGE : **CC DU RHONE GORGES ARDECHE**

Point d'eau Géologie / Hydrogéologie Mesures Analyses **Gestion de l'Eau** Carte de localisation Documentation Evaluation

Identifiant : **070216** Nom : **CC DU RHONE GORGES ARDECHE** Bureau d'étude : **Idées Eaux**

UGE Interconnexion Communes

Département : **07** Bureau d'études : **Idées Eaux**

Nom : **CC DU RHONE GORGES ARDECHE**

Code UGE : **070216** Type UGE : **Communauté de Communes**

Commune d'implantation : **VIVIERS**

Commentaire :

Nombre de captages : **8**

Nombre de communes desservies : **10**

Population totale 2012 : **19 917**

Figure 8 : onglet "Gestion de l'eau"

Identifiant : **07002476** Nom : **FORAGE BELIEURE** Bureau d'étude : **Idées Eaux**
Commune d'implantation : **VIVIERS** UGE : **CC DU RHONE GORGES ARDECHE**

Point d'eau **Géologie / Hydrogéologie** Mesures Analyses **Gestion de l'Eau** **Carte de localisation** Documentation Evaluation

Carte de localisation

Photo

Fichier : **Carte\Forage Belleure.jpg**

Fichier : **Photo\Forage Belleure.jpg**

Figure 9 : onglet "Localisation"

Identifiant : 07002476	Nom : FORAGE BELIEURE	Bureau d'étude : Idées Eaux
Commune d'implantation : VIVIERS	UGE : CC DU RHONE GORGES ARDECHE	

Point d'eau	Géologie / Hydrogéol	Mesures	Analyses	Gestion de l'Eau	Carte de localisation	Documentation	Evaluation
-------------	----------------------	---------	----------	------------------	-----------------------	---------------	------------

Nom du fichier		Légende	
▶	G_FAURE_2001_CR tramage Forage Belleure_IDO.pdf		
	J_G_Esquisse piezometrique_IDO.JPG		
	U_CUCHE_2005_RH forage Belleure à VIVIERS_ARS.pdf		
*			

Figure 10 : onglet "Documentation"

3.2. Contenu de la base de données

Le travail de recensement des points d'eau, phénomènes karstiques et sondages tels que définies précédemment a été effectué suivant les limites communales, sur un périmètre défini, dès l'entame de l'étude, avec le syndicat Ardèche-Claire. Ce périmètre comprend 90 communes (Figure 11). Ce périmètre est principalement calé sur les contours des trois masses d'eau stratégiques de l'étude et pour parties au-delà du périmètre du SAGE Ardèche (communes de Viviers, St-Montan, Larnas...).

L'état de certaines informations recueillies pour les points d'eau (exemple : volumes prélevés) correspond à l'année la plus récente disponible, c'est-à-dire l'année 2012.

La base de données comporte ainsi **2251 « points d'eau », « phénomènes karstiques » et « sondages » dont 788 « points d'eau »** renseignés (Figure 12, Figure 13 et Figure 14). Parmi ces 788 points d'eau, **451** sont implantés dans l'Urgonien, le Jurassique ou le Trias.

Les ensembles de points d'eau identifiés sont les suivants :

70 points d'eau sont des captages AEP karstiques ou triasiques :

27 points d'eau sont des captages AEP « karstiques » exploités (majoritairement des sources (55,5%)).

19 points d'eau sont des captages AEP qui exploitent le Trias (près de 58% de sources) ;

24 points d'eau sont des captages AEP karstiques ou triasiques abandonnés (8 captages karstiques et 16 captages dans le Trias) pour des raisons diverses : mauvaise qualité des eaux (turbidité, fer...), rationalisation de l'exploitation du réseau, captage non protégeable, débit trop faible... ;

Sur les 120 points d'eau karstiques ou triasiques non utilisés pour l'AEP :

- **117 sont destinées à un autre usage** (domestique (55,5 %), agriculture (40 %) et industrie (4,3 %)). C'est pourquoi ils ne sont pas intégrés dans le tri des points d'eau qui vise à identifier les captages structurants et les points d'eau remarquables. Cependant, les informations qu'ils apportent (notamment en terme de débit ou de volume prélevé) serviront pour l'identification des futures zones de sauvegarde.
- **3 points d'eau karstiques et triasiques sont des points d'eau qui ne sont pas captés ou qui sont abandonnés**, il s'agit de tous les autres forages/puits/sources répertoriés sur le secteur et inventoriés à partir de la base de données complétée des informations bibliographiques et des informations récupérées à l'occasion des visites de terrain. Celles-ci sont plus ou moins bien renseignées (notamment sur les données de débit) selon leur productivité et leur intérêt géologique et spéléologique.

261 points d'eau karstiques ou triasiques ont un usage inconnu.

5 points d'eau sont des captages AEP qui présentent une alimentation mixte par le karst et une ressource superficielle. Ces ouvrages mixtes sont les deux forages de Gerbail (St-Alban-Auriolles) dont l'alimentation principale correspond aux pertes du Chassezac à Maisonneuve, le captage de Cheyron (Aubenas) alimenté en partie par des pertes de l'Ardèche, le forage Ripotier (Aubenas), et l'un des deux puits du Port (Vallon-Pont-d'Arc). Ces points d'eau ont été intégrés au tri.

Type		Urgonien	Jurassique	Trias	Mixte	Autre	Total	
Captages AEP	Sources	7	8	11	1	67	94	174
	Forages	10	1	8	2	11	32	
	Puits	1	0	0	1	41	43	
	Prise d'eau	0	0	0	0	5	5	
Points d'eau à usage non AEP ou usage non défini	Sources	112	114	65	5	63	359	572
	Forages	45	6	30	0	58	139	
	Puits	3	3	1	1	27	35	
	Prise d'eau	1	0	1	0	37	39	
Captages AEP abandonnés	Sources	3	1	8	0	10	22	42
	Forages	2	0	6	1	1	10	
	Puits	2	0	2	0	5	9	
	Prise d'eau	0	0	0	0	1	1	
Total		186	133	132	11	326	788	

Tableau 3 : récapitulatif du nombre et type de points d'eau dans la zone d'étude - source informations 2012

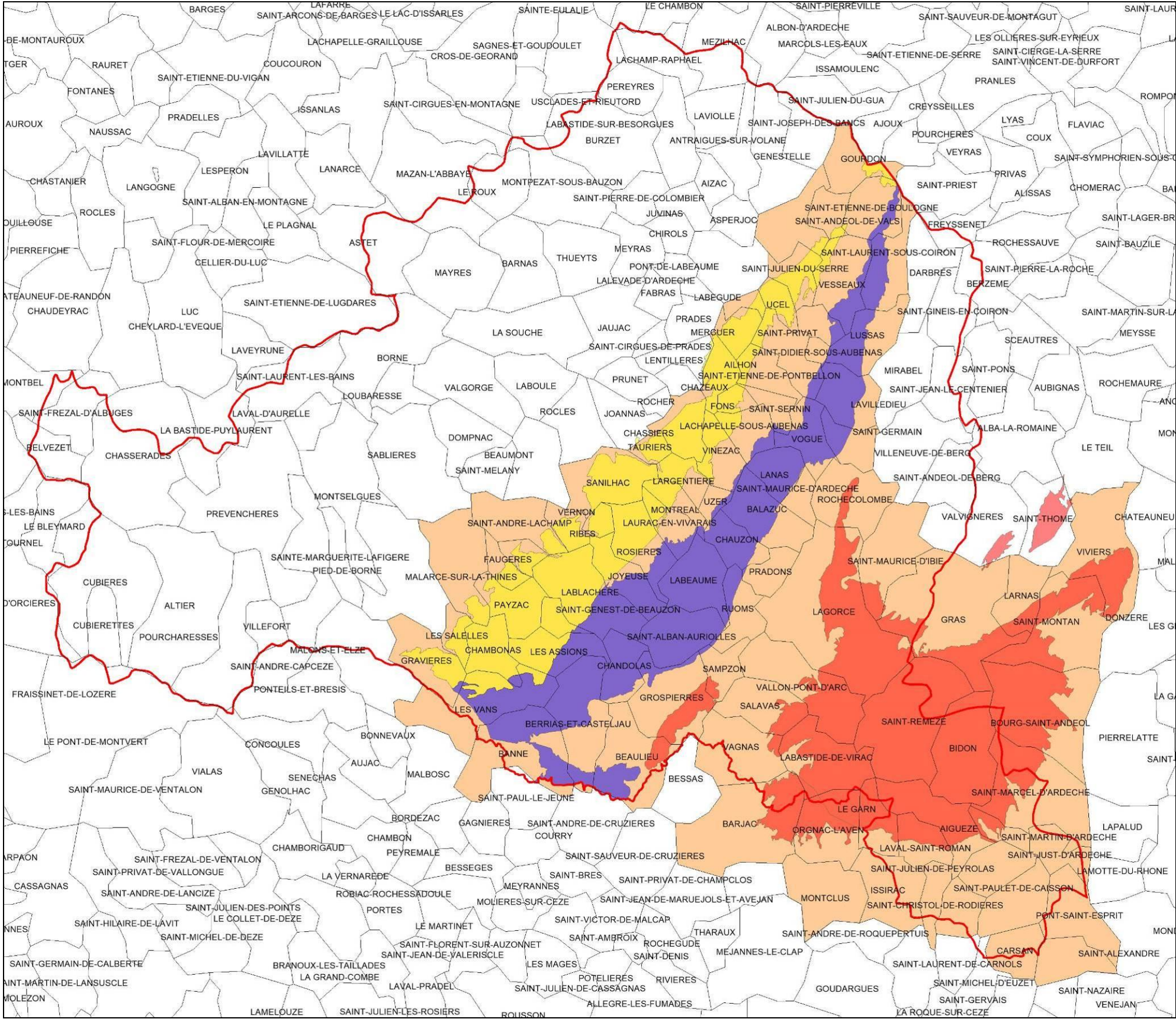


Figure 11 : communes concernées par le recensement

Légende

- AEP exploités
- AEP abandonnés
- Autres usages
- Cours d'eau majeurs
- Urgonien
- Jurassique
- Trias

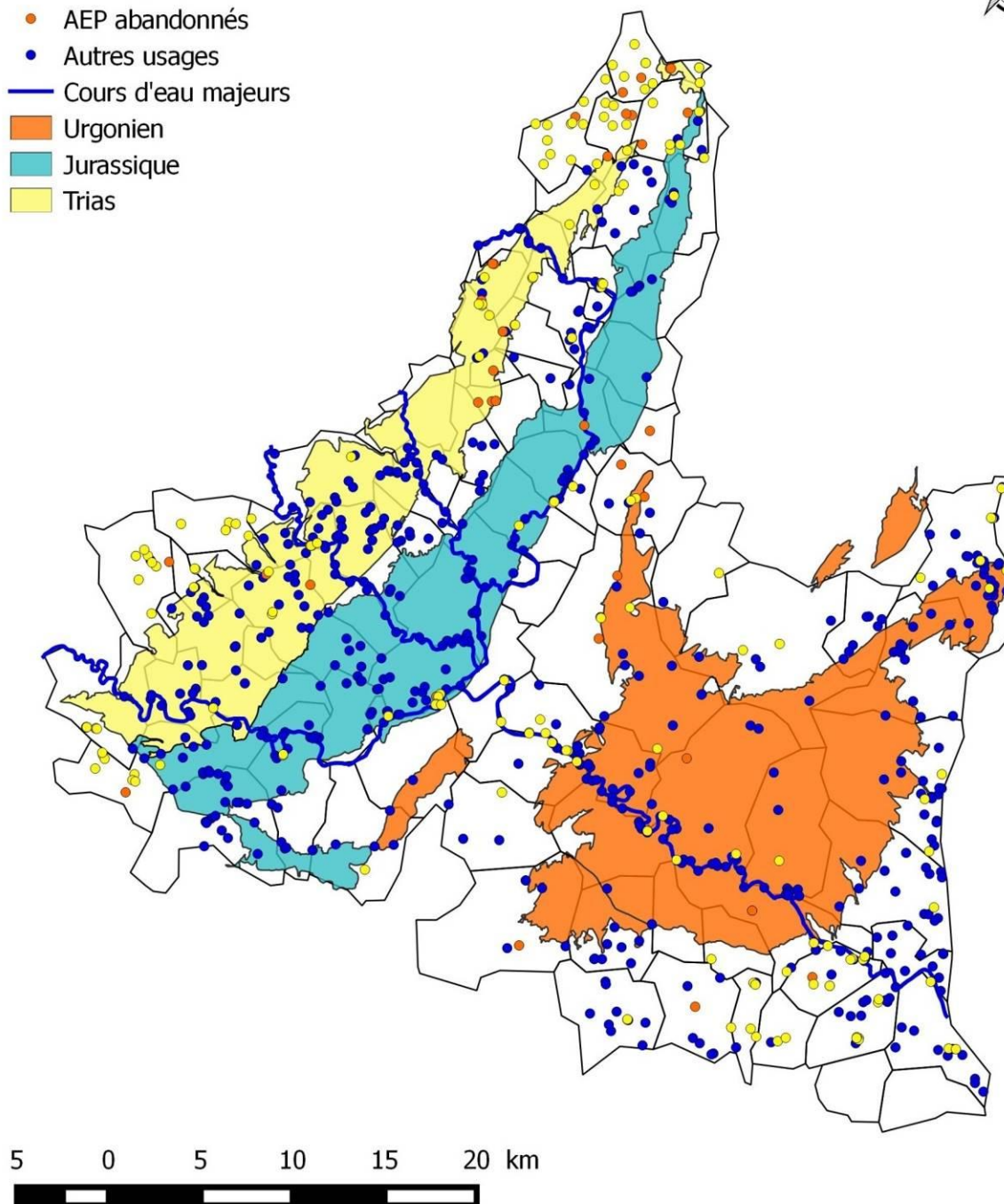


Figure 12 : répartition géographique des points d'eau - tout aquifère confondu - identifiés sur la zone d'étude

Légende

- AEP exploités
- AEP abandonnés
- Autres usages
- Cours d'eau majeurs
- Urgonien
- Jurassique
- Trias

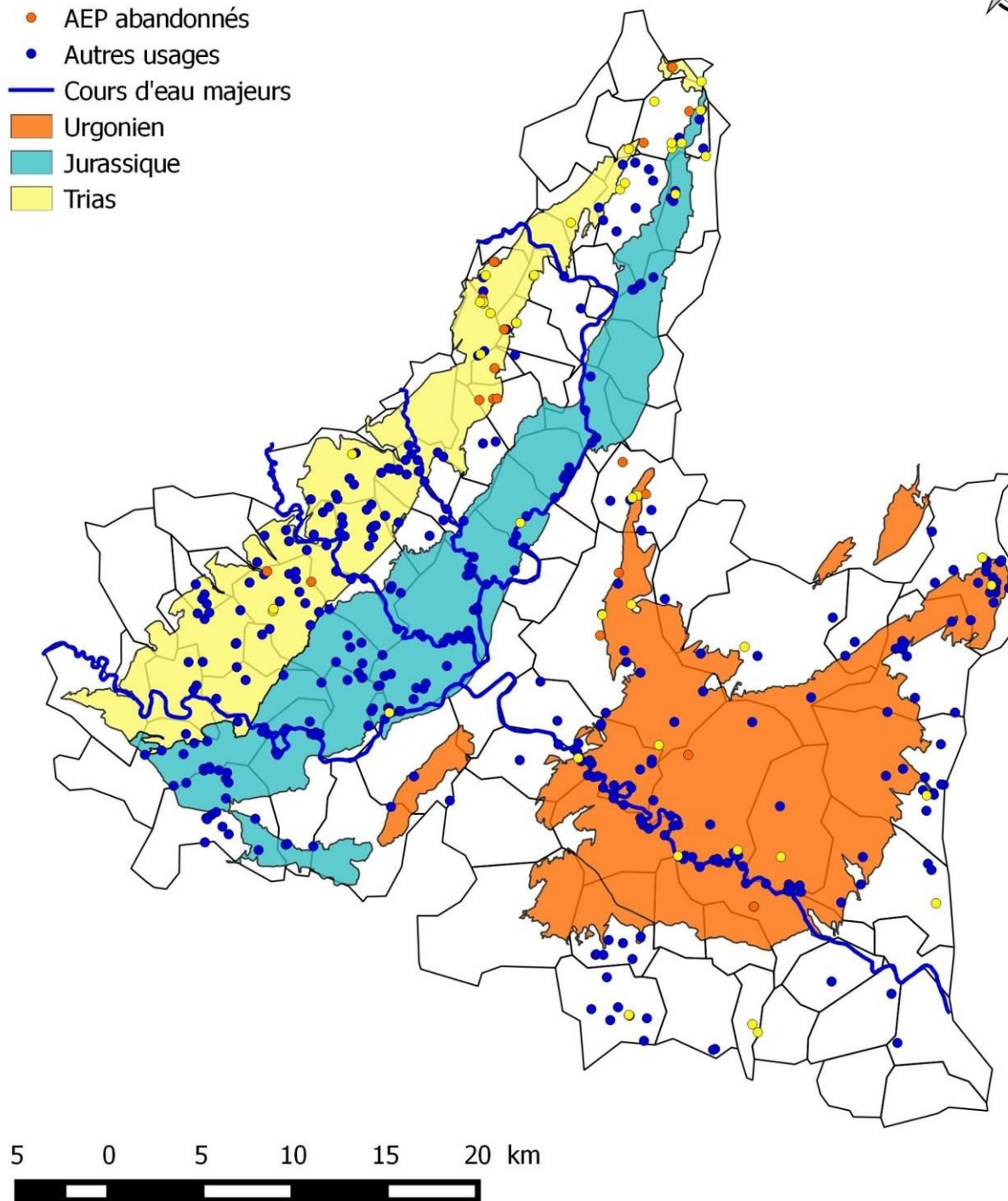


Figure 13 : répartition géographique des points d'eau concernés par les trois masses d'eau de l'étude

Légende

- Sources
- Aven
- Cavité
- Grotte
- Perte
- Cours d'eau majeurs
- Urgonien
- Jurassique
- Trias

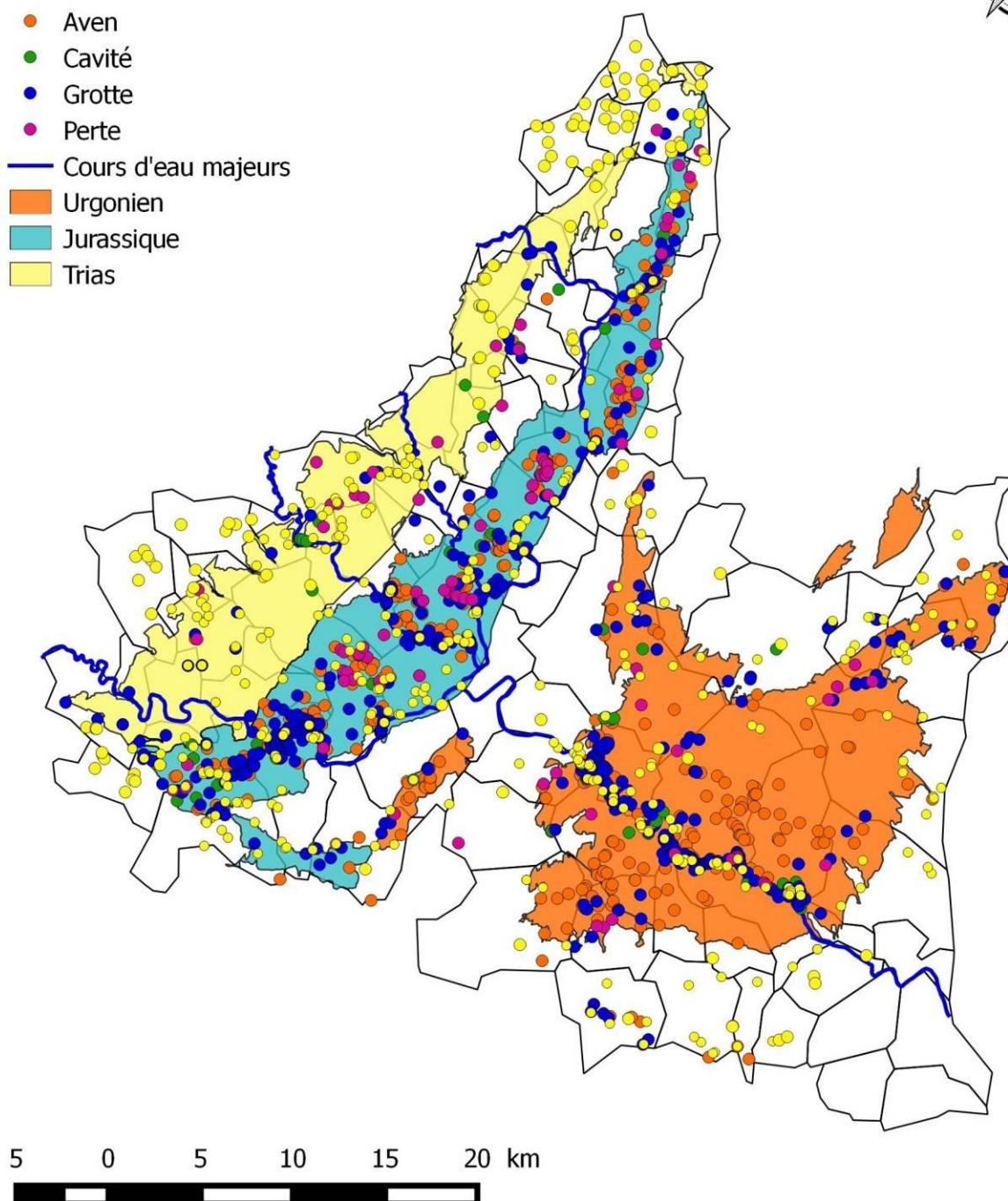


Figure 14 : répartition des phénomènes et sources karstiques et triasiques sur le secteur d'étude

3.3. Synthèse statistique

3.3.1. Les données fondamentales

La base de données est renseignée, d'une part, à partir des données existantes et disponibles dans les différents documents bibliographiques qui ont été consultés, et d'autre part, grâce aux informations complémentaires recueillies ou mesurées sur le terrain. Plusieurs informations sont essentielles pour connaître l'importance d'un point d'eau et par ordre d'importance :

- **Le débit d'étiage pour les sources.** Il s'agit de la valeur de « débit mesuré » la plus faible qui soit disponible. Cette valeur est importante pour évaluer la ressource disponible au droit d'un captage et doit être comparée aux besoins de la collectivité. La qualité de la mesure du débit d'étiage, lorsqu'elle existe, est très hétérogène. C'est le plus souvent une mesure ponctuelle, dont la représentativité est médiocre. Il s'agit alors d'un « ordre de grandeur » du débit d'étiage difficilement corrélable d'un point à un autre du fait de mesures non synchrones.
- **Le débit critique pour les forages.** Il s'agit du débit limite exploitable dans un forage déterminé par des pompages d'essai.
- **Le débit d'exploitation pour les forages.** Pour les points d'eau, de type « forage », qui ne présentent pas de débit critique, il s'agit du débit exploité par un forage (correspondant au débit de la pompe immergée en place), débit normalement déterminé par des pompages d'essai.
- **Le débit moyen mesuré,** qui ne peut être renseigné qu'à la condition de disposer d'une chronique des débits sur au moins un cycle hydrologique (1 année), l'idéal étant de posséder 5 années d'enregistrement du débit. Cette valeur est importante car elle permet de calculer la surface du bassin versant (BV) de la source par le calcul du bilan hydrologique ($\text{Surface BV} = \text{Débit moyen annuel} / \text{pluie efficace annuelle (lame d'eau infiltrée dans le sol)}$). A noter que l'existence de pertes partielles de cours d'eau dans le bassin d'alimentation d'une source, pertes qui ne se retrouveraient pas à l'exutoire, ne permet pas le calcul du bilan hydrologique puisqu'une proportion non connue de débit s'écoule en dehors de l'exutoire. Notre BDD comprend dans cette rubrique une moyenne de quelques valeurs mesurées ponctuellement afin de disposer d'un ordre de grandeur du débit du point d'eau.
- **La surface du bassin d'alimentation du captage ou de la source ;** Elle a été définie et mesurée soit à partir de délimitations existantes dans la bibliographie, soit par nos soins à partir des données de débits, de tracés éventuels et des cartes topographiques et géologiques. La fiabilité de la délimitation a été évaluée en fonction des données de terrain disponibles. La connaissance du bassin d'alimentation est essentielle pour maîtriser la vulnérabilité et la qualité des eaux du captage ou de la source. Malheureusement, les forages et sources de l'étude n'ont pas fait l'objet d'études assez précises pour nous permettre de délimiter les aires

d'alimentation. Les limites proposées correspondent le plus souvent aux périmètres de protection rapprochée ou éloignée qui ont été définis par les hydrogéologues agréés.

Un indice de fiabilité a été attribué à chaque bassin d'alimentation des points d'eau karstiques et triasiques. Cet indice dépend de l'existence d'un bilan hydrologique, de traçages en nombre suffisant, de limites géologiques et topographiques plus ou moins faciles à interpréter. Nous avons utilisé la notation suivante :

0_inconnu : le bassin d'alimentation ne peut pas être déterminé car il y a un doute sur l'origine de l'eau. C'est le cas lorsque la documentation est très insuffisante où que les observations de terrain ne permettent pas de rattacher l'émergence ou le captage à la géologie.

1_excellent : le nombre et la qualité des informations sont très bons ; il existe un bilan hydrologique (surface du BAC connue) et des traçages permettent de tester toutes les limites liées aux structures géologiques (plissements, failles...) et topographiques.

2_moyen : absence de bilan hydrologique (surface du bassin d'alimentation inconnue), existence de traçages mais en nombre insuffisant pour tester toutes les limites, la délimitation repose en partie sur des interprétations de la géologie et de la topographie.

3_médiocre : absence de bilan hydrologique, absence de traçages ou traçages peu nombreux ou qui intéressent d'autres sources limitrophes. La délimitation repose alors principalement sur des interprétations de la géologie et de la topographie.

Aucun des bassins d'alimentation de captage n'est déterminé avec certitude.

L'incertitude sur la délimitation des bassins d'alimentation de captage a des répercussions sur la connaissance des volumes de la ressource et sur sa vulnérabilité qui est liée aux caractéristiques du bassin d'alimentation.

3.3.2. Taux de renseignement de la base de données sur l'information "Débit"

Les figures suivantes présentent le taux de renseignement de la base de données sur l'information « Débit » essentielle pour l'évaluation du potentiel quantitatif des unités karstiques.

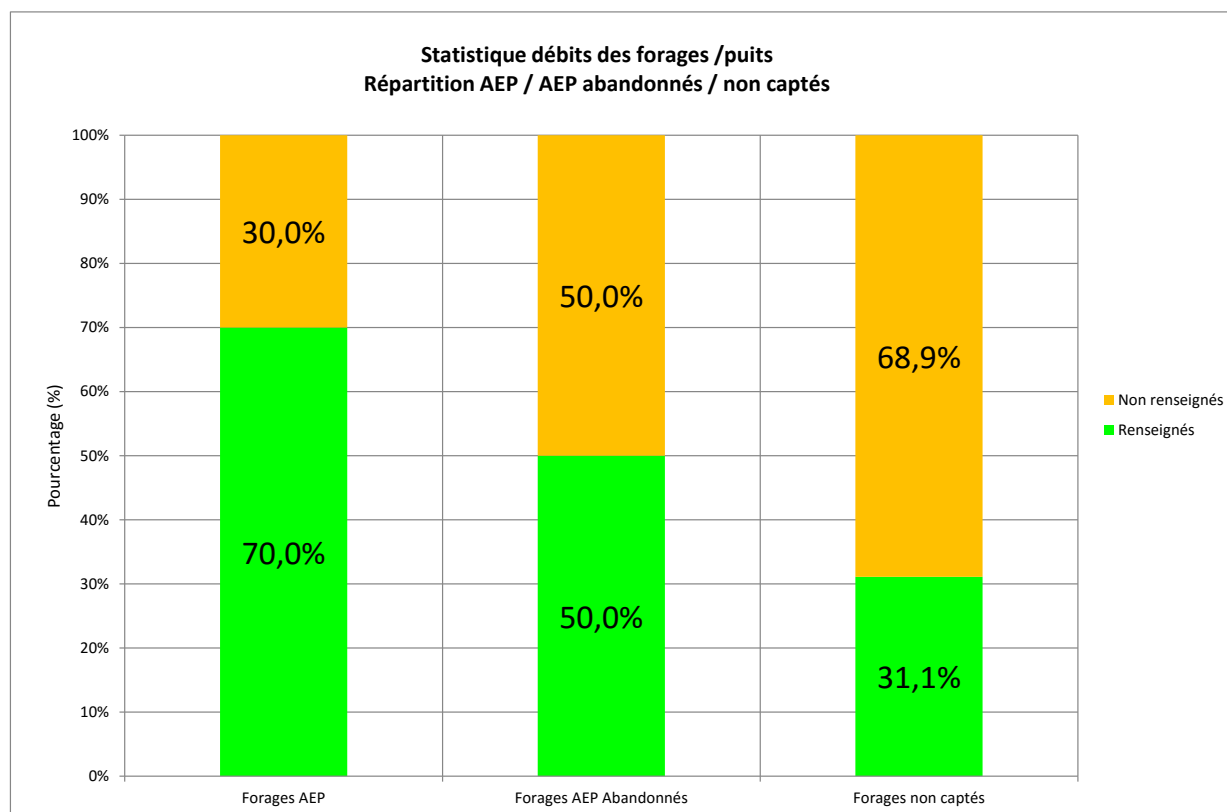
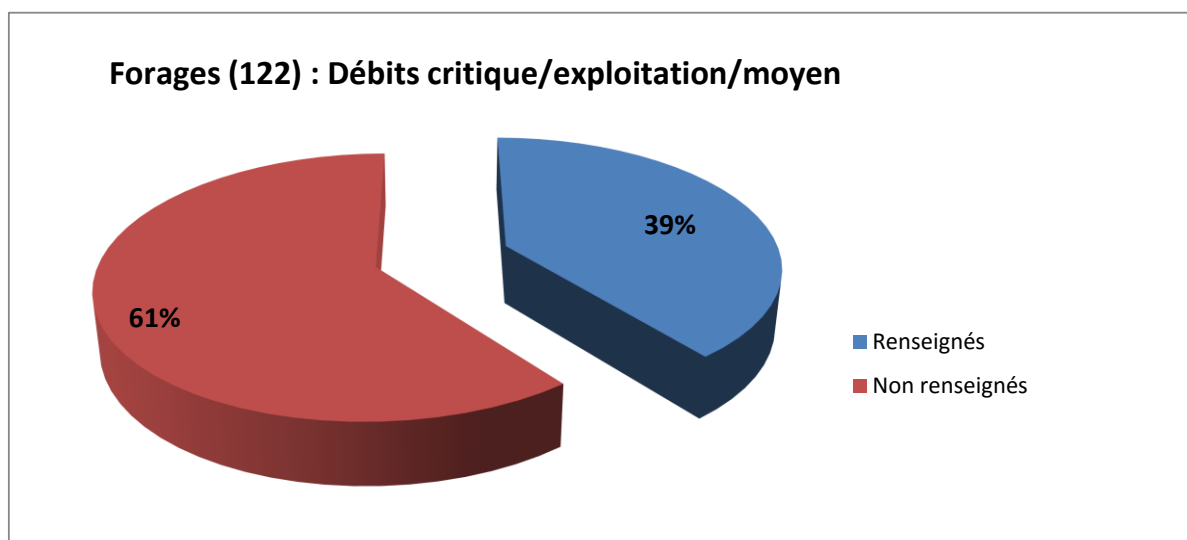


Figure 15 : taux de renseignement des paramètres débits des forages karstiques et triasiques

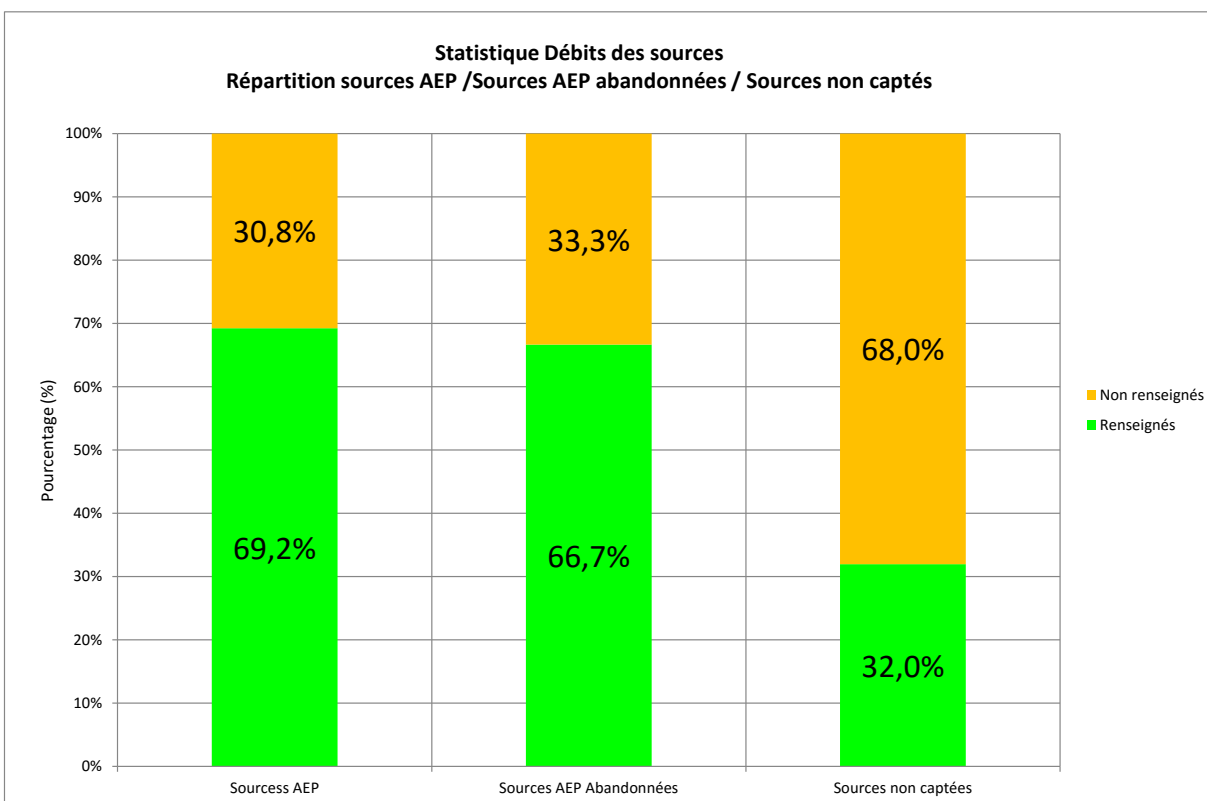
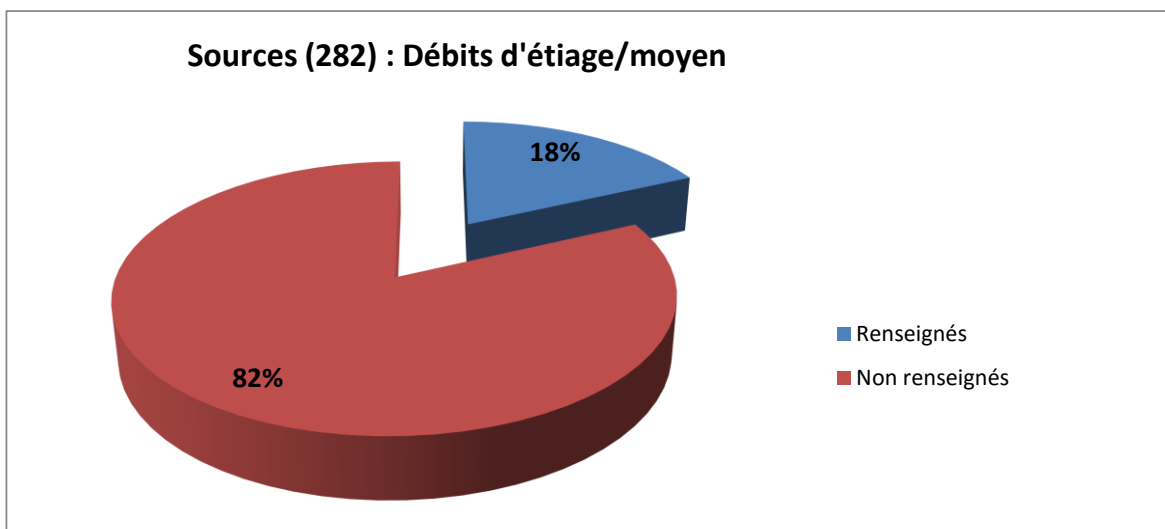


Figure 16 : taux de renseignement des paramètres débits des sources karstiques et triasiques

L'information concernant le débit des forages et des sources captées est majoritairement bien renseignée pour les captages AEP, qu'ils soient exploités ou abandonnés. En revanche, il y a un manque crucial de données sur les débits en ce qui concerne les points d'eau non captés.

IV- CARACTERISATION DES UNITES AQUIFERES

Ce chapitre fournit d'abord les éléments fondamentaux pour la compréhension du fonctionnement des domaines hydrogéologiques étudiés, à savoir le domaine karstique et le domaine triasique,. Il caractérise ensuite, de manière détaillée, chaque unité aquifère présente sur le secteur d'étude. Il s'agit de la première étape de sectorisation des futures zones de sauvegarde.

1- LE DOMAINE KARSTIQUE

Si les aquifères karstiques présentent fréquemment des potentialités importantes en terme de ressources en eau, cette ressource est souvent sous exploitée du fait de la difficulté à la mobiliser sans connaissance de la géométrie des drains, de la localisation des réservoirs et des volumes stockés ainsi que des impacts potentiels sur les débits aux exutoires. Ces aquifères présentent un double intérêt, d'une part, comme contributeurs important au débit des cours d'eau, et d'autre part, comme ressource principale complémentaire ou alternative pour la satisfaction des différents usages.

1.1. Définition du karst

La karstification est un processus d'altération chimique et d'érosion mécanique (abrasion) qui permet la formation de vides karstiques connectés et hiérarchisés constituant une unité de drainage karstique au sein de la roche originelle. Le terme de « karst » est issu d'une région de Slovénie, typique du paysage karstique.

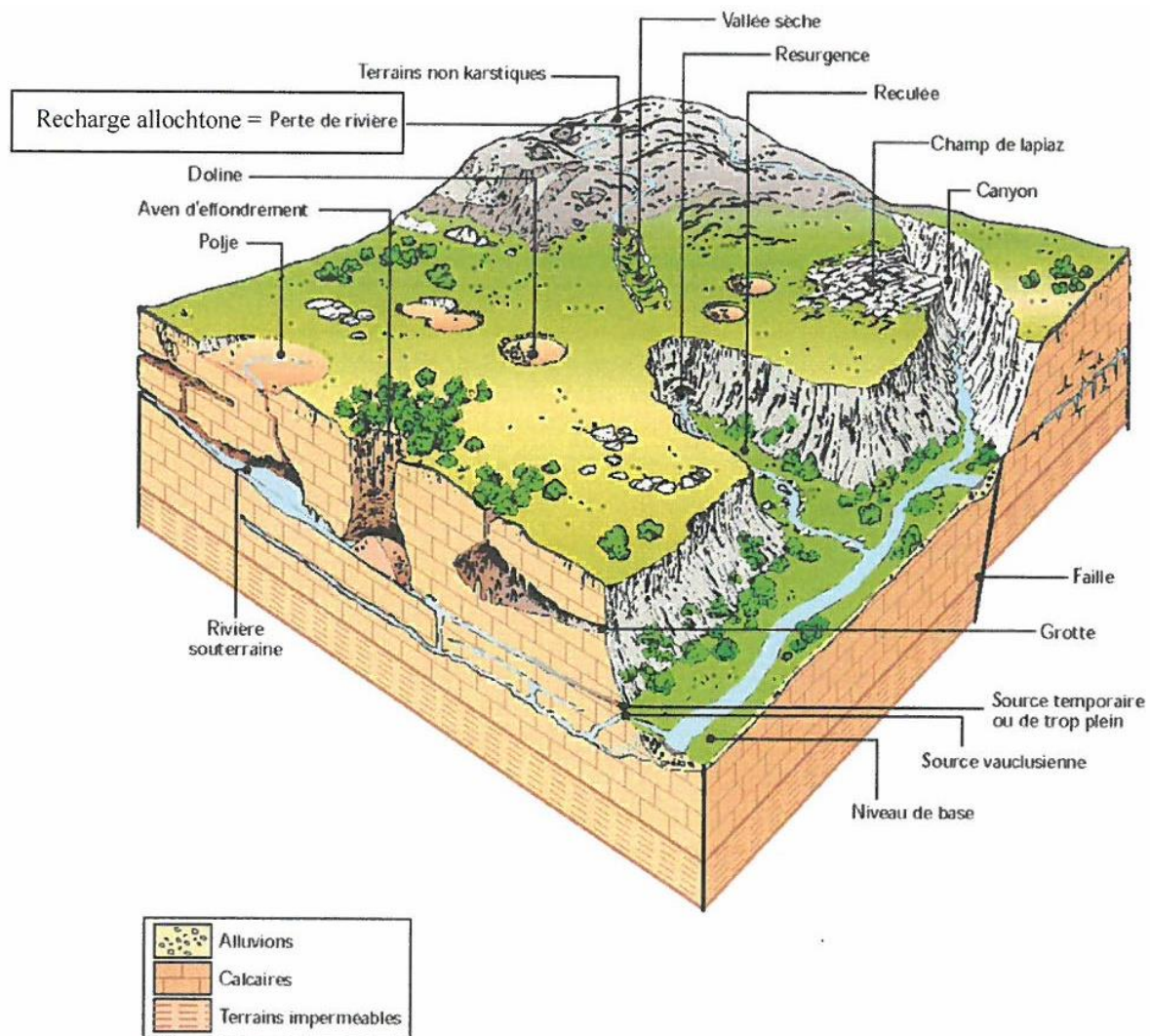
Les roches concernées sont celles qui pourront être dissoutes directement par l'eau de pluie et surtout celles qui peuvent être dissoutes par l'eau infiltrée à travers le sol, ce qui regroupe l'ensemble des formations carbonatées (calcaires et dolomies). En effet, l'activité biologique au niveau du sol joue un rôle fondamental en augmentant la pression partielle de CO_2 du milieu ; l'eau infiltrée va alors s'équilibrer avec ce milieu et s'enrichir en CO_2 ce qui lui confère un caractère acide qui favorise la dissolution des carbonates. Ces eaux infiltrées sont dites agressives vis-à-vis de la calcite compte tenu de leur fort pouvoir de dissolution. Néanmoins, la très faible minéralisation de l'eau de pluie qui s'équilibre avec la pression partielle de CO_2 de l'atmosphère peut aussi présenter un pouvoir de dissolution élevé ; c'est le cas des eaux de ruissellement direct sur un terrain non karstique qui atteignent plus en aval un aquifère karstique.

De plus, l'oxydation de la matière organique qui est amenée en quantité importante par les pertes de rivière produit du CO_2 et favorise d'autant plus la dissolution de la calcite et le développement des réseaux de drainage karstique. Dans le cas d'une perte en rivière, le flux d'éléments dissous sera donc lié au débit de la rivière qui atteint le karst.

1.2. Les formes du relief karstique

La première caractéristique des paysages karstiques est l'absence d'écoulements de surface. La surface des plateaux est parsemée de reliefs originaux, sous forme d'affleurements de calcaires nus creusés de cannelures (lapiatz), de dépressions fermées de petite ou moyenne taille (dolines) ou plus vastes (poljés), de puits (avens, gouffres) ouverts sur le réseau karstique profond, de vallées sèches et canyons (Figure 17)...

Le sous-sol est creusé d'un réseau souterrain formé de salles, de puits, de galeries plus ou moins étroites, développés dans les zones les plus fracturées du massif calcaire et s'ouvrant en surface par des grottes (ou Baume) ou des événements depuis lesquels émergent les sources karstiques.



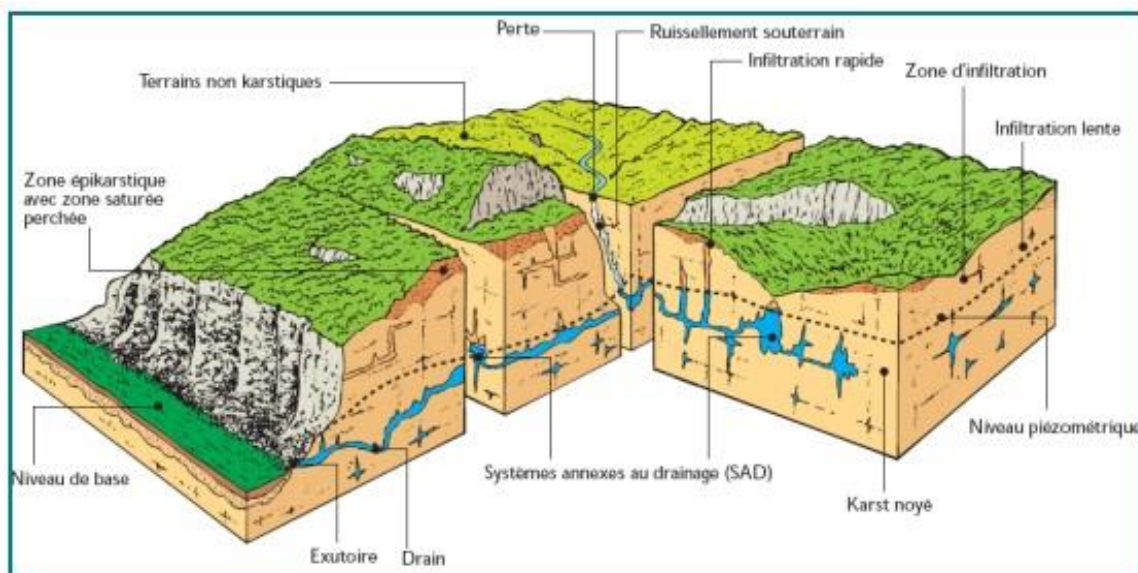


Figure 17 : représentation schématique d'un aquifère karstique souterrain (AERMC - 1999 et AERMC - 1999 d'après MANGIN - 1975)

1.3. Les circulations souterraines et le développement du réseau karstique

La circulation de l'eau au niveau des discontinuités préexistantes de la roche encaissante (micro fissure, fracture, joint de stratification), et dans certains cas à travers la porosité originelle de la roche (calcaire bioclastique, certaines craies), entraîne, par un élargissement progressif, le développement du réseau de drainage karstique, ce qui en retour favorise la circulation de l'eau. La genèse des réseaux de drainage karstique est donc un processus décrivant une boucle de rétroaction positive, ce qui est à l'origine de la hiérarchisation du réseau et de son adaptation rapide aux changements des conditions limites qui contrôlent les écoulements. Cette organisation du drainage confère aux aquifère karstique un comportement hydrodynamique spécifique.

L'énergie disponible pour l'écoulement et la karstification qui en dépend est matérialisée par le gradient hydraulique. Il est lié à la différence d'altitude entre la surface où s'effectue la recharge et la condition limite de décharge, appelée niveau de base, matérialisé par la position de l'exutoire karstique qui s'adaptent très rapidement aux nouvelles conditions d'écoulement. La position relative du niveau de base par rapport à la zone de recharge est donc un élément majeur qui explique le processus de karstification. Ce rééquilibrage rapide permet d'expliquer le développement étagé des réseaux karstiques qui enregistrent les évolutions relatives passées du niveau de base, notamment en zone de montagne suite à l'enfoncement des cours d'eau et aux mouvements relatifs des masses rocheuses (mouvements tectoniques), mais aussi dans le bassin Méditerranéen en raison de fortes variations

eustatiques (crise Messinienne, périodes glaciaires du Quaternaire) qui ont contrôlé l'enfoncement des cours d'eau puis le comblement des vallées, à l'image de la vallée du Rhône [3, 4].

La karstification dépend aussi du faciès chimique de l'eau qui est véhiculée, et en particulier de son pouvoir de dissolution. Celui-ci diminue au fur et à mesure que l'eau s'éloigne de la zone de recharge et que l'eau s'équilibre avec la calcite.

La combinaison du pouvoir de dissolution, du degré de fracturation, de la structure tectonique préexistante et du gradient hydraulique définit le potentiel de karstification du système étudié. L'évolution spatiale et temporelle de ce potentiel permet de comprendre la genèse du réseau karstique, notamment sous le niveau de l'exutoire. Si l'on considère que ce potentiel est constant, alors les grands vides karstiques seront situés soit en un point qui favorise l'altération chimique, soit en un point qui favorise l'altération mécanique. L'altération chimique, sous réserve qu'il existe une circulation d'eau, est favorisée à proximité de la surface où elle est associée à une décompression des roches et à des facteurs climatiques favorisant l'érosion de la partie supérieure de l'aquifère. L'érosion mécanique est favorisée lorsque la vitesse des écoulements devient importante, ce qui s'observe dans les drains principaux plus on se rapproche de l'exutoire[5].

L'ensemble des processus de décompression et d'altération à la surface d'un karst au contact de l'atmosphère se traduit par une zone plus perméable pouvant atteindre quelques dizaines de mètres sous la surface du sol : l'épikarst.

1.4. Typologie du karst

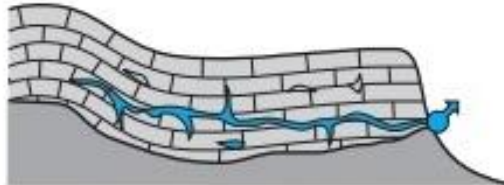
Les systèmes karstiques jurassiens ou vauclusiens caractérisent 2 types de développement du réseau karstique (Figure 18), qui dépendent de la géologie locale (lithologie, fracturation).

Le conduit principal aboutissant à la source peut être disposé de deux façons différentes :

- Le drain principal est situé à la partie supérieure de la zone noyée (source jurassique ou aquifère à drainage épiphréatique) ; l'écoulement peut y être localement libre, donc sans continuité hydraulique de l'aval vers l'amont dans la zone noyée. Un pompage dans le drain ne permet pas un rabattement sous son niveau ; son débit est alors limité par le débit naturel. Un pompage dans un système annexe au drainage peut autoriser un rabattement suffisant pour détourner l'écoulement du drain et pour solliciter une petite partie de la réserve. Le système annexe au drainage est alors utilisé en réserve tampon.
- Le drain principal est situé plus ou moins profondément dans la zone noyée (source vauclusienne ou aquifère karstique phréatique profond) ; l'écoulement dans le drain est « captif ». Il constitue une continuité hydraulique de l'aval vers l'amont, ce qui autorise des rabattements sous le niveau de base, sollicitant, sinon l'ensemble, du moins une grande partie des réserves de la zone noyée. Il est alors possible d'extraire des débits supérieurs aux débits

naturels de la source : l'aquifère peut être surexploité temporairement, en fonction de ses ressources et de sa capacité de stockage.

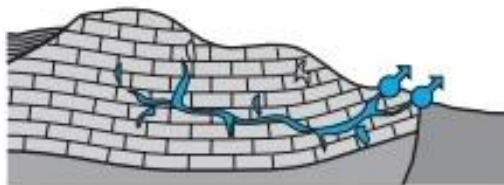
Sur notre secteur d'étude, les 2 types de systèmes sont représentés avec une prépondérance du système vauclusien.



Système jurassien

Degré de fracturation, lithologie, et stratification déterminent une faible résistance à l'écoulement des eaux.

Le drainage s'organise au voisinage du niveau de l'exutoire.



Système vauclusien

Degré de fracturation, lithologie, et stratification déterminent une forte résistance à l'écoulement des eaux.

Le drainage s'organise sous le niveau de l'exutoire.

Figure 18 : systèmes karstiques jurassien et vauclusien (adapté d'après MARSAUD - 1996)

1.5. Les zones du karst

Le karst est composé de 4 zones qui sont du haut vers le bas:

- **L'épikarst** qui concentre et stocke une partie des infiltrations depuis la surface.
- **La zone d'infiltration composée de :**
 - **La zone vadose** (non saturée) qui transfère les écoulements vers la zone noyée ou le soubassement imperméable (aquiclude). La circulation s'y fait verticalement.
 - **La zone épinoyée** qui est la zone de battement de la nappe (variation du niveau de la nappe entre les périodes d'étiage et de crue).
- **La zone noyée** (saturée) qui se développe principalement à l'aval. Elle s'organise autour d'un axe de drainage ou d'un réseau de conduits karstiques en relation avec la roche encaissante, fissurée et pouvant comprendre des vides de grande taille organisés en ensembles individualisés appelés systèmes annexes au drainage (Mangin).

Le modèle conceptuel présenté ci-après (Figure 19) montre principalement l'existence d'une zone non saturée (vadose) où les écoulements se font verticalement, et d'une zone saturée (ou zone noyée) où les écoulements se font horizontalement. Ce qu'il faut retenir de ce schéma, c'est qu'une partie de l'eau d'infiltration circule rapidement par un système de fractures et de conduits suffisamment larges (quelques jours), mais qu'une autre partie circule lentement par un système de fines fissures (quelques semaines ou mois). C'est ce retard à l'infiltration qui assure la pérennité des débits aux sources karstiques.

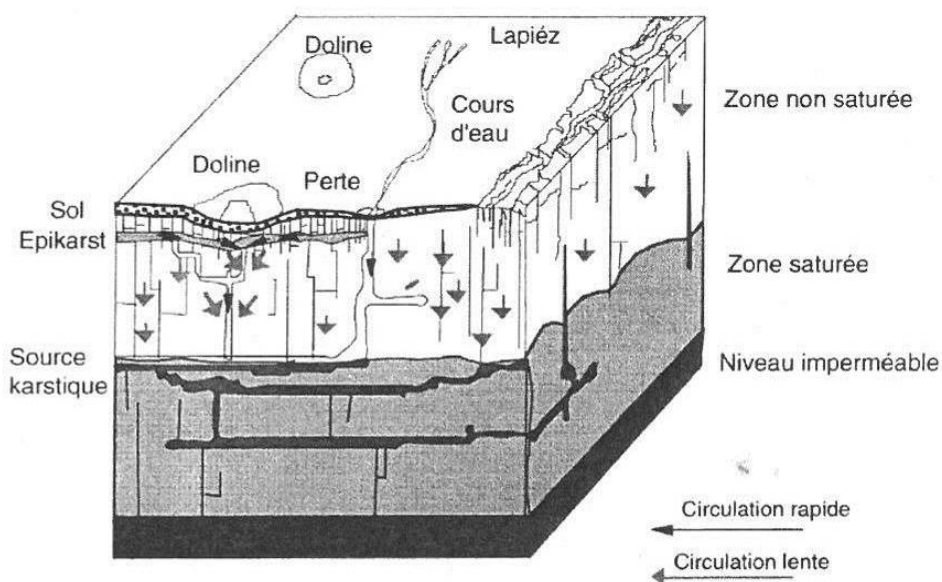


Figure 19 : bloc diagramme d'un modèle conceptuel du karst (d'après DOERFLIGER et ZWAHLEN – 1995)

1.6. Spéléogénèse

Les modèles d'organisation verticale des réseaux karstiques sont classés suivant leur position à l'intérieur du massif calcaire (Figure 20 - Philippe AUDRA – Grottes et karsts de France – Mémoire karstologia – 2010) :

Les réseaux juvéniles : une dépendance temporelle. La surrection des massifs calcaires puis le décapage des couvertures imperméables exposent l'aquifère fissuré qui commence à se karstifier. Initialement, la surface piézométrique présente un fort gradient donnant un réseau incliné au profil tendu. Le conduit initial, souvent préservé en plafond, se forme en régime noyé, puis s'élargit par surcreusement torrentiel en petits puits, méandre et canyons. Le réseau juvénile correspond à la phase initiale de la plupart des gouffres.

Le réseau perché : la contrainte géologique. Quand le toit du soubassement imperméable se trouve au-dessus du niveau de base, l'aquifère est perché, sans zone noyée notable. L'eau traverse

verticalement le calcaire en puits et méandres, elle est collectée dans un drain au contact de l'aquiclude, puis émerge au milieu du versant, souvent au fond d'une reculée karstique, on parle dans ce cas d'émergence jurassienne. L'érosion mécanique peut agrandir rapidement la section du drain pour la transformer en une vaste galerie ébouleuse.

Le réseau dépendant du niveau de base. Lorsque l'aquifère se prolonge sous le niveau de base, le karst est barré à l'aval par un écran imperméable. L'émergence se situe au niveau de base, elle détermine la position de la surface piézométrique dans le massif. Le drain collecteur s'établit au toit de la zone noyée, selon le cheminement le plus court minimisant les pertes de charge.

Le réseau de la zone épinoyée dit en montagnes russes : une recharge irrégulière. Lors des crues, l'eau ennoie les tubes en montagnes russes. La montée de l'eau peut activer des émergences de trop-pleins. En phase de décrue et à l'étiage, les tubes se dénoient et l'eau circule par de petits conduits en zone noyée. La hauteur des boucles dépend de l'ampleur verticale de la zone épinoyée, donc de l'importance des mises en charge, et finalement de la brutalité des crues.

Les drains de surface piézométrique : une recharge régulée. Au contraire, lorsque les crues sont peu importantes, l'eau s'écoule régulièrement au toit de la zone noyée, où se développe un drain très proche de la surface piézométrique : la galerie est partiellement inondée en longs bassins, la pente est faible, les crues peu marquées. Le régime d'écoulement est régulé par le filtre des couvertures semi-perméables (rôle de tampon) qui étalent dans le temps le transfert (infiltration lente des eaux de pluies). Dans un karst dépendant du niveau de base, le changement de position du niveau de base influence directement celle de la surface piézométrique, et donc du collecteur.

Les réseaux étagés. L'enfoncement de la vallée génère la formation d'un nouveau drain, sous le drain existant, en rapport avec la nouvelle position du niveau de base. L'ancien drain et l'ancienne émergence sont alors abandonnés et se comblent partiellement de sédiments et de concrétions pour constituer un « étage fossile ». Perché au milieu de la zone vadose, l'ancien drain est recoupé par des puits d'invasion raccordés au drain actif.

Les réseaux ennoyés. Lors d'une remontée du niveau de base, les drains sont ennoyés en profondeur. Certains sont colmatés, mais les axes principaux les plus actifs continuent d'assurer l'essentiel du drainage du massif. Un conduit vertical se met alors en place et draine les eaux vers la nouvelle position du niveau de base, formant une émergence vaclusienne.

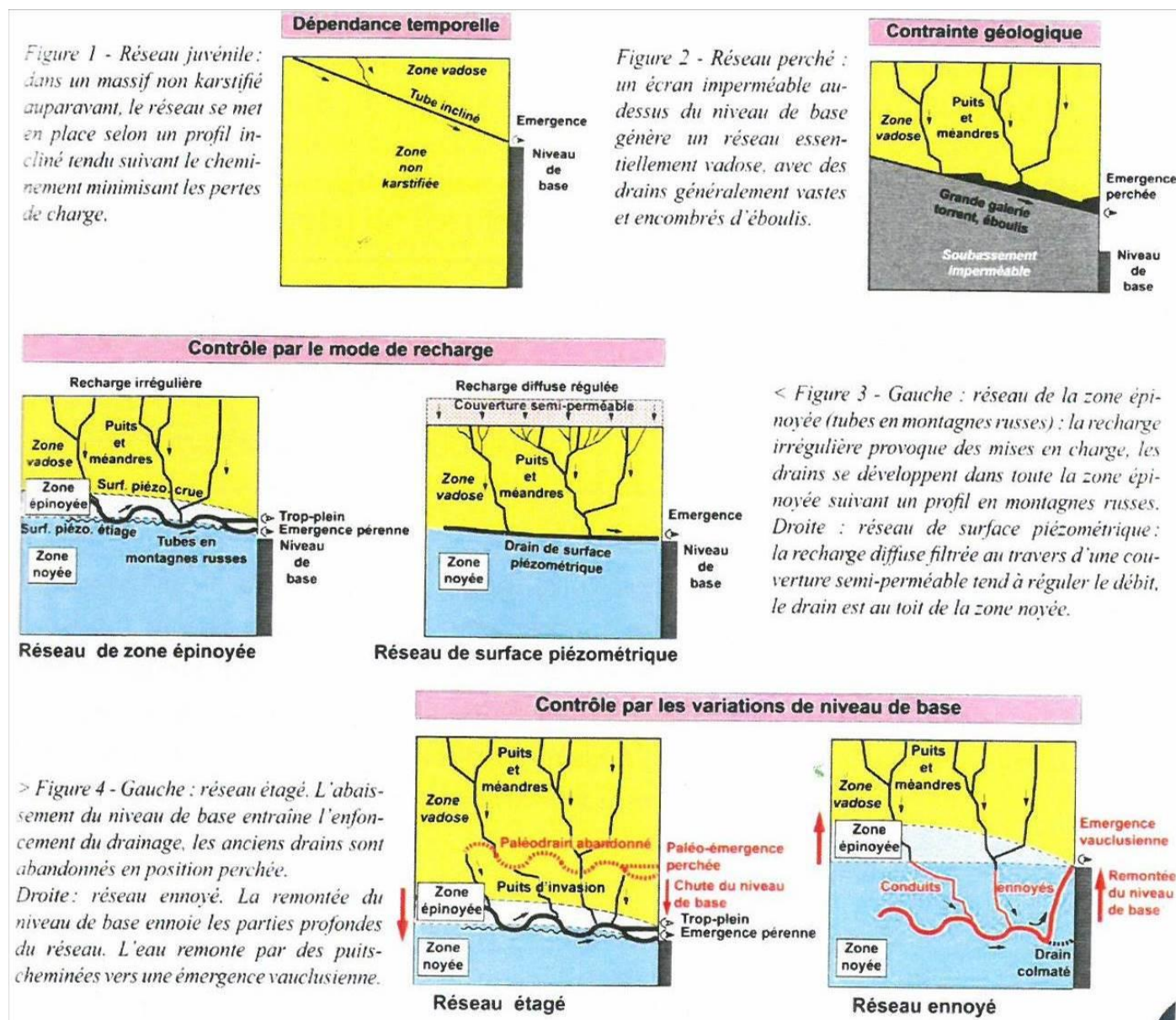


Figure 20 : modèles de spéléogénèse (AUDRA - Grottes et karsts de France - KARSTOLOGIA - 2010)

1.7. Type de recharge et concepts décrivant la dynamique d'infiltration

Les régions karstiques sont des milieux où l'eau est souvent absente en surface du fait de la grande perméabilité des terrains. On distingue classiquement 2 types d'alimentation, une alimentation par les précipitations sur la zone de recharge de l'aquifère et une alimentation par les pertes de rivières allochtones, c'est-à-dire les rivières qui drainent des terrains non karstiques avant de rejoindre l'aquifère karstique.

- **Alimentation par les précipitations sur la zone de recharge de l'aquifère (système unaire (Figure 21))**

Deux types d'écoulements sont souvent distingués pour décrire l'alimentation par les précipitations : une infiltration lente avec un stockage temporaire possible (aquifère épikarstique) et une infiltration rapide et concentrée qui utilise et élargit les discontinuités sub-verticales de l'épikarst pour rejoindre rapidement la zone saturée (ou zone noyée) du karst sans nécessairement recharger de manière significative les volumes peu perméables de la zone non saturée. Ainsi, des phénomènes de court-circuit par des axes de drainage développés dans la zone d'infiltration permettent d'acheminer les eaux plus rapidement en profondeur (ruissellement souterrain). Ces écoulements rapides ont été mis en évidence par l'utilisation de traceurs géochimiques. Ils permettent entre autre d'acheminer en profondeur une eau ayant un plus fort pouvoir de dissolution et donc de poursuivre la karstification. L'infiltration peut aussi pousser de l'eau préalablement stockée depuis les dernières pluies (effet piston), ce qui apparaît à la lecture de courbes de flux chimique-débit des sources karstiques et sur la signature isotopique des eaux à l'exutoire.

En surface, des formes d'érosion spécifiques aux paysages karstiques témoignent du drainage des eaux vers le milieu souterrain (effondrement, dolines, gouffres). Il est de plus fréquent d'observer des vallées sèches qui témoignent d'un abandon des structures d'écoulement de surface au profit d'un drainage souterrain au fur et à mesure que la karstification s'est développée. L'orientation de ces vallées ainsi que la distribution spatiale des manifestations karstiques (dolines, poljés, cavités, ...) sont des indices de l'organisation de la karstification passée ou actuelle qui peuvent donc être utilisée pour comprendre le fonctionnement du karst pour différentes conditions hydrogéologiques.

Enfin, l'approche systémique des aquifères karstiques permet de décrire l'ensemble de ces processus en définissant le système karstique. Celui-ci reçoit un signal (pluie, température, etc...) le transforme puis renvoie un signal de sortie (débit, température, etc...). Lorsque les limites du système correspondent aux limites de l'aquifère et qu'il n'est pas nécessaire de faire intervenir une autre surface de recharge, le système est qualifié de système karstique unaire (Mangin – 1978).

- **Alimentation par les pertes de rivière allochtone (système binaire (Figure 21))**

Le cas d'une recharge par une rivière allochtone s'apparente au cas d'une infiltration concentrée et rapide puisque les écoulements de surface provenant d'un bassin versant généralement non karstique (fort pouvoir de dissolution) vont s'infiltrer rapidement à la faveur de pertes diffuses ou ponctuelles en liaison directe avec le réseau karstique. Dans ce cas, le système karstique reçoit des eaux précipitées sur une autre surface et la notion de système karstique est étendue pour inclure cette surface : le système est alors qualifié de système karstique binaire (Mangin – 1978).

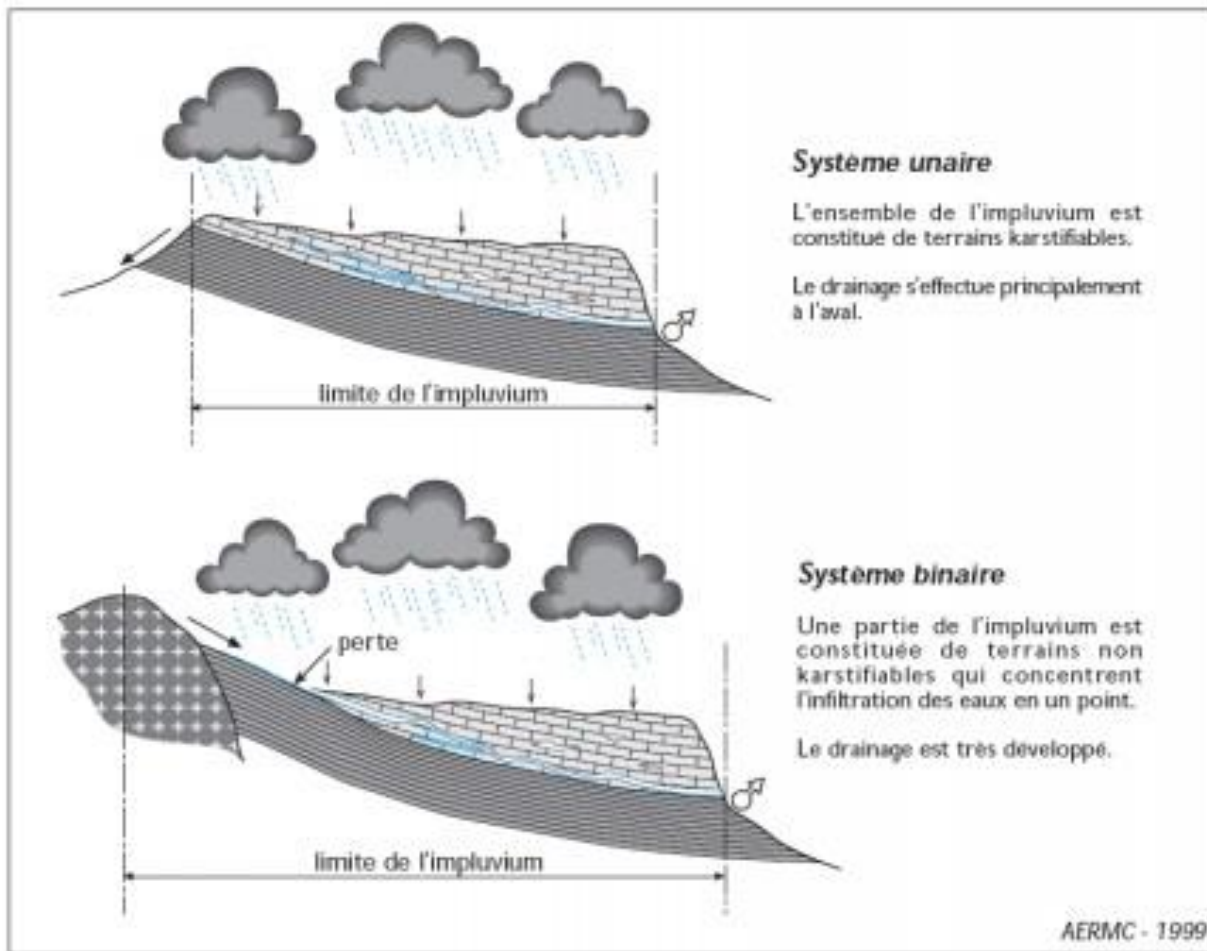


Figure 21 : mode de recharge des aquifères karstiques (BRGM -2010)

1.8. Les structures de stockage et de transfert

Le milieu karstique est un milieu à double voire triple porosité : la porosité des drains karstiques, la porosité liée à la fissuration de la matrice et, éventuellement, la porosité matricielle de la roche (calcaires bioclastiques, certaines craies). Ces deux dernières porosités sont regroupées sous le terme de porosité de la matrice fissurée. Chaque porosité joue un rôle plus ou moins déterminant sur les écoulements dans l'aquifère karstique étudié, selon sa nature géologique, sa fracturation et son degré de karstification, ce dernier étant lui-même lié à la distribution initiale des porosités dans la roche.

On peut donc observer des systèmes karstiques ayant des comportements hydrodynamiques très différents du fait de leur structure, ce qui pose le problème de la représentativité des résultats obtenus sur un site particulier.

Il est généralement admis que le transfert dans la zone non saturée est assuré par le réseau de drainage karstique ou, plus simplement le réseau de conduits. Cependant le stockage de l'eau dans un aquifère karstique suscite encore de nombreuses interrogations. Les résultats apportés par les nombreuses études sur le comportement hydrodynamique des karsts témoignent d'un stockage au niveau de l'épikarst drainé par des conduits éventuellement élargis localement, ou au niveau de volumes peu perméables (matrice fissurée ou non) ou encore dans des vides karstiques de grande dimension mal connectés au système de drainage. Cette diversité de représentation conceptuelle du lieu de stockage traduit souvent la diversité des types d'aquifères karstiques étudiés.

1.9. Conséquences sur les échanges surface/souterrain

Les aquifères karstiques à recharge allochtone constituent donc des hydrosystèmes privilégiés pour étudier les échanges quantitatifs et qualitatifs entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Le ruissellement généré à la surface d'une formation non karstique modifie peu à peu les structures de drainage karstique au contact avec l'aquifère et augmente la capacité d'échange des eaux entre la surface et le souterrain. La structure de drainage karstique est donc l'élément essentiel qui va contrôler la dynamique des échanges entre le karst et la rivière.

L'étude hydrodynamique des interactions karst/rivière nécessite de comprendre et de décrire le comportement couplé du bassin versant et de l'aquifère karstique (§1.12 et 1.13).

1.10. Conséquences sur la vulnérabilité de la ressource vis-à-vis d'une pollution

La circulation des eaux souterraines peut être très rapide entre la zone de recharge et l'exutoire. La forte perméabilité en grand des terrains karstiques se traduit souvent par des pertes partielles ou totales des cours d'eau qui les traversent, ce qui rend les aquifères karstiques extrêmement vulnérables à une pollution chronique ou accidentelle en surface. En cas d'exploitation AEP, cette forte vulnérabilité justifie l'installation de système d'alerte de pollution en amont des zones de pertes de rivière. Le réseau d'adduction doit dans ce cas avoir assez d'autonomie pour subvenir aux besoins AEP tant que le critère de qualité défini par la réglementation sur les eaux brutes n'est pas atteint.

La vulnérabilité vis-à-vis d'une pollution accidentelle peut cependant être relativisée compte tenu de l'élimination rapide du polluant dès qu'il atteint le réseau de conduit, ou bien de sa forte dilution/dispersion si la pollution se produit loin du réseau.

1.11. Conséquences sur la vulnérabilité associée au risque d'inondation dans les bassins versants à fortes composantes karstiques

La contribution du karst aux crues de surface est une problématique relativement récente. Bien que ce type d'inondation ne soit pas un phénomène nouveau, ses effets sont de plus en plus dévastateurs en raison de l'évolution de l'occupation des sols et de l'urbanisation croissante.

Les inondations en milieu karstique se manifestent sous deux formes :

- Une saturation des terrains de surface consécutive à des précipitations extrêmes qui induisent une saturation de la capacité d'absorption du karst. Celle-ci est favorisée dans les zones dépressionnaires par un colmatage possible des drains et des fissures qui ne peuvent plus drainer les eaux, un sous dimensionnement des réseaux de drainage karstique lié notamment à une modification de l'occupation du sol et une augmentation du ruissellement vers les zones de pertes ou encore le contraste de perméabilité entre l'épikarst et le karst plus profond qui provoque l'apparition d'un aquifère épikarstique.
- Une contribution rapide et intense des eaux karstiques aux écoulements de surface, consécutive à une forte mise en charge du karst et qui se traduit en surface, par une augmentation rapide du débit des émergences karstiques drainées par le cours d'eau, auquel s'ajoute le débit d'émergences karstiques temporaires de type trop plein.

Le karst, en raison de fortes vitesses d'infiltration offre néanmoins en situation d'étiage une capacité d'absorption des crues de surface non négligeable.

1.12. Le système karst/rivière

L'approche systémique et fonctionnelle des aquifère karstiques permet de caractériser de manière synthétique l'ensemble des processus complexes qui contrôlent le fonctionnement d'un aquifère karstique.

De la même manière, une définition d'un système karst/rivière en tant qu'élément du système karstique a été proposée par Bailly-Comte pour décrire de manière globale à l'intérieur de ce système les interactions hydrodynamiques entre les écoulements de surface et les écoulements souterrains. Ainsi, si on nomme Q_{amont} le débit correspondant à la recharge allochtone et Q_{aval} le débit à la sortie du massif karstique, le système karst/rivière ainsi que ses interactions internes peuvent être schématisées (Figure 22).

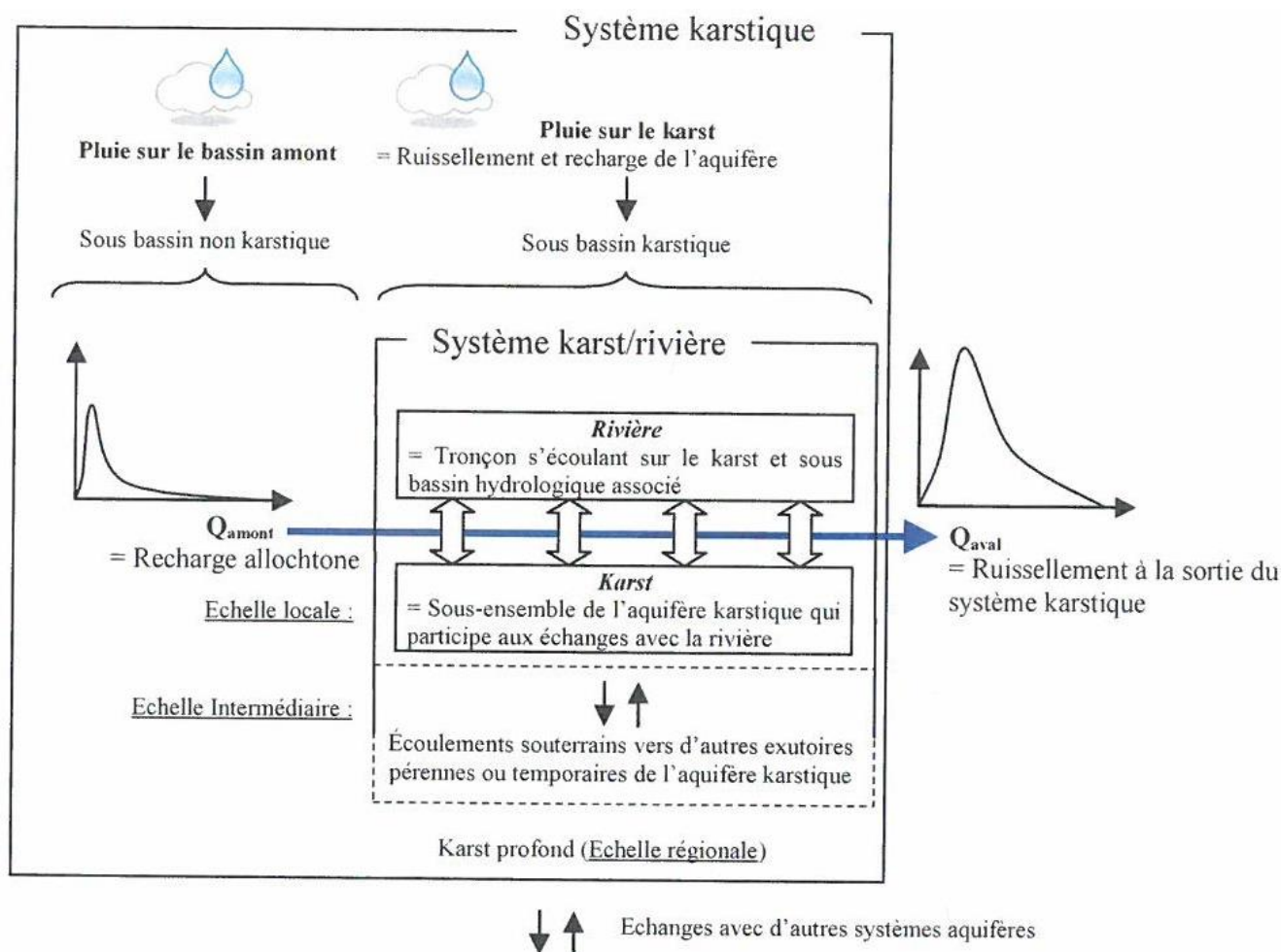


Figure 22 : représentation schématique des relations karst/rivière (BAILLY-COMTE - 2008)

Le transfert d'une crue de surface à travers le système karst/rivière est donc contrôlé par le sous-système Rivière et le sous-système Karst ; Le premier caractérise le transfert de l'onde de crue depuis le bassin amont et les apports par ruissellement direct ou de sub-surface sur les versants. Le second représente un sous-ensemble de l'aquifère karstique de taille variable selon l'échelle d'observation (locale ou intermédiaire), caractérisé par la géométrie de son réseau de drainage et ces paramètres hydrodynamiques. Ces deux sous-systèmes interagissent tout le long de la propagation de la crue et comme pour tout type d'aquifère, seule une approche couplée permettra de décrire l'évolution de l'onde de crue de surface. Le système karst/rivière apparaît comme un élément du sous-système infiltration si la rivière est infiltrante, ou bien comme un élément du sous-système karst noyé (zone saturée) si la rivière est drainante vis-à-vis de l'aquifère et que des exurgences participent au ruissellement. Il correspond dans ce cas au sous-système karstique associé à l'ensemble des exutoires de trop plein dans la rivière.

1.13. Les interactions hydrodynamiques surface/souterrain en milieu karstique

1.13.1. Rappels sur l'organisation spatiale des systèmes d'écoulement

Les eaux souterraines et les eaux de surface constituent deux éléments souvent indissociables d'un même système hydrologique (*Sophocleous – 2002*). L'étude de leur interaction implique que la formation aquifère soit affleurante ou sub-affleurante, ce qui limite l'étude au cas des aquifères libres.

Différentes échelles d'observation (Figure 23) sont utilisées pour simplifier l'étude des systèmes d'écoulements entre la surface et le souterrain [5].

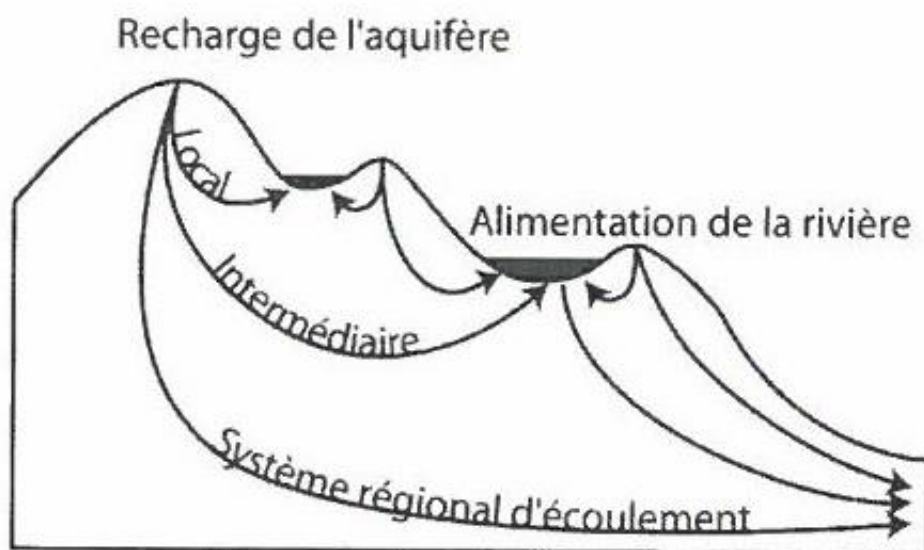


Figure 23 : système d'écoulement local, intermédiaire et régional (DAHL et al - 2007)

A l'échelle locale, les interactions berge/rivière et les écoulements souterrains s'organisent selon les zones d'exhaure les plus proches matérialisées par des sources ponctuelles ou diffuses dans les cours d'eau et les lacs.

A l'échelle régionale, les écoulements mettent en mouvement les masses d'eau souterraines, depuis les zones de recharge jusqu'aux rivières majeures, les lacs ou encore les mers.

Une échelle intermédiaire est distinguée pour les écoulements qui concernent un sous-ensemble non négligeable de l'aquifère.

De manière générale, les zones à fort relief tendent à s'organiser à l'échelle locale, tandis que pour les régions plates, les écoulements souterrains s'organisent plus souvent à l'échelle régionale (*Sophocleous – 2002*).

1.13.2. Sens et direction d'écoulement

Les échanges aquifère/rivière sont variables à la fois dans le temps et dans l'espace suivant l'échelle à laquelle s'organisent les écoulements. Le sens des écoulements entre la rivière et l'aquifère est contrôlé par la différence entre la charge hydraulique de l'aquifère et la cote de la surface libre de la rivière. Ainsi, plusieurs configurations peuvent être considérées selon l'échelle des systèmes d'écoulement et la charge de l'aquifère :

Cas d'une rivière drainante (Figure 24) : la rivière draine l'aquifère, comme lors d'un soutien d'étiage par l'aquifère. La rivière matérialise alors une condition limite de potentiel égale à la cote de la surface libre.

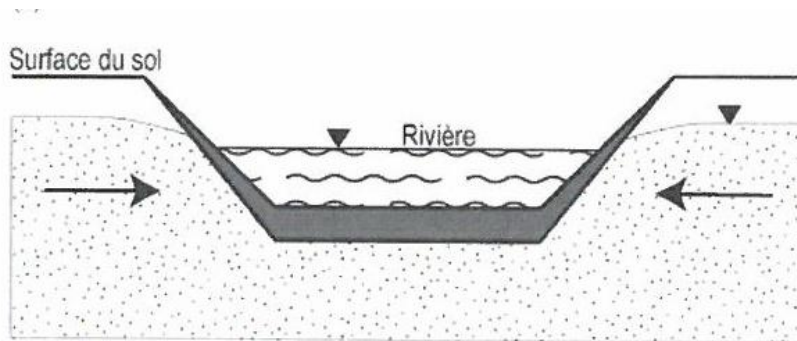


Figure 24 : rivière drainante (PETERSON ET WILSON - 1988)

Echelle intermédiaire ou régionale (Figure 25) : l'interaction entre l'aquifère et la rivière ne perturbe pas l'organisation des écoulements souterrains. Ce cas peut se rencontrer à proximité d'une étendue d'eau qui impose la direction générale des écoulements souterrains (lacs, étangs, etc...) ou encore pour des raisons anthropiques lors de pompage dans la nappe alluviale.

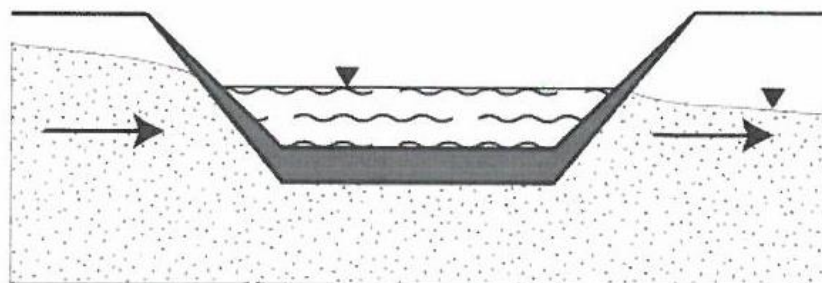


Figure 25 : organisation des écoulements à une échelle intermédiaire ou régionale (PETERSON ET WILSON - 1988)

Cas de la rivière infiltrante (Figure 26) : la rivière reste connectée à l'aquifère et matérialise toujours une condition limite de potentiel, mais le sens des écoulements est inversé par rapport à la situation de la rivière en position drainante. La rivière alimente alors l'aquifère, elle est qualifiée de rivière infiltrante.

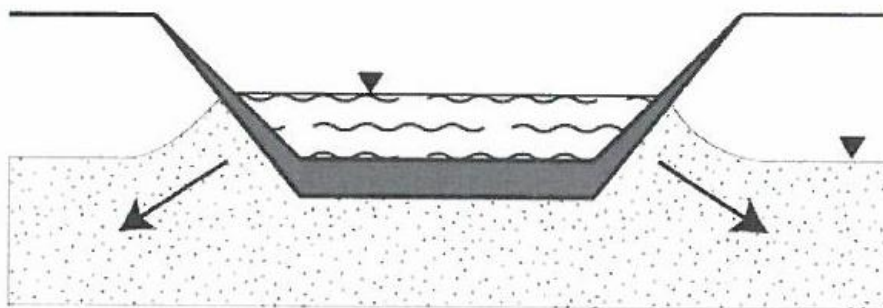


Figure 26 : rivière infiltrante (PETERSON ET WILSON - 1988)

Cas de la rivière perchée (Figure 27) : un cours d'eau perché déconnecté de la zone saturée de l'aquifère constitue le cas d'une véritable infiltration : un flux d'eau d'infiltration transite par la zone non saturée et alimente l'aquifère ; la rivière est toujours infiltrante mais constitue cette fois une condition limite de flux d'alimentation souvent assimilée à la capacité d'infiltration du milieu constituant la zone non saturée. Ce type d'interaction caractérise le fonctionnement des rivières ou cours d'eau éphémères.

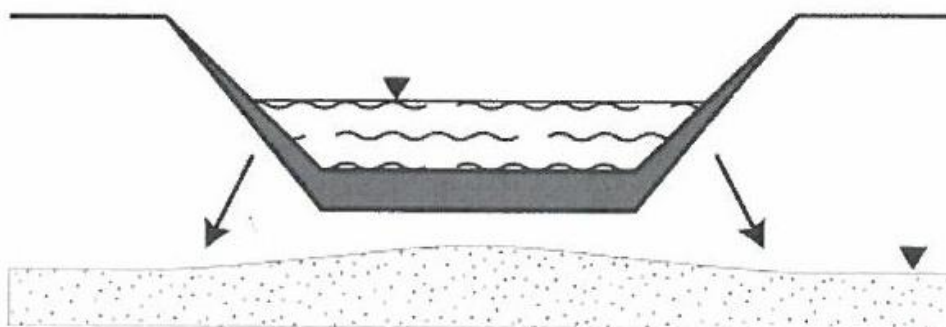


Figure 27 : cours d'eau perché (PETERSON ET WILSON - 1988)

A l'échelle du bassin versant, la rivière peut être drainante sur une partie de son cours et infiltrante sur une autre partie ; de plus, un secteur sur lequel la rivière est drainante à l'étiage peut devenir infiltrant en période de crue, et inversement dans le cas d'une montée des eaux souterraines.

Ainsi, les différents cas de figures présentés ci-avant peuvent se rencontrer au niveau du bassin versant lors d'un épisode pluvieux ; on passe généralement d'un cours d'eau perché en tête de bassin au cas

d'un cours d'eau infiltrant puis à un cours d'eau drainant à l'aval. Il existe donc au moins une ligne fictive limite qui sépare le cas de la rivière infiltrante du cas de la rivière drainante et qui correspond à la frontière entre la zone de recharge et la zone d'alimentation de la rivière par l'aquifère (Figure 28).

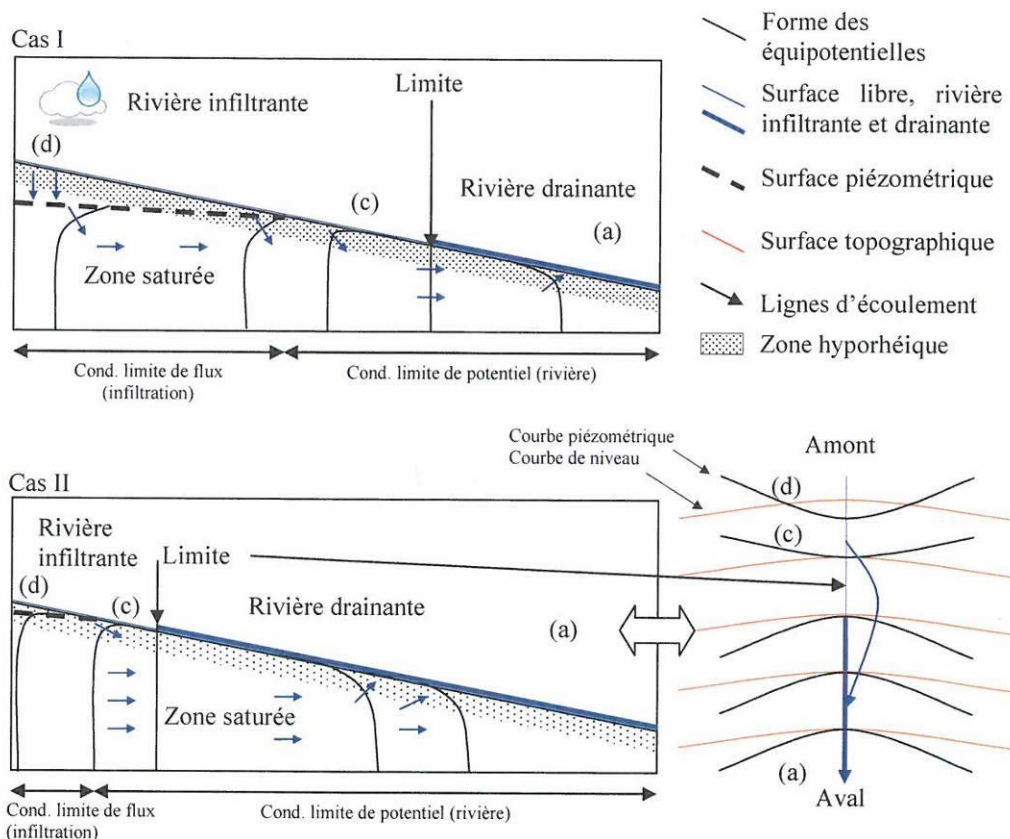


Figure 28 : schématisation en coupe et plan de la limite entre une rivière infiltrante et une rivière drainante au début (cas 1) et à la fin (cas 2) d'un épisode pluvieux (d = rivière perchée, c = rivière infiltrante, a = rivière drainante)

Les équipotentiels sont déformés au voisinage de la rivière dans les trois directions de l'espace ; l'orientation de la concavité définit le sens des échanges entre l'aquifère et la rivière, tandis que l'apparition d'une zone non saturée en amont traduit le cas d'une rivière déconnectée de la zone saturée de l'aquifère. Dans ce contexte, certaines lignes d'écoulements permettent d'envisager un court-circuit des écoulements de surface par les écoulements souterrains.

L'interface entre les eaux de surface et le milieu aquifère constitue la zone de mélange des eaux de surface et des eaux souterraines lorsque la rivière est connectée à la zone saturée de l'aquifère. Ce milieu peut avoir des propriétés hydrodynamiques différentes du milieu aquifère sous-jacent.

1.13.3. Synthèse sur la classification des échanges aquifères/rivières

D'une manière générale, il est proposé une classification des interactions hydrodynamiques selon :

- Le type de connexion hydraulique entre la rivière et la zone saturée de l'aquifère : 2 cas sont envisagés, la rivière pouvant être connectée ou déconnectée (perchée).
- Le sens des écoulements : 2 cas sont envisagés, la rivière pouvant être drainante ou infiltrante en fonction des variations saisonnières.
- La direction des écoulements souterrains au voisinage de la rivière : 2 cas sont envisagés, les écoulements souterrains parallèles à la rivière sont qualifiés de sous écoulements tandis que les écoulements perpendiculaires correspondent aux écoulements de base.

1.13.4. Conséquences de l'exploitation de l'aquifère karstique sur les échanges karst-rivière

Impacts quantitatifs :

Les effets quantitatifs des pompages en milieu karstique sur les échanges karst-rivière dépendent :

- Des caractéristiques du système karstique (jurassien, vauclusien) ;
- De la position du point de prélèvement dans la structure de la zone noyée du karst en relation plus ou moins étroite avec de la rivière : dans un conduit ou système annexe au drainage, l'effet est ressenti parfois à plusieurs kilomètres ; le pompage crée une inversion de gradient hydraulique entre le conduit et les zones capacitatives, mais d'une façon qui peut être durable, ce qui permet des transferts d'eau non négligeables. A contrario, le pompage peut permettre un effacement des débits des rivières par gommage des crues.
- des conditions de la recharge du système karstique et notamment la part d'alimentation du karst par rapport à celle de la rivière ;
- Des variations saisonnières de cette recharge ;
- de l'importance et de la durée du pompage : le pompage induit localement ou régionalement un manque à gagner pour la rivière suivant la multiplicité et l'importance des pompages. Comme dans les autres types d'aquifères, les prélèvements simultanés sur les réserves, surtout lorsqu'ils interviennent dans le réseau de drainage, de type vauclusien, ont un effet cumulatif.

Impacts qualitatifs :

Les impacts qualitatifs des pollutions liés aux échanges karst-rivière sont définis suivant leur caractère diffus ou ponctuel et à plusieurs échelles :

- L'impact d'une pollution des eaux de la rivière sur les eaux souterraines (vulnérabilité des pompages ayant une plus ou moins forte dépendance vis-à-vis du réseau superficiel) aura un caractère local aussi bien dans le cas d'une pollution ponctuelle que diffuse.
- L'impact des pollutions des eaux souterraines sur la qualité des eaux de surface implique la vulnérabilité des usages en aval de la rivière, la dégradation de la qualité des eaux de surface et de son état écologique ; ce type d'impact peut-présenter un caractère local dans le cas d'une pollution ponctuelle sur l'ouvrage d'exploitation, ou régionale dans le cas d'une pollution diffuse.

1.13.5. Principe de gestion active

Pour évaluer en général, les enjeux de l'exploitation de l'aquifère karstique, et plus spécifiquement la caractérisation des échanges bilatéraux karst-rivière, il est donc nécessaire d'appréhender le fonctionnement du système à partir d'une approche réalisée en plusieurs phases :

- identifier le type de système (fissuré, karstique fonctionnel ou karstique non fonctionnel) et de mettre en évidence la présence de réserves ;
- caractériser l'origine de l'eau, les conditions d'écoulement, la zone noyée, la part d'alimentation par le karst, par la rivière ;
- démontrer les impacts du prélèvement envisagé ;
- évaluer le fonctionnement de l'ensemble du système en condition d'exploitation, les limites du prélèvement.

Dans le cas des systèmes karstiques évolués et fonctionnels, les paramètres et les lois d'écoulement classiquement utilisés pour caractériser un milieu aquifère et simuler son comportement ne sont plus adaptés. L'interprétation des pompages d'essai doit faire appel à une démarche spécifique. Le but n'est plus de déterminer les caractéristiques de la structure du milieu, mais de décrire les réponses obtenues au point de pompage (hydrodynamiques et physico-chimiques) et si possible à l'exutoire du système pour caractériser le fonctionnement de la zone noyée. Ces informations fournissent les éléments permettant d'évaluer le rôle des facteurs déterminants pour une éventuelle exploitation : position du point de pompage dans le système et de l'axe de drainage par rapport aux réserves, impacts du prélèvement sur le réseau superficiel. Elles permettent aussi d'envisager la gestion active de l'aquifère.

La gestion active d'un aquifère karstique n'est possible qu'à certaines conditions :

- pomper dans un forage interceptant le conduit karstique saturé en eau et situé sous le niveau de l'exutoire ;

- l'envisager sur des systèmes vauclusiens mais pas sur des systèmes jurassiens. Le conduit karstique doit être situé en profondeur sous le niveau de l'émergence. Il est connecté à la matrice renfermant les réserves de l'aquifère. Le pompage permet ainsi de solliciter les réserves de l'aquifère.

La gestion active d'un aquifère karstique peut être définie comme suit : l'exploitation des eaux souterraines à l'aide d'un pompage à un débit supérieur à celui du débit d'étiage de la source en conditions naturelles, permet de solliciter les réserves de l'aquifère particulièrement lors des périodes de basses eaux, les réserves se reconstituant lors des périodes de recharge. Le volume d'eau prélevé à l'échelle d'un ou plusieurs cycles hydrologiques doit être inférieur à la recharge de l'aquifère, afin de ne pas surexploiter ce dernier. Les aquifères karstiques de type vauclusien sont particulièrement adaptés à ce type de gestion du fait de leur importante réserve accessible à proximité de la source, un forage interceptant le conduit karstique peut fournir un débit important et solliciter un volume important d'eau issu des réserves de l'aquifère et finalement la recharge est très efficace du fait que l'essentiel des précipitations va s'infiltrer dans l'aquifère. Ce principe a l'avantage de réguler la ressource, en gommant également les crues au profit du soutien du débit d'étiage.

2- LES UNITES KARSTIQUES JURASSIQUES DE LA BORDURE SOUS-CEVENOLE

2.1. Stratigraphie – Lithologie

2.1.1. Stratigraphie du réservoir karstique des calcaires jurassiques

Le **Jurassique** (-205 à -135 millions d'années) est la seconde période de l'Ere Secondaire. Le nom de « Jurassique » fait référence aux calcaires rencontrés dans le Jura.

L'ensemble karstique de la bordure sous-cévenole est une étroite bande de calcaires jurassiques étirée sur environ 45 km de longueur suivant un axe orienté Nord-Est/Sud-Ouest et situé entre les massifs métamorphiques et cristallins à l'Ouest, de la faille des Cévennes à l'Est.

Le Jurassique est concordant avec le Trias qui est visible à l'affleurement à l'Ouest (Figure 29). Son épaisseur varie de 375 m à 830 m au Nord et de 565 m à 1020 m au Sud.

A l'Est de la bande où il affleure, le Jurassique a été reconnu sous couverture néocomienne à 900 m et 950 m de profondeur sur les forages exploratoires profonds réalisés sur les communes de Villeneuve-de-Berg et Valvignères et à près de 1000 m de profondeur sur la commune de Vallon-Pont-d'Arc.

Le système Jurassique est composé de 3 séries[6] :

Le **Lias** (Hettangien à Toarcien) est une couche géologique de 115 m à 375 m d'épaisseur, majoritairement carbonatée (dolomies, calcaires, calcaires gréseux et marnes).

Le **Dogger** (Aalénien à Callovien) est également composé de formations carbonatées, d'une épaisseur qui varie fortement du Nord (60 m à 140 m) au Sud (250 m à 330 m). Il se présente sous un faciès majoritairement calcaréo-marneuse.

Le **Malm** (Oxfordien, Kimméridgien et Tithonique) est essentiellement calcaire et forme le réservoir aquifère de l'ensemble karstique de la bordure sous-cévenole au-dessus des marnes oxfordiennes. L'épaisseur totale est de 200 m à 315 m dont 140 m à 220 m de calcaires francs. Le Kimméridgien passe de calcaires argileux à des calcaires gris-bleus et le faciès Tithonique correspond à des calcaires blanchâtres.

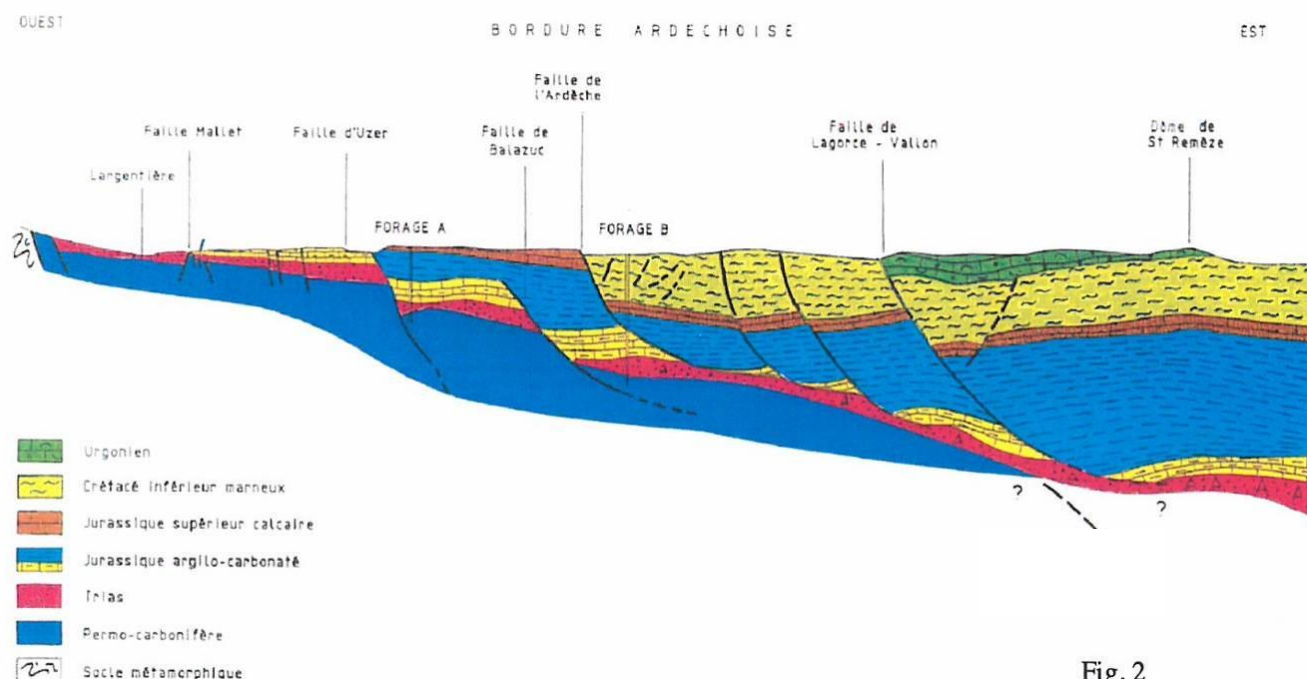


Fig. 2

Figure 29 : coupe géologique de la bordure ardéchoise (CAHIER DE MEMOIRE D'ARDECHE - 2013)

2.1.2. Lithologie du mur du réservoir karstique des calcaires jurassiques

Du fait de la configuration tectonique, les affleurements des terrains formant le mur de l'ensemble karstique de la bordure sous-cévenole sont situés au Nord-Ouest de cet ensemble. Il s'agit :

- **Du Trias**, transgressif et discordant sur le socle, composé du :
 - Bundsandstein formé de 30 à 80m de conglomérats et grès arkosiques renfermant un horizon salifère et évaporitique (gypse et anhydrite) épais de 2 à 40m ;
 - Muschelkalk formé de calcaires dolomitiques jaunâtres encadrés par des argiles dolomitiques noirâtres dont les épaisseurs varient de 10-25m à 20-100m ;

- Keuper qui débute par un horizon salifère de 50 à 100m d'épaisseur puis est essentiellement formé d'argiles et de marnes bariolées gréseuses (épaisseur comprise entre 20 et 200m), localement dolomitiques ; le Keuper est couronné par les grès, marnes noires et calcaires gréseux du Rhétien, épais de 5 à 35m.
- **Du Lias**, partie inférieure du Jurassique, composé de terrains majoritairement carbonatés sur une épaisseur totale de 115 à 375m, avec :
 - L'Héttangien, épais de 40 à 175m qui comprend un complexe carbonaté à la base formé de 10m au maximum de calcaires gris, surmonté de 10 à 15m de calcaires argileux gris à l'aspect noduleux couronnés par une dolomie compacte gris foncé, épaisse de 30 à 50m et pouvant atteindre 100 à 150m dans le bassin du Gardon de Mialet ou pouvant disparaître pour laisser place à des calcaires (Les Vans, Aubenas) ;
 - Le Sinémurien, épais de 40 à 120m, représenté par une partie inférieure composée de calcaires argileux gris bleu comportant des lits marneux sur 30 à 60m, et d'une partie supérieure de calcaires bioclastiques bleus à chailles, épais de 40 à 60m d'Alès à St-Ambroix, mais pouvant passer à des calcaires à entroques bistres et des calcaires gris massifs à silex, épais de seulement 8 à 10m à Laurac, au Sud de Largentièrre ;
 - Le Pliensbachien, épais de 30 à 70m, également formé d'une partie inférieure (Carixien) de calcaires argileux gris bleu et de marnes grises, épaisses de 10-20m au Nord d'Anduze jusqu'à 40m au Sud de la Grande Combe mais remplacée par 10m de calcaires gréseux riches en grains de quartz à Laurac, et d'une partie supérieure (Domérien) constituée de marnes grises feuilletées sur 20 à 30m d'épaisseur ;
 - Le Toarcien, épais d'une dizaine de mètres qui renferme les schistes cartons à sa base (marnes noirâtres, bitumineuses indurées) et divers faciès épais de seulement quelques mètres au sommet (marnes de Saint-Ambroix, calcaires au Nord de Saint-Paul-le-Jeune).
- **Du Dogger**, partie médiane du Jurassique qui comprend essentiellement des terrains carbonatés sur une épaisseur totale qui varie fortement du Nord (60 à 140m) au Sud (250 à 330m) avec :
 - L'Aalénien et le Bajocien, série calcaréo-gréseuse composée de calcaires en miches, gréseux spathiques ou à entroques et de marnes de grises ; leur épaisseur atteint 80 à 100m autour d'Anduze, n'est plus que de 10-20m à Saint-Ambroix et s'annule dans la région de Joyeuse ;
 - Le Bathonien formé de calcaires à entroques gris foncés à jaunâtres passant à des dolomies vers Anduze et à des marnes noires feuilletées aux environs de Joyeuse ; son épaisseur varie de 10m au Nord d'Anduze à 100m au Sud ;

- Le Callovien, incomplet, représenté par 50 à 130m de marnes grises ou noires avec des intercalations de petits bancs de calcaire argileux grisâtre.

2.1.3. Lithologie du réservoir karstique des calcaires jurassiques

Le Malm, partie supérieure du Jurassique, est composé essentiellement de terrains calcaires qui forment le réservoir aquifère de l'ensemble karstique de la bordure sous-cévenole, à l'exception de la base de l'Oxfordien qui est formée de marnes. L'épaisseur totale du Malm est de 200 à 315m dont 140 à 220m de calcaires francs. De bas en haut, on trouve (Figure 30) :

- **L'Oxfordien**, qui après lacune de la partie inférieure, débute directement à l'Oxfordien moyen par des calcaires grumeleux à patine rousse et des marnes gris bleutées sur une épaisseur de 20 à 35m ; la partie supérieure forme la base du réservoir aquifère avec 70 à 100m de calcaires bruns en bancs épais ;
- **Le Kimméridgien** qui forme l'essentiel du réservoir karstique avec, sur 40 à 60m, des calcaires argileux lités, beiges, comportant de petits niveaux de marnes à la base puis, sur 50 à 120m, des calcaires gris bleus à patine blanchâtre, disposés en gros bancs métriques, formant les falaises caractéristiques de la région ;
- **Le Portlandien, sous faciès Tithonique**, calcaire blanchâtre à pâte fine, massif de 20 à 80m d'épaisseur, se présentant sous la forme de bancs métriques, généralement difficile à distinguer du Kimméridgien.

Pascal [7] signale que le Kimméridgien inférieur et le Kimméridgien-Portlandien diminuent progressivement d'épaisseur vers le Nord : le premier, qui mesure 60m d'épaisseur sur les Gras des Vans, disparaît à partir de Chauzon tandis que le second, épais de 80 à 100m dans l'extrême Sud se réduit à 30-50m au col de Valaurie.

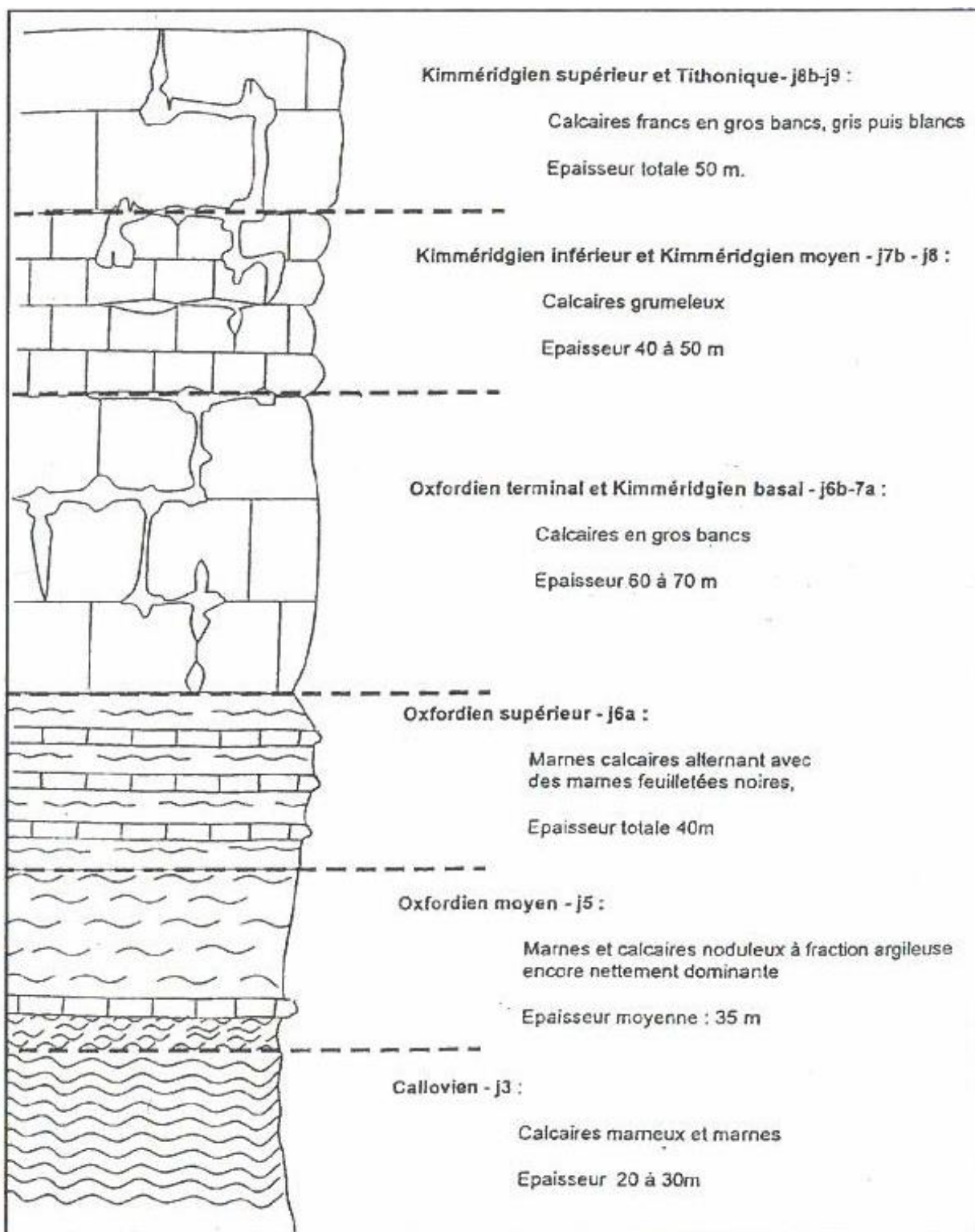


Figure 30 : stratigraphie et karstification des formations géologiques de la bordure cévenole (BRGM - 1998)

2.1.4. Lithologie du toit du réservoir karstique des calcaires jurassiques

Le Crétacé n'est représenté que dans sa partie inférieure car toute la région a émergé après le Barrémien. De bas en haut, on trouve :

- Le Bérriasien constitué de 20 à 40m de calcaires argileux noduleux gris cendrés présentant des lits marneux ; il peut encore localement faire partie du réservoir karstique ;
- Le Valanginien représenté par une épaisse série de marnes grises ou bleutées avec des intercalations de calcaires argileux est épais de 100 à 100m et forme le véritable toit du réservoir karstique ;
- L'Hauterivien se présente sous forme de 100 à 150m de calcaires argileux grisâtres avec des intercalations de marnes feuilletées grises surmontés de 60 à 80m de calcaires compacts beiges et de marnes noduleuses grises ;
- Le Barrémien, envahi par le faciès urgonien, est un calcaire récifal, blanc, pur, massif, en bancs épais, d'une puissance de 80 à 100m ; il forme l'essentiel du réservoir de l'ensemble karstique du Bas-Vivaraïs et termine la série secondaire.

Le Quaternaire est représenté par les terrasses alluviales des principaux cours d'eau, dont l'Ardèche, l'Ibie, ainsi que des dépôts cryoclastiques, anthropiques, des éboulis, etc... peu épais, très localisés.

2.2. Tectonique

Le socle a subi l'influence des orogénèses hercynienne et alpine alors que la couverture secondaire à laquelle appartient l'ensemble karstique de la bordure sous-cévenole n'a subi que l'orogénèse alpine. Ces deux unités, au style tectonique distinct, sont séparées par le Trias qui représente un niveau de décollement (*Bosredon – 1985*).

2.2.1. L'orogénèse hercynienne

L'orogénèse hercynienne se traduit essentiellement par des structures tardi-hercyniennes dont la plus connue est la faille des Cévennes ou faisceau cévenol d'orientation NNE-SSW.

Au Trias, la tectonique se manifeste par quelques variations d'épaisseur imputables à des mouvements épirogéniques importants et synsédimentaires.

Le socle est ensuite pénéplané puis la mer jurassique envahit la région. Le Lias supérieur et la base du Dogger subissent des mouvements épirogéniques dont le maximum d'intensité se situe entre le Domérien et le Bathonien : il s'en suit une subsidence différentielle qui fait apparaître des bassins séparés par des seuils. De nombreux phénomènes de distension apparaissent : flexures, failles

synsédimentaires, variations d'épaisseur avec rejeu possible des accidents tardi-hercyniens de direction cévenole.

Le Crétacé est le siège de mouvements verticaux de grande amplitude qui donnent naissance à la fosse vocontienne provoquant un épaissement des séries à l'Est.

2.2.2. La phase pyrénéo-provençale

Appartenant à l'orogénèse alpine, c'est une phase de compression horizontale à raccourcissement Nord-Sud, globalement datée de l'Eocène. Les accidents cévenols transverses à cette direction de raccourcissement jouent en décrochements sénestres avec un rejet total de 20 km.

L'amplitude de ces mouvements diminue du Sud vers le Nord : au Nord d'Alès, le plissement devient presque nul : on note plus que quelques plis d'axe Est-Ouest à grand rayon de courbure (synclinal de St-André-de-Cruzières, anticlinal de St-Paul-le-Jeune).

2.2.3. La phase oligo-miocène

Cette phase de distension a réutilisé les fractures antérieures en les faisant rejouer en failles normales de direction moyenne d'allongement Nord/Ouest-Sud/Est, perpendiculairement aux principaux accidents de direction cévenole. Cette distension généralisée dans le Sud de la France est à l'origine de la création de nombreux fossés tels que celui d'Alès – Barjac. La région suit un effondrement en marches d'escalier avec exhaussement apparent du socle cristallin.

2.2.4. La phase mio-pliocène

Cette phase de compression à raccourcissement Est-Ouest de la phase paroxysmale de l'orogénèse alpine s'est traduite par la création de plis d'axe Nord-Sud et le rejeu des grands accidents cévenols en décrochements dextres.

2.2.5. Les accidents tectoniques

De cette histoire tectonique résultent surtout des accidents cassants (failles, décrochements), les plis (synclinaux, anticlinaux) étant plus rares. Deux grandes familles de failles coexistent :

- Les failles de direction cévenole (NNE-SSW) à pendage pseudo-vertical en surface et diminuant en profondeur ;
- Les failles Est-Ouest qui ont joué postérieurement en faille inverse dans le Sud pendant la phase pyrénéenne.

Ces phases tectoniques vont avoir un impact sur la karstification ; Guérin montre en effet, l'importance de la karstification sur les dernières fractures qui rejouent en extension ou en décrochement. Pour Marchand, la direction Nord-Sud draine souvent l'axe collecteur du massif, tandis que la direction

Nord/Ouest-Sud/Est intervient de manière décisive dans l'atomisation des bassins versants et la place des émergences.

Enfin, les plis résultent essentiellement de la compression pyrénéenne et présentent donc un axe Est-Ouest. Ce sont du Nord au Sud :

- Le synclinal de Saint-André-de-Cruzières (pli à grand rayon de courbure) ;
- L'anticlinal de Saint-Paul-le-Jeune qui se complique en profondeur et en direction du Nord du fait de l'existence d'un niveau de décollement et localement par l'existence de failles normales antérieures à la poussée pyrénéenne.
- Le synclinal de Berrias.

2.3. Principaux épisodes de karstification

Il est possible d'identifier 5 phases de karstification à dater de l'émersion fini-crétacée (*Bosredon – 1985*) :

- La phase fini-crétacée est caractérisée par une karstification presque invisible actuellement, présente uniquement que par quelques poches karstiques dans l'Urgonien à remplissage d'argiles du Crétacé supérieur et de l'Eocène inférieur ; elle ne présente qu'un intérêt très limité dans le fonctionnement des ressources karstiques.
- La phase éocène ne se manifeste que par quelques dépôts karstiques également sans intérêt hydrogéologique significatif ;
- La phase oligocène, par le jeu et le rejeu d'accidents en failles normales contribuera à l'évolution karstique en profondeur ;
- La phase miocène donne naissance aux grands réseaux karstiques et aux gorges de l'Ardèche ; leur enfoncement aurait débuté au Miocène inférieur et aurait été exacerbé par la régression pontienne (niveau de base inférieur de 150 à 200m) qui a également accéléré l'évolution du karst en profondeur ; de nombreux réseaux karstiques se déconnectent alors du niveau de base et se fossilisent à cette époque ;
- La phase plio-quaternaire voit remonter le niveau marin jusqu'à environ 100m au-dessus du niveau actuel, ce qui permet la réactivation de certains réseaux karstiques ; ce phénomène va se poursuivre au cours du Quaternaire où les importantes variations bioclimatiques (glaciations) induisent des variations fréquentes du niveau de la mer et entraînent une reprise d'activité de la karstification.

La conséquence de cette genèse est la coexistence de deux types de karsts distincts :

- Un karst essentiellement d'âge tertiaire fossile et très évolué ;
- Un karst récent évolué, actuellement très actif et réutilisant largement les conduits karstiques les plus anciens.

