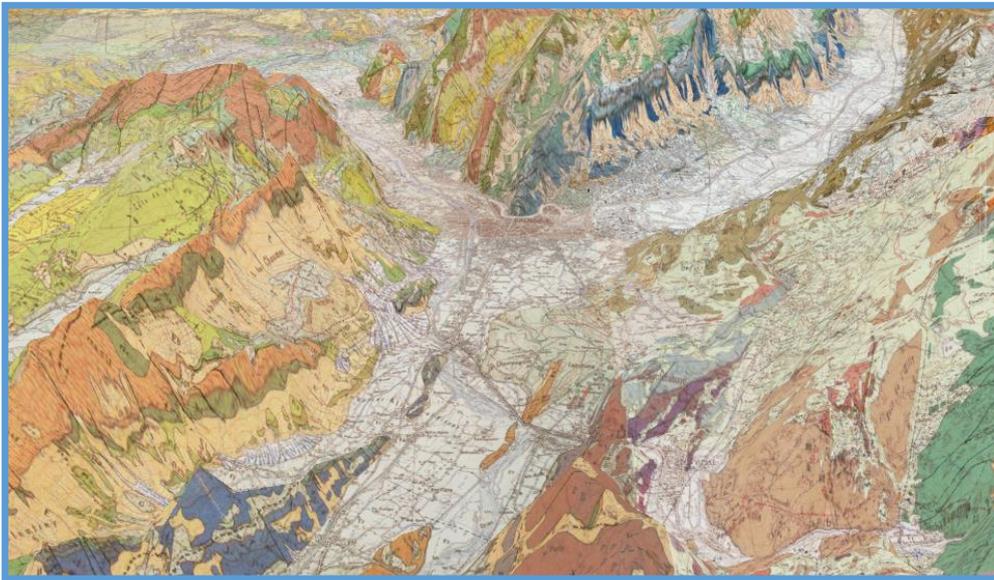


**VULNERABILITE DES SOURCES D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
DE GRENOBLE-ALPES METROPOLE**



Février 2018

Etude réalisée avec le concours de l'Agence de l'Eau RM&C



GRENOBLE • ALPES
METROPOLE

GRENOBLE ALPES METROPOLE

Le Forum - 3, rue Malakoff

CS 50053 - 38 031 GRENOBLE Cedex 01

Table des matières

1.	INTRODUCTION	6
1.1	Contexte.....	6
1.2	Captages, unités de distribution (UDI) et secteurs eau potable (EP)	6
1.3	Objectifs.....	8
1.4	Méthodologie mise en œuvre pour cette étude	8
1.5	Structure et contenu du rapport	10
	PARTIE 1 – DESCRIPTION DES RESSOURCES	11
2.	TYPOLOGIE DES AQUIFERES DE LA ZONE D'ETUDE	14
2.1.	Aquifères continus	16
2.1.1.	Aquifères continus des grandes vallées alluviales alpines.....	16
2.1.2.	Aquifères continus des vallées entaillées sur les versants des massifs	18
2.1.3.	Aquifères continus des formations de pente	19
2.2.	Aquifères discontinus fissurés	20
2.3.	Aquifères discontinus karstiques	21
2.3.1.	Aquifères discontinus karstiques du massif du Vercors	23
2.3.2.	Aquifères discontinus karstiques du massif de la Chartreuse	24
3.	CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE LOCAL DES CAPTAGES	26
3.1.	Captages des grandes vallées alluviales alpines	26
3.1.1.	Champs captants de Jouchy et Pré Grivel – Vallée de la Romanche	26
3.1.2.	Champ captant de Rochefort – Vallée du Drac.....	27
3.1.3.	Captage de Les Mails – Cluse de l'Isère	30
3.1.4.	Conclusion sur les captages des vallées alluviales alpines.....	30
3.2.	Versant Ouest du Massif de Belledonne et collines bordières	31
3.2.1.	Zone de Séchilienne-Vizille (Massif de Belledonne)	32
3.2.2.	Zone de Saint Martin d'Uriage – Domène (Massif de Belledonne)	35
3.2.3.	Zone de Vaulnavéy (Collines bordières)	36
3.2.4.	Zone de St Georges – Notre Dame de Commiers (Collines bordières).....	36
3.2.5.	Conclusion sur les captages du Massif de Belledonne et ses collines bordières	37
3.3.	Massif du Vercors	37
3.3.1.	Zone de Merlière (Est du Vercors).....	38
3.3.2.	Zone des Saillants du Gua / Lanchatre (Rebord Est du Vercors)	39
3.3.3.	Zone de St Paul de Varcès - Savoyères / Pont de Claix (rebord Nord-Est du Vercors)	40
3.3.4.	Zone de Seyssinet – Pariset (Nord Est du massif du Vercors).....	41
3.3.5.	Zone de Noyaret (Nord du massif du Vercors)	42
3.3.6.	Conclusion sur les captages du massif du Vercors	43
3.4.	Massif de la Chartreuse	43
3.4.1.	Zone de St-Egrève / Fontanil-Cornillon (Bordure Sud de la Chartreuse)	44
3.4.2.	Zone de Proveyzieux-Quaix (Centre Sud de la Chartreuse)	45
3.4.3.	Zone de Sarcenas (Centre de la Chartreuse)	46
3.4.4.	Zone de Corenc – Col de Vence (Chartreuse orientale).....	47
3.4.5.	Conclusion sur les captages du massif de la Chartreuse	47
4.	QUALITE DES EAUX BRUTES ET DISTRIBUEES	49
4.1.	Discussion préalable sur l'échantillon de données disponible	49
4.2.	Normes et critères de qualité	54
4.3.	Qualité des eaux brutes des ressources captées.....	56
4.3.1.	Faciès chimique des eaux (ions majeurs).....	57
4.3.2.	Conductivité électrique.....	61

4.3.1.	Potentiel Hydrogène (pH)	64
4.3.2.	Sulfates	66
4.3.1.	Nitrates	67
4.3.1.	Dureté de l'eau	68
4.3.2.	Turbidité	69
4.3.3.	Microbiologie	73
4.3.4.	Contaminants organiques	76
4.4.	Qualité des eaux distribuées	80
4.4.1.	Unités de distribution UDI	80
4.4.2.	Agressivité ou pouvoir incrustant des eaux distribuées	81
4.4.3.	Potabilité des eaux distribuées	83
5.	SITUATION ADMINISTRATIVE DES CAPTAGES	90
5.1.	Objectifs des DUP, périmètres de protection et servitudes	90
5.2.	Etat des lieux des DUP des captages alimentant la Métropole	91
5.3.	Portée des préconisations enchâssées dans les DUP	92
PARTIE 2 – VULNERABILITE DES RESSOURCES ET HIERARCHISATION DES CAPTAGES		94
6.	ANALYSE DE LA VULNERABILITE INTRINSEQUE DES AIRES D'ALIMENTATION	98
6.1.	Notion d'aire d'alimentation des captages et de vulnérabilité	98
6.2.	Aire probable d'alimentation des captages de sources	98
6.3.	Aire probable d'alimentation des captages en nappe alluviale	103
6.4.	Vulnérabilité intrinsèque des aires probables d'alimentation	105
6.4.1.	Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des ressources d'eau souterraine	105
6.4.2.	Application aux APAC des ressources des coteaux	108
6.4.3.	Cas des grands champs captants	113
6.5.	Discussion et limites des méthodes	115
7.	ANALYSE DE LA VULNERABILITE EXTRINSEQUE DES AIRES D'ALIMENTATION	118
7.1.	Contexte général	118
7.1.1.	Agriculture de la zone d'étude	118
7.1.2.	Pressions non agricoles sur la zone d'étude	120
7.2.	Définition des pollutions ponctuelles et pollutions diffuses	121
7.3.	Protections réglementaires et naturelles	122
7.3.1.	Zones Natura 2000	122
7.3.2.	Autres protections réglementaires	123
7.3.3.	Zones forestières	125
7.4.	Pressions naturelles	128
7.4.1.	Zones inondables	128
7.4.2.	Cours d'eau	128
7.5.	Pressions Industrielles	129
7.5.1.	Sites et sols pollués	129
7.5.2.	Axes de communication	131
7.6.	Pressions Nitrate et bactériologique	133
7.6.1.	Réglementation concernant la directive européenne « Nitrates »	133
7.6.2.	Sorties de Station d'épuration (STEP)	133
7.6.3.	Sièges d'exploitation	134
7.6.4.	Zones de pâturage	135
7.6.5.	Fertilisation des surfaces agricoles	136
7.7.	Pressions phytosanitaires	140
7.7.1.	Axes de communication et lieux publics	140
7.7.2.	Espaces privés	142
7.7.3.	Utilisation agricole de produits phytosanitaires	143
7.7.4.	Sièges d'exploitation	145