Il existe également une remarquable opposition entre le karst du Kimméridgien inférieur et celui du Tithonique d'après Thierry MARCHAND, la karstification superficielle étant peu développée sur le premier en raison du caractère marneux de la roche alors que les formes superficielles (lapiaz) sont nettement marquées sur le second et parfois ruiniformes, notamment lorsqu'il existe des phénomènes de dolomitisation (Gras de Saint-Germain, Bois de Païolive).

Il est également de signaler que les formations carbonatées karstifiées sont séparées par des zones imperméables constituées le plus souvent de marnes, d'argiles ou de calcaires argileux. Ces terrains imperméables sont présents dans tout le Jurassique jusqu'au mur de l'Oxfordien supérieur et le principal d'entre eux, strictement imperméable, correspond aux Terres Noires du Callovien présentes au mur des calcaires fortement karstifiés du Jurassique supérieur où se développe justement l'ensemble karstique de la bordure sous-cévenole.

Le principal réseau karstique connu dans la partie amont est la Combe Rajeau, galerie qui part des Coirons et aboutit aux sources de Vogüé, exutoires les plus importants de cet ensemble karstique ; il est même possible que ces galeries traversent l'Ardèche et se prolongent au-delà vers le Sud ; il s'agirait alors d'un réseau antérieur à la mise en place des cours d'eau actuels et recoupé par l'enfoncement messinien de l'Ardèche.

2.4. L'unité Nord Vogüé

2.4.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité hydrogéologique karstique Nord Vogüé est composée des calcaires et calcaires marneux du Jurassique supérieur (Malm). Cette unité localement monoclinale présente des couches sédimentaires plongeant d'environ 10° vers l'Est-Sud/Est. Les affleurements jurassiques visibles en rive gauche de l'Ardèche traduisent une morphologie dite en « Cuesta » (Figure 31).

La partie majoritairement aquifère du système Nord Vogüé est représentée par les formations calcaires situées entre le toit des calcaires de l'Oxfordien supérieur (Terres Noires) et les calcaires du Tithonique à l'affleurement ou sous couverture néocomienne à l'Est et basaltique au Nord, soit une épaisseur potentiellement aquifère d'environ 200m. L'aquifère repose néanmoins *sensu stricto* sur les marnes imperméables du Callovien ce qui amène à une épaisseur totale de l'ordre de 300m.

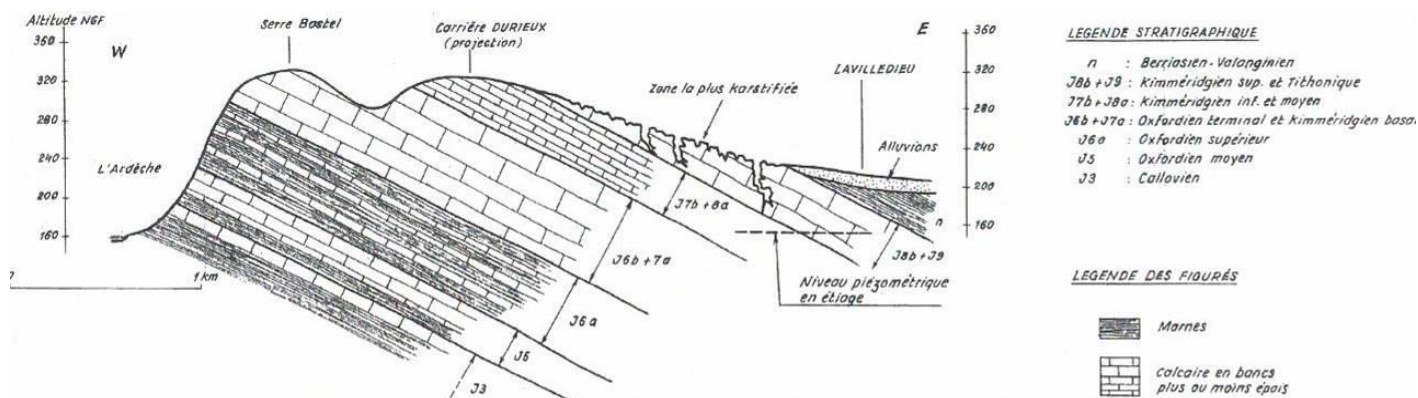


Figure 31 : coupe géologique GA' passant par l'unité karstique Nord Vogüé au niveau de Lavilledieu (BRGM - 1992)

En l'absence de forages profonds, il est impossible d'évaluer précisément l'épaisseur des différents étages de la série calcaire. Une coupe NNE/SSW d'origine inconnue mais reprise dans la monographie de GINGER[6](Figure 32) indiquerait de possibles variations du mur de l'aquifère qui pourraient donner naissance à une compartimentation Nord-Sud du système karstique.

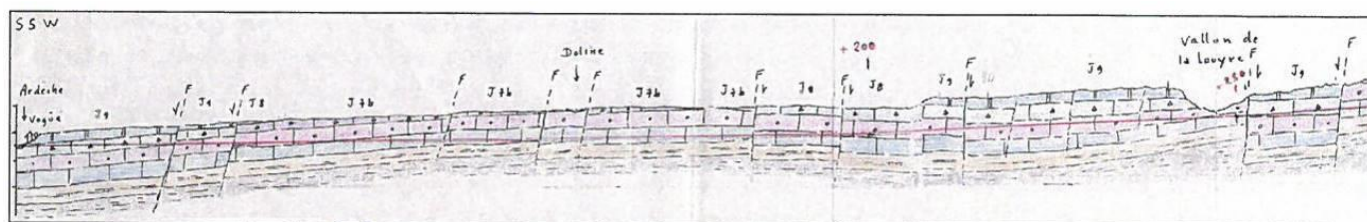


Figure 32 : coupe géologique GB' du plateau de Lavilledieu entre la vallée de la Louyre et Vogüé (Source inconnue – reprise par GINGER - 2006)

Cette unité karstique est délimitée (Figure 33) :

- Au Nord-Est par les reliefs volcaniques du Coiron ;
- A l'Ouest et au Sud-Ouest par le niveau de base de l'Ardèche ;
- Au Nord et au Nord-Ouest, par les affleurements des marnes du Callovien qui constituent le mur *sensu stricto* de l'aquifère karstique ;
- A l'Est par les affleurements des marnes du Valanginien ;
- Au Sud par la confluence Ardèche-Auzon.

Cet ensemble peut être subdivisé en deux zones distinctes :

- Au Nord d'une ligne Aubenas-Lussas-Mirabel, il montre une succession de reliefs orientés Nord/Est-Sud/Ouest entrecoupés de vallées encaissées de 100 à 200m (Louyre, Eyrolle, Font-Merle) où dominent les garrigues ; c'est une zone fortement pentue avec un drainage superficiel développé ;
- Au Sud de ligne Aubenas-Lussas-Mirabel, il montre un plateau parsemé de vallées sèches, recouvert de bois, de garrigues et de cultures culminant à 332m au Gras ; c'est une zone plane avec un drainage essentiellement souterrain.

La délimitation Nord-Est du système reste incertaine du fait d'une méconnaissance des directions d'écoulements au sein des calcaires jurassiques sous la couverture basaltique et des débits de fuite qui peuvent exister vers l'unité Nord Vogüé.

Dans l'hypothèse d'une zone noyée qui se poursuivrait au sud de Vogüé, la limite pourrait également être repoussée plus au Sud.

La fiabilité des contours du reste de la délimitation est considérée comme bonne.

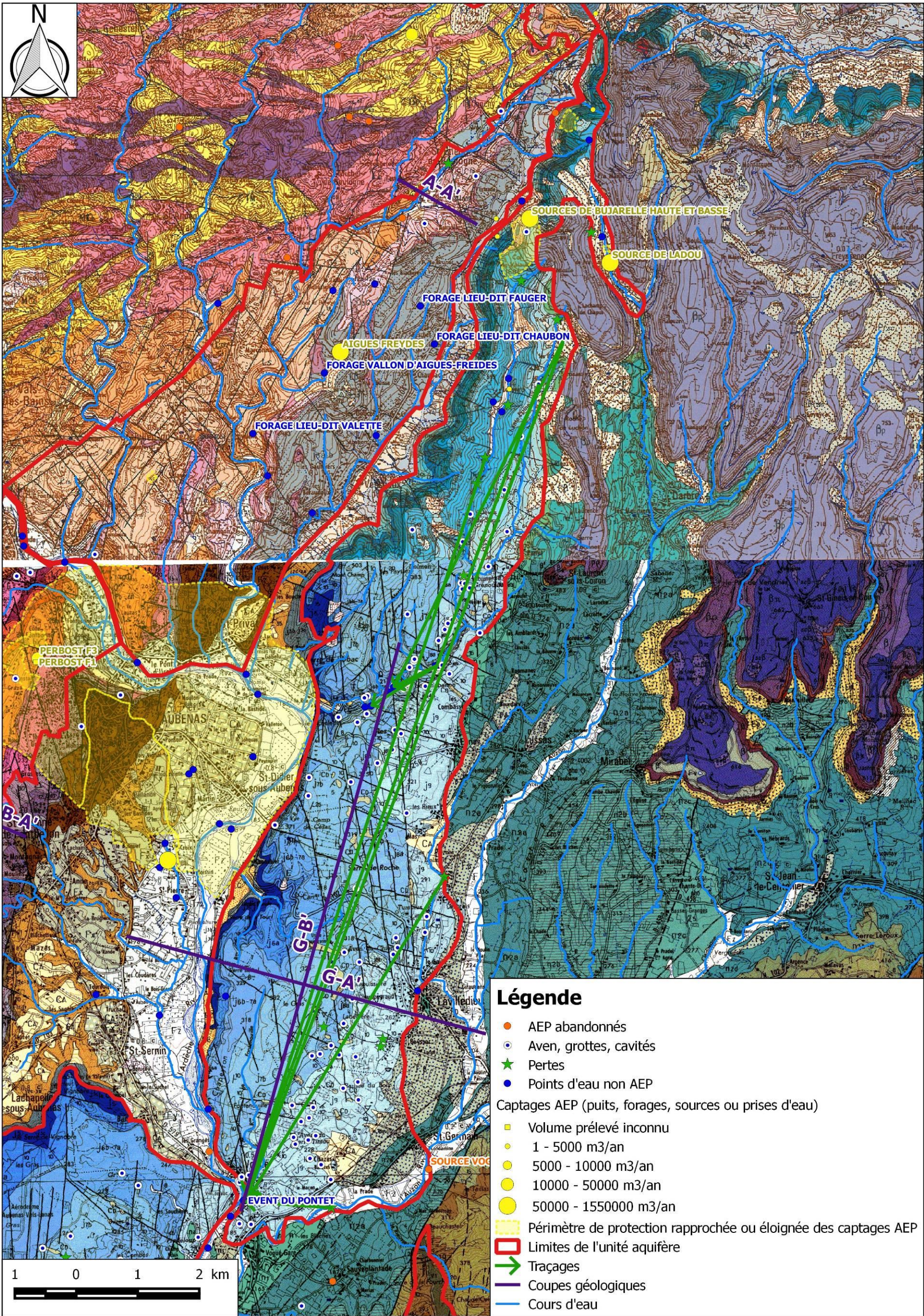


Figure 33 : limites de l'unité karstique Nord Vogüé sur fond géologique

2.4.2. Hydrogéologie

La karstification au sein de l'unité Nord Vogüé est surtout bien développée, d'une part, dans le Tithonique et le Kimméridgien supérieur, et d'autre part, dans l'Oxfordien terminal et le Kimméridgien basal, offrant ainsi de nombreux écoulements souterrains mis en évidence par plusieurs traçages. La partie intermédiaire située dans le Kimméridgien moyen et inférieur agirait comme une zone de transition.

Géographiquement, cette unité karstique peut être scindée en deux parties :

- Au Nord d'une ligne Aubenas-Lussas, le domaine de deux vallées karstiques quasi-parallèles dont les cours ne sont pas pérennes, la Louyre et l'Eyrolle, sièges de pertes vers le réseau karstique souterrain ; Cette zone amont joue un rôle essentiel de collecte des eaux météoriques et sous-basaltiques.
- Au Sud de cette ligne, un vaste plateau, celui des Gras, dont à la surface, s'ouvrent de nombreux avens profonds d'une soixantaine de mètres (jusqu'à 260 m NGF) mais sans accès direct à l'écoulement karstique souterrain. L'hypothèse générale est celle de l'existence d'un ou plusieurs réseau(x) karstique(s), de grandes dimensions, jouant le rôle de collecteur(s) et véhiculant les eaux souterraines jusqu'à l'Ardèche (niveau de base situé entre 150 et 200m NGF). Bayle pense également qu'au-delà de la Baume de Chabanne, le karst profond est probablement, et d'une manière générale, noyée jusqu'à Vogüé. Il pourrait également s'étendre plus au sud de Vogüé.

La vallée de la Louyre :

La vallée de la Louyre est la vallée située la plus à l'Ouest, elle commence au col de Valaurie (653 m d'altitude) et s'étend sur environ 5,7 km jusqu'à sa confluence avec la vallée de l'Eyrolle (339 m d'altitude). D'un point de vue hydrologique, la vallée de la Louyre peut être subdivisée en trois parties :

- Une zone amont située entre le col de Valaurie et le hameau de Louyre qui correspond à une zone de drainage de sources. C'est dans cette zone que résurgent les sources de la Louyre au contact des marnes du Callovien étanches. La zone d'alimentation englobe les basaltes au Nord.
- Une zone intermédiaire située en aval du hameau de Louyre et jusque dans le secteur de la grotte du Câble. Il s'agit d'une zone de pertes (Glou-glou, Calistou) où le ruisseau de la Louyre est majoritairement souterrain en dehors des périodes de crues.
- Une zone aval située entre le secteur de la grotte du Câble et la confluence de la Louyre avec l'Ardèche caractérisée par la présence de quelques résurgences quasi-permanentes (Event des Poubelles) et des trop-pleins temporaires (Baume de Chabanne). Les émergences temporaires

sont conditionnées par l'intensité des crues et la qualité de connexion avec le réseau souterrain.

L'ensemble des eaux drainées puis infiltrées dans la partie amont de la vallée de la Louyre emprunterait un « drain karstique » qui passerait au droit de la grotte du Câble. L'abîme Valérie est le seul accès profond mais partiel vers ce système souterrain.

La vallée de l'Eyrolle :

La vallée de l'Eyrolle est plus haute en altitude, elle débute au droit de l'aven des Blaches vers 700 m d'altitude et rejoint la Louyre à l'Ouest de Saint-Laurent-sous-Coiron.

Le collecteur souterrain de cette zone est reconnu depuis l'aven des Blaches et la Combe Rajeau qui drainent les pertes de l'Eyrolle en surface. Il est cependant possible que ce collecteur démarre plus au Nord sous les basaltes.

L'eau souterraine emprunte donc un parcours d'au moins 16 km au travers de ce système karstique vauchusien jusqu'au seul exutoire identifié, à ce jour, à Vogüé : les sources du Pontet (4 sorties dont les événements n°1 et N°3 majoritaires+ sortie sous-alluviale en contre bas du pont), et de manière plus modeste, les sources des Estugnes, dont il est démontré qu'elles fonctionnent comme un trop-plein des premières.

2.4.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

L'alimentation de cette unité karstique se fait :

- Par infiltration directe des précipitations sur les affleurements du Kimméridgien supérieur – Tithonique ;
- Par infiltration directe des précipitations sur les affleurements de l'Oxfordien terminal au Kimméridgien moyen de la partie Ouest du plateau ;
- Lors des périodes de fort ruissellement, d'une part, par perte dans les avens situés au Nord de la vallée du ruisseau de Louyre, et d'autre part, par perte partielle du ruisseau de l'Eyrolle dans l'aven des Blaches ; ce ruisseau est issu du plateau basaltique proximal du Coiron (secteur La Girolle, Combe Male) qui repose sur ce secteur *ad minima* sur les calcaires argileux berriasiens, voire sur les marnes valanginiennes ;
- Par infiltration indirecte des précipitations sur une partie des affleurements basaltiques plus distaux, situés entre le col de l'Escrinet au Nord et une ligne Col de Valaurie – Boulaigue – Prévieux : en effet, sur cette extrémité septentrionale du massif du Coiron, barrée au sud par les marnes valanginiennes, une partie des eaux précipitées sur la carapace basaltique s'infiltrer et rejoint plus ou moins rapidement les calcaires jurassiques karstifiés sous-jacents. Ces eaux infiltrées donnent naissance :

- à des sources infra-basaltiques, vers l'Ouest, dans la vallée de l'Ouvèze dont les plus connues sont les sources de Verdus pour l'alimentation en eau potable de Privas ;
- A au moins une émergence, la source de Ladou, au Sud, localisée au contact entre les calcaires jurassiques et les marnes valanginiennes ; cette source est utilisée pour l'alimentation en eau potable par le syndicat Olivier de Serre ;
- Des fuites probables du système karstique jurassique situé sous la carapace volcanique, en direction de l'Ouest et qui sont susceptibles d'alimenter l'unité karstique Nord Vogüé.

En effet, nous faisons l'hypothèse d'une ligne de partage des eaux de direction globalement Nord-Sud du système karstique jurassique situé sous la carapace basaltique dans cette zone la plus septentrionale du massif coironique. Cette limite, dont le tracé est aujourd'hui inconnu, mais probablement variable en fonction des conditions hydrologiques, délimiterait :

- vers l'Est, les écoulements en direction de la vallée de l'Ouvèze,
 - vers l'Ouest, les écoulements en direction de l'unité Nord Vogüé.
- Enfin, à l'extrême aval du système, l'unité Nord Vogüé reçoit une partie des pertes de l'Auzon, et celles du Bourdary, ce qui représente un apport d'eau issu du ruissellement sur les marnes du Berriasien-Valanginien. Cet apport d'eau est conséquent car les bassins versants concernés sont importants, et il est extérieur au système karstique, ce qui confère le type binaire à l'unité karstique Nord-Vogüé.

Ce karst binaire est drainé par des sorties temporaires dans la vallée de la Louyre, à l'occasion des épisodes pluvieux d'une certaine importance ; cette part d'alimentation est alors perdue pour le système karstique et les grosses sorties pérennes représentées par les sources du Pontet, localisées dans la vallée de l'Ardèche au niveau de la cluse de Vogüé.

Ces sources se présentent sous la forme de 2 groupes :

- Les Estugnes (Nord et Sud) situées dans le village : il s'agit de sources qui débordent lors des crues et semblent correspondre à un nouveau trop-plein du système karstique dans la zone aval. Elles sont plus ou moins canalisées à l'intérieur du village et sortent sous les remparts bordant l'Ardèche. Les deux vasques correspondantes seraient en équilibre avec les eaux de l'Ardèche car d'après Gombert, elles répondraient rapidement aux variations de niveau de l'Ardèche lors des lâchers d'eau.
- Les sources du Pontet situées au Sud du village (Figure 34) : elles s'échelonnent le long de la falaise en 4 sorties distinctes en période de crue, mais une seule est encore active à l'étiage. Une troisième sortie sous-alluviale temporaire est identifiée en période de crue à une centaine de mètres après le pont SNCF.



Figure 34 : localisation des émergences du Pontet

Les réseaux karstiques sont nombreux sur le plateau des Gras et au droit de l'unité karstique Nord Vogüé en général. Les principaux ont été recensés par le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche (Tableau 4 et Figure 35), les coupes de ces réseaux sont disponibles en annexe du rapport.

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Écoulement	Fonctionnement	développement (m)	dénivelé (m)
Auzon	Saint-Germain	NON	permanent	perte		
Blaches	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	perte	2100	-110
Bourday	Lavilledieu	NON	?	perte	0	
Bujarelle	Saint-Etienne-de-Boulogne	NON	?	source	impénétrable	
Grotte du Câble	Lussas	OUI	permanent	source	2100	-43 / +40
Calistou	Saint-Laurent-Sous-Coiron			perte	8	
Baume de Chabanne	Lussas	OUI	temporaire	source	1010	-25 / +35
Chapuy	Lavilledieu		?	perte	100	-32
chasseur	Saint-Germain	OUI	temporaire	perte	850	-40
Echelette	Saint-Privat	OUI	temporaire	source	80	-10
effondrement	Lavilledieu	NON	temporaire	perte	50	-10
Estugne nord	Voguë	OUI	permanent	source	135	-10
Estugne sud	Voguë	OUI	temporaire	source	150	-6
Fontenouille	Voguë		temporaire	source	impénétrable	
Grand Pré	Saint-Laurent-Sous-Coiron		temporaire	perte	2100	-181
Grenouilles	Lussas	OUI	temporaire	source	150	10
Grenouillettes	Saint-Laurent-Sous-Coiron		temporaire	perte	40	-36
Juste Prix	Saint-Laurent-Sous-Coiron		temporaire	perte	35	-10
Vieux Lavois	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	source	impénétrable	
Lavilledieu 1	Lavilledieu		?	source	8	-8
Lavilledieu 2	Lavilledieu		?	perte		
Louyre	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	source	impénétrable	
Louyre bis	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	source	4	
Moulin d'Artige	Saint-Etienne-de-Boulogne		permanent	source	impénétrable	
Pontet	Vogüé	OUI	temporaire	source	280	
Pontet pérenne (x3)	Vogüé	OUI	permanent	source	impénétrable	
pontet sous alluviale	Vogüé		temporaire	source	impénétrable	
Event des Poubelles	Lussas	OUI	permanent	source	100	
Pra Maillet (deux fiches)	Saint-Etienne-de-Boulogne		permanent	source	impénétrable	
Pra Maillet (deux fiches)	Saint-Etienne-de-Boulogne		?	perte		
Combe Rajeau	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	perte	11000	-250
Serre de la Prade	Saint-Etienne-de-Boulogne	OUI	permanent	source	90	
Seteras	Vogüé		temporaire	source	impénétrable	
Abyme Valérie	Saint-Laurent-Sous-Coiron	OUI	permanent	perte	1200	-60
Vidalet	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	perte	impénétrable	
village	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	source	impénétrable	
Perte du Gougrou	Saint-Laurent-Sous-Coiron		permanent	perte	qqes mètres	?

Tableau 4 : principaux réseaux karstiques de l'unité Nord Vogüé (CDS - 2015)

Le réseau de la Combe Rajeau est exceptionnel par son développement, sa profondeur et la morphologie de son drain. L'extrémité avale actuellement connue de ce réseau karstique atteindrait presque le mur de marnes imperméables de l'aquifère karstique (Audra – 2011).

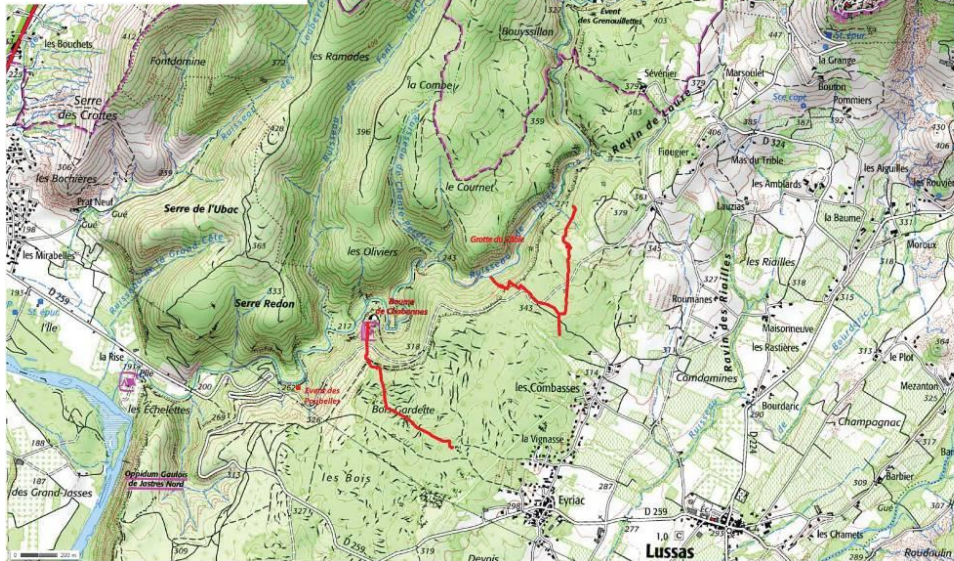
réseau spéléologique

Figure 35 : report des principaux réseaux spéléologiques de l'unité Nord Vogüé (CDS - 2015)

2.4.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Gombert a tracé une esquisse de carte piézométrique (Figure 36) basée sur l'altitude du plan d'eau observé dans chaque réseau, et en tenant compte d'un niveau de base karstique local représenté par l'Ardèche qui coule entre 180 et 150 m NGF. On y retrouve bien la dualité entre les zones amont et aval où les gradients hydrauliques valent respectivement 8% et 0,8%.

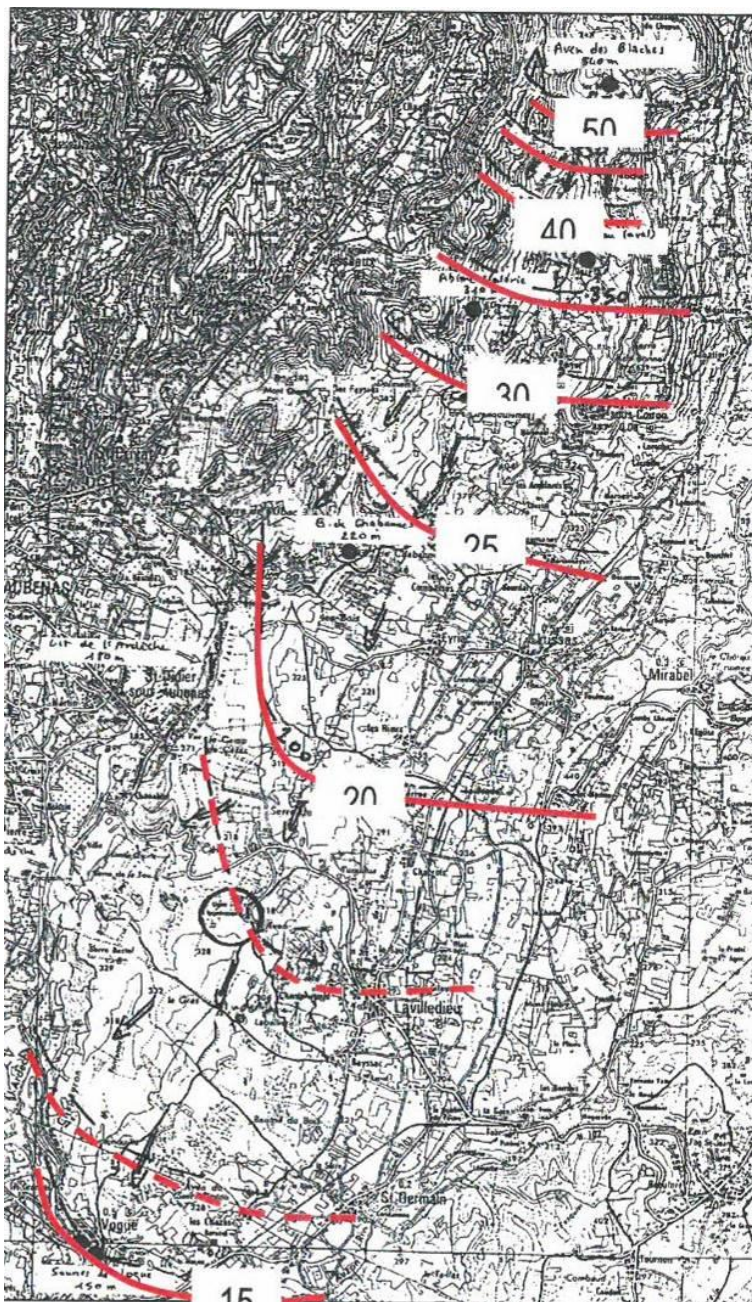


Figure 36 : esquisse piézométrique en amont des sources de Voqué (GOMBERT - 1991)

Le BRGM précise que le niveau piézométrique, en période de crue, doit alors s'établir sous la ZAC de Lavilledieu à environ 200-220 m NGF, soit 60 à 80m de profondeur, alors qu'il doit atteindre 100 à 130m de profondeur en période d'étiage.

2.4.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert

L'unité karstique Nord Vogüé est très peu exploitée et il n'existe aucun forage et résultat d'essai de pompage qui puisse permettre de préciser les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère.

En revanche, plusieurs expériences de traçages ont été mises en œuvre entre 1967 et 2003 (Tableau 5) :

- A l'hiver 1967, le Spéléo-Club d'Aubenas injecte 500g de fluorescéine aux pertes de l'Auzon ; le fluo-captateur placé à l'évent amont des sources du Pontet est fortement positif tandis que celui placé à l'aval est faiblement positif. La vitesse de transfert n'est pas calculable par manque de précision sur le temps de réapparition du traceur. Ce premier traçage fournit donc déjà une première limite du bassin d'alimentation des sources de Vogüé à l'aval du système.
- Le 12/01/1969, le Spéléo-Club d'Aubenas injecte 5kg de fluorescéine à l'aven des Blaches au droit du ruisseau souterrain jaugé à 80 l/sec ; le traceur ressort à la Baume de Chabanne, distante de 6,2 km, avec une vitesse calculée de 100m/h (62 heures). Les vitesses obtenues sont rapides et témoignent déjà de l'existence d'un drain collecteur principal.
- En 1982 (période hydrologique non précisée), 1 kg de fluorescéine sont à nouveau injectés à l'aven des Blaches. Des fluo-captateurs sont installés dans la vallée de la Louyre ; ils sont positifs à la Baume de Chabanne après passage à la Combe Rajeau, et aux Estugnes de Vogüé (48 heures en crue et 1 semaine en étiage ??) soit une vitesse déduite comprise entre 90 m/h à l'étiage et 310 m/h en crue ; le résultat est en revanche négatif à la source de la Louyre ce qui tend à démontrer l'indépendance du système "drain Louyre" vis-à-vis du "drain Eyrolle", en tous les cas dans sa partie la plus amont. Le passage du traceur à l'abîme Valérie évoqué par Courbis semble être remis en cause par le CDS07 pour trois raisons : aucune référence bibliographique ne mentionne ce traçage positif dans les documents du CDS, l'actif n'était pas connu à cette date et la position des drains par rapport aux pentes n'est pas concordante.
- La même année et à l'occasion de deux injections de fluorescéine espacées de 6 mois (2 puis 4kg de fluorescéine), le résultat est positif à la Baume de Chabanne ainsi qu'aux sources du Pontet. Le résultat est en revanche négatif au droit des sources de la plaine d'Aubenas, ainsi qu'aux résurgences de l'Echelette (basse vallée de la Louyre) et des Estugnes de Vogüé. Ces résultats permettent d'avancer l'hypothèse de l'indépendance des Estugnes (résurgences temporaires en hautes eaux ?) et du Pontet (résurgence pérenne).
- Le 29/09/1997, EKS injecte 10kg d'iodure de potassium à la perte du ruisseau du Bourdary ; le traceur est détecté après des précipitations (35mm) qui engendrent une crue de l'Ardèche avec

une courbe de restitution multimodale (piège d'une partie du traceur ou cheminement secondaire) ; la vitesse moyenne de transfert est estimée à 30 m/h.

- Enfin au cours de l'étiage exceptionnel de 2003, un multi-traçage réalisé par le CERGA[8](injection de 13kg de fluorescéine à la Combe Rajeau (partie aval) et injection de 3kg de sulforhodamine dans le siphon aval de la grotte du câble) amène les résultats suivants :
 - Fluo-capteur négatif à la grotte du câble (siphon amont) et à la source face Chabanne qui tendrait à confirmer l'indépendance de ces points de suivi avec le "drain Eyrolle" ; le CDS précise néanmoins que la grotte du câble a peut-être été refermée trop tôt, avant le passage du traceur ;
 - Fluo-capteur positif à la sulforhodamine et négatif à la fluorescéine à la source des Poubelles (vallée de la Louyre) ce qui tendrait à confirmer l'interconnexion Grotte du câble – Vallée de la Louyre mais l'indépendance "drain Louyre" et "drain Eyrolle" ;
 - Fluo-capteurs positifs mais faibles en sulforhodamine et fluorescéine aux Estugnes Nord, traces de fluorescéine aux Estugnes Sud ; ces deux sources ne seraient donc pas situées sur la direction principale d'écoulement ;
 - Enfin, le fluorimètre installé aux sources du Pontet détecte les deux traceurs sulforhodamine et fluorescéine respectivement après 23 et 26 jours, soit une vitesse de transfert apparente de 13 m/h. Les traceurs sont en réalité ressortis après les premières pluies ce qui pourrait augmenter la vitesse de transfert jusqu'à 120 m/h. Enfin, l'allure des courbes de restitution pose questions : celle de la courbe de la sulforhodamine tend à montrer un passage très rapide du traceur (montée en 2 jours jusqu'au pic puis redescende tout aussi rapide avec plus rien après 4 jours) alors que pour la fluorescéine, il est observé une montée rapide en deux jours pour atteindre le pic puis une trace résiduelle qui reste importante après 6 jours (50% du pic), le suivi ayant été stoppé avant le passage complet du traceur.

Les traçages réalisés jusqu'à ce jour n'apportent aucune information sur la contribution des pertes de la Louyre au système.

A l'étiage 2003, le débit des sources de Vogüé dans leur ensemble est évalué par Gombertaux environ de 125 l/s +/- 15 l/s par la méthode des jaugeages chimiques des traceurs naturels. Cette mesure semble être cohérente avec la valeur de 156 l/s fournie par le débit spécifique en période d'étiage quinquennal calculé à partir du QMNA5 de l'Ardèche (donnée DIREN) et des bassins versants de l'Ardèche et des sources de Vogüé (60 km²).

Points d'eau	déc-67	janv-69	1982	1982	sept-97	août-03	août-03
Pertes de l'Auzon	500gr						
Pertes du Bourdary					10kgs		
Aven des Blaches		5kgs	1kg				
Source de la Louyre							
La Combe Rajeau				2 et 4kgs		13 kgs	
La Grotte du Câble							3 kgs
Baume de Chabanne		100m/h					
Source face Chabanne							
Source des Poubelles							
Echelette							
Les Estugnes Nord			90-310 m/h			Faible	Faible
Les Estugnes Sud			90-310 m/h			Traces	
Sources du Pontet					30m/h	13-120m/h	
Sources plaine d'Aubenas							

Tableau 5 : récapitulatif des traçages réalisés entre 1967 et 2003 sur l'unité karstique Nord Vogüé

2.4.3. Appréciation du potentiel quantitatif

L'unité karstique Nord Vogüé est très peu exploitée pour l'alimentation en eau potable qui représente, à notre connaissance l'unique usage de cette ressource karstique actuellement. Le potentiel est donc d'autant plus difficile à quantifier.

Les trois captages AEP connus sont tous situés à l'extrémité Nord de l'unité, il s'agit :

- De la source de Ladou, située sur la commune de Saint-Laurent-sous-Coiron, à 5 km au Nord-Nord-Est du chef-lieu. Il s'agit en réalité d'une source infra-basaltique composée de deux résurgences karstiques qui se trouvent en fond de vallée au niveau du ruisseau de Pra-Maillet. Elle est séparée des Gras ardéchois à l'Ouest par une langue basaltique (Combe Male). Cette source émerge au droit d'une faille de direction Sud/Ouest-Nord/Est mettant en contact les calcaires du Tithonique avec les marnes valanginiennes, il s'agit donc d'une source de débordement du karst (Figure 37). L'essentiel du débit est délivré par un aven ainsi qu'une zone de calcaires fracturés et lapiazés.

Dans un contexte hydrogéologique similaire, il existe aussi les sources de Fontfreyde et de Bouleigue sur la commune de Darbres justes au Nord-Est de Ladou (hors domaine d'étude). Ces deux sources seraient cependant caractérisées par la présence d'un karst alimenté superficiellement (forte variabilité du débit et vitesse circulation par chenaux d'environ 50m/h). Le karst dans lequel a évolué la source du Ladou et celui dans lequel ont évolué les sources de Fontfreyde et Bouleigue seraient parfaitement indépendant. Selon J-C. Grillot, il pourrait s'agir en fait de deux réseaux ayant évolués parallèlement dans deux vallées voisines. On peut donc faire

l'hypothèse d'une karstification continue sous cette unité basaltique entre la vallée de la Louyre et le ruisseau de Pra Maillet.

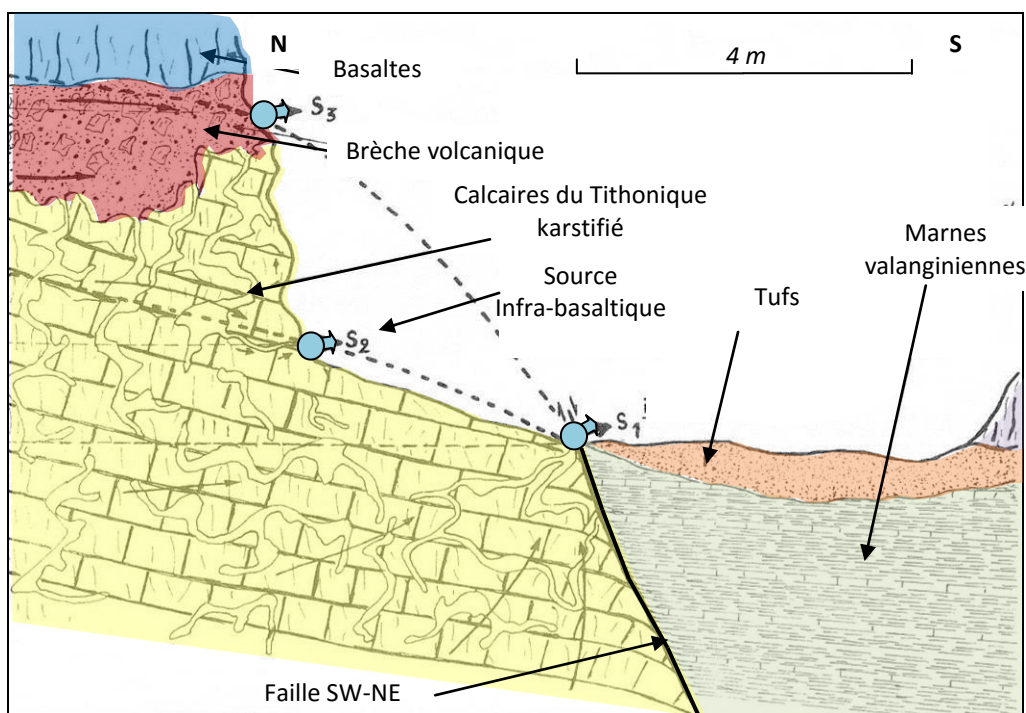


Figure 37 : schéma du fonctionnement de la source de Ladou (IDEES-EAUX – 2015 d'après GRILLOT – 1972)

Depuis 2003, les débits ponctuels mesurés sur cette source sont compris entre 8,6 m³/h (débit d'étiage le 03/09/2014) et 57,6 m³/h (hautes eaux le 24/02/2014). Le captage est délimité par 3 périmètres de protection dont un PPE de surface très réduite qui ne peut en aucun cas correspondre au bassin d'alimentation du captage. Une évaluation récente de celui-ci dans le cadre d'une étude sur les Coirons donnerait un bassin d'alimentation compris entre moyennes et basses eaux entre 0,21 et 1,8 km², soit une enveloppe élargie de l'ordre de 2 km² sur la base des connaissances actuelles, alors que la surface du périmètre de protection éloignée est seulement de l'ordre de 6 hectares.

- De la source de la Louyre, située sur la commune de Saint-Laurent-sous-Coiron également et qui alimente le hameau de Louyre (7 habitations). Cette source est localisée dans les calcaires grumeleux du Kimméridgien moyen et inférieur, à l'Ouest des affleurements du Tithonique, c'est ce qui explique son débit bien plus faible (débit d'étiage : 100 l/heure).
- Des sources de Bujarelles (haute et basse) situées sur la commune de Saint-Etienne-de-Boulogne mais utilisées pour l'alimentation en eau potable de Vessey. Ces sources sont localisées, d'une part dans le Callovien (Bujarelles basse) et d'autre part dans les calcaires du Kimméridgien

inférieur/Oxfordien supérieur (Bujarelles haute). Le débit d'étiage de l'ensemble des sources de Bujarelles serait de l'ordre de $5,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Au-delà de ces trois ressources localisées en amont de l'unité karstique et finalement représentative d'une zone qui ne reflète pas totalement les capacités réelles de cet aquifère karstique, les sources du Pontet forment l'exutoire principal connu de l'unité Nord Vogüé.

L'importance de l'impluvium karstique ($45 \text{ à } 60 \text{ km}^2$) alliée aux fortes précipitations induites par le relief des Coirons ($> 1000 \text{ mm}$) et à une infiltration des pertes de l'Auzon (vaste bassin versant) et dans une moindre mesure celles du Bourdary, laisse supposer un potentiel important chiffré à 19 millions de m^3 par an, soit un débit de fuite de l'ordre de 500 l/sec en moyenne annuelle [9].

Le débit des sources de Vogüé lors de l'étiage sévère de 2003 a été évalué, par jaugeage sur l'Ardèche à 120 l/sec [8].

Les réserves profondes de ce karst sont peu connues mais sont évaluées à quelques dizaines de millions de m^3 .

2.4.4. Echanges nappe/rivière

Dans la zone amont de l'unité karstique Nord Vogüé, les cours d'eau tels que la Louyre et l'Eyrolle n'ont pas de lien direct avec la zone noyée mais contribuent, par leurs pertes, à l'alimentation indirecte de celle-ci dans la zone amont de l'unité.

La Louyre joue néanmoins momentanément le rôle de niveau de base pour les écoulements localisés dans les calcaires de transition du Kimméridgien moyen et inférieur. En effet, du fait des pertes jalonnant son cours vers l'aval, ce ruisseau n'est pérenne que sur 1 à 2 km en aval du hameau de Louyre en période d'étiage.

A l'Ouest, les faciès marneux de la base du Jurassique s'opposent à toute perte de l'Ardèche vers l'unité karstique Nord Vogüé. En revanche, l'Ardèche et la Louyre dans sa partie aval, drainent les écoulements en période de crue.

A l'Ouest et au Sud, les entrées d'eau karstiques dans l'Ardèche sont manifestes dès sa sortie des terrains cristallins et gréseux avec une augmentation notable de part et d'autre du site de Vogüé.

A l'Est, les eaux superficielles drainées par l'Auzon et le Bourdary participent à la recharge de l'unité karstique.

2.4.5. Qualité des eaux

Gombert a utilisé les résultats d'une cinquantaine d'analyses d'eau publié en 1975. Il indique que :

- Le faciès des eaux de la source de Louyre est intermédiaire entre celui des eaux externes (pluie et basaltes) et les eaux karstiques ; ce faciès traduit un début de minéralisation carbonatée des eaux qui pénètrent dans le karst par la voie météorique ou sous-basaltique.
- Les eaux de la grotte de Chabanne présentent un faciès nettement bicarbonaté calcique qui correspond bien à l'origine purement karstique (pas de mélange) ;
- Les eaux de Vogüé ont une position complexe qui traduit un enrichissement en sulfates, chlorures et dans une moindre mesure en calcium, magnésium et bicarbonates ; il pourrait alors s'agir d'eaux contaminées par une forte proportion d'eau de ruissellement sur terrains marneux. Cette observation corrobore l'existence des relations prouvées par traçages entre les pertes du Bourdary et celles de l'Auzon, cours d'eau qui lessivent les marnes crétacées avant de se perdre partiellement dans le karst jurassique de l'unité Nord Vogüé.

Des mesures de conductivité réalisées en différents points d'eau de l'unité karstique montrent cette évolution : Source de Ladou (140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en moyenne), source de la Louyre (388 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Sources du Pontet (510 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

2.4.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions/Prélèvements

La zone très karstifiée de la moitié Est du plateau des Gras est le siège de temps de transfert très courts entre la surface et l'exutoire de Vogüé (quelques dizaines d'heures) avec des dilutions faibles, alors que la zone fissurée et moins karstifiée de la moitié Ouest est sensiblement moins pénétrable. La vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère karstique est donc considérée comme élevée.

Concernant l'occupation des sols (Figure 38 et Tableau 6), l'unité karstique Nord Vogüé est majoritairement occupée par les landes, les broussailles et les forêts de feuillus. De manière plus marginale, des forêts de conifères occupent l'extrémité Nord-Ouest, alors que le Sud-Est, dans la basse vallée de l'Auzon, est caractérisé par la présence des vignobles et des vergers.

Type d'occupation des sols	Surface (km²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,93	2,04%
121 : Zones industrielles et commerciales	0,58	1,28%
131 : Extraction de matériaux	0,61	1,33%
221 : Vignobles	3,21	7,02%
231 : Prairies	0,44	0,97%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	0,54	1,17%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	0,23	0,49%
311 : Forêts de feuillus	9,56	20,89%
312 : Forêts de conifères	2,40	5,24%
313 : Forêts mélangées	0,34	0,75%
321 : Pelouses et pâturages naturels	0,73	1,60%
322 : Landes et broussailles	21,13	46,20%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	5,04	11,03%
	45,74	100,00%

Tableau 6 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Nord Vogüé

Les prélèvements, tout usages confondus, sont peu nombreux sur l'unité karstique. Les captages AEP se concentrent à l'extrémité Nord de l'unité.

Concernant la pression industrielle (Tableau 7), il est dénombré 15 installations classées concentrées sur la zone industrielle de Lavilledieu, installations majoritairement soumises à autorisation. On y compte entre autres, une carrière de granulats, des activités de récupération de déchets triés et urbains et une activité de stockage de produits dangereux.

Etablissement	commune	Activité	classement
FLORENTAISE - TERRE ET NATURE	LAVILLEDIEU	52.10B. Entreposage et stockage non frigorifique	A. Soumis à Autorisation
SALAISONS DE JASTRES	LAVILLEDIEU	B17. Autres industries agro-alimentaires	E. Enregistrement
SPA LES AMANDIERS	LAVILLEDIEU		A. Soumis à Autorisation
ANDRE CHARRE ET FILS SARL	LAVILLEDIEU	16.10A. Sciage & rabotage bois, sf imprégnation	A. Soumis à Autorisation
ARDECHE ENROBES	LAVILLEDIEU	23.99Z. Fab. aut. prod. minéraux non métal. nca.	A. Soumis à Autorisation
ART DES CHOIX EN GRANULATS (ADCEG)	LAVILLEDIEU	08.12Z. Exploit. gravière & sabl., extr. argile	A. Soumis à Autorisation
ART DES CHOIX EN RECYCLAGE SARL (ADCER)	LAVILLEDIEU	38.32Z. Récupération de déchets triés	A. Soumis à Autorisation
FLORENTAISE	LAVILLEDIEU		A. Soumis à Autorisation
PLANCHER	LAVILLEDIEU	38.32Z. Récupération de déchets triés	A. Soumis à Autorisation
PLANCHER ENVIRONNEMENT	LAVILLEDIEU	38.32Z. Récupération de déchets triés	A. Soumis à Autorisation
RECYCLAGE AUTOS PIECES SARL	LAVILLEDIEU	K5. Récupération, depots de ferrailles	E. Enregistrement
SIDOMSA	LAVILLEDIEU	K2. Traitement de déchets urbains	A. Soumis à Autorisation
SMTV	LAVILLEDIEU	08.11Z. Extr. pierre ornement. & construct. etc.	A. Soumis à Autorisation
SOCIETE D'ENROBAGE DE L'UZEGE (S.E.U.)	LAVILLEDIEU	G22. Centrales d'enrobés	A. Soumis à Autorisation
SOGETREL SAS	LAVILLEDIEU	L13. Entrepôts de produits dangereux	A. Soumis à Autorisation

Tableau 7 : installations classées et sites industriels recensés sur l'unité karstique Nord Vogüé

Le plateau de Lavilledieu surplombe les sources de Vogüé, confère une forte vulnérabilité dans la partie aval de l'aquifère karstique, et oblige à prévoir d'orienter de futurs travaux exploratoires en amont de cette zone d'activité.

Il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé sur cette unité.

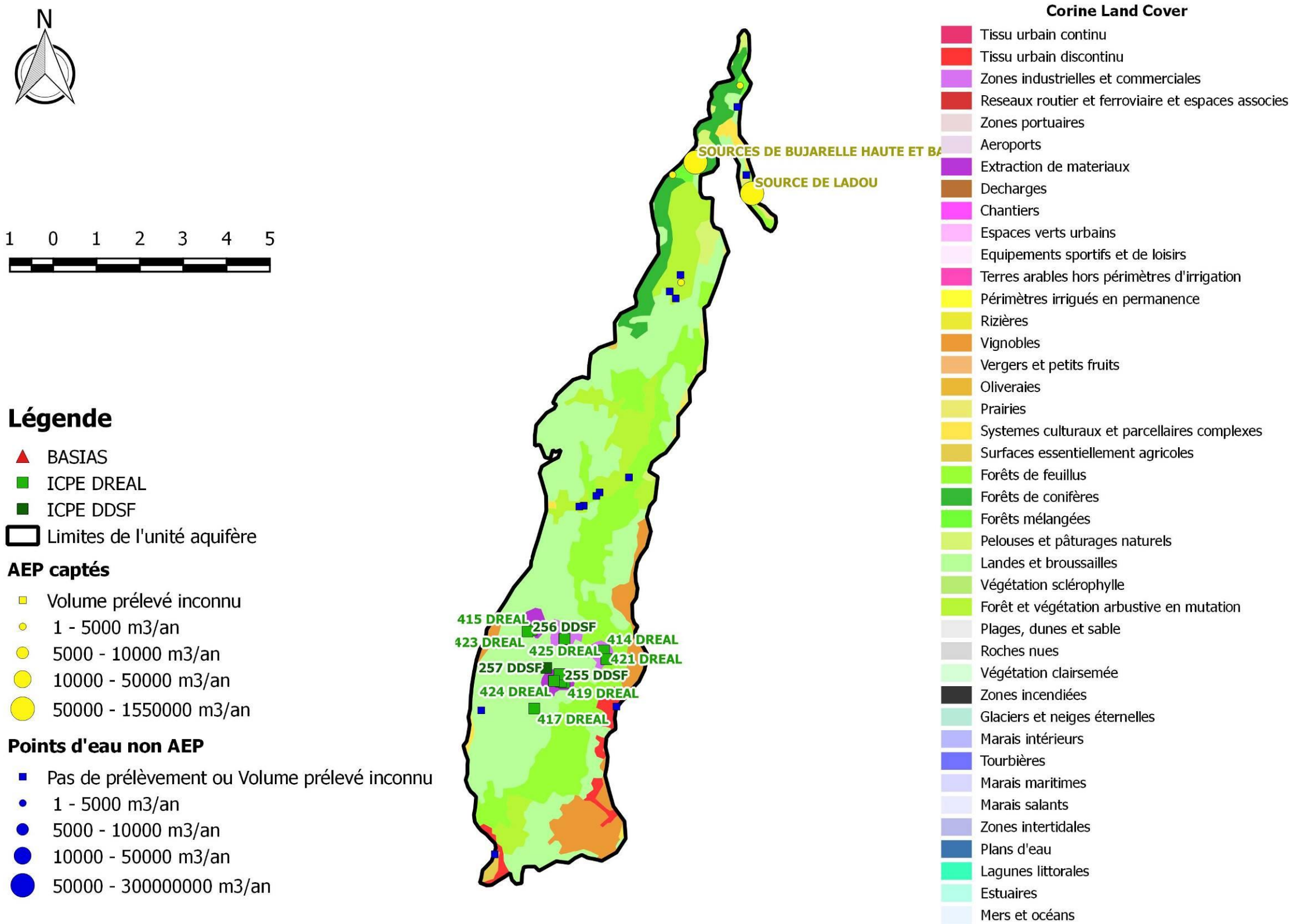


Figure 38 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Nord Voqué

2.5. L'unité Sud-Vogüé

2.5.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité karstique Sud Vogüé est composée des calcaires et calcaires marneux du Jurassique supérieur (Malm) qui présentent le même type de pendage que sur l'unité Nord Vogüé. Elle ne forme pas un réservoir aquifère continu car elle est scindée en deux sous-unités par l'entaille des gorges de la Ligne.

Ses grandes limites sont les suivantes (Figure 39) :

- A l'Est, le niveau de base de l'Ardèche qui, après la cluse de Vogüé, draine un karst qui devient perché après Servièrre, l'Ardèche l'entaillant de plus en plus profondément en direction du Sud ;
- Au Nord et à l'Ouest, les affleurements des marnes du Callovien qui constituent également le mur de l'aquifère karstique ;
- Au Sud la vallée de la Baume.

Les limites sont considérées comme bonnes.

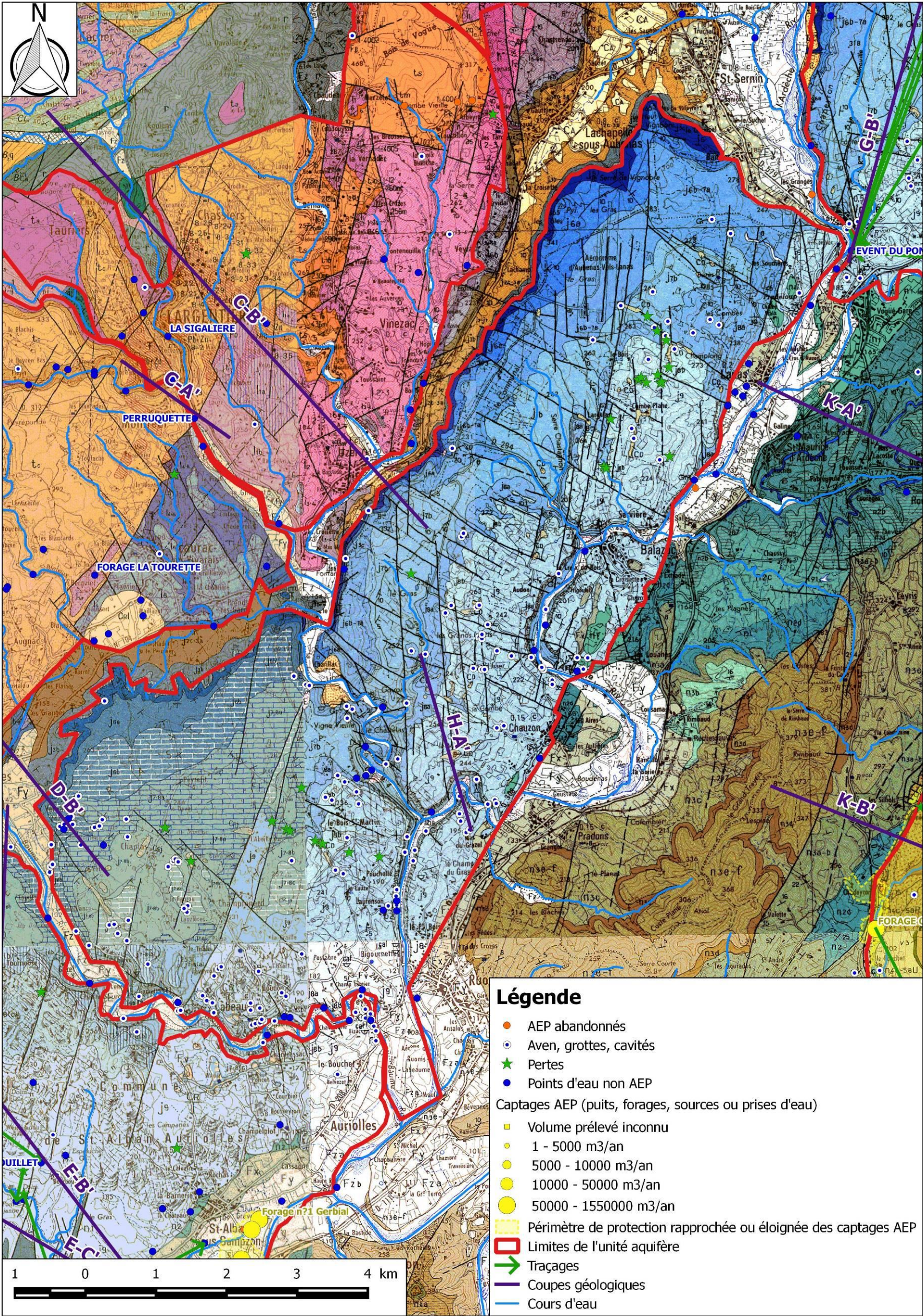


Figure 39 : limites de l'unité karstique Sud Vogüé sur fond géologique

2.5.2. Hydrogéologie

L'unité karstique Sud Vogüé a une surface totale de l'ordre de 50 km² mais englobe seulement 23 km² de calcaires tithoniques. Elle est fragmentée en deux sous-unités karstiques par l'entaille des gorges de la Ligne :

- Le karst compris entre la cluse de Vogüé et la vallée de la Ligne : il s'agit d'un karst pelliculaire qui devient rapidement perché par rapport à l'Ardèche dans la région de Servièr. D'une superficie de l'ordre de 14 km² (plateau de Lanas et plateau de Chauzon), il se développe principalement sur 40 à 60 m de calcaires tithoniques. Il est majoritairement drainé par des émergences situées le long de la vallée de l'Ardèche qui l'entaille de plus en plus fortement jusqu'à faire émerger les sources dans la partie inférieure pourtant réputée moins perméable ; les principales émergences sont localisées au droit des failles (source du Cirque de Chauzon, sources de Lanas, source des Estinettes, source du Viel Audon), principalement orientées Nord 10-20° mais aussi au droit de petits accidents Nord 50°.
- Le karst compris entre les vallées de la Ligne, de l'Ardèche et de la Baume (plateau de Labeaume) : ce karst de 9 km² est peu intéressant sur le plan des ressources karstiques, il se subdivise en :
 - une zone où les calcaires sont perchés par rapport aux rivières (Figure 40) et où ils existent plusieurs émergences dont les sources du Pêcher et des Défilés qui possèdent toutes les deux une sortie haute et une sortie basse ;
 - Une zone où les calcaires sont au niveau des rivières et où il n'y a pas de sources mais un faible débit temporaire de suintement.

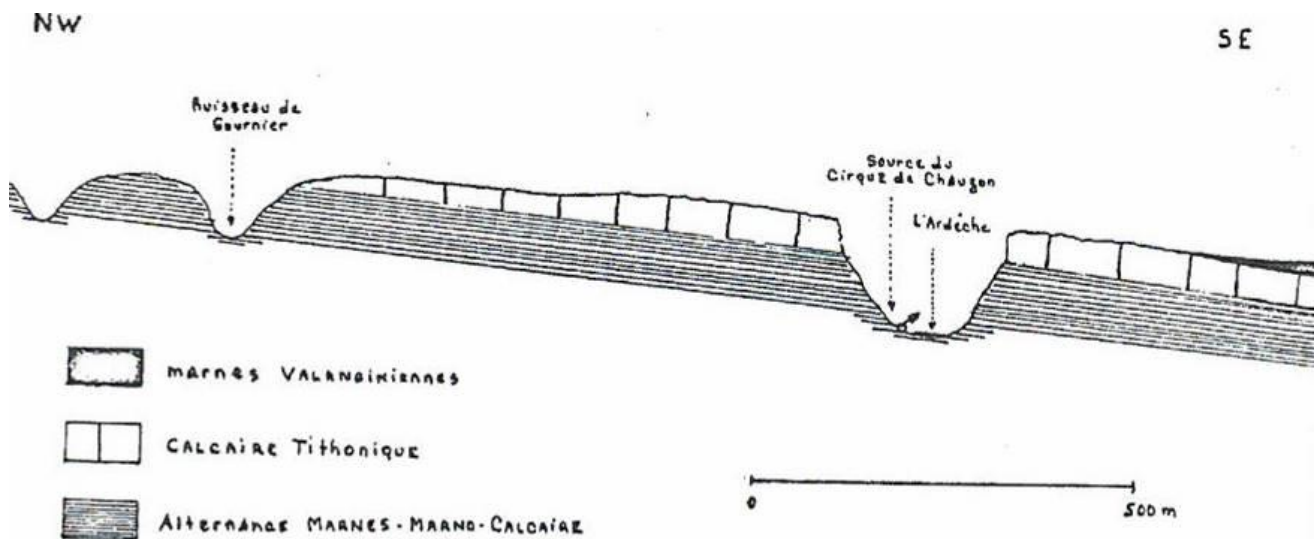


Figure 40 : coupe HC' du karst au niveau du cirque de Chauzon (Pascal - 1970)

L'unité karstique Sud Vogüé accueille quelques réseaux karstiques, notamment sur le plateau de Labeaume. Les principaux phénomènes karstiques ont été recensés par le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche (Tableau 8 et Figure 41). Les coupes de ces réseaux sont reportées en annexe.

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement recoupé	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Balazuc	Aulagners (exsurgence des)		permanent	résurgence	6	-8
Balazuc	Beaussement (grotte de)	OUI	temporaire	trop plein	800	-7/+33
Balazuc	Chadenas (perte n°1 de)		permanent ?	perte	15	-15
Balazuc	Fabregoule (aven de)	OUI	permanent	perte	300	-40
Balazuc	Vieil audon (source du)	OUI	permanent	résurgence	0	
Balazuc	Aval Vieil Audon (source)		temporaire	source	0	
Chauzon	Baumes (résurgence des)		presque permanent	résurgence	0	
Chauzon	Bonheur (trou du)	OUI	temporaire	exsurgence	150	-11/+15
Chauzon	Chaudonnes (source des)		temporaire	source	0	
Chauzon	Grande Baume (grotte n°1 de la)	4	temporaire	source	410	-5
Chauzon	Grande Baume (riv. Sout. En amont de la)			écoulement	0	
Chauzon	Grands Issarts (aven n°3 des)			perte	40	
Chauzon	Virage (perte)		temporaire	perte	50	-15
Chauzon	B1 (Perte)		temporaire	perte		-15
Chauzon	Syrah (aven)	OUI	temporaire	perte	1220	-25/+19
Chauzon	Cirque des Gens (source)			source	0	
Chauzon	Gournier (source)			source	0	
Chauzon	Turelure (Source)		temporaire	exsurgence	10	-2
Labeaume	Abeille (perte n°1 de l')			perte	0	
Labeaume	Bedouir (résurgence du)	5	permanent	trop plein	1400	-3
Labeaume	Chamontin (grotte n°1 de)	OUI	temporaire	trop plein	200	-3,6/+10
Labeaume	Crânes (trou des)		temporaire	perte	350	-23/+11
Labeaume	Croix de la mission (perte de la)			perte	47	-9
Labeaume	Eboulement (sourcede l')			source	0	
Labeaume	Espinassière (aven de l')				250	-20
Labeaume	Faveyrolle (aven de)					
Labeaume	Fendant (perte du)	OUI		perte	20	-20
Labeaume	Labeaume (exsurgence n°1 de)			exsurgence	30	
Labeaume	Labeaume (rivière souterraine de)	4	temporaire	écoulement	1050	-30
Labeaume	Limonade (émergence de la)	3	permanent	trop plein	300	
Labeaume	Murier (perte du)			perte	10	-10
Labeaume	Pêcher (baume du)	13	permanent	résurgence	2623	-31/+41
Labeaume	Ranc Vidal (aven du)		permanent		70	-25
Labeaume	Roudezet (source du)	3	temporaire	résurgence	138	
Labeaume	Ruines (source des)			source	0	
Labeaume	Saint Rome (aven de)		temporaire	cheminée	108	-51
Labeaume	Sauvage (perte du)			perte	15	-15
Labeaume	Soldat (grotte du)			trop plein	250	-3/+18
Labeaume	Cascade (Event)		temporaire	source		-15
Labeaume	Cascade (grotte de la)		permanent	trop plein	1200	+/-30
Labeaume	Linsolas (aven)		temporaire			
Labeaume	L'hôpital (grotte)		permanent	trop plein	250	
Labeaume	Tufs (source des)	3	temporaire	exsurgence	300	7,5
Labeaume	Vernades (grotte)		temporaire		50	
Labeaume	Chapias (perte)		temporaire	perte	15	
Labeaume	Clos de Lorion (aven)		permanent		300	-30
Labeaume	Remène 1 (grotte)		permanent	trop plein	2037	
Labeaume	Remène 2 (grotte)		permanent	trop plein	150	
Labeaume	Remène 3 (grotte)		temporaire	trop plein		
Labeaume	Remène (source)		permanent	source	0	
Lanas	Byron (aven)		temporaire	perte		
Lanas	Estinettes (résurgence des)	2	temporaire	résurgence	575	-51/+10
Lanas	Figueyrasse (grotte de la)	3	temporaire	exsurgence	211	+12/-11
Lanas	Lanas (perte n°1 de)		temporaire	perte	200	-18
Lanas	Lanas (perte n°3 de)		temporaire	perte	250	-50
Lanas	Lanas (perte n°4 de)	OUI	temporaire	perte	300	-52
Lanas	Lanas (source n°1)	NON	permanent	source		
Lanas	Lanas (source n°2)	NON	temporaire	source		
Lanas	Lanas (source n°3)	NON	temporaire	source		
Lanas	Lanas (source n°4)	NON	temporaire	source		
Lanas	Lanas (source n°5)	NON	temporaire	source		
Lanas	Lanas (source n°6)	NON	temporaire	source		
Lanas	Papillon (grotte n°1)				70	-20
Lanas	Tracol (aven du)		temporaire	écoulement	100	-35

Tableau 8 : principaux phénomènes karstiques de l'unité Sud Voqué (CDS - 2015)

Sur le plateau de Lanas, le réseau lié à la résurgence des Estinettes est le plus remarquable.

Plus en amont, on observe quelques sources de trop-plein en hautes eaux et une sortie d'eau permanente au niveau du pont de Lanas qui enjambe l'Ardèche. La grotte de la Figueyrasse est une source temporaire. Sur le plateau, au lieu-dit des Favières, on observe une concentration de pertes temporaires qui présente une zone siphonnante non explorée à ce jour à la côte 167 m NGF, soit une vingtaine de mètres au-dessus du seuil de débordement des Estinettes. Cette zone semble propice à la mise en place d'un karst profond noyé, dont le potentiel reste à appréhender.

A l'aval de Balazuc, la source du Vieil Audon semble être en relation avec les pertes de l'aven de Fabregoule, qui présente un écoulement permanent à la côte 222 m NGF avec des zones siphonnantes. L'aven de Fabregoule peut s'envoyer, mais les vitesses d'écoulement restent « faibles », où en tout cas non suffisantes pour déplacer le matériel de pompage mis en place par le propriétaire.

La vallée sèche du Gournier commence son incision du plateau calcaire pour rejoindre la Ligne. Dans cette vallée, on trouve tout d'abord la Grande Baume qui se développe aux environs de la côte 170 m NGF mais dont le fonctionnement n'est pas clairement établi. En effet, deux sens d'écoulement y ont été observés à l'étiage. Vers le vallon de Gournier jusqu'au S3 et vers l'Ardèche au-delà.

L'aven Syrah est en relation avec la résurgence des Baumes distante de 70 m du terminus de l'aven.

En rive droite de l'Ardèche, après le Vieil Audon, on trouve tout d'abord la source des Aulagners malheureusement impénétrable, mais dont le débit cumulé de griffons est loin d'être négligeable. Légèrement en aval, la grotte de Beaussement s'ouvre au-dessus de l'Ardèche, mais son exploration a permis d'atteindre un siphon (encore non exploré) au niveau de l'Ardèche.

La source temporaire des Chaudonnes (impénétrable), au pied du village de Chauzon, semble drainer le plateau calcaire et pourrait être alimentée par la Grande Baume du vallon de Gournier à la faveur d'une faille visible sur le terrain.

Sur le plateau de Chauzon, on peut citer :

- La résurgence du Vieil Audon : sous éboulis, captée pour le hameau ; l'aven Fabregoule est une branche active du réseau dont le débit d'étiage est infime.
- Système Beaussement/Aulagners : la grotte de Beaussement a été explorée sur plus de 800 m et s'arrête pour l'instant sur un siphon. Elle n'est partiellement active qu'en crue ; un minuscule ruisseau sort à la base de l'entrée lors d'étiages pas trop sévères de moins de 1 l/mn. La relation avec l'exurgence des Aulagners (débit également infime à l'étiage) n'est pas prouvée mais les différents griffons qui jaillissent plus haut peuvent cumuler près d'un 1 m³/s en grosse crue.
- Aven Syrah : cette découverte du S.C.A. en 1995 est le drain principal temporairement actif qui résurge côté Ligne (ruisseau de Gournier) ; le débit d'étiage est évalué à moins de 1 l/s dans la source vaclusienne et le réservoir noyé est très faible (l'essentiel des galeries est en régime vadoso).

Le plateau de Labeaume s'étend ensuite depuis la Ligne jusqu'à la rivière la Baume. On observe un grand nombre de sources sur tout son pourtour. Dans la partie Nord, celles-ci sont perchées au-dessus de la Ligne (Cascade et Baume du Pêcher) puis de l'Ardèche (Limonade). La Baume du Pêcher est la plus importante. Elle développe 2,5 km de galerie sur un profil horizontal avec de nombreux siphons (10) dont le plus profond atteint la cote 118 m NGF (niveau du fil d'eau de la Ligne). Le terminus actuel de la cavité correspond en surface à une zone de perte dont la principale (explorée sur 20 m de profondeur) est toute proche.

A l'Ouest du plateau de Labeaume, la grotte de Rémène est à relier au Clos du Lorion tout proche. Cet ensemble semble drainer le nord du hameau de Chapias. On trouve ensuite la grotte de Baraille qui semble être en relation avec l'aven de l'Espinassière. On rentre ensuite dans les gorges de la Baume. La résurgence du Bédour développe environ 1,5 km et semble drainer la partie Sud du hameau de Linsolas à la faveur d'une faille.

Sur le plateau, au-dessus du village de Labeaume, se développe sur environ 1 km, la rivière souterraine de Labeaume à la cote 160 m NGF et draine le secteur de Champrenard. La sortie se situe sans aucun doute en rive gauche de la Baume en aval du village. Plus à l'aval, on trouve la source du Tufts qui draine le secteur du Ranc Vidal, puis la source du Redouzet qui draine le secteur de la Bigournette. La multitude de sources, qui semble drainer chacune une partie distincte du plateau de Labeaume, l'absence de zone noyée profonde (hormis la Baume du Pêcher) ne semblent pas propices à la mise en place d'un karst profond sur cette zone.

Dans le défilé de Ruoms, on trouve successivement :

- Le système Cascade/trou des Crânes : cavités très proches (1200 m et 300 m) temporairement parcourues par un ruisseau qui peut envoyer plusieurs parties ; le débit d'étiage est négligeable.
- La Baume du Pêcher : cavité la plus importante du plateau (+ de 2500 m), composée de nombreux siphons, elle remonte jusqu'au domaine de l'Abeille ; l'entrée n'est émissive qu'en crue (+ de 2 m³/s), le ruisseau à l'étiage sort quelques mètres en contrebas, le débit est négligeable.
- La grotte de la Limonade : une plongée de Thierry Marchand a permis de remonter la cavité sur quelques dizaines de mètres et de permettre au propriétaire d'effectuer un forage au niveau du S2. Débit d'étiage très faible (- 1 l/s).

En rive gauche de la Baume, on rencontre d'amont en aval :

- La grotte de Remène : importante cavité à poursuivre explorée sur plus de 2000 m par l'auteur drainant les environs de Chapias, mais le débit d'étiage ne dépasse pas ½ l/s et les siphons sont de faible capacité.
- Les grottes des Vernades et de l'Hôpital : écoulements temporaires.

- La résurgence du Bridouir : grotte non émissive croisant un actif d'environ 1 l/s remonté sur 1 km. Le collecteur sort à l'étiage à la grotte de Chamontin.
- La résurgence de la Rivière de Labeaume : actif temporaire émergeant dans deux petites résurgences dont une impénétrable, l'autre stoppe sur un petit siphon.
- La résurgence des Tufts : débit d'étiage de moins de 1 l/mn ; elle draine l'aven du Ranc Vidal.
- Les autres sources ont un débit insignifiant.

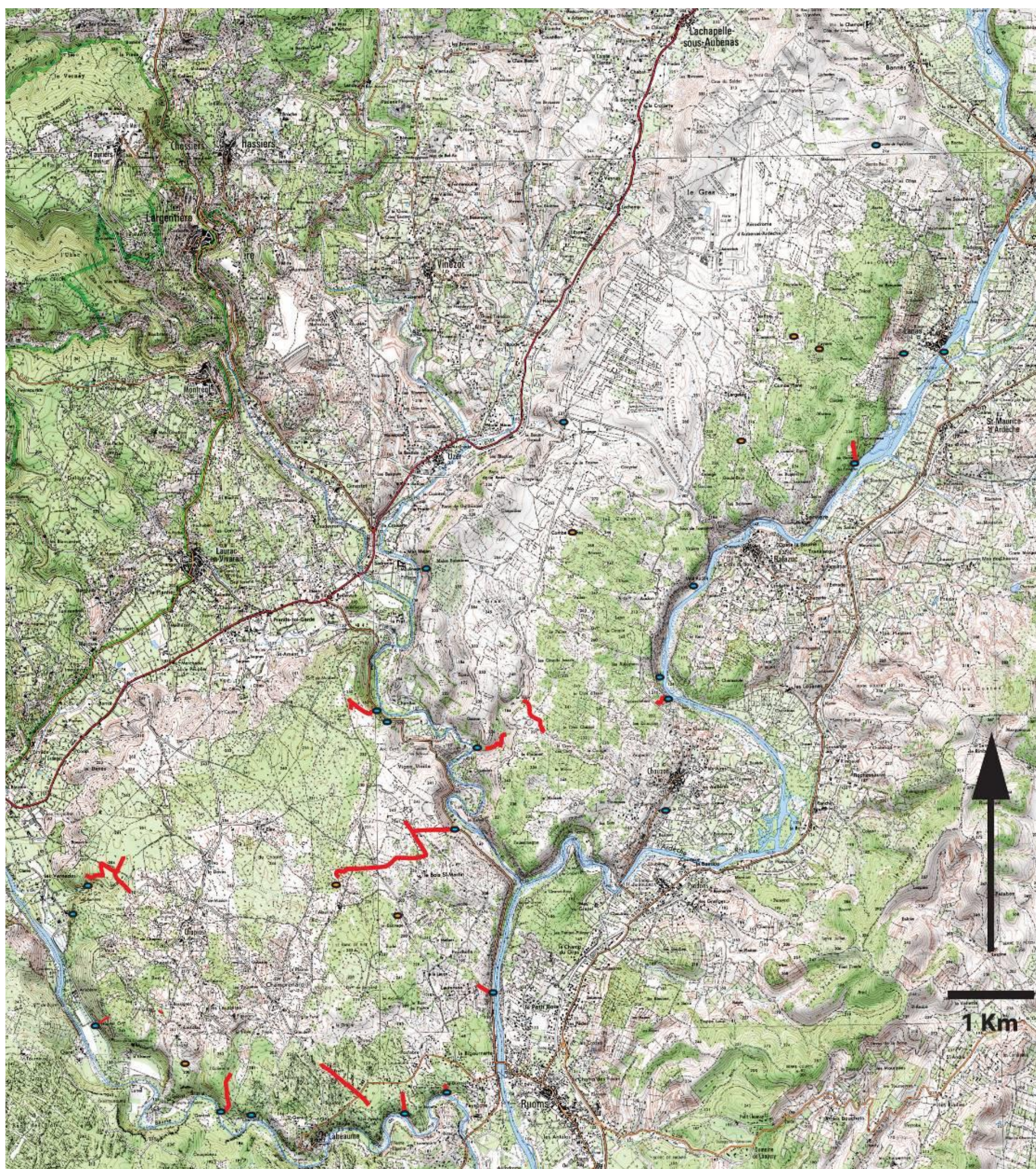


Figure 41 : report des principaux réseaux spéléologiques de l'unité Sud Voqué sur fond IGN (CDS - 2015)

2.5.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge naturelle de cette unité karstique se fait exclusivement par infiltration directe des précipitations sur les affleurements du Kimméridgien supérieur – Tithonique et ceux de l'Oxfordien terminal au Kimméridgien moyen de la partie Ouest du plateau. Le système est donc unaire et l'aquifère strictement libre.

Les eaux météoriques rejoignent rapidement les réseaux de fractures fossiles, se retrouvent drainées par le karst épidermique et résurgent tout au long de la rive droite de l'Ardèche.

La seule partie de cette unité qui pourrait présenter une zone noyée potentielle est celle située à l'extrémité Nord de l'unité au niveau de la résurgence la plus remarquable de ce système, celle des Estinettes. D'après Thierry Marchand, le réseau se développe sur environ 300 m, le siphon terminal a été exploré jusqu'à -52m et ne s'arrête sur rien. Le débit d'étiage est inconnu car il sort dans l'Ardèche. Le conduit noyé s'enfonce rapidement à une quarantaine de mètres sous le cours de l'Ardèche à la cote 85 m NGF. En crue, le débit de trop-plein peut atteindre 200 l/s. Un essai de traçage couplé avec une identification des sorties d'eau potentielles et des jaugeages sur l'Ardèche pourraient donner des indications sur la nature, les limites et les caractéristiques de cet hypothétique petit réservoir.

Les émergences sont vaclusiennes au Nord de la Ligne et jurassiennes au Sud.

2.5.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

En l'absence d'accès aux écoulements souterrains, il est impossible de dresser une esquisse piézométrique et de fournir une quelconque indication sur le gradient des écoulements. Ces derniers se font vers le niveau de base représenté par l'Ardèche.

Cette unité karstique n'a jamais fait l'objet de coloration.

2.5.3. Appréciation du potentiel quantitatif

L'unité karstique Sud Vogüé est un karst perché qui ne présente pas de réel potentiel quantitatif.

La seule zone d'intérêt qui pourrait éventuellement faire l'objet d'investigations complémentaires (jaugeages et traçages) correspond au plateau de Lanas, là où le karst semble être le plus épais et le plus développé et dans la zone où le système est susceptible de présenter une zone noyée, c'est-à-dire entre Lanas et le hameau de Servièrre.

2.5.4. Echanges nappe/rivière

L'unité karstique Sud Vogüé est drainée par l'Ardèche à l'Est, la Ligne au centre et la Baume au Sud. L'Ardèche est donc caractérisée par des entrées d'eau karstiques tout au long de son cours dans la traversée de cette unité.

2.5.5. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La zone très karstifiée des plateaux constituant l'unité karstique Sud Vogüé est sans aucun doute le siège de temps de transfert très courts entre la surface et les différents exutoires localisés dans la vallée de l'Ardèche. La dilution au sein du karst est probablement très faible. La vulnérabilité intrinsèque de cet aquifère karstique est donc élevée.

Concernant l'occupation des sols (Figure 42 et Tableau 9), elle est plutôt variée. L'unité karstique Sud Vogüé est majoritairement occupée par les pâturages naturels, la forêt et la végétation arbustive et les landes et broussailles. L'extrémité Nord-Ouest du plateau de Lanas accueille également l'aérodrome d'Aubenas.

Il n'y a pas de prélèvements sur cette unité.

Type d'occupation des sols	Surface (km²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,42	0,71%
142 : Equipements sportifs et de loisirs	0,95	1,59%
221 : Vignobles	0,43	0,71%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	1,13	1,88%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	1,63	2,73%
311 : Forêts de feuillus	12,67	21,16%
321 : Pelouses et pâturages naturels	17,60	29,39%
322 : Landes et broussailles	11,38	19,01%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	13,67	22,82%
	59,89	100,00%

Tableau 9 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Sud Vogüé

Concernant les sites industriels, la pression peut être considéré comme quasi-nulle puisqu'il est recensé seulement deux installations classées sur les communes de Ruoms et Labeaume, carrière et marbrerie de Labeaume, installations soumises à autorisation.

Il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé sur cette unité.

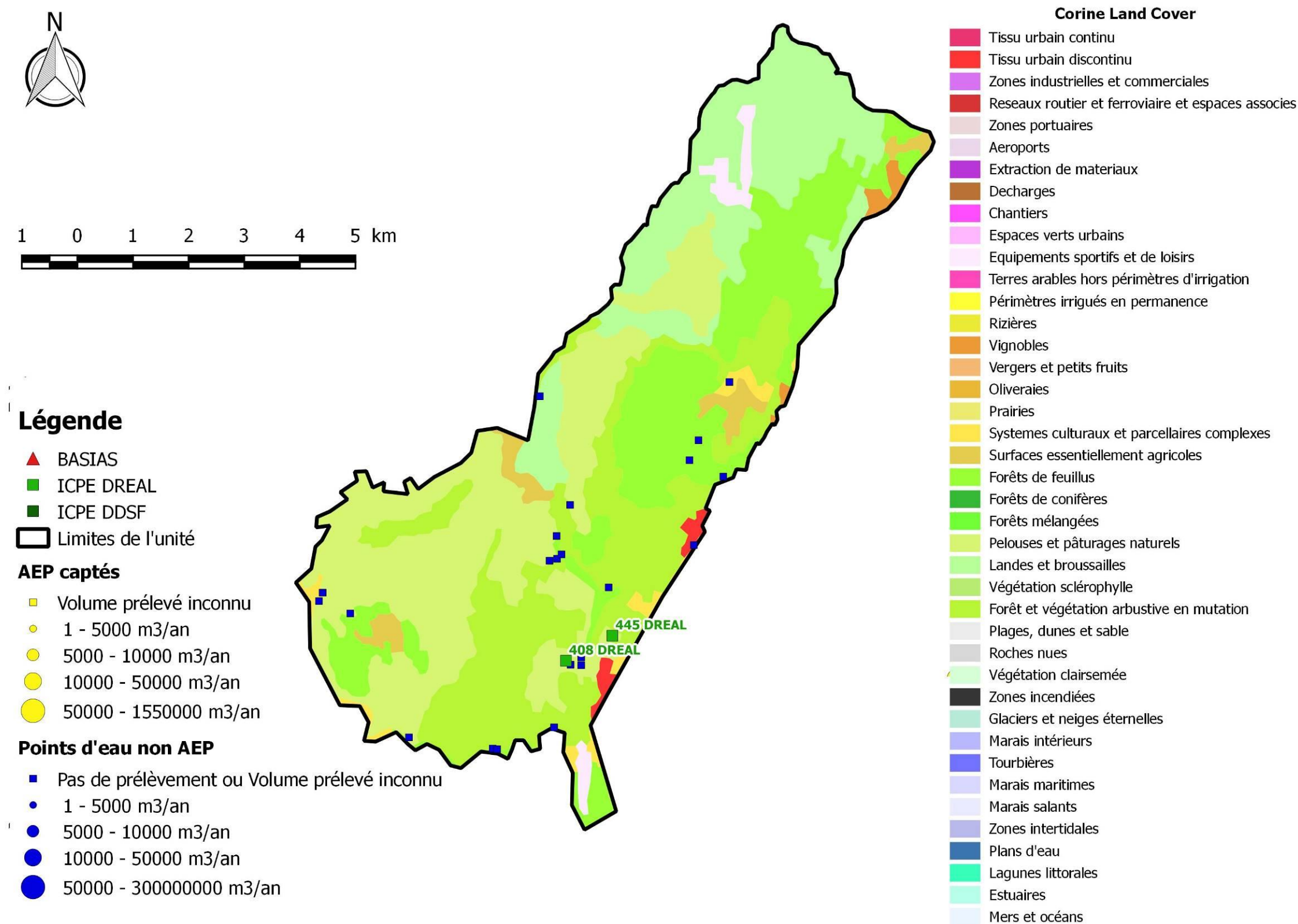


Figure 42 : occupation des sol, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Sud Voqué (Corine Land Cover)

2.6. L'unité St Alban-Auriolles

2.6.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité « Saint Alban Auriolles » est caractérisée par un vaste affleurement calcaire du Jurassique. Cette unité s'étend sur les territoires communaux des Assions, Berrias et Casteljau, Joyeuse, Lablachère, et principalement Chandolas et Saint Alban Auriolles.

L'unité St-Alban-Auriolles est limitée :

- A l'ouest par une grande faille régionale de direction cévenole nord-ouest / sud-est, la faille dite de « Païolive » qui met en contact les horizons jurassiques avec ceux du Trias.
- Au nord, par les gorges de la Beaume.
- Au sud, par les gorges du Chassezac qui incisent les calcaires jurassiques.
- A l'est, par le Chassezac dont les dépôts alluviaux masquent le contact entre les calcaires jurassiques et les marnes du Valanginien (n₂).

Hormis les cours d'eau cités ci-avant qui l'encadrent, ce secteur est parcouru uniquement par des ruisseaux temporaires.

L'unité Saint Alban a une surface d'environ 40 km² constituée majoritairement à l'affleurement de calcaires du Jurassique supérieur. La structure générale de cette unité karstique est un monoclin al avec un pendage assez monotone de 5 à 10° vers le sud-est. Les calcaires jurassiques s'enfoncent ensuite au niveau du Chassezac au sud-est de notre unité sous les marnes valanginiennes. A noter que sur l'emprise de notre massif rive gauche du Chassezac, une petite partie est recouverte des marno-calcaires berriasiens (n₁) ; ces marno-calcaires sont toutefois d'une épaisseur limitée (environ 25 m), fracturés et partiellement érodés.

La fracturation kilométrique et hectométrique est principalement regroupée sous deux directions : N0 à N20° et N120 à N130°, mais il existe une direction secondaire N40° bien représentée pour les fractures longues [10].

La faille de Païolive constituerait à l'ouest une barrière a priori imperméable.

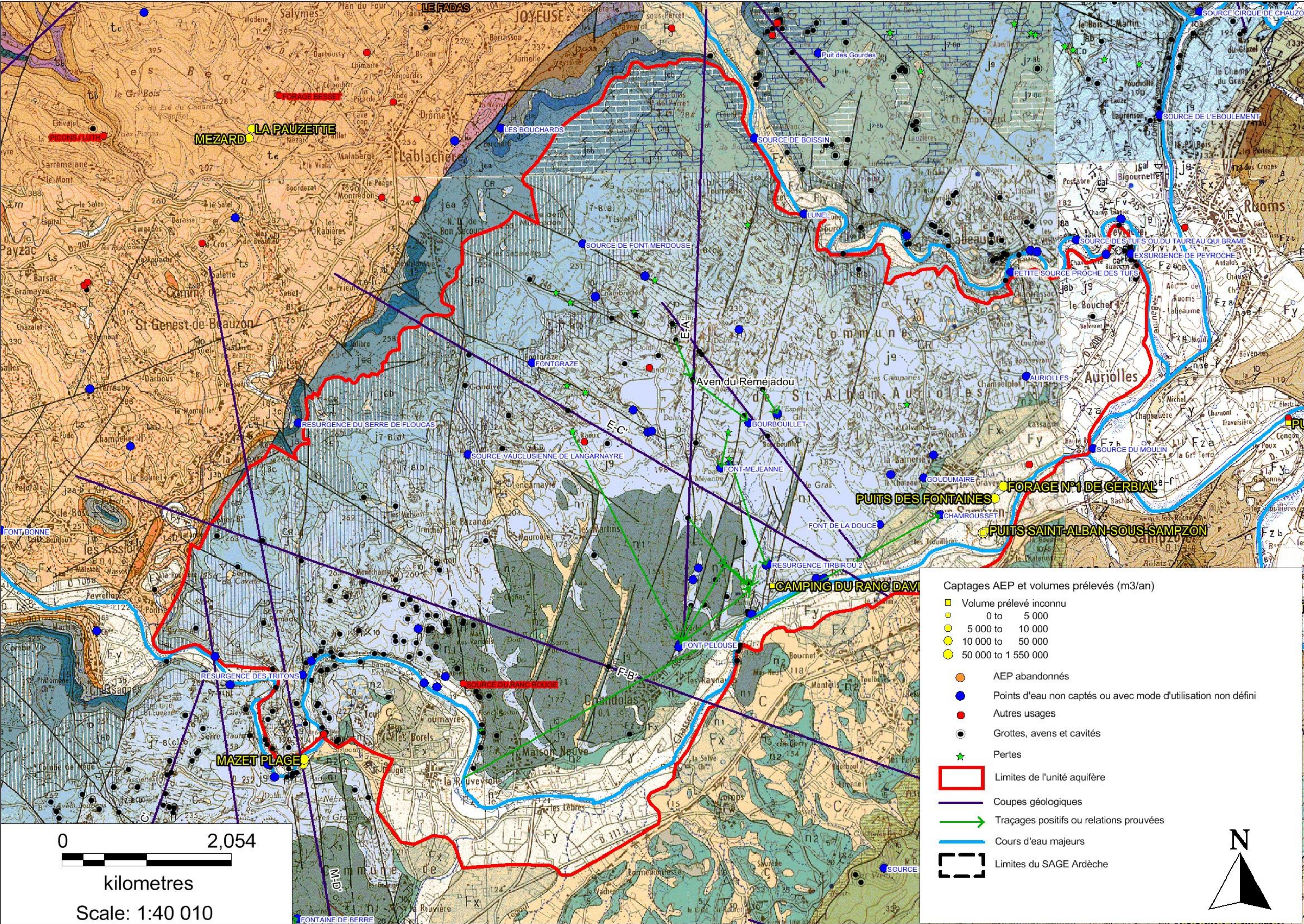


Figure 43 : limites de l'unité karstique Saint-Alban-Auriolles sur fond géologique

2.6.2. Hydrogéologie

2.6.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Historiquement, Pascal (1970) [7] avait défini 3 aquifères distincts dans ce secteur :

- Coudon au sud-ouest,
- Auriolles au nord-est,
- Saint Alban dans la partie centrale,

en insistant sur le caractère perché de cette karstification et l'absence d'aquifère karstique au niveau des affleurements berriasiens.

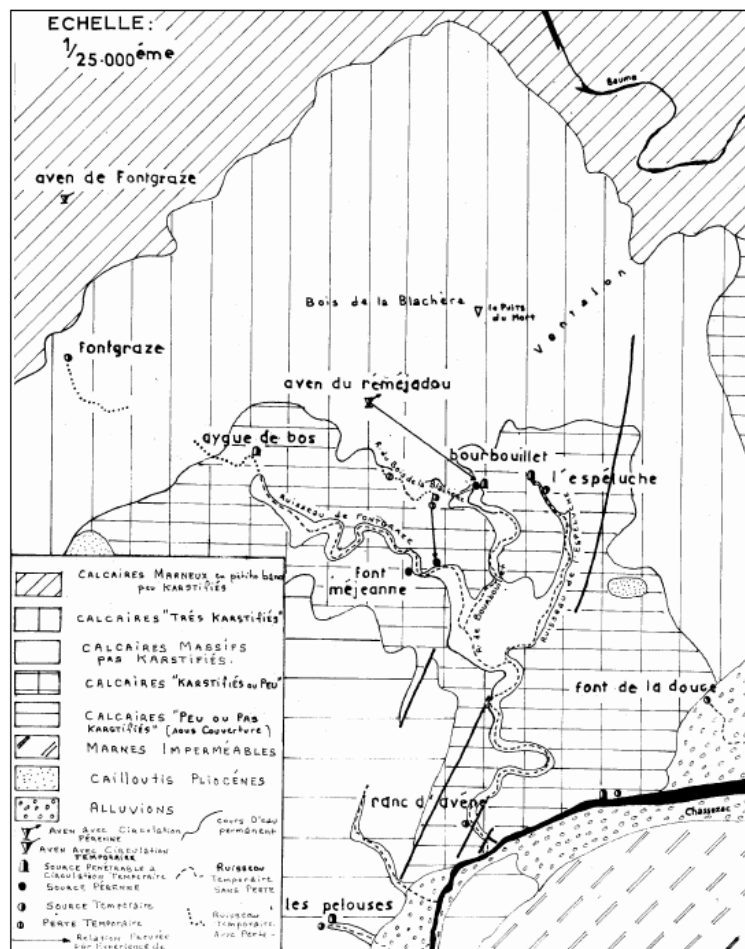


Figure 44 : schéma géologique de la partie très karstifiée du karst de St-Alban (Pascal, 1970)

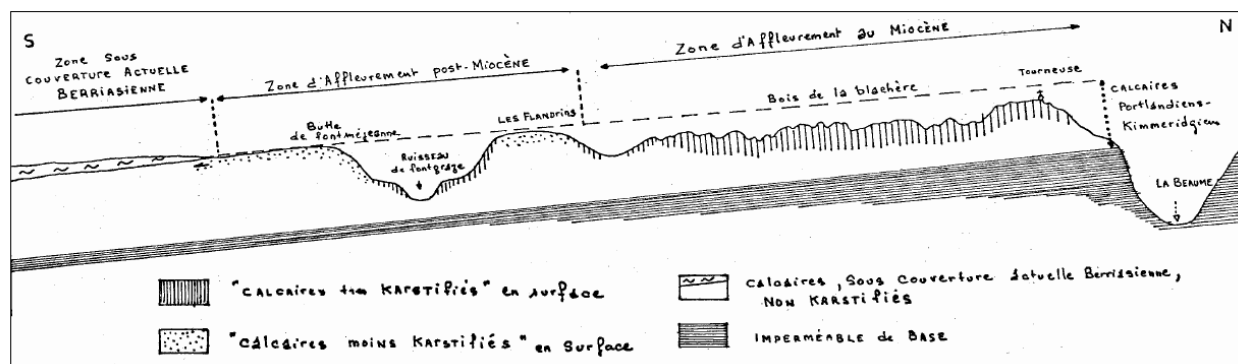


Figure 45: coupe géologique E-A' du karst situé entre la Baume et le Chassezac (Pascal, 1970)

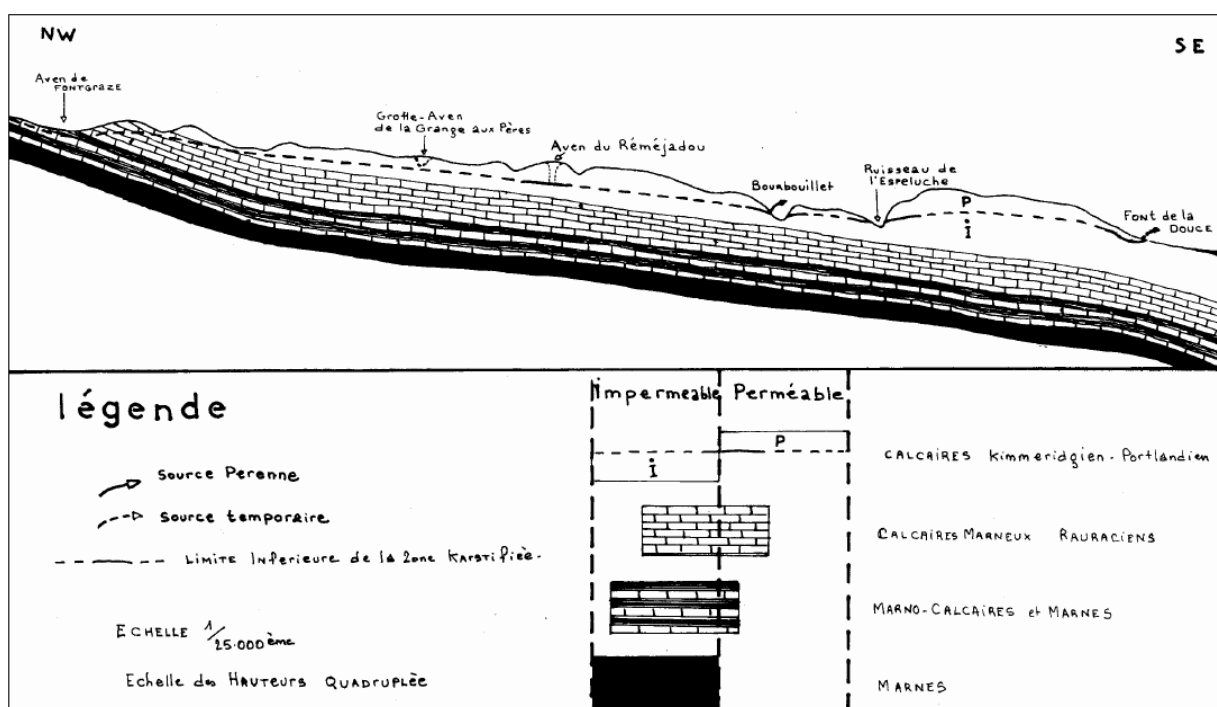


Figure 46: coupe géologique E-B' de la partie très karstifiée du karst de St-Alban (Pascal, 1970)

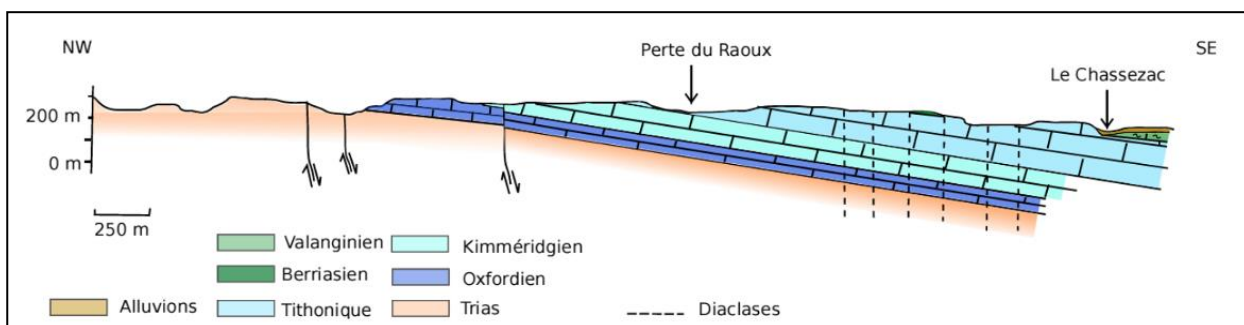


Figure 47: coupe géologique E-C' du karst de St-Alban (Poulin, 2013)

D'un point de vue hydrogéologique, certaines zones se trouvent plus karstifiées que d'autres. Cependant contrairement à ce qui était avancé historiquement [7], la couverture berriasienne n'a pas empêché la karstification des calcaires tithoniques sous-jacents.

Le secteur est marqué par le système Réméjadou – Bourbouillet (rivière souterraine pérenne). Les récentes avancées spéléologiques (Serret) sur le secteur tendent à montrer que les réseaux karstiques se sont principalement développés selon des grandes directions de fractures induisant une direction générale d'écoulement vers le sud-est avec une composante vers le sud. Les spéléologues constatent des écoulements permanents dans certaines cavités, des liaisons avec des émergences de trop-plein et quelques rares sources permanentes en rive gauche du Chassezac. Enfin certains réseaux montrent des siphons. Les orientations des réseaux pénétrables sont clairement dictées par les grandes directions des fractures, le long desquelles des pertes et des sources temporaires jalonnent notre système.

Les découvertes spéléologiques récentes concernent également des réseaux pénétrables dans les calcaires sous la couverture berriasienne où la karstification semble également conditionnée par les grandes fractures.

Sur ce secteur, 3 stages de master de l'université de Montpellier se sont succédés (Fontanel en 2012 [11], Poulin en 2014[10] et Palumbo en 2015[12]). Ils ont permis de dresser le contexte hydrogéologique, inventorier les points d'eau et tenter d'interpréter des chroniques d'enregistrement de température, conductivité de l'eau et niveau de certaines sources (sources de Fontgraze, Bourbouillet, La Douce, Tirbirou, Puits Pelouse et Ranc d'Avene), sans oublier des jaugeages sériés de la Beaume et du Chassezac, l'analyse d'éléments traces et la réalisation d'un profil température – conductivité sur le Chassezac.

Dans le cadre de l'étude des ressources stratégiques du bassin de l'Ardèche, nous avons fait des investigations complémentaires sur le Chassezac durant l'été 2015, ce qui a permis de mettre en évidence un site d'émergences karstiques diffuses sous le lit du Chassezac (débit estimé par jaugeages différentiels du Chassezac) à environ 250 m³/h), à l'aval de la source temporaire du Ranc d'Avene.

Le rapport de traçage de 1988 à partir des pertes de Maisonneuve n'a pu être retrouvé pour l'instant. La relation hydraulique pertes de Maisonneuve – ruisseau des Fontaines n'est pas remise en cause mais les conditions de transfert d'amont en aval restent floues et la part provenant du kart de Saint Alban est inconnue.

L'unité « Saint Alban » a aujourd'hui comme niveau de base le Chassezac. Cependant, la présence de sources sortant sous le fil d'eau du Chassezac et le recoupement d'une cavité à 70 m de profondeur dans un forage AEP du SEBA montrent que les réseaux karstiques se sont développés sous le niveau de base actuel, laissant présager des réserves noyées potentiellement intéressantes.

Les réseaux karstiques connus actuellement se situeraient plutôt dans la zone épinoyée, avec des mises en charge alimentant des sources de trop-plein ; les exutoires permanents seraient masqués par les dépôts alluviaux du Chassezac.

La question d'une importante zone noyée dans l'unité Saint Alban reste posée.

Connaissance des réseaux karstiques

Il s'agit du secteur des calcaires jurassiques supérieurs délimités par la Beaume au nord et le Chassezac au sud. Ce secteur a fait l'objet d'importantes découvertes spéléologiques dans sa partie sud sous la couverture berriasienne réputée jusqu'alors comme peu karstifiable.

On peut découper ce vaste secteur en trois sous-ensembles, détaillés ci-après :

- **Au nord : la boucle de Peyroche et le karst de Saint Alban-Auriolles**

Lors de la traversée du plateau jurassique, le cours de la Beaume s'encaisse et les méandres se resserrent de plus en plus jusqu'à la confluence avec l'Ardèche. Dans le dernier méandre de la rivière, les explorations spéléologiques ont permis de mettre en évidence un nombre important de cavités qui laisse à penser que la rivière effectue ici un recoupement de méandre (ex : Platane – Emilie – Peyroche qui développe en totalité environ 1Km).

Plus au Sud, au cœur du village de Saint-Alban se trouvent deux sources karstiques temporaires (Bourgène et Château). De par leur positionnement perché, la faiblesse des débits à l'étiage, l'absence de zone noyée (même de faible profondeur) et l'orientation des réseaux spéléologiques connus, ces sources drainent uniquement la partie Est du plateau de Saint-Alban (les Campans).

Au Nord de ce secteur, se développe le réseau du Gadret (encadré par deux failles importantes), qui donne naissance à une source temporaire de faible débit, l'une des rares sources de la Beaume sur sa rive droite.

- **Au centre : Ruisseau de Bourbouillet – Fontgraze et Puits Pelouse**

C'est le secteur où se développe le plus de cavités souterraines connues.

Ce secteur est caractérisé par des zones de pertes sur les parties Ouest du plateau et de nombreuses sources à l'Est dont le niveau de base correspond à la vallée sèche de Bourbouillet.

- Remejadou – Bourbouillet – Espeluche au nord
- Font Méjanne alimente le ruisseau de Fontgraze (affluent de Bourbouillet)
- Reinette – Tirbirou sont très proches du Ranc d'Aven qui marque la confluence du ruisseau de Bourbouillet avec le Chassezac.
- Puits Pelouse plus au sud se déverse dans le Chassezac

Le développement des réseaux spéléologiques est conditionné par la géologie (pendage) et sans nul doute par la fracturation au sein du massif. Il faut noter que la zone noyée du Remejadou et de Font Méjanne atteint l'altitude du Chassezac à la faveur de faille géologique.

En crue, l'ensemble des réseaux spéléologiques est émissif, et l'importante quantité d'eau évacuée (plusieurs m³/s) est drainée par le ruisseau de Bourbouillet vers le Chassezac, jusqu'à la confluence au niveau du Ranc d'Aven. A l'étiage, peu de sources sont vraiment actives et les écoulements connus semblent se diriger vers le Ranc d'Aven.

La source du Ranc d'Aven semble constituer le trop-plein d'un réseau actif y compris à l'étiage, puisque:

- le débit d'étiage de la source est nul l'été, alors que le niveau de la vasque de la source baisse à l'étiage
- des sorties diffuses ont été identifiées en rive gauche du Chassezac en amont de la confluence avec le ruisseau de Bourbouillet: à environ 250m au Sud de la source de trop-plein, dans le prolongement de grandes fractures ; à l'étiage, le débit a été estimé à 250 m³/h (par jaugeages différentiels du Chassezac).

La source de Font la Douce est une source temporaire associée à un réseau karstique d'un développement d'environ 1,5 Km. Les spéléologues ont toutefois noté la présence d'un écoulement permanent provenant d'un siphon dont le point bas se développe sous le niveau du Chassezac. D'après les observations de ces derniers, la source de Font la Douce serait influencée par le régime hydrologique de la Beaume lorsque celle-ci est en crue.

- **Au sud : Coudon et la rive gauche du Chassezac**

La limite entre ces deux secteurs (Bourbouillet – Coudon) est très aléatoire mais nous l'avons positionnée théoriquement au niveau de la D104.

Ce secteur est drainé vers le Chassezac par de nombreuses sources. Ces sources émergent principalement au niveau des ruisseaux qui ont entaillé le plateau (ruisseau des Ceyrèdes et ruisseau du Merle). Les conduits sont de faible dimension, les débits à l'étiage inexistant, ce qui réduit beaucoup le potentiel de cette zone.

L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 12,5 km de linéaire. Voici les réseaux importants connus à ce jour :

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
NOM	Commune	SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
Entité St Alban						
Barnerie (résurgence)(5 fiches)	St Alban Auriolles	oui	temporaire	résurgence	1000	
Burbouillet (évent aval Reméjadou du)	St Alban Auriolles	11	permanent	résurgence	1200	-53
CAM4 (perte)	St Alban Auriolles			perte	10	-10
Cascades (évent des)	St Alban Auriolles	oui	temporaire	émergence	56	-10
Douce (font de la)	St Alban Auriolles	2	permanent		1552	-25/+15
Douce Paulette (grotte de la)	St Alban Auriolles	oui			166	-21/4
Espeluches (aven de)	St Alban Auriolles	oui	permanent		18	-18
Espeluches (évent des)	St Alban Auriolles	9	permanent		1100	-40/+10
Gadret (grotte du)	St Alban Auriolles				765	-10/66
Martin pêcheur (grotte du)	St Alban Auriolles				327	39
Peyroche (exsurgence de)	St Alban Auriolles		temporaire	exsurgence	9	1,3
Peyroche (grotte n°2 de)	St Alban Auriolles				323	-8
Peyroche (grotte n°7 de)	St Alban Auriolles		temporaire	exsurgence	23,5	4,4
Peyroche (grotte n°8 de)	St Alban Auriolles				47	1,5
Platane (grotte du)	St Alban Auriolles				200	4
Reméjadou (branche amont du)	St Alban Auriolles	11	permanent		1465	-51
Source du platane	St Alban Auriolles		temporaire	source	35	1
Garel (émergence du)	Joyeuse	4		émergence	332	-3
RB1 (grotte)	Joyeuse			perte	40	-6
Berger (grotte du)	Lablachère		temporaire	perte	30	-7
Champ de la Vigne (perte n°1 du)	Lablachère		temporaire	perte	38	-17
Champ de la Vigne (perte n°2 du)	Lablachère		temporaire	perte	36	-10
Fontgraze (aven de)	Lablachère		temporaire	perte	30	-25
Ranc du Bœuf (aven du)	Lablachère	10 ?			680	-28
Font Gras (aven de)	Grospierres	oui		cheminée d'équilibre	80	-21
Quesaco (font de)	Grospierres	9 ?		source	500	-26
Ranc d'avène (source)	Grospierres			émergence	6	-6
Tirbirou (la résurgence du)	Grospierres	2	temporaire	résurgence	270	-6
Tirbirou (la résurgence du) (2ème entrée)	Grospierres	2	temporaire	résurgence	10	-10
Aigues Bosc (la font d')	Chandolas	3 ?			90	-7
Alain Bonneton (perte)	Chandolas	oui		perte	150	-10
Isis (perte)	Chandolas	oui	active	perte	70	-15
Méjanne (fontaine)	Chandolas	oui	pérenne	résurgence	199	-33
Pelouse (puits de)	Chandolas	2		émergence	360	-12
Raoux (perte des)	Chandolas			perte	53,5	-29
Saint Victor (perte de)	Chandolas	oui		perte	73	
Saint Arnaud (baume)	Les assions	oui			211	-17
Denaille de Boissin (grotte de la)	Berrias et Casteljau	oui			467	5
Malbos n°46 (rivière souterraine de)	Berrias et Casteljau	oui			355	
Tritons (résurgence des)	Berrias et Casteljau	2	se tarie à l'étiage	résurgence	84	
Sans nom (résurgence semi-active)	Berrias et Casteljau	probable	temporaire	résurgence	15	

Tableau 10 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Saint-Alban (Source : CDS07)

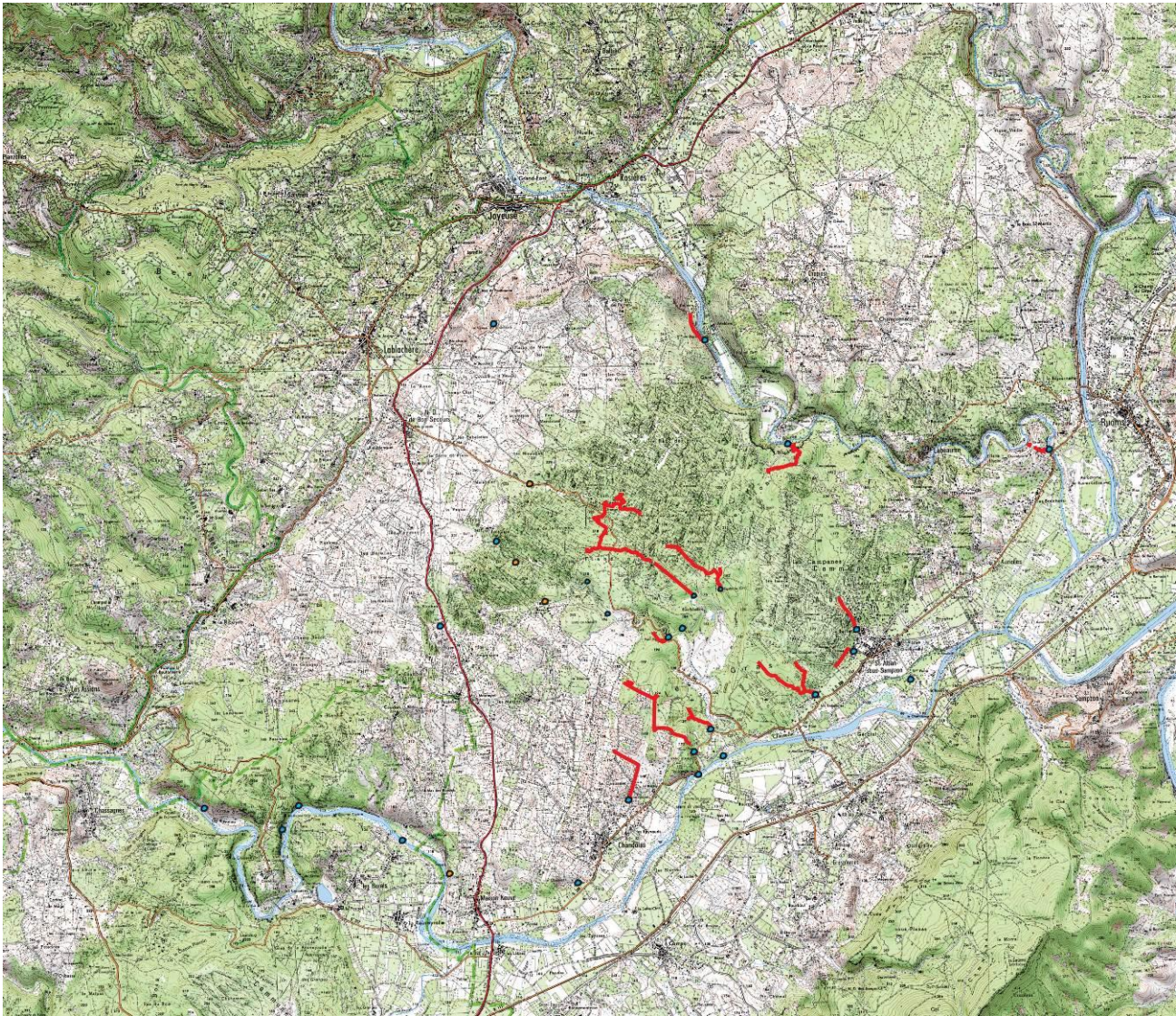


Figure 48 : report des réseaux spéléologiques de l'unité « Saint-Alban-Auriolles» (CDS - 2015)

2.6.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Plusieurs essais de pompages ont été réalisés sur le secteur de Gerbial / St-Alban-Auriolles (site d'exploitation de nombreux captages par le SEBA)[13, 14], les niveaux statiques des ouvrages en lien avec le réseau karstique sont résumés dans le tableau suivant :

FG1	Statique: -1,98 m/TN (le 16/08/2012)
FG2	Statique: -0,67 m/TN (le 17/08/2012)
Puits des Fontaines	Statique: -1,97 m/TN (le 17/08/2012)

Tableau 11 : niveaux statiques des ouvrages de Gerbial liés au réseau karstique

Les récentes avancées concernant le karst de Saint-Alban ont permis de mieux cerner les directions d'écoulement, qui demandent à être précisées.

La couverture Berriassienne évoquée par Pascal en 1970 [7] et empêchant une karstification est aujourd'hui remise en question. De la même façon, le conduit karstique reliant les pertes du Chassezac au site de Gerbail ne semble pas être aussi franc et direct que l'a montré l'étude du traçage de 1988.

Il semble y avoir deux directions d'écoulement conditionnées à la fois par le pendage sud-est du massif calcaire et à la fois par la direction nord-sud du réseau de failles. Sur le terrain cela se traduit d'une part par des systèmes avec des directions d'écoulements NO-SE (par exemple le système Réméjadou-Bourbouillet) et d'autre part par des systèmes qui ont en premier lieu une direction NO-SE puis qui s'orientent dans la direction des failles N-S (par exemple le système perte du Raoux-Font Pelouse).

Dans le cadre de l'étude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche, les travaux de traçages prévus au cours de l'année 2016 devraient apporter des compléments sur ces directions d'écoulements.

2.6.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Plusieurs essais de pompages ont été réalisés sur le secteur de Gerbail [13, 14], les paramètres hydrodynamiques concernant les ouvrages en lien avec le réseau karstique sont résumés dans le tableau suivant :

FG1 du 08/08 au 21/08/2012 176 m3/h	T=2,24.10⁻¹ m²/s
	Piézomètre FG2: S= 13,4%
FG2 du 26/07 au 21/08/2012 197 m3/h	T=1,95.10⁻¹ m²/s
	Piézomètre FG1: S= 7%
Puits des Fontaines du 16/08 au 18/08/2010 107 m3/h	T= 1,94.10⁻² m²/s
	Piézomètre des Fontaines: T= 2,5.10⁻² m²/s et S=30,4%

Tableau 12 : paramètres hydrodynamiques des ouvrages de Gerbail exploitant l'aquifère karstique

Plusieurs expériences de traçages ont été mises en œuvre sur cette unité karstique :

- Réméjadou => Bourbouillet
Pascal, 1970 : en 1969, injection de 400g de fluorescéine au Réméjadou, coloration de la source de Bourbouillet 12h après, soit une vitesse de l'ordre de 70 m/h.
- Perte du ruisseau du Bois de la Blachère => résurgence de la Blachère
Pascal, 1970 : le 6/01/1970, injection de 80-100g de fluorescéine dans une perte du ruisseau du Bois de la Blachère, coloration de la résurgence située 450 m plus au sud.
- Pertes du Chassezac à Maisonneuve => source de Chamrousset et ruisseau des Fontaines

Géo+, 1988 : Dans le cadre de l'étude des pertes du Chassezac, il a été démontré qu'en dessous de 1,5 m³/seconde, le Chassezac disparaît entièrement dans son propre lit en amont du pont de Maisonneuve, qu'il reste sec sur 8 km pour enfin réapparaître dans la zone de résurgences du secteur des Fontaines à Saint Alban Auriolles. Le ruisseau des Fontaines représente à lui seul un peu plus de 50% du débit des pertes. Le 21/09/1988, 3kg de fluorescéine ont été injectés. Ce traçage a mis en évidence une relation hydraulique entre les pertes du Chassezac en amont du pont de Maisonneuve, et la source de Chamrousset et le ruisseau des Fontaines avec toutefois une seule valeur tout juste supérieure au seuil de détection. Le traceur n'est pas détecté à l'aven de Fontenille (situé au sud-ouest de Chandolas).

- Event des Cascades => Event des Cascades
Serret : le 21/12/2008, injection de fluorescéine à l'événement des Cascades qui met en relation les deux orifices après quelques minutes.
- Siphon S1 du Tirbirou => aven du Ranc Belu
Serret : le 3/04/2010, injection de fluorescéine dans le siphon S1 du Tirbirou qui colore en quelques minutes l'aven du Ranc Belu.
- Perte des Raoux => Puits Pelouse
Serret, date inconnue : injection dans la perte des Raoux, coloration de puits Pelouse.
- Event des Cascades => Tirbirou
Poulin, 2014 : le 19/03/2014 à 13h10, injection de 200g de fluorescéine à l'Event des Cascades, pic de fluorescéine enregistré au fluorimètre dans le siphon actif de Tirbirou le 23/03/2014 à 7h50 avec une concentration maxi faible (0,5 ppb), vitesse apparente de 14m/h, restitution estimée de 7g soit 3%! Conclusion le Tirbirou n'est pas l'exutoire principal de l'Event des Cascades.
- Reinette => Puits Pelouse et Ranc d'Avene
Poulin, 2014 : le 19/03/2014, injection de 1kg de sel (NaCl) dans le siphon aval de la Reinette Puits Pelouse, petit pic de conductivité de 6 µS/cm enregistré, possible passage du sel à 12 m/h sans pouvoir l'affirmer mais habituellement une crue s'accompagne d'un pic négatif de conductivité.
Source de Ranc d'Avene, double pic de conductivité de 30 µS/cm avec vitesse apparente calculée de 5 m/h.
- Reinette => Ranc d'Avene
Jolivet et Van Den Broeck, 2015 : en septembre 2015, injection de 1kg de fluorescéine dans le siphon amont et 300g de fluorescéine dans le siphon aval de la Reinette, courbe de restitution avec double pic enregistrée à la source du Ranc d'Avene.

Voici ci-après un tableau de bilan des différents traçages et des données connues :

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Réméjadou	Bourbouillet	400g (fluorescéine)	12h	70 m/h
Perte du ruisseau du bois de la Blachère	Résurgence de la Blachère	80-100g (fluorescéine)		
Pertes du Chassezac à Maisonneuve	Source de Chamrousset	3 kg (fluorescéine)		
	Ruisseau des Fontaines			
Event des Cascades	Event des Cascades (2ème orifice)	(fluorescéine)		
Siphon S1 du Tirbirou	Aven du Ranc Belu	(fluorescéine)		
Perte des Raoux	Puits Pelouse			
Event des Cascades	Tirbirou (3% de restitution)	200g (fluorescéine)	90h40	14 m/h
Reinette	Puits Pelouse	1 kg (NaCl)		12 m/h (pas affirmé)
	Ranc d'Avene			5 m/h
Reinette (Siphon amont et aval)	Ranc d'Avene	1,3 kg (fluorescéine)		

Tableau 13 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité St-Alban

2.6.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Sur l'unité St-Alban, plusieurs captages AEP d'importance sont présents, il s'agit :

- du **puits des Fontaines** à Saint-Alban-Auriolles : l'ouvrage capte la nappe alluviale alimentée ici par les venues karstiques sous-jacentes ; débit exploitable de 110 m³/h
- des **puits du champ captant de la Gorce**: 3 puits exploitent sur Grospierres la nappe alluviale et disposent d'une capacité totale de 105 m³/h.
- des **deux forages de Gerbail** à Saint-Alban-Auriolles : les forages exploitent l'aquifère karstique, l'un par l'intermédiaire des alluvions, l'autre grâce à un conduit recoupé à 70 m de profondeur. Les deux forages ont été testés à 200 m³/h en simultané pour un rabattement spécifique de 52 et 110 m³/h/m (respectivement forages FG1 et FG2).

Les pompages d'essai ont permis d'affirmer qu'il existe d'importantes circulations souterraines au sein des calcaires jurassiques sous la terrasse alluviale de Saint Alban. La zone noyée reste à prouver, ainsi que les parts respectives d'alimentation depuis la nappe alluviale d'accompagnement, le karst de Saint Alban et depuis les pertes du Chassezac à Maisonneuve.

Voici les données de débit connues pour les sources présentes sur l'unité St-Alban :

Nature des points d'eau	Site	Date	Débit (m3/h)	Débit (litres/s)	Situation hydrologique	Source
Cours d'eau superficiels	Ruisseau des Fontaines	11/08/2010	1676,16	465,6	Etiage	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
		19/07/2012	2070	575	Etiage	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2012
Sources du plateau calcaire de St-Alban	Bourbouillet	04/02/2014	3078	855	Hautes eaux après la recharge hivernale 2014 importante	Université de Montpellier
	Resurgence de la Digue		54	15		
	Creux de Boucharde		97,2	27		
	Fontgraze		363,6	101		
	La Douce		453,6	126		
	Fontaine Pelouse		2066,4	574		
	Ranc Rouge		514,8	143		

Tableau 14 : les débits des sources et résurgences importantes de l'unité St-Alban

En matière de potentiel quantitatif et hormis sur le site de Gerbial, l'unité St-Alban est marquée par :

- le système Réméjadou – Bourbouillet (rivière souterraine pérenne),
- les sources du Ranc d'Avène (dont des sorties pérennes sous le lit du Chassezac),
- et les importantes résurgences de Chamrousset, qui donnent naissance au ruisseau des Fontaines.

Le secteur de la source du Ranc d'Avène semble prometteur, mais des investigations complémentaires restent à mener.

2.6.4. Echanges nappe/rivière

Dans ce secteur, il faut noter qu'historiquement le Chassezac séchait en amont de Maisonneuve et se remettait en eau au niveau du village de Saint-Alban. Le ruisseau des Fontaines est la zone de résurgence d'une part importante des circulations karstiques. Ceci a été étudié à la fin des années 1980. Depuis, le débit du Chassezac est soutenu en période estivale grâce au barrage de Puylaurent.

Les débits très importants des sources dans le secteur des Fontaines à Saint-Alban-Auriolles ont été attribués aux pertes du Chassezac depuis l'étude de la fin des années 1980. Cependant les résultats de ce traçage ne permettent pas de quantifier un éventuel apport du karst de Saint Alban, le suivi ayant été fait par fluocapteurs avec une seule dose positive de concentration très faible.

Il a été établi lors des pompages d'essai effectués sur les deux forages de Gerbial [13, 14] que l'aquifère karstique exploité par ces forages avait pour exutoire naturel un grand nombre de sources dans le secteur des Fontaines drainé par le ruisseau éponyme et le Chassezac (sources en rive droite et rive gauche).

Les spéléologues ont également noté à plusieurs reprises l'influence du régime hydrologique de la Beaume en période de crue sur le débit de la source de Font la Douce. Cette information est précieuse mais elle reste à démontrer par des mesures plus précises.

Il faut également retenir les investigations menées par l'Université de Montpellier et notamment les analyses isotopiques du Strontium qui ont conclu à un échange rivière/karst et karst/rivière pour le Chassezac à hauteur de 21% et pour la Beaume à hauteur de 9%. Voici les résultats graphiques de ces analyses.

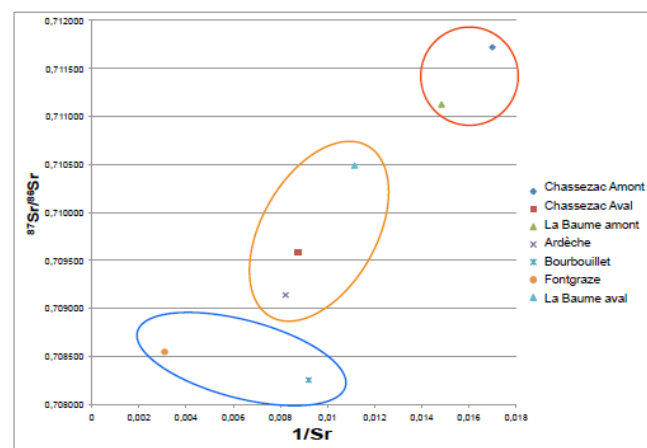


Figure 27a : résultats de l'analyse isotopique du Strontium $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en fonction de $1/\text{Sr}$

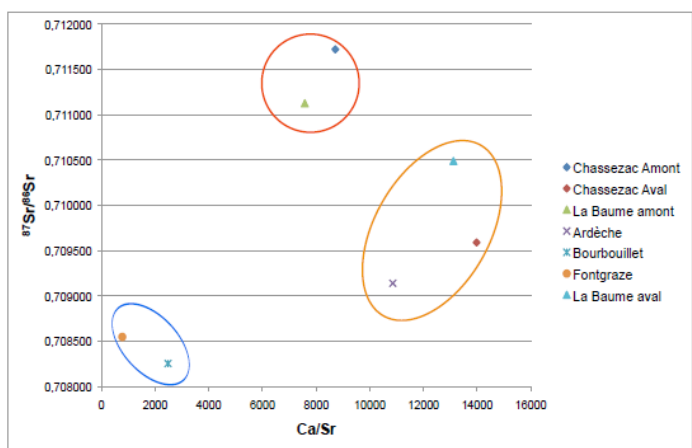


Figure 27b : résultats de l'analyse isotopique du Strontium $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ en fonction de Ca/Sr

Figure 49 : résultats graphiques des analyses isotopiques des sources et cours d'eau sur le secteur St-Alban (Université de Montpellier - 2014)

2.6.5. Qualité des eaux

Les ressources karstiques sont sujettes à des problèmes de qualité des eaux dus à la faible filtration naturelle et à la grande vitesse de transfert. Sur le site de production de Gerbial (SEBA), cette vulnérabilité a été mise en évidence dans les analyses d'eau pratiquées sur les ouvrages ayant une relation avec le karst et plus particulièrement au niveau des forages. On remarque notamment la présence de **contaminants bactériologiques**. Par ailleurs, **la turbidité est également l'un des marqueurs caractéristiques du karst**.

Les pompages d'essai sur les forages de Gerbial ont également mis en évidence les problèmes de turbidité qu'ils soient naturellement liés au karst ou artificiellement accentués lors des pompages (par augmentation de la vitesse de circulation dans les conduits karstiques). La figure suivante présente un extrait du rapport RABIN de pompage d'essai pratiqué dans le forage FG1 de Gerbial (SEBA) au cours duquel quelques paramètres ont été suivis (conductivité, température et turbidité).

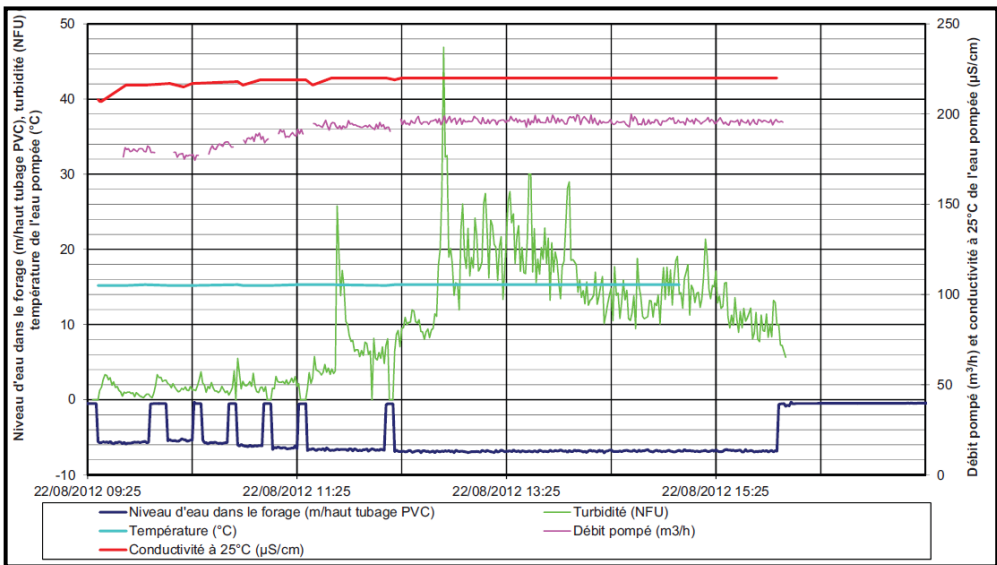


Figure 50 : Suivi de la conductivité, de la température et de la turbidité lors des paliers de débit dans le forage FG1 de Gerbial (RABIN : 2012)

On note que la turbidité peut être importante par moment et que celle-ci devient très largement significative dès lors que l'on augmente le débit de pompage. Nous retiendrons tout de même le bilan effectué suite à ce pompage d'essai

En terme de turbidité les résultats sont les suivants pour la fin du pompage longue durée du 08/08 au 21/08 pour le FG1 et du 26/07 au 21/08 pour le FG2 :

- FG1 = 0,71 NFU
- FG2 = 0,43 NFU

La turbidité répond donc aux exigences de qualité après plusieurs heures de pompage en continu à environ 176 m³/h sur le FG1 et 197 m³/h sur le FG2. Cependant des problèmes de relargages sont connus sur ces ouvrages (cf. § 3.2 Evolution de la qualité de l'eau pompée, partie turbidité) et la mise en place d'un traitement turbidité s'avère indispensable.

Nous disposons également d'informations sur les caractéristiques physico-chimiques des ouvrages exploités par le SEBA à Saint-Alban-Auriolles, ces données sont présentées ci-après.

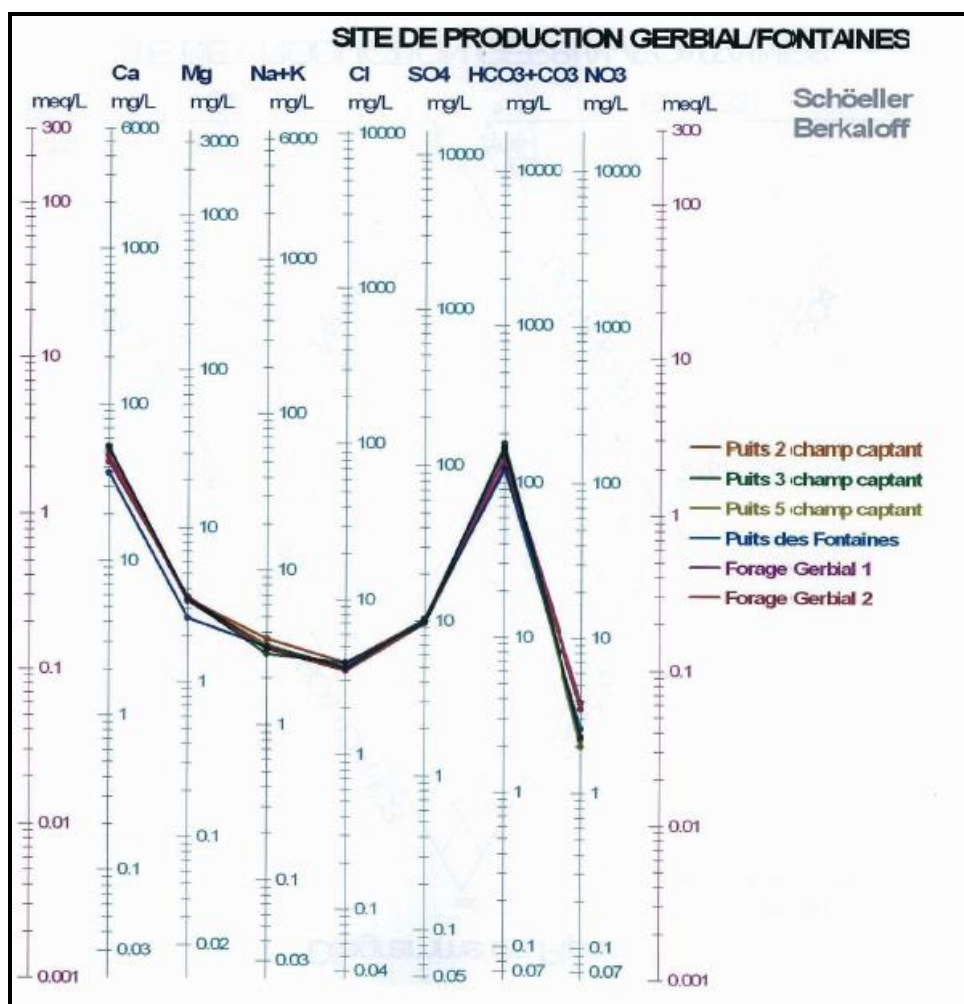


Figure 51 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff à partir des eaux des captages du SEBA sur le site de Gerbail/les Fontaines (RABIN, 2010)

On remarque bien que l'ensemble des eaux captées par les ouvrages du SEBA à St-Alban disposent d'une composition physico-chimique identique alors même qu'ils sont censés ne pas exploiter le même aquifère :

- les puits du champ captant et le puits des Fontaines exploitent la nappe alluviale du Chassezac soutenue par le karst en charge dans le secteur
- et les forages de Gerbail exploitent le karst, soit directement via un conduit karstique (FG1) soit à travers les alluvions où le karst en charge résurge à proximité des ouvrages (FG2).

Cette observation avait déjà été faite en 1993 par G. NAUD. Nous présenterons ci-après un extrait de son rapport géologique pour la délimitation des périmètres de protection du forage des Fontaines[15].

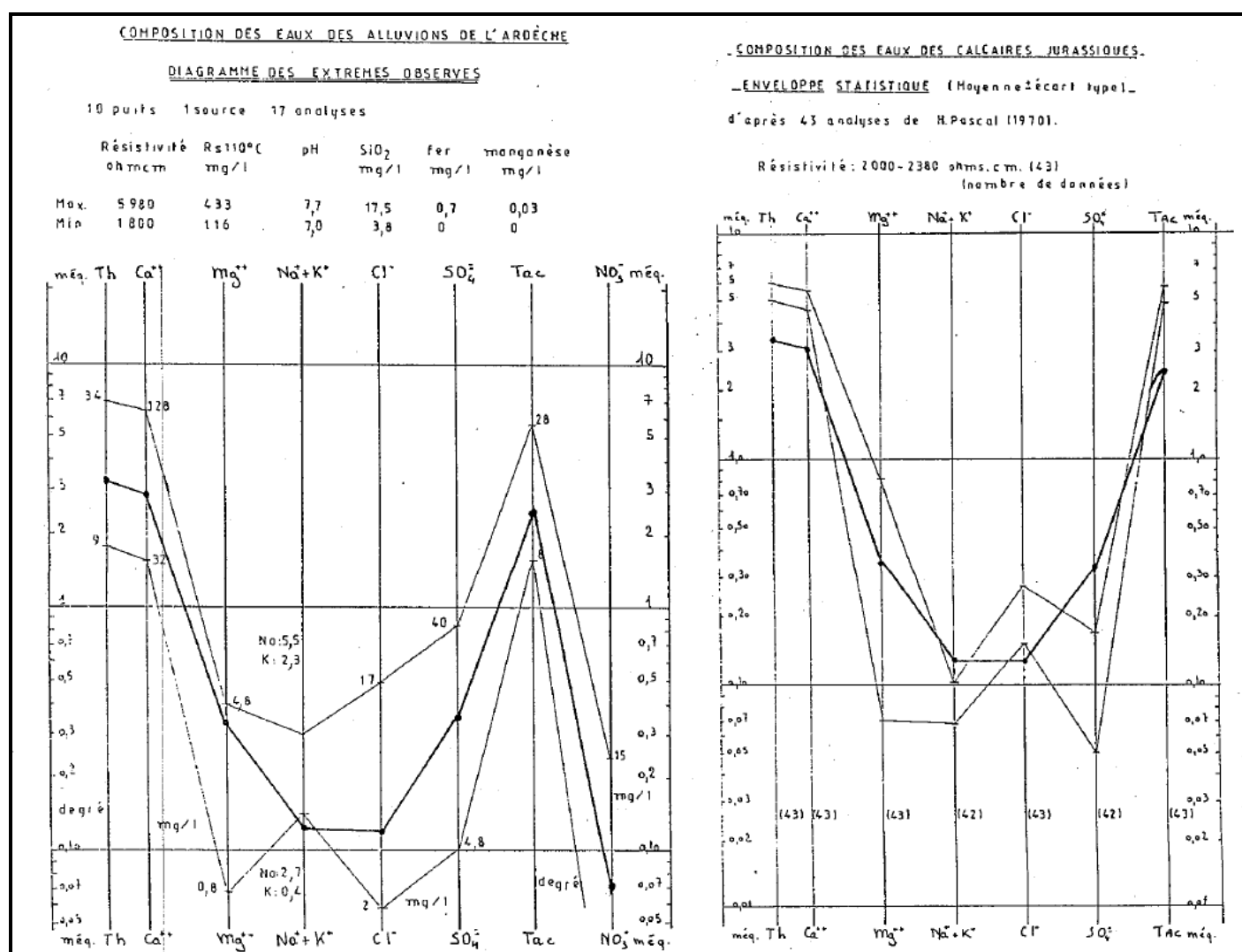


Figure 52 : Composition chimique de l'eau du forage des Fontaines en comparaison avec celles observées dans les eaux issues des calcaires jurassiques et celles issues des alluvions de l'Ardèche (G. NAUD, 1993)

Ces deux diagrammes mettent également en évidence que l'eau du « forage des Fontaines » (ancien nom donné pour nommer le forage FG1 ?) se rapproche plus des caractéristiques physico-chimiques des eaux issues des alluvions de l'Ardèche que de celles issues des calcaires jurassiques. Ce dernier expliquait simplement que les eaux captées par le forage étaient issues des pertes du Chassezac et par conséquent qu'elles provenaient du bassin versant du Chassezac dont l'extrémité du bassin est dominé par les terrains cristallophylliens.

Au vu des résultats du traçage depuis les pertes de Maisonneuve jusqu'au ruisseau des Fontaines (1 fluocapteur positif à très faible dose), il est bien possible qu'une grande partie des eaux captées à Gerbail proviennent des pertes du Chassezac mais les résultats du traçage restent peu fiables malgré la grande probabilité pour que cette relation existe.

Concernant la composition chimique des eaux en provenance du plateau calcaire de l'unité St-Alban, l'Université de Montpellier a effectué depuis 2012 de nombreuses investigations sur ce secteur, y compris des analyses d'eau sur différentes sources. Voici les résultats obtenus :

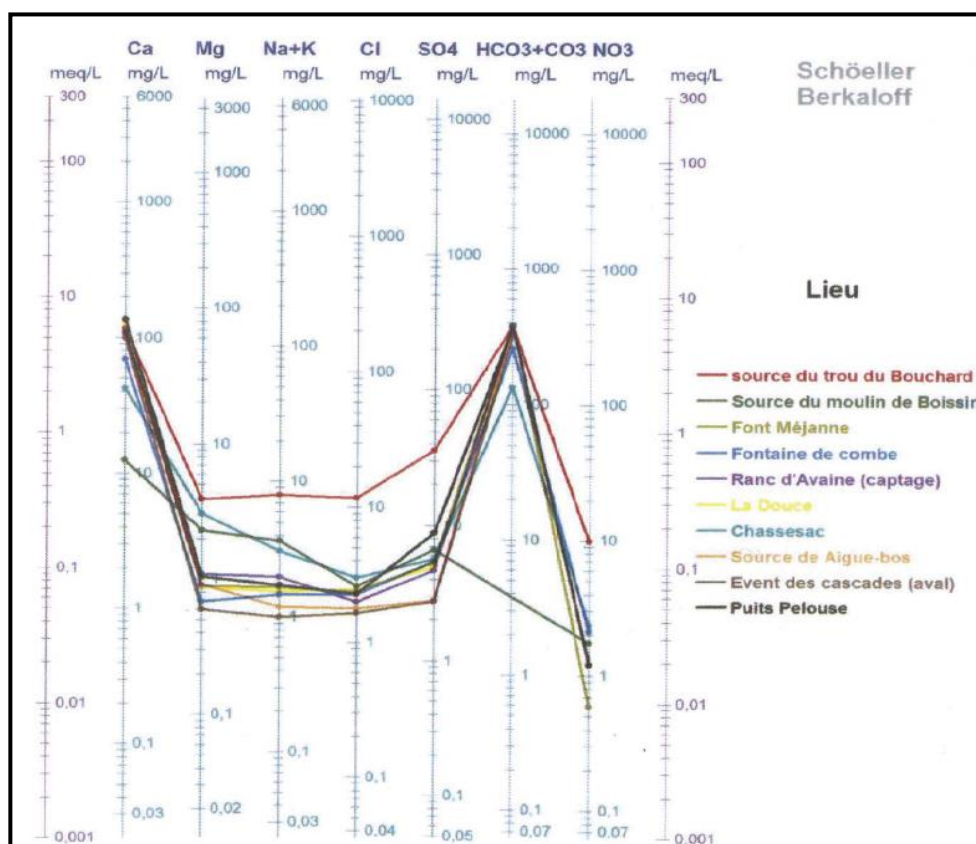


Figure 53 : Diagramme de Schöeller-Berkaloff des paramètres physico-chimiques majeurs sur quelques sources issues du plateau calcaire au sein de l'unité St-Alban (POULIN, 2013)

Globalement ces eaux restent de compositions physico-chimiques proches (hormis pour la source du trou du Bouchard qui se situe dans un contexte géologique particulier), correspondant à des eaux bicarbonatées-calcaiques. On notera également que l'Université de Montpellier a effectué des analyses d'éléments traces sur ces mêmes points d'eau (Fe, As, Zn, Mn...)[10].

De plus, nous avons effectué quelques mesures de conductivité et températures lors de nos visites de terrain sur le secteur. Voici un bilan des mesures ainsi que la synthèse de mesures existantes sur le secteur pour ces paramètres :

Nature des points d'eau	Site	Date	Conductivité à 25°C (µS/cm)	Température °C	Source
AEP	Forage F1 Gerbial	16/08/2010	221	15	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
		21/08/2012	217	15,1	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2012
	Forage F2 Gerbial	17/08/2010	212	15,5	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
		21/08/2012	202	15,9	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2012
	Puits Fontaines	12/08/2010	222	15	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
	Puits P2 Champs de la Gorce	31/08/2010	260	14,6	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
	Puits P3 Champs de la Gorce	07/08/2010	300	13,2	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
	Puits P5 Champs de la Gorce	31/08/2010	310	14	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
Cours d'eau superficiels	Ruisseau des Fontaines	06/08/2010	230	15	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
		21/08/2012	208	15,4	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2012
		21/01/2016	285	13,2	Visite de terrain (AERMC, SMAC, RABIN, CDS07)
	Chassezac	16/08/2010	215	17,5	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
		21/08/2012	213	21,5	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2012
		21/01/2016	71,9	5,6	Visite de terrain (AERMC, SMAC, RABIN, CDS07)
	Beaume	21/01/2016	70	5,4	Visite de terrain (AERMC, SMAC, RABIN, CDS07)
		18/02/2015	105,5	6,3	Visite de terrain (RABIN)
Sources du plateau calcaire	Font la Douce	21/01/2016	545	13,1	Visite de terrain (AERMC, SMAC, RABIN, CDS07)
	Bourbouillet	21/01/2016	568	13,3	Visite de terrain (AERMC, SMAC, RABIN, CDS07)
	Source du Ranc d'Avène	21/01/2016	483	13,2	Visite de terrain (AERMC, SMAC, RABIN, CDS07)

Tableau 15 : bilan des conductivités mesurées sur les ouvrages AEP du SEBA en comparaison avec les conductivités des eaux superficielles et des eaux de sources du plateau calcaire (RABIN, 2016)

On remarque d'abord que les conductivités des ouvrages AEP du SEBA et les conductivités du ruisseau des Fontaines restent proches (environ 200-300 µS/cm). Deux pôles opposés se dessinent avec des conductivités clairement différentes des premières :

- les sources issues du karst de Saint Alban avec des conductivités de l'ordre de 500-600 µS/cm
- et la Beaume (70-100 µS/cm) ; même ordre de grandeur pour le Chassezac l'hiver. Attention, l'eau du Chassezac possède une minéralisation différente suivant les conditions hydrologiques notamment par l'influence des lâchers EDF.

Sur la base des conductivités intermédiaires, la ressource exploitée par les captages du SEBA a une position complexe entre ces deux pôles, il pourrait s'agir de :

- un début de minéralisation carbonatée des eaux du Chassezac qui pénètrent dans le karst au niveau des pertes de Maisonneuve ; ceci n'aurait toutefois possible que si le transfert entre les pertes et St Alban est lent, ce qui ne correspond pas aux résultats contestables du traçage de 1988
- une alimentation mixte à partir de ces deux pôles : le Chassezac (pertes et/ou alluvial) et des eaux issues du karst de St Alban, ce qui nécessiterait des potentialités importantes de la ressource karstique locale.

Le multi-traçage projeté sur cette unité karstique doit permettre de conclure sur le karst de St Alban.

Nous pouvons compléter avec le tableau suivant pour les sources d'origine calcaire :

Paramètres	Sources	Min	Max	Moy
Hauteur d'eau en cm	Fontgraze	0	79.65	38.83
	Ranc d'aven	0	178.1	77.34
	Fontaine pelouse	0	762.50	331.57
	Bourbouillet	0	59.80	15.14
	Creux de Bouchart	0	101.38	3.64
Température en °C	Fontgraze	10.7	16.3	13.9
	Ranc d'aven	9.5	16.2	13.5
	Fontaine pelouse	12.2	16.9	13.7
	Bourbouillet	9.9	16.9	13.1
	Creux de Bouchart	9	16	13.7
Conductivité en $\mu S\ cm^{-1}$	Fontgraze	310	633	538
	Ranc d'aven	310	577	479
	Fontaine pelouse	160	563	260
	Bourbouillet	360	611	525
	Creux de Bouchart	250	570	371

Tableau 16 : bilan des sondes CTD installées sur les sources suivies par l'Université de Montpellier au sein de l'unité St-Alban (POULIN, 2014)

2.6.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

On considère une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne le karst de Saint-Alban notamment dû au fait que la circulation au sein de l'aquifère est rapide en certains points. Si l'interconnexion entre les conduits karstiques et les alluvions du Chassezac est démontrée le long du cours d'eau entre Maisonneuve et Saint-Alban Auriolles, la faculté de filtration naturelle des alluvions permettant d'améliorer la qualité bactériologique de l'aquifère, pourrait diminuer la vulnérabilité de l'aquifère ou d'une partie de celui-ci.

L'occupation du sol est très variée dans cette unité (Tableau 17etFigure 54) et se compose essentiellement de végétation sclérophylle, pelouses et pâturages, forêt de feuillus et végétation arbustive en mutation. Le long du Chassezac, on retrouve les surfaces agricoles, vignobles, vergers et petits fruits et terres arables hors périmètres d'irrigation. Par ailleurs, on note la présence de quelques tissus urbains discontinus pour les villages de Saint-Alban Auriolles, Chandolas et le hameau de Maisonneuve.

Il existe 2 installations ICPE en fonctionnement au sein de notre unité :

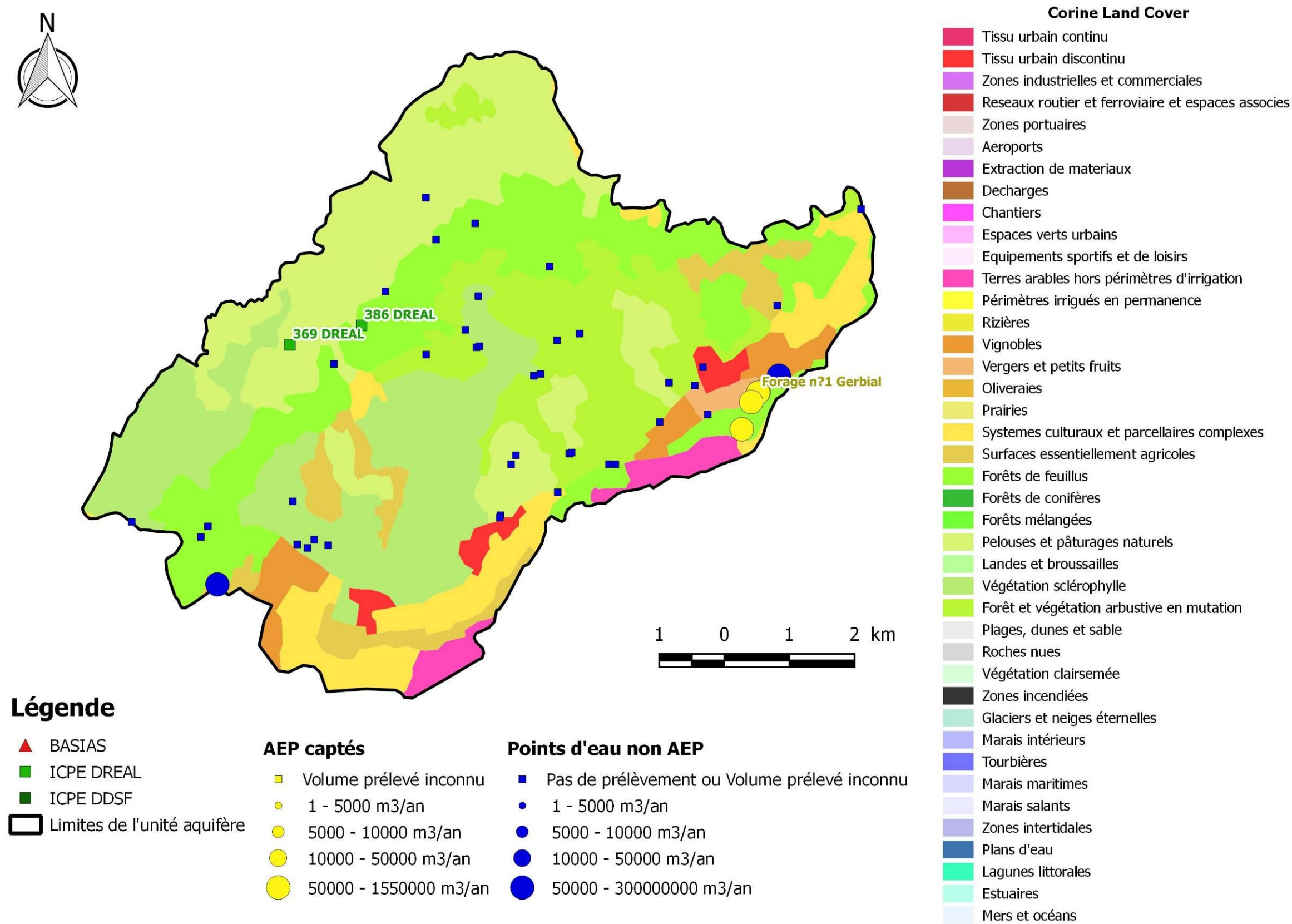
- **l'entreprise « VANSEENNE DE CARRIERE – SVC TP » à Les Assions**enregistrée sous « Carrières (exploitation de) à hauteur de 150000 T/an » ;
- **l'entreprise « FOREZIENNE D'ENTREPRISES » à Chandolas**enregistrée sous « Carrières (exploitation de) à hauteur de 200000 T/an » ; « Broyage, concassage, ...et autres produits minéraux ou déchets non dangereux inertes »

Il n'existe aucun site répertorié dans les bases de données BASIAS ou BASOL au sein de cette unité.

A noter l'ancienne décharge communale de Lablachère à côté de Notre Dame de Bon Secours.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,998	1,64%
211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation	1,445	2,37%
221 : Vignobles	2,049	3,36%
222 : Vergers et petits fruits	0,392	0,64%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	5,194	8,52%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	3,346	5,49%
311 : Forêts de feuillus	12,659	20,77%
321 : Pelouses et pâturages naturels	13,611	22,33%
323 : Végétation sclérophylle	12,481	20,48%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	8,780	14,40%
	60,955	100,00%

Tableau 17 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Saint-Alban-Auriolles



2.7. L'unité Sud Chassezac

2.7.1. Présentation et délimitation de l'unité

Le système englobe les calcaires jurassiques du secteur de Naves, des Vans, de Berrias et au sud de Beaulieu. Pour l'extrémité sud, la phase pyrénéo-provençale a eu un rôle important, car les structures sont fortement plissées : synclinal de Saint André de Cruzières, anticlinal faillé de Saint Paul le Jeune, plaine de Berrias - Beaulieu en léger synclinal.

L'unité aquifère « Sud Chassezac » est limitée :

- Au nord par la limite d'affleurement Trias – Jurassique sur une ligne Naves – les Vans.
- A l'ouest par la faille de Banne Villefort de direction nord-ouest / sud-est qui met en contact les horizons jurassiques avec le socle et le bassin houiller.
- Au sud par la crête correspondant à l'axe de l'anticlinal de Saint Paul
- A l'est par la limite de la plaine de Berrias – Beaulieu occupée par les marnes du Valanginien (n_2) et le complexe faillé des Divols.
- Au nord-est, par les gorges du Chassezac.

Il s'agit du karst compris entre Naves, les Vans, la vallée du Chassezac et l'anticlinal de St-Paul-le-Jeune.

A noter que le synclinal de St André de Cruzières n'est pas compris dans notre secteur d'étude, puisqu'il est en dehors du bassin d'alimentation de l'Ardèche. La limite sud de l'unité aquifère « Sud Chassezac » a été fixée au cœur de l'anticlinal de Saint Paul. Les terres noires calloviennes affleurantes dans le cœur de l'anticlinal de Saint Paul devraient a priori empêcher tout lien hydrogéologique entre l'aquifère jurassique puissant du synclinal de Saint André et le flanc nord de l'anticlinal [16].

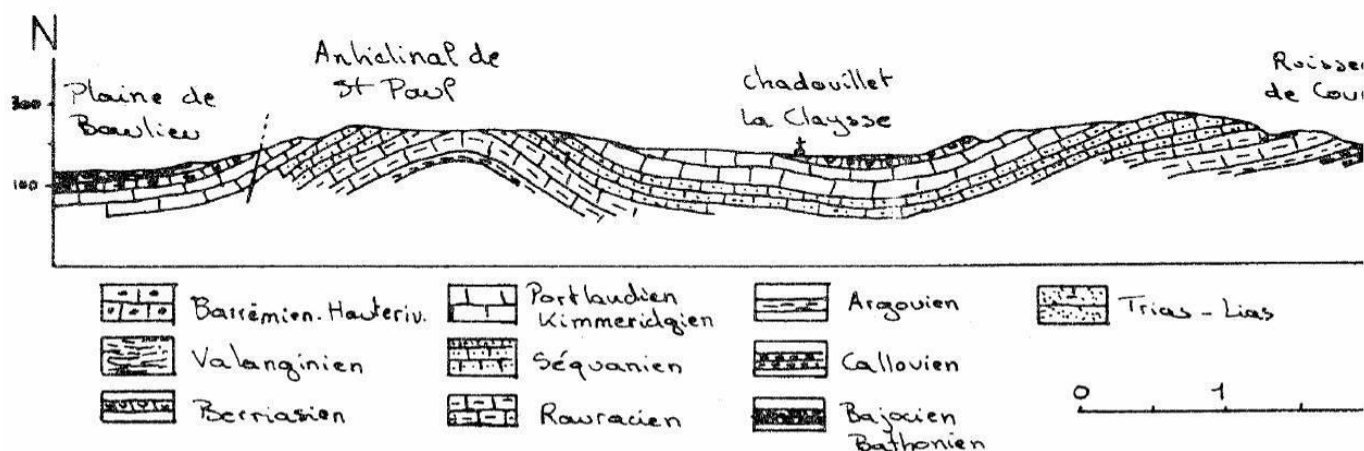


Figure 55 : coupe géologique MB' à travers le synclinal de St André de Cruzières (source inconnue)

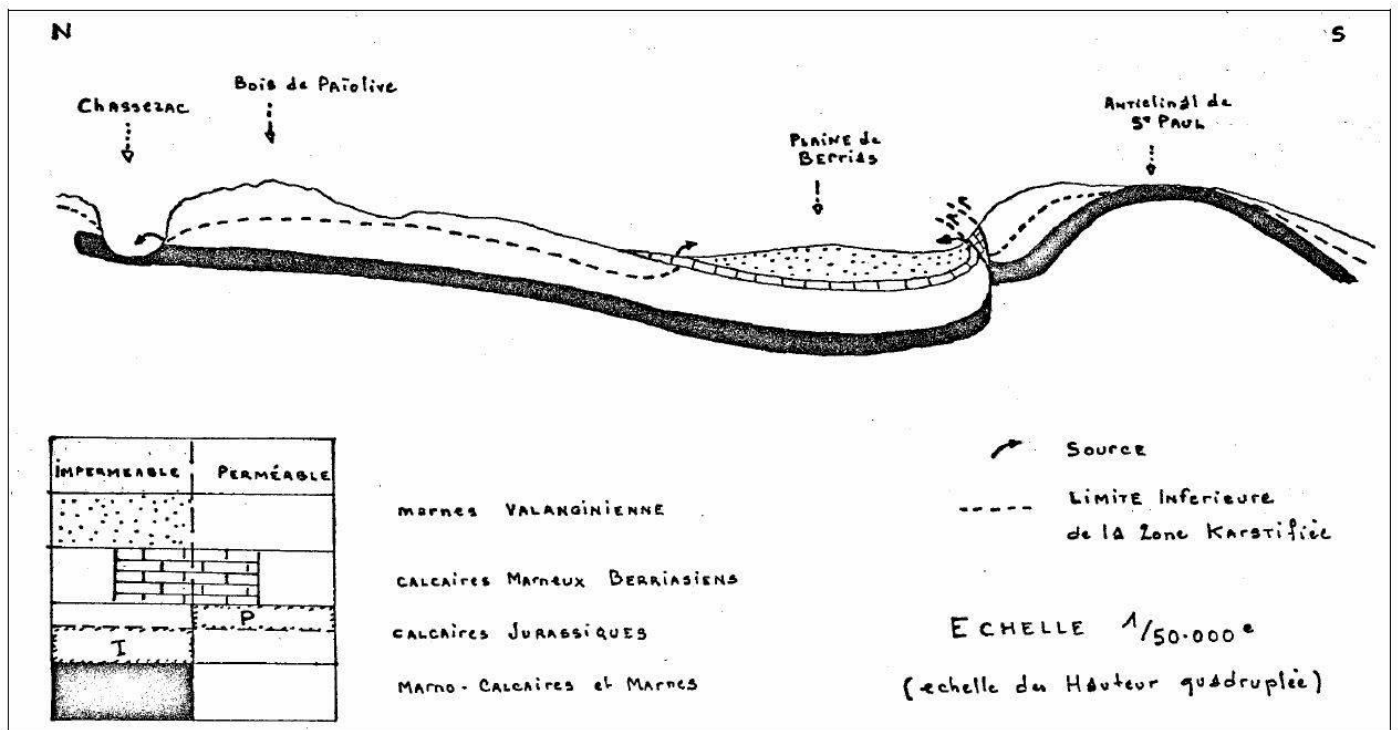


Figure 56 : coupe géologique M-A' de l'anticlinal de St Paul le Jeune (Pascal, 1970)

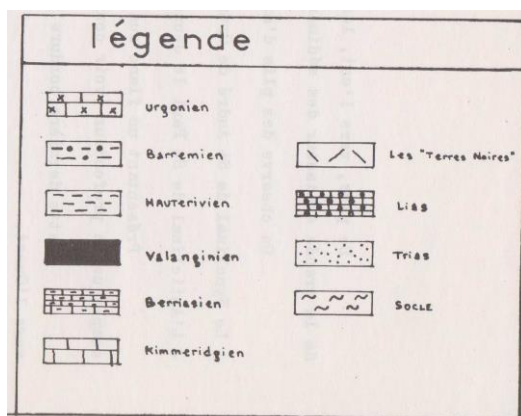
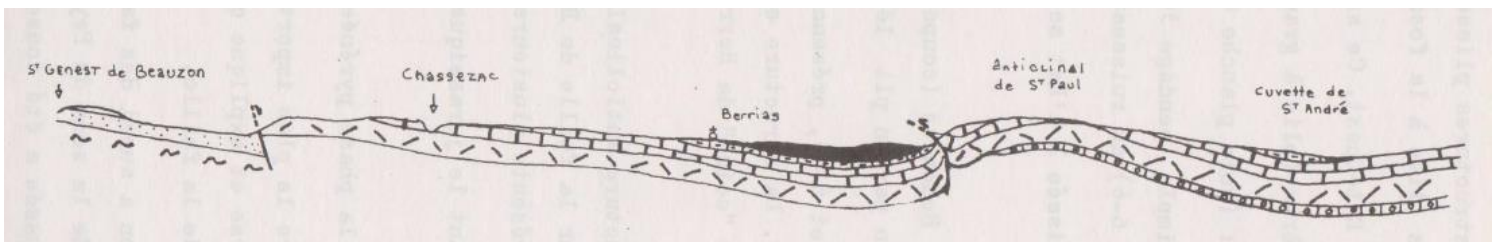


Figure 57 : coupe géologique M-D' de la plaine de Berrias et de l'anticlinal de St Paul (Pascal, 1970)

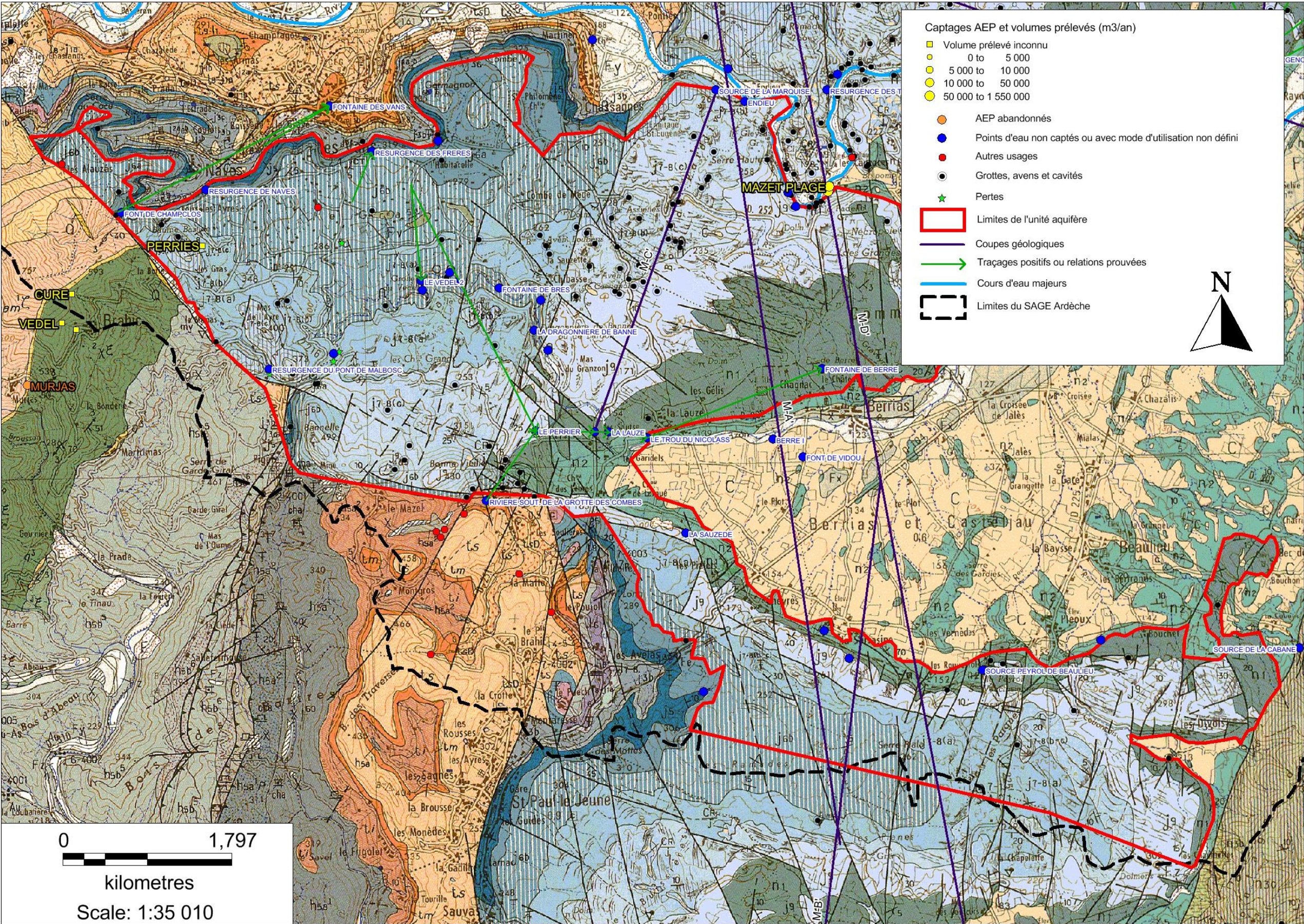


Figure 58 : limites de l'unité karstique Sud Chassezac sur fond géologique

2.7.2. Hydrogéologie

2.7.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

L'unité aquifère « Sud Chassezac » englobe en réalité plusieurs karsts jurassiques :

Le karst de Naves

Les Alauzas et le Serre du Cocu sont en fait un petit causse à séries jurassiques horizontales limité à l'ouest par la faille de Banne Villefort. Un petit karst de faible extension donne naissance à une seule émergence notable, la Font de Champclos.

Le karst de Vans

Les Gras des Vans et le Bois de Païolive sont beaucoup plus étendus et les calcaires jurassiques à l'affleurement ont un faible pendage vers le sud et plongent sous les horizons berriasiens avant Berrias. Quelques circulations temporaires localisées marquent la partie nord alors que le massif est marqué par la vallée du Granzon qui provient des affleurements paléozoïques. Ce ruisseau se perd totalement dans la partie amont pour alimenter une rivière souterraine pérenne en relation avec la Fontaine du Vedel. Plus à l'aval le ruisseau du Granzon redevient permanent et semble être le niveau de base local au cœur du massif calcaire ; il draine des sources au faible débit d'étiage (Fontaine de Boissin, Dragonnière de Banne) [16]. La direction d'écoulement général dans le karst jurassique est plutôt nord – sud vers la résurgence du Perrier, mais les écoulements souterrains se poursuivent vers l'est selon un axe Perrier – source de la Lauze – Trou du Nicolass - Fontaine de Berre. Cette dernière source émerge dans les calcaires berriasiens au nord de Berrias.

Cet ensemble karstique est aussi limité au nord-est par les gorges du Chassezac qui incisent les calcaires jurassiques ; la source de la Marquise est la plus importante des résurgences de ce secteur rive gauche du Chassezac. Son bassin d'alimentation est difficile à préciser, l'émergence étant masquée par un éboulis.

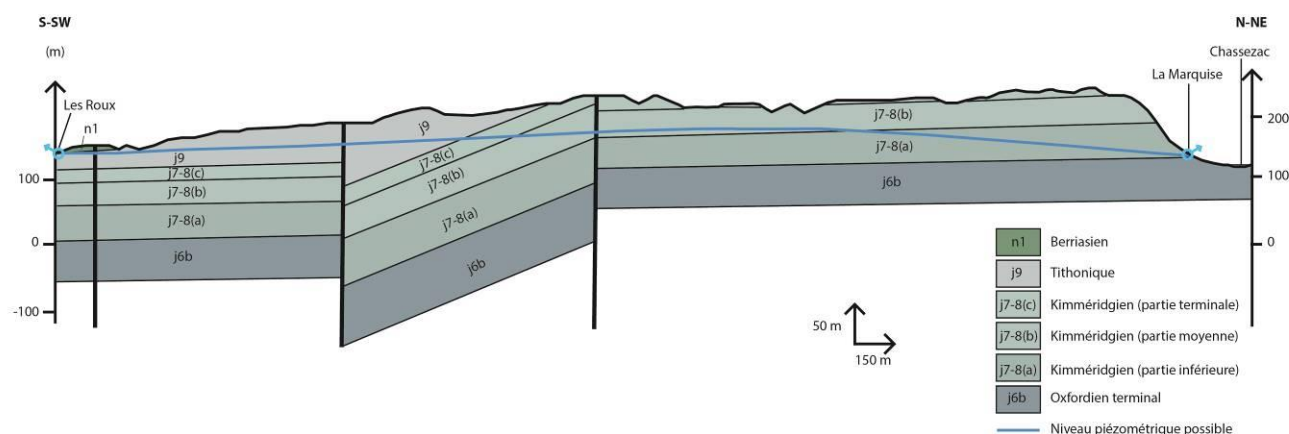


Figure 59 : coupe géologique M-C' sous le Bois de Païolive (Rabin, 2016)

Le flanc nord de l'anticlinal de Saint Paul

A noter que le synclinal de St André de Cruzières n'est pas compris dans notre secteur d'étude. Il est occupé par des calcaires jurassiques très karstifiés (réseau de la Cocalière) et les réserves sont estimées à 8 millions de m³ sur la base d'une épaisseur de 200m de calcaires noyés [17], en lien avec le Peyrol du Moulin, source pérenne. Un forage situé sur le flanc nord de l'anticlinal a traversé au moins 60m de calcaires tithoniques et kimméridgiens avant perte du matériel entre 60 et 180m de profondeur. Cependant, l'Oxfordien moyen et supérieur sont composés de calcaires karstifiables (perte de la Cloyse), il est donc raisonnable de placer une limite inférieure de karstification aux alentours de -100 à -120m (Clerc, 2009). A priori les terres noires calloviennes affleurantes au cœur de l'anticlinal de Saint Paul scindent cette structure plissée en deux entités hydrogéologiques et empêchent toute relation entre le flanc nord de l'anticlinal et la partie sud du karst jurassique.

Le flanc nord de l'anticlinal est marqué par des pendages de 20 à 30° vers le nord, un relief accidenté et des résurgences temporaires dénommées Peyrol (ou grand chaudron) à cause de leur forme : de larges trous d'un diamètre supérieure à 10m avec des venues d'eau ascendantes, qui sont des trop-pleins en crue[16]. La principale source est le Peyrol des Rouveyrols, temporaire, mais avec des débits de crue de 6 m³/s. Il se vidange totalement à l'étiage, montrant une baisse de plus de 20m. A noter que le Peyrol des Rouveyrols agirait indépendamment des autres et aurait son propre bassin d'alimentation. Ce dernier serait restreint et ne s'étendrait probablement pas plus au Sud que l'axe du pli[18]. Toutefois, il se pourrait qu'il soit connecté avec le système de Saint-André de Cruzières pour lequel il agirait comme trop-plein lors d'évènements pluvieux important.

La plaine de Berrias-Beaulieu correspond à une dépression de marnes valanginiennes en léger synclinal. Pascal [7] estime que les calcaires jurassiques s'enfonçant sous les marnes ne sont pas karstifiés.

Connaissance du réseau karstique

Il s'agit du secteur constitué par des affleurements jurassiques, au sud de la vallée du Chassezac.

A l'ouest de ce secteur, on trouve la Fontaine de Champclos qui s'ouvre dans la vallée du Bourdaric et s'étend jusqu'à la limite des calcaires au niveau du hameau des Alauzas. Cette cavité est le siège d'un écoulement permanent d'environ 1 l/s à l'étiage. Les potentiels de ces secteurs sont limités par leur situation perchée et des limites géologiques restreintes.

On trouve ensuite le secteur du Bois de Païolive. L'ensemble des pertes et la fontaine du Vedel développe 3 km et on y observe un débit à l'étiage de l'ordre du litre/seconde. Ce réseau spéléologique comprend plusieurs siphons, mais de faible profondeur ou développement.

Plus à l'aval dans la vallée du Granzon, en rive gauche, on trouve quelques sources de faible débit (inférieur au litre/seconde à l'étiage). La plus importante est la Fontaine de Boissin reconnue sur environ 800 mètres, avec plusieurs siphons de faible profondeur et de faible développement. En rive droite se développe la Dragonnière de Banne sur 2 km en direction du Bannelle. Cette cavité a un profil horizontal avec une dizaine de siphons dont le plus important développe 360 mètres et atteint au fond la côte de 153 m NGF.

Plus au sud, on trouve la grotte des Combes qui est une perte active et permanente du ruisseau des Combes qui prend sa source sur des affleurements du Trias. Un traçage hydrologique (1966) indique un passage à la résurgence du Perrier (trop-plein) et une sortie à la Fontaine de Berre, source impénétrable qui s'ouvre dans le Berriasien. Il y a peut-être ici, sous la couverture du Berriasien, un potentiel de réservoir karstique.

En rive droite, à l'entrée des Gorges du Chassezac, on trouve la source de la Marquise qui est de loin la source la plus importante (2 l/s à l'étiage et proche de 1m³/seconde en crue) mais impénétrable en raison d'un éboulis qui masque aussi la présence de formation karstique. On trouve ensuite les sources de la Padelle et du Téron.

Au sud, se situe la retombée du synclinal de Saint André de Cruzières où l'on peut observer, à proximité du hameau du Pléoux, une zone de résurgence importante en haute eau. La principale, le Peyrol de Beaulieu peut déverser plusieurs m³/seconde en crue. A l'étiage, il n'y a pas d'écoulement et le niveau de l'eau est rabattu de plus de 20 mètres. A proximité on trouve l'Event du Pléoux et l'Event des Divols (maintenant inaccessible du fait de l'urbanisation).

Le Runladou, tout proche est un regard sur la zone noyée du Peyrol où on observe des volumes d'eau importants. Le siphon développe 440 mètres et atteint la côte 64 m NGF (le Chassezac coule à 110 m NFG à Maisonneuve). On observe aussi dans cette cavité d'importantes mises en charge. Sur le plateau, on peut citer l'Aven de la Charrette où s'écoule un actif permanent de quelques litres/seconde à la côte 166 m NGF. Les explorations à l'amont sont bloquées par des rétrécissements après un siphon non profond de 90 mètres, et à l'aval sur un siphon étroit à la côte 138 m NGF, qui correspond à l'altitude de la plaine. L'aven de la Charrette, ne semble pas affecté par des mises en charge. Le bassin d'alimentation de cette zone est inconnu. Il ne faut pas écarter la possibilité d'un déversement du synclinal dans cette direction. En effet, on peut citer l'Aven du Tégoul et le Peyraou de Chadouillet, dont les amonts se développent dans cette direction. Le Tégoul est un vaste siphon qui se développe à partir de l'altitude de 150 m NGF et se prolonge vers l'amont jusqu'à la côte 108 m NGF. Le Peyraou de Chadouillet déverse à l'altitude de 160 m NGF et se développe sur l'amont sur plus d'un kilomètre et atteint à la profondeur maximale la cote de 82 m NGF.

Si cette partie de la zone noyée de la cuvette de Saint André est en connexion avec le Peyrol, le potentiel de cette zone en ressource en eau karstique sera très important. Par contre si la zone noyée du Peyrol est seulement alimentée par déversement, cela limitera son potentiel.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
NOM	Commune	SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
BOIS DE PAÏOLIVE (du Chassezac au gras des Vans)						
Combes (grotte des)	Banne	2			582	-45
Devès de Banne (aven du)	Banne	oui			64	-29
Dragonnière de Banne (résurgence de la)	Banne	14	permanent	exsurgence	1931	-36/+70
Granzon (perte amont du)	Banne		temporaire	perte	57	-2
Granzon (perte n°2 du)	Banne	3ou4	temporaire	perte	800	-36
Papillons (résurgence des)	Banne		temporaire	résurgence	75	
Perrier (résurgence du)	Banne	oui		résurgence	423	-1
Résurgence pompée	Banne			résurgence	0	
Bas Gras (perte n°1 du)	Les Vans		temporaire	perte	20	-6
Bassin (résurgence du)	Les Vans		permanent ?	résurgence	6	
Boissin (fontaine de)	Les Vans	9	permanent	exsurgence	884	-11
Brès (fontaine de)	Les Vans		temporaire	exsurgence	64	1
Champclos (fontaine de)	Les Vans			source	1783	+133
Château de Chassagnes (exsurgence du)	Les Vans		temporaire	résurgence	0	
Combrets (aven n°1 des)	Les Vans		temporaire	perte	50	-20
Frères (résurgence des)	Les Vans			résurgence	80	0,5
Gilles (perte temporaire impénétrable)	Les Vans		temporaire	perte	0	
Granzon (perte n°1 du)	Les Vans	oui	temporaire	perte	500	-12
Marquise (source de la)	Les Vans			source	0	
Naves (résurgence de)	Les Vans		temporaire	résurgence	14	
Pont de malbosc (résurgence du)	Les Vans		temporaire	résurgence	50	6
Radjou (exsurgence temporaire du)	Les Vans	non	temporaire	exsurgence	20	-2
Sarmejeanne (grotte de)	Les Vans	oui		résurgence	350	-1
Signal (aven n°1 du)	Les Vans				70	-12
Tufs (source des)	Les Vans			source	0	
Tuyau de plomb (fontaine du)	Les Vans	oui	permanent	exsurgence	170	3
Vedel (fontaine du)	Les Vans	7	permanent	résurgence	2300	-3/+28
Berre (fontaine de)	Berrias et Casteljau		permanente	exsurgence	0	
Padelle de Casteljau (résurgence tempo)	Berrias et Casteljau	oui	temporaire	résurgence	60	
Téron (exsurgence le)	Berrias et Casteljau	?	temporaire	exsurgence	12	-9
RETOMBEE DE LA CUVETTE DE SAINT ANDRE DE CRUIERE						
Charrette (aven de la)	Beaulieu	oui			520	-108
Divol (évent de)	Beaulieu				60	-30
Pléoux (évent de)	Beaulieu		cheminée d'équilibre	trop plein	112	-38
Runladou (grotte du)	Berrias et Casteljau	oui			2200	-106/+27
Peyrol de Beaulieu (le)	Beaulieu	oui	temporaire	source	20	-20
Pléoux (évent de)	Beaulieu			TP + lac avec cheminée d'équilibre		

Tableau 18 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Sud-Chassezac (Source : CDS07)

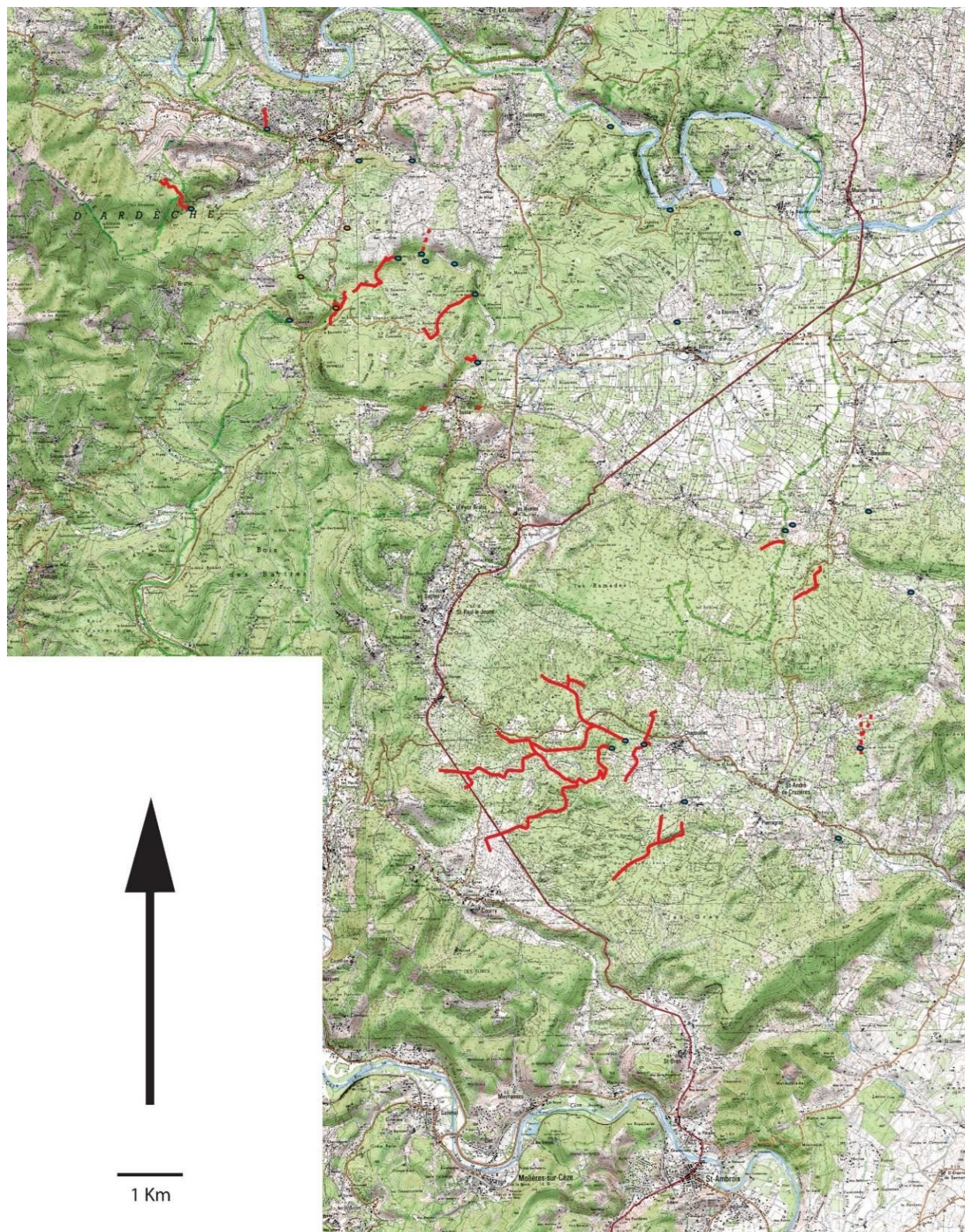


Figure 60 : report des réseaux spéléologiques de l'unité « Sud Chassezac» (CDS - 2015)

2.7.2.2. *Piézométrie, gradient, direction d'écoulement*

A ce jour aucune piézométrie n'existe pour ce secteur.

Au niveau du Karst de Naves et de celui des Vans, la direction de l'écoulement semble préférentiellement dirigée vers le Sud – Sud-est en direction de la résurgence du Perrier. Puis, les écoulements rejoignent la source de la Fontaine de Berre à l'Est (Résultats des historiques de traçage). La zone est encore peu connue, il est donc difficile de conclure sur les écoulements notamment au niveau du karst du bois de Païolive qui est entaillé au Nord par les Gorges du Chassezac sur 50 à 120 m de profondeur. Les sources d'Endieu et de Mazet en sont les seules émergences importantes[6]. Le pendage et le réseau de fractures ont bien évidemment un rôle dans la direction de l'écoulement mais l'étude bibliographique ne nous permet pas de le définir précisément.

En ce qui concerne la plaine de Beaulieu, Pascal [7]affirmait que les calcaires situés sous les marnes valanginiennes étaient non-karstifiés et qu'il n'y aurait donc pas de connexion avec le flanc Nord de l'anticlinal de Saint-Paul. L'ensemble des eaux du flanc Nord de l'anticlinal (sans connaissance précise de la provenance de ces eaux) serait donc drainé vers le Nord par les différentes sources émergeantes dans le réseau de failles du secteur. Citons la source des Astats, le Peyrol des Rouveyrols, la source Les Baumettes et La Sauzède.

2.7.2.3. *Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)*

- Perte du Granzon => Fontaine de Vedel et résurgence du Perrier
Pascal, 1970 : le 22/08/1969, injection de 2kg de fluorescéine dans une perte du ruisseau du Granzon, coloration de la Fontaine du Vedel après 206h pour 1600m (8m/h) et la résurgence du Perrier située à 2300 m après 648h.
- Perte de Gilles => résurgence des Frères
Pascal, 1970 : en 1969, injection de 2kg de fluorescéine dans les pertes du Gilles aux Vans, coloration de la résurgence des Frères située à 600m en 5h (120m/h).
- Grotte des Combes => rés. Perrier, sces des Roux et Lauze, Trou Nicolasss, Fontaine de Berre
Pascal, 1970 : le 5/03/1970, injection de 600g de fluorescéine dans la grotte des Combes, coloration en 0,5 jours de résurgence du Perrier située à 1300 m, des sources des Roux et de la Lauze et du Trou Nicolas après 5 jours, et de la Fontaine du Berre après 5,5 jours.

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Perte du Granzon	Fontaine de Vedel	2 kg (fluorescéine)	206h	8 m/h
	Résurgence du Perrier		648h	3,5 m/h
Perte de Gilles	Résurgence des Frères	2 kg (fluorescéine)	5h	120 m/h
Grotte des Combes	Résurgence des Frères	600g (fluorescéine)	12h	108 m/h
	Sources des Roux		120h	
	Source de la Lauze		120h	
	Trou du Nicolass		120h	
	Fontaine de Berre		132h	

Tableau 19 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Sud-Chassezac

2.7.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Le karst de Naves est très limité, et son potentiel est faible du fait de sa faible extension et de sa position perchée, ce qui est confirmé par le débit du seul exutoire de ce petit karst : la Font de Champclos.

Malgré une vaste superficie à l'affleurement de calcaires karstifiés, le karst des Vans semble pour sa majeure partie sans grandes réserves :

- Sa limite orientale est occupée par un écoulement pérenne et pourrait présenter des réserves en lien avec les sources de Perrier, la Lauze, Trou du Nicolass et la Fontaine de Berre. Le traçage à partir de la Grotte des combes a révélé une vitesse de circulation faible entre la résurgence du Perrier et la source de la Lauze ce qui pourrait se traduire par la présence d'une zone noyée. Pascal [7] évoque un pompage pour l'irrigation de 60 m³/sec (m³/h?) dans le trou du Nicolass. Un pompage d'essai permettrait de connaître les potentialités de ce secteur.
- Dans les gorges du Chassezac en rive droite de ce dernier, plusieurs sources pérennes au débit d'étiage de 1 à quelques litres/seconde (Endieu, Marquise...) sembleraient indiquer quelques réserves ; aucun réseau d'importance n'a pu être exploré, ce qui empêche de compléter les rares données disponibles sur le secteur du Bois de Païolive.

Le flanc nord de l'anticlinal de Saint Paul montre des sources temporaires au débit impressionnant mais une baisse de niveau piézométrique, montrant un assèchement total des émergences connues. Il semble donc agir comme un déversoir avec peu de zone de stockage et des vitesses de circulations importantes lors d'évènements pluvieux. Le Runladou tout proche permet un accès souterrain et présente des volumes d'eau importants à l'étiage sans avoir la certitude d'un écoulement. Du fait de débits très importants en crue et de l'absence de connaissances sur les écoulements à l'étiage, l'alimentation du karst du flanc nord se pose : lien avec le synclinal de Cruzières en hautes eaux ou karstification sous la plaine de Beaulieu ?

La plaine de Beaulieu marquée par les affleurements de marnes valanginiennes accuse un léger plissement, d'où une structure en synclinal de faible pendage. Sous ces marnes, les calcaires jurassiques s'enfoncent depuis le flanc nord de l'anticlinal de Saint Paul et le flanc sud du karst des Vans- Bois de

Païolive. Les calcaires jurassiques sont réputés non karstifiés (Pascal, 1970). Le secteur mériterait des investigations pour expliquer le fonctionnement de l'anticlinal de SaintPaul et confirmer l'absence de connexion entre les sous-systèmes.

Par ailleurs, plusieurs forages sont connus dans la plaine de Beaulieu, on parle notamment d'un forage industriel avec un débit de plusieurs centaines de litres par seconde (Clerc, 2009).

2.7.4. Echanges nappe/rivière

La bordure sud du Bois de Païolive montre plusieurs réseaux de pertes couplées à des résurgences : grotte des combes (3 l/s), résurgence du Perrier (3 l/s), résurgence de la Grille, trou du Nicolass, Fontaine de la Lauze (0,05 l/s), source des Roux (4 l/s), Fontaine de Berre [6].

En amont de la résurgence du Vedel, le Granzon coule au-dessus du niveau de base. Le lit temporaire se situant sur des calcaires assez francs très diaclasés et quelquefois lapiazés va avoir des pertes. Certaines sont fossiles, mais d'autres sont actives, franches et quelquefois pénétrables (Pascal, 1970). On connaît l'existence notamment de la perte n°1 et la perte n°2. Cette dernière débouchant sur une rivière souterraine pérenne (3 l/s à l'étiage) dont la communication avec les venues d'eau de la Cascade et du Grand Siphon de la Fontaine du Vedel a été démontrée par Pascal en 1969.

En aval de la Fontaine du Vedel, Le Granzon représente le niveau de base des eaux souterraines. En effet, il n'y a pas de « pertes » du cours d'eau ici pérenne mais au contraire celui-ci reçoit de nombreuses sources. La coupe de la vallée fait apparaître les flancs diaclasés tandis que le lit du Granzon présente une maille de fractures fermées de grande dimension. Les émergences sont pérennes (suintements à l'étiage) et de l'ordre de 50 l/s en crue. Ces émergences sont plus nombreuses sur la rive gauche et ceci en rapport avec une surface d'alimentation plus grande et un léger pendage Sud de la série [7].

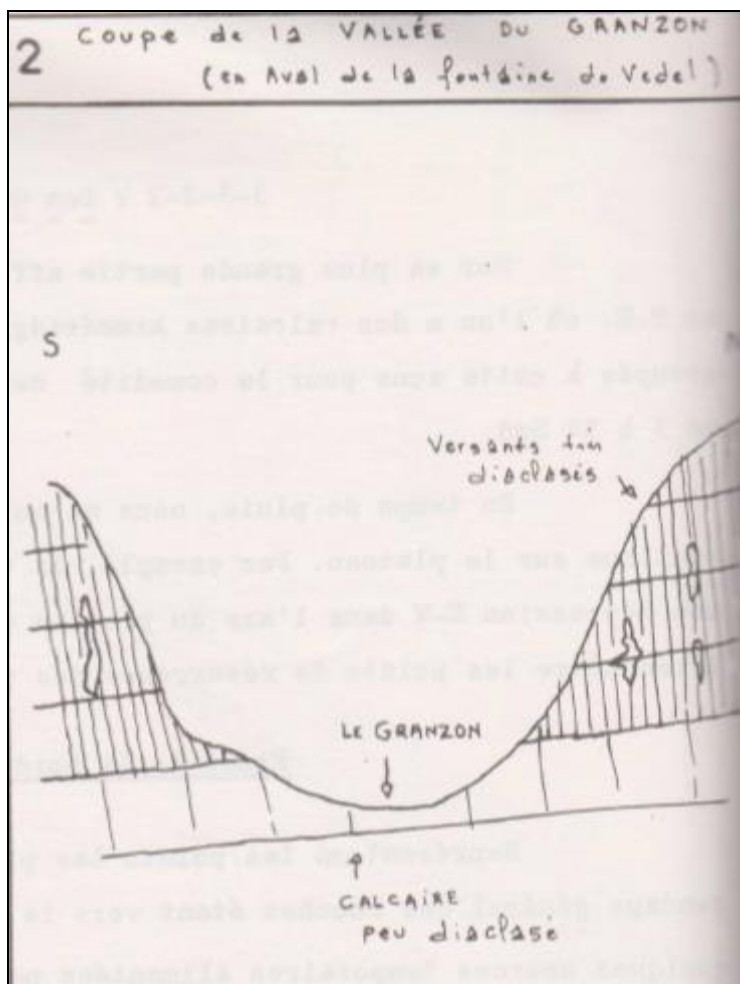


Figure 61 : coupe de la vallée du Granzon en aval de la Fontaine du Vedel (Source : Pascal, 1970)

2.7.5. Qualité des eaux

		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	TH	+	-	TAC	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	f à 20°
46	Peyrol de Pleoux	5,2	0,1	0	0,02	0,07	5,3	5,39	5,45	5,2	0,1	0,15	2.300
47	Source de la Sarrasine	5,85	0,6	0	0,01	0,1	6,45	6,56	6,9	6,6	0,2	0,1	1.880
48	Fontaine des Astats	5,1	0,5	traces	0,02	0,09	5,6	5,71	5,87	5,5	0,15	0,22	2.170
49	Sauzède	4,3	0,9	0	0,01	0,08	5,2	5,29	5,29	5,0	0,18	0,11	2.290
50	Perrier (galerie gauche) 3 l/s	3,75	2,05	0	0,07	0,16	5,8	6,03	5,72	3,6	0,2	1,92	1.948
51	Perrier (galerie droite) 3 l/s	4,55	2,2	0	0,10	0,17	6,75	7,02	6,41	3,75	0,2	2,46	1.638
52	Perrier 50 l/s	4,25	1,0	0	0,07	0,12	5,25	5,44	5,52	3,75	0,2	1,67	2.300
53	Trou du Nicolas	4,4	0,35	traces	0,04	0,11	4,75	4,90	5,00	4,15	0,2	0,7	2.430
54	Trou de la Lauze	3,75	1,45	0	0,04	0,11	5,1	5,25	5,4	3,9	0,2	1,3	2.300
55	Source du Roux	4,05	1,55	0	0,03	0,11	5,6	5,74	5,74	4,3	0,25	1,19	2.170
56	Berre - 100 l/s	3,95	1,1	0	0,03	0,11	5,05	5,19	5,40	4,25	0,25	1,0	2.330
57	Berre 20 l/s	5,4	0,4	0	0,02	0,12	5,8	5,94	5,97	4,95	0,35	0,72	1.910
58	Pertes du Granzon	3,2	2,7	0	0,05	0,08	5,9	6,3	6,34	3,35	0,25	2,64	2.070
59	Vedel (I)	5,25	0,05	0	0,01	0,07	5,3	5,38	5,59	5,25	0,25	0,09	2.240
60	Vedel (II)	3,9	0,7	0	0,02	0,1	4,6	4,72	4,88	3,55	0,15	1,18	2.650
61	Vedel (II) petit siphon	4,75	1,0	0	0,01	0,03	5,75	5,79	4,96	4,75	0,2	0,01	2.400
62	Vedel (II) grand siphon	3,0	2,0	0	0,02	0,04	5,0	5,06	4,53	4,25	0,15	0,13	2.550
63	Vedel (II) la Cascade	3,6	1,75	0	0,03	0,07	5,35	5,45	5,15	3,95	0,25	0,95	2.340
64	Boissin sortie amont	4,2	0,75	0	0,02	0,02	4,95	4,99	4,96	4,7	0,25	0,01	2.460
65	Boissin sortie aval	4,15	0,75	0	0,02	0,06	4,9	4,98	4,76	4,6	0,15	0,01	2.460
66	Tuyau de plomb	4,7	0,5	0	0,01	0,07	5,2	5,28	5,32	5,0	0,15	0,17	2.420
67	Exurgence du bassin	5,1	0,05	0	0,01	0,07	5,15	5,23	5,29	5,0	0,2	0,09	2.330
68	La Dragonnière	2,5	2,7	0	0,02	0,08	5,2	5,30	5,95	4,8	0,1	0,05	2.420
69	La Grille	5,25	0,25	0	0,01	0,07	5,5	5,58	5,67	5,5	0,15	0,02	2.250
70	Endieu	5,3	0,2	0	0,01	0,08	5,5	5,59	5,81	5,45	0,2	0,16	2.130
71	Source de Mazet	4,85	0,15	0	0,01	0,06	5,0	5,07	5,49	5,05	0,3	0,14	2.340
72	Font de Champclos	1,75	0,05	0	0,04	0,06	1,8	1,90	1,98	1,75	0,15	0,08	5.810

Tableau 20 : analyses chimiques des points d'eau du Sud Chassezac (Pascal, 1970),
(Concentrations exprimées en meq/L).

Ce sont des eaux de faciès bicarbonaté calcique avec quelques irrégularités dans les valeurs en Mg^{2+} . Les concentrations assez faibles pour des eaux calcaires sont dues, d'une part à des bassins versants souterrains de faibles dimensions et d'autre part au régime des sources (temporaires avec des circulations rapides) [7].

2.7.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

On considère une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne les karsts de l'unité Sud-Chassezac notamment dû au fait que la circulation au sein de l'aquifère est rapide en certains points. Les interconnexions entre les eaux souterraines et les eaux de surface (Par exemple les pertes/émergences de la vallée du Granzon) tendent à augmenter cette vulnérabilité.

L'occupation du sol est très variée dans cette unité (Tableau 21 et Figure 62). La majeure partie de l'unité est constituée de végétation sclérophylle et forêts de feuillus. Quelques vignobles et systèmes culturaux sont présents.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,059	0,16%
221 : Vignobles	1,707	4,51%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	1,562	4,13%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	0,230	0,61%
311 : Forêts de feuillus	11,219	29,65%
312 : Forêts de conifères	0,387	1,02%
313 : Forêts mélangées	0,180	0,48%
323 : Végétation sclérophylle	20,680	54,65%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,820	4,81%
	37,843	100,00%

Tableau 21 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Sud Chassezac

Il n'existe aucune ICPE et aucun site répertorié dans les bases de données BASIAS ou BASOL au sein de cette unité.

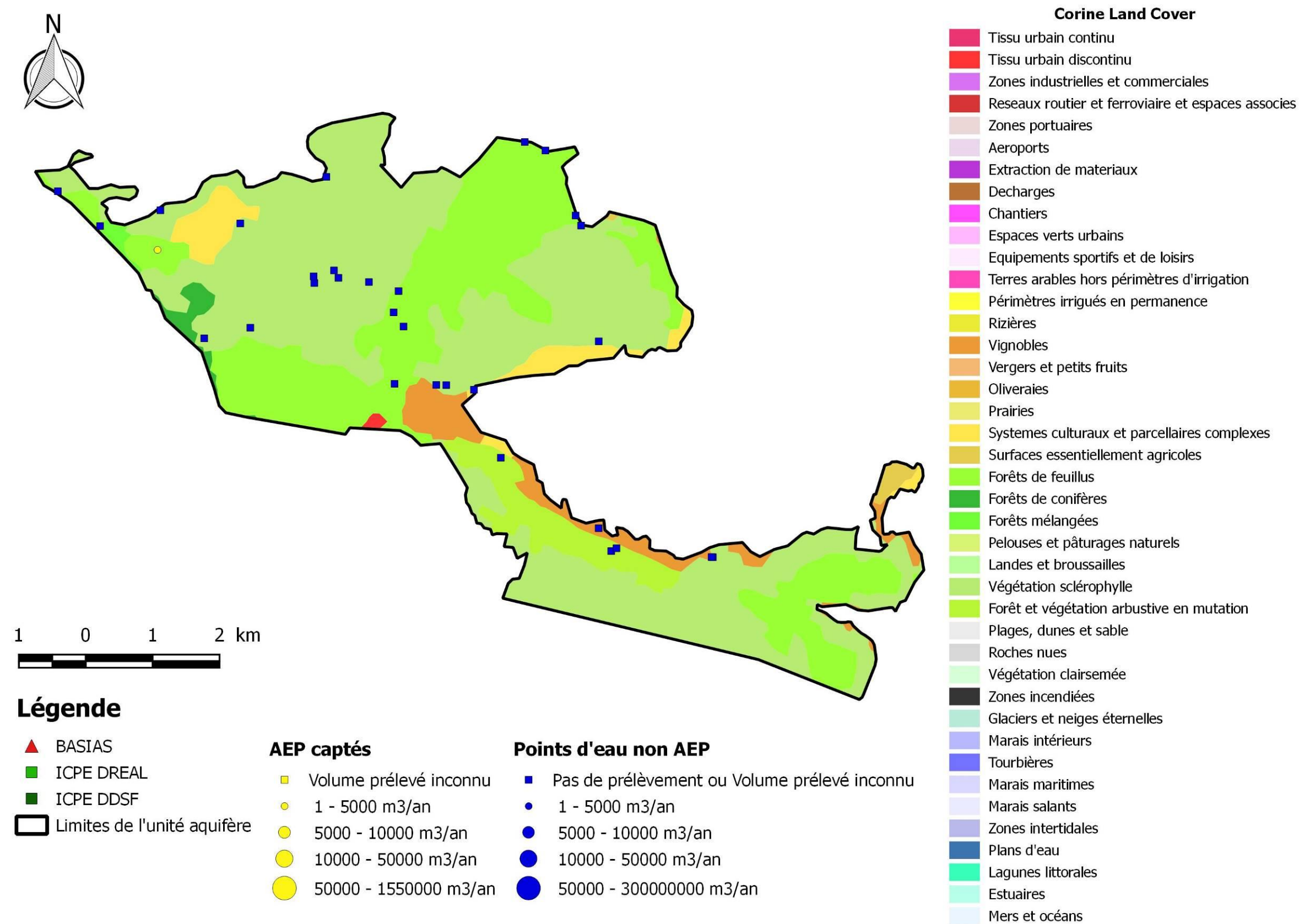


Figure 62 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Sud Chassezac (Corine Land Cover)

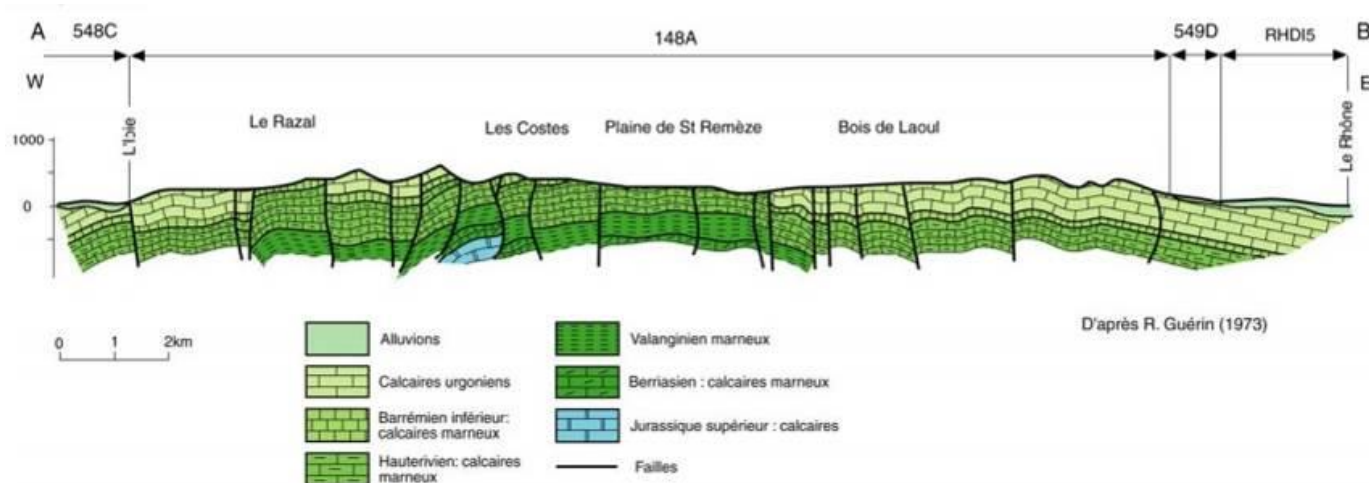
3- LES UNITES KARSTIQUES DU BAS-VIVARAIS

3.1. Stratigraphie - Lithologie

3.1.1. Stratigraphie du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens

Le Crétacé (-135 à -65 millions d'années) est la troisième et dernière période de l'Ere Secondaire. Le nom de « Crétacé » fait référence aux vastes dépôts crayeux marins retrouvés sur l'ensemble de l'Europe.

Dans notre zone d'étude, du fait de l'émersion des calcaires barrémo-bédouliens à faciès Urgonien, ceux-ci ne sont pas recouverts par des formations postérieures (Figure 63).



Les formations du Crétacé se résument donc aux calcaires du Crétacé inférieur et à quelques traces de formations postérieures érodées (Aptien, Albien, Sénonien) présentes à l'affleurement sur les bordures. Les calcaires du Crétacé inférieur correspondent au second cycle d'approfondissement et de comblement du bassin marin qui a produit une seconde série superposée comportant :

- la puissante série marneuse du Néocomien à la base,
- puis des formations calcaires issues des paléo-plateformes récifales, les calcaires du barrémo-bédouliens qui forment aujourd'hui, notamment sous le faciès Urgonien, le second réservoir karstique d'importance de l'Ardèche.

Le Crétacé inférieur (-135 à -100 millions d'années) est concordant avec le Jurassique. Son épaisseur varie de 360 m à plus de 1000 m. Il forme l'imposante masse de terrains carbonatés (300 km²) localisée de part et d'autre des gorges de l'Ardèche. Il est principalement composé par :

Le Néocomien (Valanginien et Hauterivien) qui est une puissante couche géologique de près de 1000 m d'épaisseur de terrains marneux.

Le Barrémo-Bédoulien (Barrémien inférieur à Bédoulien inférieur) qui est composé de formations carbonatées d'une épaisseur qui varie de 390 m à 460 m. Il est caractérisé par des faciès bioclastiques.

3.1.2. Lithologie du mur du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens

Le mur de l'ensemble karstique des calcaires barrémo-bédouliens est formé par les terrains marneux du Néocomien :

- Le Valanginien, rencontré dans un forage profond à Vallon-Pont-d'Arc sous la forme de 330 m de marnes calcaires noires à rares passées de calcaires argileux ;
- L'Hauterivien traversé intégralement sur 600 m dans le forage profond de Vallon-Pont-d'Arc et représenté par des calcaires argileux gris noirs, légèrement gréseux, alternant avec des marnes noires indurées et finement détritiques.

3.1.3. Lithologie du réservoir karstique des calcaires barrémo-bédouliens

Le réservoir karstique est formé par le Barrémo-Aptien à faciès Urgonien, paléo-plateforme récifale reposant sur les terrains plus marneux du bassin vocontien. On y distingue trois faciès : pélagique (marneux), hémipélagique (alternance de marno-calcaires et de calcaires argileux), urgonien (calcaire).

L'épaisseur généralement attribuée aux formations urgoniennes varie de 390 à 460 m et se répartie comme suit (Figure 64) :

- Barrémien inférieur : de 160 m à 200 m ;
- Barrémien supérieur, non reconnu dans son ensemble mais la partie visible atteint 120 m à Saint-Montant et 150 m au Serre de Tourre ;
- Bédoulien : 110 m.

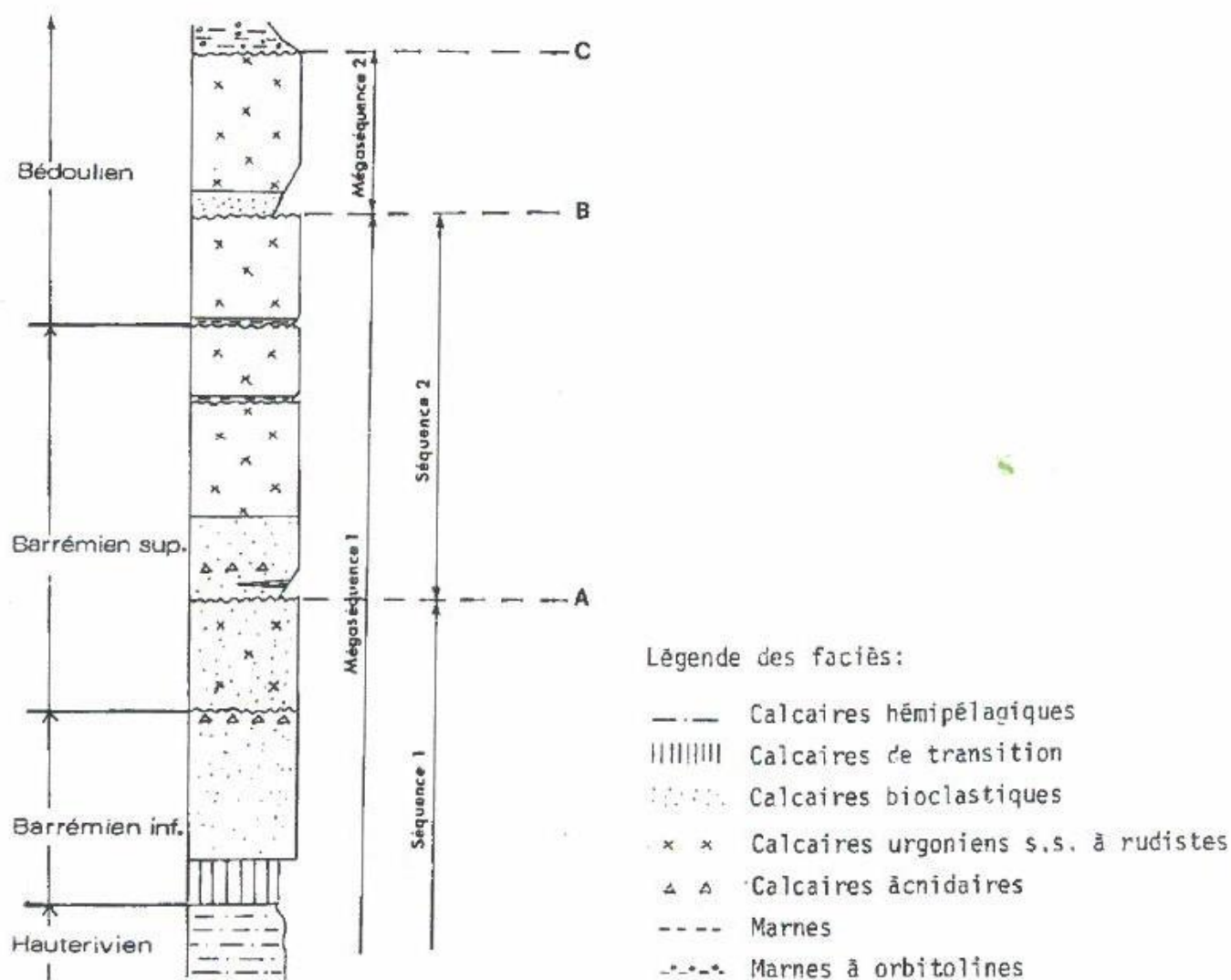


Figure 64 : colonne stratigraphique de l'Urgonien ardéchois

3.1.4. Lithologie du toit du réservoir karstique des calcaires barrémobédouliens

Du fait de l'émersion des calcaires urgoniens, ceux-ci ne sont pas recouverts par des formations postérieures au Crétacé sur le plateau de Saint-Remèze. Seules ses bordures présentent des traces de recouvrement plus ou moins fortement érodé.

Ainsi, en bordure du plateau urgonien, dans les vallées de l'Ibie et du Rhône, on trouve de l'Aptien à faciès argileux :

- 20 à 30 m de calcaires marneux et de marnes verdâtres attribuées au Bédoulien ;
- 50 m de grès et sables verts à gris, surmontés d'une mince couche de calcaires et de marnes bleues à ammonites pyriteuses (Gargasien) ;

L'Albien et le Sénonien existent en quelques affleurements très localisés.

Le Paléocène est en lacune totale. L'Eocène se rencontre sporadiquement.

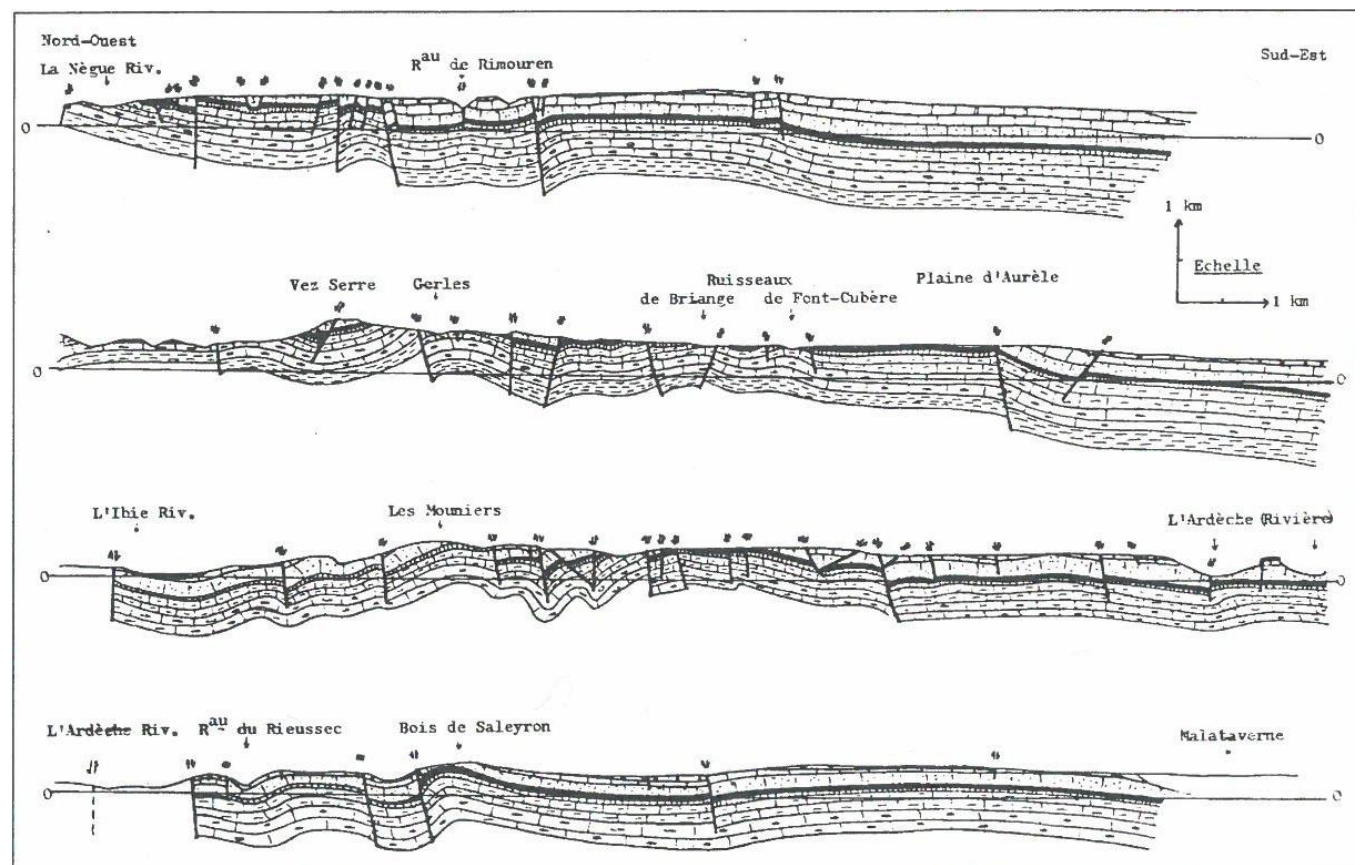
L'Oligocène se développe essentiellement dans le bassin d'Alès, à l'exception des terrains suivants :

- Calcaires blancs en plaquettes du Sannoisien inférieur jusqu'à Barjac et Issirac ;
- Puissantes séries de calcaires marneux en petits bancs avec intercalations ligniteuses jusqu'à Vagnas ;
- Argiles rouges et marnes bariolées stampiennes au Sud de Salavas ainsi que sur quelques buttes témoins autour d'Issirac.

Enfin, les dépôts de la transgression du Miocène et les dépôts continentaux constitués après l'importante régression messinienne sont surtout localisés en vallée du Rhône sous forme de petits lambeaux à l'affleurement.

3.2. Tectonique

Situé au carrefour des influences pyrénéenne et alpine, le Bas-Vivarais a subi différentes phases tectoniques qui se sont conjuguées pour créer une vaste structure anticlinale faillée, le plateau de Saint-Remèze/Ornac (Figure 63 et Figure 65).



Légende :

ETAGE	FACIES	FIGURE	ETAGE	FACIES	FIGURE
Terrains post-Urgonien			Barrémien inférieur	Marnes et calcaires argileux	
Bédoulien supérieur			Barrémien inférieur	Calcaires marneux	
Bédoulien inférieur *	Calcaires massifs		Hauterivien supérieur	Marnes et marno-calcaires	
Barrémien supérieur *	Calcarénites et calcaires massifs		Hauterivien inférieur	Calcaires argileux	
Barrémien inférieur *	Calcarénites		Valanginien		
* Faciès Urgonien					

Figure 65 : coupes séries à travers le plateau de Saint-Remèze (GOMBERT - 1988)

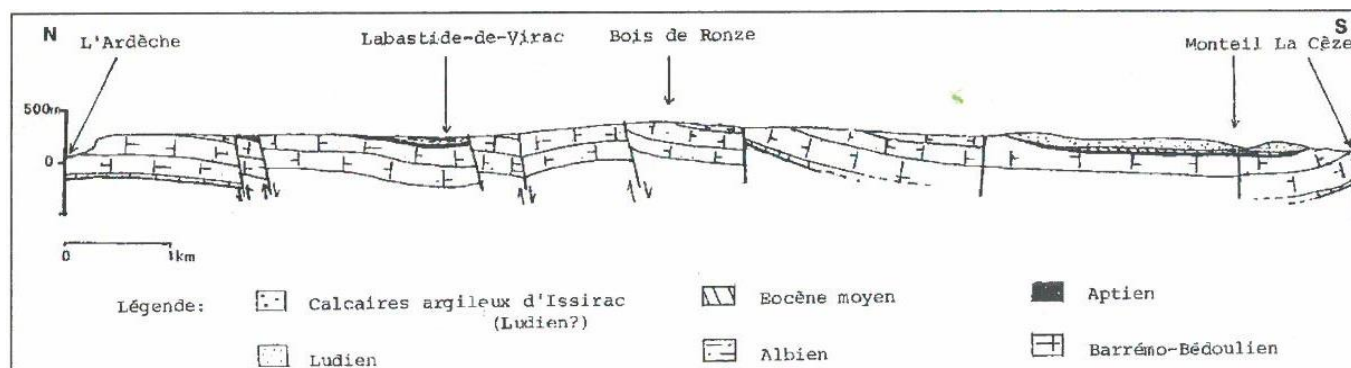


Figure 66 : coupe à travers le plateau d'Orgnac (BELLEVILLE - 1985)

3.2.1. L'orogénèse hercynienne

L'orogénèse hercynienne a affecté le socle du Bas-Vivarais et créé des accidents structuraux majeurs qui ont joué au cours des phases tectoniques postérieures, notamment le faisceau cévenol. Par l'ampleur de son développement et la direction de ses failles, il correspond à un accident majeur du socle qui pourrait avoir été une faille transformante durant la phase pyrénéo-provençale.

3.2.2. Les prémisses de l'orogénèse alpine

Les premières traces de tectonique attribuable au cycle alpin débutent à l'Albien avec certains indices entre Saint-Montan et Viviers qui témoignent de l'existence de mouvements anté-cénomaniens. Cependant, il ne s'agit que d'une instabilité et non d'une réelle phase tectonique, ce que tendrait à prouver l'absence de failles visibles résultant directement de ces événements. Ces mouvements sont également à mettre en relation avec la subsidence importante de la fosse vocontienne et les mouvements de surrection des hauts-fonds de la plateforme urgonienne ardéchoise.

Cette instabilité a également provoqué une différence de pendage entre l'Urgonien et le Lutétien, atteignant 20° dans la région de Laval-Saint-Roman.

D'après Guérin, il se pourrait que l'anticlinal du plateau de Saint-Remèze ait été ébauché lors de cette phase d'instabilité tectonique, ce qui aurait provoqué l'érosion du Crétacé supérieur et mis à nu les calcaires urgoniens, autorisant le développement d'un paléokarst dont les poches à remplissage d'argiles versicolores du Sénonien et/ou de l'Eocène inférieur sont les témoins.

3.2.3. La phase pyrénéo-provençale

Il s'agit d'une phase de compression datée du Bartonien (43 à 37 millions d'années) avec une direction de raccourcissement Nord-Sud, proche de l'horizontale. Le Bas-Vivarais, de par sa position très septentrionale par rapport à l'axe de la chaîne pyrénéenne, a été peu plissé durant cette période. Le seul pli d'importance est le synclinal d'Issirac qui existait déjà et a été accentué lors de la phase pyrénéo-provençale.

Les principales failles sollicitées sont les failles inverses Est-Ouest, les décrochements et glissements senestres NE/SW, les décrochements et glissements dextres NW/SE, les décrochements et failles normales Nord-Sud.

Les plis formés par la phase pyrénéo-provençale ont un axe moyen Est-Ouest, une longueur d'onde kilométrique et une amplitude variant de 10 à 150 m. Il existe également, dans les terrains moins massifs que l'Urgonien, des plis de plus petite longueur d'onde souvent liés à des décrochements.

3.2.4. La distension oligo-miocène

Cette phase de distension caractérisée par des alternances de maxima tectoniques et de périodes de rémission débute avec les failles synsédimentaires du Sannoisien et se termine lorsque les premières prémices de la phase alpine viennent changer les conditions de contraintes. Cette phase a surtout réutilisé le jeu normal des fractures antérieures sans créer de nouvelles familles de fractures mais en ouvrant probablement des failles parallèles aux anciennes directions.

3.2.5. La phase rhodanienne

cette phase de compression contemporaine des principales déformations des chaînes subalpines a une direction de raccourcissement Est-Ouest, proche de l'horizontale. Elle ne s'est traduite que par des fractures accompagnées de quelques plis. L'une de ses caractéristiques est d'avoir inversé le sens du jeu des décrochements cévenols, qui se sont trouvés en oblique par rapport à la direction du raccourcissement de chacune des deux phases de compression.

La phase rhodanienne de l'orogénèse alpine a duré de 10 à 2 millions d'années et a atteint son paroxysme du Pontien au Pliocène inférieur. Elle correspond à la phase dite moi-pliocène de l'ensemble karstique de la bordure du Massif Central, contemporaine du volcanisme basaltique des Coirons.

Les fractures qui ont joué au cours de cette phase sont essentiellement orientées Est-Ouest et Nord-Sud. Elles ont réagi selon leur pendage : jeu nul s'il était sub-vertical et jeu inverse si le pendage était plus faible.

On trouve des plis d'axe Nord-Sud, attribuables à cette phase tectonique, avec une longueur d'onde variant de 100 à 1000 m et une amplitude décamétrique.

La combinaison de deux phases de plissement successives et de direction perpendiculaire donne au plateau urgonien une allure de surface gondolée qui masque les quelques plis alpins. Le plateau de Saint-Remèze est ainsi brachy-anticlinal, c'est-à-dire un pli sans direction d'orientation privilégiée.

3.2.6. La néotectonique

De nombreuses régions du sud de la France ont été soumises à une distension durant le Quaternaire du fait de la décompression des terrains consécutives à la disparition de l'état de contrainte alpin ; c'est notamment le cas du Languedoc, de la Camargue, du Bas-Rhône et des Coirons.

Dans le Bas-Vivarais, les traces de tectonique cassante sont exceptionnelles au Quaternaire et ne dépasse pas le Quaternaire ancien. Cependant une déformation à grand rayon de courbure se poursuit à notre époque et se caractérise par une activité sismique témoignant d'une tectonique discrète mais continue.

Une dizaine d'observations néotectoniques a été accumulée dans le Bas-Vivarais. Les directions de rejeu néotectonique possèdent une assez bonne homogénéité autour de la gamme Nord 30 – 60° dans laquelle s'inscrivent également des accidents à rejeu récent prouvé, ce qui serait en accord avec l'hypothèse d'une poursuite du mouvement d'effondrement des grabens au cours du Quaternaire.

3.2.7. Comportement tectonique

La conjonction du soulèvement du plateau de Saint-Remèze au cours des deux phases compressives et de l'effondrement de la vallée du Rhône et du fossé d'Alès pendant la phase distensive se traduit par l'apparition d'un vaste bombement faillé au cœur duquel affleurent les niveaux marneux du Barrémien inférieur.

Le rejeu de ces différentes familles de fractures a défini des zones structurales bien individualisées de part et d'autre du faisceau cévenol, structure tectonique dominante de la région :

- Au Nord-Ouest, la retombée occidentale du plateau avec des accidents majoritairement subméridiens ;
- Au centre, le faisceau cévenol avec orientation prépondérante des accidents autour du Nord 45 ;
- Au Sud-Est, la retombée orientale du plateau dominée par les accidents Nord 140 – 160°.

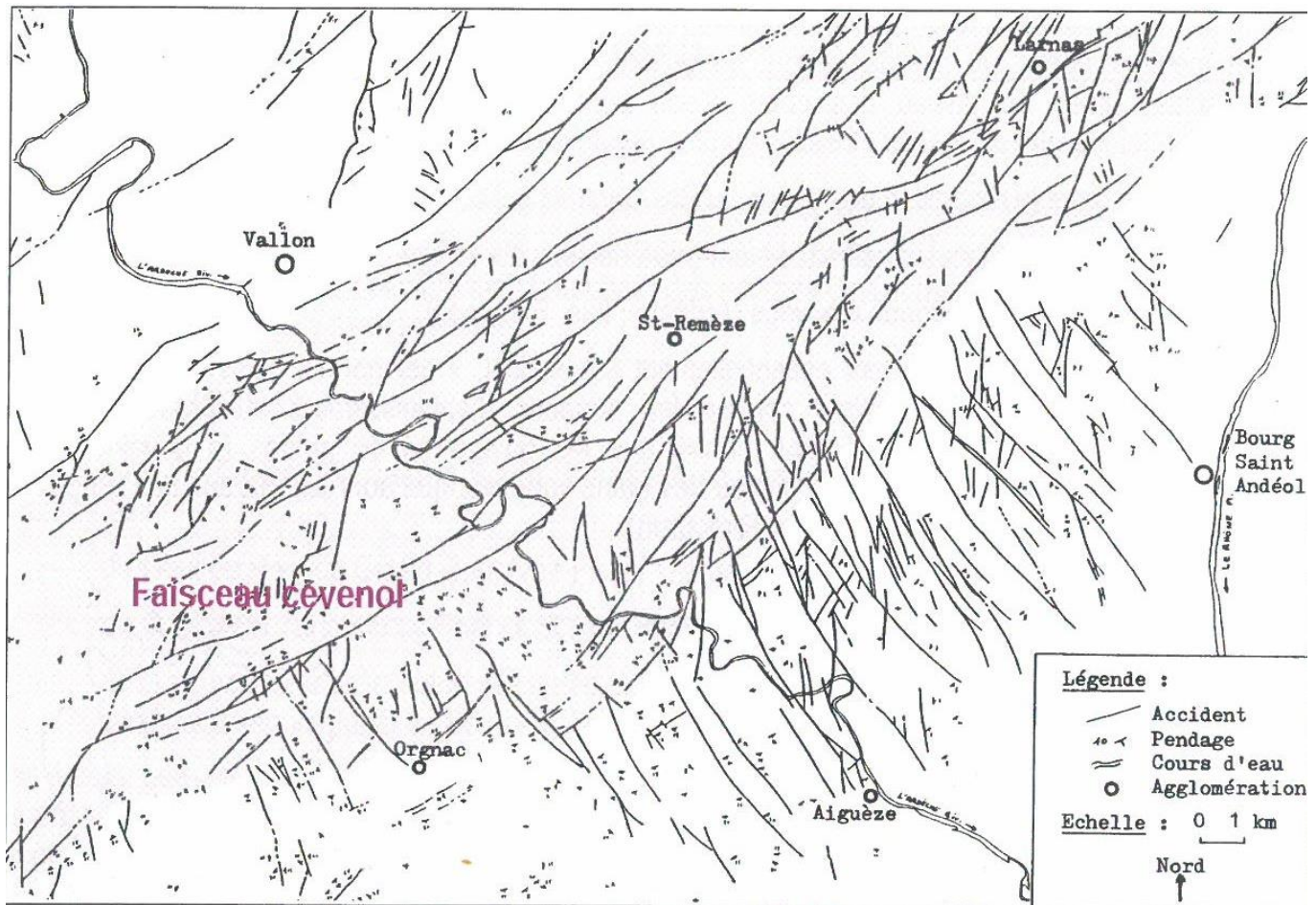


Figure 67 : schéma tectonique du Bas-Vivarais (GOMBERT - 1988)

3.3. Karstologie

Les principales phases de karstification du Bas-Vivarais sont au nombre de 4 depuis l'émersion des calcaires oligocènes à la fin du Crétacé.

- La phase de karstification visible la plus ancienne correspond aux réseaux verticaux tronçonnés par la surface supérieure d'aplanissement. Il s'agit actuellement d'avens fossiles ouverts sur les points hauts des plateaux de Saint-Remèze et d'Orgnac, au-delà de 340 m d'altitude. Cette phase de karstification serait datée de l'Oligocène ou du Miocène inférieur.
- La karstification reprend ensuite au Miocène supérieur, probablement au Tortonien, lors de l'établissement de la surface inférieure d'aplanissement, essentiellement de part et d'autre des gorges de l'Ardèche. Il s'agit également d'avens s'ouvrant à la surface du plateau en dessous de 310 m d'altitude ainsi que de paliers de creusement de galeries karstiques situées entre 240 m et 310 m d'altitude.

- Le creusement du canyon de l'Ardèche prend place lors de la régression messinienne et entraîne une reprise d'activité karstogénétique et un enfouissement des réseaux karstiques associés au Rhône et à l'Ardèche. Les nombreux avens profonds du plateau sont probablement à mettre en relation avec cette phase de karstification.
- Un palier de creusement se marque ensuite lors de la phase de remontée du niveau de base au Pliocène inférieur. Il engendre le développement de réseaux karstiques sub-horizontaux autour du niveau des premières terrasses villafranchiennes du Rhône et de l'Ardèche, soit entre 200 m et 240 m d'altitude.
- Enfin, la karstification actuelle continue mais au ralenti compte tenu de la faiblesse karstogénétique du climat méditerranéen. On assiste surtout au développement de petits réseaux actifs, difficilement pénétrables, situés au niveau des cours d'eau pérennes (notamment l'Ardèche) ainsi qu'à la réutilisation temporaire de réseaux fossiles en crue (exutoires étagés).

3.4. L'unité Vallée de l'Ibie

3.4.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité karstique « Vallée de l'Ibie » est caractérisée par un vaste affleurement calcaire du Crétacé et plus précisément d'une série qui va du Barrémien inférieur au Barrémien supérieur à faciès Urgonien. Ce système s'étend dans sa partie méridionale au Nord de Vallon-Pont-d'Arc, de Lagorce à la Dent de Rez. Sa partie septentrionale est plus étroite et borde, à l'Est, la vallée de l'Ibie jusqu'au Nord de Rochecolombe.

L'unité est limitée (Figure 69) :

- A l'Ouest par une grande faille régionale de direction cévenole NW-SE, la faille dite de « Lagorce-Rochecolombe » qui met en contact les formations barrémo-bédouliennes (n_4) avec les marnes du Valanginien (n_2).
- A l'Est et au Nord, par les affleurements de marnes néocomiennes de la région des Sallèles / Saint-Maurice-d'Ibie.
- Au Sud, par l'Ardèche, considérée à ce stade de l'étude, comme le niveau de base de cette unité.
- Au Sud-Est, par une limite encore incertaine qui relie la dent de Rez à l'ancien méandre de l'Ardèche au niveau du Pont d'Arc.

Les couches présentent un pendage assez monotone vers l'Ouest qui s'inverse au contact de la faille Lagorce-Rochecolombe.

Dans sa partie Nord, cette unité est affectée par une famille de failles plurikilométriques de faibles rejets, orientées Nord-Sud, alors qu'au Sud, la direction de fracturation principale passe à Nord 45°, avec des rejets plus importants et des failles kilométriques. On y trouve également quelques accidents d'orientation N60-70°.

L'épaisse série marneuse valanginienne et hauterivienne forme un écran imperméable à la base des calcaires compacts de l'Urgonien qui affleurent sur toute la zone. Le Barrémien inférieur peut être également moins, peu ou pas affecté par la karstification.

La faille de Lagorce-Rochecolombe constitue à l'Ouest, une barrière également imperméable qui bloque les écoulements vers l'Ouest (Figure 68).

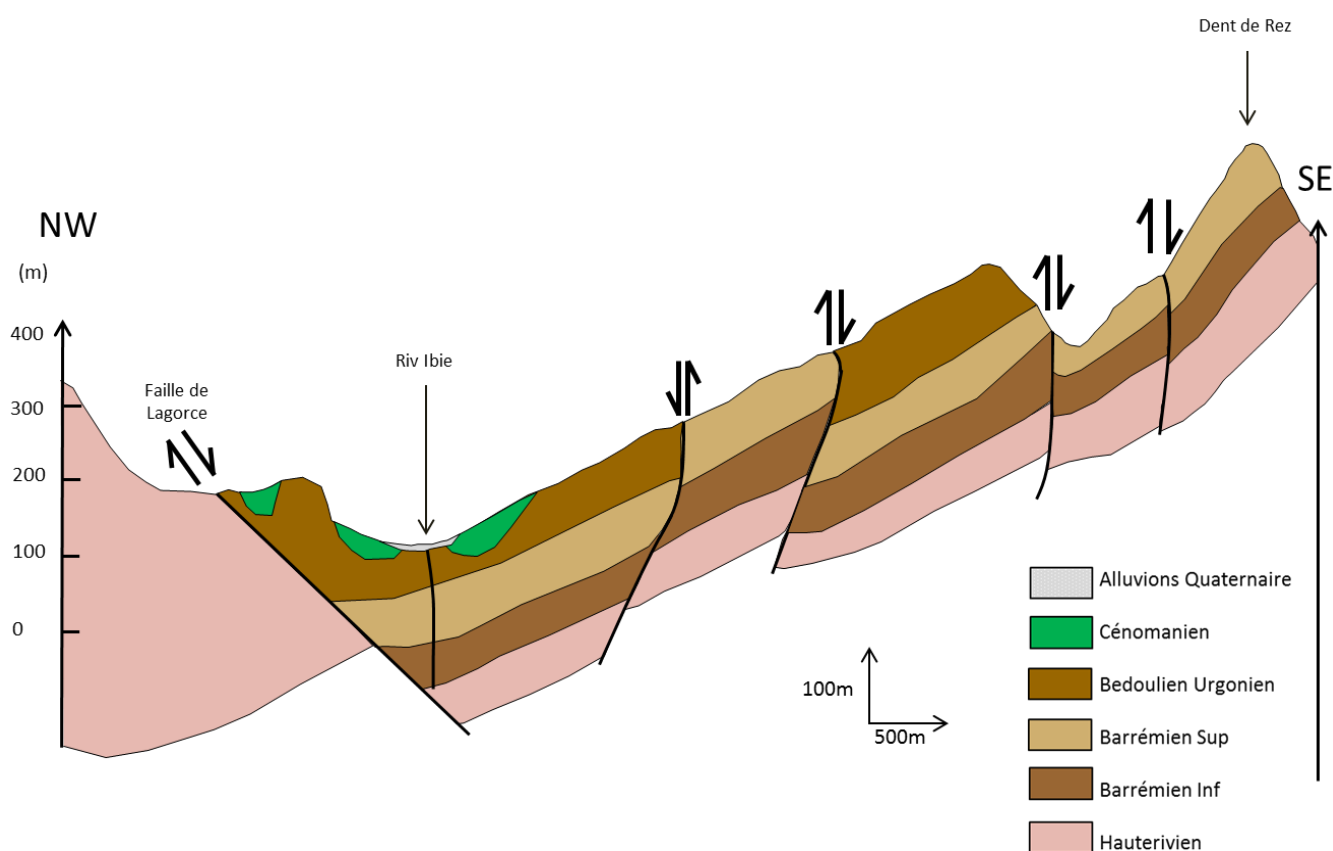


Figure 68 : coupe géologique KC' passant par l'unité aquifère Vallée de l'Ibie au Sud de Lagorce (IDEES-EAUX - 2015)

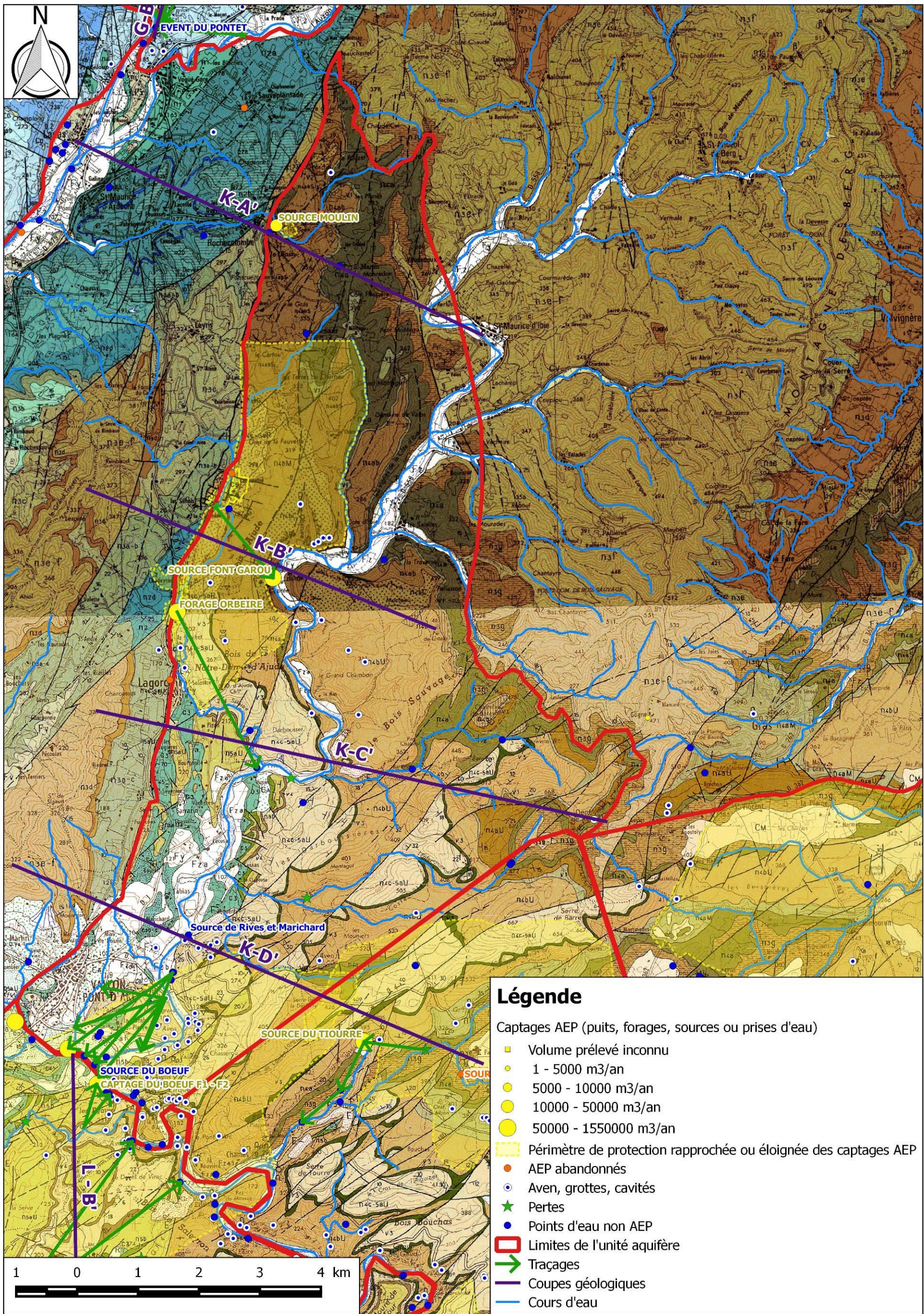


Figure 69 : limites de l'unité Vallée de l'Ibie sur fond géologique

3.4.2. Hydrogéologie

L'unité aquifère karstique « Vallée de l'Ibie » est drainée du Nord au Sud par l'Ibie. Cette rivière traverse ou longe le karst sur 11 km. De nombreuses grottes fossiles débouchent sur la vallée à des altitudes relativement élevées. Ces cavités sont situées sur le flanc Est de l'axe drainant et sont reliées à des réseaux fossiles qui correspondent à un stade ancien de l'évolution karstique.

L'unité est entaillée par de nombreuses failles, fissures et diaclases qui représentent autant d'axe de circulation privilégié et explique la multiplicité des points de sortie en basse vallée de l'Ibie :

Au Nord, se sont développées de profondes vallées karstiques suivant les failles Nord-Sud (La Ceysette et La Salastre). Ces vallées sont souvent à sec et ne grossissent qu'à l'occasion de pluies importantes. L'eau météorique pénètre alors immédiatement et de manière diffuse dans le karst et ces ruisseaux superficiels ne servent que de trop-pleins temporaires[19].