7.8.	Pressions anthropiques.....	147
7.8.1.	Zones urbanisées	147
7.8.2.	Stations de ski et barrages.....	147
7.9.	Hiérarchisation des pressions	154
7.10.	Construction des indicateurs liés aux pressions extrinsèques	155
8.	CROISEMENT DES VULNERABILITES INTRINSEQUES, EXTRINSEQUES ET AVEREES.....	156
8.1.	Corrélations bivariées	156
8.2.	Croisement des critères de vulnérabilité intrinsèque, extrinsèque et avérée	161
8.2.1.	Ressources des coteaux	161
8.2.2.	Grands champs captants	167
8.3.	Enseignements issus des incidents survenus.....	168
8.3.1.	Cas de l'Echaillon	168
8.3.2.	Cas de Casserousse	173
8.3.3.	Cas de Pré Grivel	176
8.3.4.	Enseignements résultant des trois cas présentés.....	178
8.4.	Problème de l'état des captages.....	179
9.	HIERARCHISATION DES CAPTAGES	182
9.1.	Création d'un outil d'aide à la hiérarchisation des captages.....	182
9.1.1.	Critères simples	182
9.1.2.	Indicateurs composés	191
9.1.3.	Scénarios de hiérarchisation.....	197
9.2.	Hiérarchisation des captages	199
PARTIE 3 – DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT ET PROPOSITION D' ACTIONS		207
10.	REDUCTION DE LA VULNERABILITE.....	211
10.1.	Rappel des enjeux en matière de qualité et de vulnérabilité.....	211
10.1.1.	Cas des grands champs captants	211
10.1.2.	Cas des ressources de coteaux	212
10.1.3.	Productivité et réactivité des ressources des coteaux	213
10.1.4.	Qualité des eaux des ressources des coteaux	214
10.1.5.	Vulnérabilité intrinsèque des ressources des coteaux	215
10.1.6.	Pressions affectant les ressources des coteaux.....	215
10.2.	Connaissances disponibles sur les ressources	218
10.3.	Surveillance des captages et traitement des eaux	220
10.3.1.	Etat des captages.....	220
10.3.2.	Systèmes de traitement de l'eau	221
10.3.3.	Autocontrôle et contrôle de l'ARS	223
10.4.	Mesures de protection réglementaire (DUP)	224
10.4.1.	Date de réalisation des DUP existantes	224
10.4.2.	Périmètres de protection éloignée (PPE).....	225
10.4.3.	Périmètres de protection rapprochée (PPR).....	226
10.4.4.	Périmètres de protection immédiate (PPI)	227
10.4.5.	Reprises des DUP	228
10.4.6.	Surveillance des périmètres de protection.....	229
10.5.	Spécificités des grands champs captants.....	230
10.6.	Stratégies territoriales de protection	230
10.6.1.	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)	231
10.6.2.	Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)	232
10.6.3.	Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi)	235
10.6.4.	Plans Communaux de Sauvegarde (PCS)	238
10.6.5.	Veille foncière et action foncière.....	241
10.7.	Contexte administratif de gestion et de protection des ressources	242

10.7.1. Renforcement des compétences internes (hydrogéologie/juridique)	242
10.7.2. Mise en place d'une ressource consultative experte	242
10.7.3. Collaboration avec les administrations et les services de l'Etat	243
10.7.1. Démarches partenariales	243
10.8. Sensibilisation des acteurs et du public	246
10.9. Mise en œuvre des actions préconisées	247
11. ESTIMATION FINANCIERE DES PRECONISATIONS	252
11.1. Grands champs captants	252
11.2. Par captage des coteaux	253
ANNEXES	256
12. LISTE DES FIGURES	257
13. LISTE DES TABLEAUX	261
14. ANNEXE 1. BIBLIOGRAPHIE	263
14.1. Rapports d'Hydrogéologue agréé	263
14.2. Autres rapports concernant les captages	264
15. ANNEXE 2. GLOSSAIRE DES TERMES TECHNIQUES UTILISES DANS LE RAPPORT	268
16. ANNEXE 3. LISTE DES CAPTAGES DE COTEAUX AVEC LEUR N° D'IDENTIFICATION ET LEUR COMMUNE D'IMPLANTATION	273
17. ANNEXE 4. JUSTIFICATION DU TRACE DES AIRES PROBABLES D'ALIMENTATION DES CAPTAGES (APAC)	275
18. ANNEXE 5. ORIGINE DES DONNEES SIG UTILISEES POUR LA DETERMINATION DE LA VULNERABILITE EXTRINSEQUE DES APAC	288

Tables des figures et des tableaux

Du fait de la longueur des listes des figures et des tableaux, celles-ci sont placées en fin de rapport, en début de la section des annexes.

**Un glossaire définissant les termes techniques utilisés est fourni à l'Annexe 2, p 268.
Le lecteur pourra s'y référer au besoin.**

La liste des captages avec leur N° d'identification et leur commune d'implantation est fournie à l'Annexe 3, p 273. Le lecteur pourra s'y référer au besoin.

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

La présente étude réalisée pour Grenoble-Alpes Métropole résulte de plusieurs faits marquants :

- Prise de compétence 'eau potable' par la Métropole le 1^{er} janvier 2015 ;
- Multiplicité des ressources et absence de vision d'ensemble ;
- Nécessaire hiérarchisation des priorités de travail ;
- Crise sanitaire de Casserousse ;
- Etat des lieux des installations de traitement ;
- Schéma directeur de l'eau potable.

Les ressources de la Métropole sont constituées de deux types de ressources :

- Les grands champs captants de Rochefort sur la nappe du Drac, Jouchy et Pré Grivel sur la nappe de la Romanche qui fournissent 80% des besoins en eau de la Métropole ;
- Une centaine de ressources souvent qualifiées 'ressources de coteau'.

A une source ou un champ captant (64 en tout) peut correspondre plusieurs points de captage. Ainsi 100 points de captage alimenteraient la population métropolitaine, dont 91 seraient gérés par la Métropole (ou ses délégataires) et 9 par des privés. Les périmètres de protection des captages de la Métropole concerneraient 27 communes de la Métropole et 4 communes limitrophes.

La crise sanitaire de Vif a poussé la Métropole à engager un certain nombre d'études en anticipation du schéma directeur (diagnostic des unités de traitement, mise en place procédure qualité et autocontrôle, diagnostic de crise...). Cette présente étude de vulnérabilité s'inscrit dans ce schéma et l'ensemble des éléments seront réintégrés au schéma directeur. L'étude vise à répondre à trois principales questions :

- Quels sont les pressions, les dangers, les problèmes avérés de qualité des eaux brutes ?
- Quelle stratégie de préservation/protection des ressources pour améliorer la qualité des eaux brutes des ressources des coteaux et maintenir la distribution d'une eau sans traitement des deux grands champs captants ? (objectif politique de la feuille de route du département de l'eau) ;
- Quelles sont les actions prioritaires à mettre en œuvre ?