Ce secteur accueille deux émergences captées pour l'AEP : la source du Moulin à Rochecolombe (débit d'étiage de 2 à 3 l/sec et débit supérieur à 1 m³/sec par grosses pluies), et la source de Font Garou sur la commune de Lagorce (10 l/sec à l'étiage et débit supérieur à 100 l/sec en crue).

La source du Moulin sort pratiquement au contact de la faille de Lagorce-Rochecolombe (Figure 70 et Figure 71) et doit probablement drainer toute la terminaison Nord du karst au-delà de Rochecolombe car elle est l'exurgence la plus septentrionale de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie ».

Cette source développe 700 m de conduit entièrement noyé, avec un point bas situé à -35 m. Cette morphologie témoigne de la présence d'une zone noyée dans le karst. Les plongeurs spéléologues qui ont exploré la cavité indiquent des différences de températures qui pourraient témoigner de différentes alimentations. Plus en amont, dans le ruisseau temporaire, on trouve la seule cavité importante : Baume Claire. Il s'agit d'une résurgence temporaire perchée avec la présence d'une partie active même à l'étiage. Mais les prolongements en amont y sont réduits par la géologie. La source du Moulin dispose des trois périmètres de protection réglementaires sur une surface totale de l'ordre de 6,5 hectares.

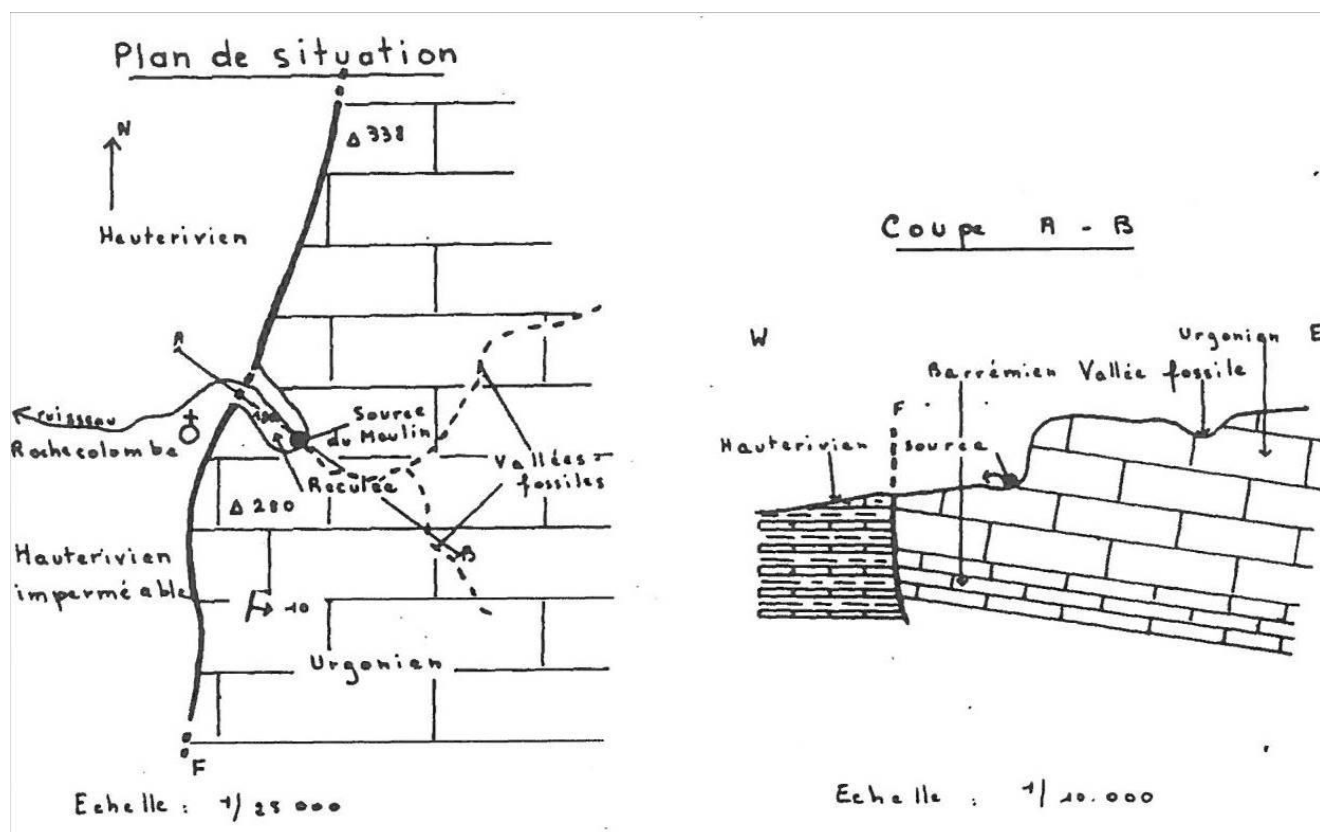


Figure 70 : plan et coupe de la source du Moulin (MAZELLIER - 1971)

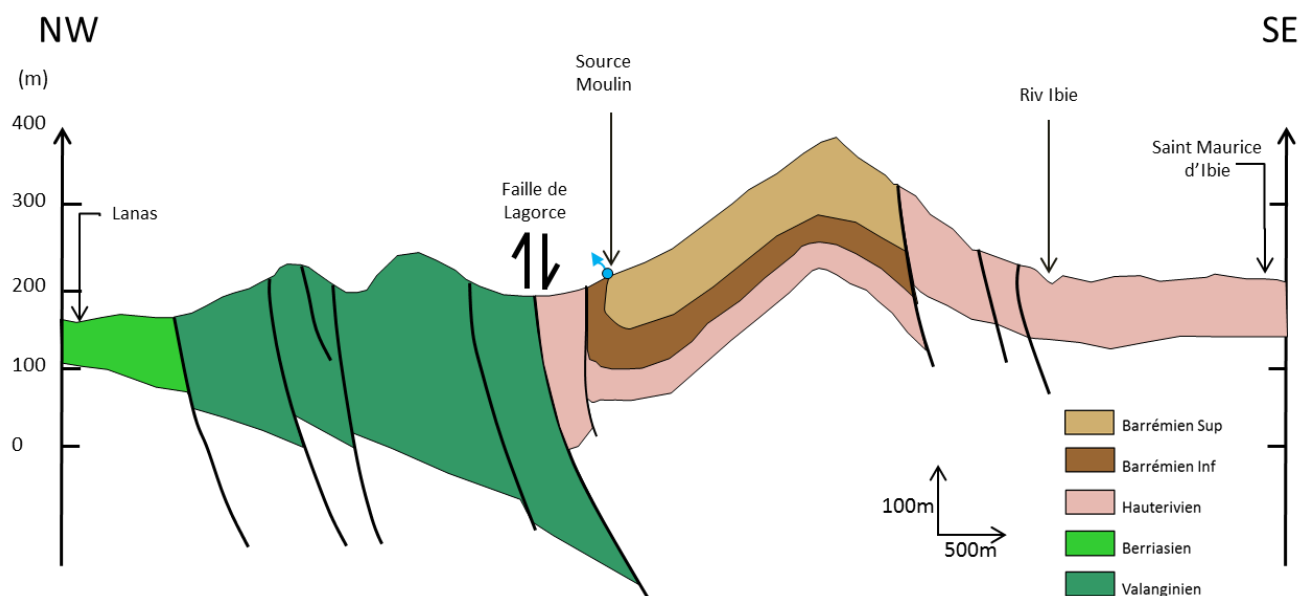


Figure 71 : coupe géologique KA' passant par le l'unité aquifère Vallée de l'Ibie au droit de la source du Moulin (IDEES-EAUX - 2015)

La source de Font Garou sort au contact entre l'Urgonien et le Barrémien (Figure 72 et Figure 73) qui semble avoir stoppé l'évolution du réseau karstique en profondeur. La source est « perchée » de par sa position altimétrique et drainerait une petite zone noyée située au droit du bois d'Ajude.

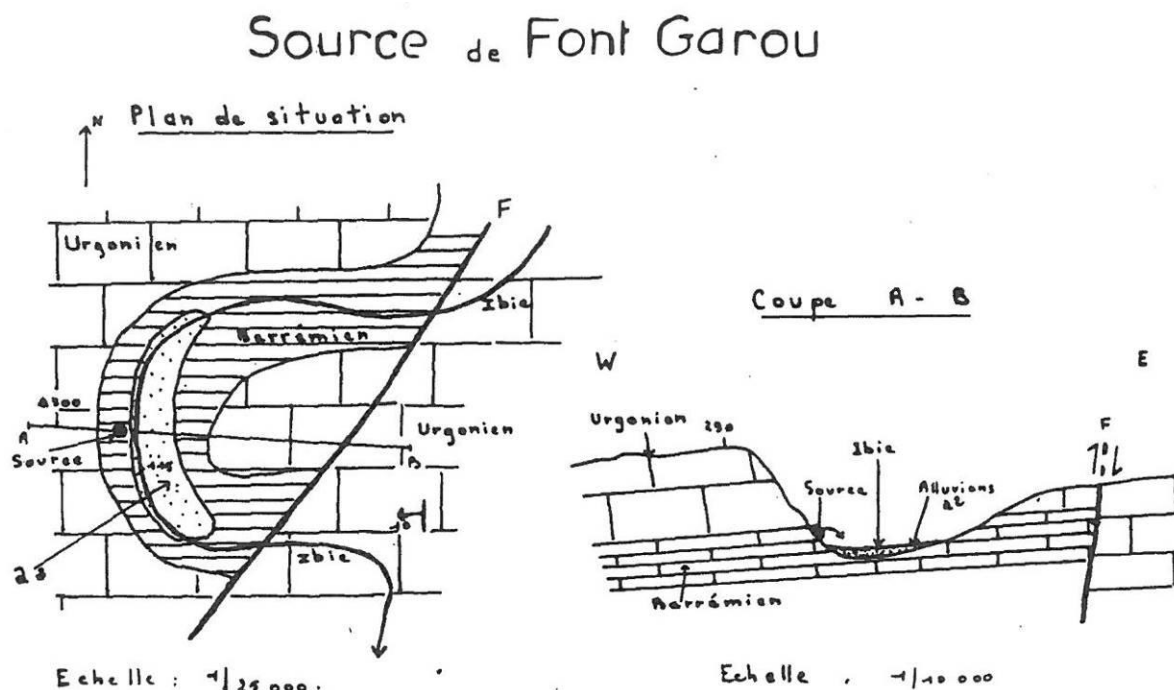


Figure 72 : plan et coupe de la source de Font-Garou (MAZELLIER - 1971)

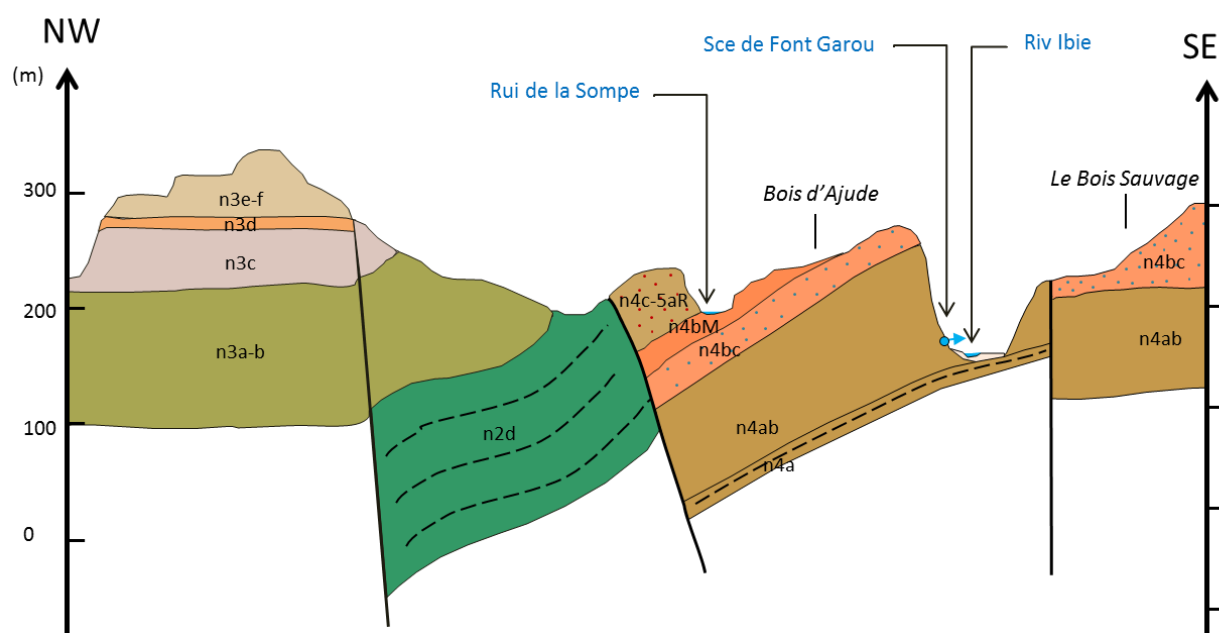


Figure 73 : coupe géologique KB' passant par l'unité Vallée de l'Ibie au droit de la source de Font Garou - pentages et épaisseurs exagérés (IDEES-EAUX - 205)

Ce secteur accueille également une résurgence non captée, la source du Torrent, située au bord de l'Ibie et qui présente un débit d'étiage de l'ordre de 2 l/sec et des débits de crue de l'ordre de 500 l/sec. Cette source pourrait finalement correspondre à l'exutoire des pertes du ruisseau du Salastre, et a sans aucun doute un lien avec le forage d'Orbeire second captage AEP de la commune de Lagorce situé à l'Ouest de la source de Font Garou, puisque depuis la mise en exploitation de celui-ci, le débit de la source est semble-t-il influencé.

Le forage d'Orbeire, profond de 107 m, est installé au bord du Salastre, il capte une grosse fracture dans les calcaires urgoniens entre 97 et 99m de profondeur rencontrés à partir de 30m de profondeur sous des conglomérats gréseux du Cénomaniens. Des essais de pompage menés en 2009 par le BE RABIN ont montré que l'ouvrage était en mesure de fournir un débit de 50 m³/h avec un rabattement de l'ordre de 35m, mais son débit d'exploitation a été limité à 30 m³/h en raison de l'apparition de turbidité. Ces essais ont également permis de déterminer une transmissivité calculée à $4,7.10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$.

Sur le versant occidental de la dent de Rez, en rive gauche de l'Ibie, les écoulements de surface sont quasi-inexistants, les quelques vallées sèches qui sillonnent cette retombée anticlinale à fort pendage (30°) donnent lieu à des écoulements temporaires principalement en période de fortes précipitations. On peut citer la source du Baravon et la source de l'Eyrole dont les eaux se perdent plus ou moins rapidement après l'émergence (écoulements en moyennes et hautes eaux uniquement d'après le CDS07, mais débit d'étiage estimé respectivement à 0,1 et 1,5 l/sec par MAZELLIER dans les années 1970[19]).

Les possibilités d'infiltration sont donc multiples sur l'ensemble des affleurements calcaires situés du Nord à l'Ouest de l'unité, avec un impluvium marneux important à l'amont qui confère le type binaire à cet aquifère karstique.

Dans sa partie méridionale, la fracturation principale orientée Nord 45° draine les écoulements vers la vallée de l'Ibie et les accidents Nord 60-70° semblent également jouer un rôle prépondérant dans la localisation des émergences.

Quelques résurgences karstiques y sont présentes (Event de Rives-Marichard, Event des Fées). L'évent de Rives, situé à proximité du lit mineur de l'Ibie en rive gauche correspond à un entonnoir de quelques mètres creusé dans les alluvions jusqu'au bed-rock urgonien. Il en sort une rigole naturelle qui rejoint l'Ibie. Lors de sa mise en charge, qui peut durer tout l'hiver, l'eau emprunte cette rigole pour se déverser dans l'Ibie. Au-dessus, sur la berge et légèrement en aval l'évent donne accès à une galerie de 40 m stoppée sur un siphon.

A 150 m en amont se trouve l'évent de Marichard. Perché au-dessus du précédent, il constitue son trop-plein à écoulement exceptionnel.

Plus à l'aval, à l'entrée du défilé de l'Ibie, s'ouvre un réseau vertical de près de 100 m de profondeur qui débouche par l'évent des Fées, émergence temporaire qui peut présenter de forts débits en crue.

Le niveau de base principal semble correspondre à l'Ardèche au Sud. L'Ibie s'infiltre en effet au niveau de plusieurs zones de pertes situées le long de son parcours, qui la plupart du temps créent des

écoulements sous-alluviaux. En période d'étiage, le cours disparaît complètement, d'une part, entre l'aval de la source de Font-Garou (500m de distance à l'aval du pont situé sous "Champ Serrier" au niveau d'un accident Nord 10-20°) et d'autre part au niveau du lieu-dit "Treinière" avant la confluence de l'Ibie avec le Salastre qui la remet en eau momentanément sur quelques centaines de mètres. Cette seconde zone de perte ne semble pas correspondre à une perte karstique mais plutôt au cours de l'Ibie qui disparaît momentanément sous un épais dépôt alluvial.

A l'extrémité Sud de l'unité karstique, l'Ardèche est jalonnée en rive gauche de plusieurs zones d'émergences plus ou moins diffuses, sous-alluviales ou qui arrivent directement dans les calcaires qui forment le lit de la rivière : source de la confluence Ibie/Ardèche (au moins 3 émergences situées en rive droit de l'Ibie, 30m avant la confluence), plusieurs émergences diffuses du Pont de la Combe (rive droite de l'Ibie), source du carrefour et Pracoutel (écoulements temporaires en fossé), source camping de l'île (sortie diffuses sous alluviales de plus faible débit)...

Les principaux phénomènes karstiques de l'unité vallée de l'Ibie sont résumés ci-après (Tableau 22) d'après les données du comité départementale de spéléologie de l'Ardèche. Les coupes correspondantes sont portées en annexe.

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Marichard (événement de)	Lagorce	OUI	temporaire	source	40	-30
Rives (événement de)	Lagorce	OUI			60	-18
Font Garou (exsurgence captée de)	Lagorce		permanente	exsurgence	0	
Ibie (perte de l')	Lagorce			perte	3	-3
Sompe (aven de la)	Lagorce	OUI			-25	25
Torrent (source du)	Lagorce			source	61	-2/+7
Vieille (grotte de la)	Lagorce	OUI			1100	-60/10
Rocher de la Lune (grotte du)	Lagorce	OUI	temporaire	trop-plein	250	-6/32
Saint Jean (exsurgence de)	Lagorce		permanente	résurgence	0	
Baravon (source de)	Lagorce		temporaire	source	0	
Eyrolles (source d')	Lagorce			source	0	
Vitalie (aven)	Lagorce		temporaire	perte	212	-212
Enfer (perte de l')	Lagorce		permanente	perte	5	
Sompe (perte de la)	Lagorce			perte	0	
Claire (Baume)	Rochecolombe	OUI			100	-10/10
Vendoule (source captée de)	Rochecolombe	OUI	pérenne	résurgence	690	-35
Chazot (aven de)	Vallon Pont d'Arc				300	-55
Châtaigniers (grotte des)	Vallon Pont d'Arc	OUI			1100	40/12
Ebbou (grotte d')	Vallon Pont d'Arc	OUI			750	-15/4
Tiourre (source du)	Vallon Pont d'Arc	OUI	pérenne	résurgence	1270	-30
Pradier (grotte)	Vallon Pont d'Arc	OUI	temporaire	résurgence	1200	-11/35
Cheyrol (source captée du)	Vallon Pont d'Arc			source	0	
Ibie (événement d')	Vallon Pont d'Arc	OUI		résurgence	1500	12
Bas Moulin (source du)	Vallon Pont d'Arc		pérenne	exsurgence	0	
Minoterie (source de la)	Vallon Pont d'Arc		pérenne	exsurgence	0	
Inconnu (aven)	Vallon Pont d'Arc				0	
F2 (forage traçage)	Vallon Pont d'Arc				0	
Pont de la Combe (sources du)	Vallon Pont d'Arc			résurgences	0	
Combe Saint Pierre (forage de la)	Vallon Pont d'Arc			source		-30
Ratière (forage de la)	Vallon Pont d'Arc			forage		-70
Confluent Ardèche Ibie (source du)	Vallon Pont d'Arc			source	0	
Raid (grotte du)	Vallon Pont d'Arc	OUI			1200	73
Charlemagne (source du)	Vallon Pont d'Arc		pérenne	source		

Tableau 22 : phénomène karstiques de l'unité Vallée de l'Ibie

L'Ardèche est également jalonnée en rive droite par les sources du Bœuf ainsi que les deux forages AEP du même nom. Les sources du Bœuf, au nombre de trois émergences minimum) se situent en face, en rive droite, au niveau de la confluence avec l'Ibie. Les captages qui captent la même émergence pourraient être aussi en relation avec la rive gauche et la basse vallée de l'Ibie (BURGEAP – 1991[20]).

Au Sud-Est, et en limite de l'unité karstique « vallée de l'Ibie », une autre émergence pérenne est captée pour l'AEP : la source du Tiourre (2 l/sec à l'étiage et débit supérieur à 100 l/sec en crue) qui alimente en eau potable la commune de Vallon-Pont-d'Arc au débit constant de 19 m³/h car régulé en aval par une vanne. Cette source vauclusienne originale est située au fond d'une reculée de 2,5 km et à 200m au-dessus de l'Ardèche (

Figure 74 et Figure 75). Son altitude élevée est expliquée par la karstification qui n'a pas pu s'enfoncer davantage car elle a atteint les marno-calcaires hauteriviens imperméables. La source du Tiourre est une sortie perchée et pérenne du ruisseau temporaire de Pissevielle (BELLEVILLE - 1985). D'un

développement supérieur à 1 km pour un point bas noyé situé à -22 m. Les développements de cette source semblent contraints par la géologie qui réduit ici le bassin d'alimentation de cette source et de fait son potentiel hydrogéologique stratégique.

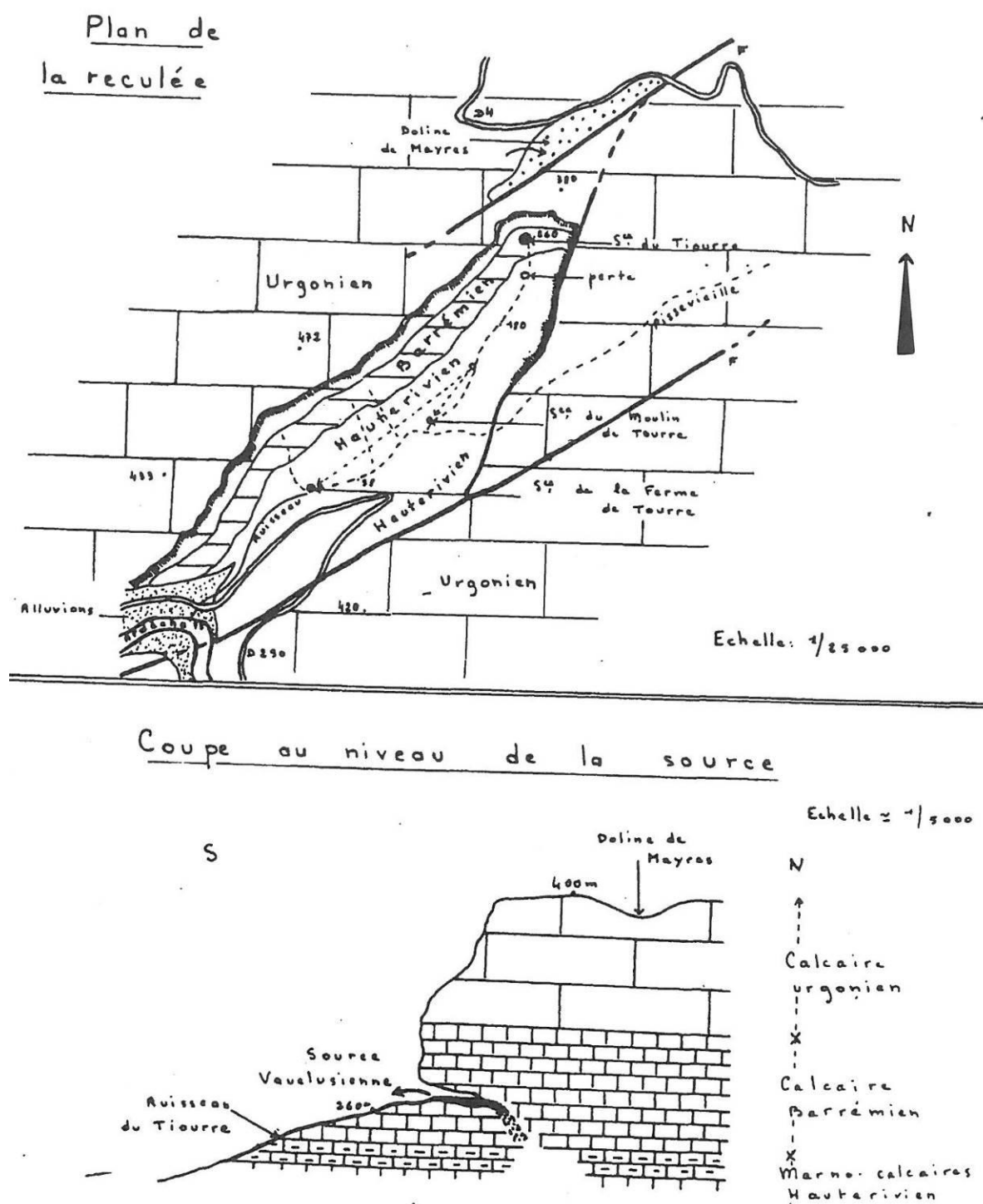


Figure 74 : plan et coupe de la source du Tiourre (MAZELLIER – 1971)

Il est impossible pour le moment de savoir si cette source doit être rattachée à l'unité karstique « Vallée de l'Ibie » ou à sa voisine « Gorges de l'Ardèche – rive gauche » car il est nécessaire de préciser les limites de son bassin d'alimentation qui pourraient s'étendre sur une large superficie du plateau calcaire jusqu'au Sud de la dent de Rez.

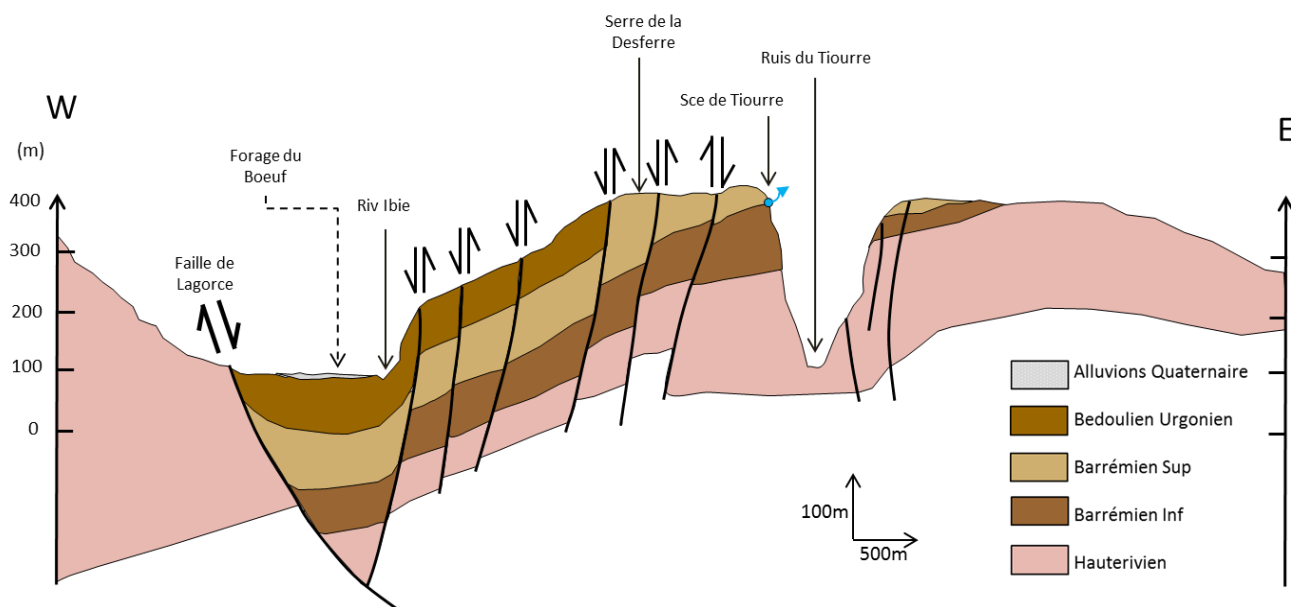


Figure 75 : coupe géologique KD' passant par l'unité Vallée de l'Ibie au Nord de Vallon-Pont-d'Arc (IDEES-EAUX – 2015)

On note enfin, au niveau de Chames et à la base des calcaires, l'évent d'Ibie. Cette source temporaire d'un développement supérieur à 1 km semble drainer malgré son nom, uniquement la lanière calcaire située entre le ruisseau du Tiourre et la vallée perchée du ravin de Combe Longue. L'évent d'Ibie ne comporte que quelques points d'eau non encore explorés en plongée. La cavité ne présente pas d'écoulement à l'étiage, mais des débits importants en hautes eaux.

3.4.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge naturelle de l'unité karstique « vallée de l'Ibie » se fait :

- Par infiltration directe des précipitations sur les affleurements du Barrémien – Urgonien ;
- Lors des périodes de fort ruissellement, d'une part, par perte dans les avens situés sur la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze, et d'autre part, par perte partielle ou totale au droit des différents ruisseaux qui entaillent le Barrémien au Nord (La Ceysette – Le Salastre) et le plateau de Saint-Remèze à l'Est (ruisseaux de l'Eyrole, du Baravon, de l'Enfer...) ;
- Par les pertes de l'Ibie en aval de Font-Garou.

Il s'agit d'un système binaire dont la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze, affecté par un découpage en lanière par les nombreuses fractures d'orientation Nord 45°, est le siège d'un karst non mature avec des circulations profondes au profit des fractures multiples qui drainent les écoulements vers autant de point de sortie visibles ou non visibles.

En effet, la vallée de l'Ibie représente au sud des Sallèles une unité particulière : la rivière subaérienne est à sec en période sèche (à l'exception de la partie Font-Garou – trou de la Lune du fait d'une partie du collecteur à l'Ibie), ce qui fait que les éventuelles sorties d'eau karstiques sont pour la plupart invisibles car les réseaux souterrains ont été parfois pénétrés à une altitude bien inférieure à celle du lit de l'Ibie.

Les cavités actives ne montrent donc que des regards sur une nappe d'eau souterraine sans courant visible hors la grotte de la vieille, voire peut-être la grotte du Raid.

3.4.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Une esquisse piézométrique de la terminaison nord orientale a été tracée [21] en se basant sur l'hypothèse d'une nappe unique et continue hébergée par les calcaires et marno-calcaires ayant comme unique niveau de base l'Ardèche à l'Ouest (137 – 138 m NGF et l'Ibie à l'Est (176 m à Font-Garou) (Figure 76).

En dehors de ce secteur les quelques points d'accès à l'aquifère karstique n'ont jamais été nivelés, ils permettraient de fournir un sens d'écoulement général de la nappe.

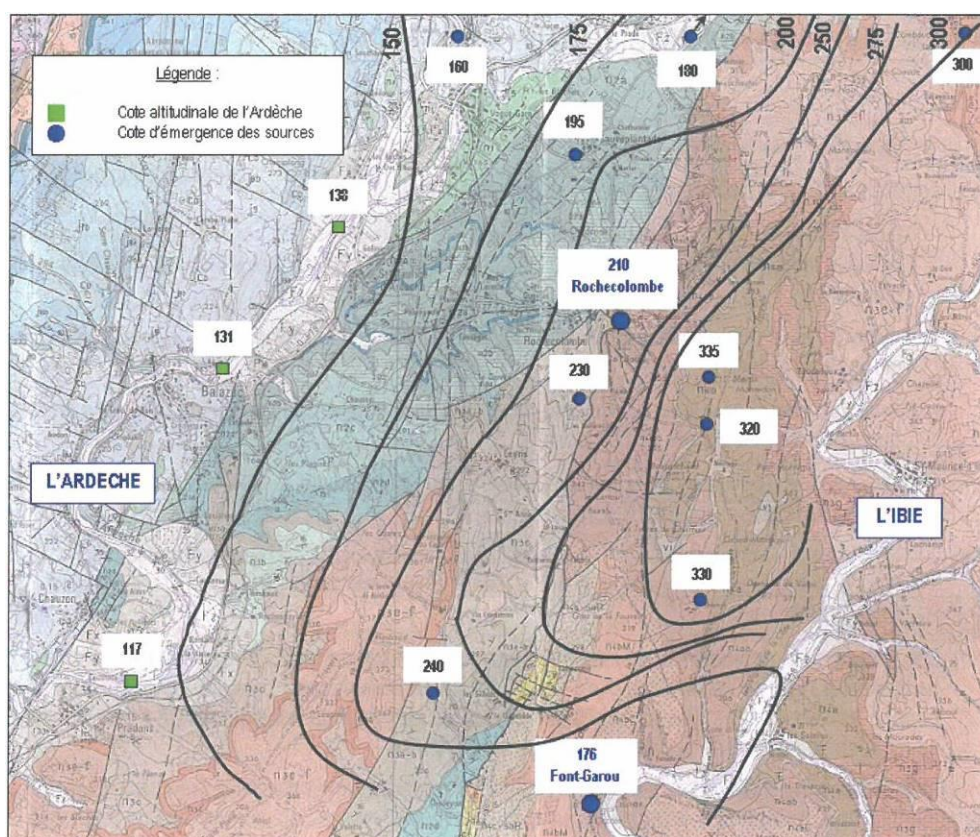


Figure 76 : esquisse piézométrique de la terminaison nord orientale du Bas-Vivarais

3.4.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

On rappellera qu'à l'issue des essais de pompage réalisés sur le forage d'Orbeire, Gille RABIN évalue la transmissivité des calcaires fracturés à $4,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$ [22].

Trois expériences de traçages ont été mises en œuvre sur l'unité « Vallée de l'Ibie » :

- En mai 1983, Belleville injecte 220g d'uranine à l'amont de la perte du ruisseau de Pissevieille qui draine la partie méridionale de la dépression de Saint-Remèze. La source de Tiourre est très rapidement positive au traceur avec une vitesse d'arrivée supérieure à 100 m/h. La source de la Minoterie, située au milieu de la reculée de Tiourre, est également positive, mais la décroissance simultanée par rapport à la source de Tiourre semble indiquer une alimentation indirecte par les pertes du ruisseau de Tiourre. La source du Bas-Moulin située dans le tiers aval de la reculée montre également une vitesse de transfert proche de 100 m/h. En revanche la petite source de l'Aiguille situé au débouché du vallon de l'Ardèche est négative.
- En février 1991, dans le cadre des études préliminaires pour la mise en place de la station d'épuration de Vallon-Pont-d'Arc, BURGEAP injecte :
 - 10kg de fluorescéine dans le forage F2, piézomètre créé spécialement pour l'étude (calcaires urgoniens peu fracturés ($1 \text{ m}^3/\text{h}$ injectable) jusqu'à 41 m de profondeur sous 4 m de recouvrement alluvial.
 - 50kg d'iodure de sodium (42kgs d'iode) dans l'aven du Pont (le traceur a dû être poussé par de l'eau à cause de la faible capacité d'absorption de la fissure rencontrée sur ce point d'eau).
 - Les traceurs sont suivis :
 - Sur l'un des deux forages de la Ratière (Cénomaniens) réalisés en vue de renforcer l'AEP de Vallon-Pont-d'Arc mais non utilisés en raison d'un débit trop faible : l'iode y est détectée nettement 24 heures après l'injection mais pas la fluorescéine ;
 - Sur le forage de la Combe Saint-Pierre, forage privé atteignant le karst, l'iode y est également détectée nettement en 24 heures de manière moins régulière mais pas la fluorescéine ;
 - Sur 2 résurgences karstiques situées en rive gauche de l'Ibie à l'aval immédiat du Pont de la Combe, l'autre dans le lit de l'Ibie à l'amont immédiat de la confluence avec l'Ardèche ; cette dernière ne serait pas une résurgence karstique, mais une sortie du remplissage alluvial. La première est atteinte nettement par l'iode en 24 heures et la fluorescéine y apparaît au bout de 18 jours tout aussi nettement après 60mm de pluie survenue début mars. La seconde n'est pas tracée par l'iode mais la fluorescéine y apparaît de manière nette au bout de 30 jours.

- Sur la source du carrefour de la déviation au contact alluvions-karst ; l'iode y apparaît deux fois de manière faible à 14 jours et 31 jours et la fluorescéine n'est pas détectée ;
- Sur les écoulements de surface de l'Ibie en amont du Pont de la Combe ; l'iode y est détectée en faible quantité au bout de 3 jours puis une nouvelle fois au bout de 43 jours. La fluorescéine y apparaît au bout de 25 jours de façon nette, soit 7 jours après la détection sur la résurgence du Pont de la Combe située un peu plus à l'aval ;
- Sur trois sources situées en rive gauche sur la bordure du lit de l'Ardèche : source du castor canoë, source de la barque et source du camping de l'île : 2 contrôles positifs d'iodures sont enregistrés faiblement à 8 et 52 jours à la source du canoë, la fluorescéine est détectée en quantité faible à la source de la Barque au bout de 40 jours, et rien n'est décelé sur la source du camping de l'île.
- Sur le puits des castors (AEP Vallon) en rive gauche de l'Ardèche, aucun des deux traceurs n'est retrouvé ;
- Sur le captage de la source du Bœuf, en rive droite de l'Ardèche, 2 contrôles positifs sont enregistrés en iode (8 et 52 jours) mais avec des concentrations voisines du seuil de détection.

Ce qu'il faut également retenir de ce traçage c'est qu'au moment de l'injection, le cours de l'Ibie était sec au droit du site, mais actif 500 m en amont (50 l/s) et redevenait actif en amont du Pont de la Combe (10 l/s) ;

Le niveau d'eau dans le forage d'injection se trouvait à 4,7 m du sol, soit 70 cm sous le contact alluvions calcaire. En revanche, sous le lit à sec de l'Ibie, les alluvions étaient quasiment entièrement saturées.

Les différentes restitutions obtenues pour la fluorescéine tendraient donc à faire l'hypothèse d'une « coloration forcée du karst » mais surtout d'une coloration du remplissage alluvial de l'Ibie.

- Enfin en août 2002, GEOPLUS établit une relation par coloration entre le Goul de la Sompe et la source de Font-Garou (arrivée du traceur en faible quantité 22h30 après l'injection).

On peut signaler également la relation à priori probable entre le forage d'Orbeire et la source du Torrent qui, depuis la mise en service du forage, a vu réduire considérablement le débit de la source.

3.4.3. Appréciation du potentiel quantitatif

En ce qui concerne le potentiel aquifère de cette unité, l'existence d'un karst noyé a d'abord été démontrée au cours des travaux de construction d'un pont sur l'Ibie en août 1970, au lieu-dit « Chambon », à l'aval de la source de Font-Garou, sur la même fracture° qui recoupe pratiquement par deux fois le lit de l'Ibie et où se perdent, plus en aval, les eaux de trop-plein de la source. Une galerie donnant lieu à un écoulement d'eau sous pression a alors été recoupée (Mazellier – 1971).

La poursuite de ce karst plus au Sud Est une hypothèse forte puisque que certains réseaux situés en rive droite de l'Ardèche face à la vallée de l'Ibie descendent sous le niveau de l'Ardèche (grotte de la Chaire, Goule de Foussoubie). Certaines sorties d'eau sont aussi présentes sous l'Ardèche au niveau de la confluence Ibie – Ardèche et des iodures injectés en rive gauche ont été détectés sur le captage du Bœuf situé en rive droite à l'occasion des essais de traçage réalisés par BURGEAP en 1991.

Ensuite, une corrélation entre les variations des niveaux d'eau mesurés par le CDS07 à l'évent de Marichard, à l'évent de Rives et à la grotte du Raid d'octobre 2013 à mai 2014 (Figure 77), indique une réaction superposable entre ces trois points d'eau.

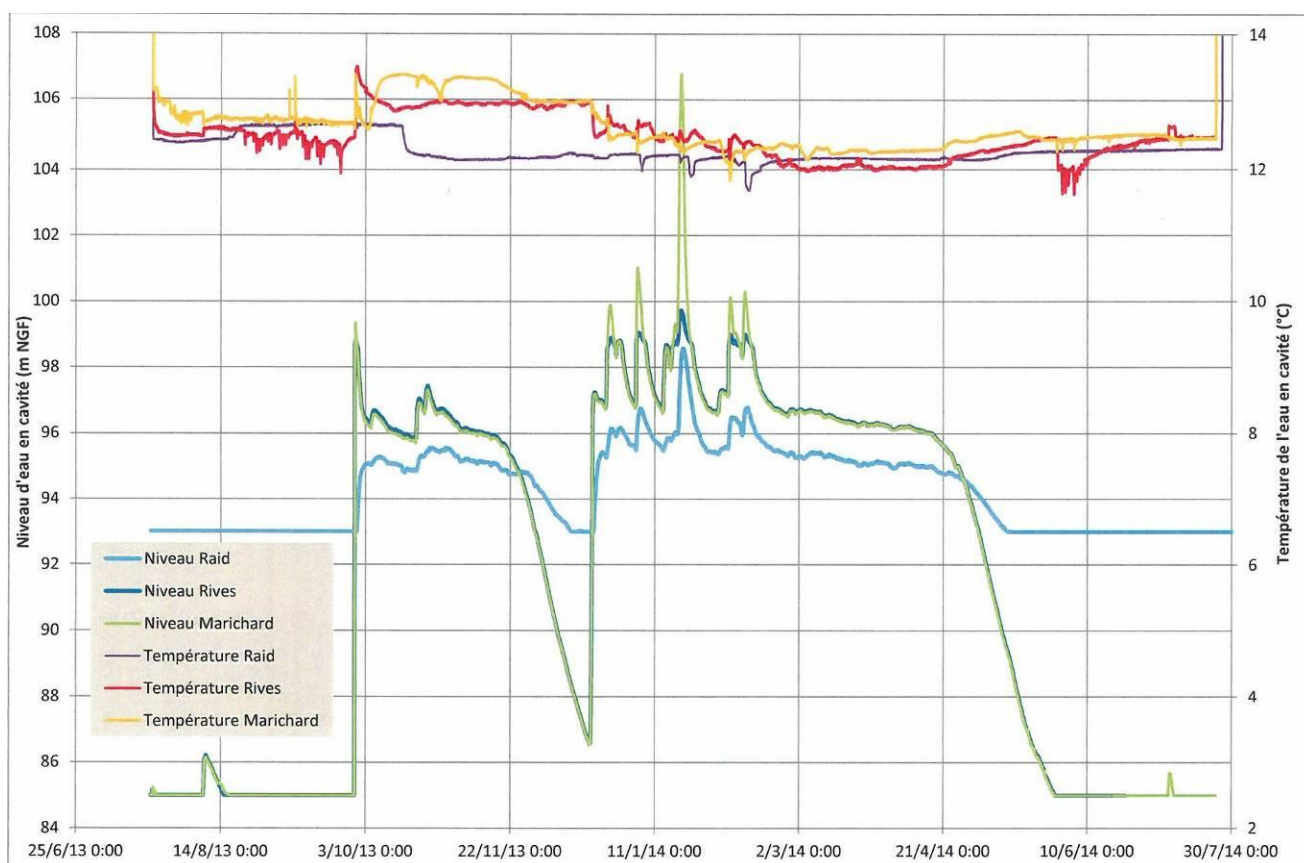


Figure 77 : évolution des niveaux d'eau et des températures d el'eau enregistrés par le CDS07 à Rives, Marichard et Raid entre octobre 2013 et mai 2014 (CDS – 2015)

Une schématisation (Figure 78) - sans notion de distance - entre le profil topographique du lit de l'Ibie et les différents niveaux relevés en hautes et basses eaux par le CDS07 à l'occasion de différentes sorties spéléologiques, à la grotte de la vieille, l'évent de Marichard, l'évent de Rives, la grotte du Raid et l'évent des Fées, permet de constater que le niveau de basses eaux se situe à une profondeur relativement constante comprise entre 5 à 10m sous le niveau de l'Ibie, confirmant la présence probable d'une zone noyée sur ces secteurs.

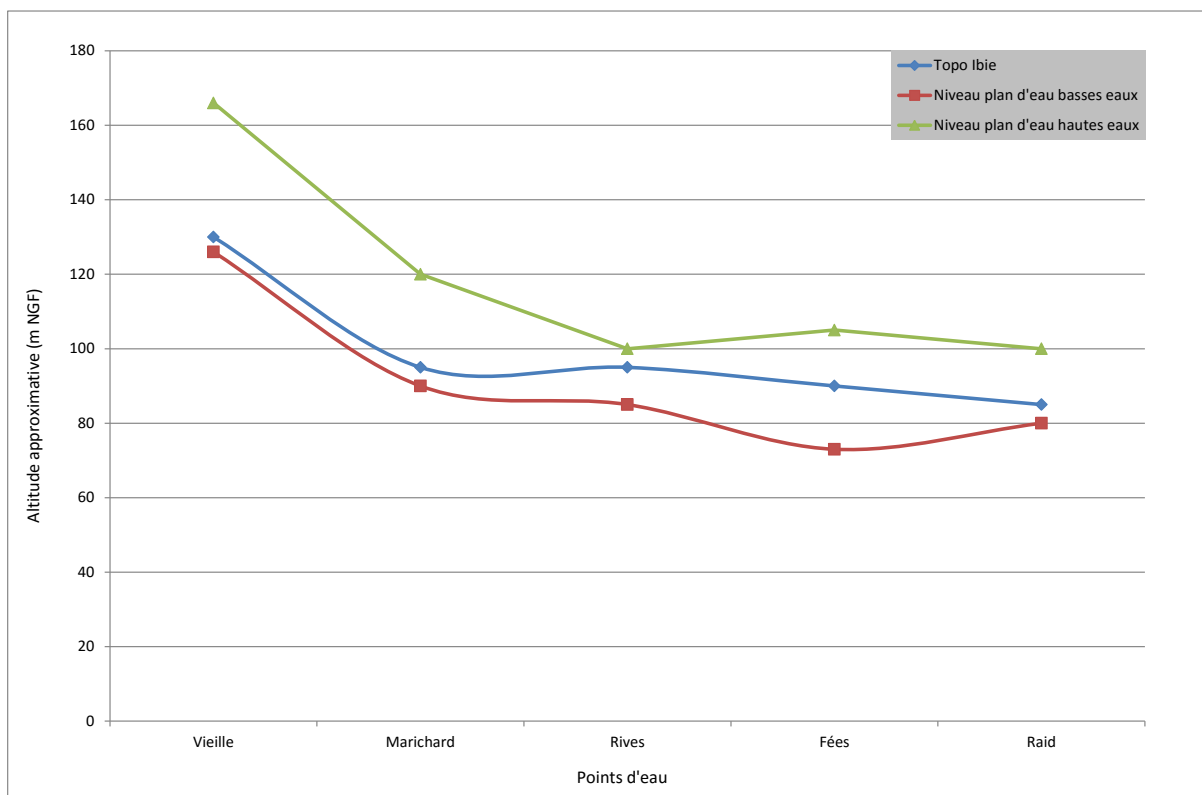


Figure 78 : schématisation du profil topographique du lit de l'Ibie et des niveaux de plus basses et plus hautes eaux relevés par le CDS07 à l'occasion des différentes sorties spéléologiques (IDEES-EAUX – 2015)

Enfin, Thierry MARCHAND indique l'existence d'un important collecteur exploré sur plus de 300 m à la grotte du Raid, lequel se présente sous la forme d'un canyon à base noyée dont le sens d'écoulement a été déterminé par le déplacement de matériel en crue. Ce collecteur est en revanche difficile d'accès en période de hautes eaux car il suppose le passage d'une étroiture qui ne se trouve désamorcée qu'en basses eaux.

3.4.4. Echanges nappe/rivière

Dans la zone amont de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie » et sur la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze, les affluents de l'Ibie n'ont pas de lien direct avec la zone noyée mais contribuent à l'alimentation indirecte de celle-ci, par leurs pertes, dès que les cours d'eau rencontrent un accident structural.

L'Ibie joue ensuite un rôle intermédiaire particulier puisqu'à partir des Sallèles, elle va tantôt drainer ou tantôt infiltrer l'ensemble de ces écoulements issus des plateaux :

- A l'aval de Font Garou, la remise en eau de l'Ibie est temporaire puisque les eaux parviennent à s'infiltrer vers le karst au droit d'une première faille qui représente une zone de perte ponctuelle active uniquement à l'étiage.
- L'Ibie passe ensuite momentanément sur les terrains marneux et sableux du Bédoulien et du Turonien avant de retraverser l'Urgonien en petites gorges, peu avant sa confluence avec l'Ardèche :
 - Dans sa traversée sur les terrains marneux et sableux, les écoulements vers le karst sont donc impossibles.
 - Hors étiage, l'Ibie grossit ensuite à partir de l'Event de Rives, principale émergence située en rive gauche, mais dont le débit n'est pas mesurable précisément.
 - A l'étiage, l'Ibie ne coule plus à partir du pont qui l'enjambe avant le défilé, elle se retrouve donc de nouveau en position infiltrante.
- A l'aval du défilé, plusieurs sources sont identifiées en rive droite de l'Ibie en période de moyennes eaux lorsque le niveau de l'Ibie est suffisamment bas. L'Ibie se retrouve donc en position drainante juste avant sa confluence avec l'Ardèche.

3.4.5. Qualité des eaux

La qualité des eaux de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie peut être partiellement appréciée à partir des analyses réglementaires réalisées sur les captages AEP, à savoir la source du Moulin sur la commune de Rochecolombe, le forage d'Orbeire et la source de Font-Garou sur la commune de Lagorce et le captage du Tiourre pour la commune de Vallon-Pont-d'Arc.

D'un point de vue physico-chimique, ces eaux bicarbonatées calciques sont le plus souvent de bonne qualité, au contraire de la bactériologie, qui comme toutes eaux issues de domaines calcaires karstiques peut présenter une pollution récurrente qui nécessite un traitement par chloration.

La nature de l'aquifère confère également l'absence de filtration ce qui peut amener des problèmes de matière en suspension et des dépassements récurrents en ce qui concerne le paramètre turbidité, notamment à l'occasion des épisodes de crue.

3.4.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque sur ce domaine karstique est importante mais elle est globalement atténuée par la présence d'une végétation dense de chênes verts au milieu d'arbustes de type garrigue. Depuis l'abandon dans certains secteurs de Lagorce des parcelles cultivées et du pâturage intensif au profit de troupeaux de chèvres et de moutons, la végétation s'est beaucoup développée rendant également les bois plus difficilement accessibles en dehors de pistes en anciennes routes goudronnées.

Une très grande partie du plateau de Saint-Remèze depuis le Sud des Sallèles est également située en zone Natura 2000.

Depuis la mise en évidence d'une relation nette entre le ruisseau de Pissevieille qui draine le secteur de Saint-Remèze et le captage du Tiourre, par Belleville en 1983, ce dernier est probablement le captage actuellement le plus vulnérable de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie car la qualité des eaux de l'émergence peut être rapidement détériorée par les pollutions susceptibles d'être véhiculées par le cours d'eau qui draine une zone d'occupation humaine importante et des cultures.

Concernant l'occupation des sols (Tableau 23 et Figure 79), l'unité karstique Vallée de l'Ibie est majoritairement occupée par les forêts de feuillus. Le fond de vallée et plus précisément la rive droite de l'Ibie est occupée par des vignobles et de petites cultures.

On notera enfin un tissu urbain discontinu entre Lagorce et Vallon-Pont-d'Arc.

Type d'occupation des sols	Surface (km²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,99	1,38%
221 : Vignobles	3,36	4,66%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	4,10	5,69%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	2,64	3,66%
311 : Forêts de feuillus	44,80	62,10%
313 : Forêts mélangées	0,41	0,57%
321 : Pelouses et pâturages naturels	3,42	4,74%
322 : Landes et broussailles	4,75	6,58%
323 : Végétation sclérophylle	5,71	7,91%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,93	2,67%
511 : Cours et voies d'eau	0,03	0,04%
	72,15	100,00%

Tableau 23 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Vallée de l'Ibie

Aucune ICPE n'est présente et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé.

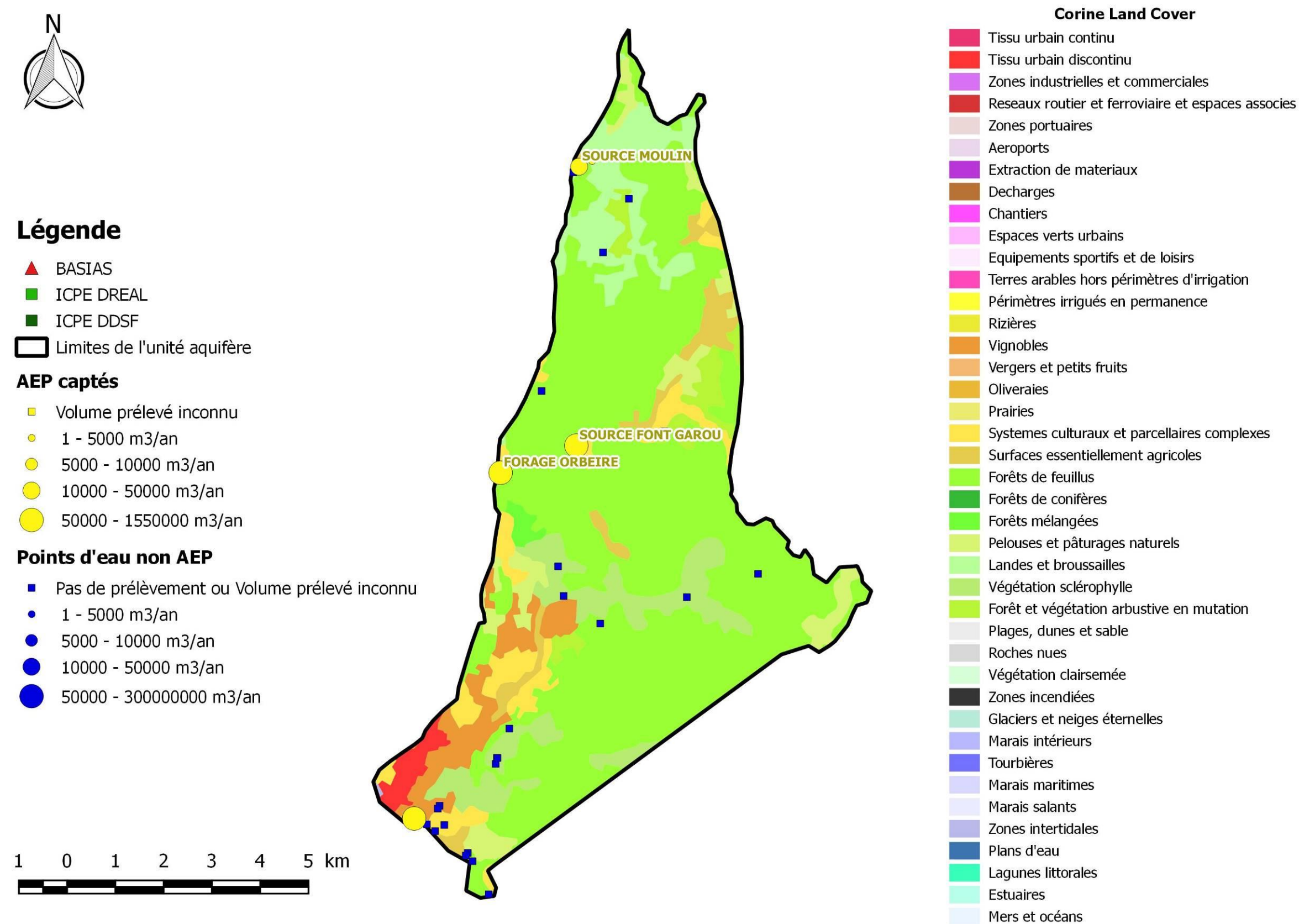


Figure 79 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Vallée de l'Ibie (Corine Land Cover)

3.5. L'unité Viviers – Saint-Montan

3.5.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité aquifère « Viviers-Saint-Montan » est caractérisée par les calcaires du Barrémo-bédoulien à faciès Urgonien (Crétacé inférieur) dont l'épaisseur est très variable sur ce secteur (quelques dizaines de m à 200 m voire 300 m –[23]). La structure de cette unité calcaire est relativement complexe et hétérogène. Elle est formée d'un enchaînement de morphologies synclinales et anticlinales qui se confondent au sein d'une même continuité stratigraphique (ex : synclinal de Bayne et anticlinal de Serre des Parts -Figure 80).

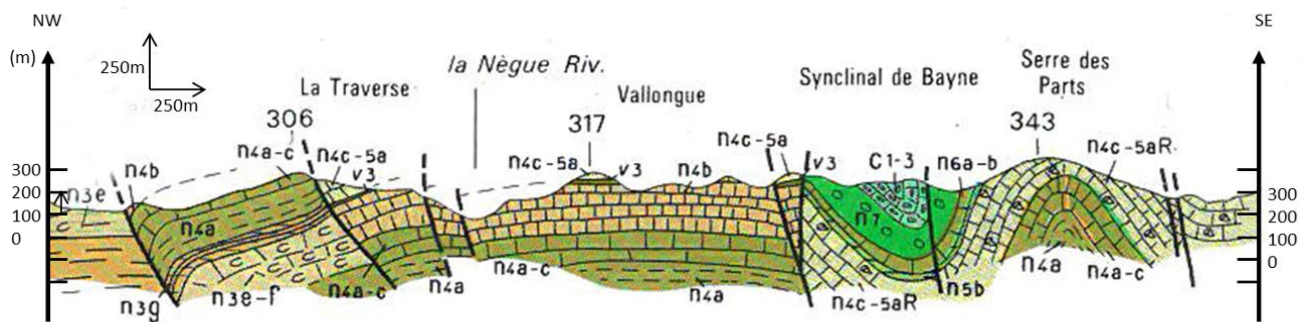


Figure 80 : coupe géologique IB' orientée NW-SE passant par le synclinal de Bayne (BRGM)

On assiste également à un changement latéral de faciès et non pas à une superposition des couches entre les calcaires blancs et massifs de l'Urgonien à l'Est, et les calcaires du Barrémien supérieur à l'Ouest. Ces formations sont du même âge mais correspondent à des conditions de dépôt différentes (Figure 81).

Au droit des cœurs synclinaux, les calcaires du Barrémo-bédoulien sont recouverts par un ensemble comprenant les calcaires du Cénomaniens, les sables et calcaires du Gargasien et les marnes imperméables de la violette d'âge Bédoulien (synclinaux de Bayle et d'Eylieux). Ces dépôts sont également présents à l'affleurement au niveau de Saint-Montan.

Les calcaires ne sont aquifères que par leur karstification potentiel, leur fracturation et leur plan de stratification. L'unité est caractérisée par la faille cévenole autour de laquelle se développe un réseau de failles mineures qui découpent et décalent la série géologique, notamment vers la vallée du Rhône.

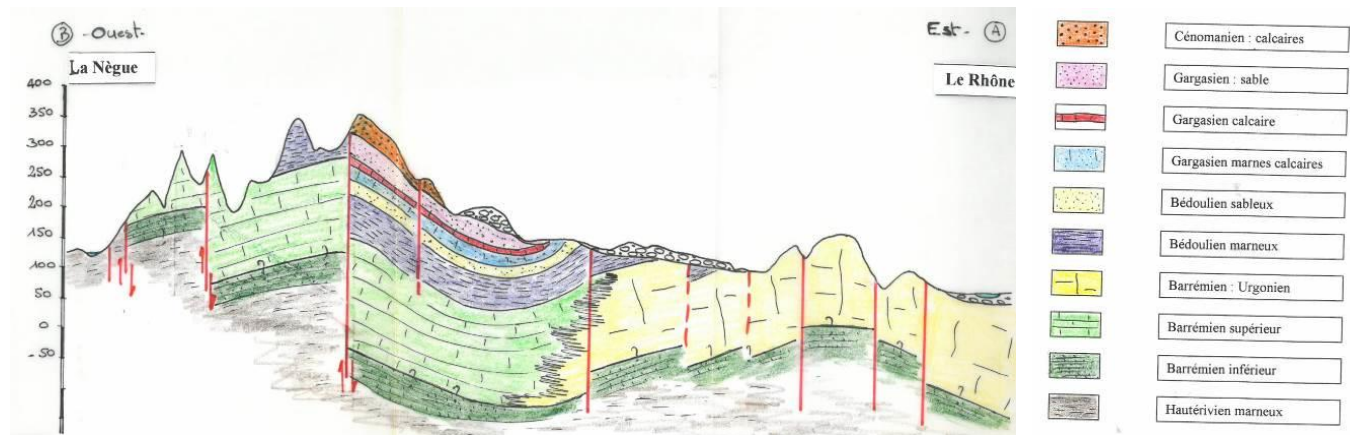


Figure 81 : coupe géologique IA' orientée NNE-SSW passant légèrement au Sud du forage de Belieure (IDEES-EAUX - 1999):

- A l'Ouest par la grande faille normale correspondant au faisceau cévenol de direction SW/NE qui relève le compartiment Ouest et vient mettre en contact les calcaires du Barrémien inférieur et les calcaires du Barrémo-bédouliens. La limite pourrait être déplacée un peu plus à l'Ouest car ce contact faillé ne peut pas être considéré totalement comme une limite étanche. En revanche, il est à l'origine d'un changement de pendage radical qui pourrait décaler cette limite, un peu plus à l'Ouest sur le plateau de Vallongue.
- Au Sud-Ouest, par les gorges de la Sainte-Beaume qui forme une véritable incision au sein des calcaires barrémo-bédouliens et sont le siège d'une faille normale qui vient mettre en contact, comme sur la limite précédente, les calcaires du Barrémien inférieur et les calcaires du Barrémo-bédouliens (Figure 82).
- Les limites Nord et Est sont plus délicates à tracer car les calcaires s'enfoncent sous le bassin Rhodanien, d'abord sous recouvrement Céno-aptien puis dans la vallée du Rhône et au-delà. Au Nord-Est, l'unité karstique se raccorderait au système karstique de la plaine de la Valdaine développé sur le territoire Drômois.

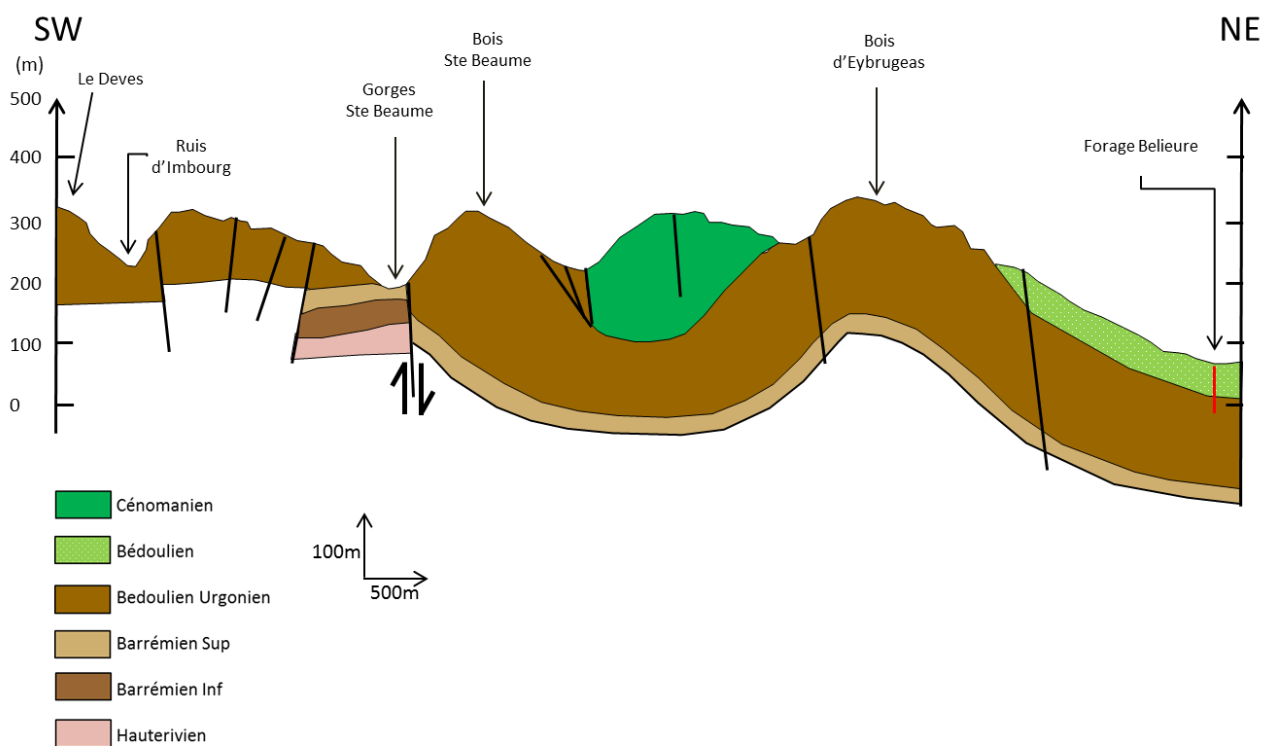


Figure 82 : coupe géologique IC' orientée SW-NE passant par le forage de Belieure (IDEES-EAUX - 2015)

La délimitation est considérée comme moyenne et les limites Ouest et Sud-Ouest dépendent également probablement des conditions hydrologiques.

Des investigations par géophysique et forage pourraient également permettre de préciser le rôle joué par la vire marneuse intercalée entre les calcaires du Barrémien supérieur et les calcaires du Barrémien terminal, elle est sans doute à l'origine de l'émergence des sources de la bordure rhodanienne telles que la source de Fontbonne ($3,1 \text{ m}^3/\text{h}$ à l'étiage), ou la source des Evêchés.

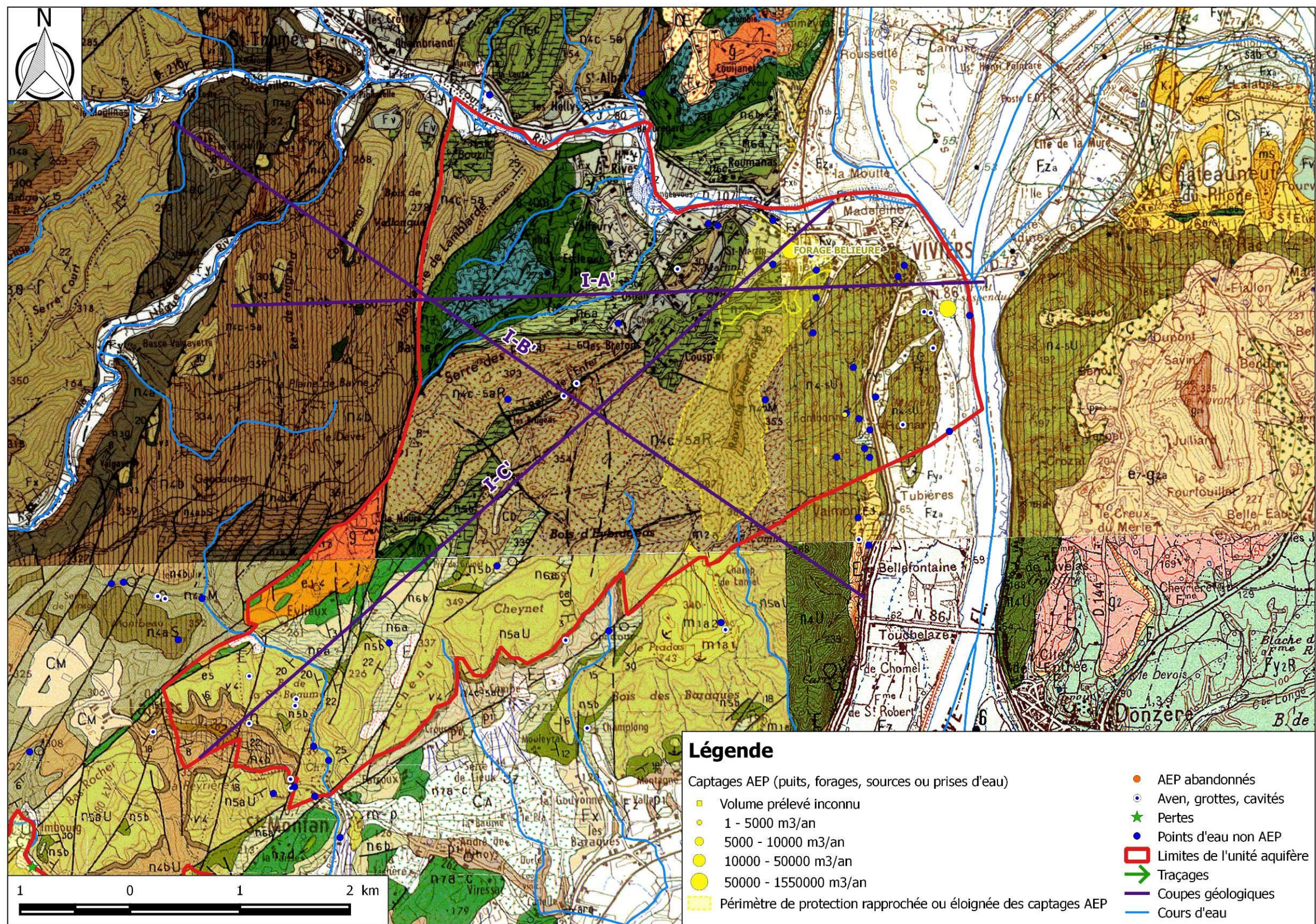


Figure 83 : limites de l'unité karstique "Viviers – Saint Montan" sur fond géologique

3.5.2. Hydrogéologie

La karstification au sein de la formation barrémo-bédoulienne est avérée en grand, mais localement les indices karstiques de surface (lapiaz, aven,...) ne sont que très peu représentés voire inexistants. Il est donc difficile de caractériser le karst de cette unité qui pourrait se développer au droit des plans de stratification. Les nombreuses fractures d'orientation Nord 45-50° constituent toutefois des axes de cheminement préférentiel pour l'écoulement des eaux.

Les calcaires à faciès Urgonien disparaissent totalement 7 km à l'Ouest de Viviers. Par contre, à l'Est, ces calcaires se continuent sur plusieurs dizaines de kilomètres et il est fort possible, voire très probable, que les fractures se prolongent également dans cette direction. Toutefois le Rhône sert de niveau de base et les calcaires doivent alimenter les alluvions par drainance. Ainsi, il n'existe donc pas de véritable exutoire identifié.

L'enchaînement de morphologies synclinales et anticlinales et la présence de dépôts épais (jusqu'à une centaine de mètres d'épaisseur) essentiellement marneux (marnes bédouliennes de la violette) localisés au droit des synclinaux (Saint-Montan – synclinal de Bayle) confère à l'unité aquifère Viviers-Saint-Montan un caractère aussi bien libre que captif.

Les nombreuses sources recensées sur la bordure rhodanienne trouvent leur origine au toit d'un niveau argileux (25 m d'épaisseur) intercalé au sein de la masse calcaire et qui pourrait correspondre à la vire marneuse intercalée entre le Barrémien supérieur et le Barrémien terminal. Elles n'ont donc, à priori, pas de lien direct avec les calcaires captés par le forage de Belieure qui est captif, mais font partie globalement de ce système karstique à priori étagé.

Les sources mesurées dans les formations plus récentes (céno-manien, aptien) ont un intérêt très limité.

3.5.2.1. *Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires*

L'unité aquifère Viviers-Saint-Montan est un système binaire qui cumule :

- Une recharge par infiltration directe des précipitations au droit des zones d'affleurement des calcaires Barrémo-bédouliens ; les eaux sont drainées et rapidement infiltrées sur les plateaux calcaires au droit des vallées sèches (ravin de l'Enfer), lesquels empruntent les grandes directions de fractures.
- Une recharge par infiltration indirecte des eaux précipitées puis ruisselées sur les terrains de recouvrement moins perméables tels que les marnes de la violette, les sables et calcaires du Gargasien qui finissent par s'infiltrer au droit des affleurements calcaires.

On ne peut pas non plus exclure totalement des apports en provenance de l'unité voisine Gras-Laoul ou par le biais des fractures du faisceau cévenol.

3.5.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

En 1998, dans le cadre de la recherche en eau effectuée sur Viviers qui a abouti à la création du forage de Belieure, IDEES-EAUX a proposé un tracé schématisé de la piézométrie sur le secteur de Viviers (Figure 84). La direction globale d'écoulement est orientée Nord 50° suivant le pendage des calcaires sur ce secteur. Les courbes piézométriques s'infléchissent aux niveaux de deux fractures qui semblent, par conséquent constituer des axes d'écoulement préférentiels.

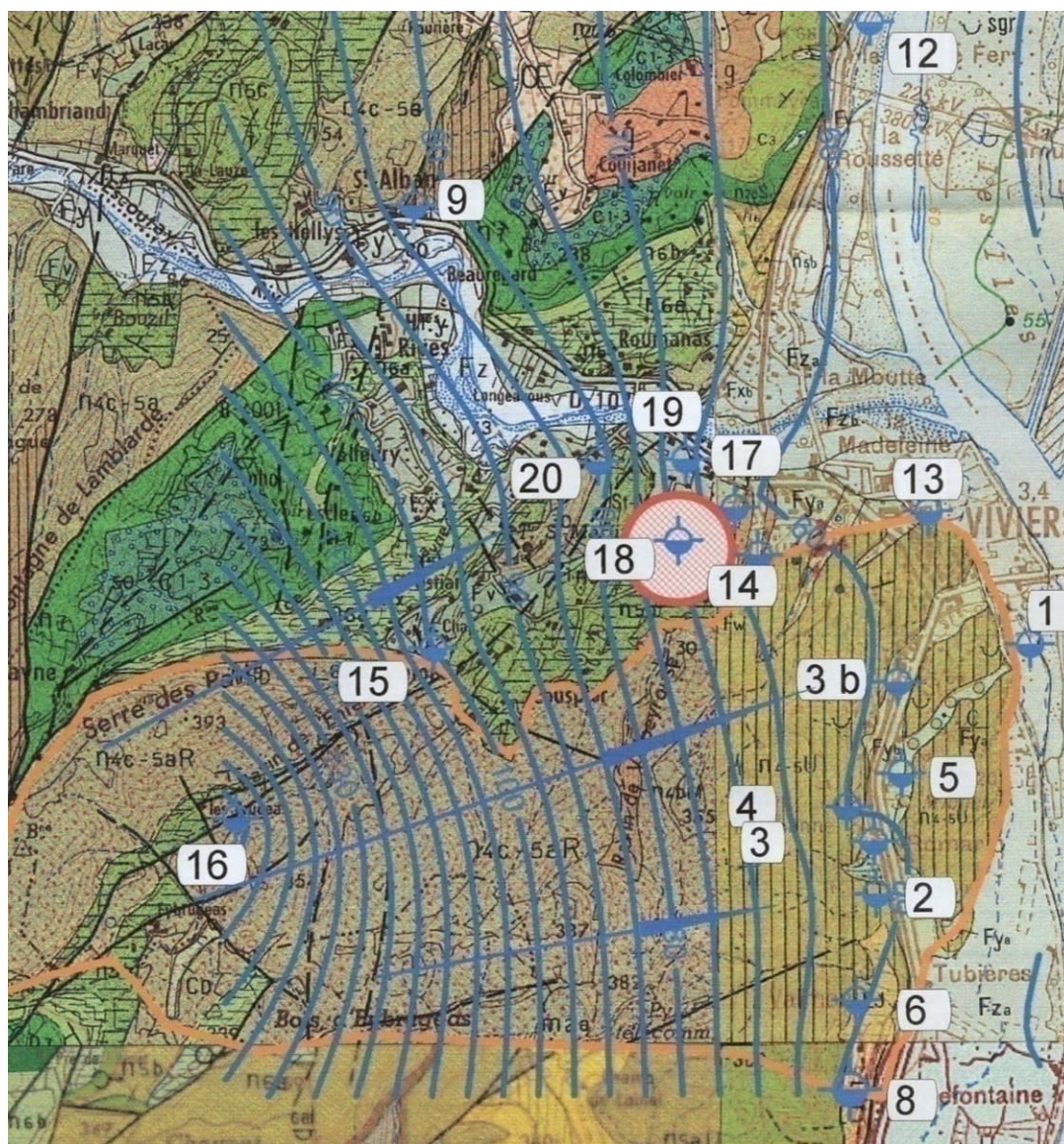


Figure 84 : esquisse piézométrique établie sur le secteur de Viviers (IDEES-EAUX – 1998)

3.5.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Les paramètres hydrodynamiques sur cette unité peuvent être approchés grâce aux essais de pompage réalisés sur le forage de Belieure. L'ouvrage a été testé au débit de 80 m³/h pendant un mois. La transmissivité calculée est comprise entre 3,8 et 5.10⁻² m²/sec et le rayon d'action a été évalué à 400 m.

Ces essais ont également fait l'objet d'une expérience de traçage pour définir les circulations des eaux entre les plateaux calcaires à l'Ouest, le forage de Belieure et les différentes émergences constituées notamment par la source de Fontbonne sur la bordure rhodanienne :

Une injection de 800 kgs de NaCl et 10 kgs d'iodure de sodium a été effectuée au droit de la perte de la source de Brugeas à 500 m de la ferme du même nom, perte localisée dans un vallon qui rejoint le ravin de l'Enfer à une distance de 5 km du forage de Belieure. Les résultats ont été négatifs pour les deux traceurs au forage de Belieure, à la source de Fontbonne et au forage de la ferme de Brugeas.

3.5.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Sur ce système, le seul captage AEP recensé est le forage de Belieure destiné à l'alimentation en eau potable de la commune de Viviers. L'ouvrage capte les calcaires urgoniens en charge sous 105 m de recouvrement marneux (Gargasien et marnes de la Violette appartenant au Bédoulien inférieur).

La bonne productivité du forage de Belieure (15 m³/h/m – débit d'exploitation possible : 200-230 m³/h) atteste d'importantes circulations souterraines au sein des calcaires urgoniens, mais il s'agit là pour l'instant de l'unique point d'eau d'intérêt du secteur et de l'unique indice d'une réserve non négligeable associée à cette unité karstique.

3.5.4. Echanges nappe/rivière

Aucun cours d'eau majeur n'est présent sur l'unité karstique Viviers-Saint-Montan. Le réseau superficiel se résume à quelques écoulements temporaires torrentiels qui empruntent les vallées sèches à l'occasion des fortes précipitations. Le Rhône correspond au niveau de base de l'aquifère à l'Est. Il n'est pas exclu que les calcaires sous-jacents alimentent *per ascensum* les alluvions du Rhône.

3.5.5. Qualité des eaux

Les eaux du forage de Belieure ont un faciès bicarbonaté calcique classique mais montrent une conductivité et une dureté élevées par rapport aux analyses réalisés sur les autres points d'eau accessibles du secteur de Viviers. Cette plus forte minéralisation traduirait un plus long temps de séjour au sein de l'aquifère karstique.

L'eau du forage de Belieure montre une bonne qualité bactériologique contrairement aux sources plus superficielles.

3.5.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère karstique est considérée comme modérée à cause de la présence d'un aquifère étagé intercalant des vires marneuses qui sont à l'origine des sources qui sortent côté Rhône. En profondeur, l'aquifère semble mieux protégé, sauf peut-être au droit des grandes fractures du faisceau cévenol qui peuvent participer à la recharge.

Concernant l'occupation des sols (Tableau 24 et Figure 85), l'unité karstique Viviers – Saint-Montan présente un environnement très peu contraint : les affleurements calcaires sont majoritairement recouverts par des forêts de feuillus, zones d'accès relativement difficiles-, alors que les secteurs d'habitat péri-urbain ou les systèmes cultureux parcellaires sont localisés au droit des écrans imperméables qui protègent naturellement l'aquifère des pollutions directes par infiltration.

Type d'occupation des sols	Surface (km²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,68	3,12%
221 : Vignobles	0,11	0,50%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	4,55	20,87%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	0,63	2,89%
311 : Forêts de feuillus	14,14	64,85%
312 : Forêts de conifères	0,71	3,25%
322 : Landes et broussailles	0,39	1,80%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,44	2,03%
511 : Cours et voies d'eau	0,15	0,69%
	21,80	100,00%

Tableau 24 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Viviers - Saint-Montan

Il n'y a pas d'ICPE sur le territoire de cette unité karstique et un seul site industriel ancien recensé (Paul Fayre).

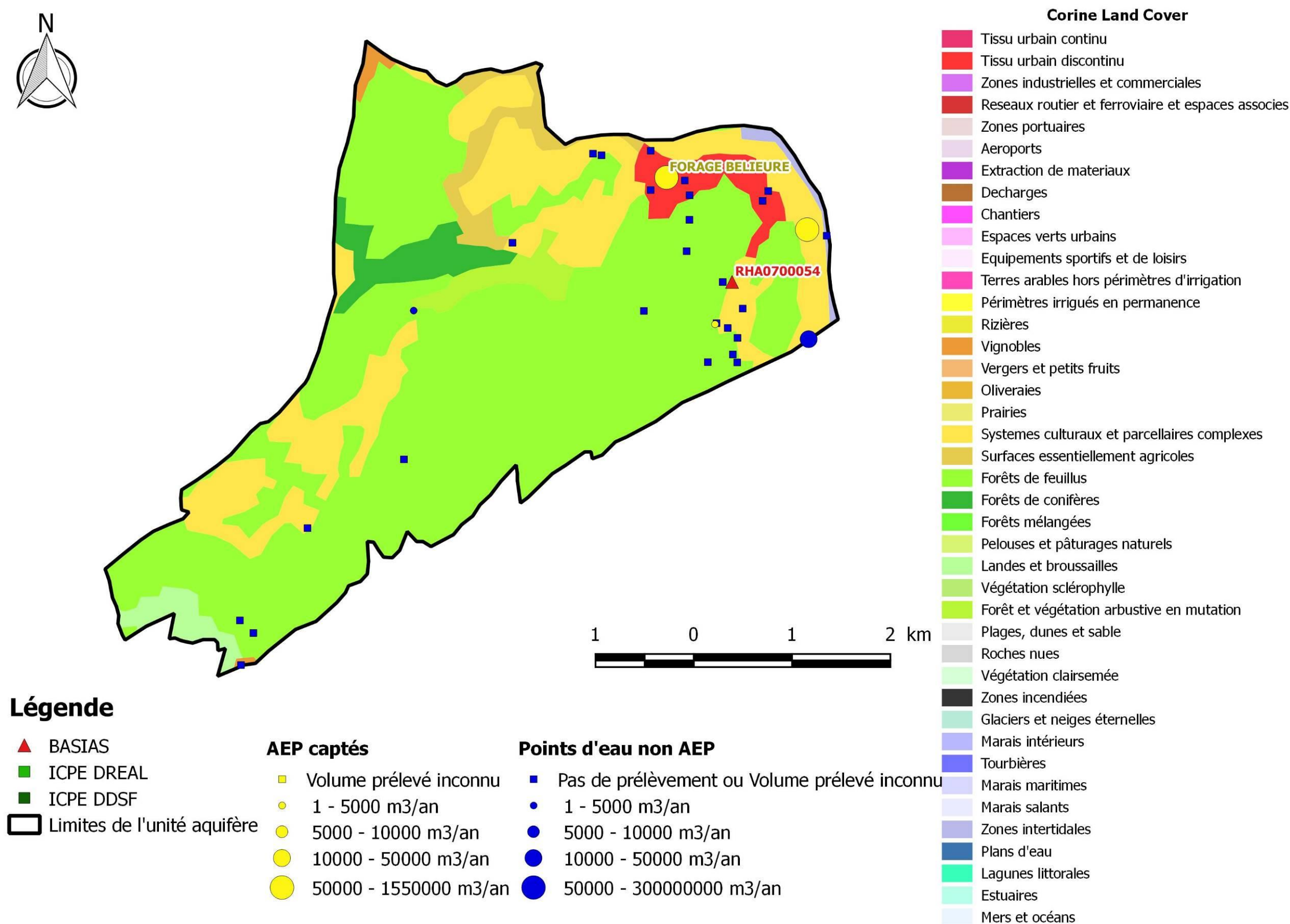


Figure 85 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité karstique Viviers-Saint-Montan (Corine Land Cover)

3.6. L'unité Gras-Laoul

3.6.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité karstique « Gras-Laoul » est sans doute l'unité la plus étendue du domaine d'étude (110 km²). Elle est caractérisée par les calcaires du barrémo-bédoulien à faciès Urgonien (390 à 460 m d'épaisseur) du plateau de Saint-Remèze, à pendage Sud-Est, compris entre 5 et 10° (Figure 86). Elle s'étend, de Saint-Montan au Nord, à la rive gauche de l'Ardèche au Sud. La caractéristique principale de cette zone structurale est l'abondance et la longueur des accidents orientés Nord 140 – 160° qui découpent en autant de lanière cette unité karstique.

La retombée orientale du brachy-anticlinal de Saint-Remèze est couverte par les formations à composante marno-gréseuse du Bédoulien et du Gargasien, cachetées par les dépôts quaternaires de la vallée du Rhône.

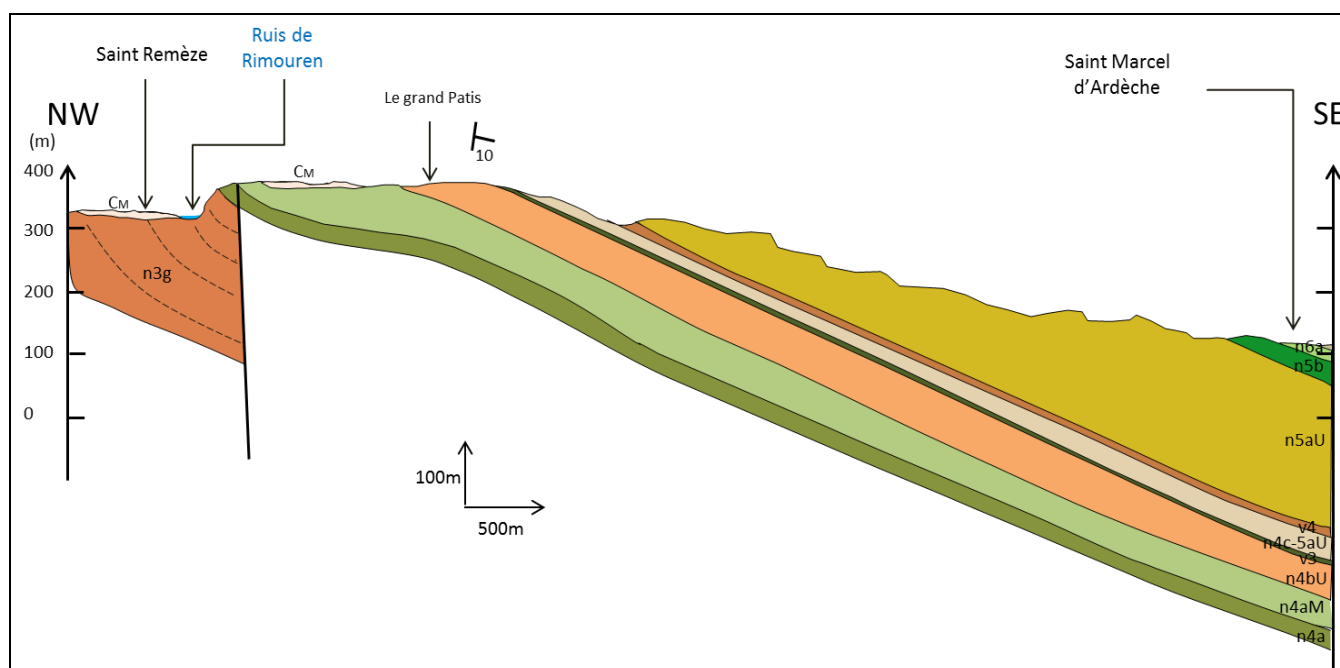


Figure 86 : coupe géologique JA' orientée NW-SE passant au droit du forage de Gerige (IDEES-EAUX - 2015)

Cette unité est délimitée :

- Au Nord – Nord-Ouest par le faisceau cévenol orienté SW-NE qui met en contact l'assise marneuse hauterivienne et les calcaires du barrémien inférieur considérés comme le mur de l'unité karstique ; au Nord, la relation établie par traçage entre la grotte de la Pascaloune et les sources de Tourne permet de prolonger cette limite en direction du Nord jusqu'au lieu-dit « Chironlong » où semble se positionner une ligne de partage des eaux entre le système Gras-Laoul et la zone de Saint-Montan.

- A l'Ouest, le raccordement de la limite à la vallée de l'Ardèche au Sud-Ouest reste plus incertain. La limite est basée sur l'hypothèse de Belleville, à savoir le rôle de barrière joué par les deux failles Nord 140° du Pouzat et de Bidon qui délimiterait les écoulements en direction du Rhône, d'une part, et vers l'Ardèche, d'autre part. Cette limite est également calée sur des résultats de traçage négatifs entre l'aven de Vigne-Close et les sources bordant l'Ardèche (Event de la Guigonne, source de Richemale).
- A l'Est par une limite à charge imposée : le Rhône. Les calcaires s'enfoncent en effet sous le bassin rhodanien, on les retrouve à plusieurs centaines de mètres notamment sur la commune de Saint-Paul-3-Châteaux.
- Au Sud, par une autre limite à charge imposée : l'Ardèche.

Mis à part la limite Nord-Ouest, la délimitation de ce système est incertaine notamment à l'Ouest-Sud-Ouest et bien entendu à l'Est dans le prolongement du système sous la vallée du Rhône.

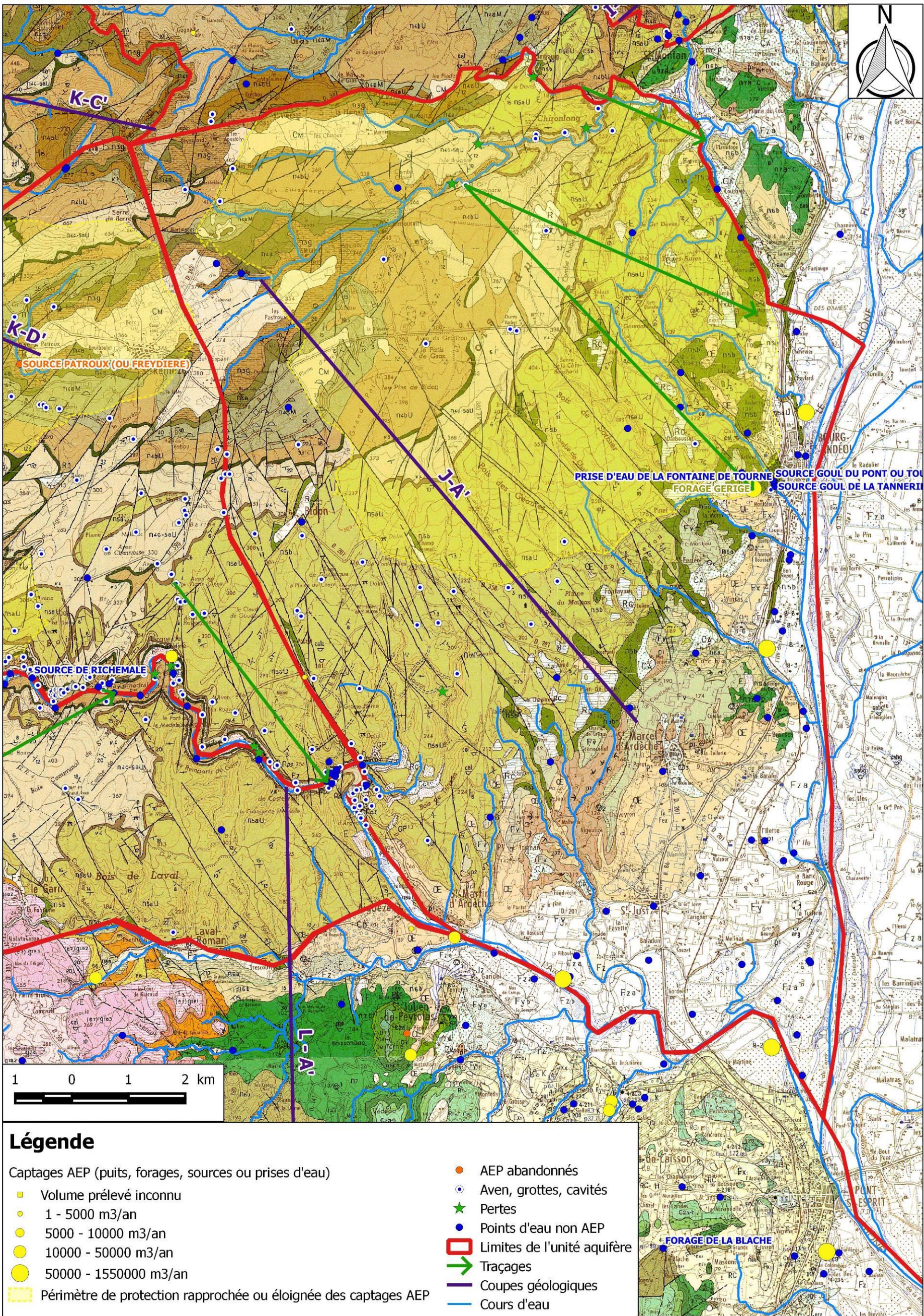


Figure 87 : limites de l'unité Gras-Laoul sur fond géologique

3.6.2. Hydrogéologie

Les formations calcaires à faciès Urgonien du plateau de Gras-Laoul ont un fort degré de karstification, bien visible en surface (nombreux phénomènes karstiques type aven, doline, lapiaz...). Malheureusement très peu permettent l'accès au réseau actif souterrain profond (105m NGF m de profondeur à la grotte de la Pascaloune) car il s'agit le plus souvent d'avens bouchés ou des dépressions fermées à faibles profondeurs. On n'y connaît également aucun drainage superficiel.

Cette vaste unité karstique est drainée en grande partie par les trois sources de Tourne (Goul du Pont ou Grand Goul, Goul de la Tannerie ou Petit Goul et source du Lavoir), principaux exutoires conséquents situés à l'Est, en bordure de la vallée du Rhône et au cœur de Bourg-Saint-Andéol.

Les trois sources jalonnent la partie aval du cours du ruisseau de Sardagne dont elles forment le seul écoulement pérenne. Ce ruisseau a creusé dans ces 2 derniers kilomètres de petites gorges à la faveur d'une faille majeure, la faille de Sardagne.

Les deux exutoires vauclusiens principaux, Goul de la tannerie et Goul du Pont, possèdent le même comportement physico-chimique et semblent interconnectées[21]; en effet, en 1985, un suivi physico-chimique réalisé par Gombert met en évidence un décalage dans la réponse suite à une épisode pluvieux : le débit de crue mesuré sur le Goul de la Tannerie est 5 fois plus important que celui observé sur le Goul du Pont, ce dernier réagissant plus tardivement : « *Le Goul du Pont qui a réagi plus tardivement mais de façon plus homogène aux impulsions pluviométriques pourrait jouer un rôle de trop-plein écrêteur de crue* » (GOMBERT – 1988).

Sur le plan géomorphologique, le réseau du Goul de la Tannerie est subhorizontal sur environ 800 m et contraste avec l'enfoncement rapide de la galerie du Goul du Pont. Cette disposition suggère l'existence d'un niveau de base karstique à l'époque du creusement du réseau à l'altitude de 60 à 65 m équivalent aux terrasses würmiennes du Rhône.

Ces réseaux présentent des dimensions exceptionnelles et ont été explorés à plusieurs reprises par les spéléologues-plongeurs, elles font encore également l'objet de terrain d'entraînement pour les clubs de plongée.

Le développement actuel du Goul du Pont est de 575 m pour une profondeur de 185 m (-106 m NGF) alors que celui du Goul de la Tannerie est de 1200 m pour une profondeur de 209 m (-144 m NGF). La section du Goul de la Tannerie atteint près de 5 m² alors que celle du Goul du Pont est de l'ordre de 3 m².

Depuis 1985, les sources de Tourne ne sont plus utilisées pour l'AEP, elles sont remplacées par les deux forages de Gérige qui captent en amont le réseau souterrain correspondant à ces résurgences. Les deux ouvrages, d'une profondeur de 160 m sont exploités aux environs de 200 m³/h (5000 m³/jour).

Ce réseau karstique très important, développé le long des fractures de direction Nord/Ouest-Sud/Est, donne également naissance, entre Bourg-Saint-Andéol et Saint-Just-d'Ardèche, à d'autres sources

intéressantes plus modestes en limite des affleurements urgoniens, peu avant leur plongement sous les alluvions rhodaniennes, et souvent localisées au droit de fractures qui mettent en contact les calcaires urgoniens et les marnes bédouliennes (source du Haut-Darbousset, source pérenne de Font Abriou, sources temporaires de Salivaud et de Pradel).

La bordure rhodanienne accueille également de nombreux forages domestiques non déclarés, donc difficiles d'accès. Ces forages sont systématiquement captifs, voire artésiens jaillissant car ils captent les calcaires urgoniens sous couverture marno-gréseuse du Bédoulien et du Gargasien.

Enfin, en partie Sud-Est de l'unité karstique Gras-Laoul, la Communauté de communes « Du Rhône Au Gorges De l'Ardèche (DRAGA) a fait réaliser en 2014, sur la commune de Saint-Marcel-d'Ardèche, le forage d'exploitation de l'Ilette n°2 suite aux bons résultats obtenus sur le forage de reconnaissance nommé Ilette n°1 et créé la même année.

Le forage Ilette n°2 (Figure 887) traverse les alluvions du Rhône sur 18 m de profondeur, des argiles sableuses, puis des grès indurés puis des sables jusqu'à 268m de profondeur avant de capter les calcaires urgoniens sur 10m (fond du forage : 278 m). Le karst est rempli par des sables, la nappe est artésienne avec un débit d'exhaure en surface de l'ordre de 25 m³/h. Ce forage est destiné à être exploité au débit de 150 m³/h pour sécuriser les forages de Gérige qui rencontrent régulièrement des dépassements sur le paramètre turbidité.

Ce forage fait donc clairement la démonstration d'une prolongation de l'unité karstique Gras-Laoul bien au-delà de la bordure rhodanienne du plateau de Saint-Remèze.

L'aquifère contenu dans l'unité karstique Gras-Laoul est donc libre en amont, sur le plateau de Saint-Remèze puis captif à partir de la bordure rhodanienne.

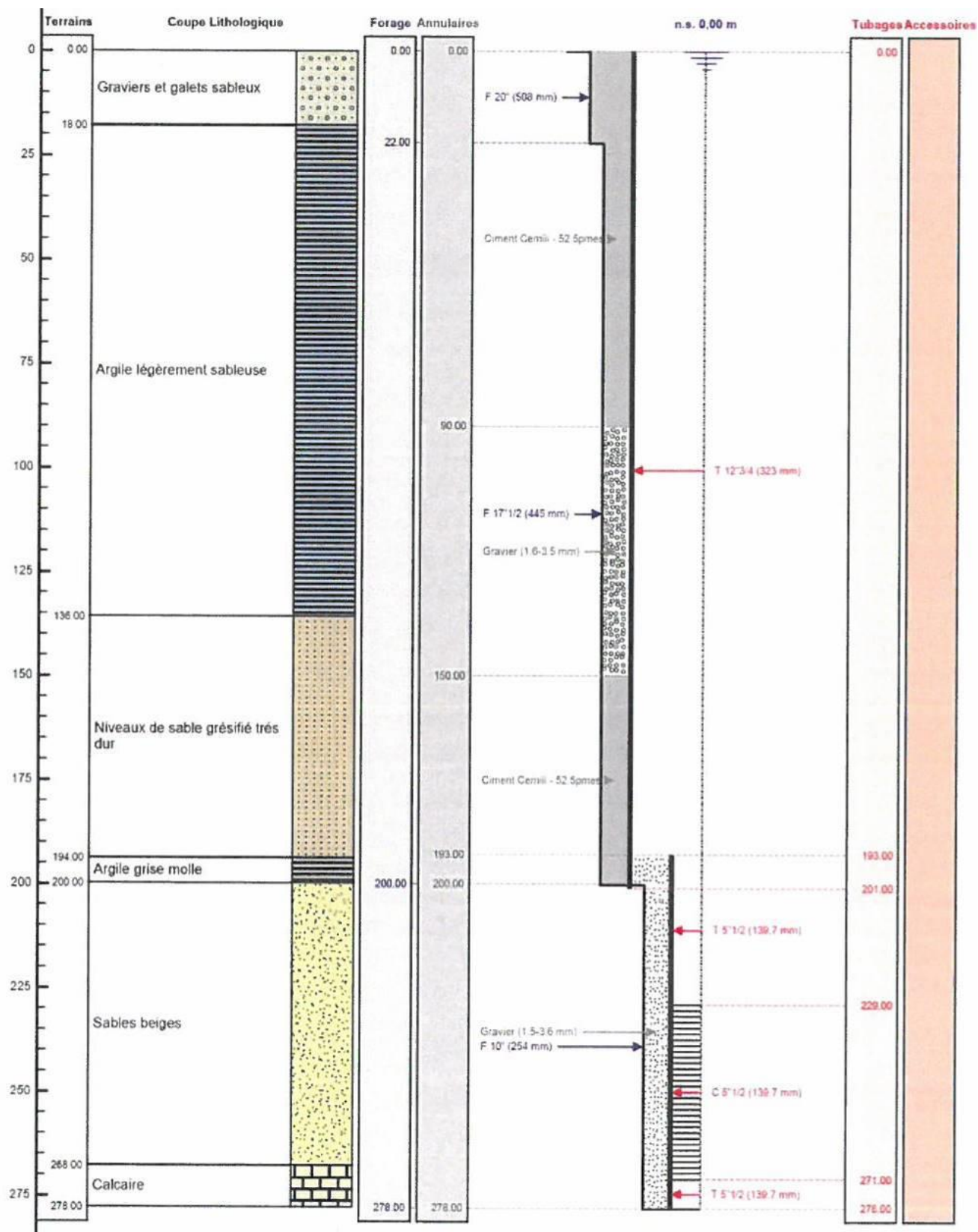


Figure 88 : coupe du forage de l'ilette n°2 (HYDROFORAGE - 2014)

Les phénomènes karstiques présents sur l'unité Gras-Laoul ont été recensés par le comité départemental de spéléologie (Tableau 25). Les plans des réseaux sont portés en annexe.

L'unité karstique peut être divisée en deux sous-secteurs :

- La partie Nord du plateau est incisée par la vallée sèche du Rimouren qui est le siège d'importantes pertes permettant l'accès à une rivière souterraine (Grotte de la Pascaloune) à la cote 105 m NGF. La rivière souterraine atteint ici le toit de la zone noyée. Un traçage permet de rattacher cette rivière souterraine au bassin d'alimentation des sources de Tourne.
- Plus au Sud, le drainage du plateau se fait, au moins en basses eaux, vers les gorges de l'Ardèche et le vaste réseau spéléologique de Saint-Marcel qui est un réseau karstique exceptionnel par son développement et ses galeries fossiles, dont certaines ont été creusées en conduite forcée, jusqu'à 15 m de diamètre. La grotte de Saint-Marcel est un système complexe, étagé sur deux niveaux au-dessus du niveau de l'Ardèche (à 180 et 100 m NGF, soit respectivement +140 et +50 m au-dessus de l'Ardèche) et composé de galeries noyées situées au niveau de l'Ardèche. Le réseau est actuellement reconnu sur plus de 57 km de développement dont 15 km entièrement noyés qui atteignent la cote -65 m NGF. Ce réseau est le siège de circulations particulières et complexes. L'exutoire principal de ce système est la boucle souterraine de l'Ardèche entre les pertes de la Cadière et la source de l'Ecluse. Au Nord, trois drains en provenance des parties amont du plateau sont identifiés : la branche de Bidon, la rivière de Solvay et la rivière de Saint-Marcel qui remonte jusqu'à la limite de la retombée du plateau du Laoul. Ces drains sont interconnectés et leur fonctionnement est complexe.

Sur la partie Est du réseau, le siphon N15bis atteint la profondeur de 40 m mais l'exploration reste à poursuivre. L'orientation vers l'Est de cette partie du réseau laisse à penser qu'un drainage vers la vallée du Rhône est possible, en tout cas en hautes eaux.

Les mises en charge dans le réseau de Saint-Marcel peuvent atteindre plus de 40 m lors d'épisodes pluvieux importants. L'ensemble de ce réseau a fait l'objet d'un suivi (pression/température) entre septembre 2014 et septembre 2015 grâce à l'installation par le CDS07 d'une dizaine de sondes reefnet. Les résultats sont en cours d'analyse.

On notera l'existence de l'aven Papé Marcel situé sur le plateau du Laoul, seul point d'eau du secteur faisant l'objet d'une circulation permanente (0,1 l/s à l'étiage).

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Écoulement	Fonctionnement	développement (m)	dénivelé (m)
Buis (fontaine des)	Larnas	oui	permanent	source	80	
Font des galets	Larnas		temporaire	source	500	-8/+6
Fontgrand (exsurgence de)	Larnas	oui	permanent	source	70	-8
Baumas (grotte du)	Larnas	oui	permanent		1580	30
Fontfreyde (source pérenne de)	Gras		permanent	source		
Perte B14	Gras		permanent	perte		
St Vincent de Gras (grotte de)	Gras		permanent		160	-71
Taysse (exsurgence de) (2 fiches)	Gras	oui	permanent ?	source	40	-1
Rimouren (perte du ruisseau de)	Gras	oui	permanent	perte	1000	-33
Darbousset (aven)	Bourg St Andeol		permanent ?			
Haut Darbousset (source du)	Bourg St Andeol		temporaire	source		
Pont (goul du)	Bourg St Andeol	oui	temporaire	trop plein	575	-185
Tannerie (goul de la)	Bourg St Andeol	oui	temporaire	trop plein	1200	-209
Pascaloune (grotte de)	St Montan	oui	permanent	ancienne perte	1140	-192
Rimouren (perte 86 du ruisseau de)	St Montan	oui	permanent	perte	720	-151
Baillon (aven du)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	perte	55	-51
Pères (fontaine des)	St Marcel d'Ardèche		permanent	source		
Combe du Vin (source de la)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Pradel (source de)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Saint Ferréol (source de)	Bourg St Andéol		temporaire	source		
Bateau (grotte du)	Bidon		temporaire	trop plein		
Cadière (pertes de la)	Bidon		permanent	perte		-5
Ecluse (source de l')	Bidon		permanent	source		-59
Escombettes (aven des)	Bidon		temporaire	perte	32	-18
Grotte Deloly	Bidon		temporaire	trop plein		-25
Maïagar (grotte de)	Bidon		temporaire	trop plein	580	-9/+11
Papé Marcel (aven du)	Bidon		permanent		310	-160
Passeron (fontaine du)	Bidon		permanent	source		
Rouvières vieille (aven de la)	Bidon	non	temporaire			
Saint Marcel (grotte de)	Bidon		temporaire	trop plein	53100	-96/+137
Barrage (grotte du)	St Martin d'Ardèche	oui			1700	-10/+10
Louby (perte de la combe de)	St Martin d'Ardèche		temporaire	perte	0	
Ranc pointu (source du)	St Martin d'Ardèche				0	
Font Ponchon (source de)	Bidon	non	temporaire	source		
Salivaud (source de)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Crottée (fontaine)	St Marcel d'Ardèche		temporaire	source		
Font Abriou	St Marcel d'Ardèche		permanent	source		

Tableau 25 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité karstique Gras-Laoul (CDS - 2015)

3.6.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge naturelle de l'unité karstique Gras-Laoul est exclusivement assurée par l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment la très grande superficie du plateau de Saint-Remèze.

Sur ce point, l'étude des débits classés du Goul du Pont met en évidence deux principales augmentations de pente à 0,6 m³/sec et 1,8 m³/sec. Elles traduisent l'arrivée d'apports supplémentaires extérieurs au système karstique des sources de Tourne. D'après Gombert, ces pentes pourraient

correspondre à des événements pluvieux de différentes intensités, précipitations infiltrées au droit des pertes ruisseau du Rimouren.

L'unité aquifère se décharge pour une grande partie via le réseau des sources de Tourne, seuls exutoires conséquents connus à ce jour.

Pour Gombert (Figure 89), sur la base des résultats de traçage, des relations mises en évidence par l'étude physico-chimique, de la tectonique du plateau de Saint-Remèze, du pendage des couches, le bassin d'alimentation des sources de Tourne aurait une superficie de 110 km². Un sous bassin de 30 km², correspondant à une zone de vulnérabilité maximale, a également été délimité entre les failles de Sardagne et du Bois des Géantes : il est caractérisé par une forte probabilité de relations directes et rapides entre l'aquifère et les sources de Tourne

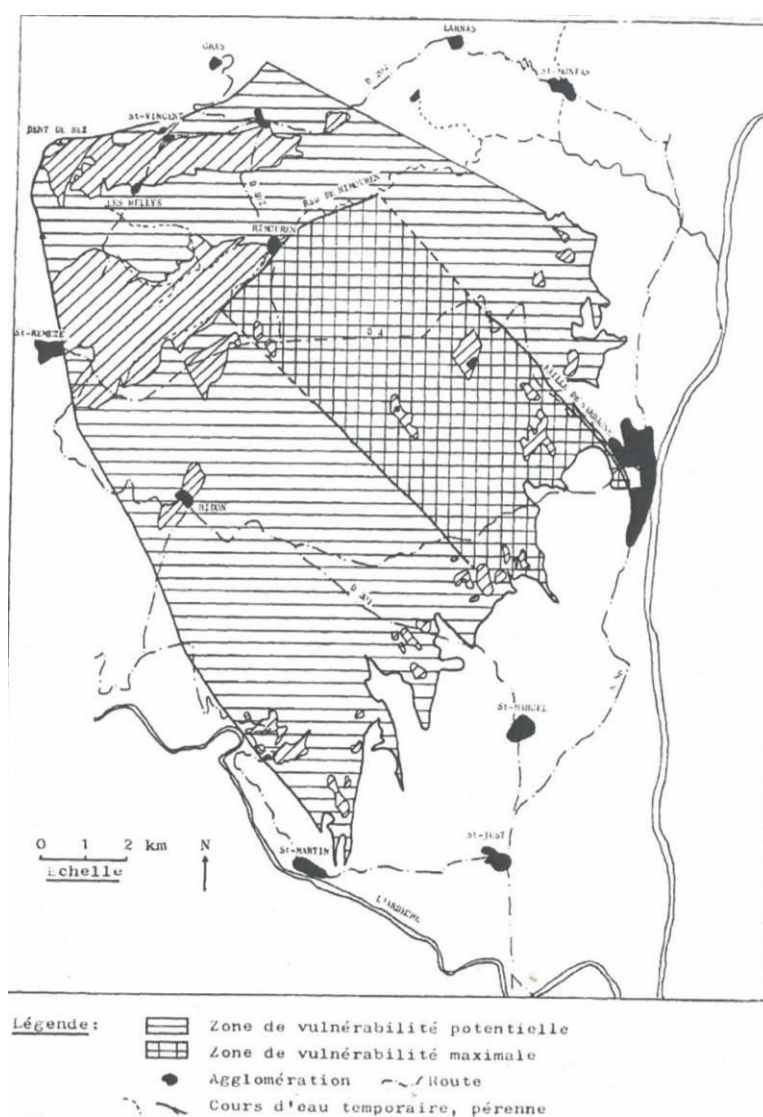


Figure 89 : zones de vulnérabilité de l'aquifère karstique des sources de Tourne (GOMBERT - 1988)

Pour Belleville, le bassin hydrogéologique des émergences de la bordure rhodanienne atteint 142 km² dont environ 60 km² pour les seules sources de Tourne km².

On voit donc que la délimitation exacte du bassin hydrogéologique des sources de Tourne, d'une part, et de l'unité karstique Gras-Laoul d'autre part, souffre d'imprécisions liées au manque de données de traçages mais également de piézométrie (étiage et hautes eaux).

3.6.2.2. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert

En 1984, à l'occasion de pompages mis en œuvre sur l'un des deux ouvrages de GERIGE, le rabattement avait été mesuré à près de 3 m pour un débit de 200 m³/h, soit un débit spécifique de l'ordre de 67 m³/h/m et une transmissivité déterminée à 4,7.10⁻³ m²/sec. Depuis la mise en exploitation de ces forages, le suivi du niveau est impossible en raison d'un encombrement trop important du système de pompage dans les forages qui ne permet pas la pose d'une sonde de niveau.

Quelques expériences de traçage réalisées en rive gauche de l'Ardèche n'ont pas permis d'établir des relations, notamment entre la grotte de Saint-Marcel et les sources bordant l'Ardèche (sources du Passeron, de l'Ecluse et du Ranc-Pointu), ce qui peut paraître étonnant vu la proximité du point d'injection (environ 2 km) avec ces sources. Ceci pourrait néanmoins confirmer l'hypothèse de Belleville, à savoir, pour rappel, le rôle de barrière joué par les deux failles Nord 140° du Pouzat et de Bidon qui délimiterait les écoulements en direction du Rhône, d'une part, et vers l'Ardèche, d'autre part.

Le traçage le plus probant est celui réalisé en juin 1984 depuis le ruisseau souterrain de la grotte de Pascaloune, lequel met en évidence une relation entre la grotte et les sources de Tourne (vitesse de 12 m/h) suivant les grandes directions de fractures NW-SE qui découpent en grande lanière cette unité.

En revanche, la détection de la fluorescéine retrouvée 2,5 mois à la source du Passeron après l'injection à la grotte de la Pascaloune n'est pas compatible avec la masse restituée d'après Belleville. Elle pourrait correspondre à la restitution du traceur injecté 20 jours plus tôt à l'aven de Vigne Close mais pas à l'injection faite à la grotte de la Pascaloune.

Si le résultat positif du traçage réalisé depuis l'aven de Vigne-Close (restitution à la source du Passeron) n'est pas complètement confirmé, l'absence de restitution au niveau des sources situées immédiatement au Sud en bordure de l'Ardèche, telles que les sources de Richemale, de la Guigonne, permet en revanche de poser une limite à l'extrémité Sud-Ouest de ce système.

Enfin, le traçage positif de décembre 1983 entre les pertes diffuses du ruisseau d'Imbourg et la source du pont-double (vitesse de 17 m/h) permet également de préciser l'extension maximum de l'unité Gras-Laoul en direction du Nord.

3.6.3. Qualité des eaux

Gombert (1984) a interprété les résultats d'analyses de 34 prélèvements d'eau effectués sur le plateau de Saint-Remèze. Il en déduit 4 familles d'eau :

- Les eaux météoriques, très peu minéralisées, mais relativement chargées en chlorures et en alcalins ;
- Les eaux superficielles autochtones, moyennement à très minéralisées, riches en chloro-alcalins et/ou sulfates et magnésium ;
- Les eaux des cours d'eau allochtones riches à très riches en chloro-alcalins ;
- Les eaux karstiques essentiellement bicarbonatées calciques.

Une analyse en composantes principales a permis de mettre en évidence le fonctionnement hydrochimique du karst :

- Les eaux se répartissent sur un axe factoriel 1 (Figure 90) selon le degré de minéralisation, depuis les eaux météoriques peu minéralisées jusqu'aux eaux du ruisseau des Fonts qui draine les marno-calcaires du plateau de Saint-Remèze ; les eaux karstiques présentent une minéralisation intermédiaire et peuvent être subdivisées en deux groupes : les eaux karstiques pures et les eaux karstiques mixtes résultant d'un mélange probable avec des eaux superficielles.
- L'axe factoriel 2 (Figure 90) oppose le faciès bicarbonaté calcique, caractéristique des eaux karstiques pures, d'un faciès plus chloro-alcalin qui traduit des intrusions d'eaux superficielles.

Les eaux karstiques mixtes se composent de plusieurs types distincts :

- Les eaux de percolation rapide à la base de l'épikarst ou dans les réseaux karstiques (grotte de la Pascaloune, grotte de Saint-Marcel) ;
- Les eaux de mélange avec l'Ardèche (source de Richemale, réseau de Solvay).

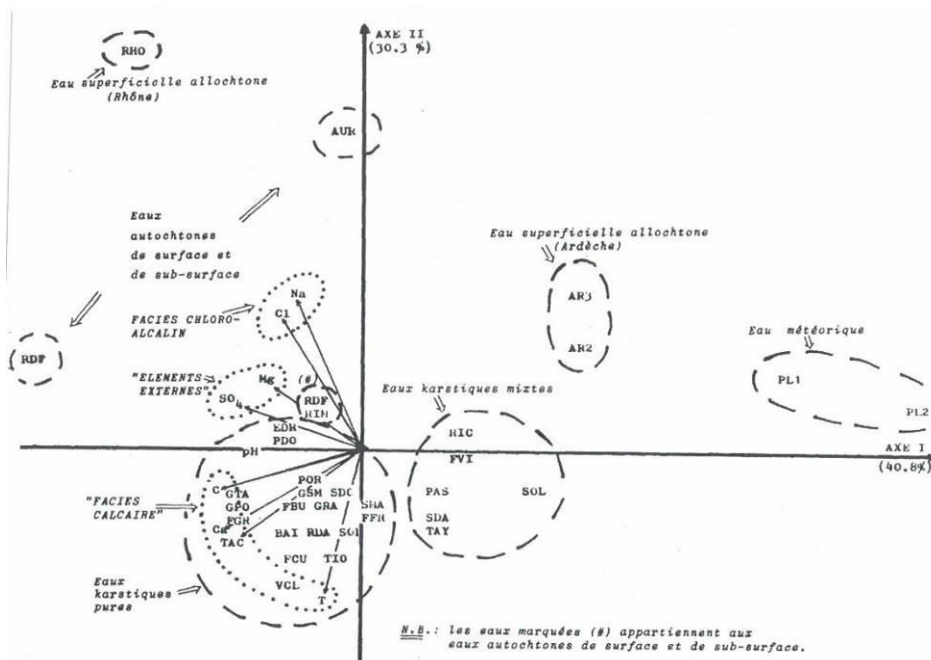


Figure 90 : ACP des eaux échantillonnées sur le plateau de Saint-Remèze (GOMBERT - 1984)

3.6.4. Appréciation du potentiel quantitatif

Pour apprécier le potentiel quantitatif considérable de l'aquifère karstique Gras-Laoul, il suffit de rappeler d'abord le rôle majeur joué par la crise messinienne sur le développement karstique de la partie urgonienne de l'Ardèche : le Rhône a profondément incisé sa vallée sur 600 m durant la crise messinienne pour atteindre -236 m NGF vers Pierrelatte (Drôme), tandis que le point bas connu du réseau des Gouls de Tourne à Bourg-Saint-Andéol est situé à -154 m NGF. Mocochain [24] démontre que les différents niveaux sub-horizontaux du karst urgonien s'expliquent, à l'occasion de la remontée, par le creusement étagé des calcaires à différentes cotes de stationnement du niveau de base qui a suivi la crise de salinité messinienne.

Il faut enfin rappeler quelques éléments clés qui caractérisent l'unité karstique Gras-Laoul :

- L'épaisseur reconnue par les plongeurs au niveau des sources de Tourne de la zone noyée de l'unité karstique Gras-Laoul est de 200 m.
- Le développement et les sections des réseaux mis en place (réseau immergée de Tourne et grotte de Saint-Marcel) sont considérables.
- Le débit annuel écoulé sur l'année 1984 aux sources de Tourne, seule année complète de mesures était de 2606 l/sec.
- Le gradient d'écoulement du plan d'eau entre la grotte de la Pascaloune (105 m NGF – environ 160m de profondeur) et les sources de Tourne (environ 65 m NGF) est de l'ordre de 5‰, soit un gradient relativement faible, indice d'une perméabilité forte.
- La surface du bassin d'alimentation des sources de Tourne est définie par Belleville à 110 km².
- Les réserves profondes considérables mais finalement encore mal connues de cet aquifère karstique sont estimées par défaut par Gombert à environ 3 millions de m³.
- L'aquifère se prolonge sous couverture au-delà de la bordure rhodanienne sur une largeur Nord-Sud au moins égale à 6 km.