1.2 Captages, unités de distribution (UDI) et secteurs eau potable (EP)

Concernant la définition des termes 'Captage' et 'Point de prélèvement', une définition en est fournie par le Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau (SANDRE), en particulier dans les deux documents suivants :

https://194.57.178.55/sites/default/files/questce_quun_captagedocx.pdf

http://sandre.eaufrance.fr/ftp/documents/fr/ddd/zon/2.0/sandre_dictionnaire_ZON_2.0.pdf

Il y est précisé :

"Le terme de « captage d'eau potable » est le terme avancé pour la captation de l'eau pour usage AEP. Il ne correspond pas à une réalité physique unique (source, forage, point d'eau, prise d'eau...) : notons que dans ce contexte, le terme de 'Captage' est utilisé au sens du Ministère de la Santé, c'est à dire, un point de prélèvement à usage eau potable"

"Il [un ouvrage de prélèvement] peut être composé de plusieurs points de prélèvement dès lors qu'il existe autant de dispositifs techniques de captage d'eau connectés à la même ressource à des endroits différents, les eaux captées au niveau de ces points étant généralement mélangées en amont ou en aval du ou des dispositifs de comptage (compteurs d'eau), contribuant à l'obtention du volume global prélevé sur la ressource, ceci à l'échelle de l'ouvrage de prélèvement. Les eaux captées par chacun de ces points proviennent obligatoirement de la même ressource."

Cette terminologie sera celle utilisée dans le présent document.

Au travers des documents fournis, nous avons identifié 120 points de prélèvement différents desservant la Métropole en eau potable. Ces 120 points de prélèvement ne sont pas tous différenciés par l'ARS, certains étant regroupés car leurs eaux sont rassemblées dans un seul collecteur. L'ARS considère ainsi 103 captages. Deux captages (AILLOUDS et FONTAINE GALANTE) n'ont pas de code ARS, donc n'existent pas en tant que tel pour l'ARS. Quinze points de prélèvement ne sont pas différenciés individuellement en tant que captage. GAM a indépendamment fait réaliser un recensement bibliographique des points de captage individualisés. Ont ainsi été recensés 127 points de captage actifs, 4 points en secours (Prélenfrey – Chatelard, Sagnes, Guthins Secours et Boulaise) et 2 points en projet (Petit Amieux – Projet et Maubourg Piézomètre), soit un total de 133 points de captages individualisés. Ce recensement ayant eu lieu durant la finalisation de notre étude, ses résultats n'ont pu être pris en compte.

Sur les 120 points de prélèvement pris en compte dans notre étude, 99 correspondent à des sources (ressources des coteaux) et 21 à des forages et puits (dont 5 ouvrages à Rochefort, 3 ouvrages à Pré Grivel, 6 ouvrages à Jouchy).

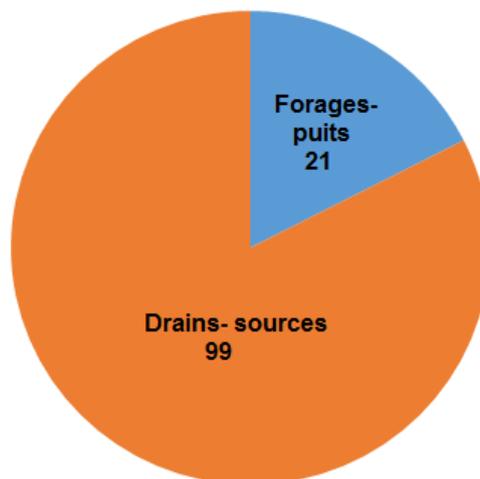


Figure 1 : Nombre de points de prélèvement de type sources et drains ou puits et forages

De ces 120 points de prélèvement, 69 sont gérés par la Métropole, 26 par la SPL (Société publique locale), 17 sont en délégation de service public par la SAUR, 6 sont gérés par des ASA (Associations syndicales autorisées d'irrigants) et 2 par EDF.

Les UDI sont les unités de distribution d'eau potable (réseaux d'eau potable, réservoirs) telles que référencées et utilisées par l'ARS (Agence Régionale de Santé). Les UDI correspondent pour l'ARS à des secteurs où l'eau distribuée est homogène. Ces UDI seront réévalués par GAM avec l'ARS dans le cadre du schéma directeur.

Les captages alimentent sept secteurs EP (eau potable) distincts, comportant chacun entre 8 et 28 captages (Figure 2).

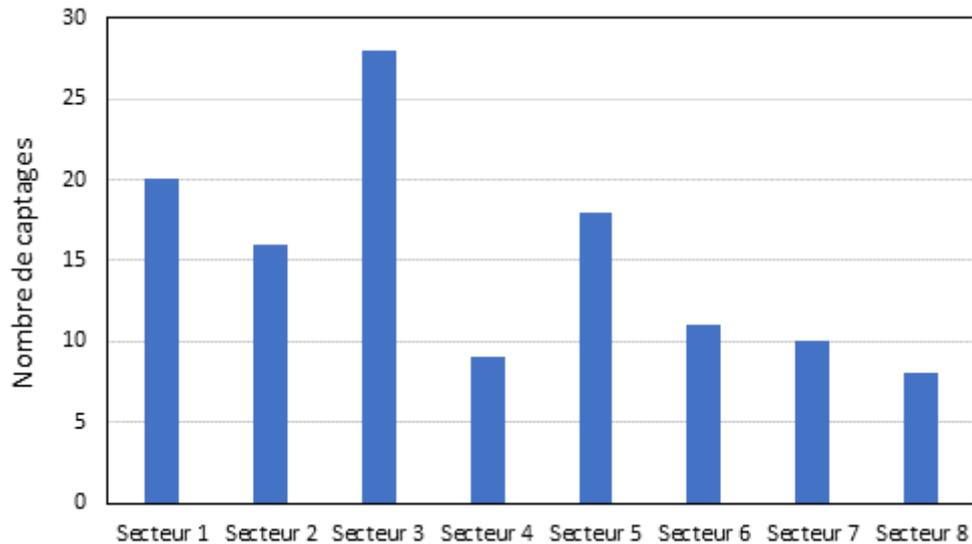


Figure 2 : Nombre de captages par secteur Eau Potable (EP)

1.3 Objectifs

Les enjeux de cette étude, qui alimentera la réflexion sur le schéma directeur eau potable, sont les suivants :

- Enjeu principal → protection des ressources en eau à long terme ;
- Enjeu à court terme → orienter le travail de la Métropole en fonction du degré de vulnérabilité des différentes ressources en eau (en particulier pour les ressources des coteaux qui disposent de moins d'éléments) en attendant que la réflexion d'ensemble sur le schéma directeur eau potable soit achevée.

Les objectifs de ce travail sont ainsi les suivants :

1. Faire une synthèse homogène de la connaissance existante sur les ressources en eau de la Métropole et identifier les informations complémentaires à rechercher ;
2. Evaluer le degré de vulnérabilité de chacune des ressources ;
3. Identifier les premières mesures de court terme à engager au niveau des ressources et ses périmètres, et les pistes de travail à moyen-long terme pour réduire leur vulnérabilité ;
4. Evaluer le coût (esquisse) et les délais de mise en œuvre de ces mesures ;
5. Hiérarchiser les priorités de travail en termes d'enjeux et en termes géographiques ;
6. Alimenter la réflexion globale du schéma directeur sur la sensibilité des ressources en eau disponibles.

La mission confiée exclue le diagnostic physique des ouvrages (état du bâti, étanchéité, dispositif de dérivation des eaux de ruissellement, entretien de la végétation, présence et état d'une clôture, traitement de l'eau, etc.) Ces aspects n'y sont abordés que par le biais des entretiens tenus avec les responsables de secteur.