3.6.5. Echanges nappe/rivière

A partir d'une approche géochimique, Gombert indique l'existence de points d'eau situés au sein du karst mais témoignant de relations probables avec l'Ardèche. Il existerait, sur près de la moitié inférieure des gorges, en rive gauche, une série de réseaux parcourus par des circulations en liaison avec la rivière sur une distance de l'ordre du kilomètre vers l'intérieur du massif karstique.

En vallée du Rhône, les relations entre l'aquifère karstique profond et le Rhône sont impossibles du fait de l'intercalation des formations peu voir non perméables datées de l'Aptien au Cénomanien.

3.6.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La multiplication des phénomènes karstiques sur le plateau de Saint-Remèze et l'étendue de l'aire d'alimentation amène une grande vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère karstique Gras-Laoul. Elle

oblige à circonscrire notamment une zone de protection relativement vaste du captage AEP de Gérige, lequel dispose d'une dizaine de périmètres de protection rapprochée satellites localisés autour des avens recensés sur le plateau et définis comme zones sensibles pour l'aquifère karstique.

Concernant l'occupation des sols, le plateau est essentiellement recouvert de forêts et de feuillus, végétation sclérophylle et systèmes cultureux complexes (Figure 91 et Tableau 26). Les vignobles occupent 19 % du territoire de l'unité Gras Laoul.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
111 : Tissu urbain continu	0,253	0,17%
112 : Tissu urbain discontinu	3,669	2,42%
121 : Zones industrielles et commerciales	0,462	0,30%
131 : Extraction de matériaux	0,020	0,01%
211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation	2,413	1,59%
221 : Vignobles	29,089	19,20%
222 : Vergers et petits fruits	0,663	0,44%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	16,903	11,15%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	6,393	4,22%
311 : Forêts de feuillus	57,321	37,83%
313 : Forêts mélangées	1,445	0,95%
321 : Pelouses et pâturages naturels	7,287	4,81%
323 : Végétation sclérophylle	20,718	13,67%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,932	1,27%
511 : Cours et voies d'eau	2,968	1,96%
	151,536	100,00%

Tableau 26 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Gras-Laoul

Il ya deux ICPE soumises à enregistrement (dont la DRAGA) et trois anciens sites industriels recensés sur Bourg-Saint-Andéol et Saint-Martin-d'Ardèche.

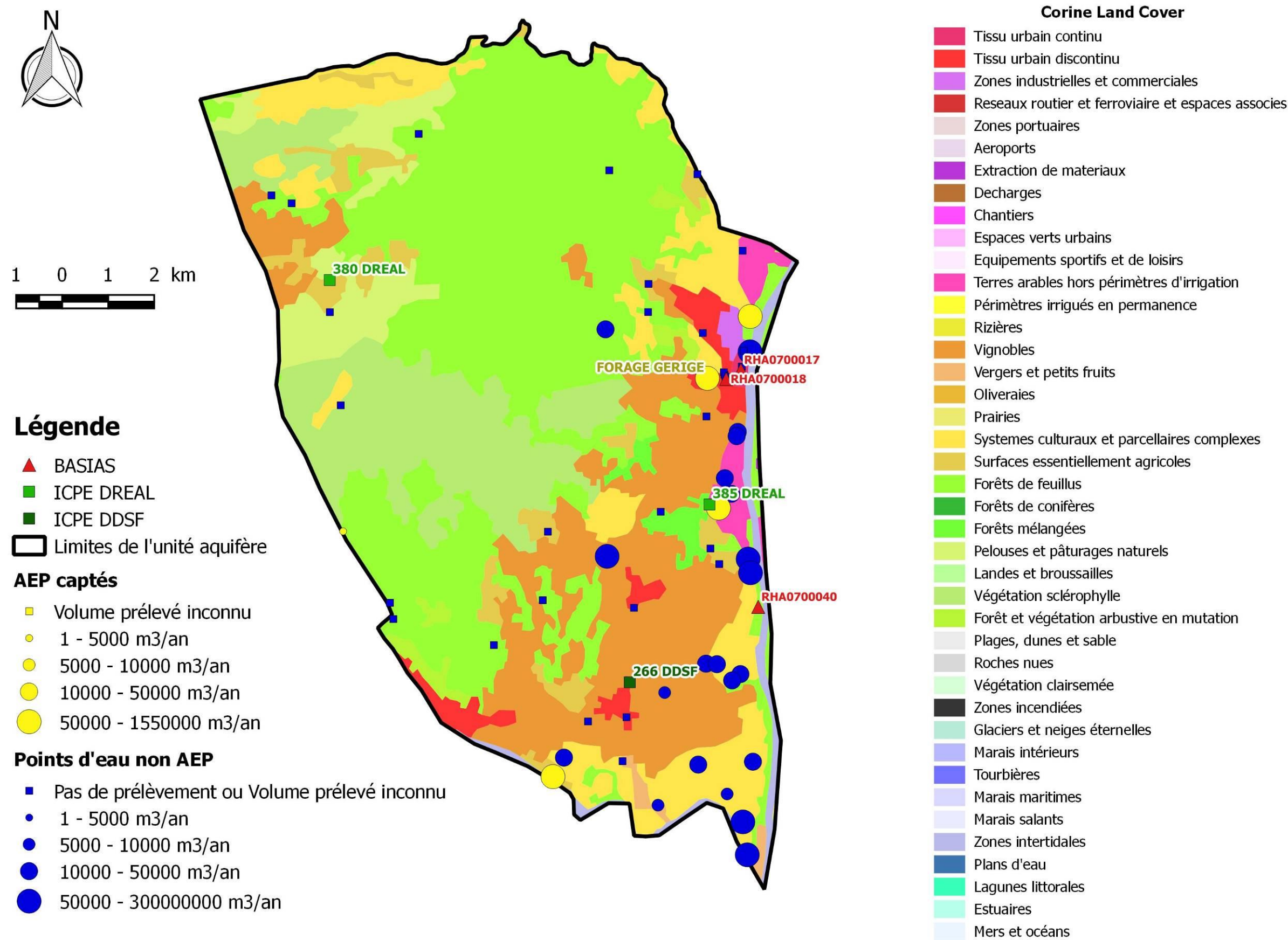


Figure 91 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Gras-Laoul (Corine Land Cover)

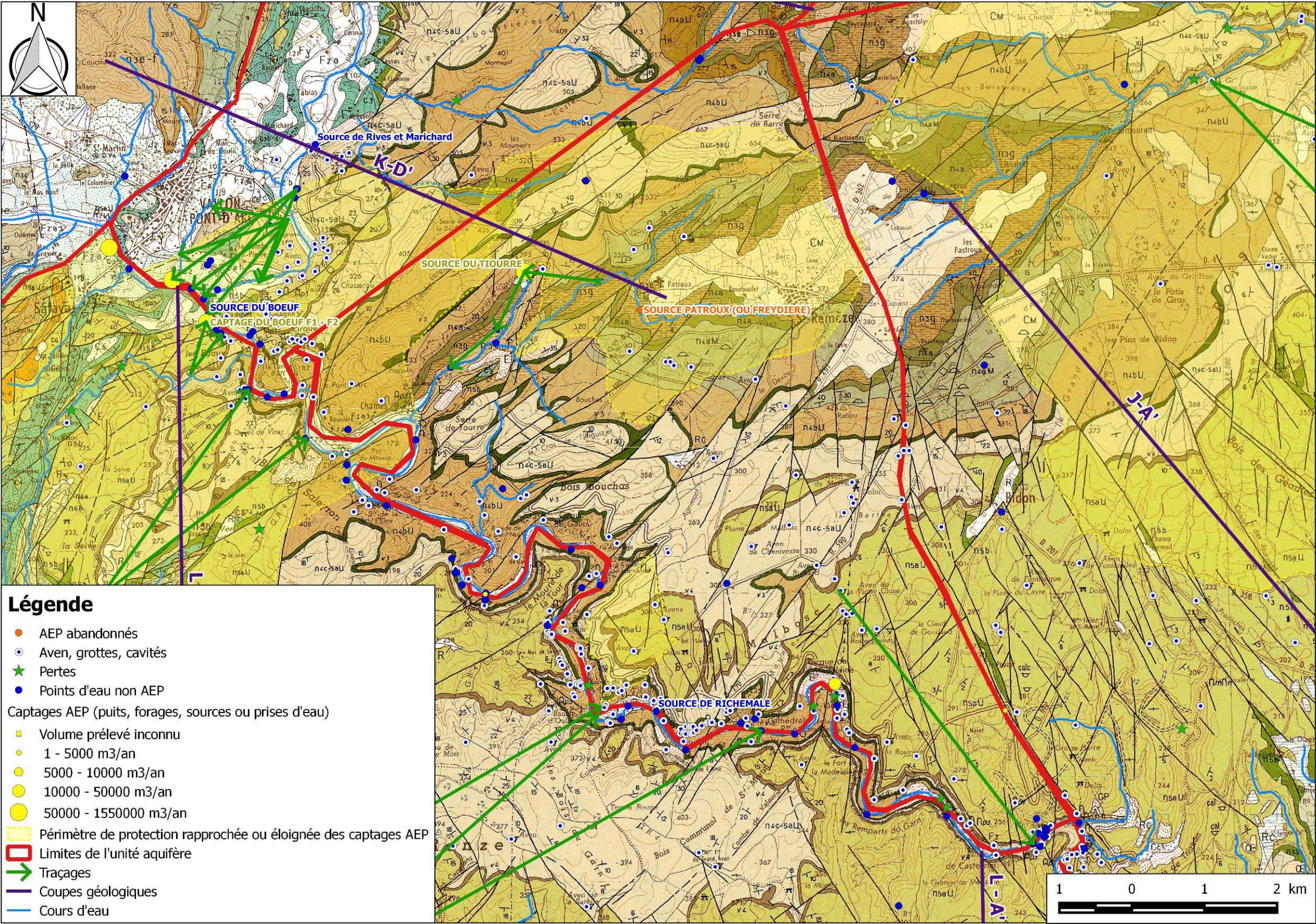
3.7. Les unités Rive Gauche et Rive droite de l'Ardèche

3.7.1. Présentation et délimitation de l'unité

Les unités karstiques « Rive gauche de l'Ardèche » et « Rive droite de l'Ardèche » sont caractérisées par les calcaires du barrémo-bédoulien à faciès Urgonien et comprennent à la fois les sources des deux rives situées au fond des gorges de l'Ardèche et une partie des plateaux de Saint-Remèze et d'Ornac. Nous traitons ici ces deux unités dans le même chapitre car elles ont un niveau de base commun, l'Ardèche.

L'unité karstique « Rive gauche de l'Ardèche » est délimitée (Figure 92) :

- Au Nord, par les marnes hauteriviennes sur le plateau de Saint-Remèze suivant une limite strictement topographique et les calcaires du barrémien inférieur considérés comme le mur de l'unité karstique.
- A l'Est, par la limite Sud-Ouest de l'unité karstique voisine Gras-Laoul, limite basée, pour rappel, sur l'hypothèse de Belleville, à savoir le rôle de barrière joué par les deux failles Nord 140° du Pouzat et de Bidon qui délimiterait les écoulements en direction du Rhône, d'une part, et vers l'Ardèche, d'autre part. Cette limite est également calée sur des résultats de traçage négatifs entre l'aven de Vigne-Close et les sources bordant l'Ardèche (Event de la Guigonne, source de Richemale).
- A l'Est, par la limite Sud-Est de l'unité voisine Lagorce-Ibie, limite encore incertaine qui relie la dent de Rez à l'ancien méandre de l'Ardèche au niveau du Pont d'Arc.
- Au Sud, par une limite à charge imposée : l'Ardèche.



L'unité karstique « Rive droite de l'Ardèche » est délimitée en grand (Figure 92) :

- Au Nord, par une limite à charge imposée : l'Ardèche.
- A l'Ouest, les différentes expériences de traçage réalisées au voisinage des grosses fractures Nord 50° (goule de Foussoubie), perte de pissevieille) soulignent le rôle de limite hydrogéologique de ces accidents. Deux accidents principaux affectent la rive droite de l'Ardèche : la faille de Vagnas et celle de Barjac respectivement au Nord et au Sud de Labastide-de-Virac. Elles limitent trois compartiments indépendants du point de vue des circulations souterraines. Les deux zones occidentales mettent en contact les calcaires urgoniens avec des formations détritiques du Crétacé supérieur et du Ludien sur lesquelles passent les lignes de partage des eaux. . La zone Ouest de l'unité pourrait donc ainsi se retrouver découper en deux ou trois lanières suivant la même orientation que ces fractures.
- Au Sud-Est de la faille de Barjac, peu d'accidents apparaissent de nature à contrôler les écoulements. Au Sud et à l'Est les limites méridionales et orientales de l'unité Rive droite de l'Ardèche sont donc plus délicates à établir devant les possibilités de karstification des calcaires urgoniens. Elles sont certainement variables d'une condition hydrologique à l'autre. Ainsi, Belleville établit une limite minorée qui passe par l'anticlinal du Bois de Ronze et une limite majorée qui recouperait la formation ludienne à l'aplomb de la limite nord des affleurements marneux éocènes. Les derniers traçages réalisés par Chapuis en 2014 la repousse au minimum à l'Aven d'Orgnac, ce qui correspond au maximum géologique indiqué par Belleville.

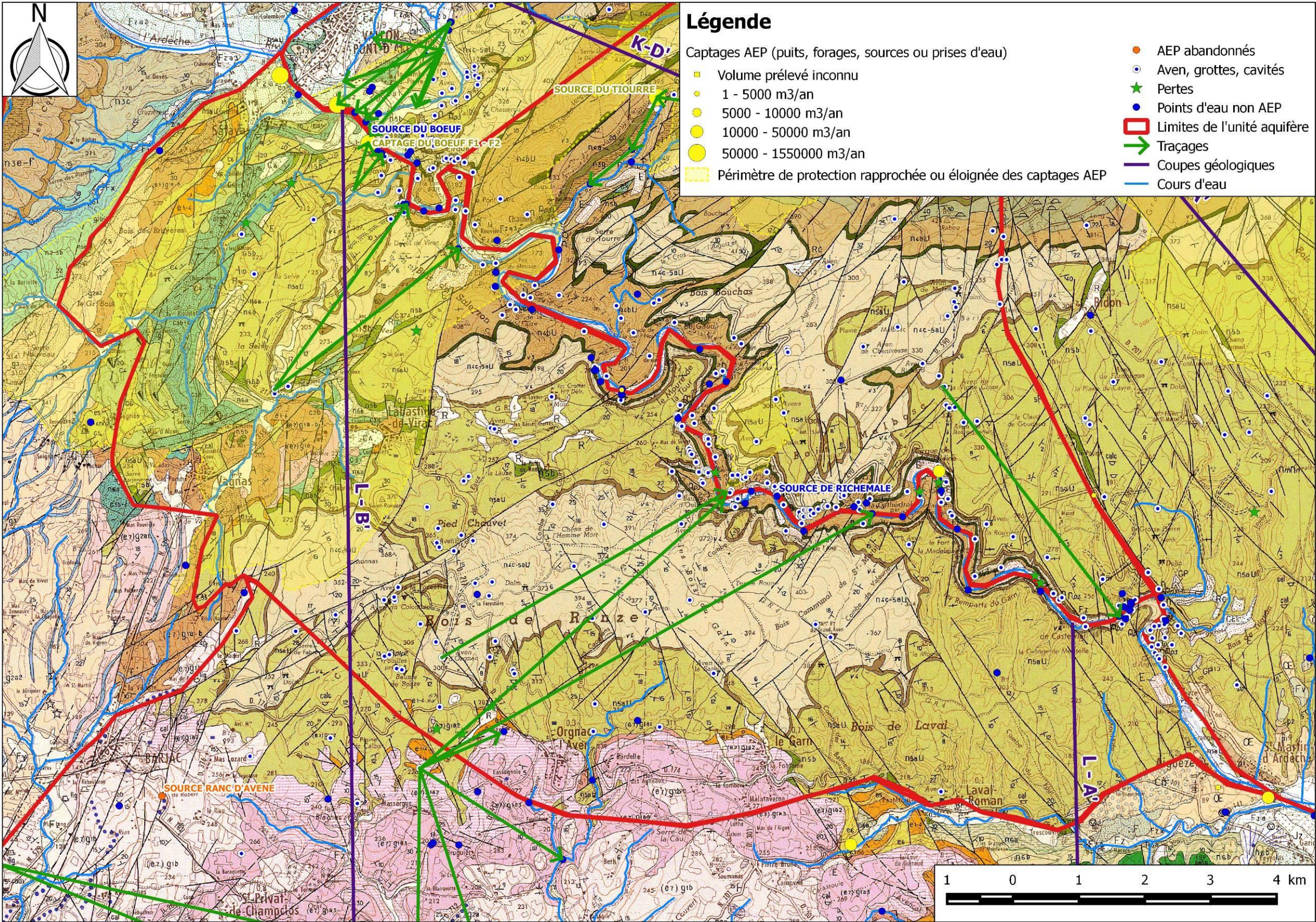


Figure 93 : limites de l'unité karstique "Rive droite de l'Ardèche" sur fond géologique

3.7.2. Hydrogéologie

Les gorges de l'Ardèche sont globalement le siège de nombreuses émergences karstiques localisées sur les deux rives, souvent de faible importance et distantes pour la plupart de quelques centaines de mètres, ce qui témoigne selon Belleville d'un karst faiblement évolué.

Les émergences sont néanmoins moins nombreuses en rive gauche qu'en rive droite.

Trois types d'émergences sont distingués :

- Les exurgences immergées qui ne peuvent être repérées que lorsqu'elles sont suffisamment concentrées et importantes ou peuvent être localisées à l'aide de techniques particulières (caméra thermique ou profil de conductivité – température) ;
- Les exurgences aériennes situées au niveau du lit d'étiage de l'Ardèche ou quelques mètres au-dessus. Il s'agit de sources pérennes pour la plupart ;
- Les sorties d'eau supérieures, perchées à une ou plusieurs dizaines de mètres au-dessus de l'Ardèche. Elles correspondent majoritairement à des trop-pleins temporaires en période de crue.

Plusieurs de ces types d'émergences peuvent également être associés dans un même réseau karstiques trois types d'émergences (exemple : réseau Midroï-Richemale en rive gauche, réseau de Foussoubie et de la Dragonnière en rive droite).

Les réseaux et phénomènes karstiques des deux unités situées de part et d'autre des gorges de l'Ardèche ont été recensés par le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche (Figure 94, Tableau 27, Tableau 28). Les plans des réseaux sont portés en annexe.

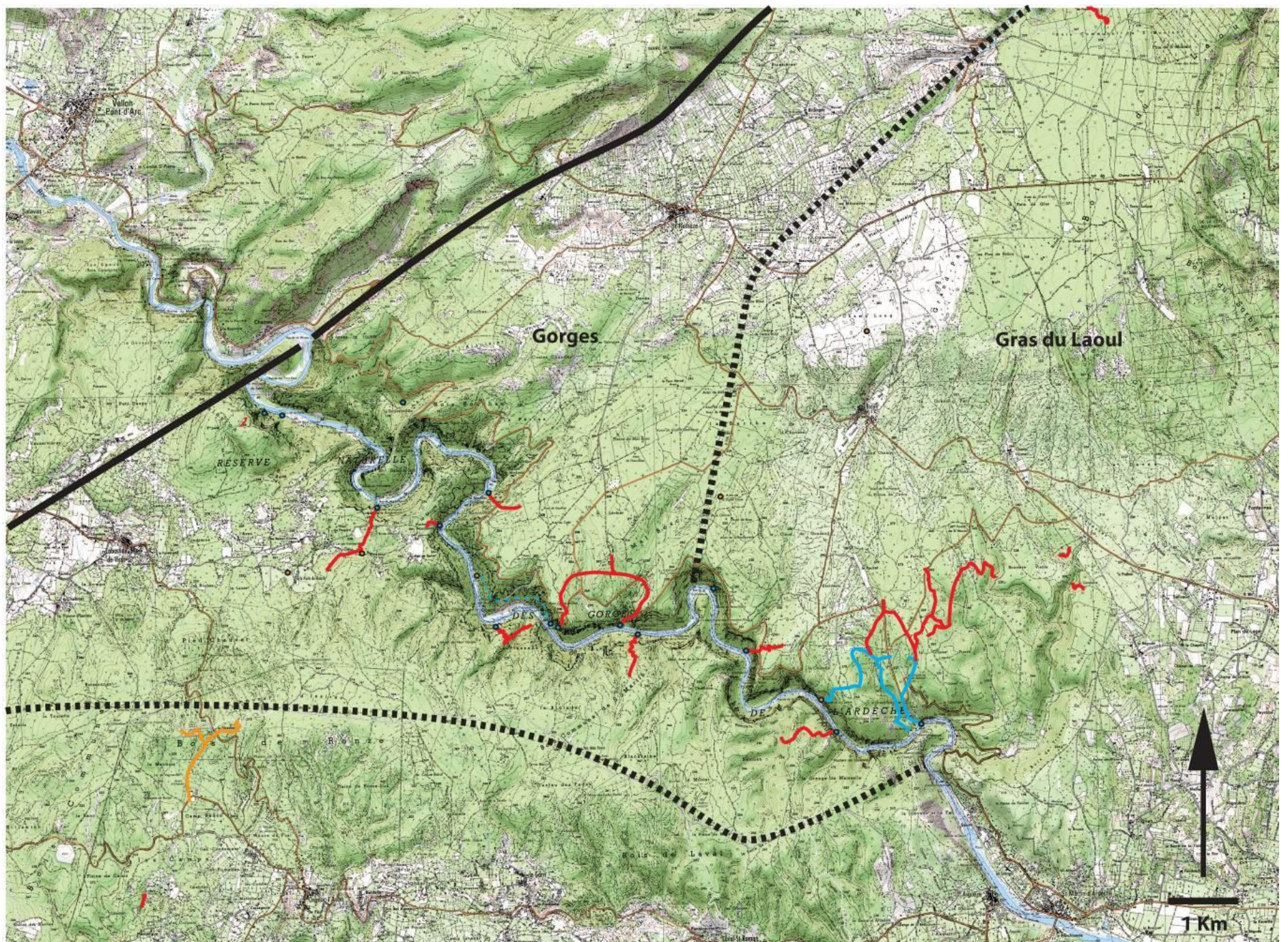


Figure 94 : report des principaux réseaux karstiques des unités Rive droite et Rive gauche de l'Ardèche sur fond IGN (CDS - 2015)

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Aiguille (grotte de l')	St Remèze		temporaire	trop plein	1145	-60
Anniversaire (aven de l')	St Remèze		temporaire		360	-120
Cadet (aven du)	St Remèze	non	temporaire	perte	200	-29
Celtes (grotte des)	St Remèze		permanent	source	190	14
Gué de Guitard (perte du)	St Remèze		permanent	perte		
Guigonne (évent de la)	St Remèze		temporaire	trop plein	3050	-43
Guigonne (résurgence dans l'Ardèche)	St Remèze		permanent	source		
Midroi (évent de)	St Remèze		temporaire	trop plein	3550	102
Platane (source du)	St Remèze		permanent	source	625	-66
Rochemale (exurgence de)	St Remèze		permanent	source		
Aiguille (source de l')	Vallon Pont d'Arc		permanent	source		
Madeleine (grotte du cirque de la)	St Remèze		temporaire	trop plein	6	
Resquilladou (émergence du)	St Remèze			source	120	-6/+10
Vigne Close (aven de la)	St Remèze		permanent	actif	570	-186

Tableau 27 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche (CDS - 2015)

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Chaire (grotte de la)	Salavas		temporaire		600	-20
Rieussec (goule du)	Salavas			perte	17	-17
Cordier (aven)	Salavas	oui				
Bœuf (source du)	Salavas			source	0	
Diaclase (résurgence de la)	Salavas		temporaire	résurgence	15	
Mère (résurgence)	Salavas				0	
Brugières (perte des)	Salavas		permanente	perte	0	
Foussoubie (source)	Salavas		permanente	source	0	
Font Garnide (source)	Salavas		permanente	source	0	
AEP Barjac (forage n°36 et 37)	Salavas			forage artificiel	0	
AEP Barjac (puits de captage R)	Salavas			forage artificiel	0	
Puits (n°46)	Salavas			forage artificiel	0	
Foussoubie (évent de)	Labastide de Virac		permanente	source	1486	-15/103
Vanmale (résurgence de)	Labastide de Virac	5	permanente	résurgence	300	-45
Vanmale (aven perte de la combe de)	Labastide de Virac		temporaire	perte	30	-22
Foussoubie (sources au fond de l'Ardèche)	Labastide de Virac			source	0	
Foussoubie (goule de)	Vagnas	oui	permanente	perte	23266	-138
Colombier (grotte n°1 du)	Vallon Pont 'Arc	oui	temporaire	trop-plein	1480	-15/+32
Fare (fontaine de la)	Vallon Pont 'Arc			exurgence	0	
Saleyron (fontaine de)	Vallon Pont 'Arc		permanente	source	0	
Colombier (tuf de la grotte du)	Vallon Pont d'Arc		temporaire	résurgence	0	
Hirondelle (source de l')	Labastide de Virac	oui	temporaire	source	70	
Dragonnière de Labastide (grotte de la)	Labastide de Virac	oui	permanente	source	2000	-87
D24 (grotte)	Labastide de Virac	non			30	2
Vieux Chêne (grotte du)	Labastide de Virac				168	-24
Esclapaire (source pérenne de l')	Labastide de Virac		permanente	source	0	
Parapluie (grand grotte du)	Labastide de Virac	oui			1000	110
Langue de bœuf (source aval de la)	Labastide de Virac		temporaire	exurgence	0	
Parapluie (source du)	Labastide de Virac		temporaire	résurgence	0	
D19 (grotte sous D15)	Labastide de Virac				0	
Dragonnière de Labastide (grotte inférieures)	Labastide de Virac				100	
Puits de Ronze (perte du)	Labastide de Virac	oui		perte	450	-150
Combe de regord (perte de la)	Labastide de Virac		temporaire	perte	10	-10
Copains d'abord (source des)	Labastide de Virac		permanente	source	0	
Langue de bœuf (écoulement de la)	Labastide de Virac		temporaire	écoulement	0	
Niche ou Hirondelle (source et tuf de la)	Labastide de Virac		permanente	source	0	
Combillon (source du)	Labastide de Virac		temporaire	source	0	
Château (écoulement face à la plage du)	Labastide de Virac		temporaire	écoulement	0	
Ragaie des barbus (émergence du)	Le Garn			trop-plein	0	
Castor (source du)	Aiguèze	oui	permanente	exurgence	800	-68
Bousace (grotte de la)	Aiguèze				1125	-40
Armas (résurgence des)	Aiguèze			résurgence	0	
Sêti (source)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Fève (fontaine de la)	Aiguèze		temporaire ?	source	0	
Madeleine (source de la)(2 fiches)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Aulagnère (source de l')	Aiguèze		temporaire	source	0	
Cayrebelou (source de)	Aiguèze		permanente	source	0	
Figuier (résurgence du)	Aiguèze			résurgence	0	
Madeleine (source de la)(2 fiches)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Crapaud (source du)	Aiguèze		permanente	source	0	
Grand Aven (le)	Aiguèze				11	-11
Gournier (évent de)	Aiguèze	4	permanente	résurgence	2200	-16/77
Ragaie des barbus (émergence du)(2 fiches)	Aiguèze		temporaire ?	émergence	80	-2/+2
Oulonier (fontaine de l')	Aiguèze		permanente ?	source	0	
Pénitent Blanc (écoulement du)	Aiguèze		temporaire	écoulement	0	
Crâne ou Ranc de la Lève (résurgence du)	Aiguèze		permanent	résurgence	0	
Chat (écoulement le)	Aiguèze		permanent	perte	0	
Fond Tailland (source de)	Aiguèze		temporaire	source	0	
Bourian (source le)	Aiguèze		permanente	source	0	
Canal (résurgence)	Aiguèze		temporaire	résurgence	0	
Ragaie des barbus (émergence du)(2 fiches)	Aiguèze			trop-plein	0	

Tableau 28 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité Rive droite de l'Ardèche (CDS - 2015)

Les exurgences pérennes identifiées d'amont en aval sur les deux rives sont détaillées ci-après.

En rive droite de l'Ardèche :

Réseau de la Chaire - Sources et captages du Bœuf :

Situées légèrement au-dessus du lit d'étiage de l'Ardèche, en rive droite, ces sources arrivent sous pression par plusieurs orifices (au moins 3 émergences). Elles correspondent à une émergence captée pour l'AEP par les deux forages qui composent le captage du Bœuf et qui appartiennent au SIE de Barjac.

Ces deux ouvrages d'une profondeur de 50 et 60 m recoupent les calcaires urgoniens très fracturés sous 1 à 4 m d'alluvions isolées, sur 12 et 17 m de profondeur par un tubage acier cimenté (Figure 95). Ils sont exploités à environ 100 m³/h pour un débit autorisé de 3800 m³/jour.

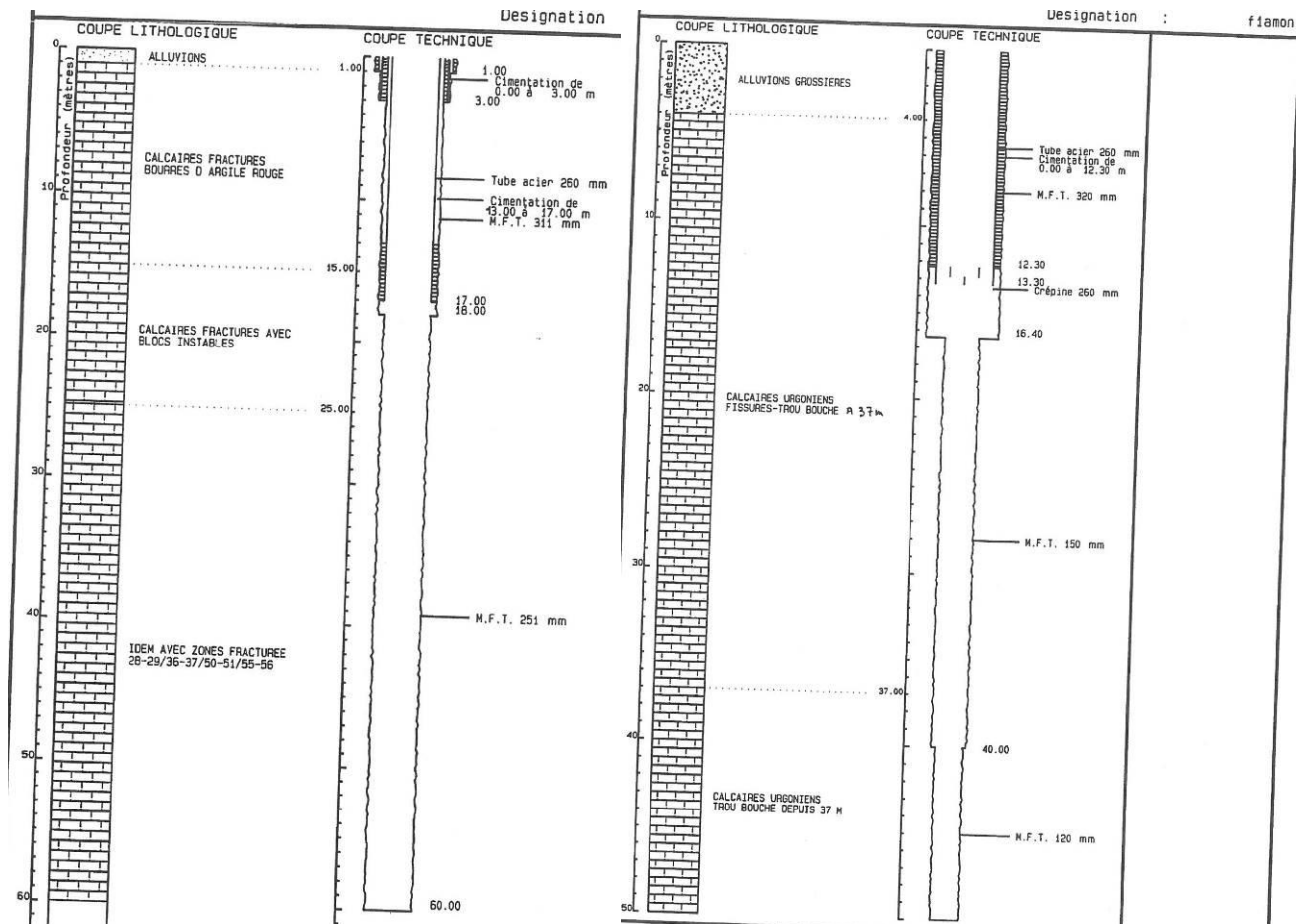


Figure 95 : coupes des forage du Bœuf (EAU ET GEOENVIRONNEMENT - 2004)

Les eaux de l'émergence et des forages présentent une très nette différence de minéralisation (environ 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C et 12,3°C le 25/01/2016) avec les eaux de l'Ardèche (190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C et 6,8°C le 25/01/2016) et marque la dépendance du karst avec la rivière sur ce secteur.

Les colorations réalisées au niveau des pertes du ruisseau de Rieussec (Figure 96) sur le plateau situé en rive droite, ont montré des circulations relativement rapides (8,8 m/min) et ont permis d'intégrer le bassin versant de ce ruisseau dans le périmètre de protection des captages.

Les captages du Bœuf pourraient être aussi en relation avec la rive gauche et la basse vallée de l'Ibie (BURGEAP 1991).

La zone de fracture semble relativement localisée et en charge puisque à l'occasion d'un essai de pompage [25, 26] le piézomètre créé à environ 60 m sur la berge n'a pratiquement pas réagit (4cm de rabattement).

Les sources du Bœuf ont un débit d'étiage de 2 l/sec et sont étroitement liées au réseau de la Chaire (développement de 600 m). La grotte de la Chaire située à proximité sert de trop plein avec des mises en charge d'environ une dizaine de mètres et présente une zone noyée explorée jusqu'à 30 m de profondeur.

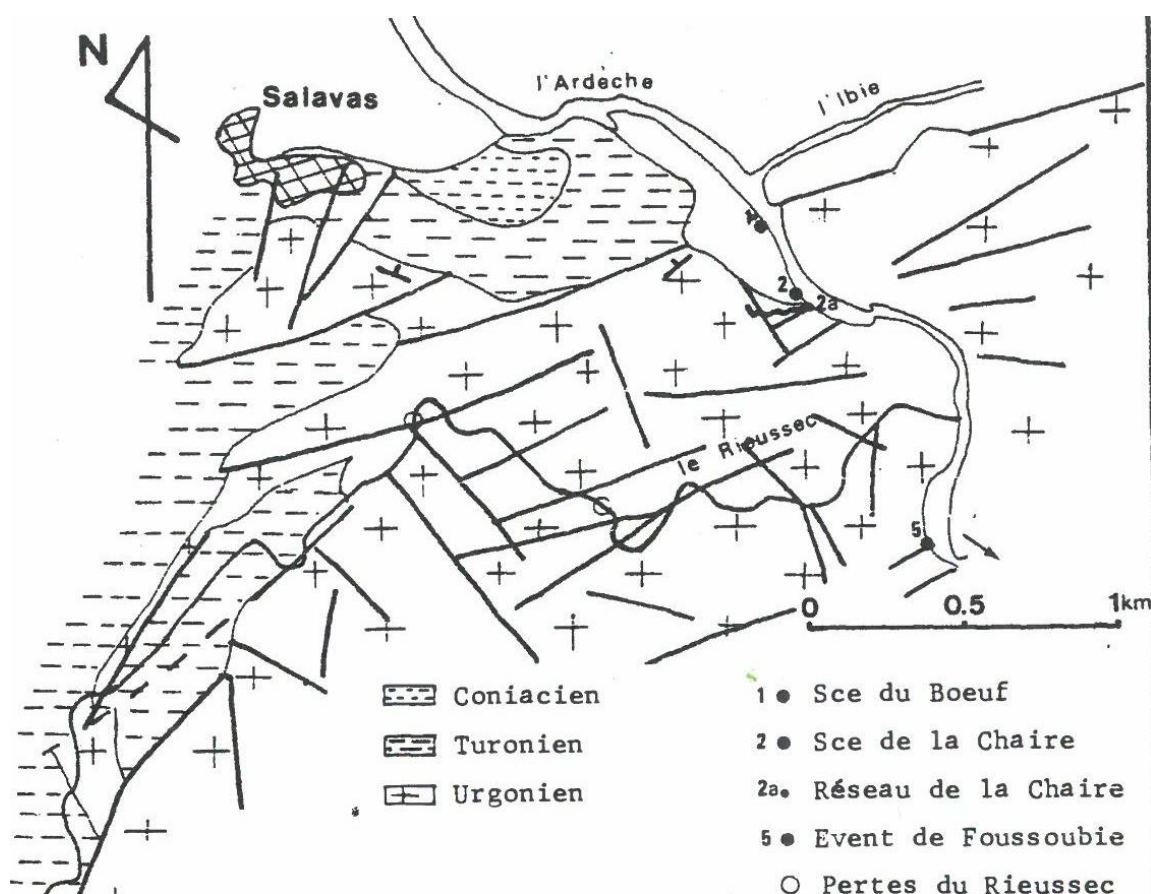


Figure 96 : contexte géologique et structural du bassin versant du Rieussec (BELLEVILLE - 1985)

Réseau de Foussoubie (Figure 98) :

Le réseau spéléologique de Foussoubie (Figure 97) comporte environ 23 km de galerie souterraine entre la Goule et l'évent. Les écoulements à l'étiage sont très faibles. On note une zone noyée uniquement à proximité de l'exutoire (-18 m), puisque les conduits exondés de la Goule de Foussoubie se rapprochent à 300 m de la résurgence. L'évent de Foussoubie a un débit de 1 à 2 l/sec à l'étiage, en crue, le débit peut atteindre plusieurs m³/sec.

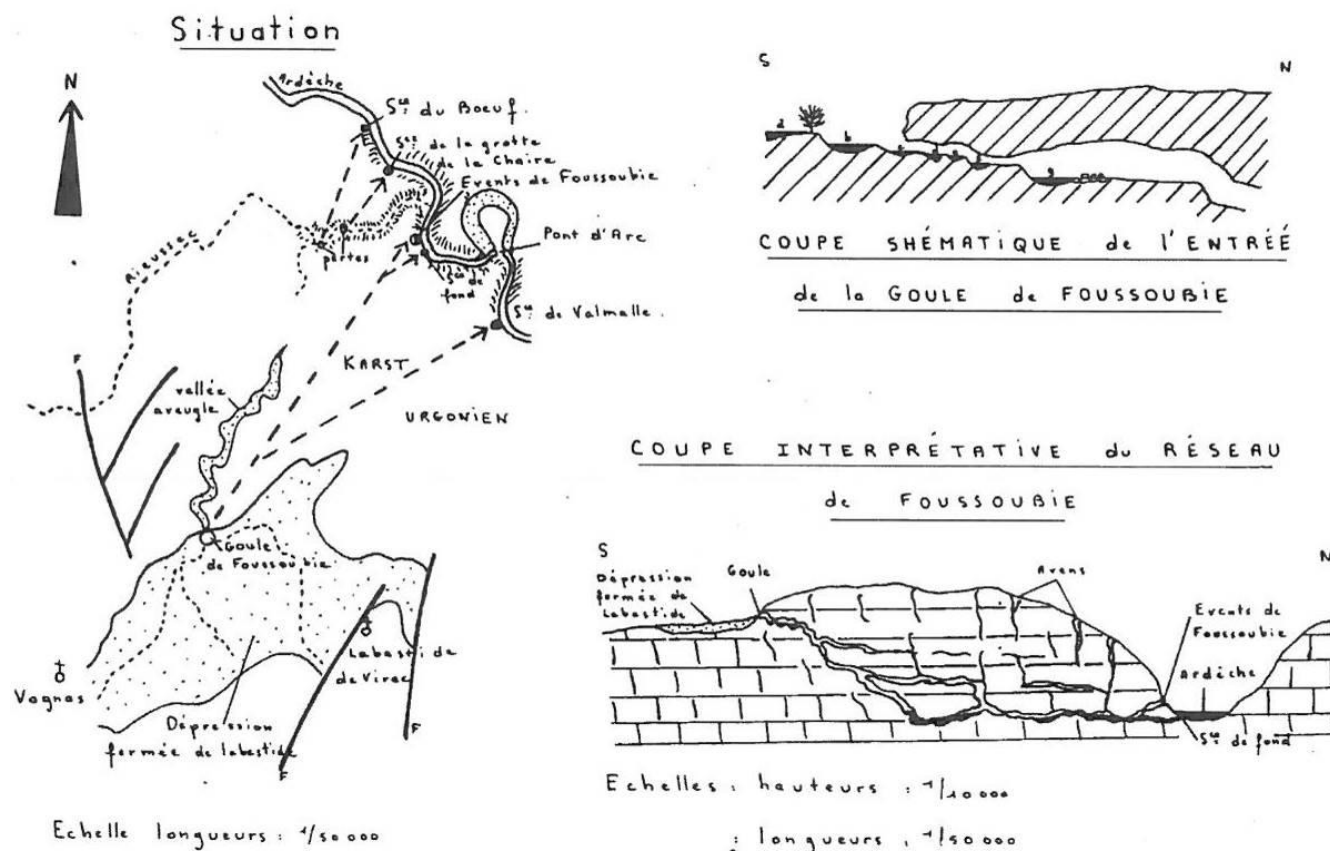


Figure 97 : situation et coupe du réseau de Foussoubie (MAZELLIER - 1971)

Belleville (1985) met en évidence une relation entre la Goule de Foussoubie et la source de Vanmalle (2l/sec à l'étiage) en régime de hautes eaux, mais aucun conduit karstique ne confirme cette relation.

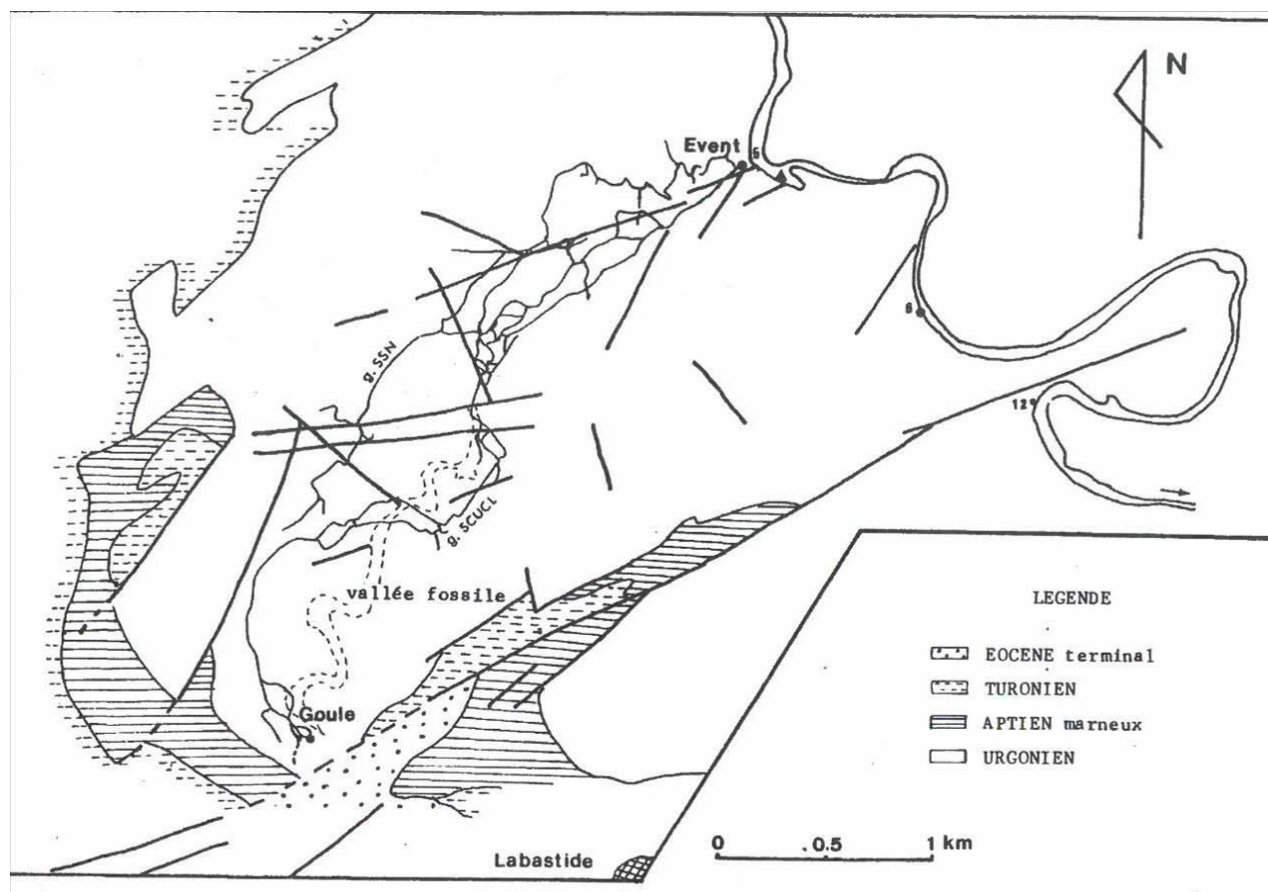


Figure 98 : environnement géologique et structural du réseau de Fousoubie (BELLEVILLE - 1985)

La source de la Fare semble correspondre à la zone du Rocher du Saleyron où un écoulement permanent souterrain est connu à la grotte du Colombier (1 l/s à l'été). Cette source pourrait aussi drainer la zone plus au sud jusqu'au hameau des Crottes. Elle présente une température élevée et une abondance de gaz carbonique dissous qui la différencie des eaux de l'Ardèche. Elle se situe dans le prolongement d'un accident Est-Ouest, à près d'un kilomètre de la grande fracture Nord 50° du Pas de mousse.

Le réseau de la Dragonnière de Labastide de Gaud, le plus important réseau noyé connu actuellement sur la rive droite, est reconnue jusqu'à la côte -22 m NGF. Elle est encadrée par deux importantes failles, et sa liaison hydrogéologique avec deux pertes (Puits de Ronze – Eboulis) a été prouvée par traçage (FFS 201). On observe un écoulement permanent (1 l/s à l'été) à la côte 104 m NGF à la perte du Puits de Ronze. Le siphon terminal plongé sur 200 m laisse entrevoir une zone noyée dépassant 50 m.

Ce réseau est situé sur le trajet d'un accident plurikilométrique Nord 50° abaissant le compartiment Sud-Est.

L'évent de Gournier comporte plusieurs siphons et l'exploration est bloquée par une trémie. Il n'y a pas d'écoulement permanent, mais une sortie dans le lit de l'Ardèche est supposée. La zone noyée, dont la cote est voisine de l'Ardèche, n'a guère pu être reconnue.

Les débits observés en hautes eaux (plusieurs m³) et le suivi pression/température sur l'année 2012-2014, indiquent la présence de drains interconnectés au-delà de la trémie terminale et laissent espérer d'importants prolongements. Une coloration en 2014 (Ecole des Mines) relie l'évent de Gournier à l'aven d'Orgnac.

La source du Castor s'ouvre au niveau de l'Ardèche et se présente sous la forme d'un unique siphon de 800 m de long pour une profondeur de 68 m (-14 m NGF). Le fonctionnement de cette source n'est pas documenté. Une coloration en 2014 (Ecole des Mines) relie la source du Castor à l'aven Flandin, unique cavité du secteur d'Orgnac ayant un écoulement permanent (0,1 l/s à l'étiage).

En rive gauche de l'Ardèche :

On trouve dans la partie amont des gorges, en rive gauche, un nombre important de sources perchées de faible débit. La grotte des Celtes est la plus perchée et la plus développée.

Nous n'évoquerons pas ici la source du Tiourre décrite dans le chapitre consacré à l'unité Lagorce-Ibie.

Au débouché de la reculée du Tiourre, la source de l'Aiguille (débit d'étiage de 1 l/sec) est située à une vingtaine de mètres au-dessus de l'Ardèche et n'est accompagnée d'aucune forme karstique remarquable. Elle se situe en revanche dans le prolongement de la fracture du Pas de mousse orientée Nord 50° et localisée en rive droite.

Il faut ensuite descendre assez loin à l'aval des gorges (aval du cirque de Gaud) pour retrouver des émergences pérennes. En effet, les fractures Nord 50° qui accompagnent le faisceau cévenol sur la retombée méridionale du plateau de Saint-Remèze n'atteignent pas les gorges de l'Ardèche et semblent donc représenter une zone de transition sur cette partie méridionale du plateau de Saint-Remèze.

Au niveau du cirque de Gaud, la source du Platane (débit d'étiage de 1 l/sec) est totalement immergée sous l'Ardèche, il est donc difficile d'en apprécier les débits. Elle se situe également au contact d'un accident plurikilométrique Nord 50° qui commande le tracé de l'Ardèche. Il s'agit là du dernier grand accident Nord 50° de la rive droite des gorges, il se poursuit en rive gauche suivant une orientation Nord 45° qui marque l'amorce d'un changement de direction des fractures en direction du Rhône (Nord 140°).

Sous le bois de Malbosc, la source de Richemale (débit supérieur à 10 l/sec à l'étiage) et l'évent de Midroï paraissent être en liaison (Figure 998). La première débouche d'une étroite fissure pénétrable sur quelques mètres et située au niveau du lit de l'Ardèche. Elle présente des débits soutenus de plusieurs dizaines de litres par seconde en période de basses eaux.

L'évent de Midroï est situé à 300 m à l'aval et ne fonctionne qu'exceptionnellement lors des grandes crues. Il donne accès à un vaste réseau de 6 km de développement (Figure 998) orienté suivant une fracture Nord 175°, dont les galeries terminales de très grandes dimensions mènent à des zones siphonnantes reconnues sur plus de 1000 m de plongée.

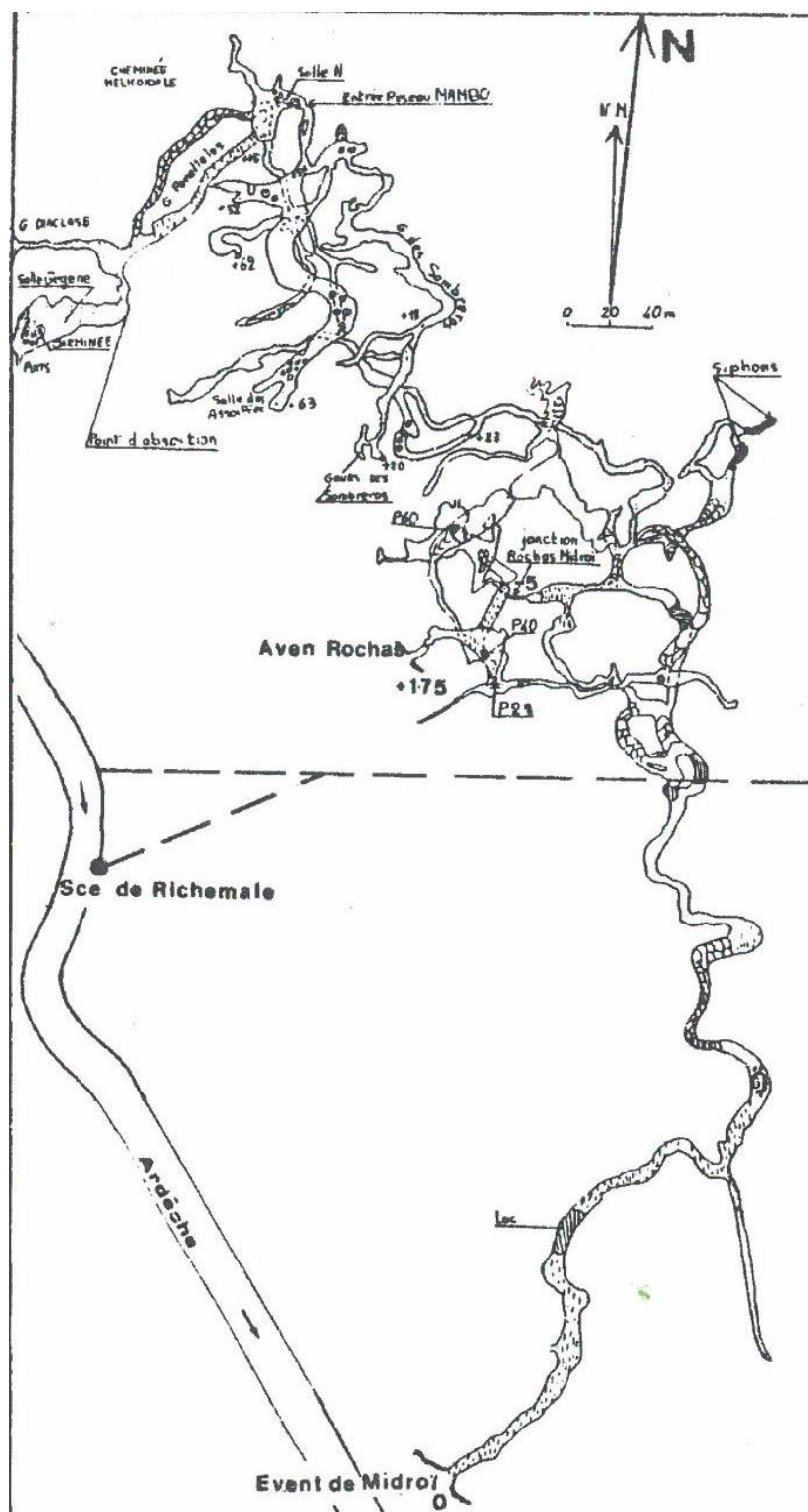


Figure 99 : conditions d'émergences du réseau Richemale - Midroï - Rochas (BELLEVILLE - 1985)

Ce réseau est relié au plateau par l'aven Rochas qui possède de nombreux puits verticaux et une galerie subhorizontale de près de 200 m de longueur vers 220 m NGF, marquant un niveau de base fossile très élevé.

Le réseau Richemale – Midroï – Rochas semble vouloir venir intercepter la cavité de l'évent de la Guigonne orientée sur une fracture Nord 40°. Cette zone noyée ne bénéficie pas d'une topographie complète. Un suivi pression/température sur l'année 2012-2014, indique la présence de drains interconnectés et laisse espérer d'importants prolongements, notamment en direction du réseau de la Guigonne.

L'évent de la Guigonne s'ouvre à 30 m de l'Ardèche et se présente sous la forme d'une galerie de grande dimension qui permet d'accéder rapidement à la zone noyée. Il se trouve en relation avec des sources pérennes situées dans le lit de la rivière. L'évent est peu actif et débite quelques m³/sec pendant seulement quelques jours par an. Le réseau comporte une galerie subhorizontale de 500 m qui s'enfonce jusqu'à -40 m où elle se subdivise en deux branches de 850 et 230 m de longueur.

La source de l'écluse (1l/sec à l'étiage) et la grotte Deloly sont situés au débouché de la combe du Pouzat. La source de l'écluse émerge dans le lit de l'Ardèche par deux galeries. La galerie amont est totalement immergée et la galerie avale est pénétrable sur 20 m par une grotte qui s'ouvre sur la rivière. Elle s'interrompt sur un siphon que 60 m de plongée sépare de la branche amont. Un puits a été reconnu au-delà de cette bifurcation jusqu'à la cote -60 m et indique que la zone noyée se développe largement sous le niveau de l'Ardèche. Cette émergence semble en liaison avec la grotte Deloly semi-active, distante de 150 m et perchée de 25 m au-dessus de l'Ardèche. Elle peut entrer en activité lors d'épisodes pluvieux. L'ensemble de ce réseau prend une direction sensiblement Est-Ouest.

En résumé, la zone amont, traversée par des accidents structuraux Nord 50°, est très karstifiée, les réseaux sont alimentés en partie par des pertes provenant de terrains non urgoniens.

La zone centrale des gorges est dominée par les fractures orientées Nord 50°. D'un point de vue hydrogéologique, cette zone comprend principalement des exurgences aériennes.

La partie avale des gorges, recoupée par les accidents Nord 140°, laisse place à des réseaux plus développés, de vastes dimensions, dont les écoulements pérennes sont immergés.

Un très grand nombre d'émergences des gorges se situent sur les grands accidents orientés Nord 50°. Ces fractures jouent souvent le rôle de barrière imperméable des écoulements issus de réseaux qui ne se développent pas sur ces accidents mais sur l'ensemble du bloc délimité par ces failles.

La rareté des données spéléologiques ne permet pas de confirmer un tel comportement des accidents Nord 140° rencontrés coté Rhône. Des émergences plus rares se positionnent sur les quelques failles de cette famille qui recoupent les gorges de l'Ardèche (Source de l'écluse, réseaux de la grotte de Saint-Marcel).

3.7.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge de l'unité karstique Rive gauche de l'Ardèche est assurée par :

- l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment la partie méridionale du plateau de Saint-Remèze.
- L'infiltration indirecte des précipitations et du ruissellement sur les formations plus marneuses localisées en amont de l'unité autour de Saint-Remèze.

L'aire d'alimentation de cette unité est délimitée à l'Est et à l'Ouest par de grands accidents structuraux qui jouent le rôle de barrière hydraulique.

La recharge de l'unité karstique Rive droite de l'Ardèche est assurée par :

- l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment le plateau d'Orgnac (Bois de Ronze, Bois de Laval).
- A l'Ouest de l'unité, l'infiltration indirecte des pertes des cours d'eau superficiels tels que le Rieussec qui prennent naissance sur les formations de recouvrement des calcaires urgoniens.
- Peut-être par le bassin hydrogéologique de la rive gauche de la Cèze[27] en hautes eaux.

L'aire d'alimentation de l'unité rive droite de l'Ardèche est délimitée par les grands accidents structuraux à l'Ouest. Au Sud, la limite est probablement variable et fonction des variations de l'interfluve Cèze-Ardèche.

Les nombreuses émergences localisées dans les gorges de l'Ardèche représentent les exutoires deux unités situées de part et d'autre de l'Ardèche.

3.7.2.2. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert

On rappellera qu'à l'issue des essais de pompage réalisés sur les captages du Bœuf, la transmissivité des calcaires fracturés est calculé à $1.10^{-1} \text{ m}^2/\text{sec}$.

Plusieurs expériences de traçages ont d'abord été mises en œuvre entre 1975 et 1976 sur les pertes du Rieussec et le réseau de Foussoubie :

- En mars 1975, 500g de fluorescéine sont injectés à la Goule de Foussoubie et ressortent à l'évent de Foussoubie avec une vitesse de 69 m/h.
- En avril 1976, 3kg de fluorescéine sont injectés à la Goule de Foussoubie et ressortent massivement pendant plusieurs jours à l'évent de Foussoubie (vitesse de 35 m/h).
- En novembre 1976, 3kg de fluorescéine sont injectés à l'amont de la Goule de Foussoubie, dans le ruisseau qui l'alimente et arrivent aux vitesses de 340 m/h à l'évent de Foussoubie et de 100 m/h à la source de Vanmalle.
- En mai 1983, 600 g de fluorescéine sont injectés en amont de la perte totale du Rieussec. Le traceur est décelé aux sources du Bœuf et à la source de la Chaire avec une vitesse supérieure à 100 m/h ; le traceur n'est pas retrouvé à l'évent de Foussoubie.

3.7.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Il est difficile aujourd'hui d'apprécier le réel potentiel quantitatif de ces deux unités. Il semblerait néanmoins qu'il existe une différence entre l'unité de rive gauche de l'Ardèche, les émergences étant nettement moins nombreuses en rive gauche.

En général, les sources des gorges de l'Ardèche émergent de petits réseaux karstiques, jeunes et mal hiérarchisés, aux faibles capacités de stockage en amont de leur exutoire. Ils ont une forte aptitude à la vidange des réserves, mais une karstification à l'aval bien ébauchée. En l'absence de pièges structuraux importants, le pouvoir régulateur de ces unités karstiques est donc faible et l'essentiel de la lame d'eau écoulée est évacuée en période de crue et décrue.

3.7.4. Echanges nappe/rivière

Dès 1971, Mazellier attribue 10% du débit d'étiage de l'Ardèche à des alimentations en provenance du karst[19].

Belleville [28] mesure en 1983 un surplus de 700+/- 140 l/sec entre l'entrée et la sortie des gorges démontrant encore là les apports du karst. Selon lui, les zones d'apport se répartissent sur l'ensemble des gorges, alors que les pertes les plus importantes correspondent à de véritables réseaux subparallèles à l'Ardèche, localisés notamment en partie aval des gorges.

Les relations entre le karst et l'Ardèche sont complexes et variables dans le temps. On note :

- Un drainage global du réservoir karstique vers l'Ardèche durant la période d'étiage de la rivière représentant environ 20% de son débit en sortie des gorges ;
- Une recharge du karst en bordure des gorges par des eaux de l'Ardèche qui pénètrent lors de fortes crues.

Ces deux processus alternent dans le temps à la faveur des épisodes de crue et de tarissement et dans l'espace en raison de l'existence de zones préférentielles de circulations d'eaux souterraines liées au passage de certains grands accidents.

Les spéléologues plongeurs mentionnent également des indices qui corroborent l'existence de relation karst-rivière et rivière vers karst :

- La source de Richemale serait en relation avec des pertes situées deux kilomètres en amont dans le cirque de Gaud ;
- Le réseau de Midroï-Rochas évacuerait le trop-plein des eaux de la source de Richemale en période de crue ; or ce réseau est à priori relié à celui de l'évent de la Guigonne en liaison directe avec l'Ardèche ;
- L'un des siphons du réseau Solvay (puis s'ouvrant à partir des galeries supérieures de la grotte de Saint-Marcel et profond de 90 m) communiquerait directement avec l'Ardèche du fait de la présence de poissons lors d'une plongée.

Dans le cadre du plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale des Gorges de l'Ardèche, le CDS07 a effectué un suivi (pression/température) d'un grand nombre de sites entre 2012-2013. Un inventaire des sources (encore incomplet) a aussi été réalisé avec des mesures de conductivité et de température de l'ensemble des sources.

Cette étude a permis de proposer des typologies de fonctionnement des différents réseaux étudiés. Trois ensembles sont distingués (Figure 100) :

- Des réseaux à drains dominants installés dans la partie amont de la rive droite des gorges de l'Ardèche ;
- Des réseaux à drains interconnectés avec des systèmes annexes aux drainages, dans lesquels on retrouve des morphologies de puits-cheminée. On retrouve ce type de réseau aussi bien en rive droite qu'en rive gauche et cette organisation est clairement affirmée à partir du milieu des gorges.
- Des réseaux en relation avec l'Ardèche, qu'ils soient en connexion forte comme la grotte de l'Aiguille ou en relation commandée par la rivière avec le lac de la grotte du cirque de la Madeleine.

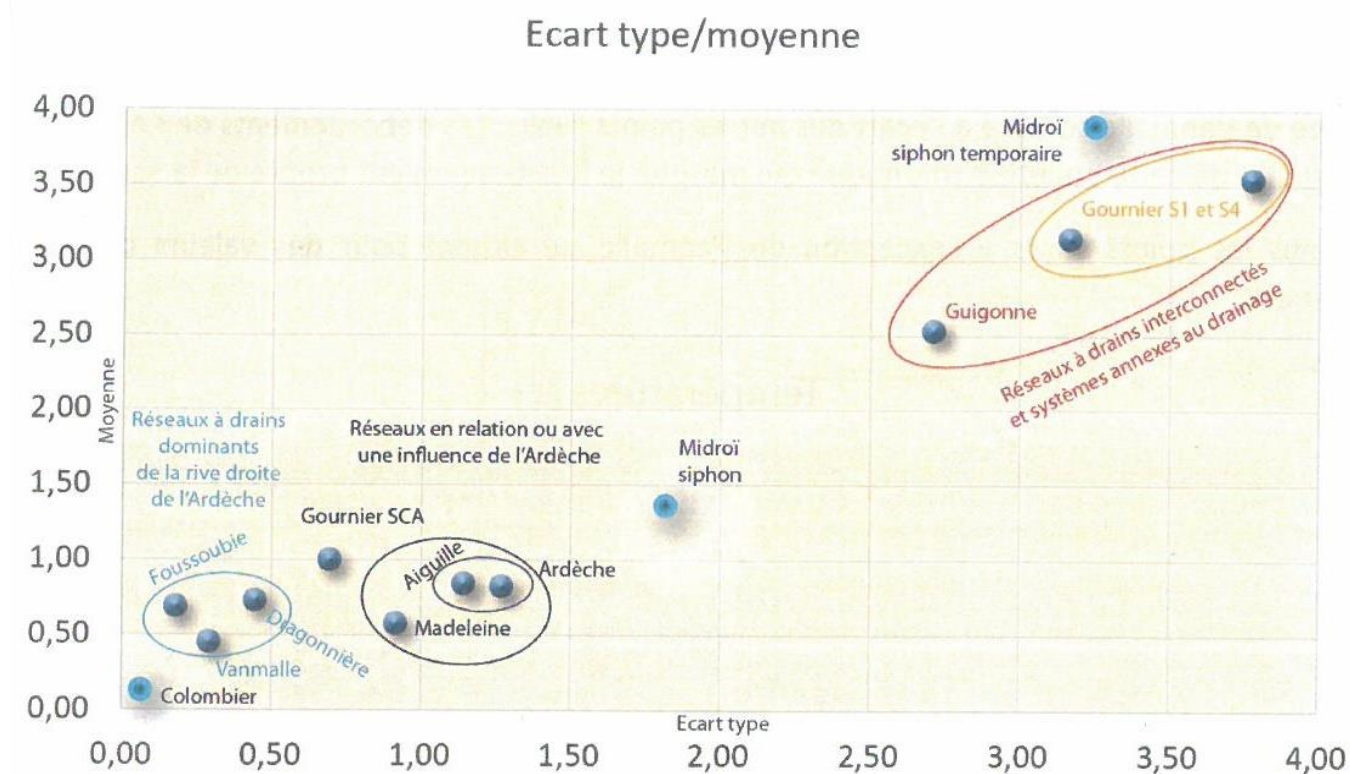


Figure 100 : typologie des réseaux karstiques à partir du croisement entre les moyennes et l'écart-type des hauteurs d'eau (CDS - 2014)

3.7.5. Qualité des eaux

A partir d'une étude sur les températures, Belleville classent les sources en trois catégories :

- Celles dont les eaux sont plus chaudes que la température atmosphérique moyenne (12,4 à 13,5°C) (sources de la Fare, de Vanmalle, de la Dragonnière et de l'Aiguille) du fait qu'elles émergent après un parcours profond sous la surface du plateau et qu'elles profitent du réchauffement lié au gradient géothermique ;
- Celles dont les eaux sont comprises entre 13 et 14°C qui correspondent à des écoulements moins profonds ;
- Celles dont les eaux sont plus froides ou à forte variabilité annuelle, liées à des alimentations rapides par des pertes (sources du Bœuf, de la Chaire, de Foussoubie).

A partir de l'étude du rapport $\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ Belleville différencie également trois familles de sources :

- Les sources dont une part significative du bassin versant possède une composante marneuse (Chaire, Foussoubie, Passeron, Bœuf) ;
- Les sources dont une part du bassin est de nature marneuse (Aiguille, Tiourre, Bas-Moulin) ;
- Les sources au faciès majoritairement bicarbonaté (Vanmalle, Dragonnière et Fare).

Belleville classe également les sources grâce au rapport conductivité-bicarbonates pour évaluer les interactions entre les eaux du karst et les eaux de l'Ardèche (Figure 101).

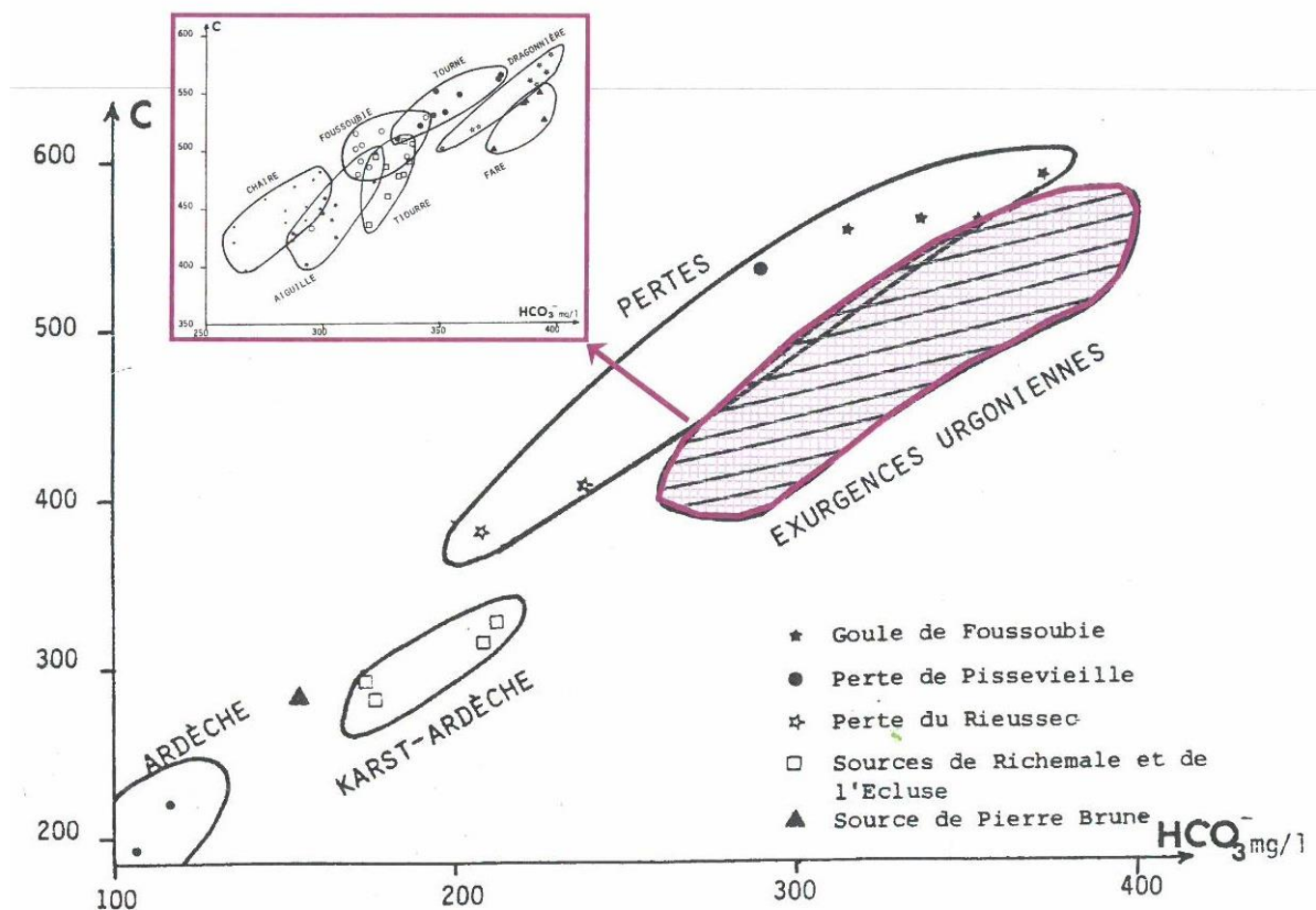


Figure 101 : diagramme conductivité-bicarbonates des émergences du massif des Gras (BELLEVILLE - 1985)

3.7.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque est élevée sur l'ensemble des affleurements calcaires.

Concernant l'occupation des sols, les plateaux d'Orgnac et de Saint Remèze sont essentiellement recouverts par des forêts de feuillus. Ces plateaux accueillent également des vignobles (Figure 102, Figure 103, Tableau 29 et Tableau 30). Les quelques prélèvements sont localisés dans les gorges de l'Ardèche.

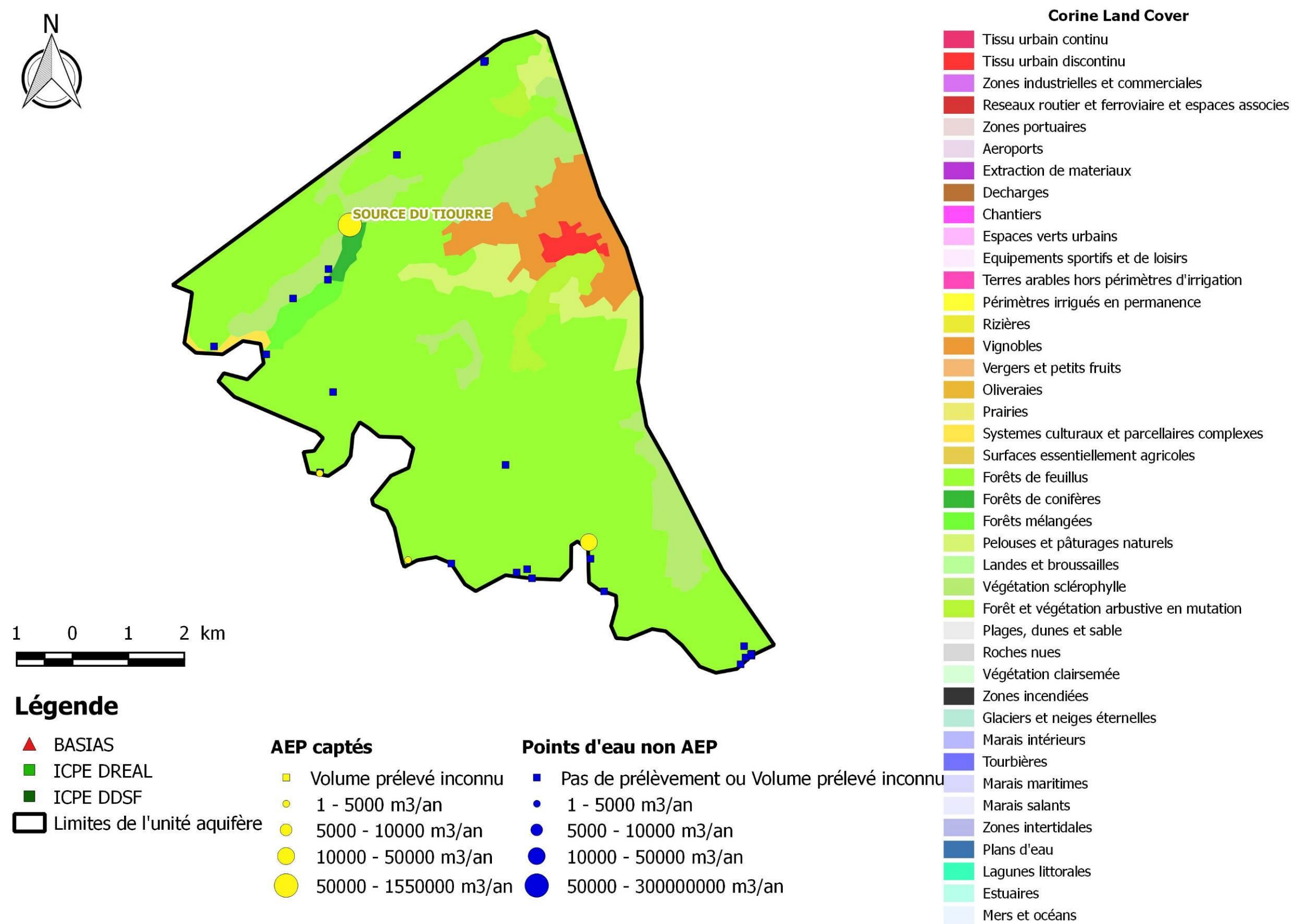
D'un point de vue pression industrielle, il est recensé, un ancien garage automobile (activité terminée) sur la commune de Vagnas et une installation classée soumise à autorisation : la coopérative agricole de vinification de l'aven d'Orgnac.

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	1,62	1,70%
221 : Vignobles	6,56	6,87%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	5,41	5,67%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	2,81	2,95%
311 : Forêts de feuillus	65,48	68,59%
312 : Forêts de conifères	5,01	5,25%
313 : Forêts mélangées	2,59	2,72%
321 : Pelouses et pâturages naturels	0,78	0,82%
323 : Végétation sclérophylle	2,12	2,22%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	3,08	3,22%
511 : Cours et voies d'eau	0,29	0,31%
	95,48	100,00%

Tableau 29 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive droite de l'Ardèche

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,50	0,88%
221 : Vignobles	3,45	6,11%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	0,25	0,45%
311 : Forêts de feuillus	40,63	71,83%
312 : Forêts de conifères	0,32	0,57%
313 : Forêts mélangées	0,68	1,20%
321 : Pelouses et pâturages naturels	2,46	4,35%
323 : Végétation sclérophylle	6,82	12,05%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,45	2,56%
	56,56	100,00%

Tableau 30 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive gauche de l'Ardèche



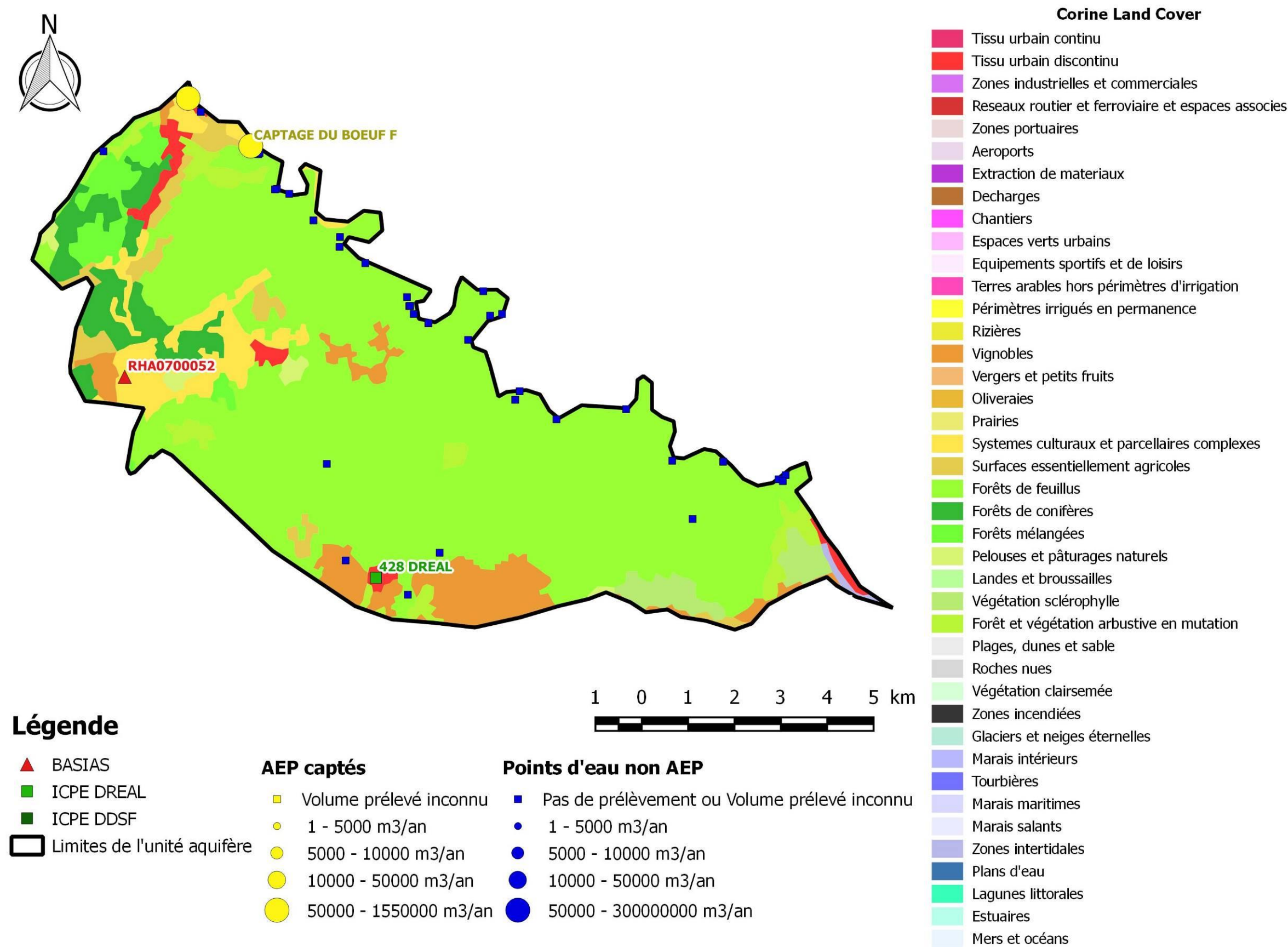


Figure 103 : occupation des sols sur l'unité Rive droite de l'Ardèche (Corine Land Cover)

3.8. L'unité Rive Gauche de la Cèze

3.8.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité karstique Rive gauche de la Cèze est composée des calcaires barrémo-bédouliens à faciès Urgonien correspondant à la retombée méridionale du plateau d'Orgnac en direction du canyon de la Cèze (profondeur supérieure à 200 m[27]). Cette unité karstique est située majoritairement sous couverture, d'abord au centre, au niveau du synclinal d'Issirac à cœur Stampien, puis vers la vallée du Rhône, sous les sables bigarrés de l'Eocène inférieur, et enfin au Sud-Est, vers la vallée de la Cèze, sous les marnes bartoniennes et aptiennes.

Cette unité karstique est donc finalement délimitée en grand (Figure 104) :

- Au Nord-Ouest et à l'Ouest par la faille de Barjac, prolongement septentrional de la faille bordant le fossé d'Alès ;
- Au Nord, la limite de l'unité est plus délicate à établir devant les possibilités de karstification des calcaires urgoniens. Elle est certainement variable d'une condition hydrologique à l'autre. Ainsi, Belleville établit une limite minorée qui passe par l'anticlinal du Bois de Ronze et une limite majorée qui recouperait la formation ludienne à l'aplomb de la limite nord des affleurements marneux éocènes. Les derniers traçages réalisés 2014 la repousse au minimum à l'Aven d'Orgnac, ce qui correspond au maximum géologique indiqué par Belleville.
- Au Nord-Est par une limite imposée : la partie aval et terminale de l'Ardèche ;
- Au Sud, par une seconde limite imposée : la Cèze ;
- A l'Est, par une troisième limite imposée : le Rhône.

Du fait, d'une part, de la présence d'un recouvrement important de l'unité par des formations postérieures aux calcaires urgoniens, telles que les formations tertiaires du synclinal d'Issirac dont l'épaisseur n'est pas connue, et d'autre part, d'une méconnaissance des variations d'épaisseur et de la structure des calcaires urgoniens sous couverture, les limites Nord, Ouest et Est sont incertaines.

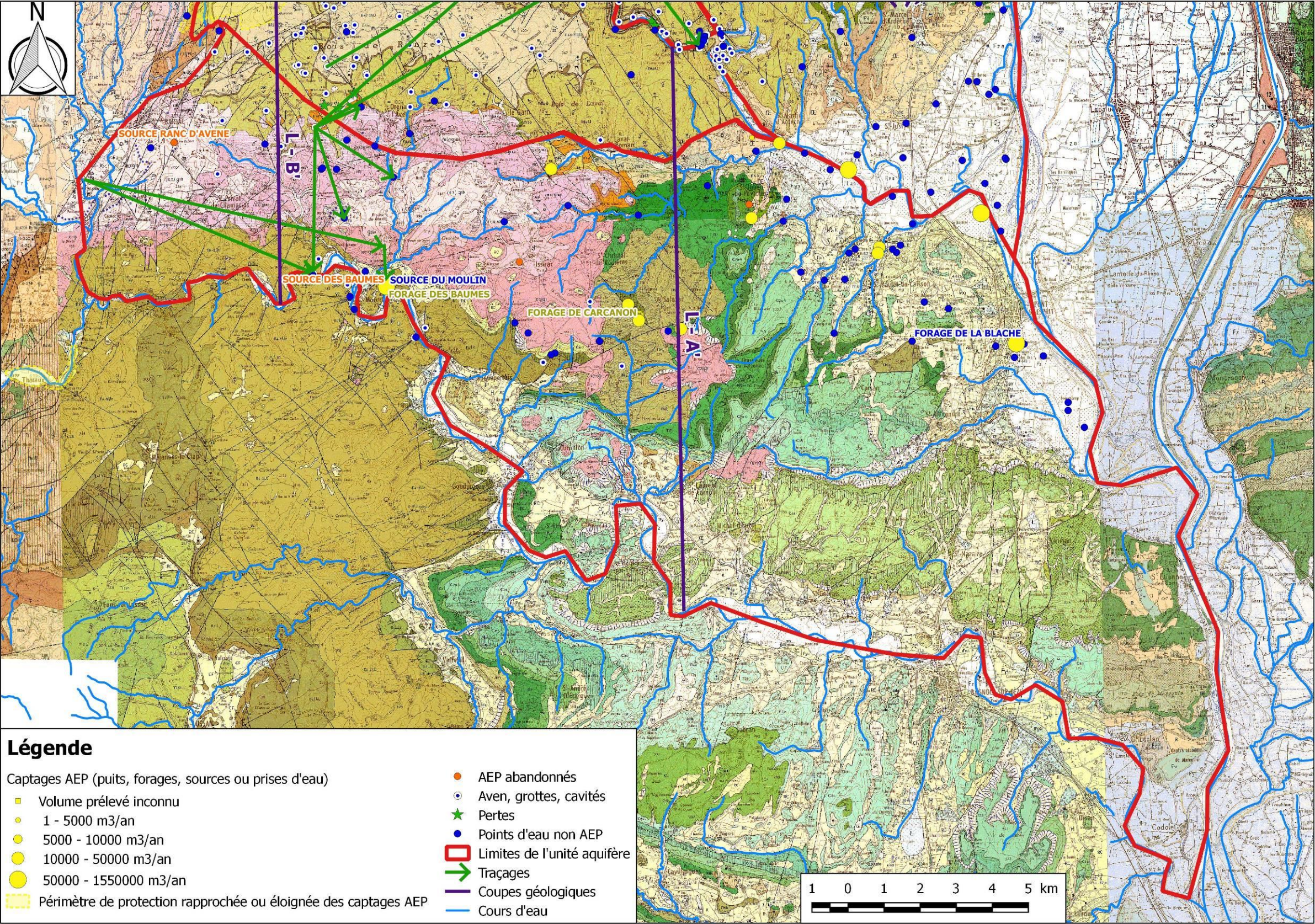


Figure 104 : limites de l'unité karstique Rive gauche de la Cèze sur fond géologique

La coupe géologique Ouest (Figure 105) à travers le plateau d'Orgnac montre la même structure anticlinale que sur le plateau de Saint-Remèze qui en est le prolongement septentrional. Cette structure est profondément faillée par des accidents subverticaux correspondant au faisceau cévenol. A l'Est apparaissent les premiers terrains du synclinal d'Issirac.

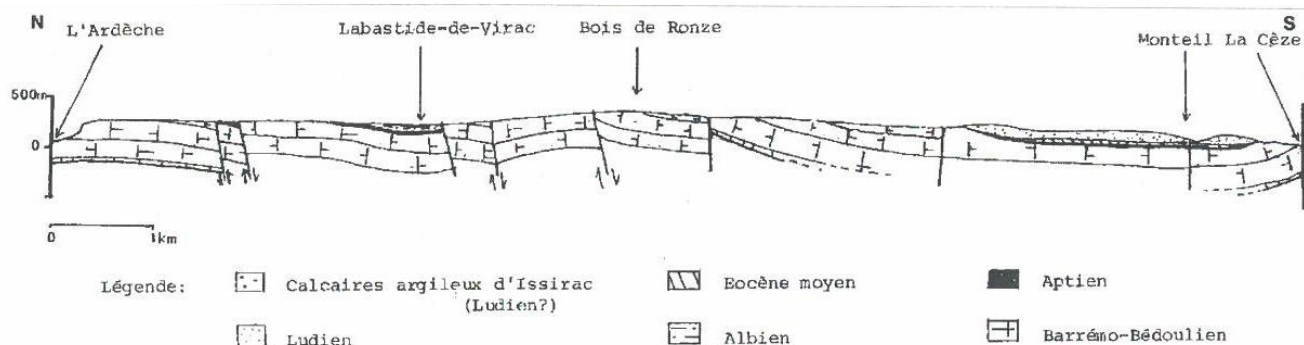


Figure 105 : coupe géologique Ouest (LB') à travers le plateau d'Orgnac (BELLEVILLE - 1985)

La coupe géologique Est (Figure 106) montre que les calcaires du Ludien occupent la plus grande part du synclinal d'Issirac dont le cœur est formé par les calcaires argileux d'Issirac datés du Stampien inférieur avec des placages de marnes rouges d'Issirac du Stampien supérieur.

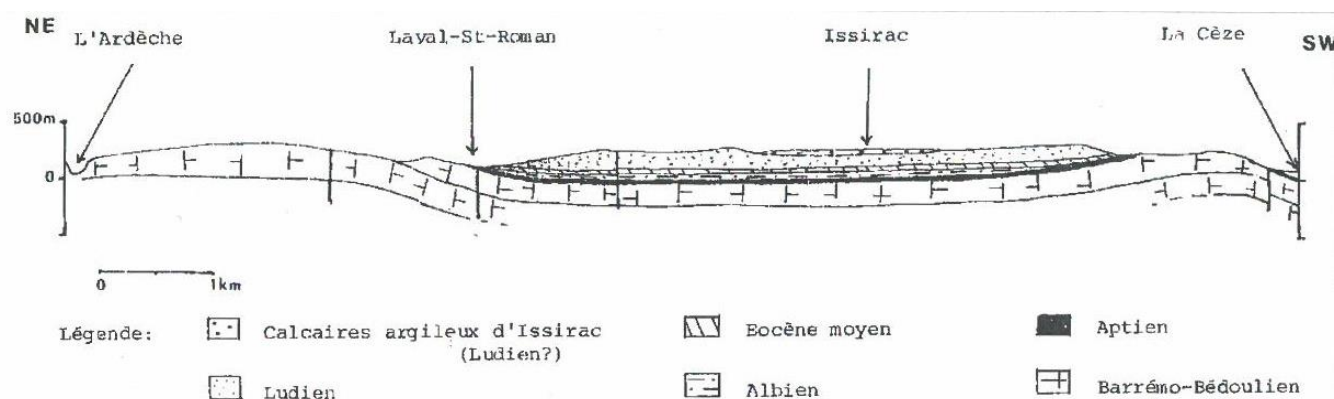


Figure 106 : coupe géologique NE-SW (LA') à travers le plateau d'Orgnac (BELLEVILLE - 1985)

3.8.2. Hydrogéologie

Aucune émergence karstique n'est présente sur le plateau urgonien du plateau d'Orgnac, il faut se rapprocher du cours d'eau de la Cèze (niveau de base) pour rencontrer des sources au débit significatif.

Cette unité karstique est caractérisée par des limites hydrogéologiques qui ne sont pas précisément connues et par une grande diversité traduite au niveau des sens d'écoulements (karst vers rivière Cèze

et rivière vers karst), par la nature des échanges (ponctuels ou diffus) et par la variété chimique, thermique et hydrodynamique des émergences karstiques.

Les deux exutoires principaux connus correspondent, d'une part, au réseau des Baumes avec comme exutoire les sources des Baumes dont le débit à l'étiage peut dépasser 100 m³/h, et d'autre part, à la source Monteil, un peu plus en amont. Ces sources ont une alimentation mixte rivière/karst dont il est impossible aujourd'hui d'en connaître la répartition.

A l'Ouest, en bordure de la terminaison septentrionale du fossé d'Alès, peu d'émergences ont été recensées mis à part au Sud de Vagnas où plusieurs exurgences issues des calcaires urgoniens émergent au niveau des calcaires paléogènes.

Dans les calcaires du Ludien il existe de rares sources temporaires localisées au fond des combes qui, au Sud d'Ornac, découpent le plateau et assurent le drainage méridional de surface.

Au contact des formations marneuses de la vallée du Rhône, apparaissent de nombreuses sources pérennes dont la source de Pierre Brune et celle du Valat d'Avencas.

L'unité karstique est également exploitée par quelques forages AEP :

Le forage des Baumes (50 m de profondeur – débit d'exploitation de 60 m³/h) a été créé à proximité des sources des Baumes pour l'alimentation en eau potable. Le réseau karstique associé concernent la partie aval du méandre que forme la Cèze à Montclus. Ce méandre est formé dans les calcaires à faciès Urgonien à la faveur de fractures orientées NE-SW. Le réseau intègre également l'aven des Baumes constitué par un puits de 29 m de profondeur qui débouche dans une galerie orientée NW-SE qui mène à un puits noyé sondé à 25 m de profondeur.

Les traçages réalisés en rive droite de la Cèze ne montrent aucune relation avec la rive gauche de la rivière. En revanche, la perte de Rochegude, située à l'Ouest a été identifiée comme étant en relation avec le captage des Baumes. Le temps de transfert est de 33 jours pour une distance de près de 10 km, soit une vitesse moyenne de 12,4 m/h. Les apports d'eaux superficielles sont à l'origine de non-conformité bactériologique et d'un dépassement récurrent du paramètre turbidité à l'occasion des crues de la Cèze.

Le forage de Carcanon a une profondeur de 181 m, il capte les calcaires urgoniens sous 10 m de recouvrement quaternaire et aptien, il est exploité au débit de 20 m³/h par la commune de Saint-Christol-de-Rodières. Le niveau statique est situé vers 125 m (77 m NGF). Le forage de Toulair présente des caractéristiques assez similaires (200m de profondeur – niveau d'eau à 120 m), il est également exploité pour l'AEP.

Enfin, le forage de la Blache (Figure 107) a été réalisé en 2009 dans le cadre d'une recherche en eau pour la ville de Pont-Saint-Esprit au quartier la Blache située à l'Ouest de la zone urbaine. Ce forage de 277 m de profondeur a rencontré le toit des calcaires urgoniens sous 150 m de marno-calcaires et

marnes gris-bleu de l'Aptien puis 15 m de calcaires gréseux gris du Bédoulien. Les venues d'eau ont été localisées à 194 puis de 270 à 277 m de profondeur délivrant au soufflage 80 m³/h.

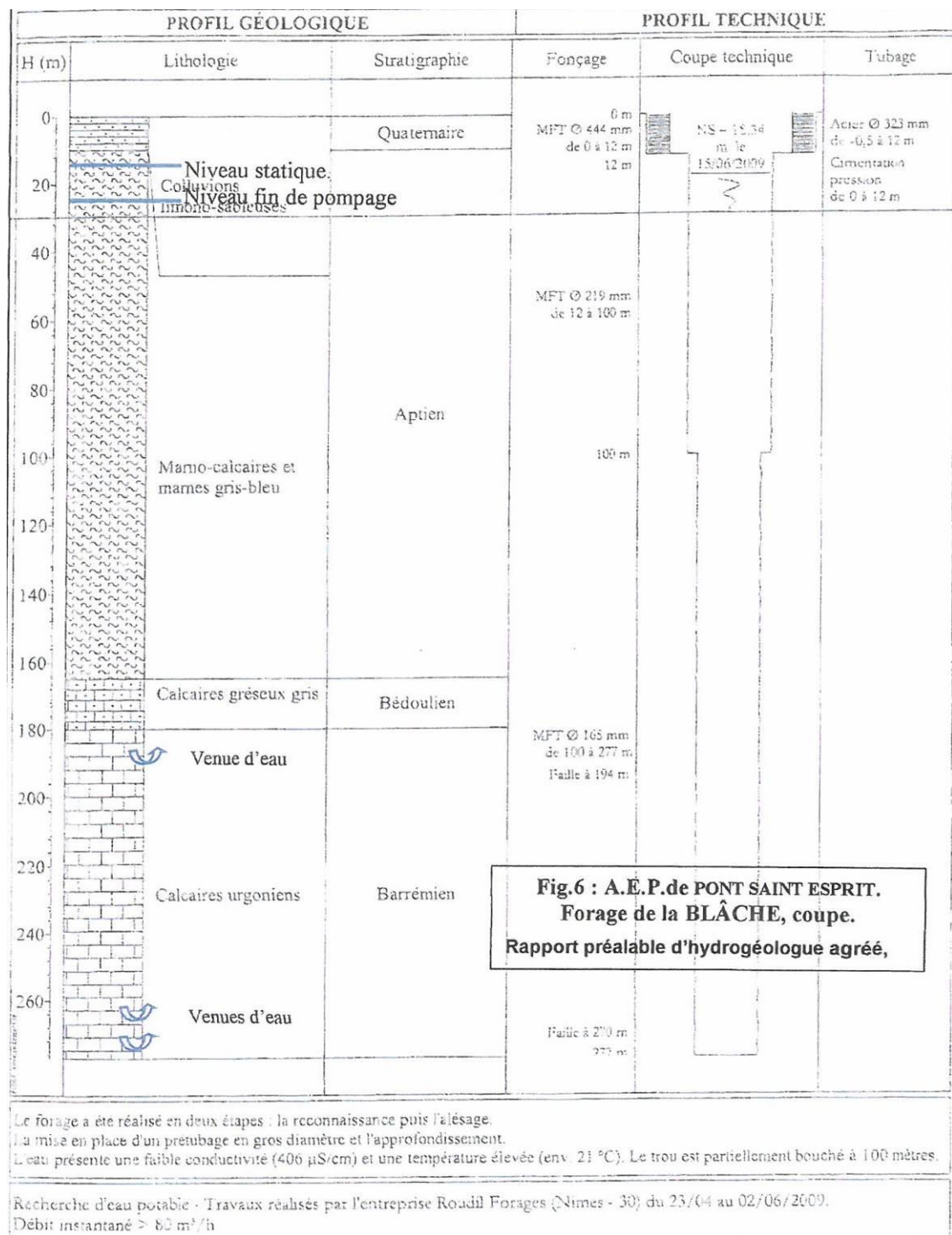


Figure 107 : coupe du forage de la Blache (BERGA SUD - 2009)

Un pompage d'essai de longue durée de 2 jours, au débit fixe et limité à 43,5 m³/h à cause du diamètre du forage, a été mis en œuvre et a abouti à la stabilisation du niveau d'eau avec un rabattement de 7 m (niveau statique en charge mesuré vers 18 m de profondeur). Ces essais ont montré le fort potentiel de cet ouvrage estimé entre 150 et 200 m³/h pour un rabattement de 30 à 40 mètres.

Le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche a recensé quelques phénomènes karstiques sur le plateau d'Orgnac (Tableau 31).

PHENOMENES KARSTIQUES		DONNEES HYDROLOGIQUES			DONNEES TOPOGRAPHIQUES	
Nom	Commune	Siphon	Ecoulement	Fonctionnement	developpement (m)	dénivelé (m)
Sans nom (grotte n°07)	Orgnac l'Aven				0	
Condamines (perte des)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	14	-14
Latafrège (perte)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	0	
Egressieres (pertes des)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	0	
Flandin (grotte-aven)	Orgnac l'Aven		permanent	perte	1200	-113
Orgnac (l'aven d')	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	5000	-187
Jolivol (aven)	Orgnac l'Aven		temporaire	perte	1000	-200

Tableau 31 : phénomènes karstiques recensés sur l'unité karstique Rive gauche de la Cèze (CDS - 2015)

3.8.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

La recharge de l'unité karstique Rive gauche de la Cèze est assurée par :

- l'infiltration directe des précipitations et du ruissellement sur les lapiazs, dans les pertes et certains avens qui parsèment le plateau d'Orgnac (Bois de Ronze, Bois de Laval).
- l'infiltration indirecte des pertes des cours d'eau circulant sur les formations tertiaires.

Les émergences localisées dans les gorges de la Cèze représentent une partie des exutoires de l'unité.

3.8.2.2. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert

En 2014, trois expériences de traçage ont été réalisées par l'équipe de Chapuis en rive gauche de la Cèze (Figure 109).

- En mars 2014, 15 kgs de fluorescéine sont injectés à la grotte Flandin (-120 m de profondeur) pour tenter de caractériser la répartition des eaux entre le bassin versant de la Cèze et celui de l'Ardèche. Le traceur a été retrouvé à la source de Monteil, côté Cèze, 8 mois après l'injection et à la faveur d'une remobilisation par une mise en charge et à la source de Gournier, coté Ardèche (). Un doute subsiste sur les restitutions coté Ardèche, aux sources de la Dragonnière et des Castors.

Ce traçage réalisé à l'interfluve Cèze-Ardèche amène deux hypothèses (Figure 108) :

- Soit il est considéré que la fluorescéine n'a pas affecté le versant ardéchois et le traceur n'a finalement affecté que le côté Cèze, 8 mois plus tard, à l'occasion d'une mise en charge importante du karst suite à de fortes précipitations ;
- Soit, il est considéré que la fluorescéine a affecté à la fois le versant ardéchois en situation de moyennes et basses eaux et le versant gardois en situation de crue, ceci suggère alors un fonctionnement particulier et une extension du bassin versant hydrogéologique de l'Ardèche vers celui de la Cèze.

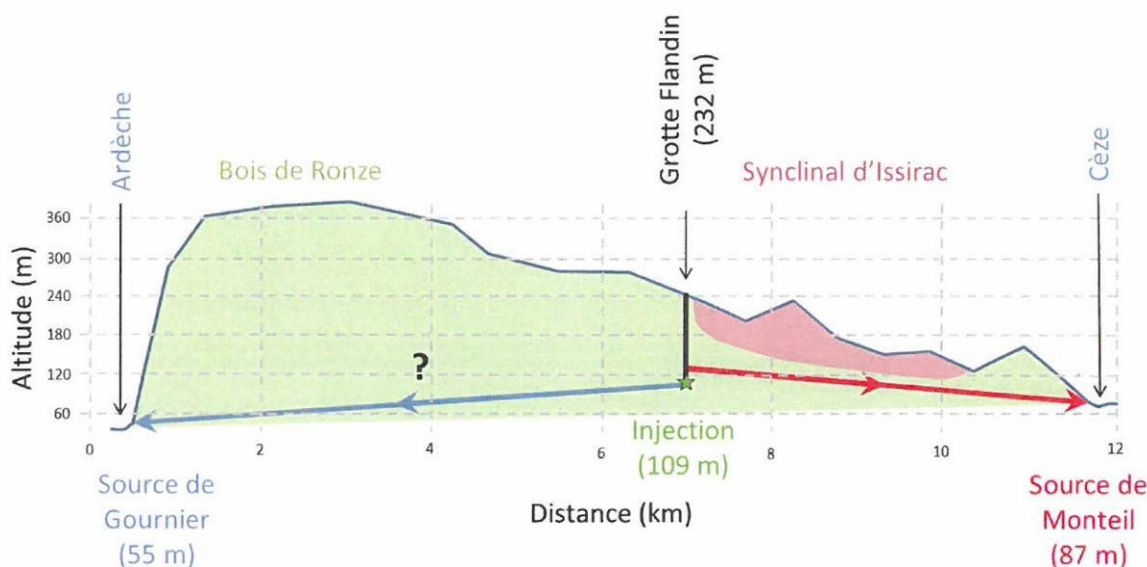


Figure 108 : coupe schématique de l'interfluve Cèze/Ardèche - essais d'interprétation des écoulements souterrains (CHAPUIS - 2014)

- En mai 2014, 3 kgs d'éosine sont injectés aux pertes de Roméjac,. Le traceur a été retrouvé aux sources de Monteil et des Baumes plus de 3 semaines après l'injection. Ce résultat indique que ces sources ne sont pas seulement alimentées par les eaux de pertes de la Cèze et par des aires d'alimentation de faibles extensions en rive gauche de la Cèze, mais qu'elles sont aussi alimentées par les pertes des cours d'eau au Nord du fossé d'Alès.
- En novembre 2014, 10 kgs de rhodamine B sont injectés dans la salle rouge (- 150 m de profondeur) de l'aven d'Ornac pour également tenter de caractériser la répartition des eaux entre le bassin versant de la Cèze et celui de l'Ardèche. Le traceur a été analysé moins d'une semaine après l'injection côté ardéchois, à la source de Gournier. En revanche, le traceur n'a pas impacté d'autres sources côté ardéchois (Castors et Dragonnière) et côté Cèze (Baumes et Monteil).

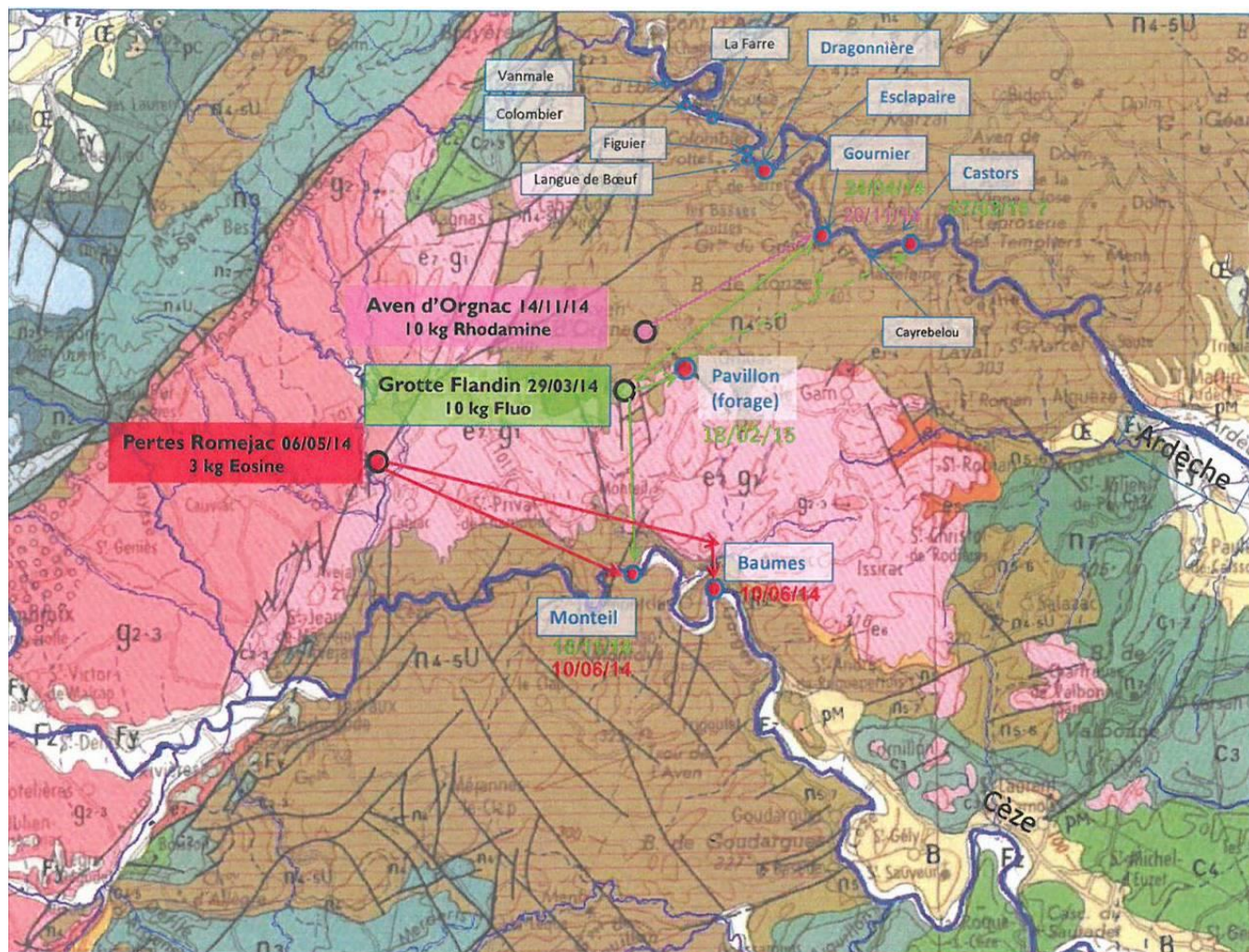


Figure 109 : synthèse des résultats des traçages réalisés en 2014 (CHAPUIS - 2014)

3.8.3. Appréciation du potentiel quantitatif

A ce jour, le potentiel de l'unité karstique rive gauche de la Cèze n'est pas connu car l'état des connaissances est très faible. Se pose d'abord la question de l'extension des bassins d'alimentation des sources de rive gauche de la Cèze telles que les sources de Monteil et des Baumes. En effet, ces sources ont une part d'alimentation qui ne provient pas de la rivière Cèze. Quelle est alors la contribution réelle du karst ?

Ensuite se pose la question des relations entre Cèze et Ardèche pour laquelle plusieurs hypothèses sont possibles :

- Dans l'hypothèse 1, on suppose une ligne de partage des eaux entre le bassin versant de la Cèze avec ses sources en rive gauche et le bassin versant de l'Ardèche avec ses sources en rive droite. Dans ce cas de figure, le synclinal d'Issirac doit jouer un rôle hydraulique encore inconnu.

- Dans l'hypothèse 2, il est supposé qu'une partie des débits de perte de la rivière Cèze alimente les sources de l'Ardèche. Le suivi simultané des débits des sources en rive gauche de la Cèze en amont et en aval des pertes permettra probablement de lever cette incertitude.
- Dans l'hypothèse 3, il est supposé un fonctionnement mixte qui dépend de l'état de saturation du karst, avec en hautes eaux, la vérification de l'hypothèse 1 et en situation de basses eaux celle de l'hypothèse 2.

3.8.4. Echanges nappe/rivière

Les échanges nappe-rivière sont manifestes dans les gorges de la Cèze et notamment au droit du captage des Baumes.

A partir de la chimie des eaux et de l'étude de la faune interstitielle, Chapuis a précisé ces échanges rivière-nappe dans les gorges de la Cèze, dans sa partie amont (Figure 110).

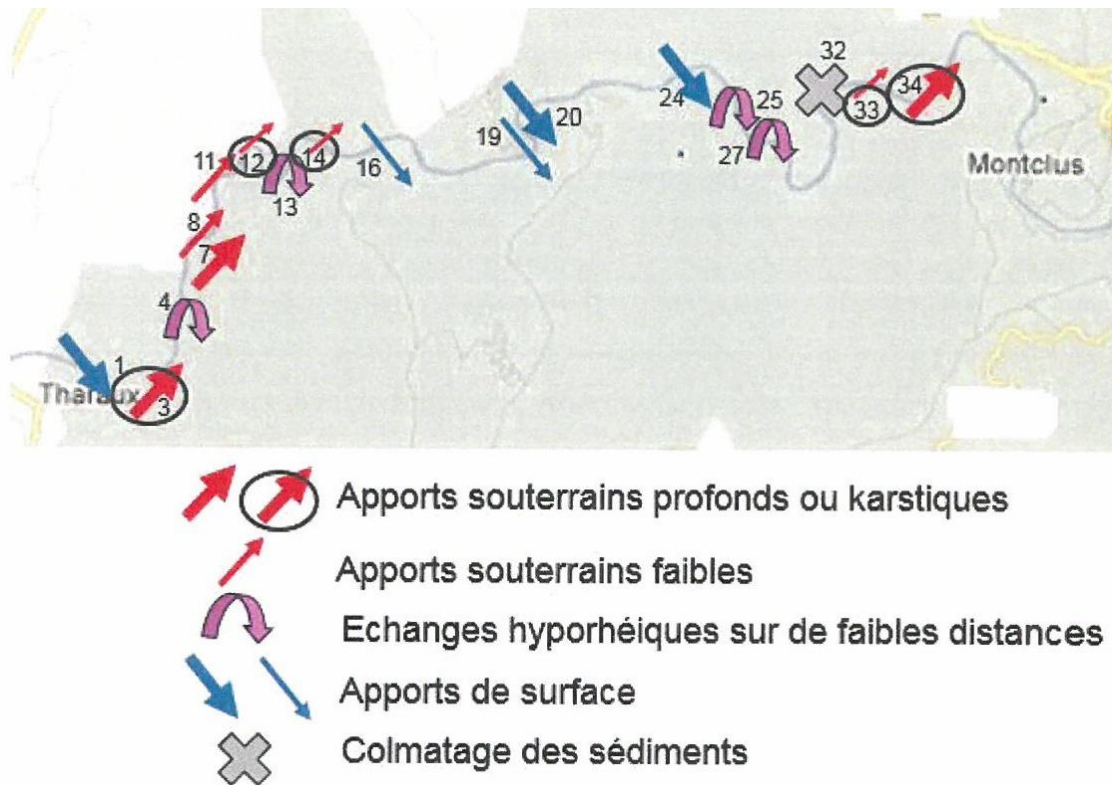


Figure 110 : cartographie des zones d'échange rivière - nappe dans les gorges de la Cèze (CHAPUIS - 2014)

3.8.5. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque est élevée sur les zones d'affleurement des calcaires qui semblent également correspondre aux zones de recharges.

Concernant l'occupation des sols, l'unité Rive gauche de la Cèze est majoritairement couverte par des vignobles et des forêts de feuillus. On y trouve également quelques cultures parcellaires (Figure 111 et Tableau 32).

Type d'occupation des sols	Surface (km²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	10,27	3,50%
121 : Zones industrielles et commerciales	2,35	0,80%
131 : Extraction de matériaux	0,26	0,09%
211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation	2,02	0,69%
221 : Vignobles	102,10	34,81%
222 : Vergers et petits fruits	1,72	0,59%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	22,25	7,59%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	14,75	5,03%
311 : Forêts de feuillus	83,29	28,40%
312 : Forêts de conifères	1,64	0,56%
313 : Forêts mélangées	27,18	9,27%
321 : Pelouses et pâturages naturels	4,68	1,60%
323 : Végétation sclérophylle	11,92	4,06%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	4,16	1,42%
511 : Cours et voies d'eau	4,70	1,60%
	293,28	100,00%

Tableau 32 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rive gauche de la Cèze

Concernant les industries, aucun ancien site n'est recensé, mais l'unité compte 29 installations classées dont 14 encore en activité majoritairement situées sur la bordure rhodanienne (Tableau 33).

ETAT_SITE	RAISON SOCIALE	COMMUNE	DEBUT_ACT	FIN_ACT	ACTIVITES
En activité	SNE	CODOLET	19790612		Garages, ateliers, mécanique et soudure
En activité	STÉ CIVILE AGRICOLE DE ST GEORGES	VENEJAN	19700623		Activités de soutien à l'agriculture et traitement primaire des récoltes (coopérative agricole, entrepôt de produits agricoles stockage de phytosanitaires, pesticides, ...);Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
En activité	BROCHE FRÈRES	CODOLET	19651104		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
En activité	SCI GATEC	CODOLET	19741010		Fabrication de tubes, tuyaux, profilés creux et accessoires correspondants en acier;Mécanique industrielle
Activité terminée	SITOM	VENEJAN	11110101	19820101	Collecte et stockage des déchets non dangereux dont les ordures ménagères (décharge d'O.M. ; déchetterie)
Activité terminée	Sté Rhodanienne de Traitement de Granulats (SRTG)	MONDRAGON	19580101	19840607	Extraction de pierres ornementales et de construction, de calcaire industriel, de gypse, de craie et d'ardoise (voir aussi C23.7)
En activité	CEA CENTRE DE MARCOULE	CHUSCLAN	11110101		Utilisation de sources radioactives et stockage de substances radioactives (solides, liquides ou gazeuses) ;Décharge de déchets industriels spéciaux (D.I.S.);Centrale nucléaire;Elaboration et transformation de matières nucléaires
En activité	ELIE GENTIL GROUPAGES FRUITS ET LÉGUMES	SAINT-PAULET-DE-CAISSON	19690130		Autres transports terrestres de voyageurs n.c.a. (gare de bus, tramway, métro et atelier de réparation), à indiquer;Dépôt ou stockage de gaz (hors fabrication cf. C20.11Z ou D35.2);Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
Activité terminée	MAISONS ECONOMIQUES ETS GUÉRIN	PONT-SAINT-ESPRIT	19690912		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	RELAIS DU PONT	BAGNOLS-SUR-CEZE	19710723		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	SARL CARROSSERIE DE LA CÈZE	BAGNOLS-SUR-CEZE	19640313		Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)
Activité terminée	STÉ DINI ROGER	SAINT-NAZAIRE	19731024		Fabrication de coutellerie
En activité	SOCIETE COMAT	BAGNOLS-SUR-CEZE	19731025		Fabrication d'éléments en métal pour la construction (portes, poutres, grillage, treillage...);Fabrication de coutellerie
Activité terminée	EXTRACTION DES SOUS PRODUITS VINICOLES SA	BAGNOLS-SUR-CEZE	19730205		Production de boissons alcooliques distillées et liqueurs;Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
En activité	STÉ ROSIER ET CHAPUY	BAGNOLS-SUR-CEZE	19461224		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Fabrication de savons, détergents et produits d'entretien
En activité	SONET SA	BAGNOLS-SUR-CEZE	19671218		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	SOCIETE GAZOLEINE	BAGNOLS-SUR-CEZE	19730517		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
Activité terminée	STÉ SYLVANDER A.	LA ROQUE-SUR-CEZE	18980723		Fabrication de produits chimiques à usage industriel
Activité terminée	STÉ THEIL ROBERT	SAINT-PAULET-DE-CAISSON	19781205		Fabrication, transformation et/ou dépôt de matières plastiques de base (PVC, polystyrène,...)
Activité terminée	PECHINEY	CARSAN	19650106		Dépôt de liquides inflammables (D.L.I.)
Activité terminée	STÉ MARQUET ADRIEN	SAINT-JULIEN-DE-PEYROLAS	19000101		Extraction des minéraux chimiques (ex : soufre, sulfate, baryum,...) et d'engrais minéraux (phosphate, potasse)
Activité terminée	STÉ GILLES PAUL	PONT-SAINT-ESPRIT	21000101		Fabrication de caoutchouc synthétique (dont fabrication et/ou dépôt de pneus neufs et rechapage, ...)
Activité terminée	SOEREM	SAINT-PAULET-DE-CAISSON	19700922	19700102	Stockage de produits chimiques (minéraux, organiques, notamment ceux qui ne sont pas associés à leur fabrication, ...)
Activité terminée	STÉ BERAUD JACKY	PONT-SAINT-ESPRIT	19790111		Garages, ateliers, mécanique et soudure
Activité terminée	RENAULT	PONT-SAINT-ESPRIT	19681124		Garages, ateliers, mécanique et soudure;Carrosserie, atelier d'application de peinture sur métaux, PVC, résines, plastiques (toutes pièces de carénage, internes ou externes, pour véhicules...)
Activité terminée	STÉ ALAUZEN MAURICE	PONT-SAINT-ESPRIT	19740219		Garages, ateliers, mécanique et soudure
Activité terminée	STÉ COLOMBERT HENRI	PONT-SAINT-ESPRIT	19490730		Commerce de gros, de détail, de desserte de carburants en magasin spécialisé (station service de toute capacité de stockage)
En activité	EGS GARD CEVENNES EX USINE FORESTIER	PONT-SAINT-ESPRIT	18690101		Captage, traitement et distribution d'eau potable ou industrielle;Production et distribution de combustibles gazeux (pour usine à gaz, générateur d'acétylène), mais pour les autres gaz industriels voir C20.11Z
En activité	SOCIETE DE TRANSPORT AURAN ET CIE, COOPERATIVE D'UTILISATION DE MATERIEL AGRICOLE, S.A. DES VERRERIE DE PONT SAINT ESPRIT	PONT-SAINT-ESPRIT	18990101		Fabrication de verre et d'articles en verre et atelier d'argenture (miroir, cristal, fibre de verre, laine de roche) ;Autres transports terrestres de voyageurs n.c.a. (gare de bus, tramway, métro et atelier de réparation), à indiquer

Tableau 33 : installations classées recensées sur l'unité karstique Rive gauche de la Cèze

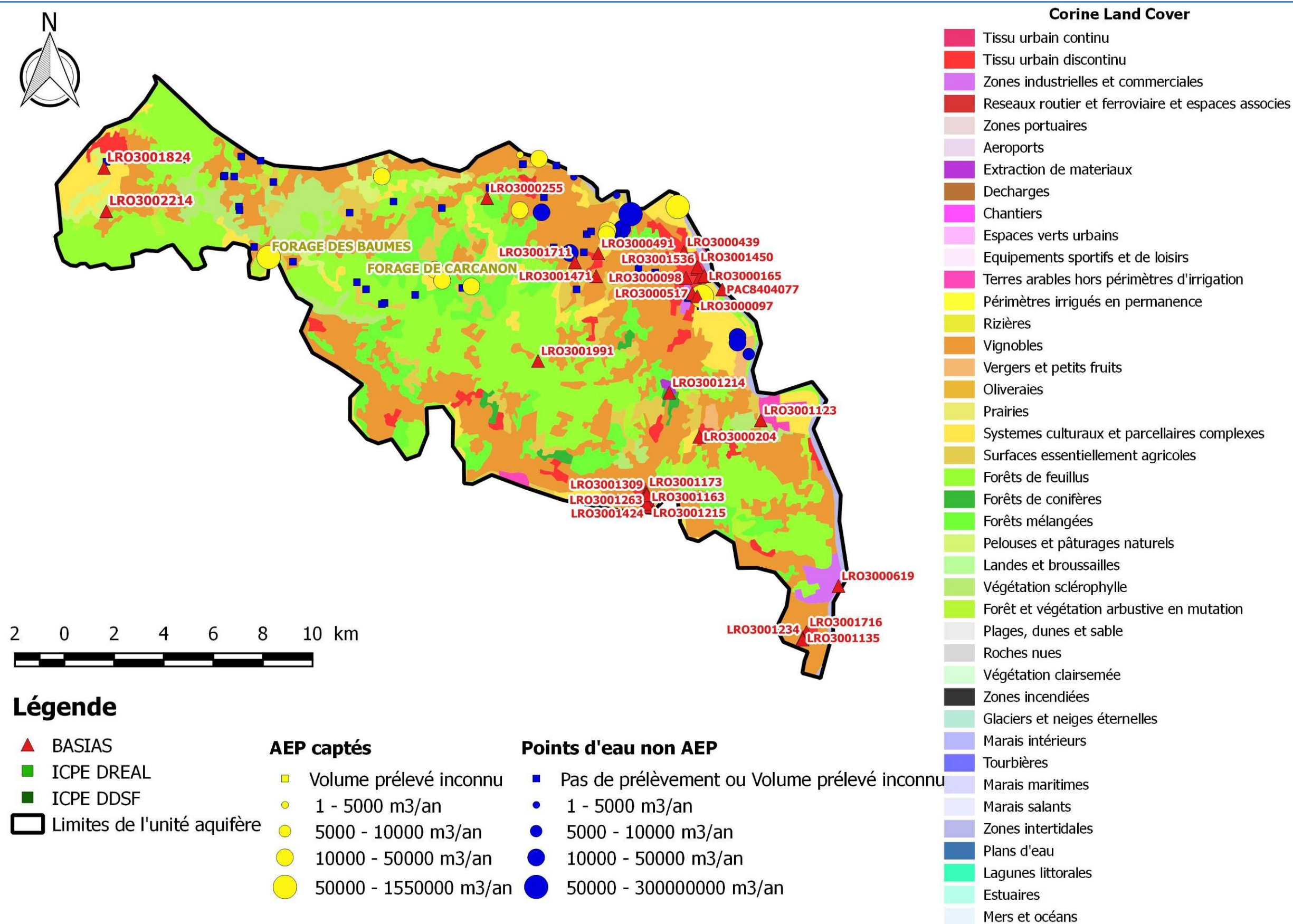


Figure 111 : occupation des sols sur l'unité Rive gauche de la Cèze (Corine Land Cover)

3.9. L'unité Montagne de la Serre

3.9.1. Présentation et délimitation de l'unité

La Montagne de la Serre est située au Sud du village de Grospierres. C'est un relief allongé de faible superficie (12,5 km²). Du point de vue géologique, elle est constituée à sa base par des formations de l'Hauterivien. Ce sont des marnes alternant avec des bancs de calcaires marneux. Cette série est surmontée par des calcaires récifaux du Barrémien (faciès Urgonien).