1.4 Méthodologie mise en œuvre pour cette étude

Le diagramme ci-après présente la méthodologie mise en place pour ce projet. Les encadrés rouges correspondent aux activités de synthèse bibliographique et documentaire des connaissances. Les encadrés noirs correspondent aux activités de calcul, cartographie et évaluation mises en œuvre.

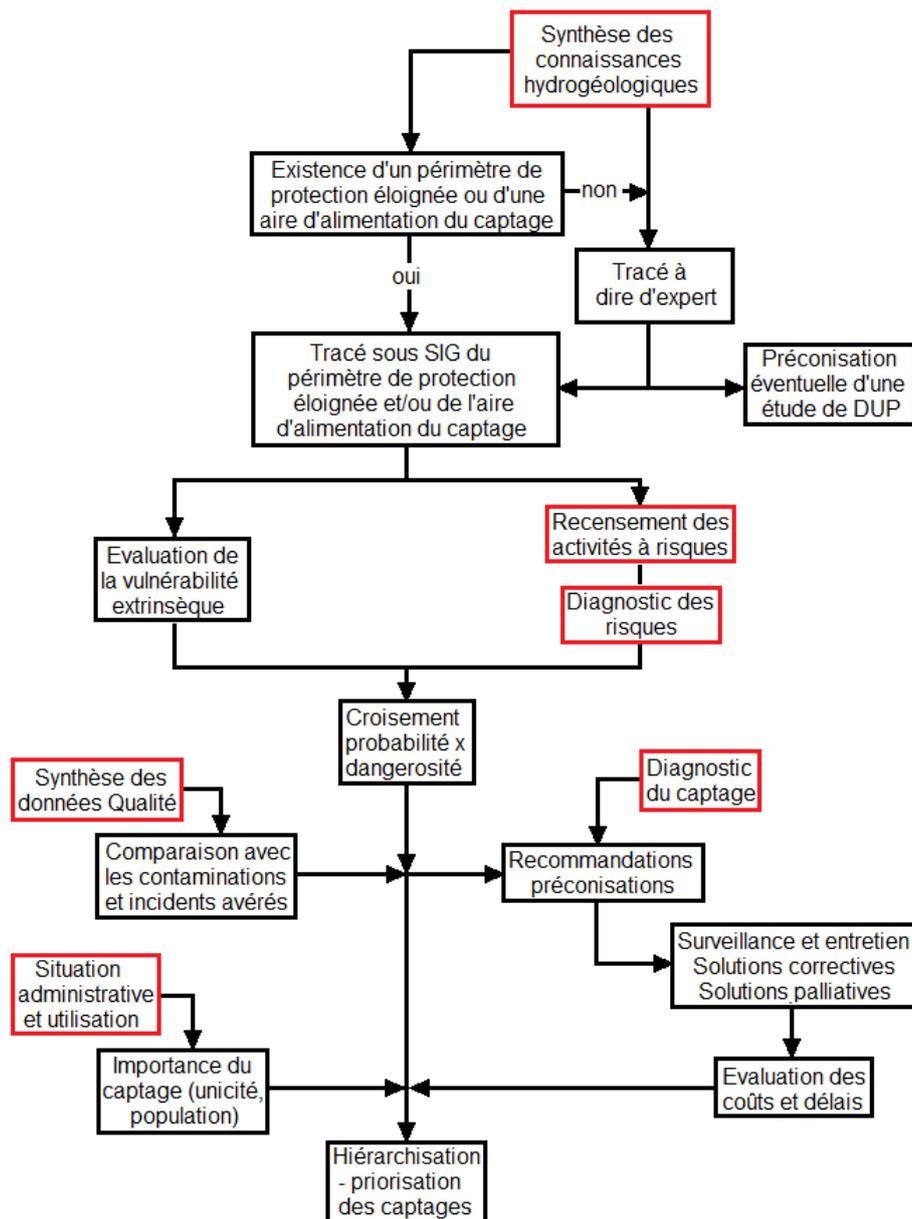


Figure 3 : Organisation de l'étude

Outre les résultats de la synthèse bibliographique et documentaire des connaissances et des calculs, les principaux extrants finaux de cette méthodologie, sont :

- Préconisations d'actions à mettre en place (surveillance, solutions correctives, solutions palliatives, études complémentaires) ;
- Hiérarchisation des captages et priorisation des interventions à mettre en œuvre.

1.5 Structure et contenu du rapport

Le présent rapport constitue le compte rendu du travail effectué dans le cadre de cette étude. Il s'accompagne d'un certain nombre de documents et fichiers le complétant :

- Atlas cartographique ;
- Base de données sur tableur ;
- Couches SIG ;
- Fiches synthèses par captage ;
- Fiches synthèses par système hydrogéologique ;
- Outil d'aide à la hiérarchisation des captages sur tableur.

Le présent rapport est articulé selon l'organisation suivante.

Grandes phases de l'étude	Chapitres correspondants
Partie 1 : Description des ressources	2. Typologie des aquifères de la zone d'étude
	3. Contexte hydrogéologique local des captages
	4. Qualité des eaux brutes et distribuées
	5. Situation administrative des captages
Partie 2 : Vulnérabilité des ressources et hiérarchisation des captages	6. Analyse de la vulnérabilité intrinsèque des aires d'alimentation
	7. Analyse de la vulnérabilité extrinsèque des aires d'alimentation
	8. Croisement des vulnérabilités intrinsèques, extrinsèques et avérées
	9. Hiérarchisation des captages
Partie 3 : Diagnostic de l'existant et proposition d'actions	10. Réduction de la vulnérabilité
	11. Estimation financière des préconisations

PARTIE 1 – DESCRIPTION DES RESSOURCES

Résumé

Cette première partie de l'étude présente la typologie des aquifères de la zone d'étude, le contexte hydrogéologique local des captages, la qualité des eaux brutes (à la source) et distribuées (au robinet) et la situation administrative des captages (périmètres de protection).

Quatre grands types d'aquifère sont présents sur le territoire de la Métropole et exploités pour sa desserte en eau potable : (1) les aquifères alluviaux des grandes vallées alpines, (2) les aquifères alluviaux des petites vallées entaillées sur les versants des massifs et des formations de pente, (3) les aquifères discontinus fissurés et fracturés, et (4) les aquifères discontinus karstiques.

Les captages situés en zone alluviale (Jouchy et Pré Grivel dans la vallée de la Romanche, Rochefort dans la vallée du Drac et Les Mails dans la cluse de l'Isère) sollicitent les nappes d'accompagnement des cours d'eau, qui sont l'origine principale du dépôt des alluvions. L'eau souterraine de ces nappes alluviales est donc en connexion directe ou semi-directe avec le cours d'eau. Conséquemment, les aires d'alimentation de ces nappes et des captages qui les sollicitent correspondent aux bassins versants des cours d'eau. Ces aires sont donc très étendues et les vitesses de transfert d'une pollution peuvent être très rapides. Ce transfert rapide contribue cependant à la dilution de la pollution potentielle. Ceci ne s'applique cependant pas en conditions d'étiage où le débit des cours d'eau est faible, en particulier en comparaison des débits de prélèvement des captages.

Les captages situés sur le versant Ouest du massif de Belledonne, sur des terrains cristallophylliens, sont caractérisés par (1) les caractéristiques du milieu fracturé et fissuré lié aux accidents tectoniques majeurs qui structurent cette partie du massif, (2) la proximité fréquente des faciès sédimentaires du Trias et du Lias conférant une signature chimique particulière aux eaux, (3) les formations quaternaires qui tapissent les nombreux bassins versants recoupés et peuvent constituer une protection naturelle contre la pollution des eaux, et (4) la présence des torrents dans le fond des combes dont les eaux peuvent s'infiltrer très rapidement et induire une vulnérabilité importante. Les captages des parties basses des versants du massif (collines bordières) sont quant à eux dépendants de liens similaires, mais s'appliquant essentiellement aux terrains sédimentaires.