L'unité aquifère « Montagne de la Serre » est limité par :

- A l'est, au nord et au sud par la crête correspondant ici aux contours des affleurements urgoniens ;
- A l'ouest par la faille de Sampzon, importante faille normale qui met en contact les calcaires urgoniens avec les marnes hauteriviennes à l'ouest de cet accident ;

Les limites sont estimées fiables.

La structure générale montre clairement que la Montagne de la Serre est isolée des unités environnantes.

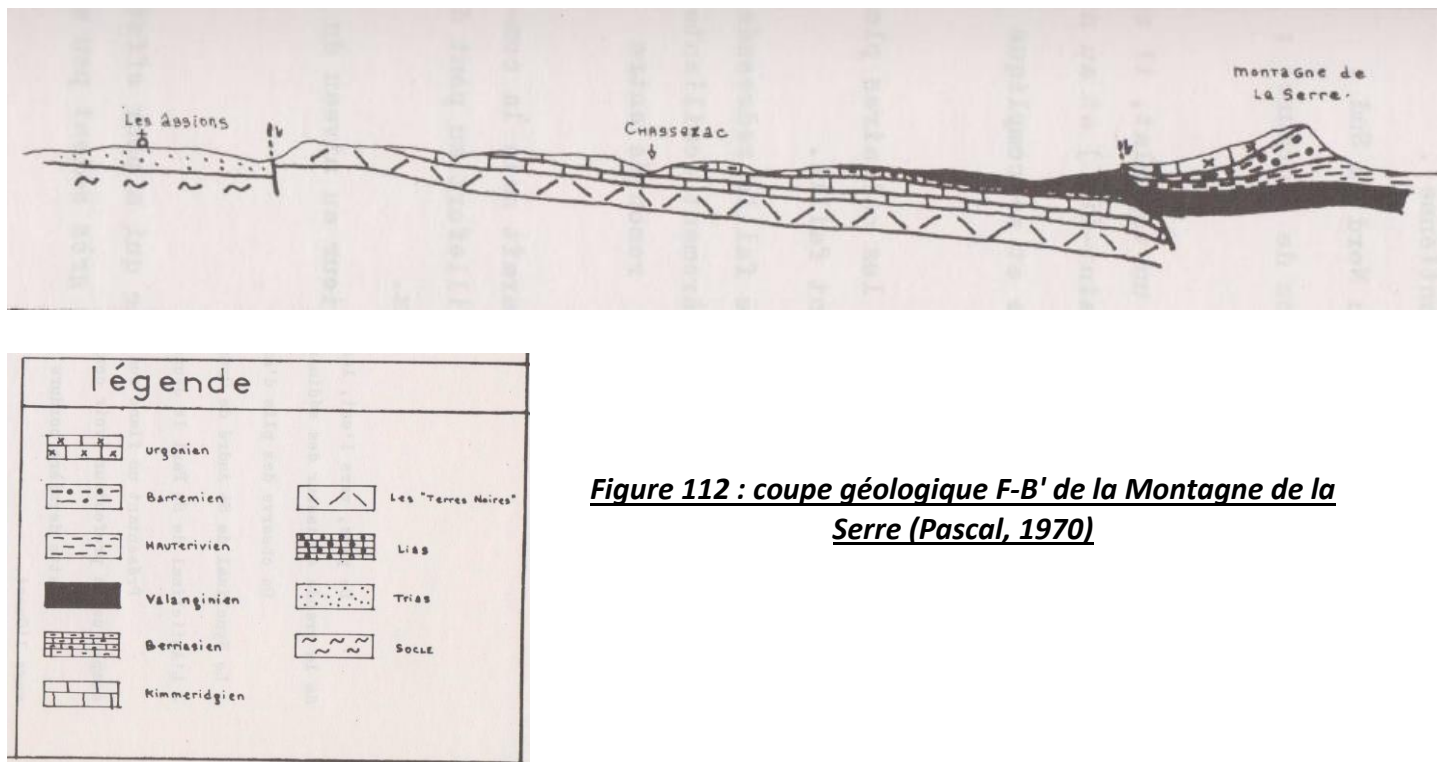


Figure 112 : coupe géologique F-B' de la Montagne de la Serre (Pascal, 1970)

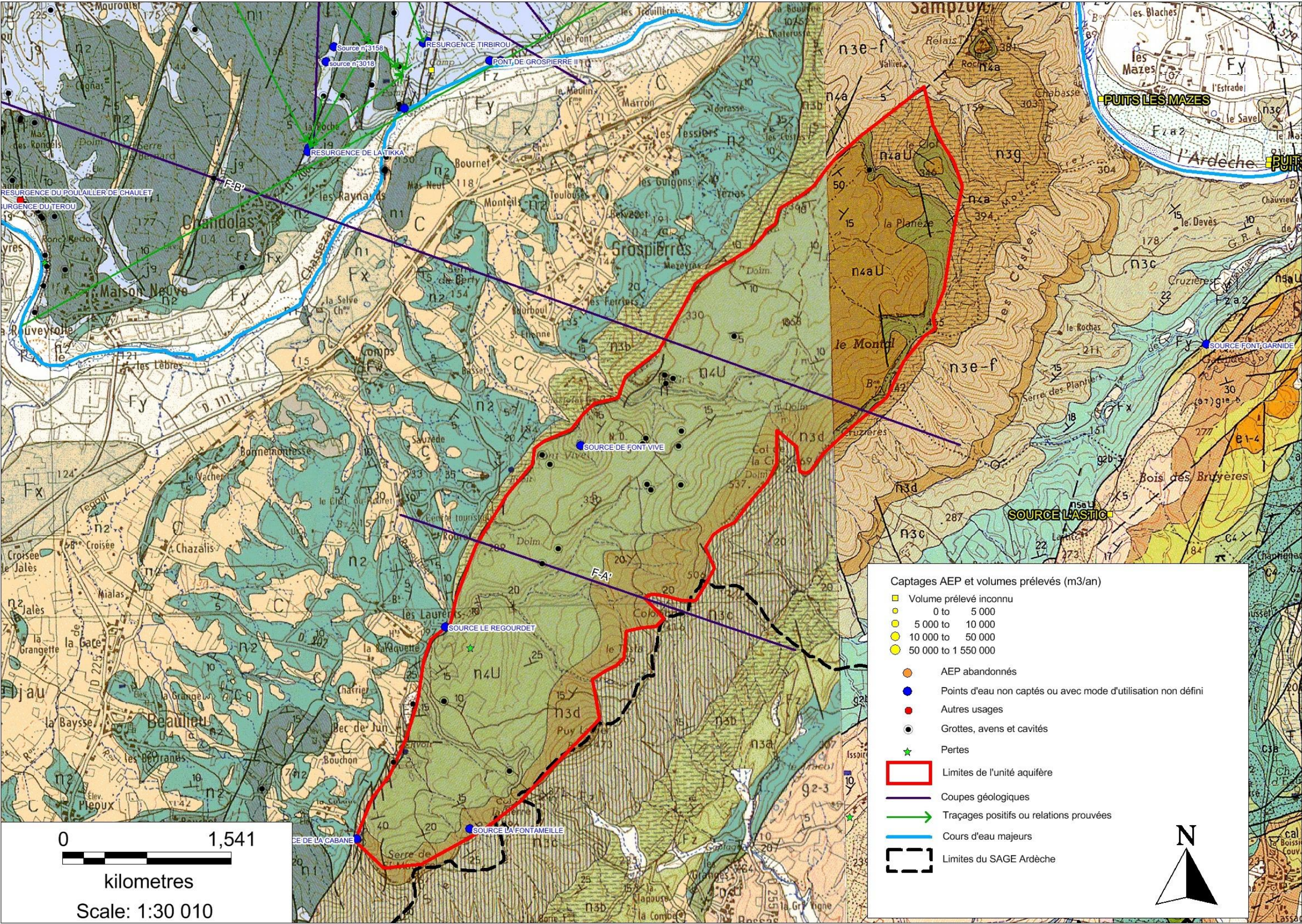


Figure 113 : limites de l'unité karstique Montagne de la Serre sur fond géologique

3.9.2. Hydrogéologie

En ce qui concerne l'hydrogéologie, ce massif est principalement drainé par les sources de Régourdet et de Font-Vive, deux émergences de type vauclusien. Celles-ci apparaissent à proximité de la faille de Sampzon, laquelle représente le niveau de base.

3.9.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Au niveau de Font-Vive, le surcreusement karstique laisse à penser qu'il existe une petite zone noyée avec des réserves limitées [16]. Le karst se forme dans le faciès urgonien et développe une puissance de 20 à 30m [18]. La campagne de terrain effectuée durant l'étiage sévère de cet été (Août 2015) a permis d'estimer un débit de 4 l/s environ pour Font-Vive et de 0,5 l/s environ pour Régourdet. Des compléments d'informations sont espérés suite à la récente plongée de la Font Vive, en ce qui concerne la morphologie du réseau souterrain et la présence d'une zone noyée.

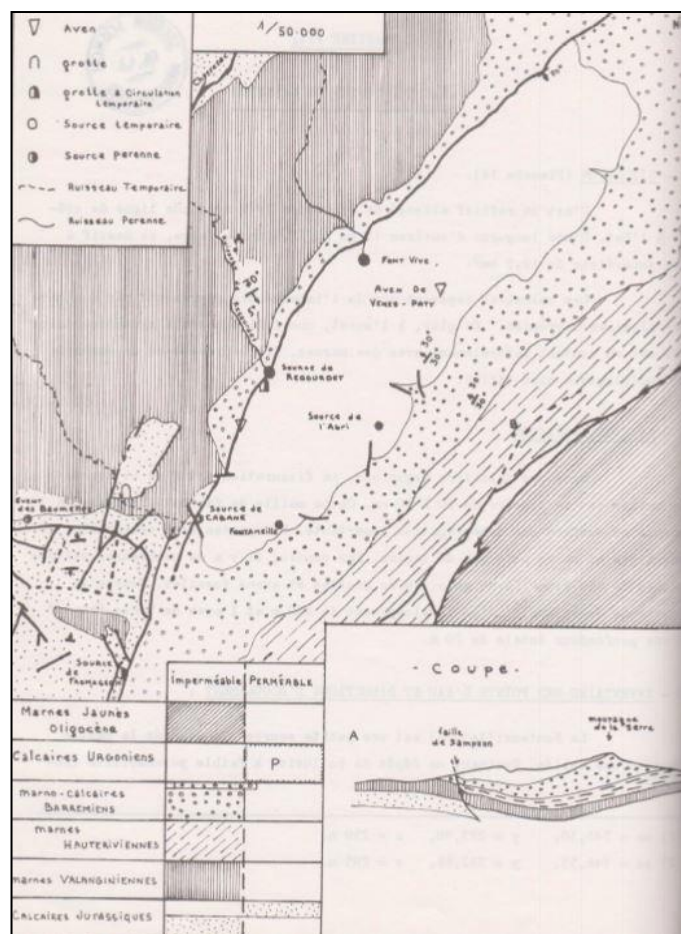


Figure 114 : carte géologique et coupe F-A' de la Montagne de la Serre (Pascal, 1970)

On notera la présence de vallées sèches sur le massif. L'alimentation de l'aquifère se fait principalement par les précipitations en direct sur le massif calcaire. Le rôle des cours d'eau temporaires dans la recharge de l'aquifère reste à définir.

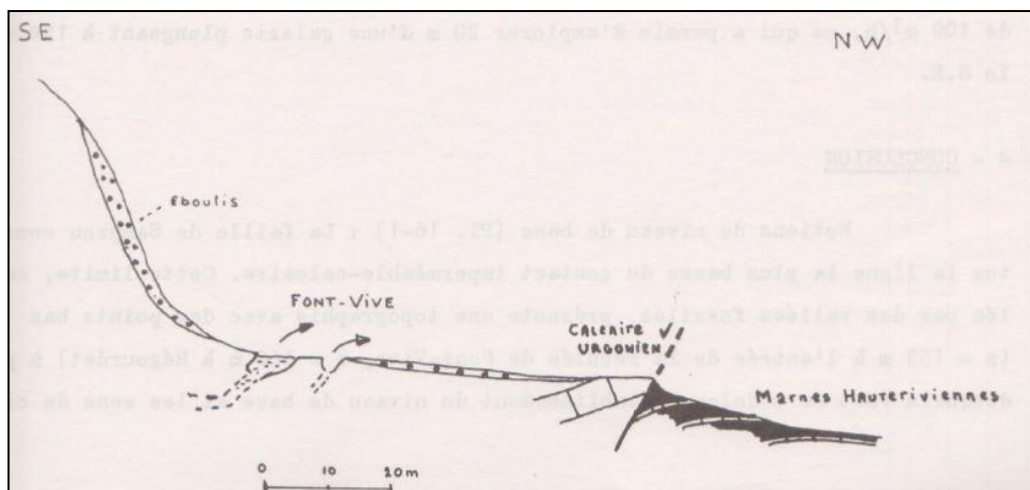


Figure 115 : coupe de la source de Font-Vive (Pascal, 1970)

Au niveau des réseaux karstiques, la cavité principale est la Font Vive qui se développe sur la bordure occidentale du massif, comme l'essentiel des autres sources et vallées sèches. Ce massif est peu affecté par les accidents tectoniques, mises à part les failles le séparant des autres structures. Peu de cavités sont connues dans ce massif, pourtant la Font Vive est un important exutoire pouvant débiter jusqu'à $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Elle s'ouvre dans une « reculée » au milieu du massif et se présente sous la forme d'un premier siphon exploré sur 380 mètres, à la côte maximum de 130 m NGF. La cavité est actuellement connue sur plus de 2 km et se présente avec un profil en yo-yo contenant plusieurs siphons (mais non profonds). Il semblerait que l'on connaisse uniquement la partie supérieure de la cavité active, ignorant ainsi tout d'un possible réseau noyé inférieur. En effet, lors des travaux de nettoyage de la source (1996-2000), les plongeurs ont indiqué que le siphon 1 ne semblait pas être alimenté, l'alimentation en eau ne se faisant que sur les 80 premiers mètres et en grande partie au niveau de la vasque à - 6 mètres au travers de l'éboulis et, par un boyau de 60 centimètres de diamètre. Cela correspond à un changement de régime de la source : par le passé, le courant passait par le laminoir d'entrée, réputé pour sa bonne visibilité (l'eau n'est jamais trouble). Depuis il n'est plus alimenté et se trouble très vite. Le vieux fil nylon de 2 mm datant de l'explo Chauvet (1980) n'a pas subi de dommages au regard des crues que la source a subies depuis, et ce, malgré des amarrages précaires. De plus, les agrès (cordes, etc.) derrière le S1 étaient en parfait état malgré leur âge.

On peut aussi citer à proximité de la Font Vive, la source du ruisseau des Conchettes où se développe une cavité importante du massif (250 mètres) mais fossile. Les autres sources (au sud et à l'ouest) sont impénétrables, sauf à l'extrême nord, où l'on trouve la grotte de l'Aiguille. Cette cavité perchée (250 m / - 50) semble être un ancien trop plein du système hydrologique de la Serre.

Cavité <i>NOM</i>	<i>Commune</i>	Données hydrologiques			Données topographiques	
		<i>SIPHON</i>	<i>écoulement</i>	<i>fonctionnement</i>	<i>developpement</i>	<i>dénivelé</i>
MONTAGNE DE LA SERRE						
Ferrière (grotte perte du ruisseau de)	Beaulieu			perte	18	-5.6
Fontameillé (source de)	Beaulieu			source	0	
Laurents (résurgence des)	Beaulieu			résurgence	7	
Font Vive (exsurgence de)	Grospierres	oui	permanent	exsurgence	2000	-0.6
Régourdet (résurgence du)	Grospierres		permanent	résurgence	0	
Col de la Serre (source captée du)	Grospierres		permanent?	source	0	
Conchettes (source des)	Grospierres			source	0	

Tableau 34: inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Montagne de Serre (Source : CDS07)

3.9.2.2. *Piézométrie, gradient, direction d'écoulement*

A ce jour aucune piézométrie n'a été dressée pour cette unité karstique.

En ce qui concerne la direction de l'écoulement, elle est préférentiellement dirigée vers l'ouest. En effet, la faille de Sampzon découpe à l'Ouest le contact imperméable-calcaire, ce qui constitue le niveau de base de l'aquifère[7].

3.9.2.3. *Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)*

Aucun traçage et aucun paramètre hydrodynamique ne sont connus sur ce système. Souvent temporaires, les circulations souterraines sont rapides[7]. Cependant, aucune donnée concernant la vitesse de transfert n'est répertoriée.

3.9.3. *Appréciation du potentiel quantitatif*

Cette unité karstique marquée par deux sources vauclusiennes renferme une zone noyée mais a priori de faibles réserves. Le débit d'étiage de la source de Font Vive est toutefois de 4 l/s (étiage 2015) et celui de la source de Régourdet de 0,5 l/s.

Son potentiel serait à préciser.

3.9.4. *Echanges nappe/rivière*

Aucun élément concernant les échanges nappe/rivière n'est répertorié dans la bibliographie. Cependant, il serait intéressant de savoir si les cours d'eau localisés sur le massif (et asséchés à l'étiage) jouent un rôle dans l'alimentation de l'aquifère en période de hautes eaux.

3.9.5. Qualité des eaux

		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	TH	+	-	TAC	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	ρ à 20°C en Ω/cm ² /cm
41	Font-Vive	5,5	0,05	0	0,01	0,08	5,55	5,64	5,60	5,45	0,05	0,1	2.140
42	Regourdet	5,45	0,1	traces	0,01	0,08	5,55	5,64	5,82	5,5	0,2	0,12	2.150
43	Cabanne	5,4	0,1	0	0,01	0,09	5,5	5,60	5,83	5,25	0,2	0,38	2.070
44	Fontameille	6,9	0,45	0	0,01	0,1	7,35	7,46	7,51	7,0	0,25	0,26	1.610

**Tableau 35 : analyses chimiques des points d'eau de la montagne de Serre (Pascal, 1970),
(Concentrations exprimées en meq/L).**

Ce sont des eaux de faciès bicarbonaté calcique avec quelques irrégularités dans les valeurs en Mg²⁺. Les concentrations assez faibles pour des eaux calcaires sont dues, d'une part à des bassins versants souterrains de faibles dimensions et d'autre part au régime des sources (temporaires avec des circulations rapides)[7]. Les conductivités mesurées lors de l'étiage de l'été 2015 s'élevaient autour de 500 µS/cm pour les sources de Regourdet et de Font-Vive. Le pH quant à lui était de 7,3 pour les deux exsurgences.

3.9.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

On considère une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne le karst de l'Urgonien notamment dû au fait que la circulation au sein de l'aquifère est rapide.

L'occupation des sols est peu variée, elle est principalement constituée de forêts. On note l'absence de tissu urbain sur l'ensemble de l'unité (Tableau 36 et Figure 116).

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
311 : Forêts de feuillus	12,179	96,14%
323 : Végétation sclérophylle	0,230	1,82%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,258	2,04%
	12,667	100,00%

Tableau 36 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité karstique Montagne de la Serre

Aucune ICPE n'est répertoriée au sein de l'unité, ni même de sites et sols pollués actuels ou anciens.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche – Phase 1.

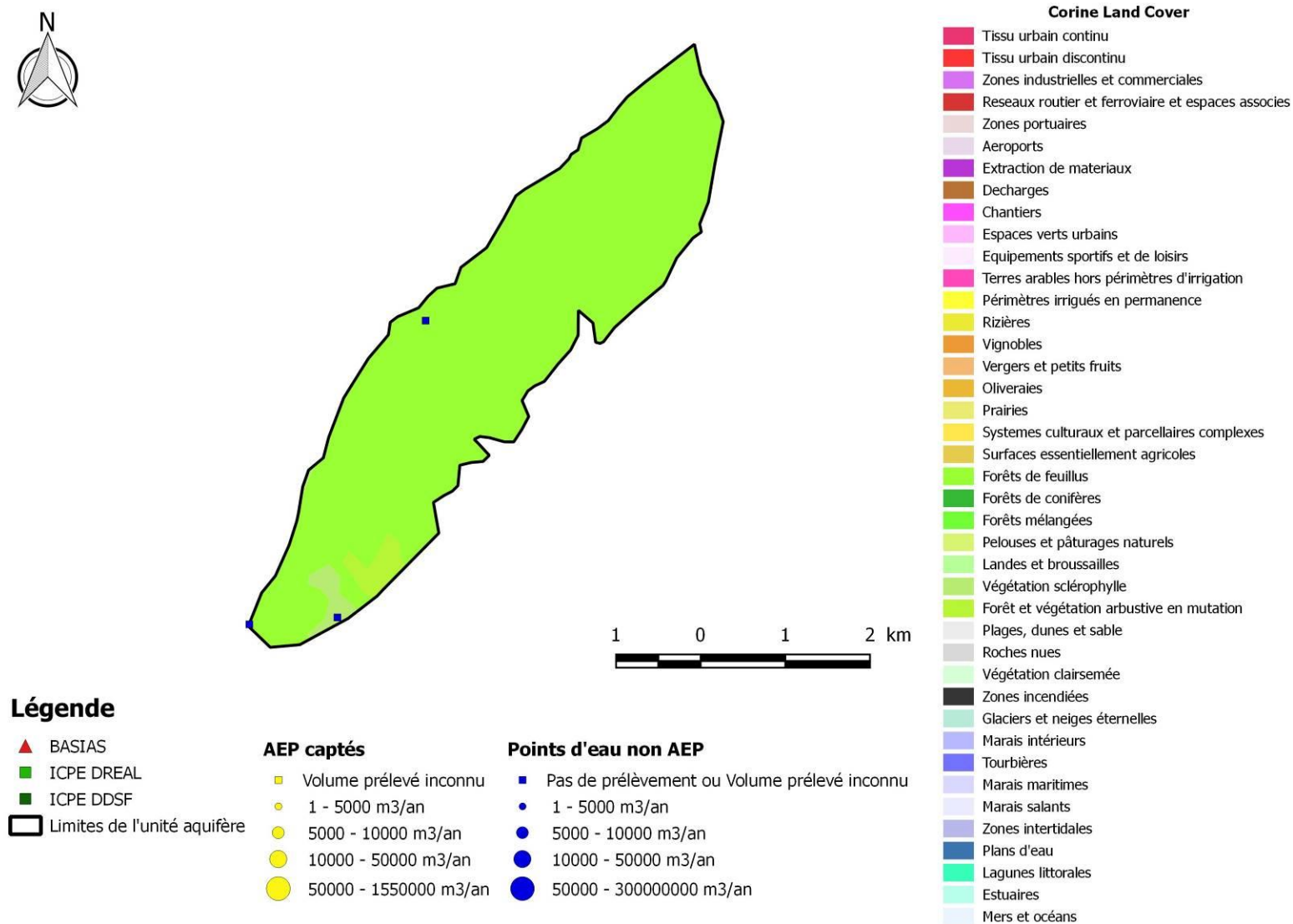


Figure 116 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Montagne de la Serre

4- LE DOMAINE TRIASIQUE

4.1. Type d'aquifère

Le domaine triasique est composé de plusieurs types de roche sédimentaire (Cf partie lithologie) qui permettent la mise en place de deux types d'aquifères :

- Des aquifères à porosité de pores dans les grès et conglomérats
- Des aquifères de types karstique et pseudo-karstique dans les calcaires dolomitiques et dans les grès.

Le terme de « pseudo-karstification », employé par Pascal dans sa thèse de 1970[7], désigne soit un réseau de galeries issu d'un processus de formation similaire au karst (dissolution) dans une roche non-carbonatée, soit un réseau de galeries ressemblant au karst mais avec un processus de formation différent. C'est bien sûr la première définition qui est valable ici. Bien que le terme de karst soit maintenant admis pour les roches non-carbonatées, le terme de pseudo-karst sera conservé dans ce rapport pour éviter toute confusion.

4.2. Les unités triasiques

4.2.1. Stratigraphie - Lithologie

Le **Trias** (-251 à -200 millions d'années) est la première période de l'Ere Secondaire. Le nom de « Trias » est issu d'une racine grecque signifiant « trois », qui fait références aux trois divisions le composant : Trias inférieur, moyen et supérieur, qui se différencient par leurs lithologies.

En Europe, la référence est le Trias germanique où les différents étages du Trias sont nommés d'après leur faciès : « Buntsandstein » ou grès bigarré pour le Trias inférieur, « Muschelkalk » ou calcaire coquillé pour le Trias moyen et « Keuper » ou marnes pour le Trias supérieur[29]. Les noms des étages du Trias germanique sont employés bien que la géologie ne corresponde pas. Le Trias ardéchois est en effet essentiellement détritique, issu de 3000 à 4000 m d'érosion de la chaîne hercynienne [7, 16].

L'ensemble triasique ardéchois correspond à une bande étroite, large au maximum de 8 km, étirée sur un axe Nord-Est/Sud-Ouest sur environ 47 km entre la commune de Gravières et le col de l'Escrinet. On retrouve des affleurements au Nord du col de l'Escrinet, mais ils ne sont pas concernés par cette étude. La formation est très variable en épaisseur spatialement, en général entre 40 et 300 m[7]. Le pendage général est d'environ 10° vers le Sud-Est, mais il peut varier localement.

Les affleurements du Trias sont limités principalement par failles, à l'Ouest avec les roches cristallines et métamorphiques sur lesquelles elles se sont déposées en discordance ; et à l'Est avec les marnes et calcaires du Jurassiques inférieur (Lias) sous lesquels ils passent sous couverture. On retrouve en effet le toit du Trias à 135 mètres de profondeur au forage Morte-Mérie dit « MM1 » (Uzer) et à 1350 mètres au forage du Jeu de la Paume dit « BA1 » (Balazuc). Ces deux forages profonds ne sont distants que de 1200 m dans le sens du pendage[30]. L'importante différence de profondeur est due au rejet de la faille d'Uzer. Au forage profond DVA1 de Vallon-Pont-d'Arc, le toit du Trias est à 2270 m de profondeur.

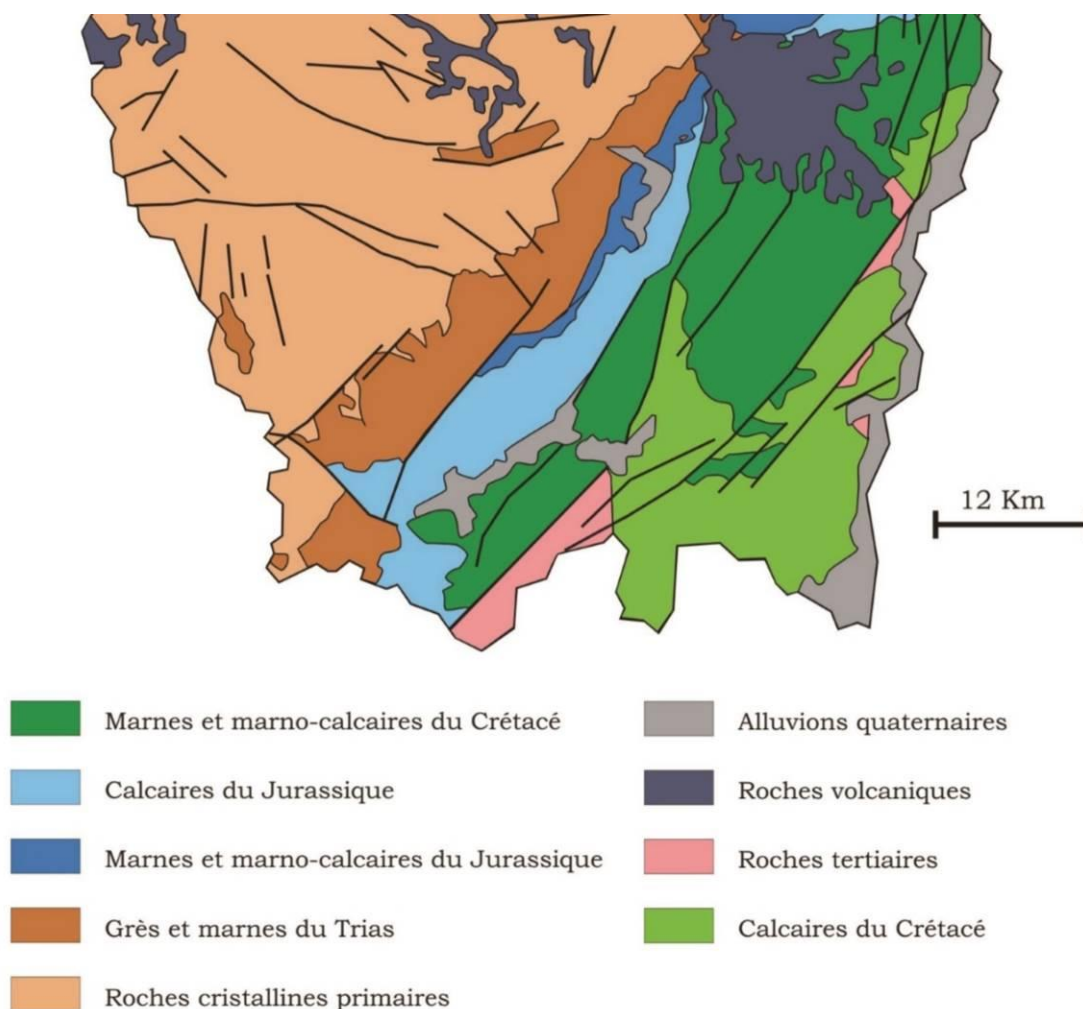


Figure 117 : carte géologique simplifiée du Sud de l'Ardèche (Barth, 2013)

Le système triasique est composé de trois séries :

Le Trias inférieur ou Buntsandstein (Induen et Olénékien), composé de conglomérat et de grès, épais de 0 à 80 mètres. Cet étage présente sur certaines unités des horizons évaporitiques (gypse et anhydrite) et métalliques (pyrite, blende, galène) [31].

Le Trias moyen ou Muschelkalk (Anisien et Ladinien), constitué d'une bande calcaire ou dolomitique épaisse de 5 à 20 mètre encadrée par deux horizons d'argile dolomitique noire (parfois salifères) pour une épaisseur totale de 20 à 100 mètres.

Le Trias supérieur ou Keuper (Carnien, Norien et Rhétien), épais de 50 à 200 mètres, majoritairement composé de grès, avec présence de bancs d'argile et marnes bariolées et de dolomies. C'est le Trias supérieur que l'on retrouve le plus à l'affleurement.

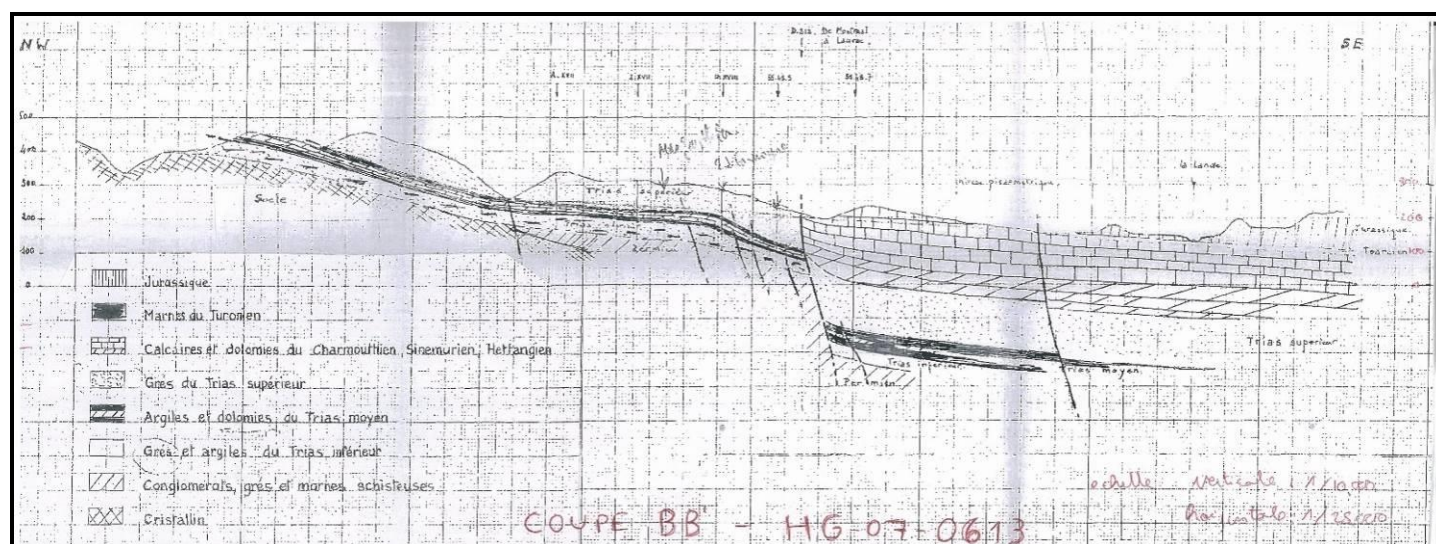


Figure 118 : coupe géologique orientée NW-SE présentant le Trias à l'affleurement et sous couverture liasique dans la région de Largentière (Burgéap, 1970)

4.2.1.1. Lithologie du mur du réservoir triasique

Le Trias est discordant sur le socle permien et carbonifère, qui est visible à l'affleurement à l'Ouest de la bande triasique, au pied du Massif Central. Le socle est ici constitué de roches cristallines (gneiss) et métamorphiques (schiste) de la série cévenole. Il est considéré comme imperméable.

4.2.1.2. *Lithologie du réservoir triasique*

Le Trias inférieur ou Buntsandstein (Induen et Olénékien) est une couche géologique de 0 à 80 m d'épaisseur, majoritairement composé de grès quartzeux et de conglomérats aux grains peu roulés avec quelques alternances marneuses. La granulométrie diminue progressivement de la base (conglomérat) vers le sommet (argilites) (début du Trias moyen). Dans quelques cas, la base peut comporter des niveaux de marnes bleues sulfatées [7, 16, 32, 33].

Le sommet du Trias inférieur possède localement des minéralisations sulfurées (blende, galène, pyrite) qui furent exploitées dans le secteur de Largentière jusqu'au début des années 1980 [34, 35, 36].

La description géologique la plus complète du Trias inférieur a été effectuée par Courel et Cula en 1988[37]. Ils divisent le Trias inférieur en 3 faciès. De bas en haut : les Grès de base, les Grès du Roubreau et les Grès et Argilites Vertes.

Le Trias moyen ou Muschelkalk (Anisien et Ladinien) est composé de formations argilo-carbonatées, d'une épaisseur totale de 20 à 100 m. Plus précisément, on observe deux niveaux d'argilites encadrant une barre calcaire ou dolomitique médiane. L'épaisseur des dolomies centrales est comprise entre 5 et 20 m. Les niveaux d'argilites inférieur et supérieur, peuvent contenir des sulfates (gypse et d'anhydrite), ils sont parfois appelés « salifères inférieur et supérieur » [7, 38, 32, 39, 33, 30]. On retrouve des sulfates dans la barre carbonatée médiane dans une fréquence moindre, et on observe parfois du fer comme dans le secteur de Merzelet[40]

Le Trias supérieur ou Keuper (Carnien, Norien et Réthien) est plus épais que les précédents avec une puissance de 120 à 150 m jusqu'à 200 m dans le Sud de l'Ardèche.

Il est composé de trois formations différentes en majorité des arénites (sables ou grès), des dolomies et des argilites colorées.

Les bancs d'arénites sont inclus entre des petites couches de dolomies ou d'argilite. Ils ont une grande épaisseur, une porosité variant selon la consolidation et une grande extension latérale. Sur la bande triasique ardéchoise, c'est le Trias supérieur qui est le plus souvent à l'affleurement. Au niveau du paysage, le sommet des collines, généralement plat, correspond à la surface d'altération des marnes liasiques [7, 38, 32, 39, 41, 33].

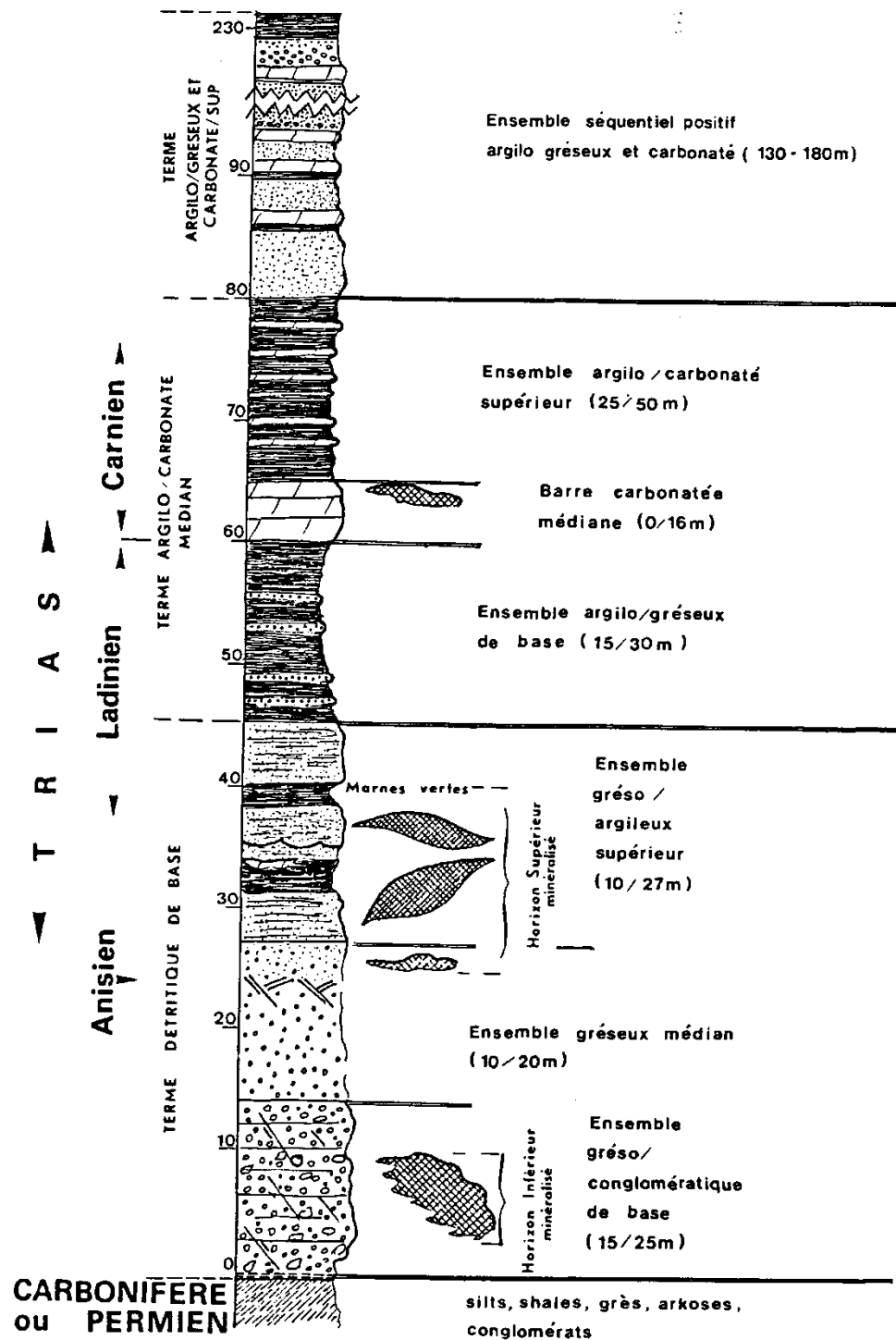


Figure 119: coupe géologique des formations du Trias au niveau de Largentière (Michaud & Samana, 1980)[42]

Les variations géologiques pour les différentes périodes du Trias permettent de conclure à l'existence de trois niveaux aquifères :

- un aquifère poreux isolé ou continu dans le Trias supérieur,
- un aquifère à porosité de pores dans le Trias inférieur (le plus souvent en nappe captive)
- et un aquifère karstique dans la barre dolomitique.

Les couches imperméables du Trias sont les deux niveaux d'argilites au Trias moyen, qui isolent potentiellement les trois aquifères. Le permien constitue le substratum imperméable du Trias inférieur et les calcaires et marnes jurassiques forment le toit de la nappe du Trias supérieur lorsqu'il est recouvert.

Le Trias inférieur est l'aquifère le moins connu des trois. Il est considéré comme très perméable avec une bonne continuité des grès et conglomérats. Peu de sources du Trias inférieur sont connues et il est peu exploité par forage du fait d'un risque de qualité (métaux, sulfates, sulfures). Il est en charge sur la majorité de la bande triasique ardéchoise[34, 35, 43, 41].

On observe une importante **karstification** dans la barre dolomitique médiane du **Trias moyen**. Elle est très présente à l'Est de la Ligne[33]. La karstification a créé des zones vacuolaires ou cavernueuses dans les dolomies, majoritairement dans les zones fragilisées par les failles. Les galeries sont de taille faible, non pénétrables par l'homme, et limitées par l'épaisseur de la couche dolomitique (10 à 20 m). La perméabilité en grand de ce karst fait apparaître une forte augmentation de débit directement après un orage en période d'étiage. Isolé par les niveaux d'argilites, le Trias moyen est souvent en charge voire artésien. Sa continuité est souvent morcelée par la tectonique.

On peut citer par exemple la source de Chamandre, alimentée par des pertes distantes de quelques kilomètres, qui a un débit moyen d'environ 40 m³/h. Les sources de le Perruquette et de la Sigalière à Largentièrre, qui ont des débits d'étiage respectifs de 75 et 50 m³/h ; et sur une plus petite échelle la source de Fayet à Sanilhac (dont les galeries ont été recreusées) qui a un débit moyen de l'ordre de 12 m³/h.

Le Trias supérieur forme un aquifère poreux dont l'importance varie beaucoup spatialement. En effet, cet aquifère dépend de la taille de la zone d'infiltration, de la quantité de structures imperméables présentes et de l'hétérogénéité des roches.

Ainsi, quand le relief est varié, le Trias supérieur est considéré de faible perméabilité car il est découpé en buttes (entités aquifères distinctes) et de composition hétérogène. L'eau sort à la faveur de bancs d'argilite imperméable, créant de petites nappes perchées.

Quand l'eau s'infiltre dans toute l'épaisseur des grès, des sources se forment à la base du Trias supérieur, au-dessus des argilites imperméables du Trias moyen. Plus le réservoir est important, plus ces sources sont pérennes et stables.

Quand nous sommes dans un relief de type plateau, on observe une grande continuité des affleurements et donc des aquifères, dans lesquels les failles jouent un rôle important dans la circulation de l'eau. Les nappes forment une ressource en eau importante et réellement exploitable, d'où la présence de nombreux forages agricoles sur les plateaux cultivés (idem et [44]).

Dans le **Trias supérieur**, on observe également un phénomène de « **pseudo-karstification** » : Dans sa thèse de 1970[7], Pascal écrit que ce phénomène a créé « des galeries de faibles dimensions avec peu de concrétions et de nombreuses figures d'érosion provoquées par les fortes pentes ». Les dimensions de ces galeries sont plus importantes que pour le karst dans les dolomies du Trias moyen, car il est possible de pénétrer dans les galeries sur une dizaine de mètres voire jusqu'à plus d'un kilomètre. Pascal expose aussi l'absence d'un niveau de base général car les buttes sont indépendantes les unes des autres : les réseaux se sont développés plus ou moins en même temps que le creusement des ravins. On retrouve actuellement ces galeries de pseudo-karstification à mi pente ou vers le sommet des buttes, et majoritairement dans la partie sud de la bande triasique ardéchoise. Le débit des sources de pseudo-karstification est variable mais on observe comme pour le karst des dolomies un pic de débit (et souvent aussi de turbidité) après un orage[7, 16].

Nom de la source (COMMUNE)	Longueur de galerie pénétrable	Débit d'été/ Débit de crue	Conductivité moyenne (Pascal 1970 - BE Rabin février 2015)
Baume Dupré-Chalvèche (FAUGERES)	600 m	0.1 - 10 L/s	- 294 μ S/cm
Le Cros (ST GENEST DE BEAUZON)	80 m	0.1 - 10 L/s	-
Le Pigeonnier (PAYZAC)	240 m	0.05 - 30 L/s	- 417 μ S/cm
Le Vignal (PAYZAC)	2000 m	0.1 - 50 L/s	344 μ S/cm -
Font Champetier (LES ASSIONS)	100 m	0.1 - 30 L/s	290 μ S/cm - 417 μ S/cm
Picons-Luth (PAYZAC)	400 m	0.2 - 50 L/s	- 188 μ S/cm
Champmajour (CHAMBONAS)	20 m	0.1 - 50 L/s	310 μ S/cm - 381 μ S/cm
Font Bonne (LES ASSIONS)	20-30 m	0.1 - 40 L/s	333 μ S/cm - 457 μ S/cm

Tableau 37 : principales galeries de pseudo-karstification (Pascal, 1970)

Il faut aussi noter que des réseaux de pseudo-karstification existent à la base du Trias supérieur quand le relief est de type plateau ou quand le Trias est sous couverture. Ces galeries sont accessibles uniquement par forage et elles représentent des venues d'eau importantes, comme pour le forage lieu-

dit Fauger à Vessey[45], exploité à 20 m³/h, où une de ces galeries est recoupée à 419 m de profondeur et représente la majeure partie du débit, car le forage s'arrête un mètre après cette fracture.

D'une façon très générale, l'alimentation des aquifères du Trias se fait en majorité par infiltration dans les zones d'affleurement, mais aussi par des infiltrations et pertes de cours d'eau au niveau des failles. L'eau alimentant les aquifères triasiques est d'origine superficielle et donc oxydante[46]. Des échanges ont vraisemblablement lieu entre les trois aquifères du Trias malgré les niveaux d'argilite. Par exemple, dans le secteur de Montredon à Largentière, le Trias moyen alimente les deux autres aquifères par drainage verticale ascendante et descendante [47, 35].

La bande triasique étudiée dans le bassin versant de l'Ardèche est donc le siège de trois nappes superposées. Sur la base des connaissances actuelles, l'étendue géographique de ces aquifères ne peut être subdivisée en sous-bassins indépendants. Dans la suite du rapport, nous traiterons le domaine triasique ardéchois par secteur géographique pour une facilité d'approche et de compréhension ; nous détaillerons ainsi du nord au sud :

- l'unité aquifère Vessey,
- l'unité aquifère Ailhon,
- l'unité aquifère Largentière,
- l'unité aquifère Rosières,
- et l'unité aquifère Lablachère.

Même si les limites entre les unités correspondent souvent à un cours d'eau (Ardèche à Aubenas, Ligne à Largentière, Beaume à Joyeuse) ayant entaillé d'Ouest en Est en partie le Trias supérieur, les limites entre ces unités sont totalement arbitraires. Nous rappelons que des communications peuvent exister au sein du réservoir triasique entre les unités géographiques présentées séparément, puisqu'il y a continuité lithologique du nord au sud.

4.2.1.3. Lithologie du toit du réservoir triasique

Le Trias supérieur se retrouve sous couverture sous le Lias, composé de terrains majoritairement carbonatés pour une épaisseur totale de 115 à 375 m, avec :

- L'Hettangien, épais de 40 à 175 m qui comprend un complexe carbonaté à la base formé de 10m au maximum de calcaires gris, surmonté de 10 à 15 m de calcaires argileux gris à l'aspect noduleux couronnés par une dolomie compacte gris foncé, épaisse de 30 à 50 m et pouvant atteindre 100 à 150 m dans le bassin du Gardon de Mialet ou pouvant disparaître pour laisser place à des calcaires (Les Vans, Aubenas) ;
- Le Sinémurien, épais de 40 à 120 m, représenté par une partie inférieure composée de calcaires argileux gris bleu comportant des lits marneux sur 30 à 60 m, et d'une partie

supérieure de calcaires bioclastiques bleus à chailles, épais de 40 à 60 m d'Alès à St-Ambroix, mais pouvant passer à des calcaires à entroques bistres et des calcaires gris massifs à silex, épais de seulement 8 à 10 m à Laurac, au Sud de Largentièr ;

- Le Pliensbachien, épais de 30 à 70 m, également formé d'une partie inférieure (Carixien) de calcaires argileux gris bleu et de marnes grises, épaisses de 10-20 m au Nord d'Anduze jusqu'à 40 m au Sud de la Grande Combe mais remplacée par 10 m de calcaires gréseux riches en grains de quartz à Laurac, et d'une partie supérieure (Domérien) constituée de marnes grises feuilletées sur 20 à 30 m d'épaisseur ;
- Le Toarcien, épais d'une dizaine de mètres qui renferme les schistes cartons à sa base (marnes noirâtres, bitumineuses indurées) et divers faciès épais de seulement quelques mètres au sommet (marnes de Saint-Ambroix, calcaires au Nord de Saint-Paul-le-Jeune).

4.2.2. Tectonique

Le bas Vivarais et les contreforts des Cévennes ont subi plusieurs phases tectoniques :

L'orogénèse hercynienne

L'orogénèse hercynienne se traduit essentiellement par des structures tardi-hercyniennes dont la plus connue est la faille des Cévennes ou faisceau cévenol d'orientation NNE-SSW. Certaines phases tectoniques sont contemporaines de la formation du Trias [47] car l'on observe des fortes variations d'épaisseur du Trias moyen de part et d'autre de certaines failles de direction cévenole (faille de Malet, faille d'Uzer...).

Les prémisses de l'orogénèse alpine : la phase pyrénéo-provençale

Appartenant à l'orogénèse alpine, cette phase de compression horizontale Est-Ouest datée de l'Eocène a fait rejouer les accidents cévenols en décrochements sénestres avec un rejet total de 20 km et les failles Est-Ouest en faille inverse dans le Sud de l'Ardèche. L'amplitude des mouvements diminue du Sud vers le Nord. On note quelques plis d'axe Est-Ouest à grand rayon de courbure (synclinal de St-André-de-Cruzières, anticlinal de St-Paul-le-Jeune).

La phase oligo-miocène

Cette phase de distension a réutilisé les fractures antérieures en les faisant rejouer en failles normales de direction moyenne d'allongement Nord/Ouest-Sud/Est, perpendiculairement aux principaux accidents de direction cévenole. Cette distension généralisée dans le Sud de la France est à l'origine de la création de nombreux fossés tels que celui d'Alès – Barjac. La région suit un effondrement en marches d'escalier avec exhaussement apparent du socle cristallin.

La phase mio-pliocène

Cette phase de compression à raccourcissement Est-Ouest de la phase paroxysmale de l'orogénèse alpine s'est traduite par la création de plis d'axe Nord-Sud et le jeu des grands accidents cévenols en décrochements dextres.

Les accidents tectoniques

De cette histoire tectonique résultent surtout des accidents cassants (failles, décrochements), les plis (synclinaux, anticlinaux) étant plus rares. Plusieurs familles de failles coexistent :

- Les failles de direction cévenole (NNE-SSW) à pendage pseudo-vertical en surface et diminuant en profondeur ;
- Les failles Est-Ouest qui ont joué postérieurement en faille inverse dans le Sud pendant la phase pyrénéenne.
- Les failles de direction régordane (NNW-SSE).

Enfin, les plis résultent essentiellement de la compression pyrénéenne et présentent donc un axe Est-Ouest. Ce sont du Nord au Sud :

- Le synclinal de Berrias ;
- L'anticlinal de Saint-Paul-le-Jeune qui se complique en profondeur et en direction du Nord du fait de l'existence d'un niveau de décollement et localement par l'existence de failles normales antérieures à la poussée pyrénéenne ;
- Le synclinal de Saint-André-de-Cruzières (pli à grand rayon de courbure).

4.3. L'unité Vesseaux

4.3.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité comprend en tout ou partie les communes de Gourdon, St Andéol-de-Vals, St- Etienne-de-Boulogne, St Julien-du-Serre, St Michel-de-Boulogne, St Privat, Ucel et Vesseaux. Elle couvre une surface d'environ 33 km². L'unité de Vesseaux se compose de la bande triaso-liasique la plus septentrionale de notre étude. Elle est limitée :

- à l'ouest par les reliefs cristallins de la bordure de Massif Central ;
- au nord par le col de l'Escrinet qui clôt le bassin versant de l'Ardèche.
- La présence de forages recoupant le Trias en profondeur sous couverture jurassique (le plus souvent liasique), a fait repousser la limite Est de notre système approximativement jusqu'à la départementale 104 (limite arbitraire).
- Nous l'avons arrêté arbitrairement au sud à la rivière Ardèche afin de sectoriser notre description.

Au niveau structural, les terrains triasiques dans l'unité « Vesseaux » sont tous inclinés vers l'Est-Sud-Est avec un pendage monoclinal moyen compris entre 15 et 20°. Les terrains triasiques reposent en discordance sur le socle à l'Ouest du système alors qu'à l'Est ceux-ci s'enfoncent sous les terrains Jurassiques (Lias et plus récents). La zone où le Trias affleure majoritairement se situe au Sud du système, en se rapprochant de l'Ardèche.

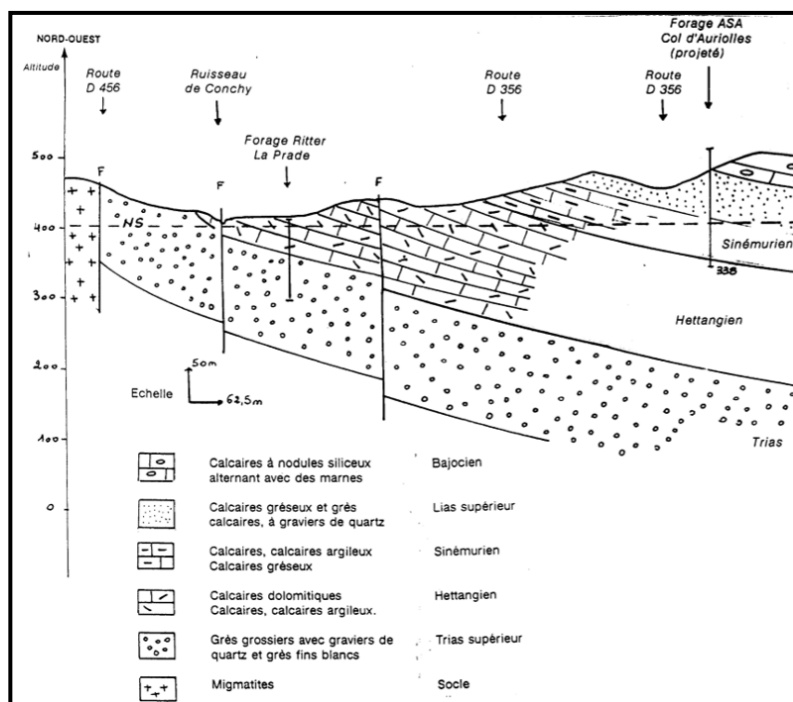


Figure 120 : coupe géologique (C-D) au niveau du forage de Combe-Chaude (G.Naud., 1995, Rapport hydrogéologique pour l'établissement des périmètres de protection du forage de Combe-Chaude - St Etienne de Boulogne)

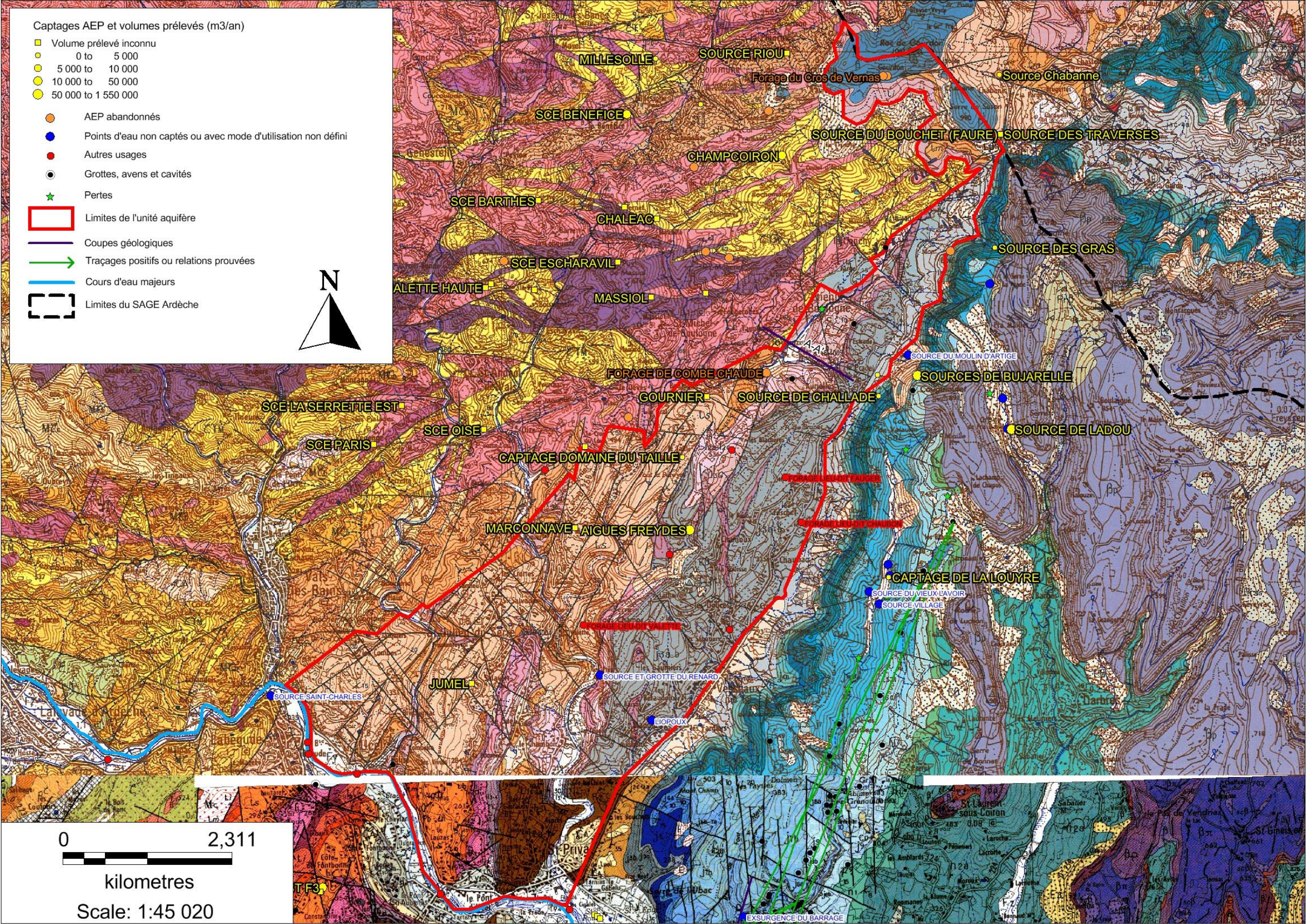


Figure 121 : limite de l'unité Vessex sur fond géologique

4.3.2. Hydrogéologie

4.3.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Les ressources en eau les plus importantes de l'unité sont accessibles par forage. L'aquifère le plus productif est localisé au sein du Trias, notamment lorsqu'il est sous couverture, mais l'on trouve aussi des aquifères karstiques dans les parties du Lias les plus riches en calcaire. Les zones faillées et fracturées augmentent les chances de recouper des venues plus importantes.

La recharge du karst du Lias s'effectue par des précipitations, soit en direct sur la formation carbonatée, soit infiltrée sur le plateau basaltique du Coiron avant de rejoindre le karst jurassique sous-jacent.

La recharge du Trias se fait par les précipitations dans les zones où il affleure. Le rôle des grandes failles tectoniques dans l'alimentation du Trias n'est pas défini.

Les exutoires naturels sont peu nombreux et peu abordés dans la bibliographie.

Concernant les connaissances spéléologiques de l'unité : elles sont limitées et le nombre de cavité très réduit. Dans le Trias, on parle de karstification dans les dolomies du Trias moyen (Muschelkalk) et de « pseudo-karstification » quand nous sommes dans les grès du Trias supérieur (Keuper), car le grès n'est pas une roche carbonatée. Dans l'unité « Vesseaux », il n'existe pas de réseau pseudo-karstique qui puisse être reconnu par spéléologie. Par contre, on peut citer le forage agricole au lieu-dit « Fauget » qui capte un conduit pseudo-karstique à fort débit à 419 m de profondeur.

Pour le karst jurassique, on peut citer la grotte de Coustouille à Saint-Etienne-de-Boulogne. Cette cavité a fait l'objet d'investigations spéléologiques réduites, et n'a pas reçu de visite depuis 1975. Environ 1 Km de conduits sont reconnus. Le terminus aval est un puits d'effondrement dans les grès, trop dangereux pour être descendu. La cavité est parcourue par un petit actif (environ 0,1 l/s). La cavité ne se développe pas vers l'amont. L'exutoire envisagé est la Fontaine du Pradel distante d'environ 400 mètres du terminus de la cavité, ou plus en aval dans le ruisseau du Conchy.

L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 1.2 km de linéaire. Voici les réseaux importants connus à ce jour :

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
NOM	Commune	SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
VESSAUX (du col de l'escrinet à l'Ardèche)						
Chiens (grottes des)	St Etienne de Boulogne	non	temporaire		200	-20
Boulogne (perte n°1 du ruisseau de)	St Etienne de Boulogne	non	temporaire	perte		
Coustouille (grotte)	St Etienne de Boulogne	non	permanent		1000	-50
Liopoux	Vesseaux		permanent	résurgence	15	
Renard (grotte du)	Vesseaux		2 temporaires/1 Pérenne		30	

Tableau 38 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Vesseaux (Source : CDS07)



Figure 122: carte des réseaux spéléologiques de l'unité Vessex (Source : CDS 07)

4.3.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Au vu de la géologie de notre unité, il faut noter que la direction d'écoulement majeure est plutôt vers le Sud-Est, dans le sens du pendage. L'intense fracturation peut également compartimenter l'aquifère en donnant naissance à un grand nombre de sources aux débits plus ou moins limités. Certaines sources sont captées pour l'AEP comme la source de Jumel (autorisation de prélèvement de $2 \text{ m}^3/\text{j}$) et la source de Marconnave (pas de données de débits) à Saint-Julien du Serre ou encore la source de Pradal (prélèvement moyen de $2,46 \text{ m}^3/\text{j}$) à Saint-Etienne de Boulogne.

Selon les informations à notre disposition, et d'après l'épaisseur importante du Trias supérieur, les forages localisés dans notre unité ne semblent pas avoir atteint les étages sous-jacents du Trias (moyen et inférieur). Il y a trois possibilités d'exploitation :

- Soit l'aquifère du Trias supérieur sans venue d'eau dans le Lias sus-jacent (forage lieu-dit Fauger, où il a été nécessaire d'aller jusqu'à 420 mètres pour avoir un débit intéressant (galerie de pseudo-karstification recoupée sur le dernier mètre).
- Soit ce même aquifère mais avec des venues d'eau du Lias isolées ou non (forage d'Aigue Freydes, deux passages en eau dans le Sinémurien avant d'avoir l'aquifère du Trias supérieur à 213 m, qui passe en charge à 23 m sous le TN).
- Soit l'aquifère karstique liasique sans aller jusqu'au Trias (pour les forages de l'ASA d'irrigation de la vallée de Liopoux, au moins jusqu'en 1989 [48]).

Lorsqu'il est sous couverture, l'aquifère triasique est en charge sans aller jusqu'à être artésien, comme pour le forage d'Aigues Freydes qui a rencontré l'eau en foration à 213 m et qui est en charge à 23 m sous le niveau du sol. Nous n'avons pas d'information sur la charge des aquifères du Trias moyen et inférieur. Le forage de Fauger quant à lui avait un niveau statique de -180.72 m/TN le 03/05/1994.

4.3.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

La bibliographie renferme peu de documentation concernant les essais de pompage des différents forages de cette unité. En revanche pour le forage de Fauger à Vesseaux, les transmissivités obtenues sont de l'ordre de $1,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ pour le premier cycle logarithmique et de $2,31 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ pour le second cycle. Ces valeurs sont anormalement faibles comparées aux valeurs obtenues habituellement dans le Trias de la région[45].

Nous n'avons répertorié aucun traçage mis en œuvre au sein de l'unité « Vesseaux ».

4.3.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Sur l'unité « Vesseaux », nous ne disposons que du forage d'Aygues Freydes qui présente un intérêt certain car les autres captages AEP sont constitués par des sources situées au niveau des grès à l'affleurement ayant des débits inférieurs à $5 \text{ m}^3/\text{j}$ (source de Jumel captée par le SEBA, source de Gournier captée par St-Michel-de-Boulogne...).

Le forage d'Aigues Freydes dispose d'un débit d'exploitation d'environ $25 \text{ m}^3/\text{h}$ pour l'AEP communale de Vesseaux. Le forage a une profondeur de 213,5 mètres. Il a débuté dans les calcaires du Lias pour finir dans le Trias supérieur. Le niveau piézométrique au repos est à 23 m sous la surface, et le rabattement en exploitation est de l'ordre de 130 m.

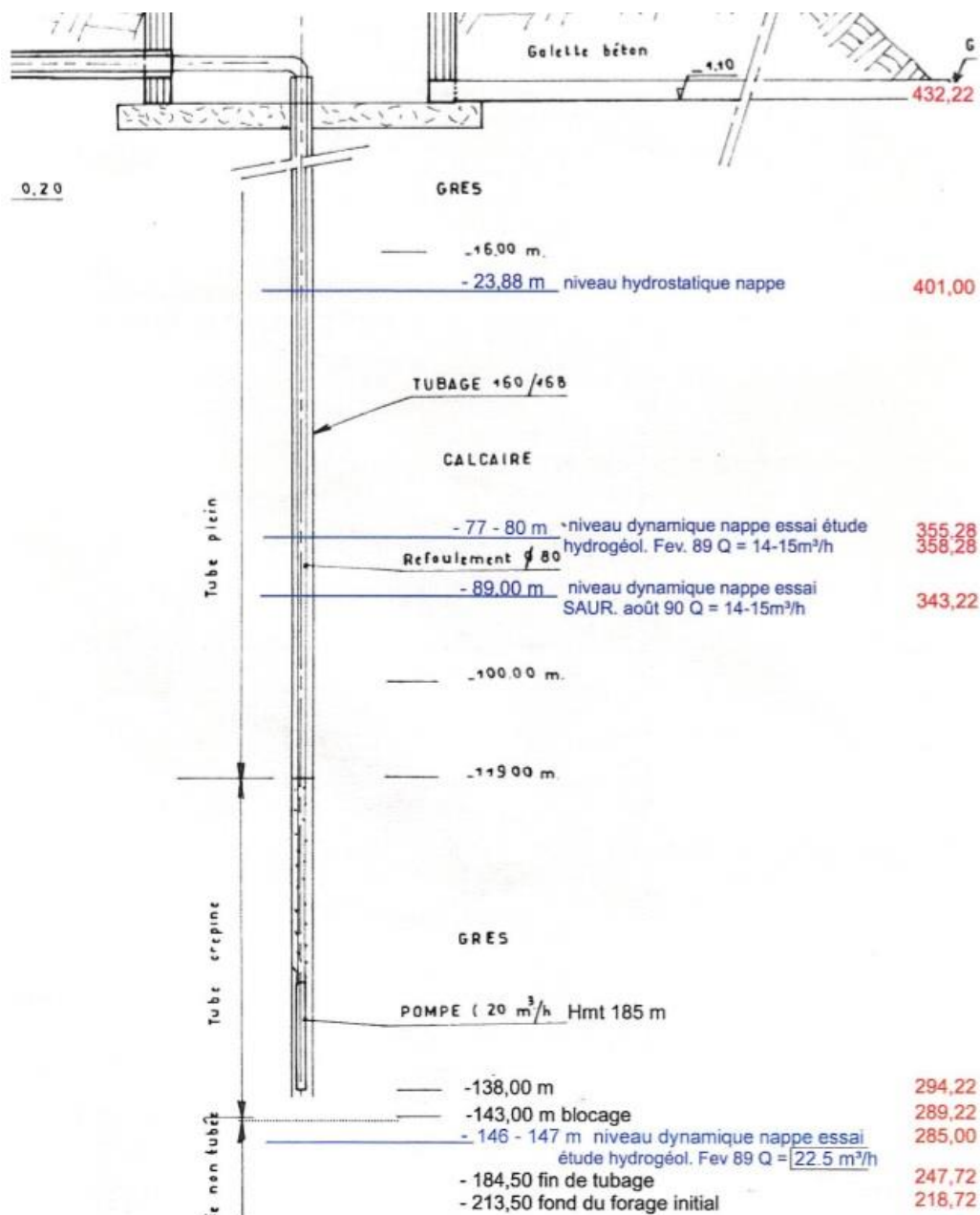


Figure 123: coupe technique du forage Aigues Freydes (RCI, 2012)

D'autres points de captage sont répertoriés en AEP comme le forage du Domaine du Taillé à Vesseaux (prélèvement moyen de 7 m³/j) mais pour certains nous ne disposons d'aucune donnée en terme de débit exploitable.

Les points d'eau d'importance sur cette unité aquifère sont surtout représentés par les nombreux forages agricoles profonds exploités à des débits compris entre 15 et 60 m³/h :

- le forage, lieu-dit Fauget à Vesseaux, a atteint 420 m de profondeur pour un débit exploité de 20 m³/h
- le forage au lieu-dit Valette à Vesseaux exploite l'aquifère triasique à hauteur de 60 m³/h
- le forage de la Blachette à Vesseaux, exploite l'aquifère triasique à hauteur de 25 m³/h.
- le forage du Chambon à Vesseaux, exploite également l'aquifère triasique à hauteur de 17 m³/h

A noter également, la présence du forage de Combe Chaude à Saint-Etienne-de-Boulogne. Cet ouvrage d'une profondeur avoisinant les 100 mètres a recoupé dans sa quasi-totalité les terrains liasiques avec une possibilité pour qu'il ait été arrêté au sommet des grès du Trias supérieur. La minéralisation caractérise une eau provenant des terrains calcaires plutôt qu'une eau provenant du Trias [49]. Les arrivées d'eau notées en foration indiquent que l'aquifère exploité reste celui du Lias avec un débit testé jusqu'à 18 m³/h et un niveau statique proche de la surface. Les analyses ont montré que la teneur en coliformes et la turbidité n'étaient pas conformes. Le prélèvement ayant été fait un jour de forte pluie et l'emplacement correspondant à une zone de transit de bétail, on note ici une probable relation quasi-directe avec la surface. Les risques de pollution sont essentiellement représentés par les relations entre l'aquifère et les cours d'eau superficiels : le ruisseau de la Conchy et celui de Combe-Chaude [49]. Cet ouvrage a été abandonné, la procédure de mise en conformité n'ayant pas été poursuivie.

Les forages ont pour la plupart rencontré l'aquifère triasique en profondeur qu'ils aient débuté ou non dans le jurassique. La position des forages indique bien que les ouvrages disposant d'un débit intéressant sont tous disposés à l'aval pendage du massif triasique, sous couverture ou non. Cette configuration permet évidemment de bénéficier d'un aquifère ayant un bassin d'alimentation plus large et une mise en charge permettant de disposer de niveaux statiques assez hauts dans les forages (idéal pour l'exploitation d'eau avec une pompe immergée).

4.3.4. Echanges nappe/rivière

Aucun élément concernant les échanges nappe/rivière n'est répertorié dans la bibliographie. Cependant, il serait intéressant de savoir si les cours d'eau localisés sur le secteur participent à l'alimentation de l'aquifère triasique en période de hautes eaux.

4.3.5. Qualité des eaux

Cette unité se compose d'un aquifère karstique jurassique et de plusieurs aquifères différents dans les formations variées du Trias. Ici seul le Trias supérieur est capté. Les deux aquifères exploités sont d'une manière générale de bonne qualité, sans tares dues à la géologie, contrairement au Trias moyen et inférieur sur certaines autres unités. Le Lias et le Trias supérieur ont une qualité suffisamment bonne, au moins pour l'irrigation voire pour l'AEP pour lesquels ils sont exploités.

Les eaux qui circulent dans les calcaires du Lias ont *a priori* un faciès bicarbonaté calcique et une minéralisation qui évolue en fonction du magasin aquifère et de leur parcours au sein des formations géologiques externes. Dans notre cas, les conductivités sont comprises entre 270 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

On peut supposer une certaine sensibilité du karst du Lias aux pollutions anthropiques, spécialement bactériologiques, à cause des fortes vitesses de transfert et de l'absence de filtration, et sans doute des problèmes de MES et de turbidité après des phénomènes de fortes pluies, comme pour l'analyse du Forage de Combe-Chaude du 7 novembre 1994.

Pour le Trias, le faciès chimique est variable, et les conductivités sont de l'ordre de 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A l'affleurement le Trias supérieur dispose d'une certaine filtration grâce aux grès, mais plus en profondeur les drains de pseudo-karstification peuvent être des vecteurs rapides de pollutions. De plus, la zone d'alimentation est peu connue, de même que le rôle des failles, ce qui rend difficile d'appliquer des mesures de protection à la ressource. Enfin, le rôle et la qualité des deux aquifères triasiques sous-jacents ne sont pas connus. On peut supposer que le confinement du Trias entraîne une augmentation de la température et des concentrations en éléments chimiques, sachant que la qualité des deux autres étages est plutôt sujette à caution sur certaines autres unités.

4.3.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

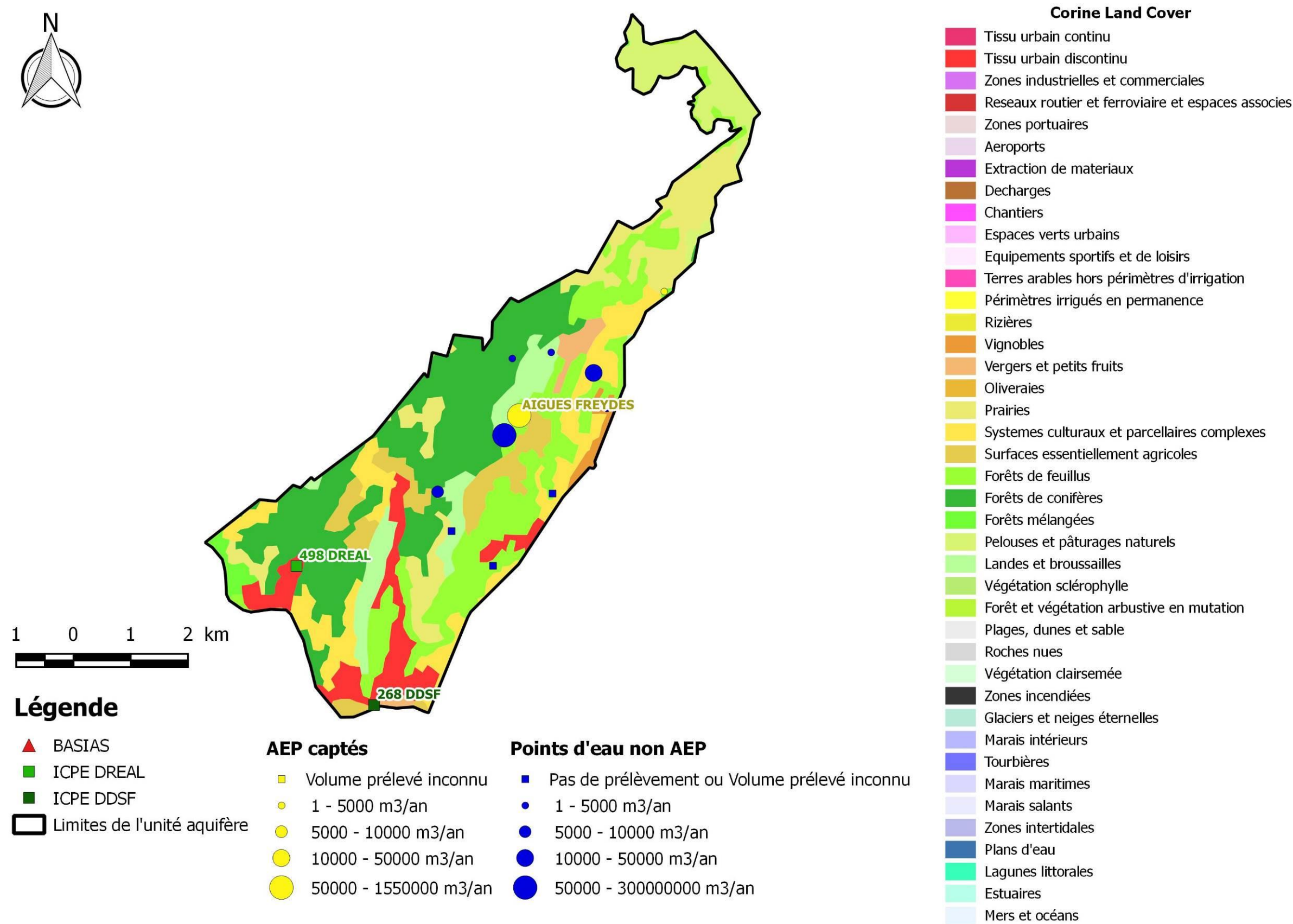
La vulnérabilité intrinsèque désigne la sensibilité d'un aquifère face à une contamination d'origine anthropique. On trouve une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne le karst liasique et les pseudo-karstifications du Trias supérieur. La vulnérabilité est un peu moindre pour la partie gréseuse du Trias supérieur lorsqu'il est à l'affleurement grâce à l'aspect filtrant de cette roche. De même, à l'est de l'unité, les karsts en partie alimentés par les fissures des basaltes du Coiron peuvent parfois bénéficier d'une bonne filtration par un niveau de scories (Combémoré, La Faye).

L'occupation des sols est variée dans cette unité (Figure 124 et Tableau 39), avec forêts (conifères et feuillus), des prairies et systèmes culturels complexes. A noter l'existence d'un tissu urbain discontinu dans le sud de l'unité. L'augmentation du nombre d'habitants engendrera probablement dans le futur, une augmentation de ce tissu urbain.

Type d'occupation des sols	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	2,516	7,63%
221 : Vignobles	0,339	1,03%
222 : Vergers et petits fruits	0,499	1,51%
231 : Prairies	3,680	11,16%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	3,840	11,64%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	2,120	6,43%
311 : Forêts de feuillus	6,300	19,10%
312 : Forêts de conifères	8,974	27,20%
313 : Forêts mélangées	0,373	1,13%
321 : Pelouses et pâturages naturels	2,097	6,36%
322 : Landes et broussailles	2,211	6,70%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,039	0,12%
	32,989	100,00%

Tableau 39 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Vesseaux

Deux ICPE sont présentes (dont une carrière), et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé.



4.4. L'unité Ailhon

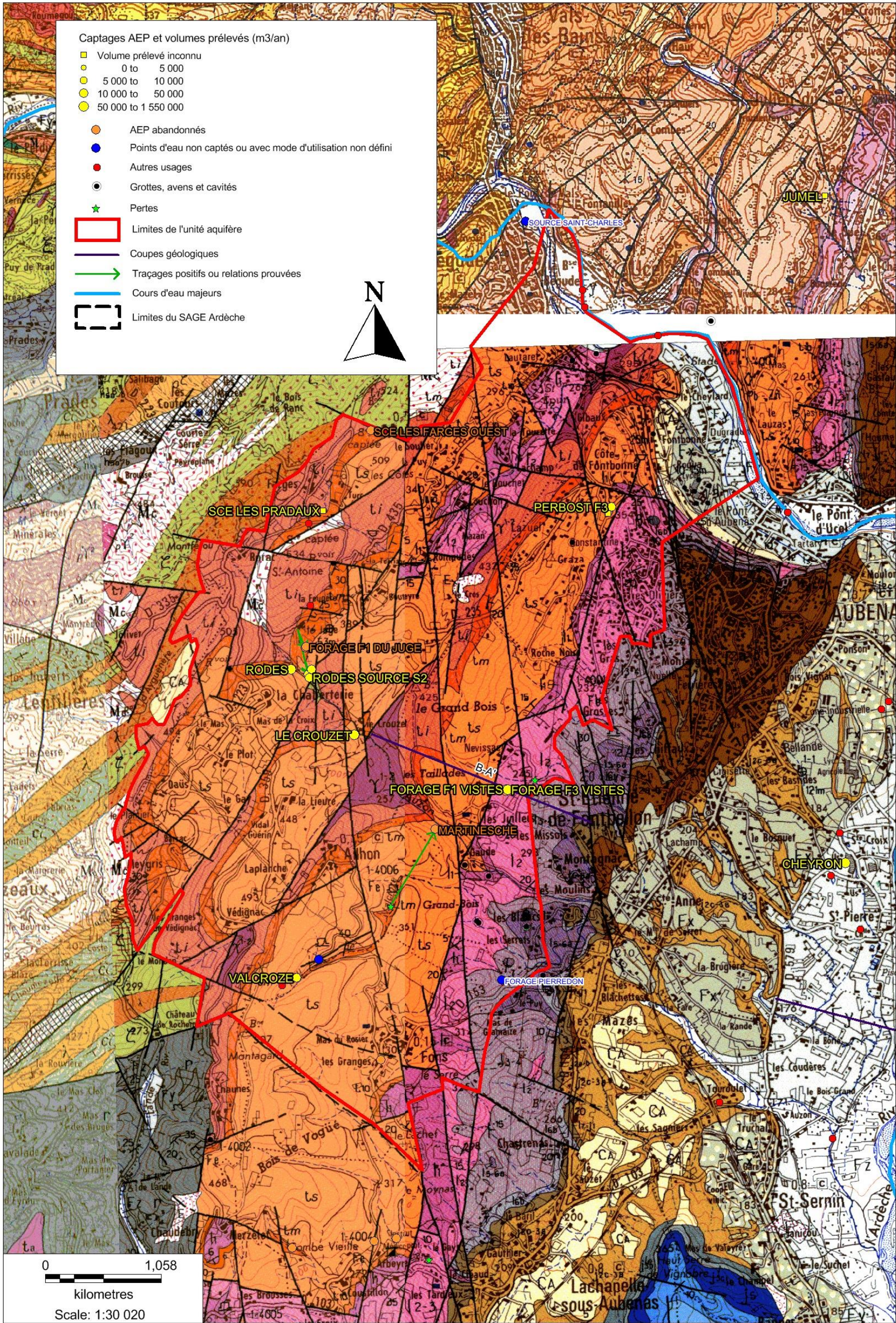
4.4.1. Présentation et délimitation de l'unité

L'unité aquifère « Ailhon » comprend au moins en partie les communes d'Ailhon, Mercuer, Saint-Sernin, Saint-Etienne-de-Fontbellon, Fons et Aubenas. Elle couvre une surface d'environ 25 km².

Les limites de l'unité sont les suivantes :

- Au Nord : La rivière Ardèche ayant découpé le massif triasique
- Au Sud, la limite (bien que difficile à déterminer précisément) correspond à une fracture majeure, en partie masquée, plurikilométrique d'orientation NO-SE ou N130° (limite arbitraire).
- A l'Est, l'unité a été volontairement agrandie vers l'Est en incluant une partie des terrains liasiques jusqu'aux terrains attribués à l'Hettangien (limite arbitraire).
- A l'Ouest, l'unité aquifère s'arrête à la limite entre les terrains triasiques et le socle cristallin.

Du point de vue géologique, on retrouve les trois étages du Trias mais également, à quelques endroits, le socle cristallin représenté par les granites à biotite. Ces derniers affleurent par un réseau de failles complexes. Les formations triasiques forment une structure monoclinale de pendage moyen de 20° vers le Sud-Est. A l'Est, le Jurassique inférieur (Lias) est représenté par les couches de calcaires du Sinémurien et de l'Hettangien.



4.4.2. Hydrogéologie

En ce qui concerne l'hydrogéologie, les différents jeux de failles permettent une bonne circulation des eaux au sein des terrains triasiques et liasiques. L'unité aquifère englobe l'ensemble des trois sous-étages du Trias. Attention tout de même, les eaux du Trias inférieur sont bien connues en Ardèche pour être chargées en éléments indésirables : sulfates, magnésium et fer par altération des sulfures (pyrite, chalcopryrite).

4.4.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Comme pour l'unité Vesseaux, les ressources en eau les plus importantes de l'unité Ailhon sont accessibles par forage. L'aquifère productif reste localisé au sein du Trias et notamment lorsqu'il est sous couverture. Les zones faillées et fracturées augmentent les chances de recouper des venues plus importantes.

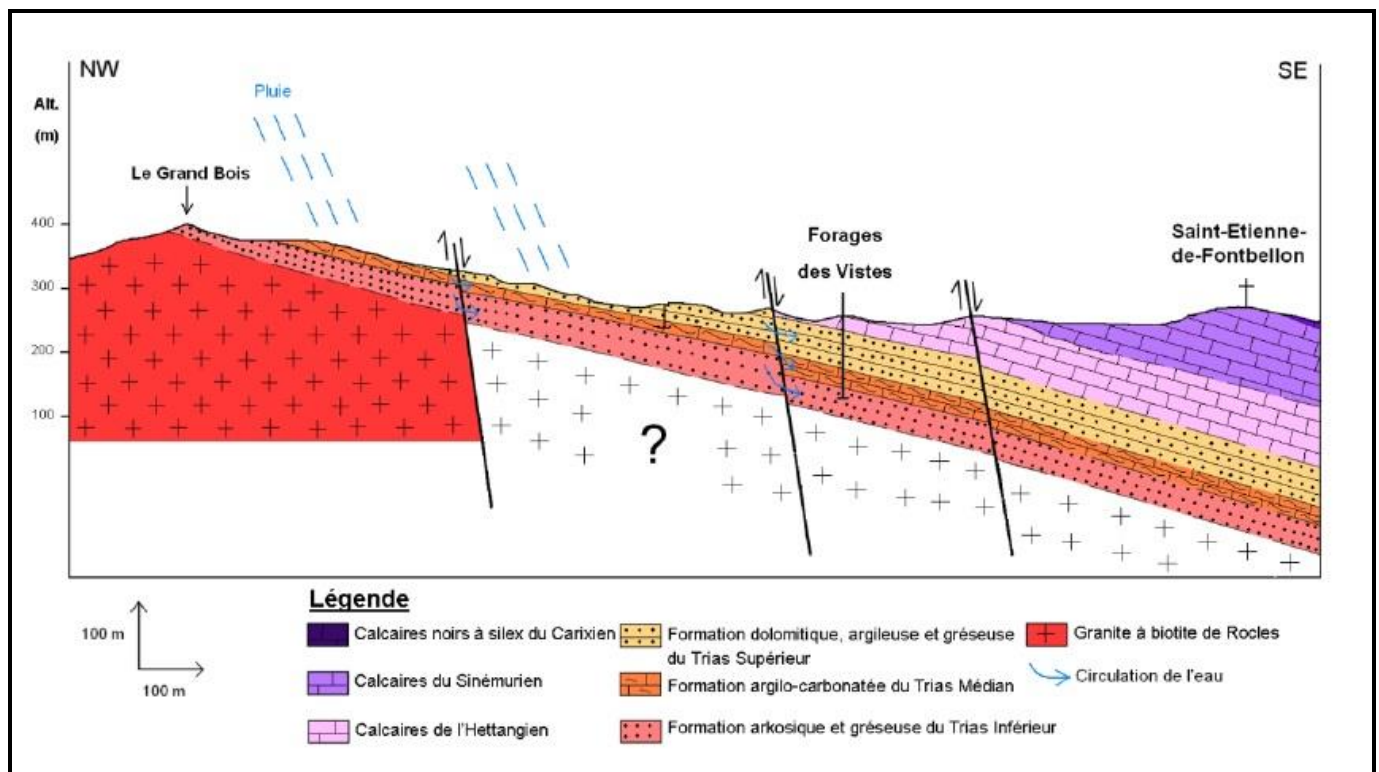


Figure 126 : coupe géologique (B-A') du secteur des forages des Vistes à Saint-Etienne-de Fontbellon (BRGM, 2013[50])

A noter tout de même qu'il existe un certain nombre de sources disposant de débits importants (sources de Rodes à Ailhon et à Mercuer, source du Crouzet à Ailhon, source de Martinesche à Saint-Etienne-de-Fontbellon...). Les débits d'étiages sont compris entre 1 m³/h et 20 m³/h. Ces sources émergent pour la plupart au sein du Trias moyen qui a été entaillé par les ruisseaux du secteur (ruisseau de Valcroze, l'Auzon...). Le Trias moyen est le siège d'une pseudo-karstification importante au sein des calcaires dolomitiques médians. Il faut noter que ces réseaux pseudo-karstiques peuvent être plus ou moins développés. Une attention particulière doit donc être portée aux circulations superficielles notamment

sur les relations entre les ruisseaux et les ressources souterraines (ex : La source de Martinesche, alimentée en partie par les pertes du ruisseau de Valcroze cf. avis de G. NAUD [51] sur ladite source de Martinesche anciennement exploitée par le SIAE St-Etienne de Fontbellon/St-Sernin).

La recharge du Trias se fait par les précipitations dans les zones où il affleure. Le rôle des grandes failles tectoniques dans l'alimentation du Trias est fort probable. Certaines de ces failles mettent en contact les formations du Trias et du Lias et jouent donc un rôle dans la recharge de l'aquifère[50]. Par ailleurs, les formations du Trias sous couverture du Lias peuvent être alimentées par ce dernier qui n'est à priori pas imperméable.

Par endroit, l'exutoire des eaux traversant le Trias supérieur se trouve au contact avec le niveau argileux du Trias moyen, c'est notamment le cas pour la source du Crouzet à Ailhon[43].

Il n'y a pas d'exutoire principal connu pour cette unité.

De plus, les terrains présents sur cette unité ont été affectés par de nombreuses failles plurikilométriques d'orientations Nord-Sud et Est-Ouest, ce qui permet un drainage souterrain important. Il faut également noter la remontée du socle cristallin au sein de la masse triasique, au Nord du village d'Ailhon, dans la vallée de l'Auzon. Cette remontée cristalline joue également un rôle d'écran, moins perméable, ce qui peut également expliquer la présence de grosses sources en amont de cette barrière naturelle notamment pour les sources situées au niveau de l'ancien Abbaye du Crouzet à Ailhon.

Les sources d'importance sont localisées dans le bassin du ruisseau de l'Auzon entre les communes d'Ailhon/Mercuer et Saint-Etienne-de-Fontbellon. L'Auzon a en effet entaillé cette vallée recoupant ainsi les différents sous-étages du Trias laissant parfois entrevoir le socle cristallin comme à proximité des captages de Rodes.

Quelques grottes présentent des développements importants mais surtout au sein des calcaires liasiques et jurassiques en limite Est de notre système comme le Trou des Jeunes à Saint-Etienne-de-Fontbellon, (grotte se développant au sein des calcaires liasiques, présentant un développement de l'ordre de 1300 mètres cf. carte ci-contre).

Les connaissances spéléologiques sont limitées par le nombre réduit de cavités reconnues.

A l'extrémité nord de la zone, on peut citer la grotte BSN qui est une résurgence de faible développement mais dont le débit à l'étiage est estimé à 0,25 l/s.

Au centre de l'unité, on trouve le Trou des Jeunes qui se développe sur 1 300 mètres de conduit de faible dimension. La cavité est parcourue par un ruisseau pérenne d'environ 0,25 l/s alimenté par des pertes d'un ruisseau extérieur.

Il existe peu de galerie pénétrable au sein de l'unité « Ailhon ». Les phénomènes de pseudo-karstification se trouvent essentiellement au sein du Trias moyen. La présence de sources aux débits importants, localisées au sein des calcaires dolomitiques du Muschelkalk permet de renseigner sur la présence de réseaux pseudo-karstiques.

L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 4.2 km de linéaire. Voici les réseaux importants connus à ce jour :

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
NOM	Commune	SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
AILHON (de l'Ardèche à la Ligne)						
Brousses rivière souterraine des)	Vinezac	oui	permanent		749	22
BSN (grotte)	Labegude	non	permanent	source		
Jeunes (trou des - 2 fiches)	St Etienne de Fontbellon	3	temporaire		1300	
Jeunes (trou des - 2 fiches)	St Etienne de Fontbellon	oui	temporaire	source	1300	
Labyrinthe (grotte du)	St Etienne de Fontbellon	non	permanent	perte	390	-8
Missols (grotte les)	St Etienne de Fontbellon	non	permanent	source	180	
Boude (Fontaine de)	Vinezac	oui	temporaire	source	285	-16
Chapelle (grotte de la)	La Chapelle sous Aubenas	non	temporaire	perte		80

Tableau 40 : inventaire bibliographique des cavités en eau de l'unité Ailhon (Source : CDS07)

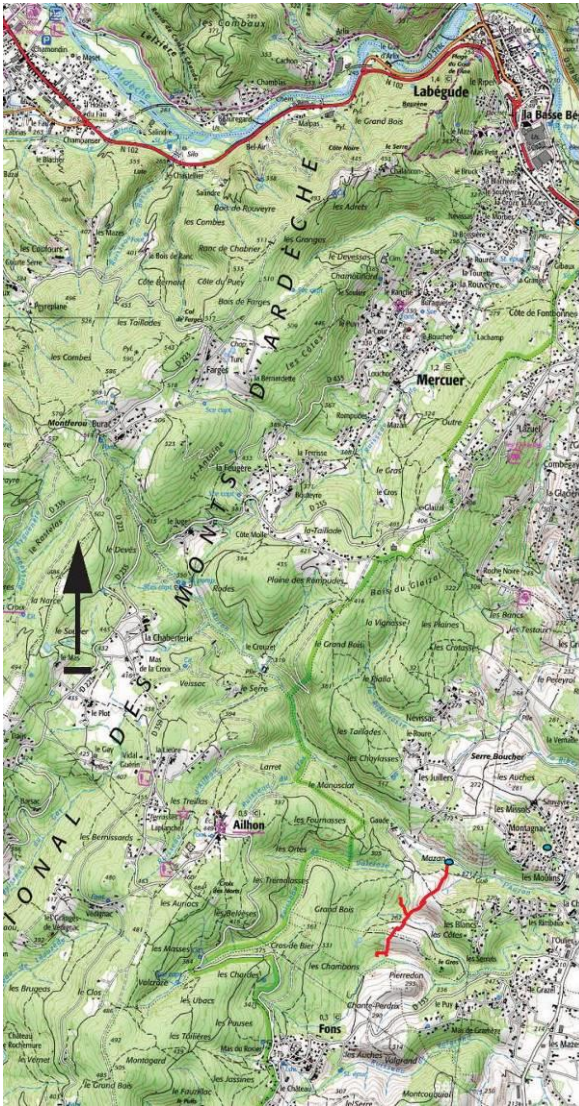


Figure 127 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Ailhon (Source : CDS 07)

4.4.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Cette unité est dépourvue d'un réseau de piézomètres. Plusieurs essais de pompages ont été réalisés au sein de l'unité, les niveaux statiques mesurés dans les ouvrages sont synthétisés ci-après :

Les Vistes F1	Statique: -23,725 m/TN (le 23/03/2015)
Les Vistes F2	Statique: -24,61 m/TN (le 18/03/1991)
Les Vistes F3	Statique: -22,89 m/TN (le 23/03/2015)
Pierredon	Statique: -6,44 m/TN (le 23/03/2015)
Le Juge F3	Statique: artésianisme de l'ordre de 1 m3/h (le 05/07/1994)
Perbost	Statique: -84 m/TN (le 24/02/2009)

Tableau 41 : niveaux statiques des ouvrages de l'unité Ailhon

La réalisation d'une piézométrie n'est pas aisée notamment due au phénomène de drainance entre les trois étages du Trias. Il serait judicieux d'établir un réseau assez dense de piézomètres afin de réaliser le détail de la nappe captée et/ou avoir la confirmation qu'il n'y ait pas d'échanges.

La direction générale de l'écoulement suit le pendage des formations triasiques vers le sud-est.

4.4.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Les différents essais de pompages au niveau des forages des Vistes à Saint-Etienne de Fontbellon[52, 53, 54, 55], de Pierredon à Saint-Sernin[56] et du Juge à Mercuer [57] nous renseignent sur les valeurs de transmissivité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Les Vistes F1 du 05/03 au 9/03/1985 51,43 m3/h	Valeurs de transmissivité comprises entre $T = 7,64.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ et $T = 1,52.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Les Vistes F2 du 25/06 au 28/06/1991 20,5 et 23,5 m3/h	$Q = 20,5 \text{ m}^3/\text{h}$ $T = 2,6.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ $Q = 23,5 \text{ m}^3/\text{h}$ $T = 1,7.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Les Vistes F3 du 09/03 au 12/03/2005 30, 40 et 50 m3/h	Valeurs de transmissivité comprises entre $T = 2.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et $T = 6.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
Pierredon du 13/03 au 15/03/1991 31,68 m2/h	$T = 4,35.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ Remontée $Tr = 1,46.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Le Juge F3 du 05/07 au 06/07/1994 21 m3/h	$T = 6,2.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

Tableau 42 : valeurs connues des paramètres hydrodynamiques des forages de l'unité Ailhon

La modélisation des essais de pompages par le BRGM lors du projet PRESCRIRE en 2013[50] présente les résultats synthétisés dans le tableau suivant pour les forages des Vistes :

Elément	Unité	"Vistes 1"	"Vistes 2"	"Vistes 3"	Commentaire
T	m ² /s	4.50E-03	5E-04	4.20E-03	Transmissivité de l'aquifère capté
S	-	2E-03*	3.50E-05*	2E-03*	Coefficient d'emménagement de l'aquifère capté (valeur de calage)
T0	m ² /s	3E-05	5E-06	5E-05	Transmissivité de l'aquitard
Sy	-	1E-02	3E-02	1.30E-02	Coefficient d'emménagement de l'aquitard (valeur de calage)
k'	m/s	1.50E-06	5E-05	5E-05	Perméabilité du niveau semi-perméable
e'	m	1	1	1	Epaisseur du niveau semi-perméable
pdc	m ⁻⁵ /s ²	10500	820000	8500	Pertes de charges quadratiques
Distance limite 1	m	104	262	100	Distance entre le puits et la limite 1 (valeur de calage)
Distance limite 2	m	104	262	100	Distance entre le puits et la limite 2 (valeur de calage)
Distance limite 1	min	20	20	20	Temps nécessaire pour atteindre la limite 1 (valeur de calage)
Distance limite 2	min	20	20	20	Temps nécessaire pour atteindre la limite 2 (valeur de calage)
Effet de capacité	m	0.1	0.2	0.1	Prise en compte de l'effet de capacité

Tableau 43 : récapitulatif des résultats de la modélisation des 3 forages (BRGM, 2013)

Le forage F3 du Juge a une transmissivité de $6,2 \cdot 10^{-4}$ m²/s pour le premier cycle logarithmique. La valeur du second cycle ayant été obtenue par extrapolation du rabattement sur le début du cycle, elle n'est pas retenue.

Ces valeurs sont élevées et assez représentatives des formations du Trias.

Il existe quelques traçages au sein de notre unité, ils ont été listés ci-dessous :

- Traçage positif (à priori) depuis les pertes du ruisseau de Valcroze à Ailhon jusqu'à la source captée de Martinesche à Saint-Etienne-de-Fontbellon (nous ne disposons d'aucun rapport concernant ce traçage, il est simplement mentionné dans le rapport de G. NAUD sur la source captée en date du 04/01/1994)[51].
- Traçage du BE HYDROC effectué au mois de mai 1997, depuis le ruisseau du Clos à Ailhon, en eau durant l'injection (120 à 240 l/h). Injection d'eau total 3 kilogrammes de fluorescéine dans le

ruisseau à environ 630 mètres à l'Ouest de la source de Martinesche. Le traçage a été suivi à l'aide de fluo-capturs placés au niveau de la source de Martinesche. Le traçage conclut à une présence « probable mais faible de fluorescéine » à l'exutoire de la source de Martinesche (teneurs non précisées). Les résultats d'analyses des fluocapturs étant incertains, les résultats en sont donc peu fiables. Les conclusions du traçage incitent tout de même à inclure le ruisseau du Clos dans le bassin d'alimentation de la source [58]. **Nous ne tiendrons pas compte des résultats de ce traçage étant donné l'incertitude des résultats obtenus.**

- Traçage positif du BE RABIN entre le ruisseau de Faugère à Mercuer et les sources S1 et S2 de Rodes captées pour l'AEP du SIAE d'Ailhon/Mercuer. En janvier et avril 2002, injection de 50kg de NaCl dans le ruisseau de Faugère. La restitution du traceur a été suivie en différents points à l'aide de conductimètres enregistreurs. Les sources S1 et S2 sont donc impactées par le passage du traceur avec un temps de transit relativement court depuis le point d'injection dans le ruisseau (45 min pour 69 mètres entre le point d'injection et le point de suivi). Cependant, le traçage conclut à une faible part d'alimentation du ruisseau étant données le pic de conductivité noté aux sources S1 et S2 alors que celui suivi dans le ruisseau a été très élevé[59].
- Traçage à la fluorescéine depuis un puits perdu du hameau du Juge à Mercuer avec restitution au niveau des 3 forages du Juge à Mercuer (traçage Géoplus 1997, mentionné dans l'avis de A. BARAT d'octobre 1997 sur les périmètres de protection des forages du Juge). Relation rapide entre le point d'injection et les forages (artésiens lors du traçage) avec un temps de transit de 2 à 5 jours. L'impact des sources de Rodes à Mercuer est certainement dû au fait que l'eau des forages du juge (artésiens) impactés par le traceur s'écoulait dans le ruisseau de Faugère, ruisseau en relation (faible) avec les sources de Rodes (cf. traçage BE RABIN en 2002 pour la source de Rodes à Mercuer).

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Pertes du Ruisseau de Valcroze	Source de Martinesche			
Ruisseau du Clos	Exutoire source de Martinesche (incertain)	3 kg (fluorescéine)		
Ruisseau de Faugère	Sources S1 et S2 de Rodes (faible part d'alimentation)	50 kg (NaCl)	45 minutes	92 m/h
Puits perdu hameau du Juge	3 forages du Juge	(fluorescéine)	2 à 5 jours	

Tableau 44 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Ailhon

4.4.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Dans l'unité aquifère « Ailhon », il existe sans nul doute un potentiel aquifère important. L'Auzon a érodé les formations triasiques (allant jusqu'à mettre à jour le socle à certains endroits) créant ainsi des exutoires naturels aux aquifères triasiques. Il existe sur cette unité un bon nombre de captages importants en termes de débit. Voici les ressources en eau importantes de l'unité actuellement exploitées :

- La source du Crouzet (Ailhon) : Source captée pour l'AEP du SIAE St-Etienne St-Sernin à environ 10 m³/h en moyenne sur l'année. A noter qu'une grosse source non captée émerge également dans le lit du ruisseau de l'Auzon au droit de l'ancien Abbaye du Crouzet.
- La source de Rodes (Ailhon) : Source captée pour l'AEP du SIAE St-Etienne St-Sernin à environ 7 m³/h.

- Les sources de Rodes (Mercuer) : Source captée pour l'AEP du SIAE Ailhon/Mercuer avec une moyenne de 2 m³/h de prélèvement.
- Forages des Vistes (2) (St-Etienne-de-Fonbellon) : Forages exploités pour l'AEP du SIAE St-Etienne St-Sernin. Le forage F1 (131 m de profondeur) et F3 (120 m) sont tous deux actuellement exploités à hauteur de 46 et 52 m³/h.
- Forage F1 et F3 de Perbost (Aubenas) : Forages exploités pour l'AEP d'Aubenas. Le forage F1 (106 m) et le forage F3 (160 mètres) présentent tous deux un débit de l'ordre de 35 m³/h.
- Source de Valcroze (Fons) : source exploitée pour l'AEP de la commune de Fons. Débit moyen 2,9 m³/h.

On dénombre plusieurs anciens captages et/ou points d'eau importants sur cette unité :

- **Source de Martinesche** à St-Etienne-de-Fonbellon (*abandonnée et anciennement exploitée par le SIAE St-Etienne St-Sernin*) présentant un débit important mesuré à 90 m³/h en mars 2015.
- **Forage de Pierredon** à St-Sernin (*abandonné par le SIAE St-Etienne St-Sernin*). Forage de 151 mètres testé jusqu'à 32 m³/h. Ouvrage non exploité car eau chargée en fer, sulfates et magnésium (valeurs non-présentées dans la bibliographie).
- **Le forage F2 des Vistes** à St-Etienne-de-Fonbellon (*abandonné par le SIAE St-Etienne St-Sernin*). Forage de 120 mètres abandonné pour cause de turbidité importante, mais il était exploité à un débit de 22 m³/h.
- **Forage F3 du Juge** à Mercuer (*abandonné et anciennement exploité par le SIAE Ailhon-Mercuer*) anciennement exploité à 35 m³/h.
- **Forage F2 de Perbost** à Aubenas (*abandonné et anciennement exploité par Aubenas*). Forage de 104 mètres. Débit exploitable de l'ordre de 45 m³/h (cf. Avis G. NAUD 1996).
- **Sources des Farges** à Mercuer (*abandonnées et anciennement exploitées par le SIAE Ailhon/Mercuer*).

4.4.4. Echanges nappe/rivière

Cette unité comporte quelques pertes notamment au niveau du ruisseau de la Ribeyrasse au sud du secteur des Vistes. Par ailleurs, la relation entre le ruisseau de Faugère et les sources de Rodes a été vérifiée (Rabin, 2002). En outre, un traçage présumé a permis de valider la relation entre les pertes du ruisseau de Valcroze et la source de Martinesche (voir 3.7.2.3). La vallée de l'Auzon concentre un grand nombre de sources qui sont utilisées pour l'AEP. Le fait de dériver ces eaux pour l'alimentation en eau potable a une incidence sur le débit du cours d'eau.

4.4.5. Qualité des eaux

A l'affleurement le Trias supérieur dispose d'une certaine filtration grâce aux grès, mais plus en profondeur les drains de pseudo-karstification peuvent être des vecteurs rapides de pollution. De plus, la zone d'alimentation est peu connue, de même que le rôle des failles, ce qui rend difficile d'appliquer des mesures de protection à la ressource. Enfin, le rôle et la qualité des deux aquifères triasiques sous-jacents n'est pas connu. On peut supposer que le confinement du Trias entraîne une augmentation de la

température et des concentrations en éléments chimiques, sachant que la qualité des deux autres étages est plutôt sujette à caution sur certaines autres unités.

Les eaux des différentes sources de la vallée de l'Auzon et des forages de Perbost ont toutes une minéralisation caractéristique des eaux du Trias. En effet, l'eau est moyennement minéralisée avec une certaine tendance vers les valeurs fortes. Les sources correspondent donc à des eaux dont la circulation s'est faite au contact de niveaux dolomitiques [60], ce qui justifie l'influence du milieu gréseux. Dans les forages F1 et F2 de Perbost, on note la présence de sulfates qui peuvent s'expliquer par l'existence ponctuelle, dans les formations triasiques, de gypse (sulfate de calcium).

En ce qui concerne la qualité bactériologique, la présence de coliformes dans plusieurs sources témoigne d'une infiltration d'eau superficielle. Pour la source de Martinesche, cette contamination est liée à sa relation avec le ruisseau de Valcroze.

Au niveau du forage F3 du Juge, l'analyse chimique en début d'essai de pompage montre des concentrations élevées en Fer et Manganèse qui tendent à réduire au fur et à mesure de l'avancée de l'essai. Ces concentrations semblent liées à une pénétration plus grande des horizons du Trias inférieur[57]. Lors de son exploitation, l'eau pompée était systématiquement traitée pour abaisser les taux de fer et manganèse.

4.4.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

On trouve une vulnérabilité moyenne à très élevée pour ce qui concerne le karst liasique et les pseudo-karstifications du Trias supérieur. La vulnérabilité est un peu moindre pour la partie gréseuse du Trias supérieur lorsqu'il est à l'affleurement grâce à l'aspect filtrant de cette roche.

L'occupation des sols est variée dans cette unité (Tableau 45 et Figure 128), avec forêts (conifères et mélangés) mais aussi des systèmes cultureux complexes et vergers parfois irrigués. A noter l'existence d'un tissu urbain discontinu à l'est de l'unité. Dans le contexte actuel, l'augmentation du nombre d'habitants engendrera probablement dans le futur, une augmentation de ce tissu urbain.

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	3,83	15,40%
231 : Prairies	1,39	5,57%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	2,99	12,01%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	0,61	2,44%
311 : Forêts de feuillus	0,35	1,39%
312 : Forêts de conifères	10,79	43,36%
313 : Forêts mélangées	3,35	13,46%
322 : Landes et broussailles	1,57	6,31%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,02	0,06%
	24,89	100,00%

Tableau 45 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Ailhon

Les ICPE sont rares, et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel Les ICPEs sont rares, et il n'y a ni site pollué, ni site industriel ancien ou actuel recensé.

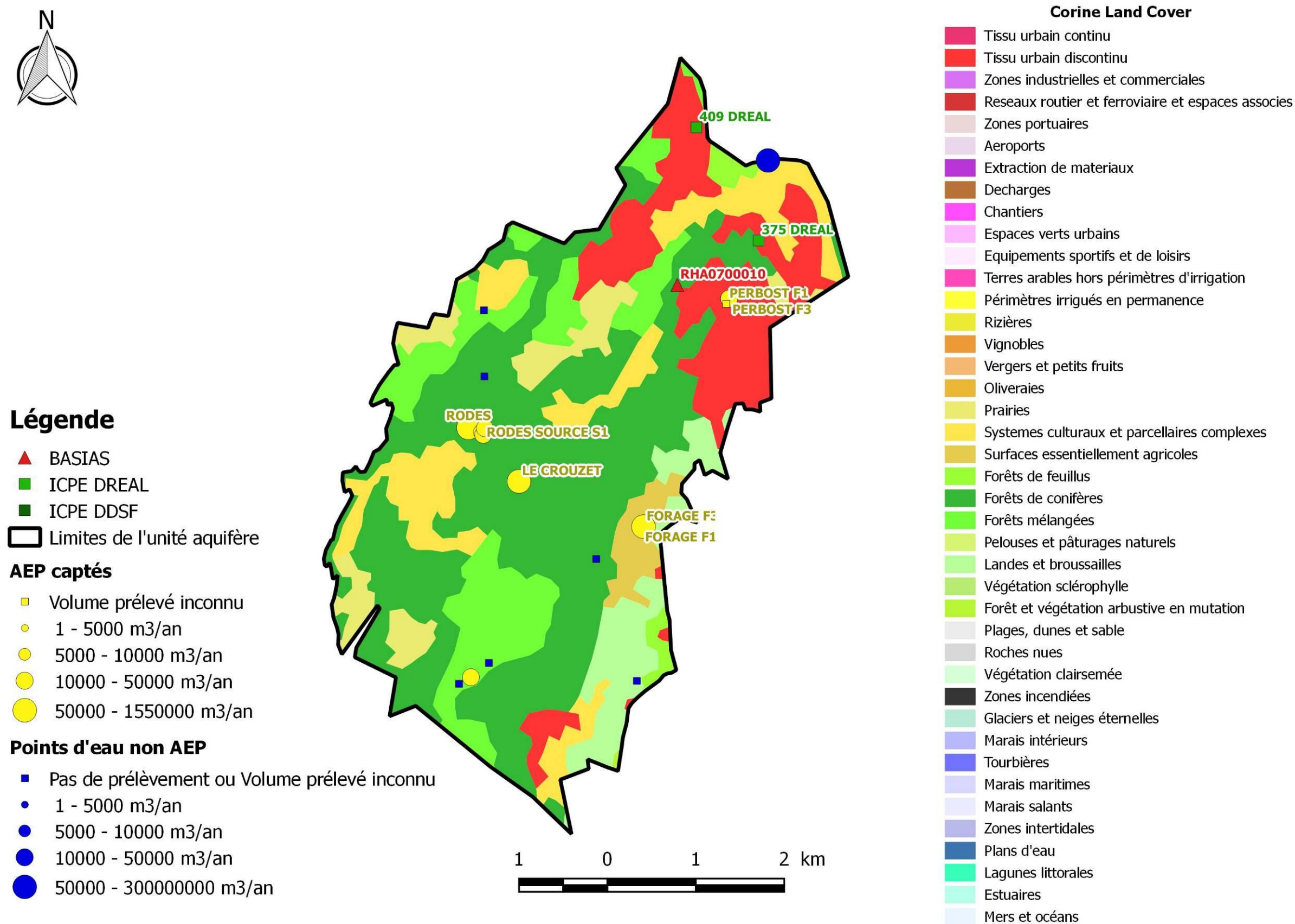


Figure 128 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Ailhon

4.5. L'unité Largentière

4.5.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité, située au milieu de la bande triasique ardéchoise, comprend les communes de Tauriers, Largentière, Chassiers, Vinezac, Uzer, Lachapelle-sous-Aubenas, Fons et une petite partie au Sud de la commune d'Ailhon. Elle couvre une superficie d'environ 27,5 km².

Les limites de cette unité sont :

- Au Nord, le secteur minier de Merzelet sur les communes de Fons et d'Ailhon
- A l'Ouest, la limite a été arrêtée à la jonction entre le Trias et le Permien en incluant les affleurements triasiques de la commune de Tauriers
- Au Sud-Ouest, les vallées du Roubreau et de la Ligne
- A l'Est, la limite a été étendue jusqu'en périphérie des affleurements (ici importants) de l'Hettangien supérieur et du Sinémurien inférieur. Cette limite a été volontairement étendue car il existe quelques points d'eau intéressants au sein du domaine liasique.

Ce secteur, délimité spatialement par des failles, présente à l'affleurement les trois étages du Trias et le début du Lias. La particularité de ce secteur est la présence de nombreuses failles, majoritairement de type cévenol (NE-SW) mais également de direction régordane (NW-SE), et l'existence de nombreux sondages de recherche minière. De ce fait, nous disposons d'une multitude de données lithologiques précises. En revanche, on note une absence quasi totale d'informations hydrogéologiques (venues d'eau rencontrées, débit, aquifère producteur, niveau piézométrique). Seul 6 sondages sur environ 150 présentent des informations sur l'eau. Ces quelques ouvrages sont notés artésiens sur les coupes de sondages ou dans la bibliographie [35, 61, 32].

Comme sur l'ensemble du Trias ardéchois, le pendage général est de 10 à 15° vers le Sud-Est, avec quelques variations locales.

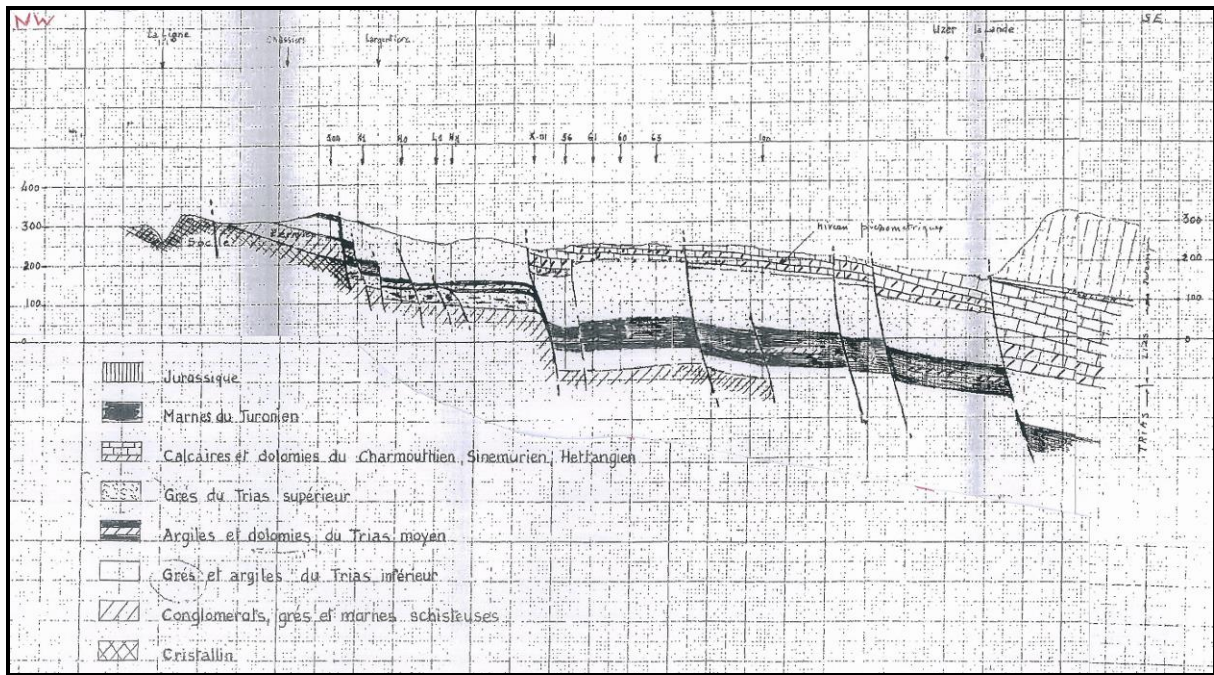


Figure 129 : coupe géologique C-B' de l'unité aquifère de Largentièrre (Burgéap, 1970)

Les failles structurantes de cette unité sont :

- La faille de Malet (NE-SW) qui sépare à l'affleurement le Trias supérieur et le Jurassique. Elle a abaissé le compartiment Est de 100 à 150 m, et l'on observe que le Trias moyen passe de 40 m d'épaisseur à l'Ouest de la faille à 80 à 100 m à l'Est, avec apparition plus fréquente de sulfates.
- Les failles de la Madeleine (NW-SE) et de Largentièrre (NE-SW), qui sont liées aux sources les plus importantes du secteur.

A noter qu'il existe des métaux (blende, galène, pyrite...) dans l'unité « Largentièrre ». Ils sont répartis dans trois horizons métallifères du Trias inférieur et verticalement dans certaines failles. Ces métaux ont fait l'objet d'une exploitation minière dans l'Antiquité Romaine, puis au Moyen Age et à l'Epoque Moderne. La dernière exploitation et la plus importante a été orchestrée par la Société Minière et Métallurgique Penarroja de 1964 à 1981. Cette dernière exploitation a permis d'extraire 340 000 tonnes de plomb, 58 000 tonnes de zinc et 700 tonnes d'argent de 9 millions de tonnes de minerai. Un pompage continu à 250 m³/h était nécessaire pour garder les mines dénoyées, avec un rabattement maximum de 270 m. Plus au nord, le secteur de Merzelet compte des horizons riches en lentilles de fer de tailles métriques qui ont été exploités de 1862 à 1888 [62].

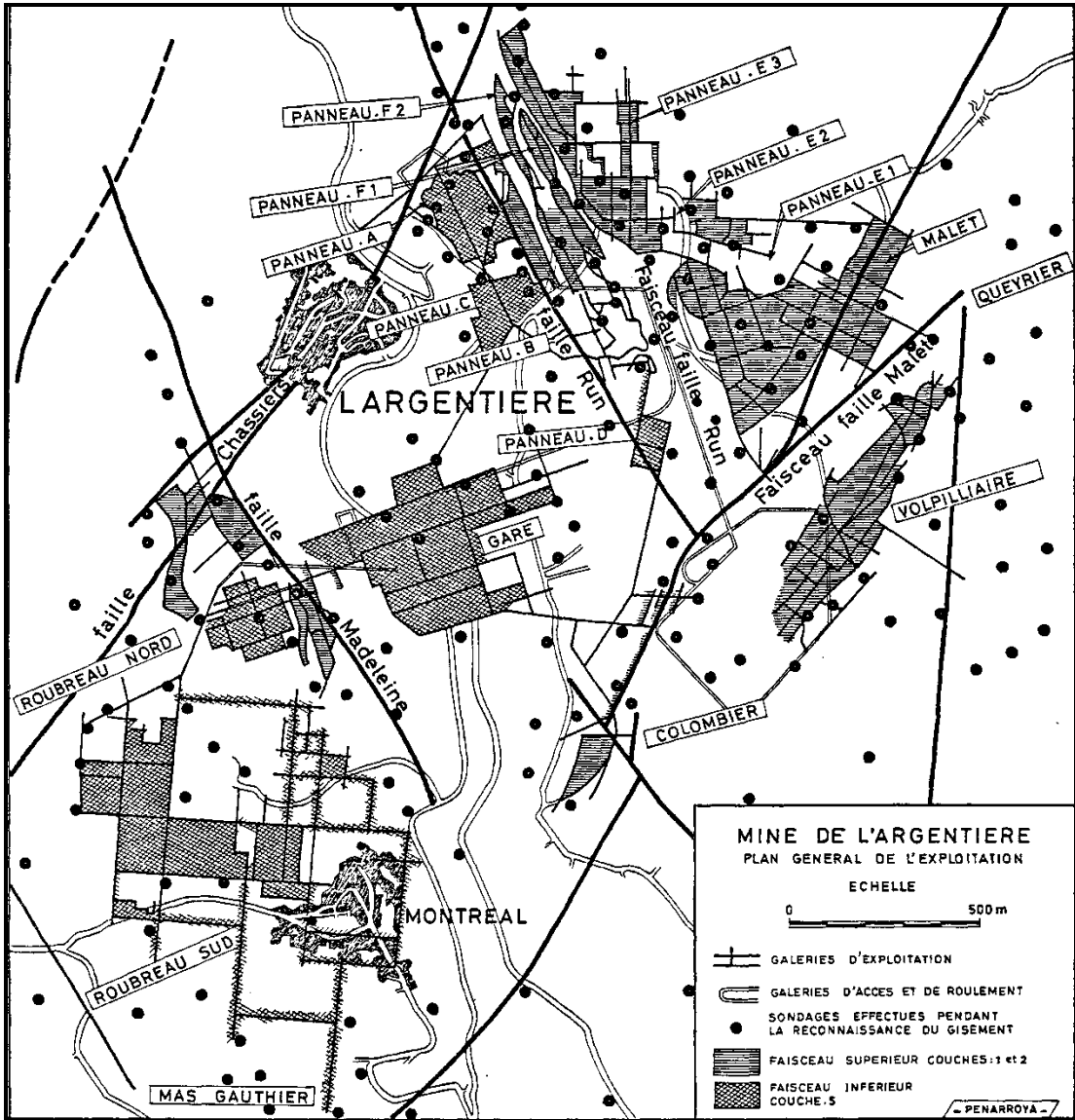
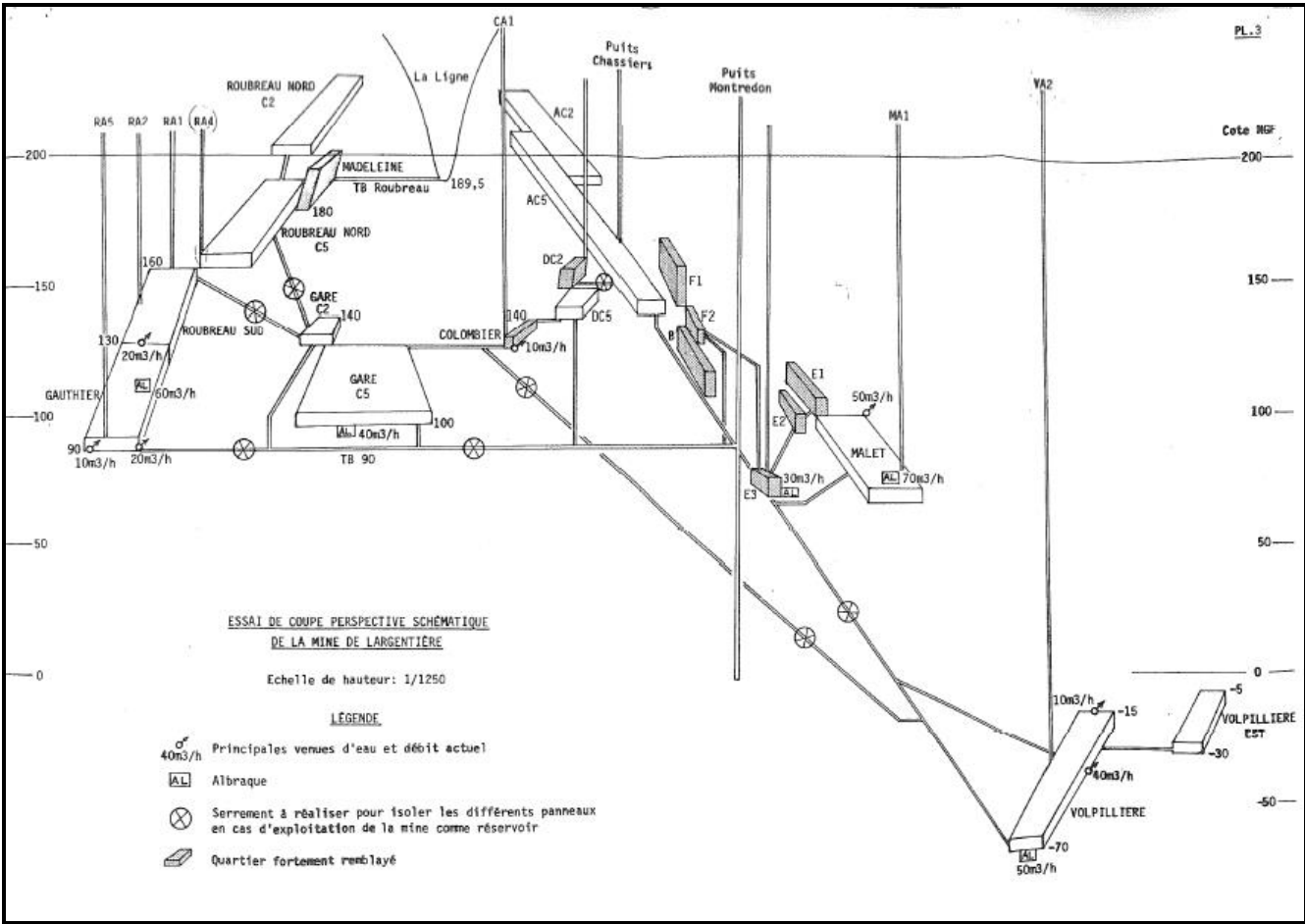


Figure 130 : plan général de l'exploitation minière de Largentière (document Penarroya)



***Figure 131 : essai de coupe perspective schématique de la mine de Largentière
(Source : Burgéap, 1982)***

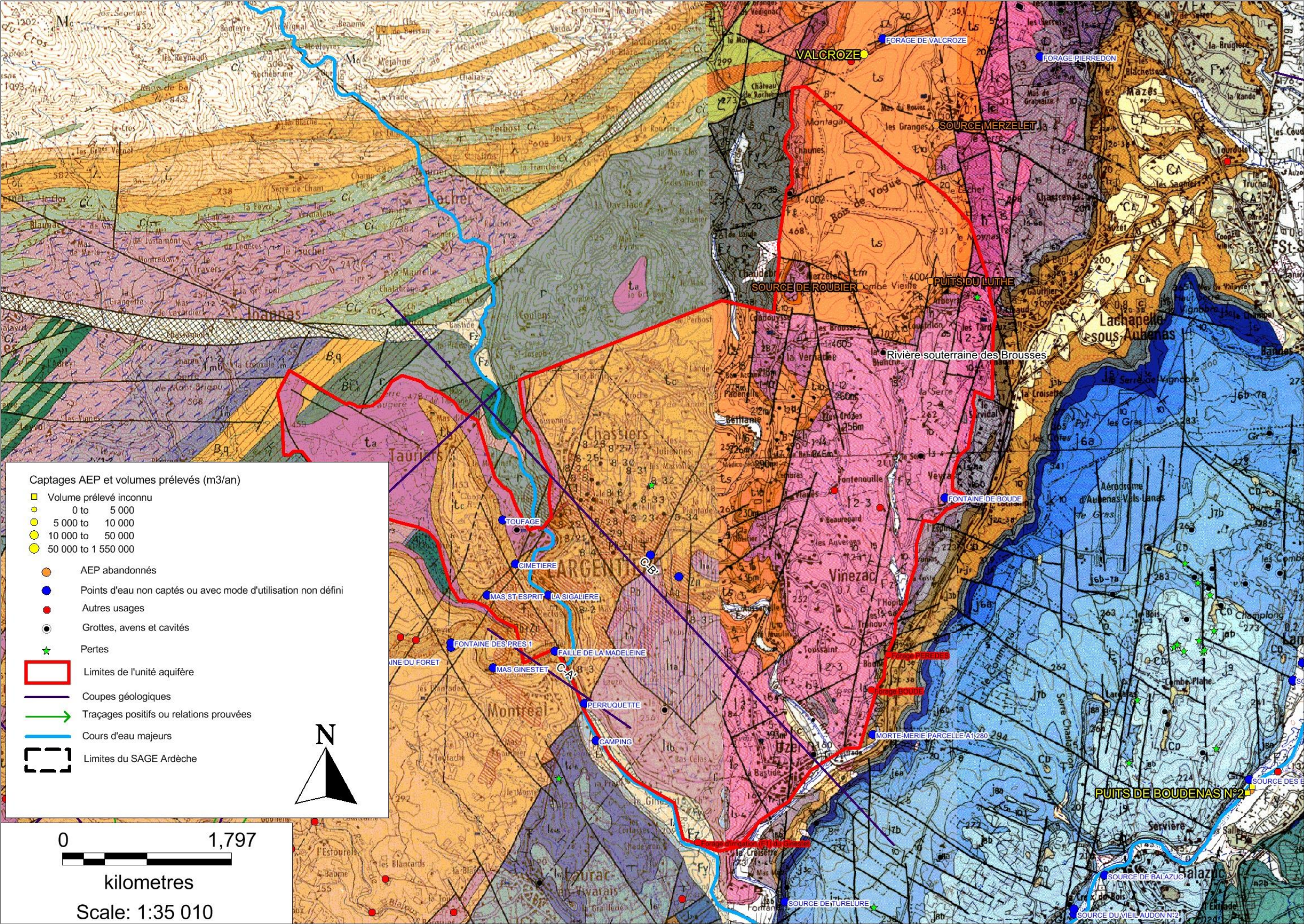


Figure 132 : limite de l'unité Largentière sur fond géologique

4.5.2. Hydrogéologie

4.5.2.1. *Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires*

Dans l'unité « Largentière », les trois aquifères triasiques sont représentés. L'alimentation de chaque aquifère est assurée par les précipitations quand les formations géologiques correspondantes sont à l'affleurement, c'est-à-dire à l'Ouest de la zone pour les Trias inférieur et moyen et quasiment sur toute la zone (hors couverture liasique) pour le Trias supérieur. Il faut aussi noter que les aquifères sont reliés entre eux. En effet, il existe un phénomène de drainance ascendante et descendante depuis le Trias moyen, car il est l'aquifère le plus en charge (voir partie piézométrie).

L'alimentation de l'ensemble triasique a été estimée à environ 10 l/s/km², ce qui correspond en infiltration à une lame d'eau totale d'environ 310 mm par an. Elle a été estimée en premier par BURGEAP en 1970 [34] à partir des données pluviométriques de Joyeuse de 1951 à 1967, des données d'évapotranspiration du C.R.E.G.R. et en posant des hypothèses sur la géomorphologie locale. Elle a aussi été estimée par Jean ROURE [39] d'après le débit de pompage nécessaire pour dénoyer les mines pendant l'exploitation. On retrouve la même valeur, bien que ROURE accorde une part plus importante à l'alimentation des nappes depuis les pertes des cours d'eau qu'à l'infiltration directe lors des précipitations. A noter qu'en période d'étiage la part d'eau souterraine alimentant naturellement les rivières n'est que de 0.5 l/s/km²

Au sein de l'unité « Largentière », on dénombre peu de réseau karstique ou pseudo-karstique connus.

Il existe quelques cavités et grottes pénétrables mais leur développement reste limité notamment pour les grottes situées en domaine triasique. On peut toutefois citer :

- L'ancienne galerie minière où émerge la source dite d'Arbeyre à Lachapelle-sous-Aubenas, cette galerie d'environ 30 à 40 mètres se développe au sein des grès du Trias supérieur. Elle permet d'accéder au puits dit d'Arbeyre, d'environ 100 mètres de profondeur, historiquement capté pour l'AEP.
- La source anciennement captée de Roubier à Lachapelle-sous-Aubenas (SEBA) émerge à la faveur d'une ancienne galerie minière creusée au sein des calcaires dolomitiques du Trias moyen.
- L'ancienne mine de Chaunes situé à Ailhon qui se développe au sein des grès du Trias inférieur.

Dans le domaine jurassique inférieur de l'unité Largentière, on peut citer la rivière souterraine des Brousses à Vinezac dont le débit pérenne est d'environ 2l/s : cette grotte connaît un développement exploré d'environ 700 mètres. Elle débute au sein des calcaires liasiques de l'Hettangien pour se développer au Nord au sein du Trias supérieur. On suppose une relation avec la Fontaine de Boude à Vinezac située environ 1500 mètres plus au Sud.

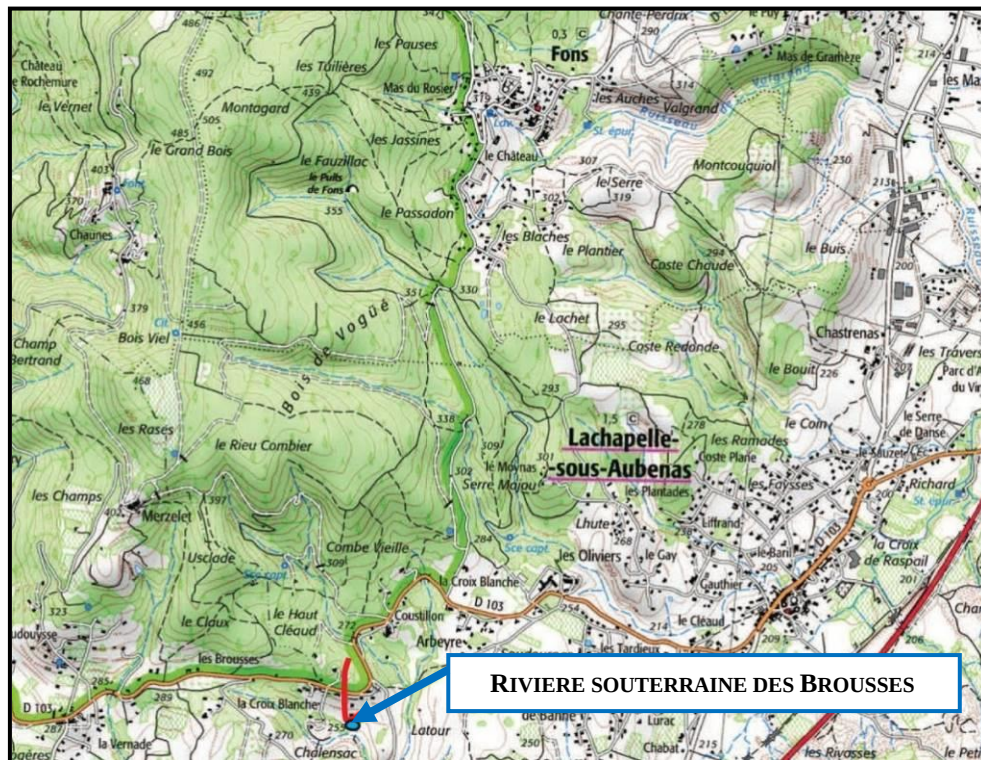


Figure 133 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Largentière (Source : CDS 07)

Les points d'eaux connus importants de l'unité sont présentés ci-après.

Dans la vallée de la Ligne, en aval du village de Largentière, on trouve plusieurs sources issues du Trias moyen en charge, qui sortent à la faveur de failles, notamment :

- La source de la Perruquette à Largentière : principale source d'exhaure des mines. Le débit d'étiage est d'environ $75,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Cette source n'a a priori jamais tari même lors des travaux miniers, alors que le pompage minier a duré pendant environ 20 ans à un débit moyen d'environ $250 \text{ m}^3/\text{h}$. Cette source présente malheureusement des problèmes de qualité qui seront détaillés dans la partie correspondante.
- La source de la Sigalière à Largentière : cette source constitue également un point de sortie des eaux des mines. Son débit d'étiage est d'environ $51,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Elle émerge également au sein du Trias moyen mais ne présente pas aujourd'hui de traces d'une contamination métallique (voir partie qualité).

Le document de la SMMP de 1965 de FOGLIERINI et al [47] présente le cas spécifique de la butte de Montredon (Largentière), dont les charges hydrauliques sont présentées dans la partie suivante. Ce document cite le Trias moyen comme « très aquifère », capté par le forage qui alimentait la laverie de la roche extraite, exploité à $90 \text{ m}^3/\text{h}$.

Le secteur de la butte de Ribemale, éclairé par nos investigations sur le terrain, laisse entrevoir deux points d'eau intéressants : un forage à 10 m³/h (Trias moyen) et une source au débit compris entre 0.3 et 10 m³/h (Trias supérieur).

A proximité de la Lande, aux lieux dits la Queirié, Malet et Roustany, sont connus 6 sondages miniers qui présentent (ou ont présenté) de l'artésianisme. Ils sont présentés dans la partie suivante.

Il n'existe plus aucun captage AEP en service à ce jour au sein de l'unité Largentière. Nous pouvons citer les captages historiquement utilisés pour l'AEP publique :

- Le puits du Luth à Lachapelle-sous-Aubenas (SEBA) : ancien puits creusé afin de recouper les calcaires dolomitiques du Trias moyen. Les données de débit mentionnées dans la bibliographie nous indiquent qu'il pouvait produire environ 3,6 m³/h à l'étiage
- La source de Roubier à Lachapelle-sous-Aubenas (SEBA) émerge à la faveur d'anciennes galeries minières creusées au sein du Trias moyen. Son débit était d'environ 1,3 m³/h à l'étiage
- La source d'Arbeyre à Lachapelle-sous-Aubenas : source qui émerge à la faveur d'un puits ayant certainement atteint le Trias inférieur. Le débit moyen d'exhaure de la source est de 1,8 m³/h. Les données bibliographiques mentionnent que le puits était artésien. On confirme qu'il existe toujours un écoulement à l'exutoire de la galerie.

4.5.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Concernant la piézométrie, on sait qu'au moins dans le secteur de Montredon les aquifères du Trias inférieur et supérieur sont en charge à la côte 200 m NGF et que le Trias moyen est en charge 40 à 50 m plus haut. Ce phénomène a probablement pour origine une alimentation préférentielle du Trias moyen à l'Ouest de notre zone. Ainsi, le Trias moyen est vraisemblablement semi-captif et alimenterait les deux autres aquifères par drainance ascendante et descendante. La charge importante de l'aquifère du Trias moyen est aussi à l'origine des plus grosses sources de l'unité, qui remontent à la surface par des failles.

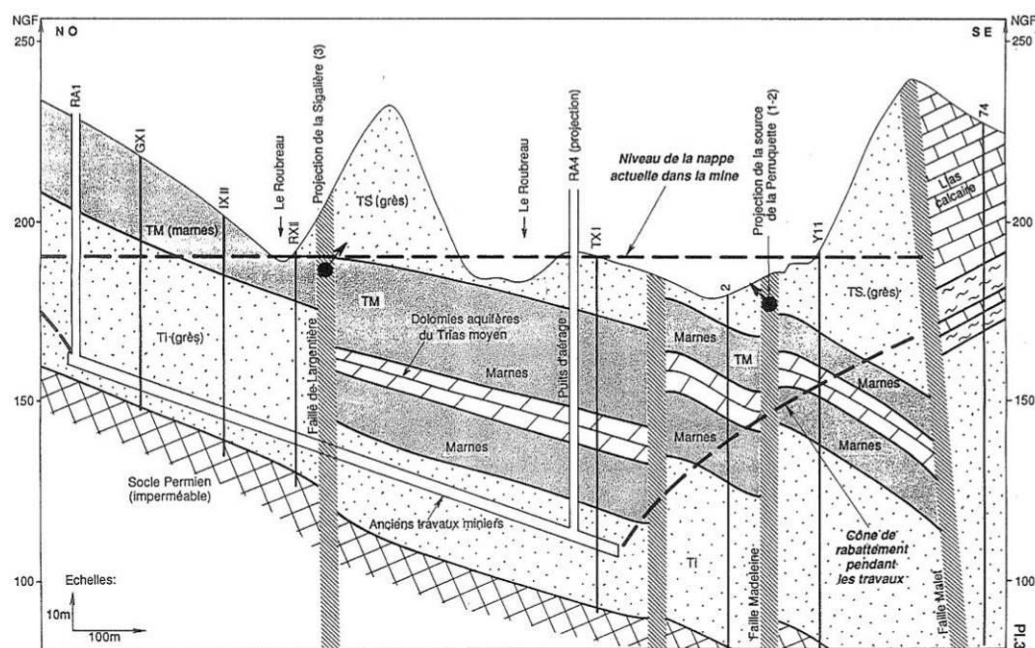


Figure 134 : coupe hydrogéologique schématique au niveau de Largentière (Burgéap, 1988)

A noter qu'il existe au moins 6 sondages miniers qui sont signalés comme artésiens, tous situés à l'Est de la faille de Malet (voir tableau suivant). Dans le secteur de Merzelet, le puits de reconnaissance d'Arbeyre (Lachapelle-sous-Aubenas) qui arrive à la base de Trias supérieur, est lui aussi artésien.

Nom	X (93)	Y (93)	Z	prof	Commentaires coupe sondage et biblio
Sondage n°25	804127	6383048	198	283.6	
Sondage n°26	804190	6383139	207	288.7	
MALET S28	804232	6382906	191	267.9	
Sondage n°30	804139	6383246	201	247.7	Forte augmentation de débit dans le Trias moyen en foration (plus de 10 m ³ /h). En 1984, 20 m ³ et 19.5 °C. L'eau du forage sent l'H ₂ S et précipite des sulfates et du fer.
LANDE S33	804495	6383421	200	263.6	Le 15 novembre 1988, 30 m ³ /h, 1385 µS/cm, pH de 6,5, 16°C, TH 114°F, SO ₄ ²⁻ 660 mg/l
ROUSTANY 68	804768	6382584	194	272.1	Débit permanent depuis le début du sondage

Tableau 46 : sondages miniers artésiens de l'unité Largentière

Les directions d'écoulement de l'unité suivent logiquement le pendage général vers le Sud-Est, mais elles ont potentiellement été modifiées par les galeries de l'exploitation minière comme présenté dans la partie suivante et la partie traçage.

4.5.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

On note un manque drastique de mesures hydrogéologiques dans le secteur de Largentière, les paramètres comme la transmissivité ne sont donc pas connus.

On peut toutefois noter qu'un traçage qualitatif à la fluorescéine en 1992 a prouvé l'existence d'une relation souterraine entre la Ligne et la Lande ; relation qui était supposée après l'assèchement estival quasi systématique de la Lande depuis la fin de l'exploitation minière, l'eau s'infiltrant puis circulant préférentiellement dans les failles agrandies et les anciennes galeries.

La fluorescéine a mis « moins d'une semaine » pour parcourir 2.5 km, ce qui nous donne une vitesse maximale de circulation comprise entre 17 et 52 m/h (pour des temps de premières apparitions respectifs de 6 jours et 2 jours). On ne peut pas considérer cet ordre de grandeur comme spécifique à toute l'unité, car la vitesse de transfert peut avoir pour origine la présence de failles, de galeries de pseudo-karstification ou minières ou bien les trois paramètres simultanément. Ces vitesses sont toutefois cohérentes dans le sens où elles sont inférieures à celles d'un karst bien développé et supérieures à un aquifère poreux.

Excepté ce traçage très peu documenté, il n'en existe pas d'autres connus au sein de cette unité, mais il y a des présomptions de connexion entre différentes grottes et/ou points d'eau (ex : entre la rivière souterraine des Brousses et la fontaine de Boude dans la partie Jurassique).

Si des traçages étaient à mettre en œuvre sur l'unité Largentière, et notamment pour ce qui concerne les ressources assez profondes, les résultats seraient relativement inattendus étant donné l'important développement des galeries minières.

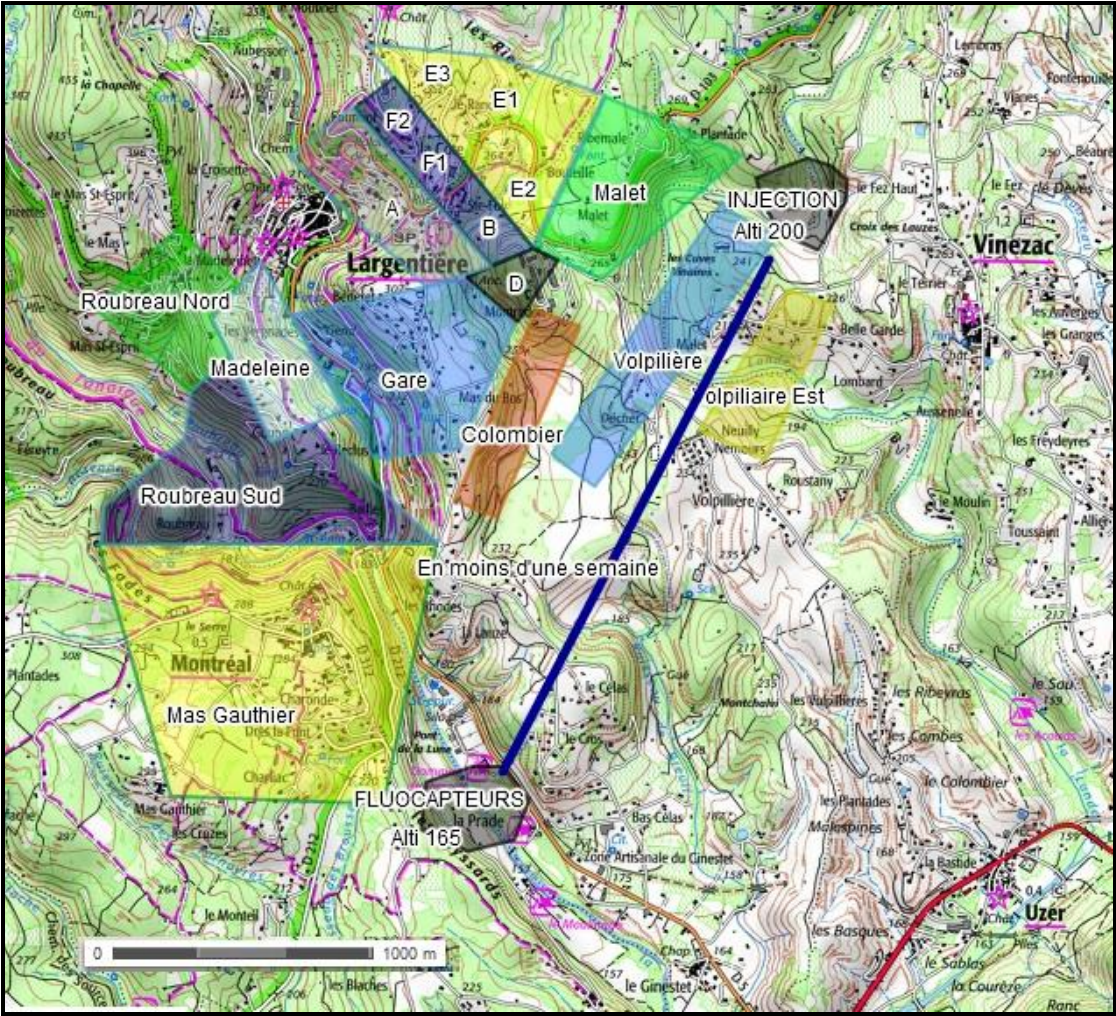


Figure 135 : carte avec l'implantation des concessions minières et le tracé théorique du traçage de 1992.(Source : géoportail)

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Rivière de la Ligne	Rivière de la Lande	(fluorescéine)	"moins d'une semaine"	entre 17 et 52 m/h

Tableau 47 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Largentière

4.5.3. Appréciation du potentiel quantitatif

L'unité Largentière présente un potentiel quantitatif avéré, illustré avec des débits importants aux exutoires naturels (notamment la Perruquette et la Cigalière, sources artésiennes du Trias moyen aux débits d'étiages respectifs de 75.6 et 51.5 m³/h) et aux forages (avec par exemple l'ancien forage de la laverie de la mine exploité à 90 m³/h).

La quantité d'eau souterraine au sein de cette unité est donc importante, mais les travaux miniers historiques, qui ont vraisemblablement perturbé les directions d'écoulement des eaux souterraines, conjugués à la présence naturelle de métaux dans la région de Largentière/Merzelet au sein des

formations triasiques compromettent de manière considérable les possibilités de recherche d'eau pour l'AEP actuelle et future.

4.5.4. Echanges nappe/rivière

On peut dans un premier temps noter que les sources triasiques les plus importantes du secteur alimentent les cours d'eau. Par exemple, la Perruquette et la Sigalière sortent seulement quelques mètres au-dessus de la Ligne, et tout leur débit vont à la rivière car elles ne sont pas captées.

Concernant les échanges nappe-rivière, l'article de Jean ROURE dans le SGA n°177 de 1998 [39] calcule la quantité d'eau qui s'infiltre dans les aquifères triasiques dans le secteur de Largentière. La quantité d'eau pompée dans les mines équivaut à une lame d'eau annuelle de 310 mm. A partir de paramètres météorologiques et géomorphologiques (pente, végétation), ROURE propose que plus de 2/3 de l'alimentation de la nappe se fasse par les pertes des cours d'eau. On peut toutefois douter d'une part si importante des pertes de cours d'eau dans l'alimentation de la nappe. ROURE ajoute que les travaux miniers ont dû favoriser ces pertes en agrandissant les failles et qu'un réseau de circulation artificielle, notamment de la Lande vers la Ligne, a été créé. Ce réseau artificiel serait responsable de l'assèchement de la Lande en été. ROURE cite un traçage positif à la fluorescéine effectué par Gérard LAURENT en 1992 entre la Lande à la Queirier et la Ligne à la Prade. Le traceur a mis moins d'une semaine pour parcourir les 2.5 km entre les deux points. Les résultats du traçage ont été publiés dans le G.R.I.L n°10 de mars 1993, une revue semestrielle de Vinezac disparue en 1996. Des transferts de la Lande vers la Ligne via les aquifères triasiques et potentiellement les anciennes galeries auraient donc été prouvés.

Le manque de mesures de débit des sources et des cours d'eau avant, pendant et après l'exploitation minière ne permet pas de mettre en avant les modifications de régimes hydrologiques apportés par les mines autrement que qualitativement, comme :

- ⇒ Une diminution du débit des sources qui alimentent les rivières.
- ⇒ Un assèchement de la Lande en été.

Pour rappel, les jaugeages du SRAE en octobre 1970 ont montré que l'alimentation des cours d'eau par les sources n'est que de 0.5 l/s/km² en période d'étiage.

4.5.5. Qualité des eaux

Le Trias possède des problèmes de qualité dus à la géologie (présence de sulfures métalliques et de sulfates), mais en revanche il compte peu de problèmes de pollutions anthropiques et bactériologiques (sauf pour les micro-nappes de surface) du fait de la faible pression démographique et agricole et du pouvoir filtrant du grès[32, 39].

a) Le Trias inférieur

Le **Trias inférieur** contient des métaux, majoritairement des sulfures (pyrite, chalcoppyrite) des sulfates (évaaporites et sulfures altérés) et du fer, qui rendent son eau le plus souvent impropre à la consommation et à l'irrigation [34, 63]. Comme il affleure uniquement dans la partie Ouest de la bande triasique, on a peu de données sur sa qualité quand il est sous couverture mais elle est sans doute encore plus altérée par le confinement. Ainsi, dans le bulletin de la SGA n°177 de 1998[39], Jean Roure

donne des concentrations en sulfates et en chlorure de sodium de 10 g/L pour l'eau du Trias moyen (et probablement aussi pour celle du Trias inférieur) au forage Morte-Mérie à Uzer (forage profond destiné à la recherche). De même, au forage profond de Vallon-Pont-d'Arc, on note une eau « fortement salée » dans le Trias inférieur, à 2500 m de profondeur.

b) Le Trias moyen

Le **Trias moyen** peut avoir des niveaux métallifères qui peuvent être sources de contamination [16]. Cet étage possède parfois trop de sulfates à cause de la présence ponctuelle ou massive de gypses et d'anhydrites dans les argilites, notamment à l'est de la faille de Malet [34, 32, 63]. Les eaux du karst dolomitique médian sont bicarbonatées calciques ou magnésiennes, plutôt basiques et d'une conductivité de 300 à 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les eaux des marnes sulfatées sont sulfatées calciques avec une conductivité d'environ 950 $\mu\text{S}/\text{cm}$ qui peut servir de traceur naturel [7]. Ces eaux sont en général à éviter pour la consommation et sont déconseillées pour l'irrigation. De plus la minéralisation et la température augmentent par le confinement, l'eau en profondeur se retrouve à 16 et 19.5°C aux sondages artésiens 33 et 30[32].

c) Le Trias supérieur

Dans le **Trias supérieur**, les aquifères à porosité d'interstice en larges affleurements (zones des plateaux cultivés) ont des eaux bien filtrées par les pores et un débit régulier [16]. L'eau du Trias supérieur a de faibles teneurs en ions et des eaux généralement bicarbonatées légèrement incrustantes, qui peuvent parfois laisser un dépôt [63]. La composition chimique des eaux varie selon la nature du ciment du grès (siliceux, carbonaté ou sulfuré) et la présence de petits niveaux de dolomies (Boissin, 1975). Les conductivités des grès sont proches de 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et jusqu'à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en présence des dolomies, et sont potables au vu des normes actuelles [7, 34]. Il faut aussi noter que les eaux des pseudos-karsts sont très réactives aux fortes précipitations qui entraînent charriage de sable et turbidité.

d) Influence des mines

Pour rappel, les mines de Largentière ont été exploitées de 1961 à 1982 ; et le pompage de dénoyage des mines a duré un an de plus. Ce pompage continu était d'un débit moyen de 250 m^3/h , pour un rabattement maximum de 270 m.

L'arrêt du pompage en 1983 a entraîné en 5 ans une remontée de l'eau jusqu'à son niveau d'origine. Cependant, pendant la période où les métaux (sulfures métalliques) sont restés à l'air libre, ils ont été oxydés en sulfates solubles dans l'eau. L'eau qui a transité par la mine et qui ressort aux exutoires naturels de l'unité Largentière est donc excessivement riche en métaux, comme la source de la Perruquette qui présente des problèmes de qualité visibles depuis juillet 1988 (apparitions de boues rouges). C'est la source la plus basse du système à 180 m NGF contre 191 à 200 m NGF pour le niveau piézométrique général, d'où une contamination préférentielle de la Perruquette qui est le premier exutoire de l'unité.

Les rapports du BURGEAP de 1988[61] et de SCHMITT et COMBES de 1996 [41] présentent des données de qualité des sources que l'on peut présenter dans les tableaux suivants :

- Le premier tableau présente comme témoin sain une eau typique du Trias moyen sortant par faille et non influencée par les mines et comme témoin pollué une eau d'exhaure du secteur de Volpilliaire (système cependant différent de la Perruquette). Nous présentons à côté deux analyses effectuées sur l'eau de la Perruquette avant et après l'apparition de la contamination.

PARAMETRES	EAU NATURELLE Source du Mas Ginestet - 1989	INFLUENCE MINE (Exhaure de Volpilliaire - octobre 1980)	Source de la Perruquette - octobre 1980	Source de la Perruquette - mi- novembre 1988
T°C	13.9	23	13	14.5
pH	7.86	7.8	6.9	6.3
O ₂ mg/L	9.0	7.8	6.1	Nd
Eh mV	388	265	250	Nd
TDS mg/kg	312	2509	158	2405
Cl ⁻ mg/l	2.8	1.1	16.6	8
SO ₄ ⁻ mg/l	49	1523	34.94	1620
F ⁻ mg/l	0.2	Nd	0.2	Nd
HCO ₃ ⁻ mg/l	179	227	78.7	
SiO ₂ mg/l	2	8	9.4	20.9
Al ⁺⁺⁺ µg/l	<0.01	Nd	<0.01	600
Na ⁺ mg/l	2	52	1.16	22.3
K ⁺ mg/l	1.5	14	2.31	11
Ca ⁺⁺ mg/l	50	589	25.3	576
Mg ⁺⁺ mg/l	19	51.2	7.52	87.5
Fe ⁺⁺ mg/l	0.001	1.95	0.0014	40
Ba ⁺⁺ µg/l	Nd	Nd	Nd	Nd
Pb ⁺⁺ µg/l	Nd	0	Nd	20

Cu⁺⁺ µg/l	Nd	3	Nd	Nd
Zn⁺⁺ µg/l	3.5	30	390	104 000

Tableau 48 : évolution de la qualité de l'eau avec l'influence des mines

- Le second tableau présente des données mesurées uniquement à la source de la Perruquette à différentes dates.

Paramètres	Octobre 1980	1988 « après incident »	Mi-novembre 1988	Décembre 1995	26 aout 2015
DEBIT m³/h			24		76
T°C	13	13	14.5		16.3
pH	6.9	6.3	6.3	6.6	8.43
TDS	158	2974	2405		
Cond µS/cm	Environ 250	> 2000*	1971		1861
SO₄⁻ mg/l	34.94	1875	1620	1000	
Fe⁺⁺ mg/l	0.0014	60	40	19	
Zn⁺⁺ µg/l	30	104 000	104 000	12 000	environ 9 000*

* : estimations

Tableau 49 : évolution de la qualité de l'eau à la source de la Perruquette

Les rapports sur la physico-chimie de la source [41, 46] montrent que la quantité d'oxydes métalliques dans l'eau suit une décroissance exponentielle mais que cette décroissance ne tendra vers les valeurs de bases seulement quand tous les métaux auront été dissous, car d'après un modèle, l'eau qui alimente la mine est d'origine météorique et donc continue d'oxyder les sulfures métalliques.

L'eau de la Perruquette a été traitée jusqu'en 2012 quand l'eau de la Ligne n'avait pas un débit suffisant pour diluer l'eau venant de la source. Aujourd'hui nous sommes aux alentours de 9 mg par litre pour le zinc (d'après le graphique de décroissance), mais nous n'avons pas d'analyse récente pour les autres paramètres. Lors de notre visite du 26 aout 2015, nous avons constaté sur place un important dépôt orange qui s'étendait sur environ 30 m² dans le lit de la Ligne depuis la source, et nous avons relevé une conductivité importante (1861 µS/cm contre 214 µS/cm à la Sigalière le même jour).

4.5.6. Vulnérabilité intrinsèque /Occupation des sols/Pressions

La vulnérabilité intrinsèque désigne la sensibilité d'un aquifère face à une contamination d'origine anthropique. On trouve une vulnérabilité moyenne à très élevée pour la nappe établie dans le karst des dolomies du Trias moyen, à cause de la circulation rapide de l'eau dans les conduits et de l'absence de filtration. C'est également le cas pour certains niveaux de grès dans le Trias supérieur du fait de possibles pseudo-karstifications locales.

Pour les grès du Trias supérieur et inférieur, aquifères à porosité de pores, la vulnérabilité intrinsèque est moindre à cause du pouvoir filtrant des grès.

Concernant l'occupation des sols (Figure 136 et Tableau 50, la région de Largentière a la géomorphologie caractéristique du Trias ardéchois, avec des zones plutôt plates quand nous sommes sur le Trias moyen, et des buttes de grès du Trias supérieur. Les zones planes sont aménagées en vignobles et en pâturages naturels. Les buttes sont d'anciennes zones de culture en terrasses (châtaigniers, oliviers, vignes...) aujourd'hui recouvertes de forêts de conifères et mélangées (Nord et Ouest de l'unité Largentière). A noter l'existence de quelques surfaces agricoles irriguées, landes et broussailles à l'Est de la zone.

Type d'occupation des sols	Surface (km²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,62	2,24%
221 : Vignobles	3,36	12,19%
231 : Prairies	2,89	10,49%
242 : Systèmes cultureux et parcellaires complexes	2,93	10,62%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	1,65	5,98%
311 : Forêts de feuillus	0,99	3,59%
312 : Forêts de conifères	4,40	15,98%
313 : Forêts mélangées	3,86	13,99%
321 : Pelouses et pâturages naturels	0,77	2,81%
322 : Landes et broussailles	5,59	20,26%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	0,51	1,85%
	27,57	100,00%

Tableau 50 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Largentière

Concernant le bâti, on constate une augmentation du nombre de maisons individuelles et de permis de construire accordés depuis les années 1990, bien que la population ait fortement diminué depuis la fermeture des mines.

A noter enfin qu'il n'y a pas d'ICPE ou de site pollué sur l'unité. On recense uniquement un ancien site industriel qui n'est autre que l'exploitation de minerai métallique de la Société Minière et Métallurgique Penarroya. L'activité est terminée et le site est indiqué comme étant réaménagé en activité industrielle/artisanale (BASIAS).

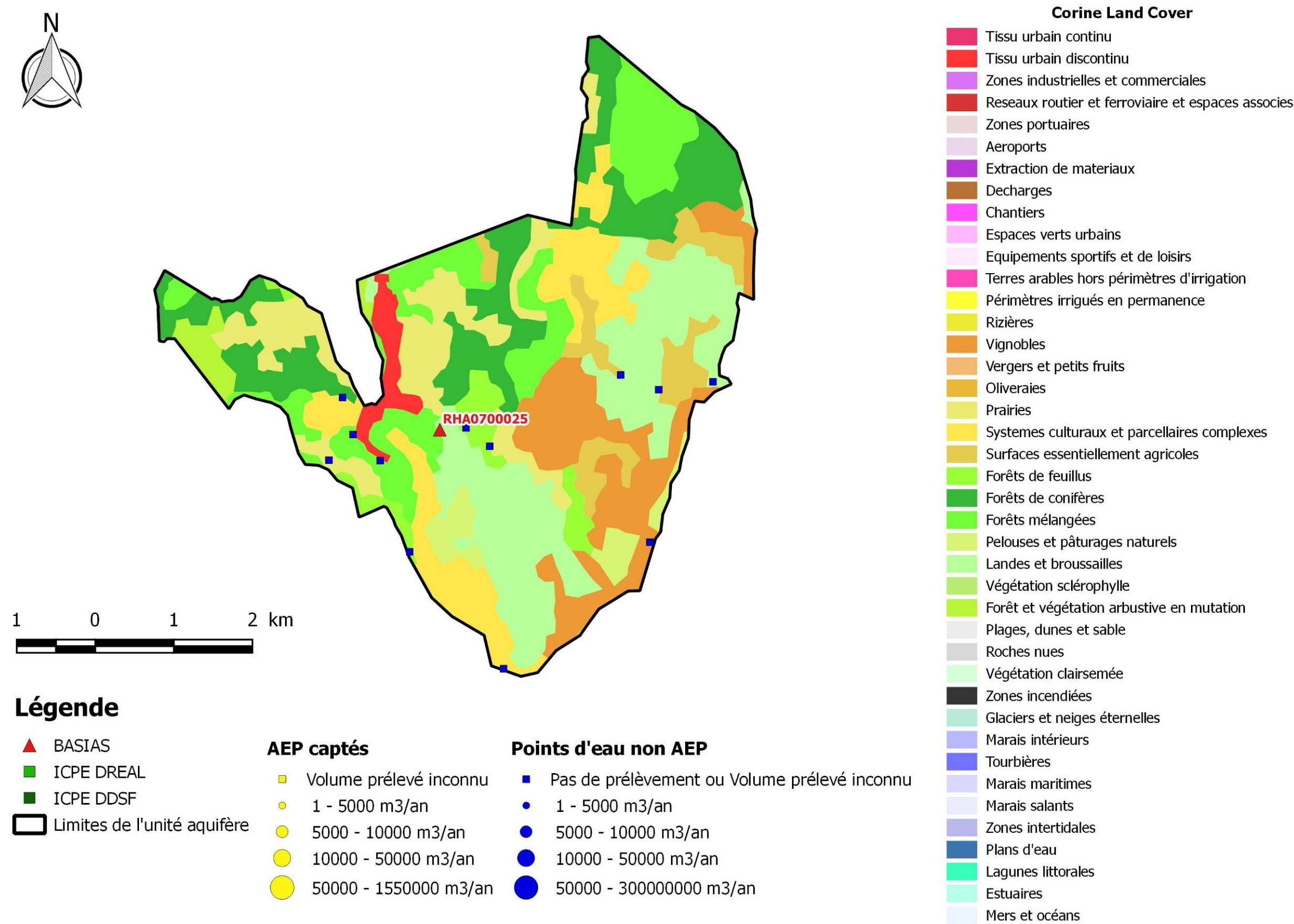


Figure 136 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Largentière

4.6. L'unité Rosières

4.6.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité comprend les communes de Largentièrre, Montréal, Sanilhac, Laurac en Vivarais, Rosières et Vernon. Elle couvre une surface d'environ 38 km².

Elle présente les limites suivantes :

- Au Nord, la limite se situe à la jonction entre les terrains triasiques et les terrains cristalloylliens (principalement les schistes)
- Au Sud, la limite s'arrête :
 - A l'extrême Sud, sur la terminaison Nord de la faille de Païolive
 - Au Sud-Est, jusqu'à la Ligne, en incluant les terrains liasiques de la plaine de Laurac-en-Vivarais
- A l'Est, l'unité s'étend jusqu'à la Ligne qui a entaillé le massif triasique.
- A l'Ouest, l'unité aquifère s'arrête soit au contact des schistes de la série de Joyeuse soit au niveau de La Beaume ayant entaillé le massif triasique.

Du point de vue de la géologie, le Trias supérieur (Keuper) affleure sur une vaste surface du système. On note toutefois que les étages du Trias inférieur et moyen affleurent principalement dans la partie nord de cette zone mais aussi à la faveur de certains cours d'eau qui ont entaillé le massif gréseux (ruisseau du Roubreau, de Blajoux et de Rochepierre).

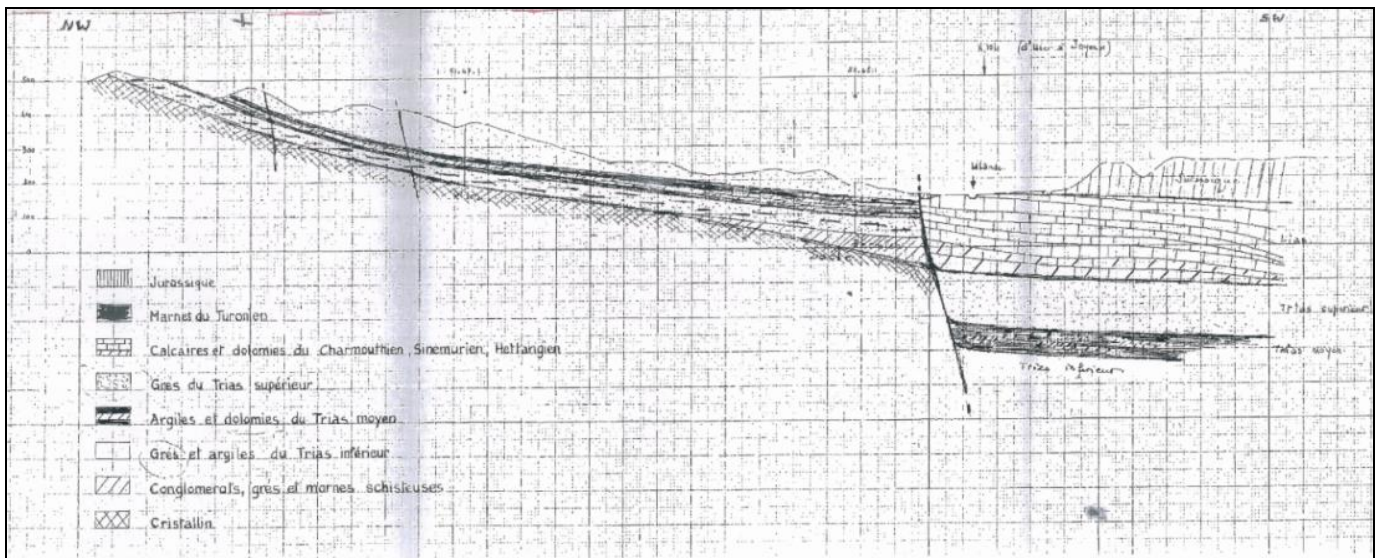


Figure 137 : coupe géologique de l'unité Rosières (de Sanilhac à Chapias) – coupe D-B'

(Source : BURGEAP, 1970, Etude hydrogéologique de la région de Largentièrre)

D'après la coupe ci-avant, on remarque que les formations triasiques forment une structure monoclinale de pendage 10° vers le Sud-Est.

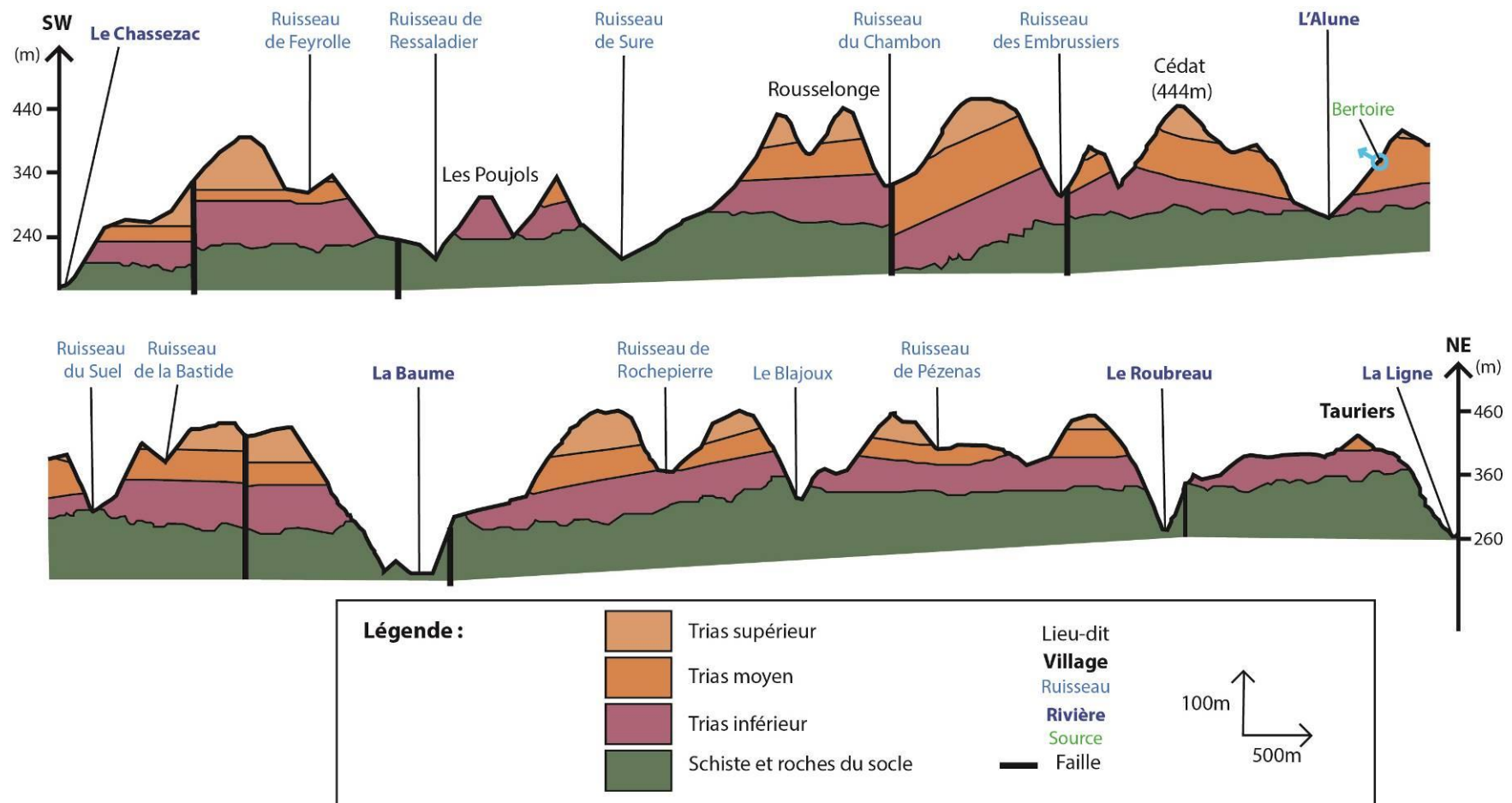


Figure 138 : coupe géologique D-C' (BE RABIN, 2015)

Cette coupe orientée NE – SW permet d'illustrer les changements d'épaisseur du Trias, mais surtout de se rendre compte de nombreux changements de pendage qui affectent les dépôts triasiques. Ces derniers sont responsables du fractionnement ou non de l'aquifère triasique et expliquent aisément les différences géographiques de potentialités.

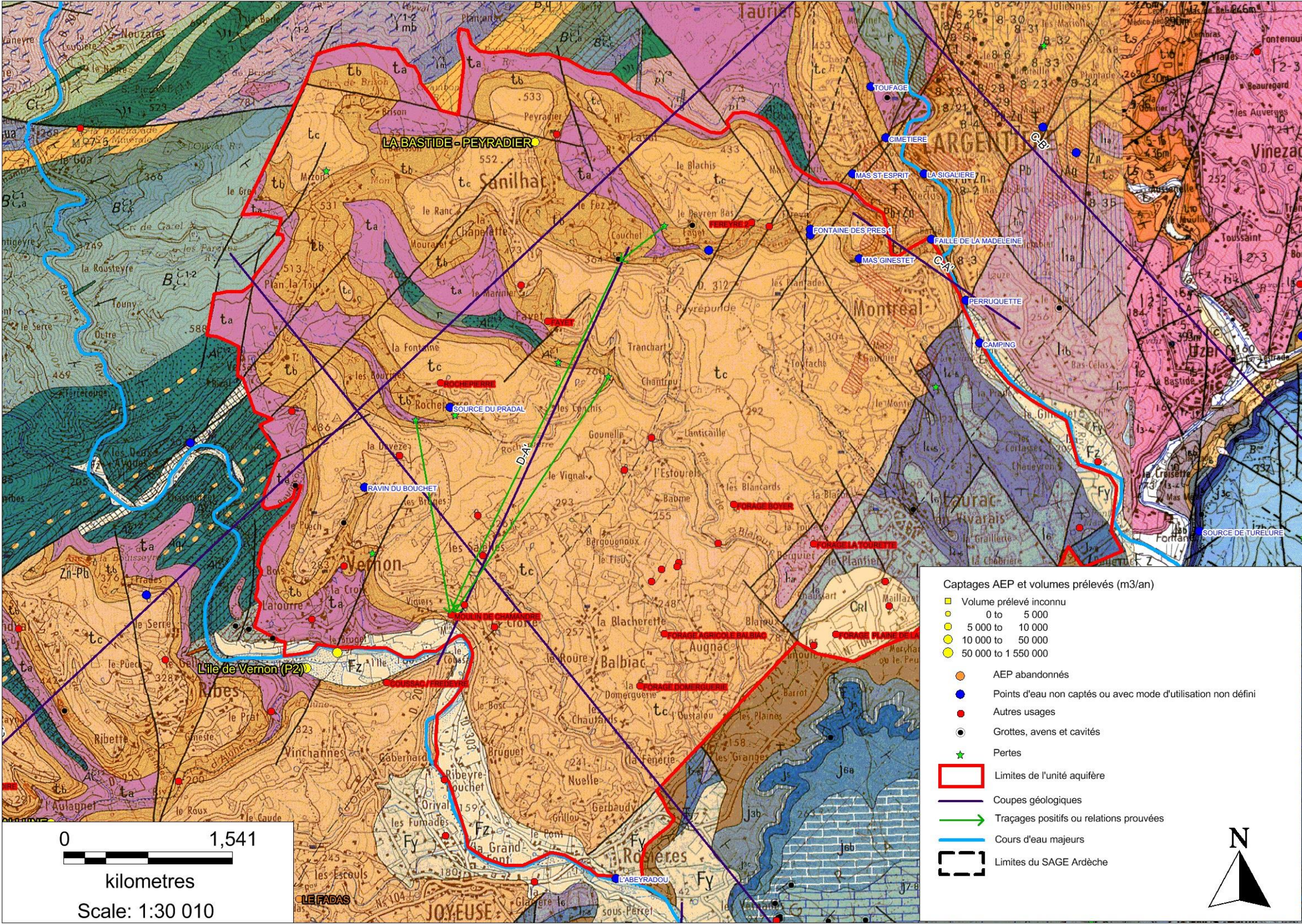


Figure 139 : limites de l'unité Rosières sur fond géologique

Enfin, au Sud-Est, on note la présence du Jurassique inférieur (Lias) représenté par le Sinémurien et le Pliensbachien au niveau de la commune de Laurac. Le contact entre le Trias et le Jurassique est établi par une faille de direction Sud-Sud-Ouest – Nord-Nord Est (faille de Malet).

4.6.2. Hydrogéologie

4.6.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Hydrogéologiquement, cette zone est marquée par :

- des aquifères isolés au niveau des buttes au Nord de cette unité (**l'érosion a dégagé le fond des vallées laissant ainsi le Trias inférieur et le socle à l'affleurement**) donnant naissance à beaucoup d'émergences
- un grand nombre de cavités situées au sein du Trias moyen qui font partie d'un **vaste réseau pseudo-karstique souterrain dont l'exutoire principal reste la source du Moulin de Chamandre à Vernon. Les sources d'importance émergent à la faveur du Trias moyen** (Labastide, Fereyre, Fayet, Chamandre...). **Les affleurements dolomitiques de ce sous étage favorisent également l'alimentation en eau souterraine** de cet aquifère car il absorbe une quantité d'eau non négligeable grâce aux **pertes des ruisseaux en partie Nord du système** (trou du Dède, perte fossile de Pezenas, perte de Husset, perte de Rochepierre, perte de l'Abéouradou...)
- **une vaste surface du Trias supérieur à l'affleurement permet l'alimentation d'une nappe dans les grès supérieurs**, soutenue par les marnes composant le toit du Trias moyen. Les sources y sont moins nombreuses mais beaucoup de forages exploitent cet aquifère.

On peut donc aussi citer les précipitations sur l'ensemble des affleurements triasiques pour la recharge de l'aquifère. Une partie non négligeable d'eau superficielle permet également la recharge naturelle du système mais surtout pour ce qui est du Trias moyen soumis à une importante pseudo-karstification. Les exutoires connus correspondent majoritairement à des sources d'importance dans le Trias moyen et à une multitude de petites sources au sein du Trias supérieur. Voici les principales sources connues sur cette unité :

- Source du Moulin de Chamandre à Vernon (10.8 m³/h à l'étiage)
- Source de l'Abeyradou à Rosières (21.6 m³/h à l'étiage)
- Source de Fayet à Sanilhac (débit moyen mesuré de 15.4 m³/h)
- Source de Fereyre à Sanilhac (Fereyre 2 : 1.82 m³/h à l'étiage)

Les sources de La Bastide – Peyradier (SEBA) constituent le seul point de captage pour l'AEP publique au sein de cette unité.

La source de Chamandre est l'exutoire principal de ce système. Son débit varie de 3 l/s à l'étiage à 500 l/s en hautes eaux. Son exploration a permis de remonter jusqu'au ruisseau de Rochepierre (+160m).

La grotte de Pezenas dont la zone d'entrée est constituée par de nombreuses pertes du ruisseau de Pézenas, poursuit son parcours au-delà des parties reconnues jusqu'à la source de Chamandre. Il existe une seule arrivée d'eau au sein du réseau de Pézenas qui correspond à la perte du ruisseau du Blajoux (perte du Trou qui Bouffe), située à la confluence entre celui-ci et le ruisseau de Rochepierre, le Trias moyen étant une fois de plus à nu au niveau de cette perte.

Lorsque l'enfoncement des ruisseaux aériens est suffisant pour recouper le Trias moyen, on observe une source karstique reliée à un réseau souterrain plus ou moins important. On peut noter le réseau de l'Abéouradou, la source du Pradal, la Grotte du Fayet et les Fontaines des Près (n°1 et 2) pour les principales.

Il faut également noter qu'il s'agit du secteur triasique le mieux connu des spéléologues et le plus karstifié. Tous les réseaux spéléologiques se développent dans le Trias moyen exclusivement, avec un profil horizontal (qui suit le pendage) sans verticales. L'alimentation des ruisseaux souterrains s'effectuent le plus souvent par des pertes des ruisseaux aériens qui recoupent la bande de Trias moyen (Pezenas, Blajoux, Rochepierre). L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 15Km de linéaire. Voici les réseaux importants connus à ce jour :

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
NOM	Commune	SIPHON	écoulement	fonctionnement	developpement	dénivelé
Près (fontaine n°1 des)	Largentièrre	non	permanent	source	509	30
Montreal (résurgence de)	Montreal	oui	temporaire	source	66	-5
Près (fontaine n°2 des)	Montreal		permanent		520	-10
Trois petits cochons (perte des)	Montreal	oui	permanent	perte	430	-19
Forêt (Fontaine du)	Montreal	non	permanent	source	85	
Bouffe (trou qui)	Rosières		permanent	perte	660	-48
Rochepierre (grotte de)	Rosières		semi-active	perte	1436	-109
Rochepierre (perte de)	Rosières		temporaire	perte	40	-8
Dède (grotte)	Sanilhac		temporaire	perte	1078	
Fayet (grotte n°1 du)	Sanilhac		permanent	source	800	
Fayet (grotte n°1 du)	Sanilhac	oui	permanent	source	80	
Husset (grotte de l')	Sanilhac		temporaire	perte	768	
Pézenas (grotte de)	Sanilhac	oui	permanent		4762	
Pissevieille (perte de)	Sanilhac	non	temporaire	perte	130	-13
Pradal (source du)	Sanilhac	oui	permanent	source	1959	60
Soulavie (grotte de)	Sanilhac		permanent		237	-4,5/+15
Abéouradou (perte de l')	Vernon	non	temporaire	perte	3060	65
Chamandre (résurgence de)	Vernon	3	perénne	source	>1540	51

Tableau 51 : principaux réseaux de pseudo-karstification (Pascal, 1970)

Les réseaux spéléologiques sont donc constitués par des ruisseaux souterrains pérennes mais qui ne comportent pas d'arrivées provenant des couches supérieures du Trias. Ceci laisse à penser que nous sommes dans les configurations d'un karst sous couverture. Il n'y a pas de conduits noyés reconnus sur ce secteur.

Les explorations spéléologiques n'ont pas permis de mettre en évidence une karstification plus profonde, à l'aval de la source de Chamandre, où le Trias moyen disparaît sous la couverture du Trias supérieur. Si cette karstification existe, elle pourrait alors constituer un réservoir intéressant.

La coupe ci-dessous présente le réseau de Chamandre :

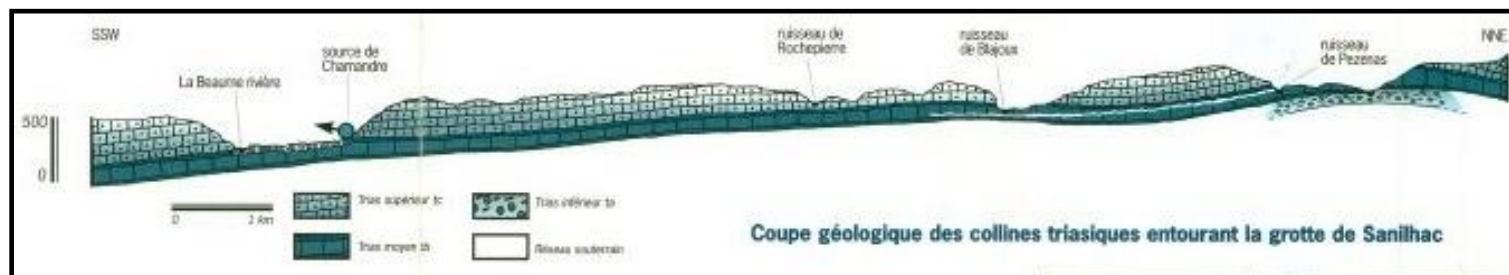


Figure 140 : coupe géologique des collines triasiques entourant la grotte de Sanilhac – coupe D-C'

(Source : SPELEO, très grande topo n°25)

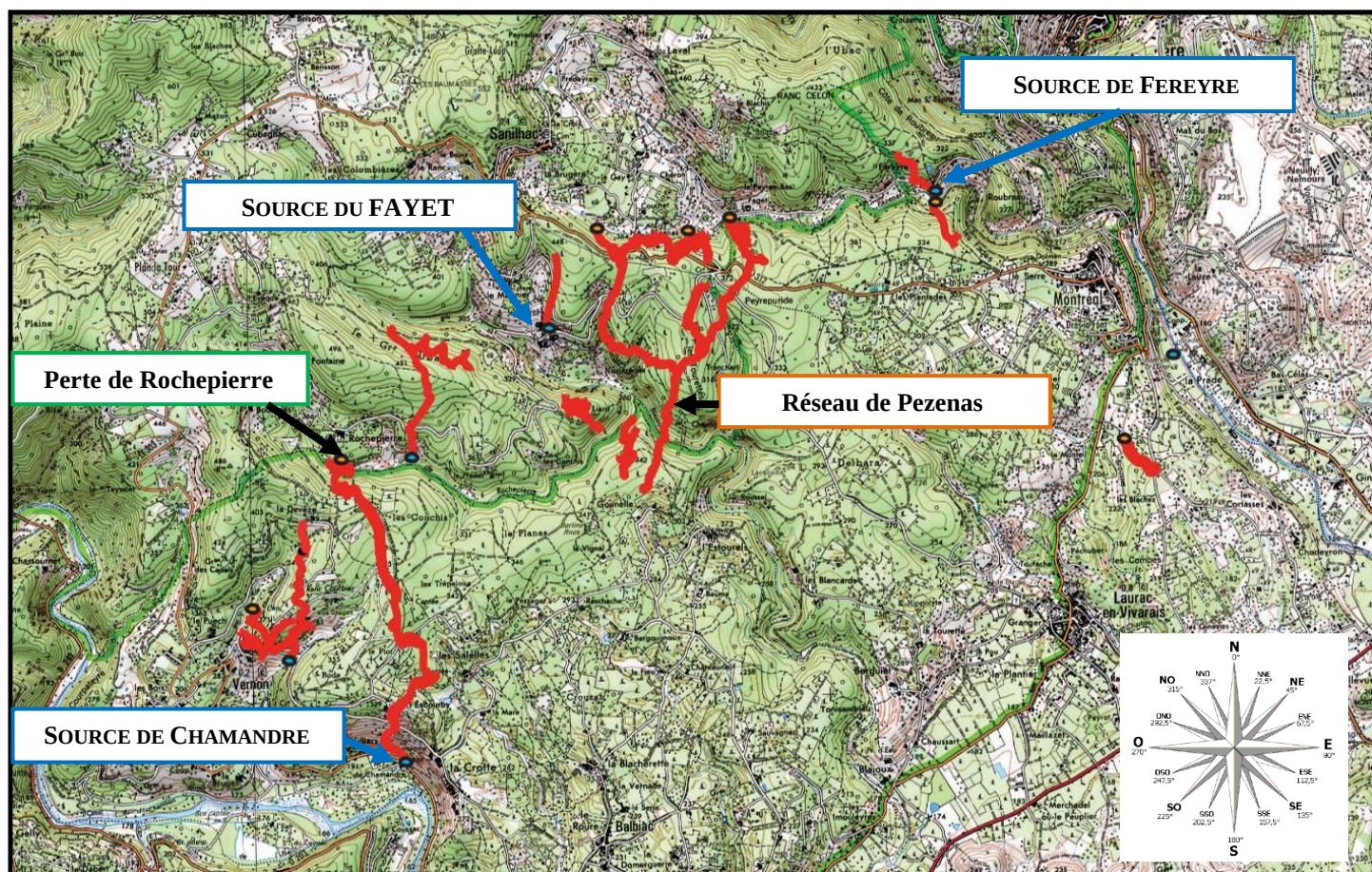


Figure 141 : carte des réseaux spéléologiques de l'unité Rosières (Source : CDS 07)

4.6.2.2. *Piézométrie, gradient, direction d'écoulement*

Il n'existe pas de réseau de suivi piézométrique sur l'unité « Rosières ». On peut toutefois noter l'existence de nombreux forages privés et agricoles au niveau de la plaine de Balbiac, au Nord du village de Rosières (ex : forage de l'ASA Balbiac Sabatier). Il pourrait à l'avenir être envisagé d'effectuer une piézométrie au niveau du plateau de Balbiac.

Nous disposons de quelques mesures piézométriques peu précises effectuées sur le forage de l'ASA de Balbiac lors d'un essai de débit réalisé en mars 1989 [64] :

- Pompage à environ 28 m³/h
- Niveau statique ? = 48,4 m/TN ; Niveau dynamique : 55,6 m/Tn ; rabattement = 7,2 m
- Profondeur de l'ouvrage = 70 mètres (vue la profondeur, le fond du forage est resté au sein des grès du Trias supérieur)

Nous pouvons donner un ordre de différence d'altitude entre l'entrée de la Grotte de Pézenas à Sanilhac et la sortie de la sortie de Chamandre : delta de 167 mètres pour une distance de 3,6 km soit une **pente moyenne de 4,5%**. Cette pente, n'est pas forcément représentative de l'allure réelle du réseau car il existe des puits et siphons dans les réseaux pseudo-karstiques.

On notera que les directions d'écoulement peuvent s'effectuer différemment au sein des étages du Trias :

- Le sens d'écoulement suit le pendage (vers le Sud-Est) pour les formations triasiques supérieures et inférieures lorsque celles-ci ne sont pas affectées de failles.
- Pour le Trias moyen, le sens d'écoulement reste également majoritairement dans le sens du pendage mais les réseaux pseudo-karstiques se sont également développés suivant les directions suivantes (Nord à Sud, Nord-Ouest à Sud-Est mais aussi Nord-Nord-Est à Sud-Sud-Ouest).

4.6.2.3. *Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)*

Nous ne disposons d'aucun paramètre hydrodynamique pour cette unité étant donné qu'il n'existe qu'un seul captage AEP exploité : la source de la Bastide-Peyradier (SEBA) captée gravitairement et située en tête de système.

Il existe un certain nombre de forages privés ou agricoles sur le plateau de Balbiac mais ceux-ci ne font pas l'objet de suivi piézométrique. Il serait pourtant intéressant d'acquérir ces données à l'avenir car il existe une multitude de forages sur ce plateau disposant, selon les informations recueillies, de débits intéressants (en moyenne de 10 à 20 m³/h pour chaque ouvrage).

Il existe peu de traçage sur l'unité Rosières et ceux-ci restent qualitatifs. Le réseau majeur de l'unité est bien évidemment celui dont l'exutoire principal connu est la source de Chamandre. En effet, certaines informations spéléologiques permettent d'établir des liaisons hydrogéologiques :

- La perte du ruisseau de Rochepierre à Sanilhac a été humainement reliée avec le réseau pseudo-karstique de la source du Moulin de Chamandre à Vernon
- Le réseau de la Grotte de Pézenas a été relié au réseau de la source de Chamandre par traçage (données CDS07)

Quelques points viennent se greffer à cet important réseau pseudo-karstique (Trou du Dède, perte du ruisseau du Blajoux).

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Perte du ruisseau de Rochepierre	Source du Moulin de Chamandre	liaison spéléologique (humaine)		
Grotte de Pézenas	Source de Chamandre			
Trou du Dède	Source de Chamandre			
perte du ruisseau du Blajoux	Source de Chamandre			

Tableau 52 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Rosières

4.6.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Dans l'unité aquifère « Rosières », **il existe sans nul doute un potentiel aquifère important que ce soit au sein des grès du Trias Moyen ou du Trias supérieur.**

Pour mémoire, le seul captage existant pour l'AEP publique reste la **source de Labastide-Peyradier**, exploitée par le SEBA (autorisée à un débit de $70 \text{ m}^3/\text{j}$ ou $2,92 \text{ m}^3/\text{h}$; le débit moyen mesuré en 2006 est de l'ordre de $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$). Le débit disponible à la source est toutefois largement supérieur suivant les conditions météorologiques (débit mesuré en entrée de réservoir à $5 \text{ m}^3/\text{h}$ en mars 2015 ; selon les relevés de débit effectués par SAUR, le débit maxi des sources (trop-plein compris) pourrait être d'au maximum $10 \text{ m}^3/\text{h}$ en période de haute eaux ; débit mini = $1,48 \text{ m}^3/\text{h}$ en janvier 2008).

Il existe aussi de nombreuses sources au sein de cette unité et qui retiennent notre attention :

- **Source du Moulin de Chamandre à Vernon : débit d'étiage = $48 \text{ m}^3/\text{h}$ mesuré en septembre 2013 à l'étiage (Rabin)**
- Source de l'Abeyradou à Rosières (sous l'église de Rosières) dans le lit de la Beaume : débit d'étiage donné pour $21,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Le débit moyen de cette source est proche de $67 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Source de Fayet à Sanilhac : débit = $15,4 \text{ m}^3/\text{h}$ mesuré en février 2015
- Source de Fereyre à Sanilhac
- Il existe de nombreux forages privés et agricoles sur le plateau des grès du Trias supérieur de Balbiac. **Ces forages disposent pour la plupart d'une profondeur proche de 100 mètres avec des débits compris entre 10 et $20 \text{ m}^3/\text{h}$** (ex : forage de l'ASA de Balbiac/Sabatier d'une profondeur de 70 mètres avec un débit d'exploitation de $14 \text{ m}^3/\text{h}$).

On dénombre une multitude de petites sources sur l'ensemble de l'unité Rosières. Elles émergent toutes principalement du Trias supérieur et présentent des débits très limités voir nuls à l'étiage.

4.6.4. Echanges nappe/rivière

L'unité Rosières est bien connue notamment des spéléologues pour disposer d'importants réseaux pseudo-karstiques visitables et se développant au sein des calcaires dolomitiques du Trias moyen. Le réseau important de la source de Chamandre est au moins en partie alimenté par des pertes de ruisseaux (pertes du ruisseau de Rochepierre et du ruisseau du Blajoux ; perte fossile du ruisseau de Pézenas...). A noter que le réseau de Chamandre draine donc une part importante des eaux souterraines et une partie des eaux superficielles vers le bassin de la Beaume.

4.6.5. Qualité des eaux

Au niveau qualité de l'eau, nous disposons d'un suivi qualitatif (ARS07) au niveau de la source de Labastide – Peyradier (tableau de synthèse tiré d'un rapport du bureau d'études Cohérence pour le SEBA [65]). Cette source a été attribuée à l'aquifère du Trias supérieur par ce bureau d'études ; d'après nos reconnaissances de terrain et notamment vus les affleurements de calcaires dolomitiques et de grès au sein des galeries de captage, celle-ci pourrait aussi être rattaché au Trias moyen.

Paramètres		Captage 1 (13/12/12)	Captage 2 (13/12/12)	Captage 3 (13/12/12)	Mélange des captages												Limite de qualité eaux brutes	Limite de qualité eaux distribuées	Référence de qualité eaux distribuées		
					07/11/12	14/05/12	07/12/11	08/06/11	30/11/10	25/05/10	19/10/09	02/04/09	27/10/08	07/04/08	15/10/07	04/06/07				16/04/07	
Micro biologiques	Escherichia Coli (n/100 ml)	0	0	0								1	1	74	1	1		0	20 000	0	
	Entérocoques (n/100 ml)	0	0	0								1	1	6	4	0		0	10 000	0	
	Bactéries coliformes (n/100 ml)	0	0	14								1	1	74	1	1		0			0
Physico-chimiques	Température (en °C)*	12	12	12	11	15,3	12,4	14	11	16	12,6	11,45	12,8	11,78	13,1	13	13,2	25		25	
	Conductivité à 25 °C (en µS/cm)*	321	300	272	297	221	308	200	265	145	305	300	260	305	323	305	301			≥ 200 et ≤ 1100	
	pH*				7,3	7,9	7,5	7,5	7,7	7,4	6,87	7,21	7,39	7,02	7,6	7,5	7,7			≥ 6,5 et ≤ 9	
	pH mesuré en laboratoire	7,5	7,5	7,45																≥ 6,5 et ≤ 9	
	pH à l'équilibre	7,71	7,77	7,77																	
	Équilibre calco- carbonique	légèrement agressive	légèrement agressive	agressive																À l'équilibre ou légèrement incrustante	
	Titre Alcalimétrique Complet (en °F)	17,4	16	16,1	15,7	10,5	16,4	10,8	13,8	7,3	16,15	13,5	12	15,5	16,5		15,4				
	Titre Hydrotimétrique (en °F)	18	16,9	16,9	16,5	11,5	16,9	11,5	14,8	7,6	16,1	13,6	12,4	15,9	16,7		15,8				
	Turbidité (en NFU)	0,1	0,5	0,5	1,6	1,8	0,4	1	0,8	3,4	0,33	1,7	3,3	0,48	0,8		0,1		1	0,5	
	Chlorures (en mg/l)	2,8	2,7	2,6	3,2	3,9	2,6	2,2	2,4	2,1	5,9	2,8	2,5	2,6	3		4,1	200		250	
	Sodium (en mg/l)	1,7	1,7	1,6	1,7	2	1,7	1,8	1,9	1,8	1,6	1,8	1,8	1,6	2		2,4	200		200	
	Sulfates (en mg/l)	3,4	4	4,9	5,3	14	3,5	1,3	3,4	2,1	5,3	3,3	4,6	4,1	3,8		4	250		250	

Tableau 53 : bilan de la qualité de l'eau de la source de Peyradier (SEBA)

En conclusion, l'eau du captage de Peyradier en mélange présente une certaine **sensibilité bactériologique et occasionnellement une turbidité importante**.

Voici les mesures réalisées par nos soins sur les sources de Labastide – Peyradier lors de notre visite des captages en mars 2015 :

Date	Site de mesure	Paramètres mesurés in situ			Source
		Conductivité à 25°C (μS/cm)	Température (°C)	pH	
10/03/2015	Source Peyradier n°1	263	11,7	6,88	RABIN
10/03/2015	Source Peyradier n°2	267	11,8	7,08	RABIN
10/03/2015	Source Peyradier n°3	277	12,2	7,03	RABIN

Voici les mesures réalisées par nos soins sur les points d'eau majeurs de cette unité :

- **Source de Chamandre à Vernon** (Trias Moyen). *A noter que visuellement l'eau de la source Chamandre présente une certaine turbidité donnant à l'eau un aspect légèrement laiteux*

Date	Site de mesure	Paramètres mesurés in situ		Source
		Conductivité à 25°C (μS/cm)	Température (°C)	
27/09/2013	Source du Moulin de Chamandre	309	13,9	RABIN
13/02/2015	Source du Moulin de Chamandre	342	11,4	RABIN

Pour comparaison, voici les données recueillies sur la source de Chamandre haut à Vernon le 18/02/2015, émergent au sein du Trias supérieur : Conductivité à 25°C = 274 μS/cm ; Température = 13,1° (Rabin, 2015).

- **Source de l'Abeyradou à Rosières**(Trias Moyen) le 18/02/2015 : Conductivité à 25°C = 386 μS/cm ; Température= 15,3°C
- **Source de Fayet à Sanilhac**(Trias Moyen) le 19/02/2015 : Conductivité à 25°C = 246 μS/cm ; Température= 12,2°C ; pH = 7,92

Voici les informations recueillies dans la bibliographie pour l'aspect qualité de l'eau dans les formations triasiques (Thèse de Pascal, 1970 [7])

		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	TH	TAC	SO ₄ =	p en g/cm ³ à 20°C
Marnes sulfatées triasiques	concentration maxi.	9,6	2,95	0,17	0,24	12,55	3,85	8,96	1,050
	concentration mini.	3,35	1,4	0,08	0,13	4,85	2,35	1,96	2,390
Pseudo-Karst du Trias	concentration maxi.	2,7	2,15	0,07	0,15	4,05	4	0,58	2,900
	concentration mini.	1,55	1,35	0,03	0,08	3,5	3,25	0,02	3,360

Tableau 54 : différents types d'eau avec les concentrations extrêmes en mg/l pour les aquifères triasiques (Source PASCAL, 1970)

Ci-dessous, nous citerons BOISSIN [16](notice explicative de la carte hydrogéologique des Cévennes et du Bas-Vivarais, 1975) pour ce qui est du commentaire sur la qualité des eaux triasiques :

Les eaux présentent divers types, selon les faciès locaux ; dans les grès, les eaux sont peu chargées ($\rho = 3000 \Delta \times \text{cm}$), du type bicarbonaté calcique, exceptionnellement bicarbonatées magnésiennes lorsque s'intercalent des niveaux dolomitiques.

Au contact des marnes sulfatées, les eaux sont sulfatées calciques ; elles sont très chargées ($\rho = 1050 \Delta \times \text{cm}$) et peuvent de ce fait servir de traceurs naturels lorsqu'elles s'infiltrèrent ensuite dans les karsts calcaires (l'ion SO_4^{--} est un bon marqueur, d'après C. Drogue et M. Ricolvi).

Vu le peu de surface d'affleurement du Trias inférieur pour cette unité et l'absence d'émergence significative associée à cet aquifère, nous ne disposons d'aucune analyse comparative. Il est toutefois possible de retrouver des données de qualité pour le Trias inférieur sur d'autres unités aquifères du Trias comme Largentière.

4.6.6. Vulnérabilité intrinsèque/Occupation des sols/Pressions

Pour l'unité Rosières, la vulnérabilité globale est plutôt moyenne à très élevée. Avec les phénomènes de pseudo-karstifications du Trias supérieur et du Trias moyen, la vulnérabilité est très élevée en lien avec les nombreuses pertes associées de ruisseaux. On citera notamment le réseau de Chamandre. **Pour ces aquifères de type karstiques, la vulnérabilité est importante et les risques de pollution sont comparables à une ressource d'origine superficielle de type prise d'eau en rivière.**

Pour ce qui est de l'aquifère du Trias inférieur, peu représenté en termes de points d'eau sur l'unité Rosières, il faut garder en tête que ce dernier reste géo-chimiquement très vulnérable (risque de dissolution du gypse comme c'est le cas sur l'ensemble des unités aquifères triasiques de la bordure sous-cévenole).

A noter tout de même que l'aquifère localisé au sein du massif gréseux du Trias supérieur peut disposer d'une bonne protection naturelle et localement d'une bonne filtration (pouvoir filtrant des formations gréseuses).

L'occupation des sols est variée sur cette unité (Tableau 55 et Figure 142) et principalement représenté par de la forêt « mélangée » et de la forêt de feuillus. L'habitat est plutôt diffus avec quelques villages (Rosières, Vernon, Sanilhac, Montréal, Laurac-en-Vivarais). Les zones naturelles sont toutefois relativement préservées. Au niveau de l'occupation des sols on retrouve globalement (source CLC 2006) des zones cultivées en partie Sud de l'unité.

Il est certain que le tissu urbain se développera dans les années futures notamment pour la partie Sud de l'unité à proximité de la D104.

Il existe une installation ICPE au sein de notre unité mais il s'agit de la coopérative vinicole de Rosières située en extrémité Sud-Est de l'unité Rosières. Il n'existe aucun site et sol pollué, ni aucune industrie.

Type d'occupation des sols	Surface (km²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	0,646	1,69%
221 : Vignobles	1,382	3,62%
231 : Prairies	3,720	9,75%
242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes	9,513	24,92%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	1,745	4,57%
311 : Forêts de feuillus	2,309	6,05%
312 : Forêts de conifères	11,506	30,14%
313 : Forêts mélangées	5,172	13,55%
321 : Pelouses et pâturages naturels	0,551	1,44%
322 : Landes et broussailles	0,001	0,00%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,625	4,26%
	38,170	100,00%

Tableau 55 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Rosières

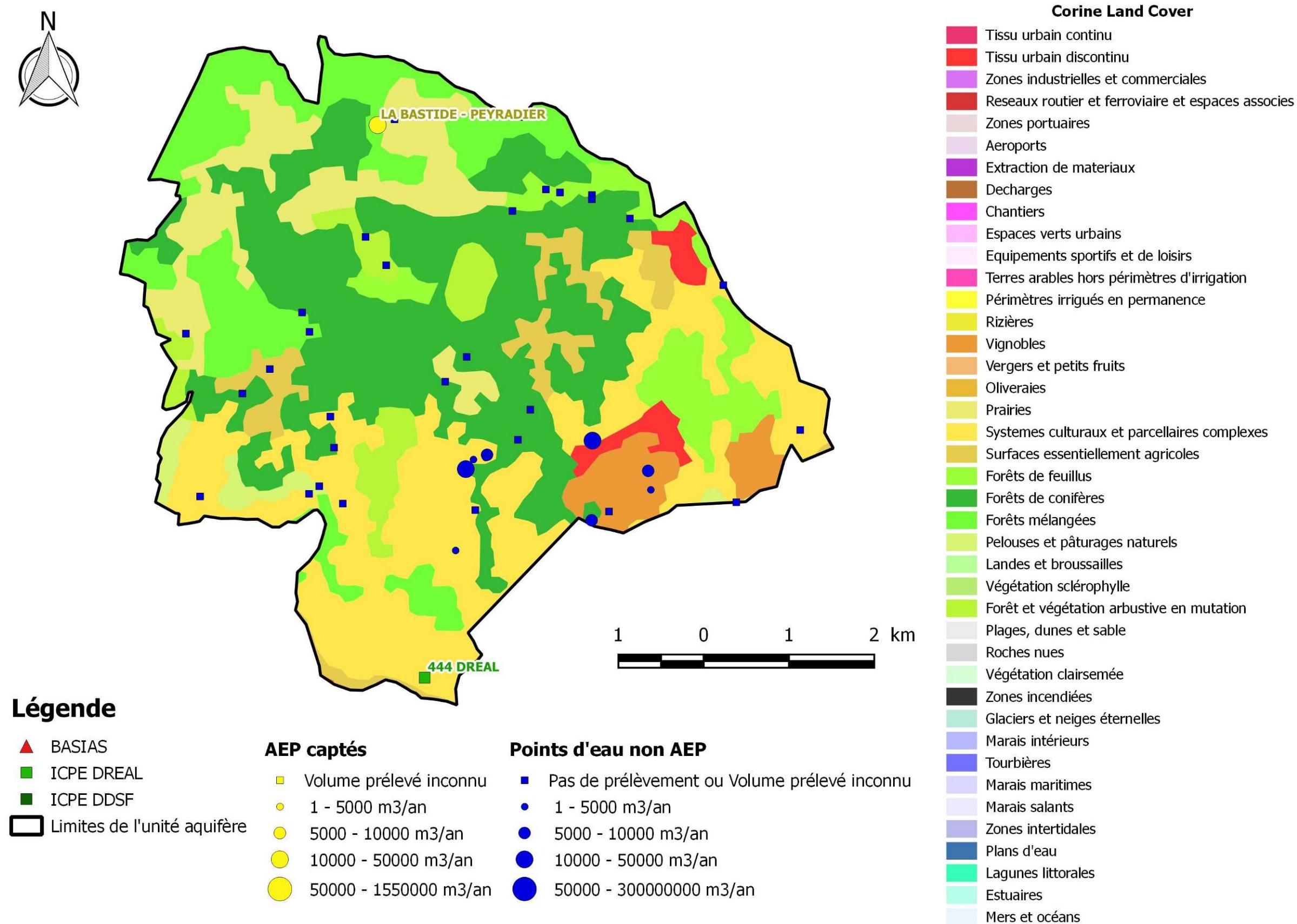


Figure 142 : occupation des sols, pressions industrielles et prélèvements sur l'unité Rosières

4.7. L'unité Lablachère

4.7.1. Présentation et délimitation de l'unité

Cette unité comprend les communes de Joyeuse, Lablachère, Ribes, St-André-Lachamp, Planzolles, Faugères, Payzac, St-Pierre-St-Jean, St-Genest-de-Beauzon, Les Assions, Chambonas, Les Vans, Les Sallèles et Gravières. **Sa superficie est d'environ 82 km².**

Elle est constituée d'une large bande triasique méridionale orientée Nord-Est à Sud-Ouest délimitée :

- Au Nord-Est par la vallée de la Beaume qui a entaillé le massif gréseux
- Au Sud par le contact entre les terrains triasiques et les terrains jurassiques (la vallée du Chassezac a d'ailleurs entaillé le massif gréseux dans la partie Sud de l'unité). ; ce contact est parfois normal comme au Sud-Sud-Ouest de l'unité
- A l'Est, la limite est constituée par le contact par faille (faille de Païolive) entre le Trias supérieur et les terrains jurassiques.
- A l'ouest la limite est constituée par la jonction entre le Trias et les schistes de la série de Joyeuse.

Au niveau géologique, cette unité est entièrement constituée des terrains du Trias.

Sur la bordure Ouest de l'unité Lablachère, on peut trouver à l'affleurement les trois étages du Trias qui forment des buttes peu étendues posées sur les roches cristallines et métamorphiques du socle. Ces buttes forment des entités aquifères indépendantes (ex : butte triasique au Sud de St-André-Lachamp ou au niveau de Ribes).

Dans la partie Sud de l'unité, on retrouve un relief très découpé, contrairement au reste de l'unité qui se présente plutôt comme un relief de type « plateau » où seul le Trias supérieur est à l'affleurement, jusqu'à la faille de Païolive. Le pendage général est le plus souvent de 10 à 15° vers le Sud-Est. A l'Est de cette faille, le Trias se retrouve non érodé sous 100 à 200 mètres de formations carbonatées liasiques.

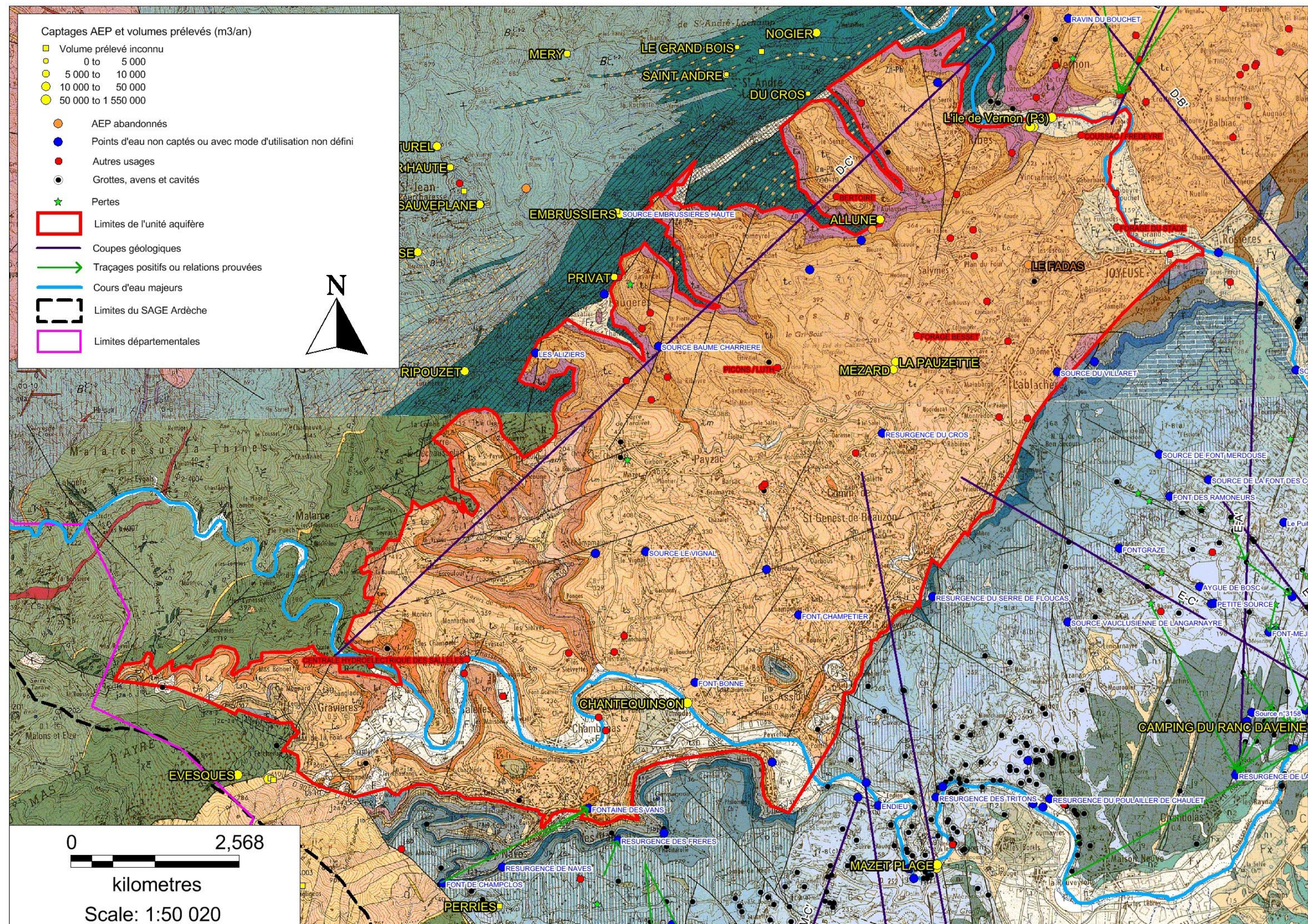


Figure 143 : limite de l'unité Lablachère sur fond géologique

4.7.2. Hydrogéologie

4.7.2.1. Recharge naturelle, aire d'alimentation et exutoires

Sur l'unité Lablachère, l'aquifère le plus important reste celui du Trias supérieur étant donné qu'il constitue une très grande majorité des terrains affleurants. En partie Nord et Nord-Ouest de l'unité, les ruisseaux ont entaillé le massif gréseux pour mettre à nu les formations triasiques sous-jacentes voire même les schistes de la série de Joyeuse.

L'aire d'alimentation de l'unité est ici représentée par l'ensemble de la surface d'affleurement des grès du Trias supérieur (poreux). Malgré la mise à nu du Trias moyen en partie Nord de l'unité, **on ne dénombre pas de pertes majeures au niveau des ruisseaux**. En effet, les calcaires dolomitiques du Trias moyen sont bien connus pour être le siège d'une pseudo-karstification importante, favorisant, comme c'est le cas pour l'unité Rosières, l'enfoncement souterrain de quelques cours d'eau.

Le découpage du relief laisse toutefois entrevoir quelques émergences d'intérêt (source de Bertoire, source du Fadas, source de Champmajour...). Dans ce système, les plus grosses sources sont liées soit à un réseau de pseudo-karstification du Trias supérieur, soit aux karstifications des dolomies du Trias moyen. L'aquifère du Trias inférieur est peu représenté sur l'unité Lablachère, on retiendra qu'il peut présenter des risques de mauvaise qualité d'eau (cf. Largentière).

Quelques sources présentent des débits intéressants, elles sont l'exutoire de réseaux pseudo-karstiques : source de Freydeyre ou Coussac à Joyeuse, source du Fadas à Joyeuse, source de Bertoire à Saint-André-Lachamp, source du Pigeonnier à Payzac.

Au niveau des reliefs de plateaux, il y a peu de sources mais on peut accéder aux ressources importantes du Trias supérieur par forage, comme par exemple dans le secteur de Salymes à Lablachère où il existe une dizaine de forages agricoles profonds de 100 à 140 mètres ou encore pour les forages de la Pauzette et Mézard (exploités et anciennement exploités) destinés à l'AEP de la commune de Lablachère.

Les réseaux spéléologiques importants et/ou les grosses émergences associées aux phénomènes karstiques sont :

- La grotte de Ribes, la plus septentrionale, se développe dans le Trias moyen et présente un écoulement pérenne d'environ 0,5 l/s.
- La Baume Dupré à Faugères est la cavité la plus haute en altitude connue sur le Trias et se développe sur une assise marneuse. Le ruisseau souterrain a un débit de 0,25 l/s en moyenne eau.
- La Baume Charrière a fait l'objet d'une topographie spéléologique en 2013 (développement 140 mètres)
- La Baume du Luth est une source pérenne d'un débit variant de 0,25 l/s à 50 l/s de faible développement.
- La Fontaine de Champetier se développe dans le Trias supérieur sans assise marneuse. Les débits observés varient de 0,25 l/s à 30 l/s.

- La Fontaine du Vignal se développe sur près de 2 Km dans le Trias supérieur. Les débits observés varient de 0,5 l/s à 50 l/s.
- Sarméjeanne se développe sur environ 3560 mètres au sein du trias moyen. Le débit mesuré par nos soins le 03/12/2015 était de 15 l/s.

L'ensemble des réseaux spéleologiques connus sur ce secteur sont de faible extension. Les explorations spéleologiques n'ont pas permis de mettre en évidence une karstification profonde. Les faibles débits observés et même en hautes eaux indiquent un faible potentiel de ce secteur pour constituer un réservoir karstique. La carte ci-dessous présente quelques réseaux spéleologiques de l'unité Lablachère.

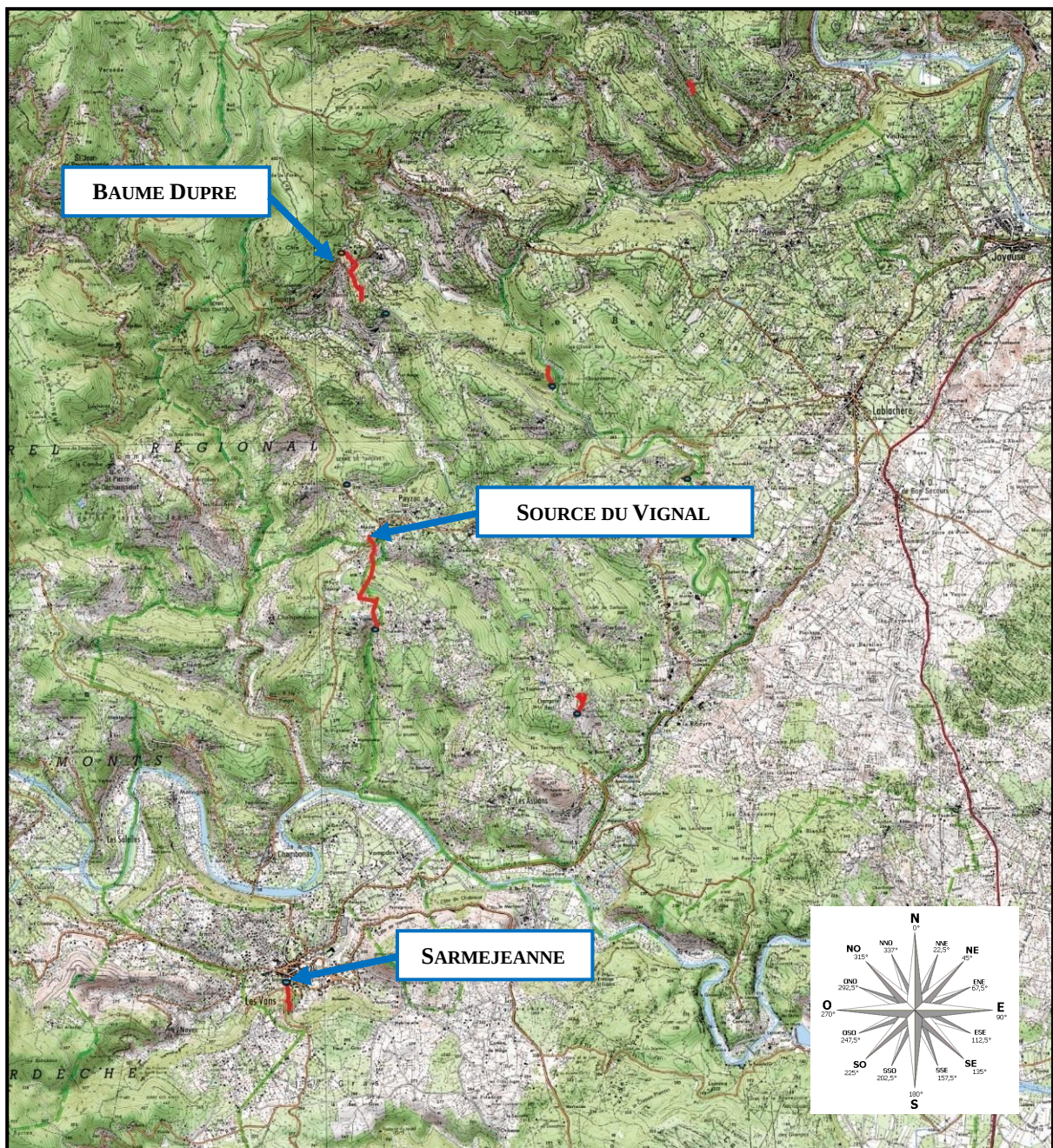


Figure 144 : carte des réseaux spéleologiques de l'unité Lablachère (Source : CDS 07)

Les principaux réseaux de pseudo-karstification sont les suivants :

Cavité		Données hydrologiques			Données topographiques	
<i>NOM</i>	<i>Commune</i>	<i>SIPHON</i>	<i>écoulement</i>	<i>fonctionnement</i>	<i>développement</i>	<i>dénivelé</i>
Champmajour (grotte de)	Chambonas	non	permanent	source	44	3
Dupré (baume)	Faugères	non	temporaire	perte	848	47
Fadas (source captée du)	Joyeuse	non	permanent	source	131	8
RB1 (grotte)	Joyeuse		temporaire	perte	40	-6
Ribes (fontaine de)	Joyeuse		permanent		280	-5
Champetier (fontaine de)	Les assions	non	permanent		400	5
Font Bonne (grotte)	Les assions		permanent	source	115	
Elzède (grotte de l')	Malbosc		temporaire		14	-2,5
Chaurand (grotte de)	Payzac		permanent	source	30	
Luth (baume du)	Payzac		permanent	source	350	1
Pigeonnier (grotte du)	Payzac		permanent	source	240	2
Quillard (aven du)	Payzac		temporaire	perte	56	-10
Vignal (fontaine du)	Payzac	temporaire	permanent	source	1900	30
Cros (résurgence du)	St Genest de Beazon	non	permanent	source	83	
Sarmejeanne (grotte de)	Les Vans	oui	permanent	résurgence	350	

Tableau 56 : principaux réseaux de pseudo-karstification (Source : CDS07)

4.7.2.2. Piézométrie, gradient, direction d'écoulement

Il n'existe pas de réseau de suivi piézométrique sur l'unité « Lablachère ». On peut toutefois noter l'existence de nombreux forages privés et agricoles autour du village de Lablachère (ex : forages à Salymes...) tout comme sur la commune de Joyeuse (innombrables forages privés, forage du stade...). Il pourrait à l'avenir être envisagé d'effectuer une piézométrie pour l'ensemble des forages connus ayant recoupé l'aquifère triasique.

Nous disposons de quelques mesures de niveau piézométriques notamment sur les forages de la Pazuette et sur le forage Mézard lors de l'essai de débit réalisé en avril 2011 :

- Niveau statique Pazuette le 10/09/2009 = -59,21 m/Tn, (forage de reconnaissance)
- Niveau statique Pazuette le 07/04/2011 = -52,87 m/Tn (forage d'exploitation)
- Niveau statique Mézard le 11/04/2011 = -28,55 m/Tn

Le forage Mézard et le forage Pazuette captent tous les deux l'aquifère du Trias supérieur cependant le forage Mézard capte des arrivées d'eau peu profondes ce qui explique les différences importantes des niveaux statiques entre ces deux ouvrages pourtant très proches (le forage de la Pazuette est cimenté jusqu'à -70 m/Tn aveuglant ainsi les arrivées d'eau trop superficielles).

On notera que les directions d'écoulement peuvent s'effectuer différemment au sein des étages du Trias :

- Le sens d'écoulement suit le pendage (vers le Sud-Est) pour les formations triasiques supérieures et inférieures lorsque celles-ci ne sont pas affectées par les failles.
- Pour le Trias moyen, le sens d'écoulement reste également majoritairement dans le sens du pendage mais les réseaux pseudo-karstiques se sont également développés suivant les directions suivantes (Nord à Sud et Nord-Ouest à Sud-Est).

Il faut noter tout de même une exception : la source de Freydeyre (Coussac) à Joyeuse possède un développement Nord-Sud au sein du Trias moyen avec un écoulement vers le Nord drainant ainsi les eaux du plateau de Vinchannes vers la plaine de l'île de Vernon.

4.7.2.3. Paramètres hydrodynamiques et vitesses de transfert (y compris tableau des traçages)

Voici les paramètres hydrodynamiques calculés lors du pompage d'essai sur le forage de la Pauzette (BE Rabin, [66]) :

Le pompage d'essai a débuté par des paliers de débit et la courbe caractéristique du forage d'exploitation de la Pauzette montre clairement que le débit critique n'a pas été atteint à 54 m³/h dans les conditions de l'essai. Un pompage d'essai de longue durée a ensuite été effectué en deux phases ; l'allure des courbes en descente et en remontée caractérise une nappe semi-captive à débit retardé ; les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère ont été déterminées par la méthode semi-logarithmique de JACOB :

- du 11 au 12/04/2011 sur environ 12 heures au débit moyen de 53,5 m³/h :
 - Descente forage de la Pauzette : $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 - Remontée forage de la Pauzette : $3,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
- du 12 au 14/04/2011 pour une durée totale de 58 heures et 23 minutes au débit moyen de 47,8 m³/h :
 - Descente forage de la Pauzette : $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 7,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 - Remontée forage de la Pauzette : $2,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
 - Descente forage Mézard : $5,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} < \text{transmissivité} < 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
 $3,5 \cdot 10^{-5} < \text{coeff. emmagasinement} < 1,9 \cdot 10^{-3}$

Au débit moyen de 47,8 m³/h pendant 58h23, le niveau dynamique dans le forage de la Pauzette était de 89,99 m/TN, soit un rabattement de 37,22 m ou un débit spécifique de 1,28 m³/h/m.

Voici quelques données complémentaires fournies par D. CUCHE [67] :

➤ Hydrodynamiques:

A partir de deux types d'essais de pompage : par paliers et de longue durée à 14,50 m³/h., l'interprétation des mesures donnent les résultats suivants:

- Débit spécifique : $Q = 1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.
- Transmissivité : $2,51 \text{ E } -04 < T < 3,02 \text{ E } -04$
- Perméabilité : $6,27 \text{ E } -06 < K < 7,55 \text{ E } -06$

Nous ne disposons d'aucun rapport de traçage sur l'unité « Lablachère ». Les données spéléologiques du CDS07 indiquent toutefois un essai de coloration positif entre le réseau de Baume Dupré et la source de Chavêche à Faugères sans toutefois apporter plus de précision sur les quantités de traceur mises en œuvre ni même sur le traceur employé.

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Réseau de la Baume Dupré	Source de Chavêche			
Font De Champclos	Sarreméjanne	1 kg (fluorescéine)		
Pertes du Bourdaric	Sarreméjanne	1 kg (fluorescéine)		

Tableau 57 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité Lablachère

4.7.3. Appréciation du potentiel quantitatif

Vu la vaste surface d'affleurement des **grès du Trias supérieur** pour l'unité « Lablachère », **il existe sans nul doute un potentiel quantitatif important au sein de cet aquifère** (ce potentiel se confirme également par l'abondance des forages privés et/ou agricoles sur l'unité et les débits annoncés par les foreurs). De plus, vus les débits des seules sources associées au Trias moyen, on suppose également qu'un **potentiel intéressant existe au sein des calcaires dolomitiques du Muschelkalk**.

Pour mémoire, il existe quelques captages AEP sur le secteur mais **seuls les forages de Mézard (forage plus exploité à ce jour) et Pazette constituent des prélèvements d'eau souterraine**. En effet les autres captages sont soit des sources abandonnées (Dupuy, Fadas) soit des prises d'eau en rivière (Alune, Chantequinson) voir même des puits en nappe alluviale (puits de l'île de Vernon).

Voici les données disponibles sur le potentiel quantitatif des quelques points d'eau importants :

- **Forage de la Pazette** (Trias Sup) : débit critique > 54 m³/h ; **débit exploitable maxi recommandé 50 m³/h** ; débit d'exploitation actuelle (2016) de 30 m³/h.
- **Forage Mézard** (Trias Sup) : débit exploitable défini pour 12 m³/h.
- Il existe de nombreux forages privés et agricoles sur les grès du Trias supérieur que ce soit à proximité du village de Lablachère, de Joyeuse ou plus au Sud du côté des Vans. **Ces forages disposent pour la plupart d'une profondeur proche de 100 mètres avec des débits compris entre 10 et 20 m³/h**. Malgré nos connaissances du terrain et les enquêtes menées dans le cadre de cette étude, il est certain qu'il existe encore un bon nombre de forages (essentiellement privés) qui ne sont pas ici répertoriés.
- **La source de Freydeyre ou Coussac** (Trias moy) : débit d'étiage de 66 m³/h le 22/08/2011.
- **La source de Sarméjanne aux Vans** (Trias moy) : débit mesuré le 03/12/2015 = 54,5 m³/h.
- **La source de Bertoire à Saint-André-Lachamp** (Trias moy) : Débit d'étiage donné pour 5 m³/h.

On dénombre une multitude de petites sources sur l'ensemble de l'unité qui présentent des débits importants en période de crue (Baume du luth, Champetier, Vignal...). Elles émergent toutes principalement du Trias supérieur et présentent des débits très limités voir nuls à l'étiage.

4.7.4. Echanges nappe/rivière

Contrairement à l'unité Rosières, **nous ne disposons que de très peu de réseaux se développant au sein du Trias moyen**. Etant donné que les calcaires dolomitiques du Trias moyen sont sensibles à la formation de réseaux karstiques, ceux-ci favorisent, lorsque qu'ils recoupent les écoulements superficiels, les pertes de cours d'eau. On peut toutefois citer le réseau de Sarméjanne aux Vans :

réseau se développant au sein du Trias moyen (350 m) et dont une partie de l'eau pourrait être issue du ruisseau du Bourdaric (ruisseau se perdant totalement à l'aval de Naves).

Etant donné le pouvoir d'infiltration des grès du Trias supérieur (perméabilité d'interstice), il est possible que certains ruisseaux circulants sur l'unité Lablachère puissent disposer de pertes diffuses alimentant la nappe des grès supérieurs (ruisseaux et affluents de l'Auzon, du Salindres, du Sure...).

4.7.5. Qualité des eaux

Au niveau qualité de l'eau, nous disposons d'un suivi qualitatif (ARS07) au niveau du forage de la Pazuette. **Globalement, la qualité de l'eau est conforme aux normes de potabilité.** Voici ci-dessous la liste des éléments disponibles en notre possession (Source : ARS07, données importées dans la Base de données RM Ardèche).

Paramètre	Moyen	Maxi	Mini	Norme AEP	Unité
Conductivité à 25°C	442,50	610,00	380,00	200 - 1000	µS/cm
pH	7,78	7,90	7,50	6.5 - 9	unité pH
Turbidité néphélométrique NFU	0,31	0,60	0,11	1	NFU
Dureté	21,78	27,70	18,70	30	°F
Carbone organique total	0,00	0,00	0,00	2	mg/l C
Ammonium (en NH ₄)	0,00	0,00	0,00	0.1	mg/l
Nitrites (en NO ₂)	0,00	0,00	0,00	0.5	mg/l
Nitrates (en NO ₃)	2,10	3,50	0,00	50	mg/l
Aluminium total	3,13	5,00	0,00	200	µg/l
Fer total	71,25	110,00	56,00	200	µg/l
Manganèse total	10,00	25,00	3,00	50	µg/l
Sulfates	106,10	171,00	72,00	250	mg/l
Chlorures	1,88	3,80	0,00	250	mg/l
Bore mg/L	0,01	0,01	0,00	1	mg/l
Potassium	1,82	2,00	1,70	12	mg/l
Sodium	1,95	2,30	0,92	200	mg/l
Hydrocarbures aromatiques pol	0,00	0,00	0,00	0.1	µg/l
Total des pesticides analysés	0,00	0,00	0,00	0.5	µg/l

Tableau 58 : bilan de la qualité de l'eau pour le forage de la Pazuette (ARS07)

On remarque toute de même des **concentrations importantes en fer total et sulfates** dans l'eau du forage de la Pazuette.

Même si la concentration est en deçà des normes de potabilité, **la présence de sulfates engendre une certaine corrosivité vis-à-vis des canalisations métalliques.** En effet, depuis la mise en service du forage de la Pazuette, la commune de Lablachère (exploitant) doit faire face à des problèmes d'eaux rouges sur le réseau de distribution, phénomène lié bien évidemment à la corrosivité de l'eau d'autant plus que les canalisations anciennes de la commune reste un facteur aggravant (réseau datant des années 30).

Pour ce qui est de l'aquifère du Trias, nos connaissances de terrain permettent d'affirmer qu'il **existe un problème récurrent de turbidité et/ou de venues de sables dans les forages exploitant l'aquifère des grès du Trias supérieur.** Ces problèmes sont principalement dus au mauvais équipement des

forages (crépines artisanales, absence de massif filtrant...) ou simplement à un surdimensionnement des pompes (la plupart des forages sont équipés hydrauliquement dès la fin des travaux de foration selon les estimations faites par les foreurs (air-lift ou petit pompage d'une heure...). **C'est le cas du forage Mézard (Lablachère) ou du forage du Stade (Joyeuse)**, ces forages ont été vraisemblablement mal équipés et ces derniers présentent une turbidité très importante. A noter que la commune de Lablachère, lorsqu'elle exploitait encore le forage Mézard, devait mettre en service le forage en continu durant plus d'une semaine (avec rejet au milieu naturel) avant de disposer d'une eau conforme du point de vue de la turbidité.

A noter également que les eaux des sources issues du Trias peuvent présenter également une grande sensibilité à la turbidité (ex source Dupuy, source Bertoire...).

Globalement la qualité des eaux au sein du trias supérieur reste bonne étant donné le pouvoir filtrant des formations gréseuses majoritairement à l'affleurement au sein de l'unité Lablachère (une attention particulière doit être faite à l'égard des sulfates dissous). A noter que pour le Trias moyen, la qualité des eaux reste moyenne à médiocre puisque les eaux issues du Trias moyen proviennent dans la plupart des cas de pertes de ruisseaux (ex : réseau de Sarméjeanne aux Vans, en lien avec les pertes du ruisseau du Bourdaric). Pour le Trias inférieur, non représenté sur l'unité Lablachère, nous ne disposons pas de paramètre qualitatif des eaux souterraines mais nous pouvons aisément corroborer les informations données pour l'unité Largentière : *Le Trias inférieur contient des métaux, majoritairement des sulfures (pyrite, chalcopryrite) des sulfates (évaporites et sulfures altérés) et du fer, qui rendent son eau le plus souvent impropre à la consommation et à l'irrigation (Burgéap, 1970; Roure, 1997).*

4.7.6. Vulnérabilité intrinsèque / Occupation des sols/Pressions

Pour l'unité Lablachère, la vulnérabilité globale est plutôt faible à moyenne. Nous avons recensé beaucoup de phénomènes de pseudo-karstifications du Trias supérieur et quelques réseaux au sein du Trias moyen. Il n'existe pas ou peu de pertes de ruisseaux hormis la perte totale du ruisseau du Bourdaric aux Vans.

Nous sommes donc ici en présence d'un aquifère important au sein des grès du Trias supérieur. Cet aquifère à porosité d'interstices dispose d'une filtration naturelle ce qui permet d'améliorer la qualité et la protection des eaux souterraines. Pour les quelques sources associées au Trias moyen (Freydeyre, Sarméjeanne...), il faut être très prudent quant à l'origine des eaux (souvent liée à des pertes de ruisseaux comme c'est le cas pour Sarméjeanne) ce qui confère à ces sources une très grande vulnérabilité.

Pour l'aquifère du Trias inférieur, peu représenté en termes de points d'eau sur l'unité Lablachère, il faut garder en tête que ce dernier reste géo-chimiquement très vulnérable (risque de dissolution du gypse comme c'est le cas sur l'ensemble des unités aquifères triasiques de la bordure sous-cévenole).

L'occupation des sols est variée sur cette unité (Tableau 59 et Figure 145). L'habitat est plutôt diffus avec tout de même une ville (Les Vans) et quelques villages (Joyeuse, Ribes, Lablachère, Payzac, St-Genest-de-Beauzon, Faugères, Les Assions, Chambonas, Gravières, Les Sallèles).