Les sources captées issue du massif du Vercors dépendent directement de la fracturation qui affecte ce massif et connecte les eaux souterraines contenues dans les fissures, les fractures et les réseaux karstiques des calcaires du Tithonique et de l'Urgonien. Ces captages sont ainsi conditionnés par (1) les deux horizons aquifères très karstifiés du Tithonique et de l'Urgonien, (2) les structures géologiques (plissements des barres calcaires, fractures et fissurés liées aux accidents tectoniques régionaux), et (3) les formations quaternaires qui tapissent les bassins versants.

Les sources captées issues du massif de la Chartreuse dépendent elles-aussi de façon directe de la fracturation qui connecte les ressources en eau souterraine aux fissures, fractures et réseaux karstiques affectant les calcaires de l'Urgonien et du Sénonien. Les captages de cette zone sont ainsi dépendants quant à leur productivité et qualité de (1) l'horizon aquifère karstifié de l'Urgonien et du Sénonien, (2) les structures géologiques (plissements des terrains sédimentaires, fractures et fissures) liées aux accidents tectoniques régionaux affectant cet horizon aquifère, (3) les formations molassiques du Tertiaire, et (4) les formations quaternaires tapissant les différents bassins versants.

La qualité des eaux brutes et distribuées a pu être caractérisée et discutée à l'aide des données de qualité disponibles. Malheureusement, tous les captages et tous les paramètres de qualité ne sont

pas connus avec le même historique, la même fréquence d'analyse et la même densité d'information. Les captages les mieux renseignés sont les grands champs captants de Rochefort, Jouchy et Pré Grivel. Les captages les moins bien renseignés sont ceux des coteaux desservant des petites populations et les captages privés (utilisés pour partie par la Métropole). Conséquemment, il est difficile d'intercomparer la qualité des différents captages.

De façon globale, la qualité chimique des eaux est très bonne. Quelques ressources présentent une eau légèrement agressive (eau trop douce des massifs cristallins et cristalloyphyliens, quelques autres une eau incrustante (eau trop dure des roches calcaires). Quelques captages présentant des concentrations en sulfates (d'origine naturelle reliée au gypse) supérieures à la valeur recommandée. Les concentrations de nitrates sont faibles à très faibles, dénotant pour la moitié des ressources une absence de toute contamination azotée, et pour l'autre moitié une faible contribution des activités anthropiques. Les analyses ne montrent presque aucune présence de pesticides.

Les eaux brutes (avant traitement) des ressources des coteaux montrent pour la plupart des dépassements réguliers des critères microbiologiques. Le traitement de ces eaux (au chlore ou par UV) permet la desserte d'une eau montrant très peu de dépassement. Cette présence d'organismes pathogènes dans les eaux brutes confirme la vulnérabilité des ressources et la connexion rapide entre les eaux superficielles et la ressource souterraine. La réactivité des eaux souterraines aux orages est confirmée par une turbidité parfois marquée durant ces périodes.

Les grands champs captants fournissent une eau que l'on peut qualifier d'excellente qualité. Il est cependant à noter que ces champs captants ont montré tour à tour la présence de contaminants d'origine anthropique à des concentrations très faibles (très en dessous des normes recommandées pour la distribution d'eau potable), mais indiquant la possible vulnérabilité de ces ressources aux activités urbaines et industrielles voisines.

Concernant la situation administrative des captages, on se doit de remarquer que de nombreux captages ne bénéficient pas encore de DUP définissant les périmètres de protection des captages et les servitudes qui s'y appliquent. Il est à noter que la plupart de ces DUP sont en cours de réalisation. Pour les captages bénéficiant de DUP, la plupart sont très anciennes et ne reflètent pas ou plus les préoccupations actuelles. Depuis lors, l'urbanisation et le développement des stations de ski ont modifié l'environnement immédiat ou éloigné des captages.

Les périmètres de protection rapprochée (qui sont les périmètres faisant l'objet de servitudes) semblent parfois trop petits considérant la nature fracturée – karstifiée de nombreuses ressources exploitées et la connexion rapide avec les eaux superficielles. Conséquemment, même lorsque des servitudes pertinentes sont préconisées et mises en œuvre, le territoire concerné pourrait être trop limité en regard des pressions qui s'y exercent.

En résumé, et concernant les ressources des coteaux, les captages des sources issues des massifs de La Chartreuse, de Belledonne et du Vercors sont caractérisés par une circulation des eaux dans des formations à dominante carbonatée (calcaire ou dolomitique), plus ou moins fracturées et karstifiées. Ce mode de circulation permet des vitesses d'écoulement des eaux parfois très rapides favorisant lors des périodes de pluies des débits forts accompagnés de problèmes de turbidité ou de contamination microbiologique. A l'opposé, lors des périodes d'étiage, les débits des sources peuvent diminuer drastiquement, voire devenir insuffisants en regard des besoins d'alimentation de la population. Les périmètres de protection actuellement délimités paraissent pour beaucoup sous-dimensionnés et inadaptes au contexte hydrogéologique d'émergence des sources.

Concernant les grands champs captants, leur alimentation est en grande partie conditionnée par les cours d'eau qu'ils sollicitent, tant en quantité qu'en qualité. Jusqu'à présent, la qualité des eaux de

ces champs captants est excellente, mais une pollution marquée prenant place dans les cours d'eau concernés pourrait altérer de façon importante, voire durable, la qualité des eaux captées. Les périmètres de protection actuellement délimités paraissent sous-dimensionnés en regard du mode d'alimentation de ces champs captants et de l'occupation du territoire concerné.

Les aspects concernant la vulnérabilité des ressources et de la présence des pressions sur le territoire font l'objet de la seconde partie de l'étude.

2. TYPOLOGIE DES AQUIFERES DE LA ZONE D'ETUDE

Un glossaire définissant les termes techniques utilisés dans ce rapport est fourni en annexe.
Le lecteur pourra s'y référer au besoin.

Le contexte géologique et hydrogéologique des captages a été analysé au moyen des rapports, études, informations et données disponibles et des bases de données nationales, afin de circonscrire et de caractériser le contexte aquifère alimentant chacune des sources captées ou forage en activité.

Dans un premier temps, l'approche géologique et hydrogéologique du bassin versant souterrain permettant de définir l'aire d'alimentation du captage (AAC) a été abordée en considérant les trois types d'aquifères définis dans les guides méthodologiques de détermination des AAC et leur vulnérabilité :

- aquifères continus,
- aquifères discontinus fissurés-fracturés,
- aquifères discontinus karstiques.

La principale difficulté de cet exercice dans le contexte de la région grenobloise (Grenoble Alpes Métropole) est que dans la plupart des cas un captage relève non pas d'un seul type d'aquifère mais de deux ou trois types d'aquifères. Le plus souvent un captage dépend en effet pour partie d'un réseau fracturé affectant ou non des calcaires karstifiés et pour partie de formations quaternaires associées.

Dans cette étude, l'appréciation de la prépondérance d'un type donné sur l'autre dépend de l'état des connaissances hydrogéologiques disponibles. Pour juger par exemple si une formation quaternaire est le réservoir le plus déterminant dans le débit d'alimentation du captage, une appréciation « à dires d'expert » a été faite à partir des documents, cartes et rapports pour juger de l'apport d'eau sous-jacent issu du milieu fissuré-fracturé et/ou karstique.