	Surface (km ²)	% surface
112 : Tissu urbain discontinu	1,51	1,83%
221 : Vignobles	1,16	1,40%
231 : Prairies	3,59	4,35%
242 : Systèmes culturels et parcellaires complexes	29,52	35,70%
243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	4,51	5,46%
311 : Forêts de feuillus	3,87	4,68%
312 : Forêts de conifères	28,63	34,61%
313 : Forêts mélangées	6,08	7,36%
321 : Pelouses et pâturages naturels	1,33	1,60%
322 : Landes et broussailles	0,82	0,99%
323 : Végétation sclérophylle	0,21	0,25%
324 : Forêt et végétation arbustive en mutation	1,47	1,77%
	82,71	100,00%

Tableau 59 : répartition de l'occupation des sols sur l'unité Lablachère

Les zones naturelles sont toutefois relativement préservées tout comme les zones agricoles. Au niveau de l'occupation des sols on retrouve globalement (source CLC 2006) :

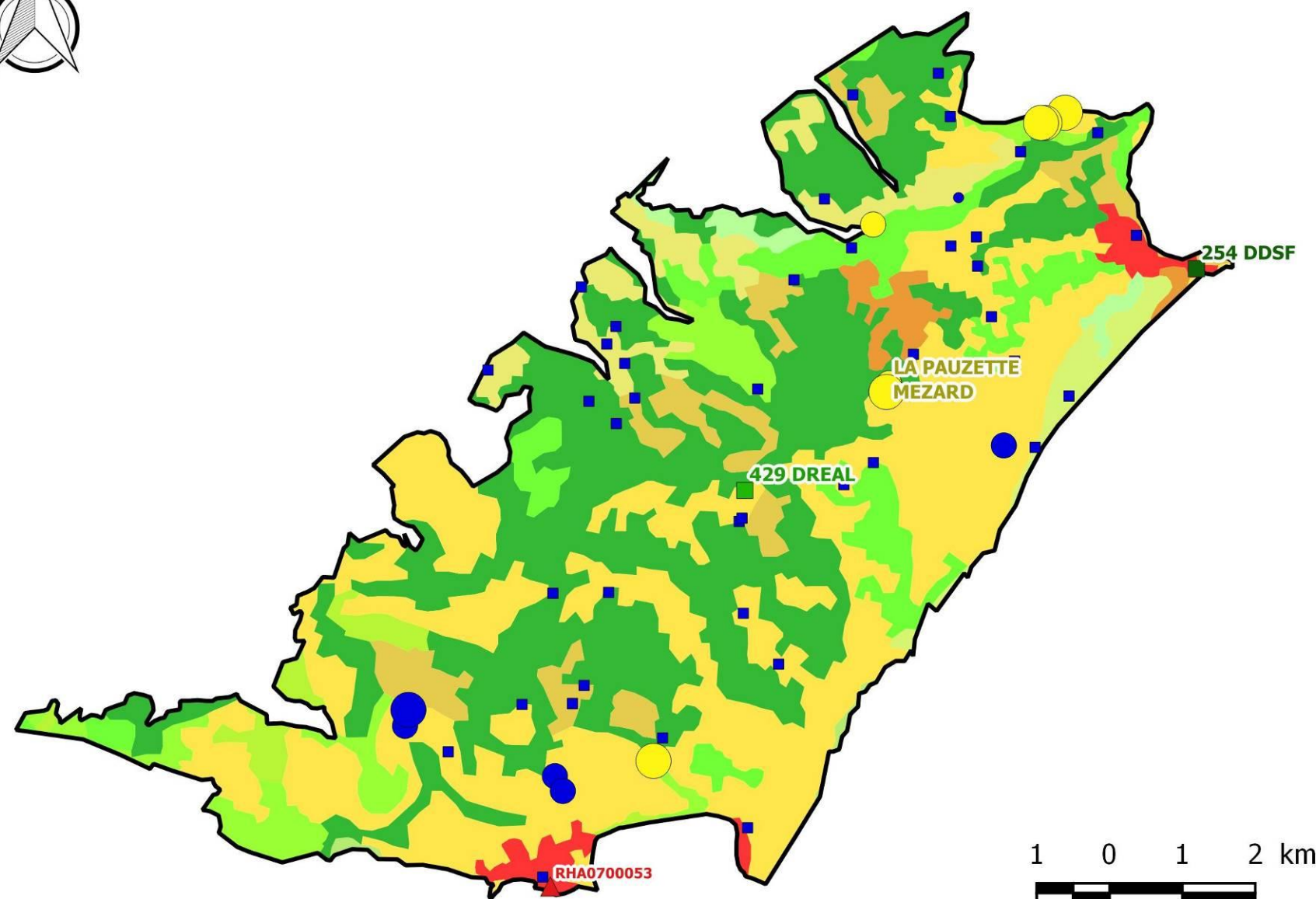
- des zones cultivées au niveau des plaines et des terrasses cultivées (vignobles, vergers et petits fruits).
- de la forêt « mélangée » et de la forêt de feuillus dominant la partie Nord-Ouest de l'unité.

Il est certain que le tissu urbain se développera dans les années futures notamment à proximité des zones déjà urbanisée (Les Vans, Joyeuse..).

Il existe 2 installations ICPE en fonctionnement au sein de cette unité, il s'agit de :

- **l'entreprise « LEYRIS » à Payzac** enregistrée sous « Produits explosifs (stockage de) » ;
« Broyage, concassage, ...et autres produits minéraux ou déchets non dangereux inertes » ;
« Produits minéraux ou déchets non dangereux inertes (transit) »
- **L'entreprise « LES SALAISONS DE BEAUME DROBIE » à Joyeuse** enregistrée sous « Alimentaires (préparation ou conservation) produits d'origine animale »

Il existe un ancien site industriel référencé dans la base de données BASIAS : l'entreprise « Teinturerie Nouvel Frères » aux Vans dont l'activité est terminée (ref : RHA0700053).



Légende

- ▲ BASIAS
- ICPE DREAL
- ICPE DDSF
- Limites de l'unité aquifère

AEP captés

- Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m3/an
- 5000 - 10000 m3/an
- 10000 - 50000 m3/an
- 50000 - 1550000 m3/an

Points d'eau non AEP

- Pas de prélèvement ou Volume prélevé inconnu
- 1 - 5000 m3/an
- 5000 - 10000 m3/an
- 10000 - 50000 m3/an
- 50000 - 300000000 m3/an

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles et commerciales
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Zones portuaires
- Aeroports
- Extraction de matériaux
- Décharges
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Périmètres irrigués en permanence
- Rizières
- Vignobles
- Vergers et petits fruits
- Oliveraies
- Prairies
- Systemes cultureux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Végétation sclérophylle
- Forêt et végétation arbustive en mutation
- Plages, dunes et sable
- Roches nues
- Végétation clairsemée
- Zones incendiées
- Glaciers et neiges éternelles
- Marais intérieurs
- Tourbières
- Marais maritimes
- Marais salants
- Zones intertidales
- Plans d'eau
- Lagunes littorales
- Estuaires
- Mers et océans

Figure 145 : occupation des sols, prélèvements et pressions industrielles sur l'unité Lablachère

V- LES BESOINS EN EAU POTABLE ACTUELS ET FUTURS

Ce chapitre fournit des informations relatives à la zone d'étude en ce qui concerne l'alimentation en eau potable actuelle et future. Les données ici présentées sont issues essentiellement du Schéma Départemental d'Alimentation en Eau Potable (SDAEP) pour les parties ardéchoises [68] et lozérienne, et du Schéma Départemental de Gestion Durable de la Ressource en Eau (SDGDRE) pour la partie gardoise de la zone d'étude ainsi que de la base de données des redevances prélèvements de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. Elles ont été complétées par les données des rapports de délégataires [69, 70] et vérifiées par les différentes UGE.

Les besoins en eau potable actuels (=consommation actuelle) seront estimés à partir de 4 données : la population permanente et touristique, les volumes mis en distribution, le rendement des réseaux de distribution et les volumes de service. Dans la mesure des données disponibles, l'année de référence est l'année 2012 qui correspond à la dernière année de recensement INSEE disponible. Par ailleurs, les données de volumes prélevés issus de la base de l'Agence de l'eau sont beaucoup plus précises en 2012 qu'en 2007 du fait de l'équipement en système de comptage de nombreux captages.

Avertissement : les résultats présentés dans ce chapitre sont des estimations basées sur des données non exhaustives, issues de sources et de méthodes parfois différentes ainsi que sur des projections futures qui sont donc à interpréter avec précaution. Pour rappel, l'objectif de ce chapitre est d'identifier les tendances temporelles et géographiques des besoins en eau potable sur le bassin versant de l'Ardèche et non pas de produire des valeurs absolues.

1- LA GESTION DE L'EAU POTABLE SUR LE TERRITOIRE DU SAGE ARDECHE

1.1. Les structures d'alimentation en eau potable

Pour premier rappel, la zone d'étude regroupe 86 UGE distributrices et ou productrices, listées ci-dessous. Pour second rappel, une UGE est une Unité de Gestion et de Distribution et dont les limites géographiques qui ne correspondent pas forcément au périmètre de compétence d'une collectivité. Nous présentons sur la Figure 146 la localisation de ces UGE.

Remarque : une commune peut être concernée par plusieurs UGE (exemple de la commune de Saint-Brès dont la gestion de l'alimentation en eau potable sur son territoire est assurée à 10% par la régie communale et à 90% par le SIE de Barjac (données SDAEP07)).

- Les Syndicats :
 - Le SIE du Bassin de l'Ardèche (SEBA) subdivisé en 2 sous-entités :
 - le SEBA 44 qui est une UGE de production et distribution
 - le SEBA 81 qui est une UGE de production en gros ;
 - Le SIVOM Olivier de Serres ;
 - Le SIAEP du Fay ;
 - Le SIAEP de Barjac (07+30) ;
 - Le SIEAP d'Ailhon-Mercuer ;
 - Le SIAEP de St-Etienne-de-de-Fontbellon / St-Sernin ;
 - Le SIAEP du Pays des Vans ;
 - Le SIAEP de St Alexandre ;
 - Le SIVOM du Haut Allier ;
- La régie intercommunale
 - Communauté de Communes du Rhône aux Gorges de l'Ardèche (DRAGA) ;
- Les régies communales :

○ Aiguèze (30) ;	○ Chasserades (48) ;
○ Aizac (07) ;	○ Chirols (07) ;
○ Altier (48) ;	○ Cubières (48) ;
○ Antraigue-sur-Volane (07) ;	○ Cubières (48) ;
○ Asperjoc (07) ;	○ Dompnac (07) ;
○ Astet (07) ;	○ Fons (07) ;
○ Aubenas (07) ;	○ Genestelle (07) ;
○ Barnas (07) ;	○ Gourdon (07) ;
○ Beaumont (07) ;	○ Jaujac (07) ;
○ Belvezet (48) ;	○ Joyeuse (07) ;
○ Borne (07) ;	○ Juvinas (07) ;
○ Burzet (48) ;	○ La Souche (07) ;

- Labastide-sur-Besorgues (07)
- Lablachère (07) ;
- Laboule (07) ;
- Lachamp-Raphaël (07) ;
- Lagorce (07) ;
- Laval d'Aurelle (07) ;
- Laval-Saint-Roman (30) ;
- Laviolle (07)
- Le Roux (07) ;
- Lentillères (07) ;
- Loubaresse (07) ;
- Malarce-sur-la-Thines (07) ;
- Malons-et-Elze (30) ;
- Malbosc (07) ;
- Mayres (07) ;
- Mazan-L'abbaye (07) ;
- Mezilhac (07) ;
- Montpezat-sous-Bauzon (07) ;
- Montselgues (07) ;
- Pereyres (07) ;
- Pied-de-Borne (48) ;
- Planzolles (07) ;
- Pont-Saint-Esprit (30) ;
- Pourcharesses (48) ;
- Prades (07) ;
- Prévencières (48) ;
- Sablières (07) ;
- Sagnes-et-Goudoulet (07) ;
- Saint-André-Lachamp (07) ;
- Saint-Brès (30) ;
- Saint-Christol-de-Rodières (30) ;
- Saint-Cirgues-de-Prades (07) ;
- Saint-Didier-Sous-Aubenas (07) ;
- Saint-Etienne-de-Boulogne (07) ;
- St-Frézal d'Albuges (48) ;
- Saint-Joseph-des-Bancs (07) ;
- Saint-Julien-de-Peyrolas (30) ;
- Saint-Laurent-Les-Bains (07) ;
- Saint-Mélany (07) ;
- Saint-Michel-de-Boulogne (07) ;
- Saint-Paulet-de-Caisson (30) ;
- St-Pierre-de-Colombier (07) ;
- Saint-Pierre-Saint-Jean (07) ;
- Saint-Pons (07) ;
- Sainte-Marguerite-Lafigères (07) ;
- Salazac (30) ;
- Thueyts (07) ;
- Valgorge (07) ;
- Vallon Pont d'Arc (07) ;
- Vesseaux (07) ;
- Villefort (48).

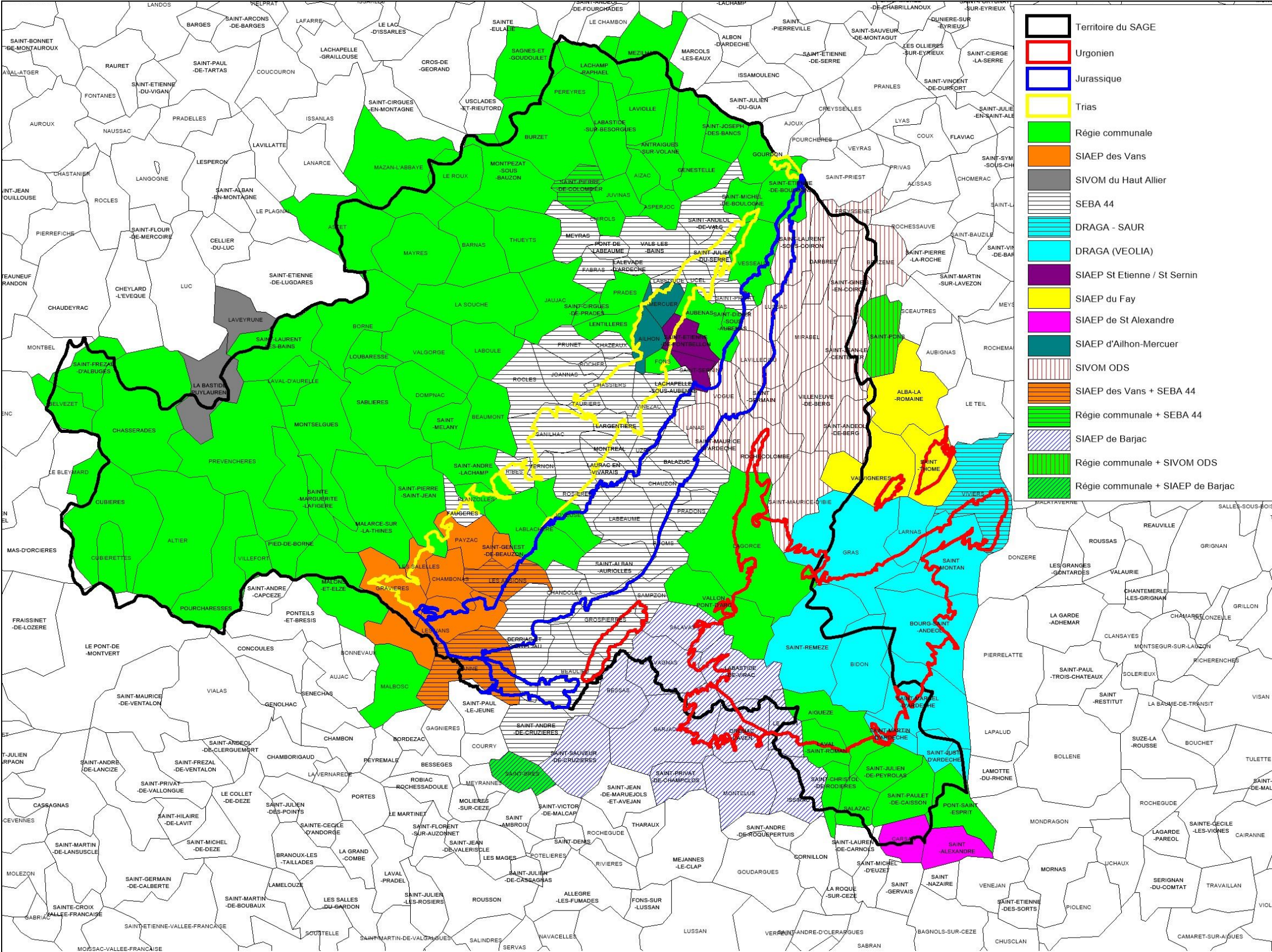


Figure 146 : Répartition des UGE de la zone d'étude (source SDAEP 07, 48 et SDGDR 30)

1.2. L'organisation de l'alimentation en eau potable

Nous avons schématisé sur la figure suivante les liens entre les différentes unités de gestion.

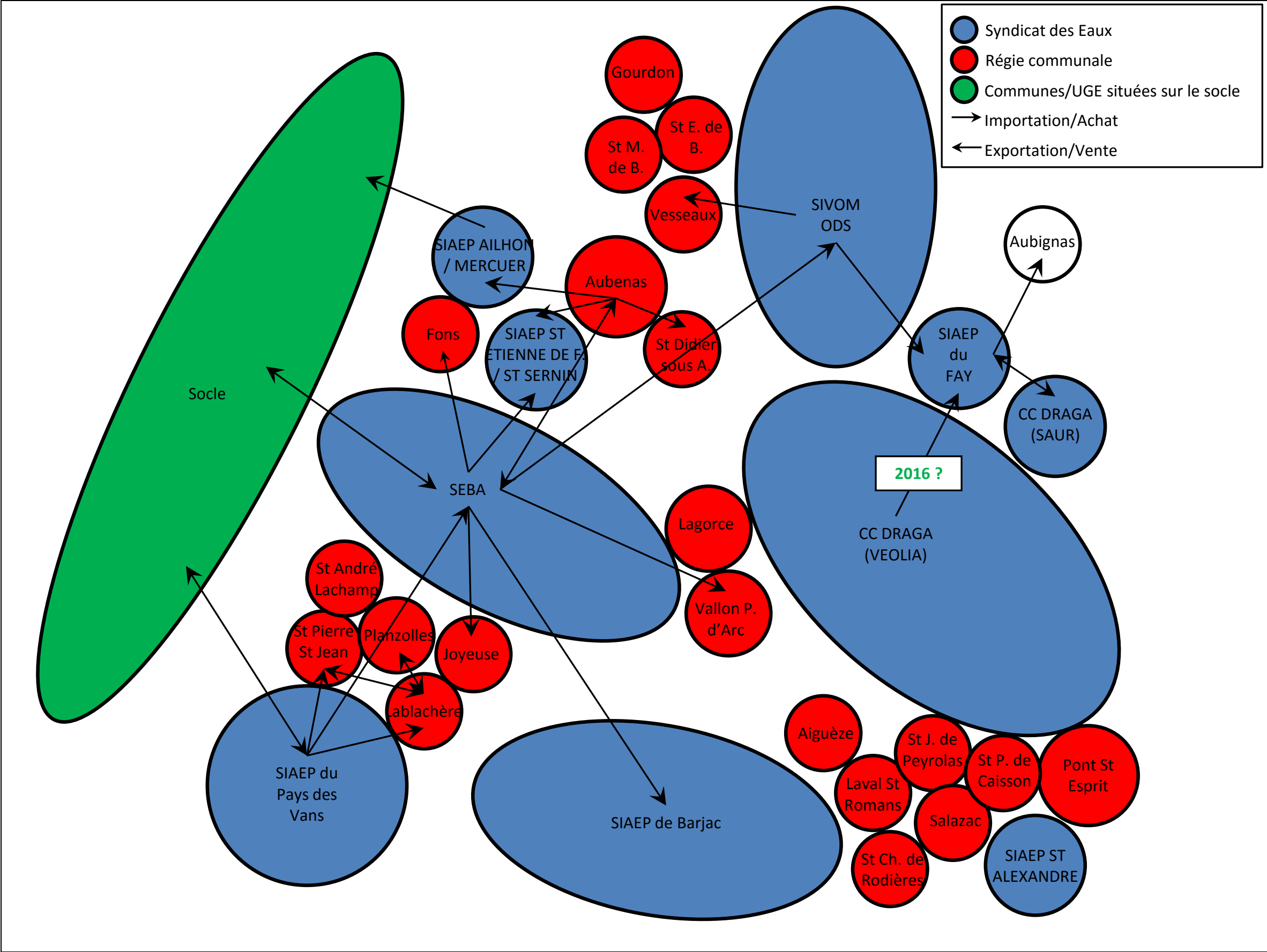


Figure 147 : Schématisation des liens entre les différentes UGE de la zone d'étude (source SDAEP 07, 48 et SDGDR 30)

2- LA POPULATION ACTUELLE (EN 2012) SUR LE TERRITOIRE DU SAGE ARDECHE

2.1. La population permanente en 2012

Les chiffres proposés pour 2012 sont issues de la base de données INSEE repris dans les schémas départementaux. Les données détaillées par UGE sont présentées en annexe du rapport.

2012	Ardèche	Gard	Lozère	Totat de la zone d'étude
Population permanente (nb d'habitants)	114 464	19 529	2 118	136 111
Pourcentage	84.1%	14.3%	1.6%	100%

Tableau 60 : répartition des populations permanentes sur la zone d'étude pour 2012

2.2. La capacité d'accueil en 2012

Les données sur les capacités d'accueil des populations saisonnières réelles correspondent :

- *pour la partie ardéchoise* : aux données de 2010 issues des fiches de synthèse par commune et unité de gestion du Schéma Départemental d'Alimentation en Eau Potable ;
- *pour la partie gardoise* : aux données 2005 du Schéma Départemental de Gestion Durable de la ressource
- *pour la partie lozérienne* : aux données 2012 du site de l'INSEE référençant les structures d'accueil tourisme (hôtel/camping) et sur les gîtes touristiques recensés sur les sites des Offices de tourisme, de Gîte de France et de Logis de France.

En 2012, lors du dernier recensement, la capacité d'accueil sur le territoire d'étude semble donc se répartir comme suit :

2012	Ardèche	Gard	Lozère	Totat de la zone d'étude
Capacité d'accueil (nb d'habitants)	194 420	18 638	1 864	214 921
Pourcentage	90.5%	8.7%	0.8%	100%

Tableau 61 : répartition de la capacité d'accueil sur la zone d'étude pour 2012

Les données détaillées par UGE sont présentées en annexe du rapport.

2.3. La population totale retenue en pointe en 2012

Tout d'abord, les données des observatoires départementaux du tourisme à l'échelle nationale depuis plusieurs années font état, annuellement, d'un taux de remplissage moyen de 80% de la capacité d'accueil pendant 3 mois. Nous conserverons donc ce taux dans le cadre de cette étude.

Ensuite, il faut rappeler que 100% des populations ne sont pas forcément raccordés au réseau d'adduction publique. Cette donnée est renseignée pour 64 UGE distributrices sur 86 (données SDAEP07). Le pourcentage moyen de la population desservie par UGE pondéré par la population totale retenue en pointe (permanent + 80% de remplissage de la capacité d'accueil) est de 95.74 %. De ce fait, nous appliquerons cette valeur aux 22 UGE non renseignées.

Au final nous proposons de retenir pour 2012 les chiffres suivants concernant les populations totales desservies en pointe (Tableau 62 et Figure 148). Le ratio moyen « population saisonnière desservie retenue (80% de remplissage) » / « population permanente desservie » est de 2.1 (Figure 149).

2012	Ardèche	Gard	Lozère	Total de la zone d'étude
Population totale desservie retenue en pointe (nb habitant)	258 492	32 972	3 455	294 919
Pourcentage	87.6%	11.2%	1.2%	100%

Tableau 62 : répartition de la population totale desservie retenue en pointe sur la zone d'étude pour 2012

Les données détaillées par UGE sont présentées en annexe du rapport.

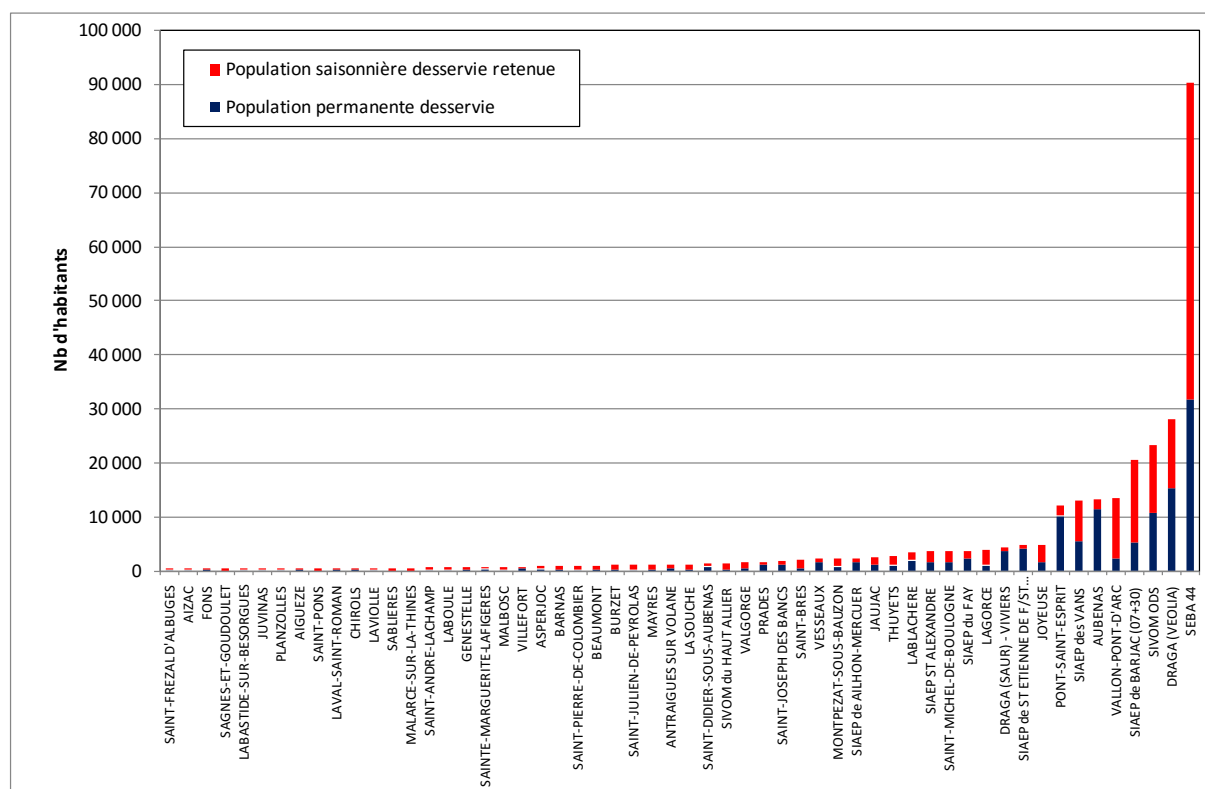


Figure 148 : population totale desservie retenue en pointe par UGE en 2012

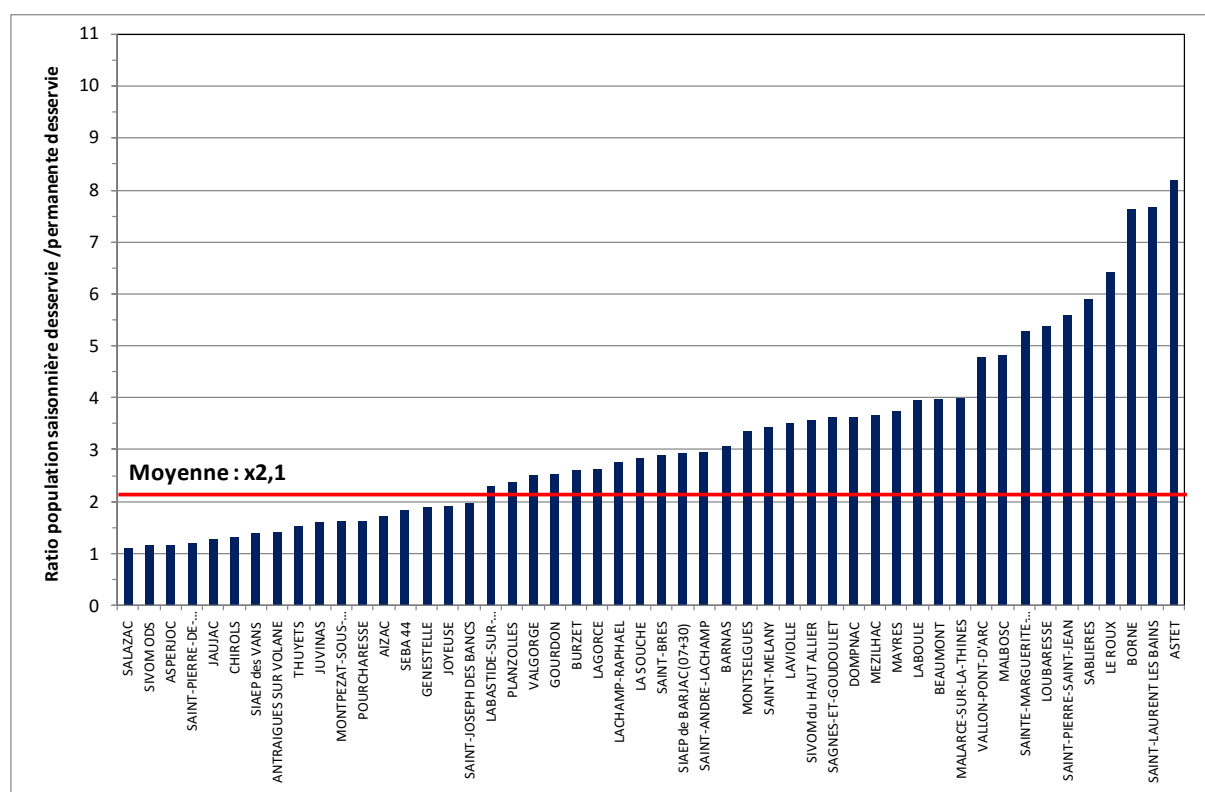


Figure 149 : ratio par UGE « population saisonnière desservie retenue / population permanente desservie » en 2012

3- LES PRELEVEMENTS/BESOINS ACTUELS

3.1. Les volumes produits (Vp)

3.1.1. AEP publique

Dans ce chapitre nous présentons les données de volumes produits (Vp) par les 86 UGE productrices et/ou distributrices pour 2012 (année corrélable avec l'année du recensement INSEE) au droit de la zone d'étude (172 communes).

Les données de Vp présentées ci-après ont été validées par les UGE. Les données de Vp sont renseignées à 97.3% pour l'année 2012 et sont issues de la base de données redevance AERMC, des rapports annuels du délégataire 2012, du SDAEP 07, du SDGDR 30, du SDAEP 48 et des régies communales. Seules deux valeurs de Vp ne sont pas renseignées pour l'année 2012 : il s'agit des communes d'Aizac et de Laval-d'Aurelle pour lesquelles nous avons utilisé les valeurs AERMC de 2011.

Remarque : Parfois, pour une même UGE, nous disposons de 2 valeurs de Vp, valeurs issues (1) de la base de données redevance AERMC et (2) du rapport du délégataire. Il s'avère que ces deux valeurs peuvent différer du fait de l'année de référence choisie (année civile, 12 mois calendaires, ...). Dans ce cas nous avons préféré n'utiliser que les valeurs AERMC pour plus de cohérence avec les autres données.

Le volume total produit sur le territoire d'étude pour l'année 2012 est ainsi estimée à **14.9 millions de m³ prélevés**. Ces volumes se répartissent de la manière suivante sur les aquifères étudiés : Tableau 63.

Au regard des données de 2012 sur les volumes prélevés par les différentes UGE, il apparaît que les trois aquifères ciblés par l'étude ne concernent que 17.5% de la totalité des prélèvements des UGE.

La majorité des prélèvements s'opère à l'heure actuelle dans les nappes alluviales (Rhône et Ardèche) et dans les eaux de surface (majoritairement à Pont de Veyrières), et de manière secondaire dans les formations de socle.

2012	Total		Urgonien		Jurassique		Trias	
	m ³ /an	%	m ³ /an	%	m ³ /an	%	m ³ /an	%
	14 895 616	100	1 734 254	11.6	390 955	2.6	474 565	3.2

Tableau 63 : part des prélèvements dans les trois aquifères de l'étude pour 2012

Le détail par UGE est fourni dans l'annexe du rapport.

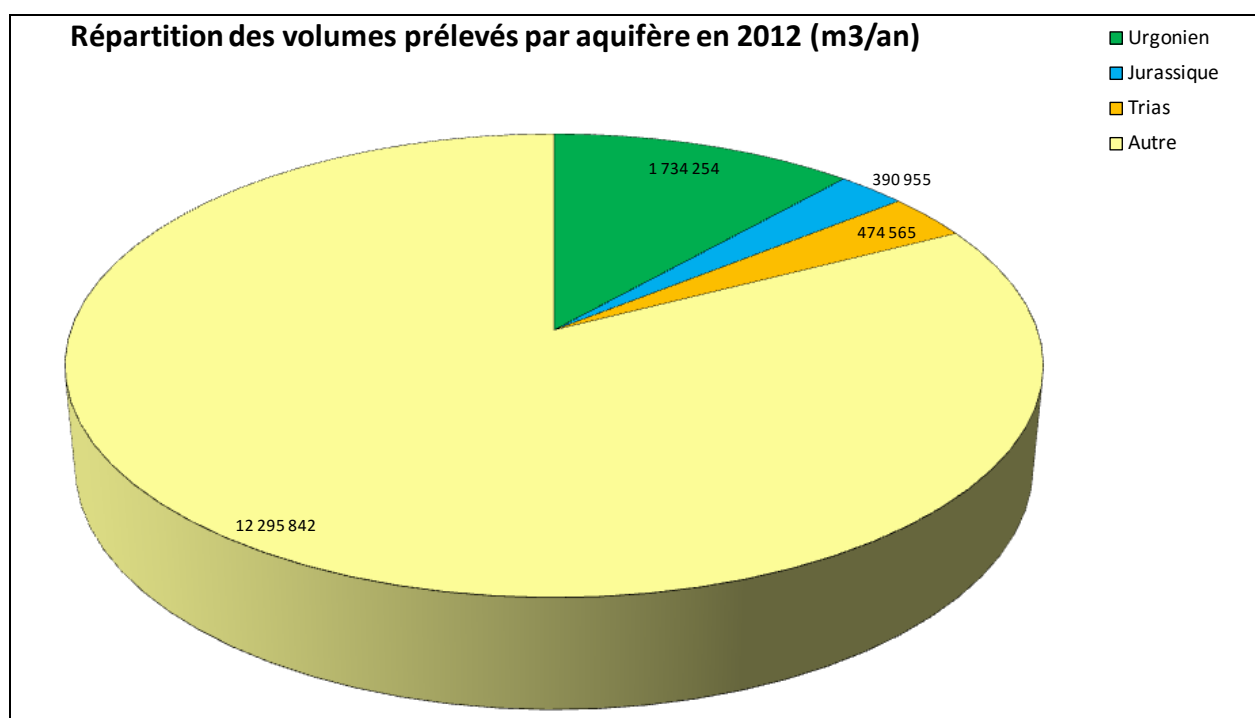


Figure 150 : prélèvements pour l'AEP par aquifère en 2012 au droit de la zone d'étude

3.1.2. AEP privé

Dans la base de données 2012 de l'AERMC, nous avons pu recenser les quelques prélèvements AEP privés suivants :

UGE privée	Ouvrage	VOLUMES PRELEVES PAR AQUIFERE en 2012 (m3)		
		Urgonien	Jurassique	Trias
CAMPING LES TEMPLIER	Grotte du cirque	12 775		
HAMEAU DE LA LOUYRE	Captage de la Louyre		1 000	
ROCHECOLOMBE	Source Les Baux	200		
BIDON	Puits Le Pouzat	500		
VIVIERS	Source Fontbonne	500		
MERCUER	Source les Pradaux			
CAMPING DU RANC DAVEINE	Captage			
M. SAUVAGE Fr.	Source de Claudestrier	1 095		
DOMAINE DU TAILLE	Captage			2 555
TOTAL		15 070	1 000	2 555

Tableau 64 : les volumes prélevés pour l'AEP privé sur la zone d'étude par UGE et par aquifère

3.2. Les volumes mis en distribution (Vmd)

Dans ce chapitre, nous présentons les données de volumes mis en distribution (Vmd) par les 86 UGE distributrice (retrait du SEBA 81 : UGE productrice en gros) pour l'année 2012, année corrélable avec les années du recensement INSEE (Figure 151).

Nous rappelons la formule de calcul :

$$V_{\text{mis en distribution}} [Vmd] = V_{\text{produit}} [Vp] \text{ AERMC} + V_{\text{importé/acheté}} [Vi] - V_{\text{exporté/vendu}} [Ve]$$

Remarque : le taux de rendement des réseaux n'est pas pris en compte ici car il intervient en aval des Vmd. Il est calculé sur la base des Vmd et des Vf (volumes facturés).

Le taux de données exactes renseigné pour l'année 2012 correspond à 58.2% soit 50 UGE renseignées sur 86 (données rapport des délégataires 2012, SDAEP 07-48, SDGDR 30 couplées aux données AERMC). Dans les 36 autres cas, nous avons reconstitué les données de volumes distribués en posant au préalable certains postulats. Les hypothèses ont été les suivantes :

- Pour certaines UGE bien renseignées pendant plusieurs années (fiches SDAEP 07 pour les années 2005 à 2009), nous avons appliqué pour les données 2012 (AERMC) :
 - **Hyp 1** : soit les mêmes Vi et Ve quand ceux-ci sont nuls, considérant de ce fait que ces UGE n'avaient pas changé de mode d'organisation de distribution depuis 2009 ;
 - **Hyp 2** : soit une moyenne des Vi et/ou des Ve sur les années de 2005 à 2009 considérant de ce fait que ces UGE avaient conservé leur mode d'organisation de distribution depuis 2009 ;
- Pour certaines UGE moins bien renseignées, nous avons utilisé :
 - **Hyp 3** : soit une conservation du Vmd entre la dernière année de renseignement du SDAEP07 et 2012 ;
 - **Hyp 4** : soit une moyenne du volume consommé annuel (Vca) sur les dernières années (2005 à 2009 pour les données du SDAP07) divisé par le rendement du réseau ;
 - **Hyp 5** : cas des communes de Cubières et Cubierette où il semble que Cubières alimente la commune de Cubierette. Nous avons réparti les Vmd au prorata de la population maximale desservie retenue pour chacune des communes soit 81% pour Cubières et 19% pour Cubierette.

Le volume total mis en distribution sur le territoire d'étude pour l'année 2012 est ainsi estimée à **14 millions de m³**. Le détail par UGE est fourni dans l'annexe du rapport.

La différence observée, d'environ 900 000 m³, entre le Vp et le Vmd pour l'année 2012 correspond à la somme des écarts entre certains Vp (issus de la base de données AERMC) et les Vmd de certaines UGE présentés dans les rapports délégataires.

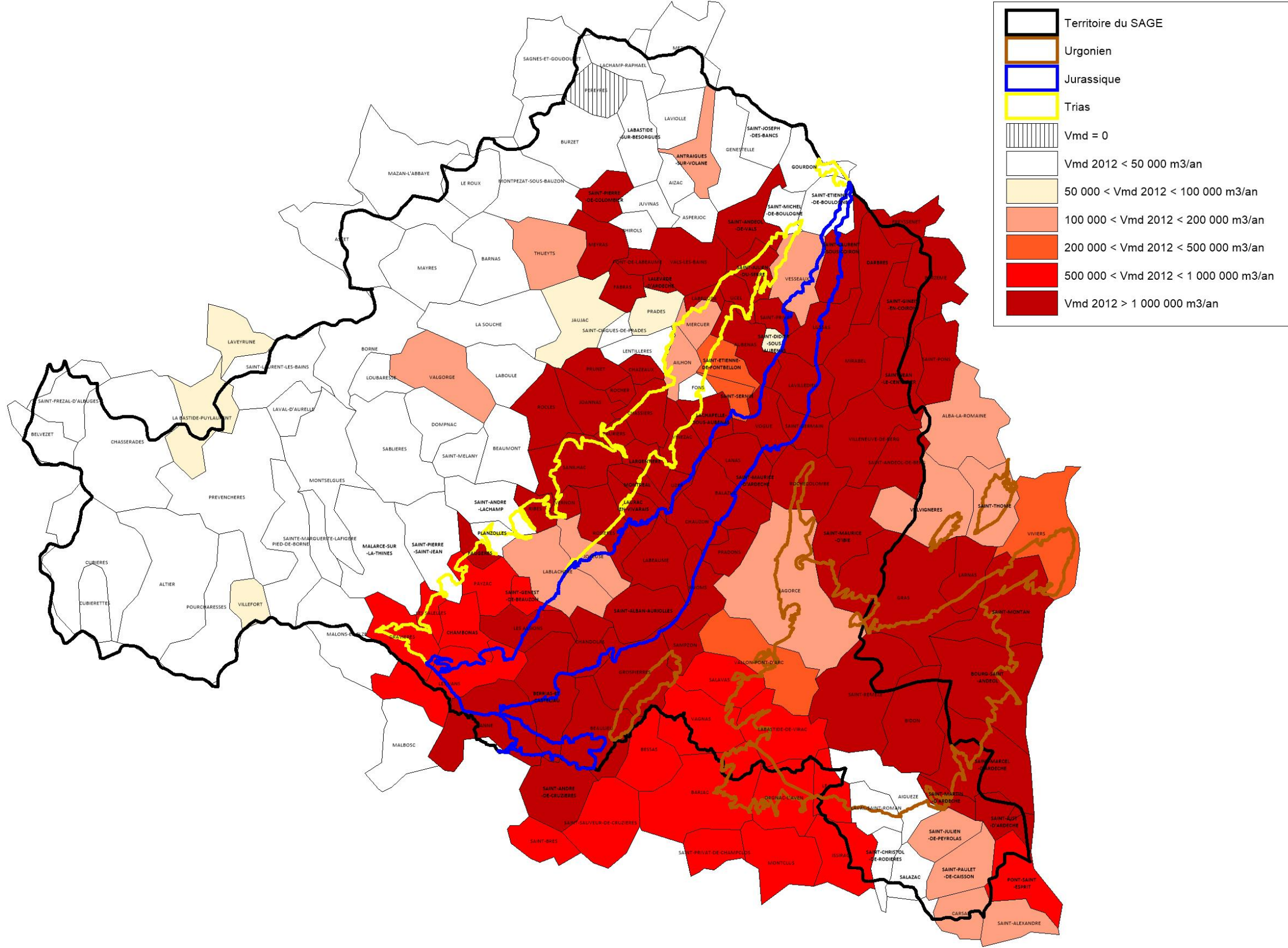


Figure 151 : volumes annuels mis en distribution sur les UGE pour l'année 2012

3.3. Les besoins actuels : les consommations

L'objectif de ce chapitre est d'estimer la consommation moyenne d'un habitant en période de pointe pour chacune des UGE, afin de pouvoir estimer ensuite l'évolution des besoins en eau potable des UGE selon les projections de population.

3.3.1. Le rendement des réseaux

Les données connues proviennent des rapports délégataires, du SDAEP07, PLU, SDGDR30. Les données de 2012 sur le rendement des réseaux sont renseignées avec exactitude pour 77% des UGE (soit 66 UGE sur les 86 UGE distributrices). Pour les UGE non renseignées, nous avons utilisé un rendement par défaut de 69.6% qui est la moyenne des rendements connus sur le territoire d'étude pondérés par les populations desservies pour chaque UGE. Les données par UGE sont présentées en annexe du rapport.

3.3.2. Les volumes de service (Vs)

Les données connues proviennent des rapports délégataires et du SDAEP07. Concernant le mode de calcul, nous avons fait la moyenne des Vs de 2005 à 2009 renseignés dans le SDAEP07. Remarquons toutefois que pour certaines UGE, il semble qu'il y ait eu un changement dans les consommations d'eau attribuées aux volumes de service en 2007 à la faveur d'une réduction importante. C'est pourquoi nous avons préféré dans ce cas faire une moyenne des Vs sur les 3 années 2007 à 2009.

Pour terminer, nous avons posé l'hypothèse d'une stabilité des données sur les volumes de service du SDAEP07 en considérant que ces dernières étaient alors applicables à 2012.

3.3.3. Les consommations et les volumes mensuels de pointe mis en distribution

Les consommations (l/j/hab) ont été calculées à partir de la formule :

$$\text{Consommation moyenne} = [(V_{md} \text{ 2012} \times \text{Rendement}) - V_s] / (\text{Population permanente desservie} + 80\% \text{ de la Capacité d'accueil sur 3 mois}).$$

Il s'agit d'une estimation de la consommation en considérant que la population touristique consomme seulement pendant 3 mois de la période estivale.

Quant à l'estimation du Vmd du mois de pointe en 2012, nous l'avons calculée comme suit :

$$V_{md} \text{ de pointe} = [\text{Consommation moyenne de pointe} \times 31 \text{ jours} \times (\text{Population totale retenue desservie retenue en pointe}) + (V_s / 12)] / \text{Rendement}$$

Nous présentons à l'échelle de la zone d'étude et dans le tableau suivant Tableau 65 :

- la consommation moyenne par habitant ;
- une estimation du volume de pointe mis en distribution.

En l'absence de données précises pour chaque UGE, nous avons utilisé les hypothèses suivantes :

- la population saisonnière se concentre sur 3 mois d'été à hauteur de 80% de la capacité d'accueil ;
- les consommations journalières sont identiques en été et en hiver pour un habitant permanent ;
- le volume de service se distribue uniformément sur l'année et le rendement est constant sur l'année.

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons confronté les Vmd mensuels de pointe calculés aux rares Vmd mensuels de pointe renseignés dans le SDAEP07 ou dans les rapports délégataires (voir données détaillées par UGE en annexe du rapport).

Le détail par UGE est fourni dans les annexes.

2012	Rendement moyen des réseaux (%)	Consommation moyenne de pointe (l/j/hab)	Volume mensuel de pointe retenu mis en distribution (m ³)
TOTAL	-	-	1 799 376
MOYENNE PONDEREE	69,6	149.8	-

Tableau 65 : bilan du rendement moyen, consommation moyenne de pointe et volumes mensuels mis en distribution en période de pointe sur la zone d'étude pour 2012

Une première carte thématique des consommations par UGE est présentée en Figure 152. Une seconde représente une estimation des volumes moyens mensuels de pointe (Figure 153).

Les valeurs de consommation moyenne de pointe semblent conformes aux valeurs de références. A l'échelle nationale en 2012, la consommation moyenne annuelle par habitant est de 53 m³ soit 145 L/jour (données : SISPEA (Onema) - DDT(M), 2012 / Source : Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement - Panorama des services et de leur performance en 2012, Onema, 2015).

L'Agence de L'eau Rhône Méditerranée Corse estime une consommation moyenne annuelle par habitant de l'ordre de 150 L/jour. Ces valeurs tendent à valider l'approche statistique employée dans cette étude.

Le total mensuel des volumes mis en distribution en période de pointe à l'échelle de la zone d'étude est estimé en 2012 à environ **1.8 millions de m³** soit environ 12.8% du Vmd annuel estimé à 14 millions de m³.

D'un point de vue géographique, on constate globalement une augmentation des consommations entre l'amont du territoire d'étude et l'aval à l'exception de quelques communes rurales où les très fortes consommations calculées peuvent être expliquées selon nous par la trop forte valeur prise en compte pour le rendement des réseaux. En effet, il s'agit dans la plupart des cas, d'UGE en régie communale dont l'information sur le rendement des réseaux n'est pas connue et à laquelle nous avons pallié par l'application de la valeur moyenne du rendement des réseaux observés à l'échelle de la zone d'étude pondéré par les populations par UGE (69.6%).

L'autre hypothèse pour les UGE fortement consommatrices en 2012 peut être la présence de gros consommateurs sur le territoire de ces UGE. Le tableau suivant récapitule le nombre de gros consommateurs identifiés sur les UGE anormalement consommatrices en eau potable (données 2009 du SDAEP 07) :

	Rendement du réseau utilisé pour le calcul des consommations		Gros consommateurs	
	Valeur du rendement	Source	Nombre	Source / année
ANTRAIGUES SUR VOLANE	69.6%	Rendement moyen à l'échelle de la zone d'étude	Non renseigné	SDAEP07
ASTET	80%	Dossier d'autorisation	0	SDAEP07 / 2009
AUBENAS	76.5%	Rapport du délégataire	14	SDAEP07 / 2009
BELVEZET	69.6%	Rendement moyen à l'échelle de la zone d'étude	Non renseigné	
CHASSERADES	69.6%	Rendement moyen à l'échelle de la zone d'étude	Non renseigné	
MAZAN L'ABBAYE	69.6%	Rendement moyen à l'échelle de la zone d'étude	2	SDAEP07 / 2009
PIED DE BORNE	69.6%	Rendement moyen à l'échelle de la zone d'étude	Non renseigné	
PREVENCHERES	69.6%	Rendement moyen à l'échelle de la zone d'étude	Non renseigné	
SABLIERES	91%	SDAEP07	0	SDAEP07 / 2009
SAINT DIDIER SOUS AUBENAS	66%	SDAEP07	Non renseigné	SDAEP07
SAINTE MARGERITE LAFIGERES	39%	SDAEP07	1	SDAEP07 / 2009
THUEYTS	95%	SDAEP07	10	SDAEP07 / 2009
VALGORGE	69.6%	Rendement moyen à l'échelle de la zone d'étude	Non renseigné	SDAEP07

Tableau 66 : rendement des réseaux et nombre de gros consommateurs pour les UGE anormalement consommatrices d'eau potable

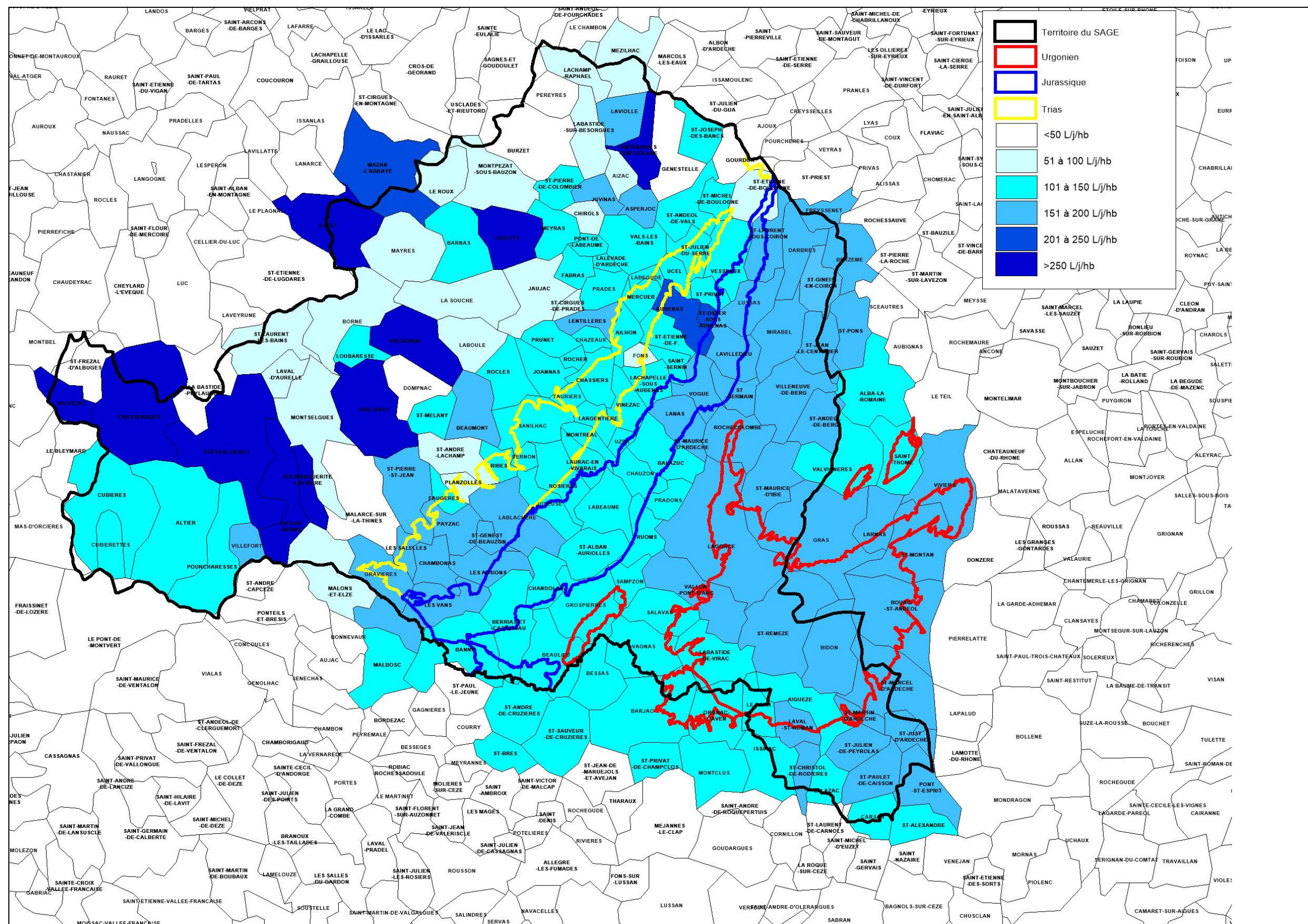


Figure 152 : estimation des consommations par UGE pour l'année 2012

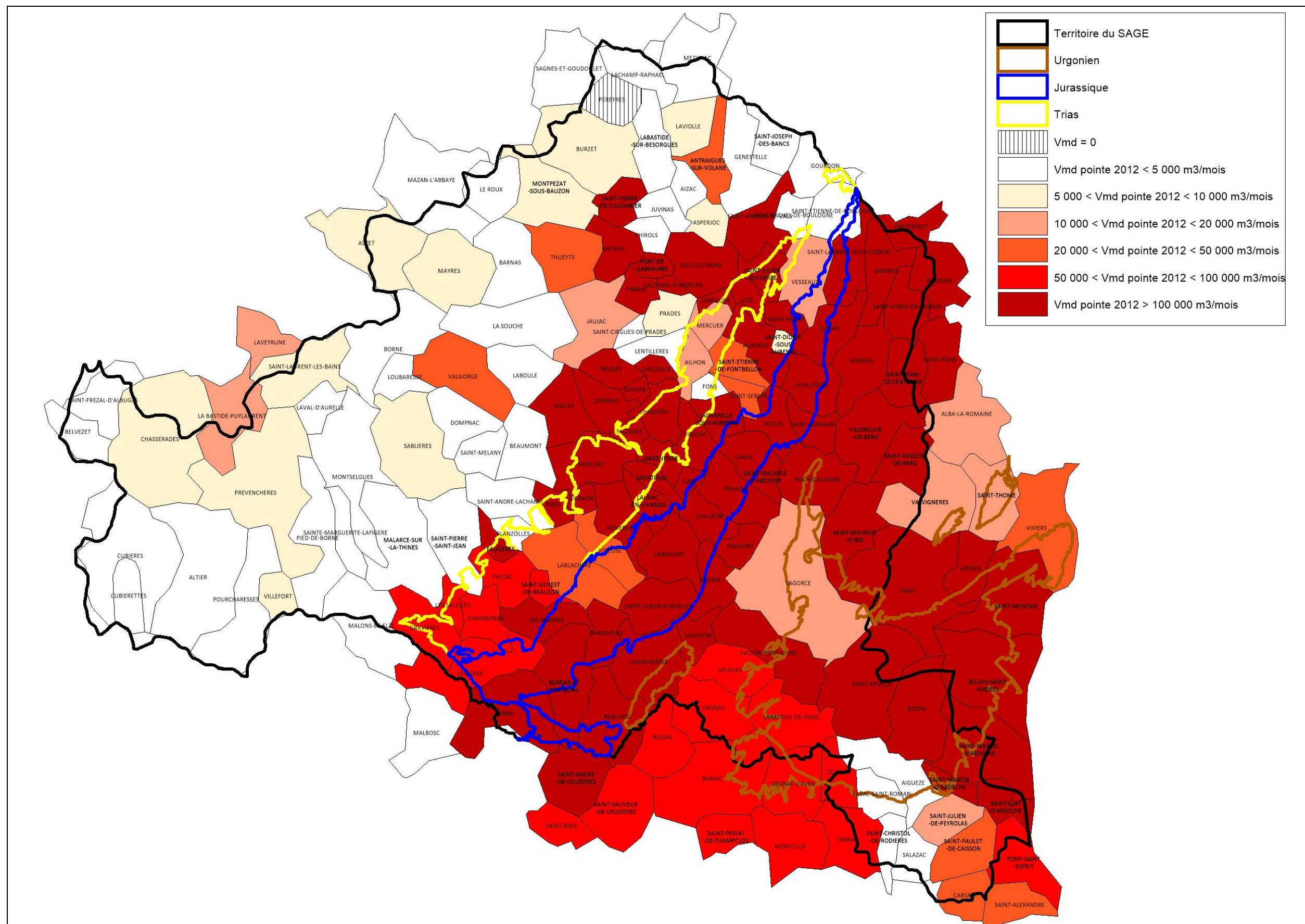


Figure 153 : volumes de pointe moyens mensuels mis en distribution sur les UGE en 2012

4- L'EVOLUTION DES BESOINS EN EAU POTABLE SUR LE TERRITOIRE DU SAGE ARDECHE

4.1. Les projets futurs

Il s'agit dans ce chapitre de lister les projets de mobilisation des ressources en eau potable connus qui pourraient avoir une influence sur la satisfaction des besoins futurs en eau potable sur le territoire d'étude.

Pour la zone de la DRAGA Sud (gérée par VEOLIA), il apparaît que le volume pompé pour alimenter les abonnés est juste suffisant en période estivale et touristique. Depuis 2012, la DRAGA a diversifié ses ressources : elle dispose désormais d'un nouvel ouvrage (forage F2 des Ilettes) prochainement mis en exploitation et qui capterait un remplissage sableux karstique à 250 m de profondeur sous couverture. A moyens termes, si la capacité d'exploitation de ce nouvel ouvrage le permet, la DRAGA souhaiterait abandonner les captages implantés dans les alluvions du Rhône (Fraou et Maronniers) au profit de ce nouveau forage. De plus, la commune du Teil devrait prochainement se raccorder au réseau de la DRAGA Nord (géré par la SAUR).

Si les moyens financiers le permettent, la commune d'Aubenas souhaiterait remettre en état l'adducteur de l'Espissard (ressource abandonnée). Ce captage situé à 13 km en amont d'Aubenas pourrait alors alimenter environ 5 000 personnes supplémentaires avec une possibilité de vente en gros aux communes traversées (Aizac, Antraigues, Asperjoc et Vals-les-Bains).

Le SIVOM Olivier de Serres envisage en cas de problème de ressource d'utiliser le barrage de Darbres, initialement prévu pour l'irrigation des cultures fruitières, pour servir à l'AEP après traitement puisque les besoins des irrigants semblent diminuer. Dans le cadre du schéma directeur AEP en cours, le syndicat doit également étudier les possibilités d'évolution des transferts d'eau avec le réseau ossature du SEBA et le syndicat du Fay.

Le SIE du Pays des Vans dépend à 75% de la ressource sur le Chassezac. En cas de pollution de la rivière, l'AEP est clairement menacée. Le SIE souhaite moderniser le traitement (turbidité et reminéralisation) sur les sources Evesque et Bosmale utilisées en 2007 à seulement 15%. Ce projet permettrait alors à ces 2 ressources d'alimenter 40% du SIE et donc de moins dépendre du Chassezac.

Le SEBA avait lancé 2 études pour connaître le fonctionnement hydrogéologique de la zone des puits de l'île de Vernon (vallée de la Baume) et des ressources de Gerbail (vallée de Chassezac) en vue d'augmenter leur production. Le SEBA souhaite augmenter le volume de prise d'eau sur la rivière de Fontaulière, ne fonctionnant qu'à 10% de ses capacités actuelles.

Le SIE Ailhon-Mercuer souhaitait rechercher une nouvelle ressource pour ne plus dépendre d'Aubenas.

La commune de Lagorce souhaitait créer un nouveau forage d'exploitation.

Le SIE du Fay devrait en 2016 alimenter partiellement la commune d'Aubignas.

4.2. Evolution de la population

Pour l'estimation de la population permanente d'ici 2045, nous nous sommes basés sur le taux de variation annuel moyen entre 2007 et 2012 (soit 5 années), 2012 étant la date du dernier recensement.

Nous préférons considérer ce taux de variation qui nous paraît plus raisonné que celui plus important calculé plus largement entre 1982 et 2012 car au regard du contexte actuel des années 2000, les migrations de population semblent moindre comparées aux vagues de déplacement des populations nationales des années 80. La formule de calcul du taux de variation est la suivante :

$$\text{Entre 2007 et 2012 : taux} = [(\text{Nb habitants 2012}) / (\text{Nb habitants 1982})]^{(1/5)} - 1$$

L'extrapolation pour 2015 à 2045 se calcule par la formule suivante (avec comme référence l'année 2012) :

$$\text{Nb habitants 2015} = \text{Nb habitants 2012} + (1 \times \text{taux})^3$$

$$\text{Nb habitants 2025} = \text{Nb habitants 2012} + (1 \times \text{taux})^{13}$$

$$\text{Nb habitants 2035} = \text{Nb habitants 2012} + (1 \times \text{taux})^{23}$$

$$\text{Nb habitants 2045} = \text{Nb habitants 2012} + (1 \times \text{taux})^{33}$$

De ce fait, il apparaît que la croissance de la population permanente d'ici à 2045 est de +5.4% au droit de la zone d'étude.

Pour l'estimation de la population saisonnière d'ici 2045, il ressort les éléments suivants :

- *pour la partie ardéchoise* : les estimations futures sont basées sur les perspectives de l'Observatoire départemental du tourisme (basée sur le recensement de 2007) corrigées avec les chiffres réels de la population permanente recensée en 2012. Le taux de variation ainsi évalué entre 2015 et 2025 est alors appliqué pour 2035 et 2045 dont les perspectives ne sont initialement pas estimées dans le SDAEP07.
- *pour la partie gardoise* : les estimations futures sont basées sur l'estimation de population saisonnière de 2005 (8 400 habitants saisonniers pour 6 000 habitants permanents d'après le SDGDR30) et sur l'estimation du taux de variation annuel de la population permanente. Ce taux de variation annuel (1.4% d'après le SDGDRE-30) a alors été considéré constant pour les estimations futures jusqu'à l'horizon 2045.
- *pour la partie lozérienne* : les estimations futures sont basées sur le rapport « population permanente/capacité d'accueil » et son évolution suivant celle de la population permanente.

Ainsi, d'après les estimations, il apparaît que la population saisonnière maximale possible en pointe au droit de la zone d'étude présenterait un taux de croissance de +33% d'ici 2045.

Au final, si l'on considère alors que le taux de raccordement au réseau d'adduction publique reste inchangé d'ici 2045 (95.74% cf. chapitre 0 page 326) **l'évolution de la population totale à desservir**

retenue en pointe (permanente + 80% de remplissage saisonnier) serait de +20.8% d'ici à 2045 (Figure 154 et Figure 155).

Selon ces chiffres, il apparaîtrait alors que la population totale desservie retenue en pointe au droit de la zone d'étude serait multipliée par 2,6 par rapport au reste de l'année (population permanente uniquement).

Le détail par UGE est fourni dans l'annexe du rapport.

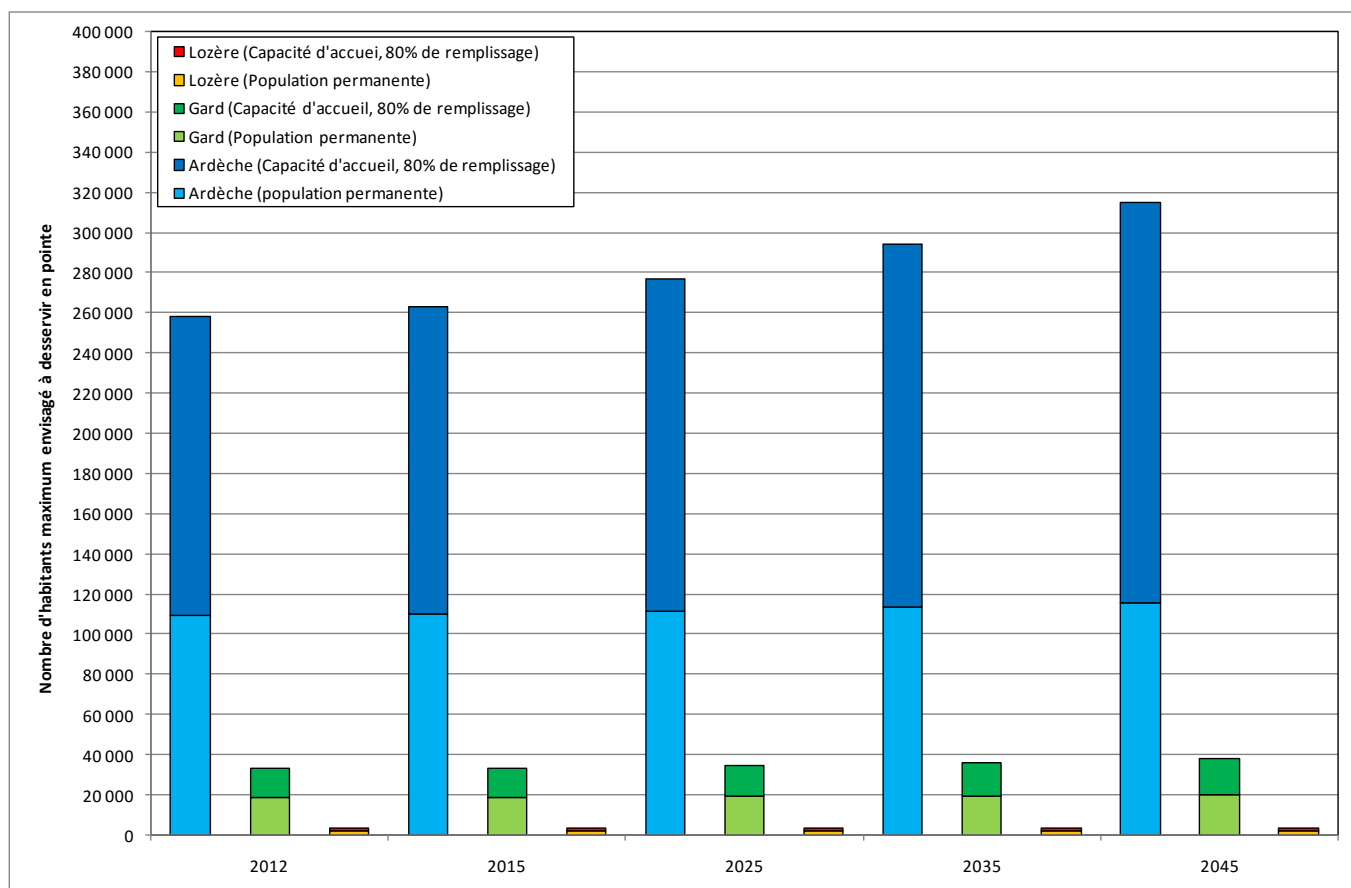


Figure 154 : évolution de la population totale desservie retenue en pointe par département au droit de la zone d'étude

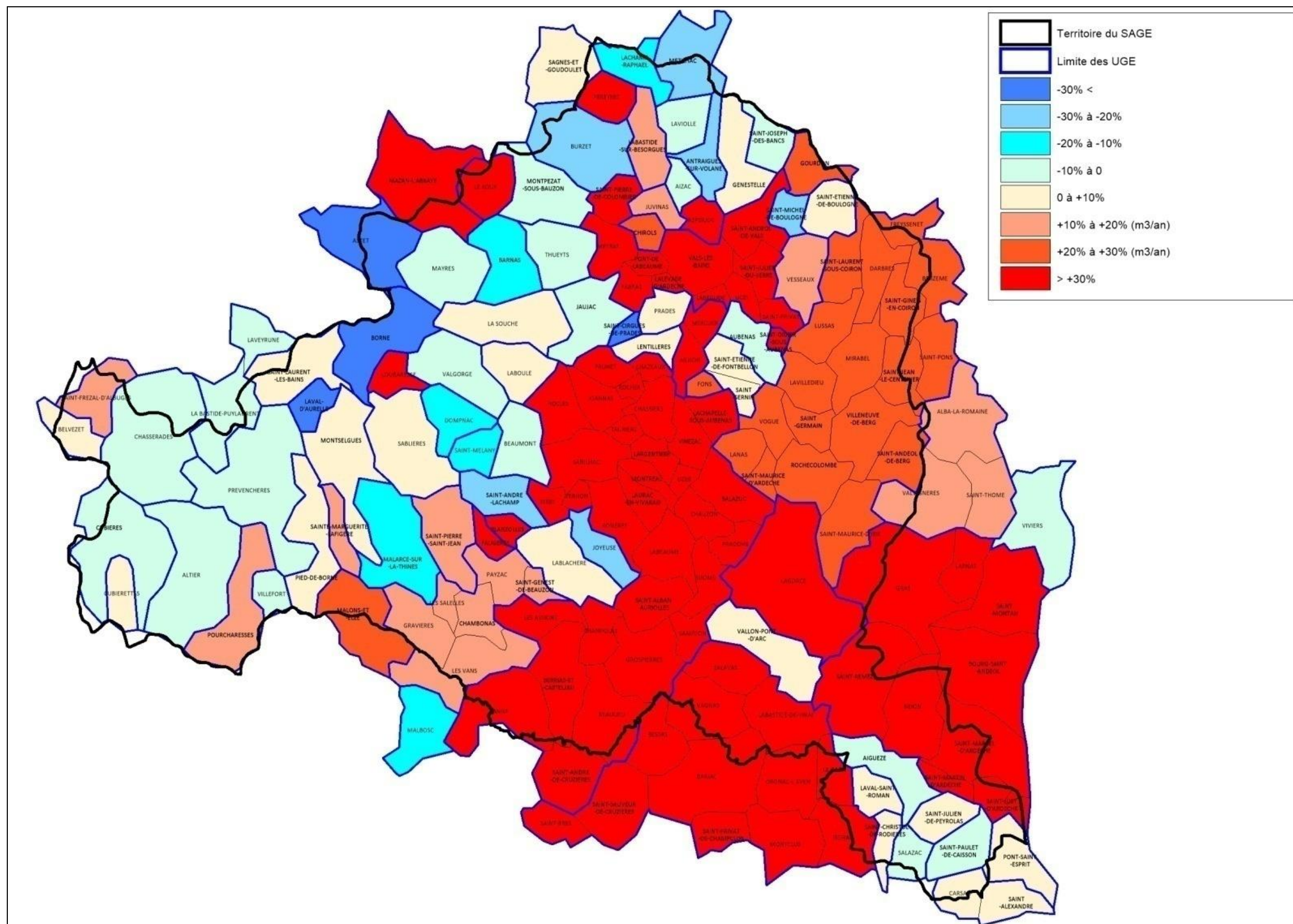


Figure 155 : évolution du taux de la population totale desservie retenue en pointe par UGE au droit de la zone d'étude

4.3. L'évolution estimée des besoins futurs

Nous rappelons les variables qui peuvent influencer sur l'évolution des consommations ainsi que leurs valeurs décidées lors du COPIL n°3 le 14 octobre 2015 :

- critère démographique : évolution raisonnée des populations totales (permanente + saisonnière) d'environ +20% d'ici 2045 ;
- critère d'amélioration des rendements de réseaux : atteinte de l'objectif SAGE de 75% ; si la valeur de rendement renseignée est déjà supérieure à 75%, nous conservons cette valeur, dans le cas contraire, nous appliquerons la valeur de 75% ;
- critère de baisse des consommations AEP : il peut être considéré une baisse globale des consommations de 5% d'ici 2045 soit $-0.15\%/an$ par rapport à l'année de référence de 2012 ;
- critère variations climatiques interannuelles : d'après les prélèvements AEP sur le bassin de l'Ardèche entre 2005 et 2013 (données AERMC), il apparaît que 2005 est l'année où les prélèvements ont été les plus importants avec +3.4% de plus qu'en 2012 (année moyenne). Même si les rendements des réseaux se sont probablement améliorés entre temps et que les collectivités se sont équipées de compteurs supplémentaires, il semble raisonnable d'admettre selon nous que ce delta de +3.4% peut correspondre à une année sèche. Ceci permet d'appréhender les effets du changement climatique.

Nous portons en annexe du rapport, pour chaque UGE distributrice, un tableau présentant pour 2025, 2035, 2045, l'évolution des populations ainsi qu'une estimation des volumes consommés et des volumes à mettre en distribution selon chaque croisement des différentes variables retenues.

Nous présentons dans le tableau suivant, les résultats pour l'ensemble de la zone d'étude. Il apparaît les éléments suivants :

- au regard des résultats d'ici 2045, **les volumes à mettre en distribution seraient estimés entre 14.3 et 16.1 millions de m^3/an selon les scénarios, soit une évolution comprise entre +2.1 et +14.7% par rapport à 2012** où le volume annuel mis en distribution par les 86 UGE distributrices a été évalué à 14.0 millions de m^3 .
- En parallèle, les perspectives en période de pointe sembleraient indiquer **les volumes mensuels à mettre en distribution seraient évalués entre 2.2 et 2.5 millions de $m^3/mois$ selon les scénarios, soit une évolution comprise entre +21.1 et +37.4% par rapport à 2012** où le volume mensuel de pointe mis en distribution par les 86 UGE distributrices a été évalué à 1.8 millions de m^3 .
- De manière corollaire, **les volumes consommés annuellement d'ici 2045 ont été estimés entre 10.7 et 11.1 millions de m^3/an , soit une augmentation de +11.7 à 16% par rapport à 2012** où le volume consommé par l'ensemble de la population desservie annuellement par les UGE est estimé à 9.56 millions de m^3 .

Sur les figures suivantes nous présentons des cartes qui illustrent respectivement :

- le taux d'évolution des volumes annuels susceptibles d'être mis en distribution en 2045 par UGE (Figure 156),
- le taux d'évolution des volumes de pointe mensuels susceptibles d'être mis en distribution en 2045 par UGE (Figure 157),

ceci sur la base :

- d'une amélioration des réseaux pour atteindre l'objectif de 75%,
- de la prise en compte d'une baisse régulière des consommations (-0,15%/an),
- d'une année sèche.

En dernier lieu, nous présentons en Figure 158 une carte de répartition par UGE des taux d'évolution des volumes de pointe mensuels à mettre en distribution en 2045 selon le scénario le plus pessimiste à savoir :

- non amélioration des réseaux par rapport à 2012,
- consommation stable par rapport à 2012,
- année sèche.

DONNEES DEMOGRAPHIQUES	2012	2015	2025	2035	2045
Population permanente annuelle	136 111	136 721	138 834	141 080	143 470
Capacité d'accueil	214 921	221 345	237 802	260 196	285 793
Population maximale possible en pointe (permanente + 100% de remplissage de la capacité d'accueil)	351 032	358 066	376 636	401 277	429 264
Population totale retenue en pointe (sur la base d'un remplissage de 80% de la capacité d'accueil)	308 048	313 797	329 075	349 237	372 105
% de population maximale desservie par le réseau public	95,74%				
Population totale desservie retenue en pointe	294 919	300 477	315 309	334 826	356 955

CONSOMMATION (L/j/hab)		RENDEMENT DU RESEAU		CONDITIONS HYDROLOGIQUES		CONSOMMATION MOYENNE		VOLUMES CONSOMMES					VOLUMES MIS EN DISTRIBUTION				
								2012	2015	2025	2035	2045	2012	2015	2025	2035	2045
Consommation stable (l/j/hab)	149,8	Rendement du réseau stable	69,6%	Année moyenne		moyenne annuelle (m3/an)		9 558 381	9 725 103	9 998 581	10 340 176	10 724 091	14 011 398	14 138 270	14 523 522	15 007 436	15 551 164
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)		613 640	616 181	625 008	634 418	644 462	890 365	893 873	906 078	919 112	933 048
						mensuelle période de pointe (m3/mois)		1 235 554	1 393 711	1 459 255	1 546 131	1 645 419	1 799 376	2 032 653	2 125 699	2 249 691	2 391 210
				Année sèche (prélèvement et consommation : +3,4%)		moyenne annuelle (m3/an)			10 055 756	10 338 533	10 691 742	11 088 710		14 609 817	15 008 167	15 508 534	16 070 749
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)			637 131	646 258	655 988	666 374		923 502	936 122	949 599	964 008
						mensuelle période de pointe (m3/mois)			1 441 097	1 508 869	1 598 699	1 701 364		2 101 001	2 197 210	2 325 417	2 471 748
		Amélioration du réseau (objectif 75% minimum)	76,0%	Année moyenne		moyenne annuelle (m3/an)			9 725 103	9 998 581	10 340 176	10 724 091		13 039 354	13 401 830	13 855 035	14 364 586
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)			616 181	625 008	634 418	644 462		831 062	842 676	855 062	868 287
						mensuelle période de pointe (m3/mois)			1 393 711	1 459 255	1 546 131	1 645 419		1 854 006	1 941 144	2 056 713	2 188 825
				Année sèche (prélèvement et consommation : +3,4%)		moyenne annuelle (m3/an)			10 055 756	10 338 533	10 691 742	11 088 710		13 474 119	13 848 920	14 317 533	14 844 410
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)			637 131	646 258	655 988	666 374		858 603	870 613	883 420	897 094
						mensuelle période de pointe (m3/mois)			1 441 097	1 508 869	1 598 699	1 701 364		1 916 328	2 006 428	2 125 926	2 262 531
Baisse de la consommation (-5% par rapport à 2012, d'ici 2045)	142,3	Rendement du réseau stable	69,6%	Année moyenne		moyenne annuelle (m3/an)			9 680 898	9 953 133	10 293 175	10 675 345		14 075 229	14 458 730	14 940 444	15 481 701
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)			613 380	622 167	631 534	641 533		889 912	902 061	915 037	928 908
						mensuelle période de pointe (m3/mois)			1 387 376	1 452 622	1 539 103	1 637 940		2 023 516	2 116 139	2 239 567	2 380 443
				Année sèche (prélèvement et consommation : +3,4%)		moyenne annuelle (m3/an)			10 010 048	10 291 540	10 643 143	11 038 307		14 544 632	14 941 172	15 439 265	15 998 924
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)			634 235	643 320	653 007	663 345		919 407	931 969	945 385	959 728
						mensuelle période de pointe (m3/mois)			1 434 546	1 502 011	1 591 432	1 693 630		2 091 552	2 187 325	2 314 949	2 460 615
		Amélioration du réseau (objectif 75% minimum)	76,0%	Année moyenne		moyenne annuelle (m3/an)			9 680 898	9 953 133	10 293 175	10 675 345		12 981 230	13 342 059	13 793 204	14 300 439
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)			613 380	622 167	631 534	641 533		827 380	838 941	851 271	864 435
						mensuelle période de pointe (m3/mois)			1 387 376	1 452 622	1 539 103	1 637 940		1 845 674	1 932 416	2 047 459	2 178 971
				Année sèche (prélèvement et consommation : +3,4%)		moyenne annuelle (m3/an)			10 010 048	10 291 540	10 643 143	11 038 307		13 414 019	13 787 116	14 253 600	14 778 081
						moyenne mensuelle normale (m3/mois)			634 235	643 320	653 007	663 345		854 796	866 751	879 500	893 112
						mensuelle période de pointe (m3/mois)			1 434 546	1 502 011	1 591 432	1 693 630		1 907 713	1 997 403	2 116 359	2 252 342

Tableau 67 : évolution démographique, des volumes consommés et des volumes à mettre en distribution pour la totalité de la zone d'étude

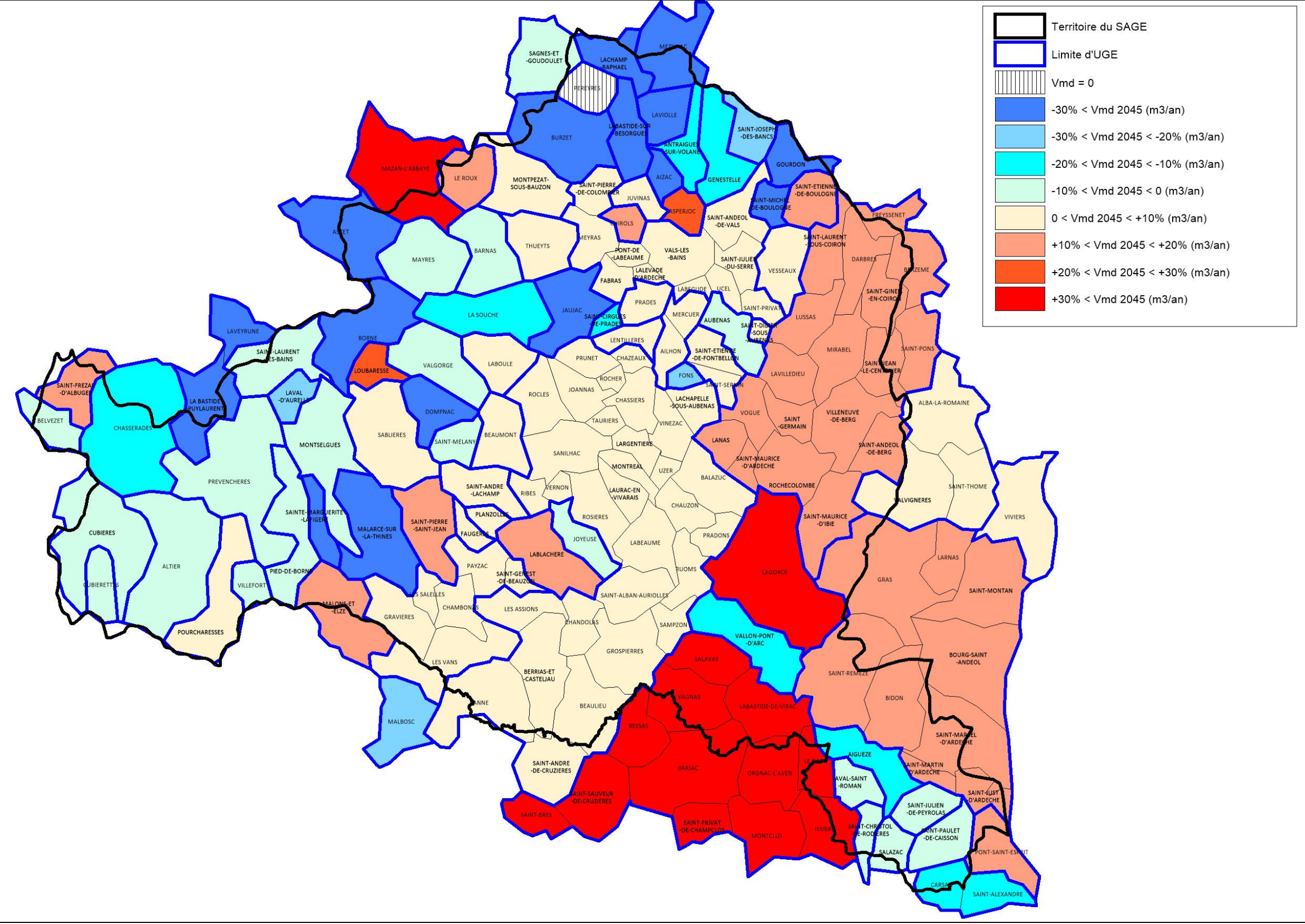


Figure 156 : scénario des taux d'évolution des volumes annuels qui devront être mis en distribution en 2045 par UGE par rapport à la situation 2012

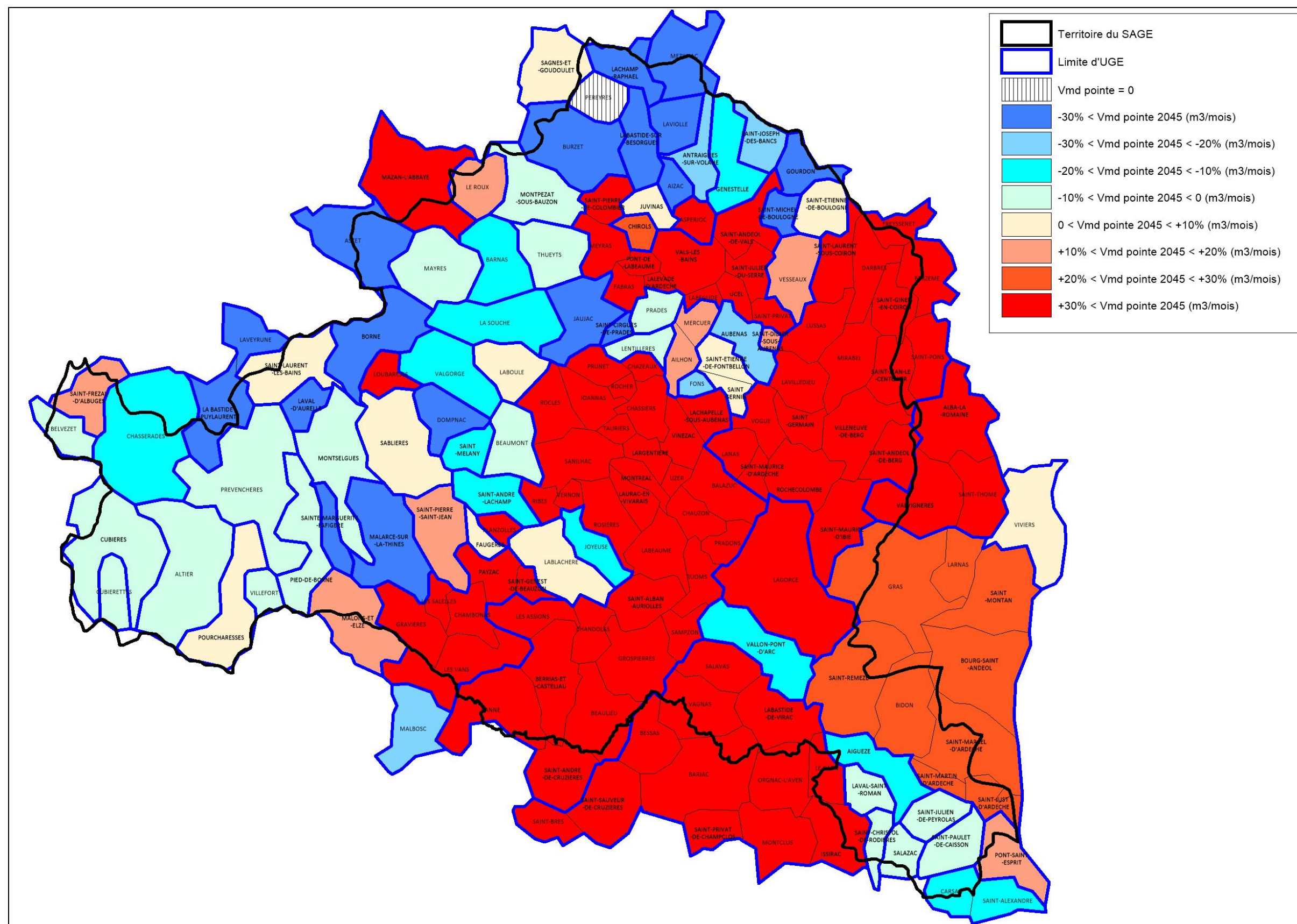


Figure 157 : scénario des taux d'évolution des volumes de pointe mensuels qui devront être mis en distribution en 2045 par UGE par rapport à la situation 2012

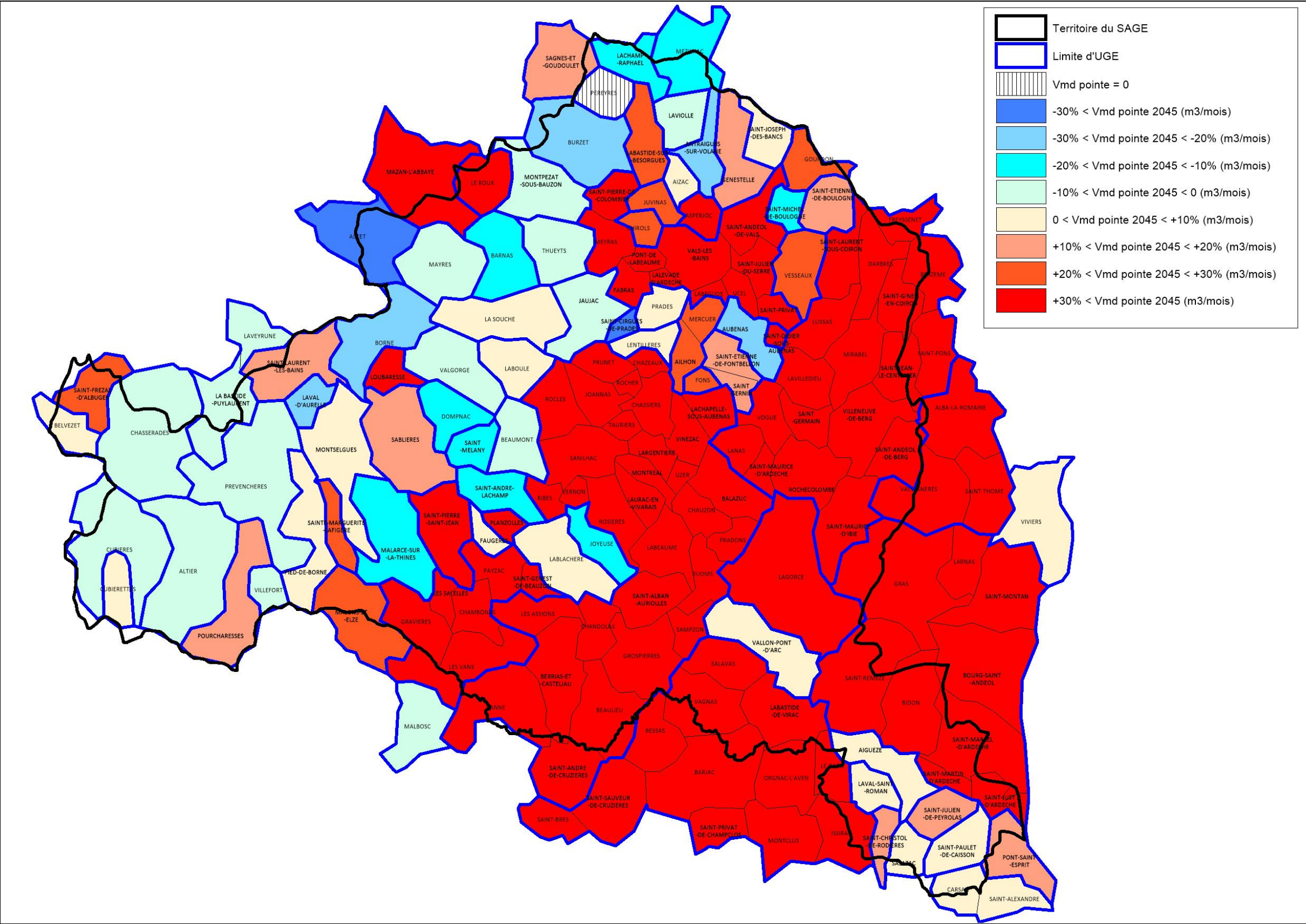


Figure 158 : scénario pessimiste des taux d'évolution des volumes de pointe mensuels qui devront être mis en distribution en 2045 par UGE par rapport à la situation 2012

4.4. Les besoins en sécurisation

En plus de l'évolution de la demande en eau potable à couvrir, la question de la sécurisation des ressources actuellement exploitées se pose sur la zone d'étude.

Le schéma départemental d'eau potable ou SDAEP07 [68] a tenté d'analyser la sécurisation de l'approvisionnement en eau potable. Il l'aborde à partir de plusieurs critères.

Remarque : nous ne retiendrons pas les interruptions mineures du fait d'une coupure de l'alimentation électrique ou d'une casse de conduite qui peuvent se solutionner assez rapidement grâce à un stockage suffisant comparativement à la consommation sur le réseau concerné. A noter toutefois que le SDAEP07 concluait sur une "bonne sécurisation de l'alimentation en cas d'interruption "mineure" de l'approvisionnement" pour la zone homogène "Sud Ardèche".

La sécurisation de la ressource en cas de pollution a été abordée de la manière suivante dans le SDAEP07 :

- Evénements dont la durée implique une interruption supérieure à 1 journée.
- Prise en compte de la probabilité d'interruption de la ressource (croisement entre la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère et les activités identifiées dans le périmètre rapproché du captage).
- Prise en compte des ressources secondaires (interconnexions, captages) pouvant alimenter l'UDI en cas d'arrêt de la ressource principale pour cause de pollution.
- Calcul dans le cas le plus défavorable : ressources secondaires au plus bas (étiage type octobre).
- Bilan entre le besoin moyen actuel et les ressources secondaires disponibles.

Deux aspects ont été présentés dans le SDAEP07 :

a/ **Probabilité d'arrêt de la ressource principale** (Figure 159) :

- Les nappes alluviales et les ressources en eau superficielle sont particulièrement sensibles ; quelques captages dans le karst également (activités, transports de matières dangereuses,...).
- Nécessité d'une sécurisation optimale au regard des populations desservies, la seule sécurisation par l'autonomie de stockage n'est pas satisfaisante sur la plupart des UGE.

Le SDAEP07 conclut que pour le Sud Ardèche, la ressource principale est particulièrement sensible, et qu'il est nécessaire de sécuriser la majorité des réseaux avec une ressource secondaire.

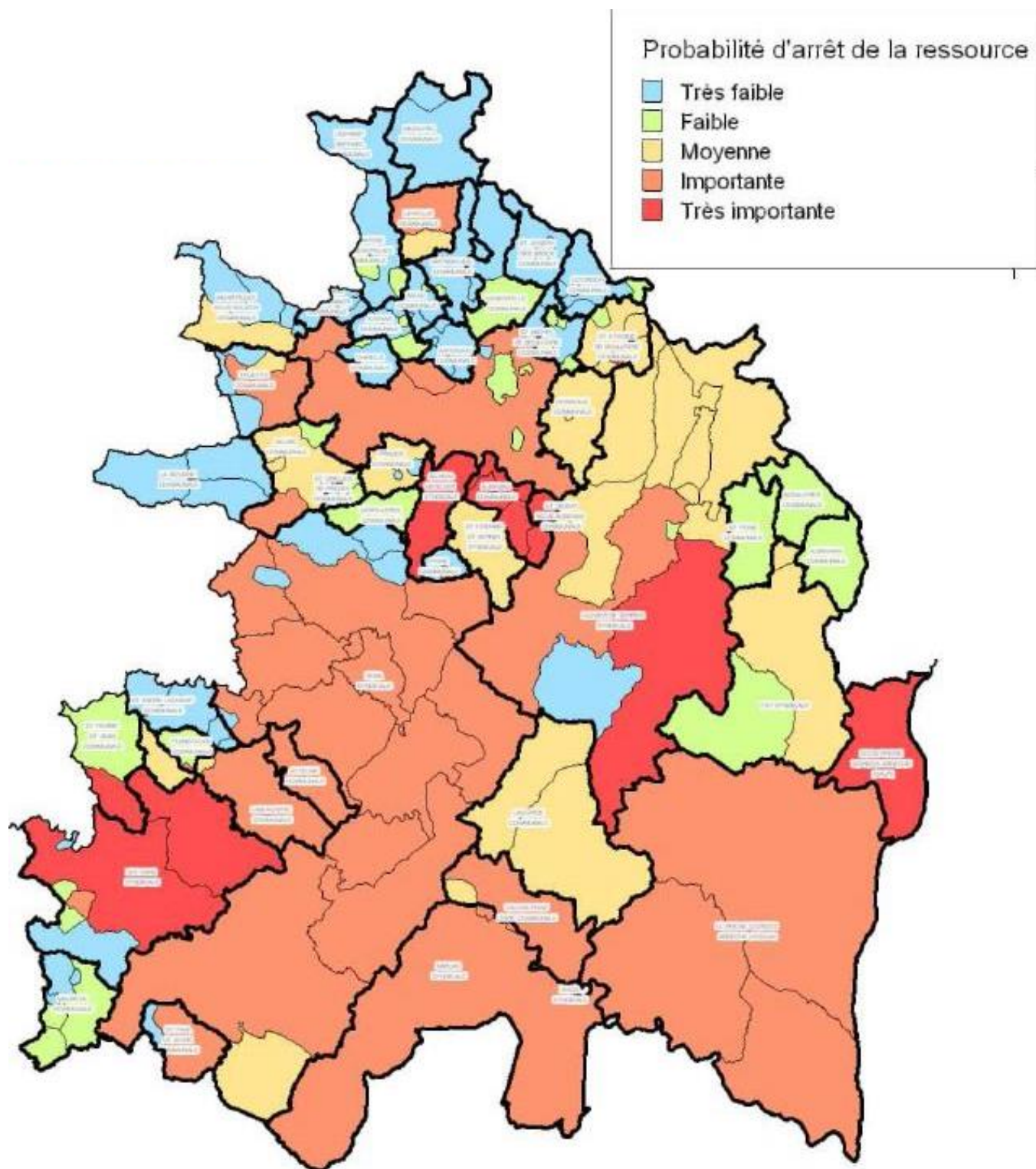


Figure 159 : probabilité d'arrêt de la ressource principales des UGE de la zone d'étude (SDAEP07)

b/ **Niveau de satisfaction des besoins moyens / ressources secondaires** (Figure 160) :

- La sécurisation est globalement limitée en période moyenne.
- Les enjeux sont importants sur la ressource Pont-de-Veyrières avec 80 % de sécurisation en période moyenne actuelle mais moins de 50 % en période estivale de pointe.
- Le système d'alerte à la pollution est à mettre en place sur les principaux cours d'eau mobilisés pour l'AEP.
- La sécurisation de l'AEP sera l'un des enjeux prioritaires sur le Sud Ardèche, la réflexion sera à mener au niveau intercommunal avec un objectif connexe de satisfaction des besoins futurs.

Le SDAEP07 conclut que la sécurisation est à parfaire sur le Sud Ardèche, notamment au regard des enjeux touristiques.

En conclusion sur la zone d'étude, le SDAEP07 met en évidence la vulnérabilité importante de la ressource principale actuellement exploitée pour la desserte en eau potable, élément qui est toutefois minimisé pour un grand nombre d'UGE par la possibilité de couvrir une bonne partie du besoin moyen à partir des ressources secondaires.

Le problème réside pour la zone d'étude dans la survenue d'une pollution sur un captage principal en période de pointe, période durant laquelle les ressources secondaires sont largement insuffisantes pour couvrir la demande en eau.

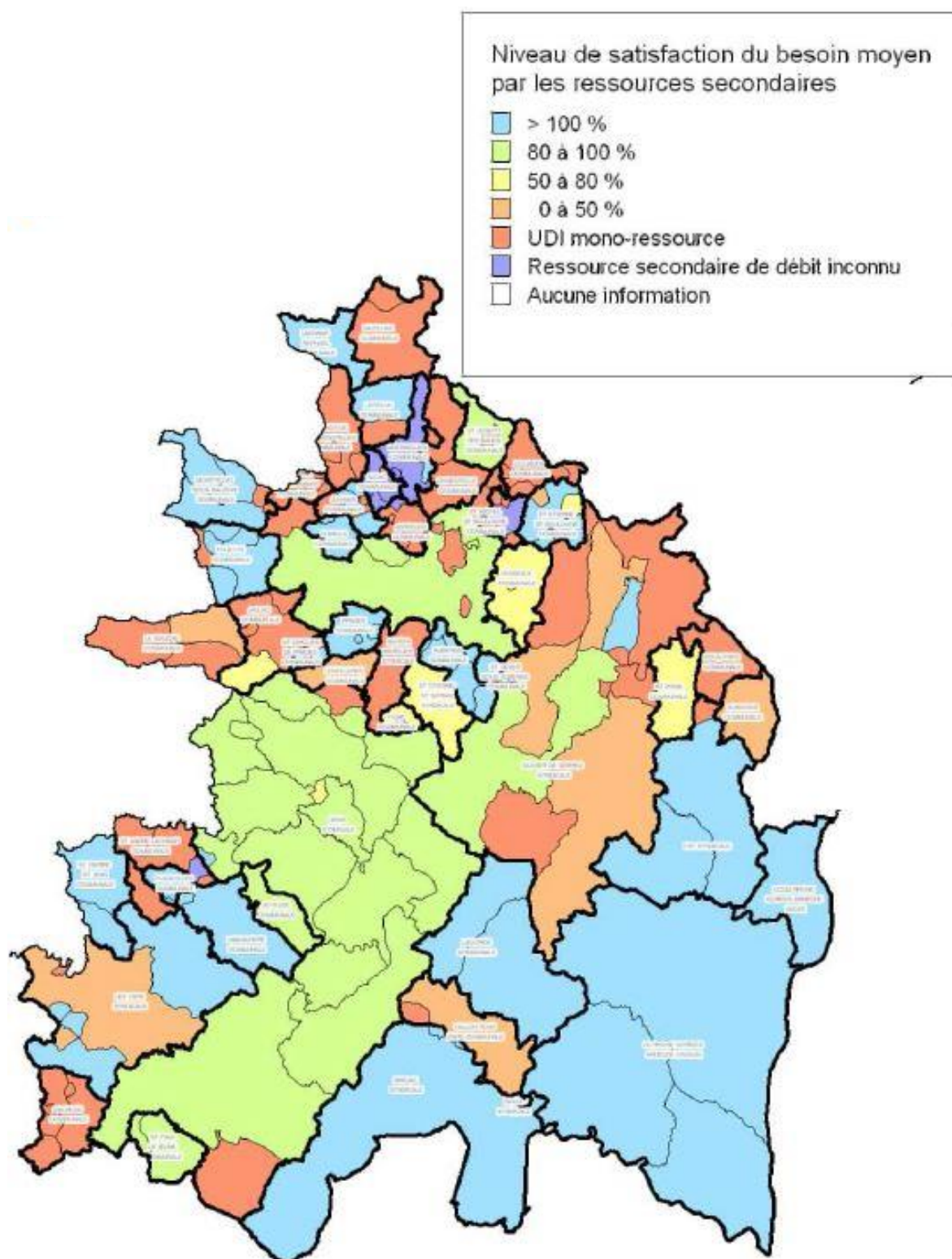


Figure 160 : niveau de satisfaction du besoin moyen par les ressources secondaires des UGE de la zone d'étude (SDAEP07)

VI- CONCLUSION DE LA PHASE 1

La phase 1 de l'étude a permis de capitaliser et de synthétiser les connaissances hydrogéologiques existantes sur les trois masses d'eau souterraines stratégiques qui s'inscrivent largement sur le territoire du SAGE Ardèche :

- **FRDG 118** « Calcaires jurassiques de la bordure des Cévennes ».
- **FRDG 161** « Calcaires urgoniens du Bas-Vivarais ».
- **FRDG 245** « Grès du Trias Ardéchois ».

Cette première phase a également permis d'évaluer les besoins actuels en eau potable à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude (172 communes). A partir des projections de population permanente et saisonnière, une estimation des besoins en eau potable à l'horizon 2045 a été réalisée.

Des ressources en eau souterraine peu exploitées mais disposant d'un potentiel quantitatif important localement

L'analyse bibliographique, le traitement des différentes bases de données existantes ainsi que les observations de terrain réalisées dans le cadre de cette étude, ont permis de produire une synthèse hydrogéologique complète pour chacune des 16 unités aquifères étudiées. Ces informations ont également été bancarisées dans une base de données bibliographique et cartographique.

D'une manière générale, les 3 aquifères étudiés sont relativement peu exploités pour l'eau potable aujourd'hui puisqu'ils représentent seulement 17,5 % des 14 Mm³ d'eau potable prélevés chaque année sur la zone d'étude. Pourtant, la configuration de certaines unités karstiques permet d'envisager la présence de zones noyées importantes (plusieurs millions de m³) propices à une exploitation pour l'eau potable. Le **potentiel quantitatif** de certaines de ces unités aquifères reste toutefois à confirmer par des investigations complémentaires qui seront identifiées et/ou menées dans le cadre de la phase 2 de l'étude.

Parmi les trois aquifères étudiés, le versant rhodanien des **calcaires urgoniens karstiques** (unités Viviers-Saint-Montan et Gras-Laoul) est celui qui est aujourd'hui le plus exploité (source de Tourne, forages Belieure et d'Ilette n°2) et par conséquent le mieux connu. Les réseaux karstiques s'y sont développés à la faveur de l'incision du fossé rhodanien causée par la crise messinienne.

Dans les gorges de l'Ardèche, il est possible de distinguer la partie amont de la partie aval, cette dernière étant le siège d'échanges réciproques entre le karst et l'Ardèche. Globalement les réseaux karstiques des gorges sont majoritairement secs et réactivés la plupart du temps à l'occasion des épisodes de crues et aucune zone noyée d'importance n'est connue à ce jour.

La rive gauche de la Cèze se situe dans un contexte relativement similaire, l'extension de l'unité vers l'Est et la vallée du Rhône est en revanche peu voire non connue à cause d'une couverture quasiment totale des calcaires barrémo-bédouliens.

La basse vallée de l'Ibie ne présente pas d'exutoire visible. En revanche, la présence d'un plan d'eau sur le secteur de Vallon-Pont-d'Arc, reconnu au droit de quelques points d'accès au karst (Grotte de la Vieille, Event de Rives, Grotte du Raid, Event des Fées), les pertes de l'Ibie identifiées sur la commune de Lagorce, et l'étendue du bassin versant de cet affluent de l'Ardèche, sont autant d'indices qui suggèrent la présence d'une zone noyée, mais dont le potentiel doit être confirmé.

Les **systèmes karstiques du jurassique** se sont développés à la faveur de l'enfoncement des principaux cours d'eau que sont l'Ardèche, la Ligne, la Beaume et le Chassezac. La configuration hydrogéologique de ces systèmes laisse penser que des zones noyées sont présentes sur les secteurs Nord-Vogüé et Saint-Alban avec des bassins d'alimentation étendus. Sur Nord Vogüé, la zone à privilégier se situe toutefois en amont de la zone artisanale de Lavilledieu, tandis que sur Saint-Alban, des précisions sur le fonctionnement hydrogéologique doivent être apportées grâce au multitraçage prévu en phase 2. Cette masse d'eau est aujourd'hui très peu exploitée pour l'eau potable malgré sa position stratégique sur le bassin, à proximité des principales zones urbaines.

Les exutoires naturels des **formations triasiques** fournissent des débits plus faibles que sur les systèmes karstiques notamment du fait de la nature des écoulements mais également à cause du morcellement de l'aquifère triasique superficiel. Les sources les plus productives sont relativement bien connues et déjà exploitées (ex : sources de Rodes et du Crouzet sur la commune d'Ailhon captées pour l'AEP, sources de Coussac et Chamandre captées pour l'irrigation dans la vallée de la Beaume). Cette masse d'eau est principalement exploitée au travers de forages profonds situés dans les parties captives de l'aquifère et qui fournissent des débits compris entre 10 et 60 m³/h (ex : 50 m³/h au forage de la Puzette à Lablachère, 60 m³/h au forage d'irrigation de la Valette à Vesseaux).

Du point de vue de la **qualité des eaux**, les systèmes karstiques peuvent être affectés par des phénomènes de turbidité importante liés au lessivage des sols en surface lors des épisodes pluvieux. Ce phénomène est parfois associé à des pollutions bactériologiques qui sont toutefois rapidement évacuées par le karst.

L'aquifère triasique est quant à lui affecté par des concentrations en métaux parfois supérieures aux normes sanitaires, plus particulièrement dans les formations du Trias inférieur. Ce fond géochimique naturel peut parfois être accentué par les anciennes exploitations minières notamment dans le secteur de Largentière.

Nous récapitulons dans les tableaux ci-après les principales caractéristiques de ces unités karstiques. L'ensemble des éléments recueillis dans le cadre de la phase 1 feront l'objet d'une analyse multicritères lors de la phase 3 de l'étude.



Figure 161 : Les unités karstiques de l'étude

Systèmes	Mode de Recharge			Exutoires du système			Echanges Nappe- rivière (oui = échange dans les 2 sens)	Présence zone noyée (si possible une estimation du volume)	Débit pointe/étiage des principales sources	Appréciation globale du potentiel quantitatif du système				Qualité de l'eau
	Unaire	Binaire (en gras précision sur les pertes de cours d'eau)	Poreux	Principaux	Multiples	Non identifié				1 FORT	2 MOYEN	3 FAIBLE	INDICE DE FIABILITE 0/3 = peu fiable 3/3 = très fiable	
Nord Vogüé		Ruissellement/Infiltration partie nord coironique, Bourdary, Auzon		Sources du Pontet	NON	PROBABLE	OUI (Louyre)	OUI (10 Mm3)	Sources de Vogüé ≈ 130 l/sec à l'étiage	Sud de Lavilledieu	Entre Lussas et Lavilledieu	Vallées Louyre et Eyrolle	1/3	
Sud Vogüé					Plusieurs exutoires entre Vogüé et La Ligne : Estinettes, Vieil Audon, Aulagners	OUI	NON	PROBABLE AU NORD DE LA LIGNE	Non mesurable ou mesuré.		Entre Lanas et Servière	Sud de Balazuc	1/3	
St-Alban- Auriolles		Plateau Gras, Chassezac, Beaume			Plusieurs sources en rive gauche du Chassezac, dont des sorties sous-alluviales.	PROBABLE	OUI (Chassezac)	OUI	Source sous alluviale du Ranc d'Avene ≈ 55 l/sec. Ruisseau des Fontaines alimenté par le karst ≈ 500 l/sec à l'étiage. Forages de Gerbial 110 l/s exploitable.	Secteur des Fontaines à St Alban Auriolles	Secteur Bourbouillet jusqu'au Ranc d'Avène		2/3	BONNE TURBIDITE PONCTUELLE
Sud Chassezac		Granzon			Plusieurs sources identifiées : Fontaine de Champclos, Fontaine du Vedel, Fontaine de Boissin, Dragonnière de Banne, source de la Marquise, source du Perrier, Fontaine de Berre	PEUT-ÊTRE	OUI (Granzon)	PEUT-ÊTRE	Fontaine du Champclos (Qétiage = 1 l/s), fontaine du Vedel (Qétiage = 1 l/s), source de la Marquise (Qétiage = 2 l/s) - Peyrol de Beaulieu et une source temporaire (Qétiage = 0, Qcrue plusieurs m3/s)		Basse vallée du Granzon et Bois de Païolive		1/3	
Viviers-St- Montan		Ruissellement et infiltration sur couverture céno- aptienne, ruisseau de l'Enfer			NON	OUI	NON	OUI	Pas de sources remarquables mais forage de Belieur (230 m3/h)	Bordure rhodanienne - secteur Viviers			3/3	BONNE
Gras-Laoul		Rimouren		Sources de Tourne	NON	OUI	NON	OUI (3 Mm3, mais estimation probablement sous-évaluée)	Sources de Tourne = 1 m3/sec + forage llette (150 m3/h)	Bordure rhodanienne entre Bourg-Saint- Andéol et St-Juste- d'Ardèche			3/3	BONNE TURBIDITE PONCTUELLE
Vallée de l'Ibie		Sompe, Ceysette, Salastre, Baravon, Enfer, Pissevieille, Ibie			Source du Moulin, Source de Font- Garou, Source du Tiourre.	OUI	OUI (Ibie)	OUI (PEU PROFONDE)	Source de Tiourre (Qétiage = 1-2 l/sec), Source du Moulin (Qétiage = 2-3 l/sec) et de Font-Garou (Qétiage = 2 à 10 l/sec) + captage remarquable = forage du Bœuf (100 m3/h)	Entre l'Ardèche et Lagorce	Entre Lagorce et Rochecolombe	Retombée occidentale du plateau Saint-Remèze	1/3	
Rive gauche de la Cèze		Les Valats			Source des Beaumes et de Monteil	OUI	OUI (Cèze)	??	Source des Beaumes (75 l/sec), Source Monteil (88 l/sec.)	Bordure rhodanienne sous couverture - secteur de Pont-saint- Esprit	Gorges de la Cèze		1/3 (secteur Pont- Saint-Esprit) et 0/3 pour le reste	MEDIOCRE RISQUE BACTERIO & TURBIDITE
Rive droite de l'Ardèche		Rieussec			Dragonnière, Foussoubie, Bœuf, Fare, Vanmalle	PEUT-ÊTRE	OUI (Ardèche aval)	??	Qétiage : 1 à 2 l/sec		Gorges de l'Ardèche	Le long des grands accidents structuraux Nord 45°	1/3	BONNE
Rive gauche de l'Ardèche		Ruissellements Plateau de Saint-Remèze			Aiguille, Richemale, Platane, Ecluse	PEUT-ÊTRE	OUI (Ardèche aval)	??	Qétiage : 1 à 10 l/sec		Gorges de l'Ardèche	Le long des grands accidents structuraux Nord 45° - retombée méridionale du plateau de saint-Remèze	1/3	
Montagne de la Serre				Source de la Font Vive et de Régourdet		NON	NON	OUI MAIS FAIBLE RESERVE	Source de Font Vive (Qétiage = 4 l/sec), Source de Régourdet (Qétiage = 0,5 l/sec)			Font Vive	1/3	

Tableau 68 : synthèse des caractéristiques des unités karstiques du Jurassique de la bordure sous-cévenole et des calcaires crétacés du Bas-Vivaraïs

Systèmes	Mode de Recharge			Exutoires du système			Echanges Nappe-rivière	Présence zone noyée (si possible une estimation du volume)	Débit pointe/étiage des principales sources	Appréciation globale du potentiel quantitatif du système				Qualité de l'eau
	Unaire	binaire	Poreux	Principaux	Multiples	Non identifié				1 FORT	2 MOYEN	3 FAIBLE	INDICE DE FIABILITE	
Vesseaux					Plusieurs petites sources pour les buttes perchées ou dans les vallées encaissées.	NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI (TRIAS SUP.)	Pas de source importante. Forages profonds aux débits importants compris entre 15 et 60 m3/h.	Forages profonds débutant dans le Lias			2/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES
Ailhon			Perte du ruisseau de Valcroze, perte du pont de Nevissac		Nombreuses sources au débit important dans la vallée encaissée de l'Auzon.	NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI (TRIAS SUP.)	Sources importantes (Crouzet 10 m3/h, Rodes 7+2 m3/h, Martinesche) - Forages Perbost (35 m3/h), Vistes (F1 et F3 46 et 52 m3/h), du Juge (35 m3/h).	Vallée de l'Auzon (sources et forages)			3/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES
Largentière				Sources de la Sigalière et de la Perruquette.		NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI	Sources importantes (Perruquette 76 m3/h, Sigalière 51,5 m3/h). Forages profonds.	Exutoire des mines et Trias moyen	Forages profonds débutant dans le Lias		3/3	NON
Rosières			Nombreuses pertes de cours d'eau alimentant le réseau karstique de Chamandre	Source de Chamandre = exutoire du système karstique pour la partie est du Trias moyen.	Plusieurs sources pour les buttes perchées ou dans les vallées encaissées.	NON pour la nappe des grès supérieurs et aquifère poreux prélevé par forages	NON	OUI (TRIAS SUP.) NON (TRIAS MOY.)	Chamandre (Qetiage = 13 l/s - crue 500 l/s), Abeyradou (Qetiage = 6 l/s), Labastide-Peyradier (Qmoyen = 1 l/s). Forages profonds aux débits compris entre 10 et 20 m3/h	Chamandre	Plateau de Balbiac		2/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES
Lablachère			Pertes possibles mais diffuses sur l'Auzon		Source Coussac - Le Fadas - Le Vignal - Champmajour - Le Pigeonnier Plusieurs petites sources d'exutoire pour les petits systèmes karstiques des buttes perchées.	NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI (TRIAS SUP.)	Source importante de Coussac (Qmoyen 66 m3/h), nombreuses sources au débit limité. Forages profonds au débits compris entre 10 et 50 m3/h	Secteur de Joyeuse et Lablachère			2/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES

Tableau 69 : principales caractéristiques des unités triasiques

Des besoins en eau potable en augmentation, particulièrement en période estivale

L'analyse des différentes bases de données et rapports relatifs à la production et la distribution d'eau potable ainsi qu'à l'évolution démographique sur les 172 communes de la zone d'étude a permis de faire un bilan actuel des consommations et d'estimer les besoins en eau potable à l'horizon 2045.

Il ressort de cette analyse les conclusions suivantes :

- la consommation moyenne journalière en eau potable pour un habitant (population permanente et saisonnière confondue) est de 149.8 l/j/hab, proche de la moyenne nationale, de 150 l/j/hab.
- les besoins actuels sont inégalement répartis dans l'espace. En effet, il apparait une gradation des besoins actuels entre l'amont de la zone d'étude (caractérisée par des communes plutôt rurales et où la distribution en AEP s'opère souvent en régie communal) et l'aval, caractérisé par des zones touristiques et plus urbanisées, où la demande en AEP est plus forte et où la distribution est souvent gérée à l'échelle d'un syndicat. Les principales zones urbaines et touristiques du bassin se situent dans la zone intermédiaire de la vallée de l'Ardèche (zone Aubenas - Les Vans -Vallon Pont d'Arc) et dans la vallée du Rhône. Or les masses d'eau souterraines stratégiques du territoire se situent à proximité directe de ces zones à fort besoin en eau potable.
- les besoins actuels sont inégalement répartis dans le temps. Du fait de la forte fréquentation touristique estivale sur le territoire, les volumes à produire pour satisfaire les besoins en eau potable sont en moyenne +102% supérieurs pour le mois de pointe (1.8 millions de m³/mois contre 0.89 millions de m³/mois durant les mois de basse consommation en 2012). Ceci nécessite de pouvoir mobiliser des ressources en été, au moment où elle est la plus rare et où les milieux aquatiques sont les plus vulnérables.
- l'évolution des besoins annuels en eau potable, guidée principalement par l'évolution démographique, pourrait atteindre + 14.7% à l'échelle de la zone d'étude d'ici 2045, selon le scénario le plus défavorable. Cette évolution est encore plus importante si l'on considère uniquement le mois de pointe : +37.4% avec un volume mensuel d'environ de 2.47 millions de m³/mois contre 1.8 millions de m³/mois en 2012.

Nous présentons ci-dessous un tableau récapitulatif pour l'ensemble de la zone d'étude des populations permanentes et saisonnières prises en compte, la population totale à desservir en pointe et les volumes annuels et mensuels de pointe à mettre en distribution à l'horizon 2045 selon le scénario le plus pessimiste (non amélioration du rendement des réseaux, consommation stable et année sèche) :

	2012	2015	2025	2035	2045
population permanente (hab)	136 111	136 721	138 834	141 080	143 470
population saisonnière retenue sur la base d'un remplissage de 80% de la capacité d'accueil (hab)	171 937	177 076	190 241	208 157	228 635
population totale à desservir retenue en pointe (hab)	294 919	300 477	315 309	334 826	356 955
volume annuel à mettre en distribution sur la base du scénario le plus pessimiste (en m ³)	14 011 398	14 609 817	15 008 167	15 508 534	16 070 749
volume mensuel de pointe à mettre en distribution sur la base du scénario le plus pessimiste (en m ³)	1 799 376	2 101 001	2 197 210	2 325 417	2 471 748

Tableau 70 : données prospectives à 2045 sur les populations et les volumes à mettre en distribution selon le scénario le plus pessimiste

En termes de poursuite d'étude, les éléments de caractérisation des aquifères et des besoins en eau potable du territoire présentés dans ce rapport devront ensuite être croisés et complétés par une analyse socio-économique (exploitabilité, opportunité, acceptabilité...) afin de pouvoir identifier les zones aquifères à sauvegarder pour l'eau potable actuelle et future. Ce travail sera réalisé dans le cadre de la phase 3 de l'étude, en concertation étroite avec les acteurs locaux.