Dans un second temps, tous les captages ont fait l'objet d'une analyse plus fine permettant d'en proposer un fonctionnement hydrogéologique et un classement typologique, avec lorsque cela est possible et pertinent le rattachement de plusieurs captages à un aquifère donné.

Tous les aquifères et leurs captages ont été replacés dans leur contexte géologique et géographique décliné selon les quatre grandes entités géologiques et hydrogéologiques (en cohérence avec les masses d'eau) qui caractérisent l'environnement naturel de l'agglomération grenobloise à savoir :

- les vallées alluviales alpines de l'Isère, du Drac et de la Romanche,
- le versant ouest du massif de Belledonne et ses « collines bordières »,
- le massif du Vercors,
- le massif de la Chartreuse.

Un fichier « Descriptif Classement 3 types d'aquifères Grenoble » a été constitué afin de préciser la localisation et le classement hydrogéologique immédiat de chaque captage. La Figure 4 présente la répartition des captages.

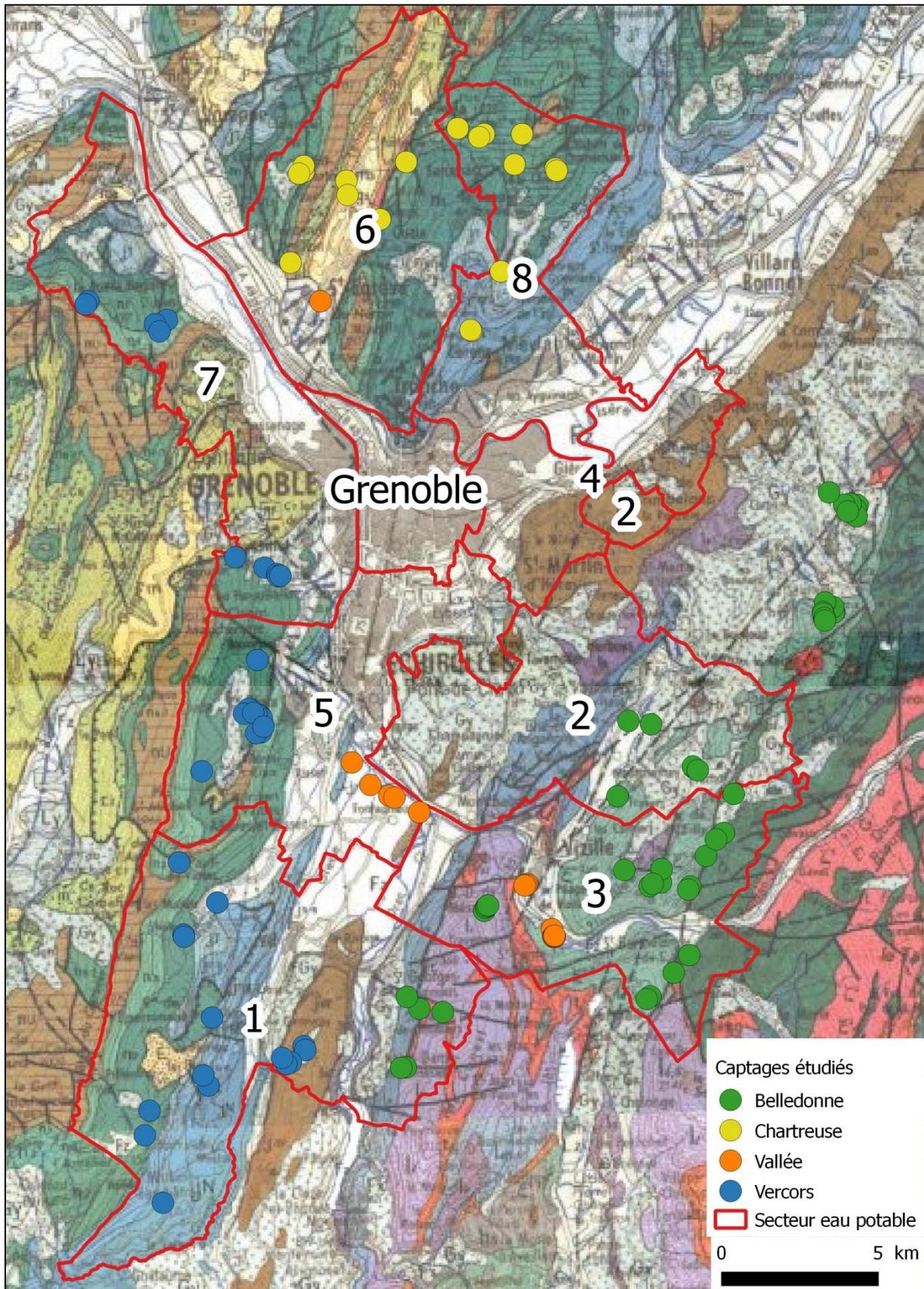


Figure 4 : Localisation des captages sur fond de carte géologique au 1/250.000

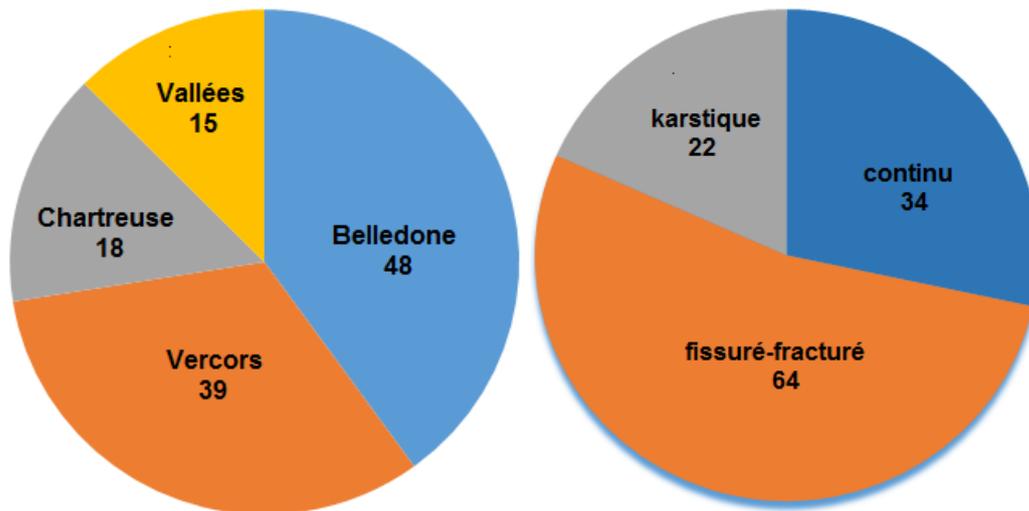


Figure 5 : Répartition spatiale et géologique des captages

2.1. Aquifères continus

2.1.1. Aquifères continus des grandes vallées alluviales alpines

Les vallées du Drac, de la Romanche et de l'Isère correspondent à des dépressions tectoniques approfondies et modelées par les grands glaciers du Quaternaire. Elles sont constituées par un remplissage alluvial comblant les importantes entailles qui limitent les massifs calcaires du Vercors et de la Chartreuse avec le massif de Belledonne.

L'épaisseur totale de ces alluvions est conditionnée par le toit du substratum sous-jacent (bed-rock) considéré imperméable, par les bordures et par leurs zones d'apport. Les épaisseurs varient de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres.

Compte tenu des variations considérables d'épaisseurs de matériaux et selon le site, on peut rencontrer les coupes géologiques types suivantes :

- **sur l'Isère**
3 à 8 m de limons argileux
10 à 20 m de sables fins
- **sur le Drac**
3 à 4 m de limons de couverture
30 à 40 m de graviers grossiers
une très grande épaisseur de sédiments meubles de nature variée
- **sur la Romanche**
1 à 5 m de limons
10 à 25 m de galets et graviers très grossiers
50 à 70 m de sables grossiers perméables

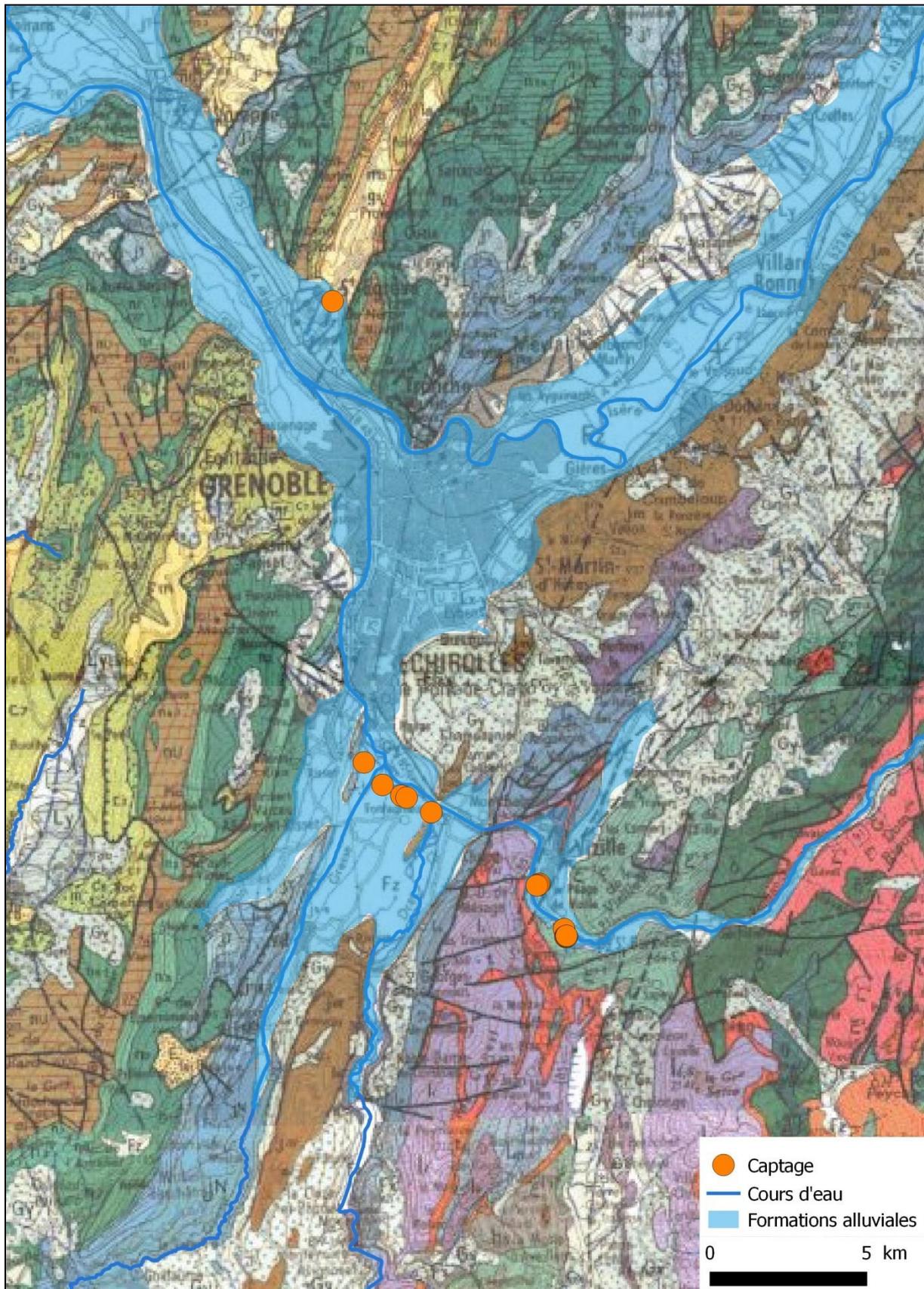


Figure 6 : Captages des aquifères continus des vallées alpines de la région grenobloise

Sur le plan hydrogéologique, les réservoirs naturels des aquifères se sont formés par l'accumulation de sédiments fluviatiles de granulométrie variable selon le lieu. L'écoulement de la nappe se fait globalement dans le sens de la vallée, avec une alimentation par le cours d'eau (Isère, Drac ou Romanche) et un parcours globalement parallèle au cours d'eau. Dans le détail, l'écoulement est fonction des paléo-chenaux ou d'un drainage par le cours d'eau à l'approche de zones particulières (verrou, resserrement, élargissement).

Les fluctuations piézométriques annuelles et interannuelles sont faibles par rapport à l'épaisseur de l'aquifère, généralement de l'ordre de 1 à 2 m. La profondeur de la nappe varie entre 2 et 5 m.

Corrélés à la nature des alluvions aquifères des dépôts, la perméabilité des réservoirs naturels varie fortement selon les sites de captage. Si les transmissivités élevées des alluvions les rendent bien exploitables, on retiendra la dépendance relative avec les eaux de surface susceptibles de les dégrader qualitativement, ce qui survient en particulier dans les secteurs présentant une couverture limoneuse absente ou discontinue.

Les ordres de grandeur des couches les plus perméables sont :

- sur l'Isère de 10^{-3} à $4 \cdot 10^{-3}$ m/s,
- sur la Romanche de $8 \cdot 10^{-3}$ à 10^{-2} m/s,
- sur le Drac de $5 \cdot 10^{-3}$ à 10^{-2} m/s.

Ces valeurs relativement fortes de perméabilité, associées à des épaisseurs mouillées d'aquifère comprise entre 10 et 30 m, donnent un potentiel hydrogéologique très conséquent. Ce potentiel est la plupart du temps soutenu par les apports souterrains du cours d'eau.

De part et d'autre de ces importantes vallées, des cônes de déjection ou de petites vallées obliques avec l'axe de la vallée principale autorisent hydrogéologiquement des mélanges d'eau souterraine pouvant accroître la vulnérabilité du captage situé en domaine alluvial.

2.1.2. Aquifères continus des vallées entaillées sur les versants des massifs

Des vallées perchées, entaillées dans le substratum calcaire ou cristallophyllien et comblées par des formations d'éboulis, d'alluvions, de dépôts fluvio-glaciaires et de moraines, peuvent présenter un potentiel aquifère notable (exploité à l'émergence de sources de moyenne ou haute altitude).

Ces petits aquifères continus se trouvent généralement en banquette le long des flancs du Massif de Belledonne ou en remplissage des nombreuses dépressions qui marquent les massifs de la Chartreuse et du Vercors.

Les matériaux inventoriés dans ces formations sont très variables selon les secteurs :

- sables fins,
- sables plus ou moins argileux à blocs (anciennes moraines latérales de la vallée de l'Isère - Grésivaudan),
- sables et graviers à intercalations de niveaux tourbeux.

Sur le plan hydrogéologique, si les faciès les plus argileux (moraines) ne constituent pas des aquifères exploitables, la variabilité des faciès (sables, graviers, ...) autorise l'existence d'un potentiel important dans les dépôts alluvionnaires comme le montre le nombre important de captages exploités pour l'eau potable.

Cependant, dans bien des cas (si ce n'est dans leur majorité), l'aquifère rattaché au captage révèle un potentiel pérenne supérieur à la simple recharge issue des formations quaternaires. Il est alors logique d'envisager une connexion des terrains aquifères de ces vallées à des formations latérales responsables d'apport en eau. Ces zones d'apport latérales peuvent être fissurées et fracturées, voire karstifiées.

Ces nappes, souvent difficiles à classer en l'absence de données plus précises, ont des exutoires aménagés (captages) plus ou moins bien protégés. Ces captages alimentent les besoins de communes plus ou moins importantes.

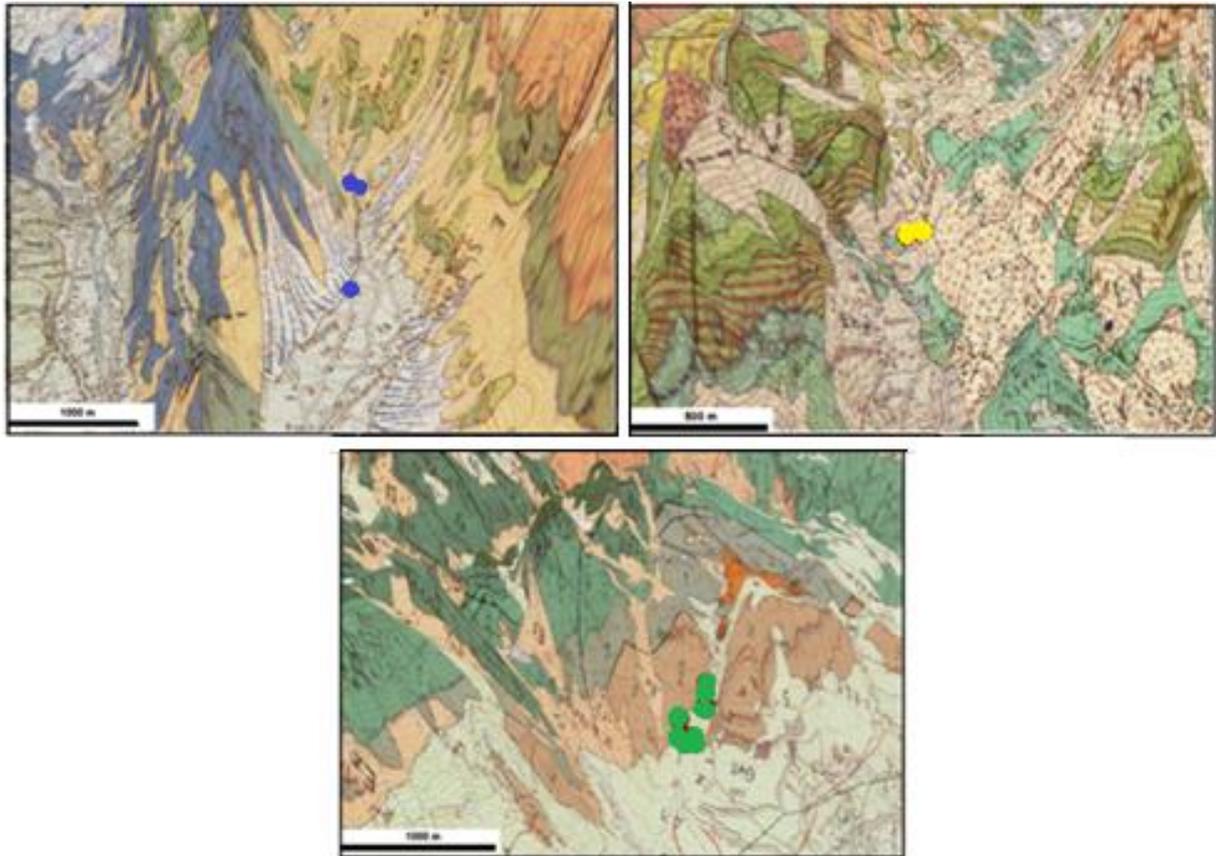


Figure 7 : Captages des aquifères continus des petites vallées alpines de la région grenobloise (Maubourg Piézomètre en haut à gauche, Croz en haut à droite et Fontfroide en bas)

2.1.3. Aquifères continus des formations de pente

Les formations de pente sont essentiellement constituées par des cônes d'éboulis plus ou moins stabilisés et des cônes de déjection liés à des torrents anciens ou récents descendant des pentes des massifs. Ces formations constituent de petits aquifères composés de blocs de taille très variables emballés dans une matrice graveleuse, sableuse et/ou argileuse. Les faciès graveleux et sableux forment assez souvent des lentilles à potentiel conséquent surtout quand ils sont alimentés par les pertes du torrent.

Sur le plan hydrogéologique, l'infiltration des pluies en amont et au droit des éboulis complètent généralement l'apport de résurgences sous-jacentes masquées. Les zones de contact entre formations de pente et alluvions des vallées alpines sont le siège d'échanges plus ou moins importants. Ces échanges s'ils sont peu quantifiables peuvent dégrader la qualité des eaux souterraines captées.

Les ressources en eau souterraine dans ces formations révèlent un potentiel pérenne supérieur à l'estimation faite à partir de l'emprise de la formation elle-même. Dans la mesure où ces ressources sont soutenues par des apports sous-jacents conséquents, la vulnérabilité doit s'étendre au-delà de la délimitation de la zone d'éboulis (cône, ...). Les connexions entre ces formations de pente et des zones d'apport latérales ou sous-jacentes fissurées-fracturées, voire karstifiées, sont là encore à envisager. Elles ne pourront cependant être confirmées que sur la base d'études complémentaires afin de compléter les constats réalisés.

Ces nappes, toujours difficiles à classer de façon générale, ont des exutoires aménagés (captages) plus ou moins bien protégés. Ces captages alimentent les besoins de communes plus ou moins importantes.

2.2. Aquifères discontinus fissurés

Quelles que soient les formations (terrains calcaires, marno-calcaires, ou cristallins), toutes les formations de la région grenobloise sont fortement affectées par les déformations souples (plis) et/ou cassantes (fractures). Ces déformations qui s'observent à différentes échelles peuvent très souvent connecter plusieurs formations aquifères ou plusieurs ensembles de formations.

Les roches peuvent être fissurées-fracturées et constituer un aquifère fracturé localisé au sein de la (ou des) formation(s), ou mettre en contact des milieux divers et variés pouvant correspondre à différents types d'aquifère. C'est l'extension des formations géologiques connectées par une discontinuité structurale (faille par exemple) qui va délimiter et conditionner le système aquifère du captage. L'infiltration le long des zones fracturées ou fissurées connectées seront des zones d'alimentation préférentielle ainsi que des zones de circulation notable. Les écoulements pourront alors s'interconnecter et s'additionner.

Les écoulements dans les formations fissurées peuvent avoir une couverture protectrice (moraines glaciaires par exemple) conditionnant peu ou prou la quantité mais surtout la qualité des eaux souterraines captées aux résurgences (captages).

Sur le plan hydrogéologique, les milieux discontinus fissurés sont présents dans les formations calcaires, marneuses, cristallines ou métamorphiques des trois massifs de la région grenobloise affectés par de grandes fractures. Ces fractures peuvent ainsi donner naissance à des réseaux de drainage efficaces et étendus.

On y observe souvent des débits d'étiage supérieurs à 10 l/s (36 m³/h). A noter que dans les formations schisteuses et calcaréo-schisteuses les moins perméables, le réseau fracturé ne donne naissance généralement qu'à de sources de débits modestes, inférieurs à 3 l/s (11 m³/h).

La fissuration et la fracturation qui se développent à proximité des axes de faille, d'accidents décrochants ou de discontinuités tectoniques majeures (chevauchements, ...) génèrent des zones propices aux circulations d'eau souterraine.

Les circulations d'eau souterraine selon la composition des formations affectées pourront alors évoluer en zone karstifiée (zone carbonatée) ou en karst conséquent (zone calcaire) occasionnant des cavités naturelles qui seront autant de zones sensibles aux pollutions. Le comportement de la zone fissurée fracturée ou de la zone karstifiée peut être très différent. Il pourra être localement perméable (zone aquifère peu ou prou exploitable avec émergences notables) ou imperméable (zone argileuse bloquant tout ou partie des circulations souterraines). Ces deux cas peuvent se rencontrer le long d'une seule et même faille ou d'un même accident tectonique.

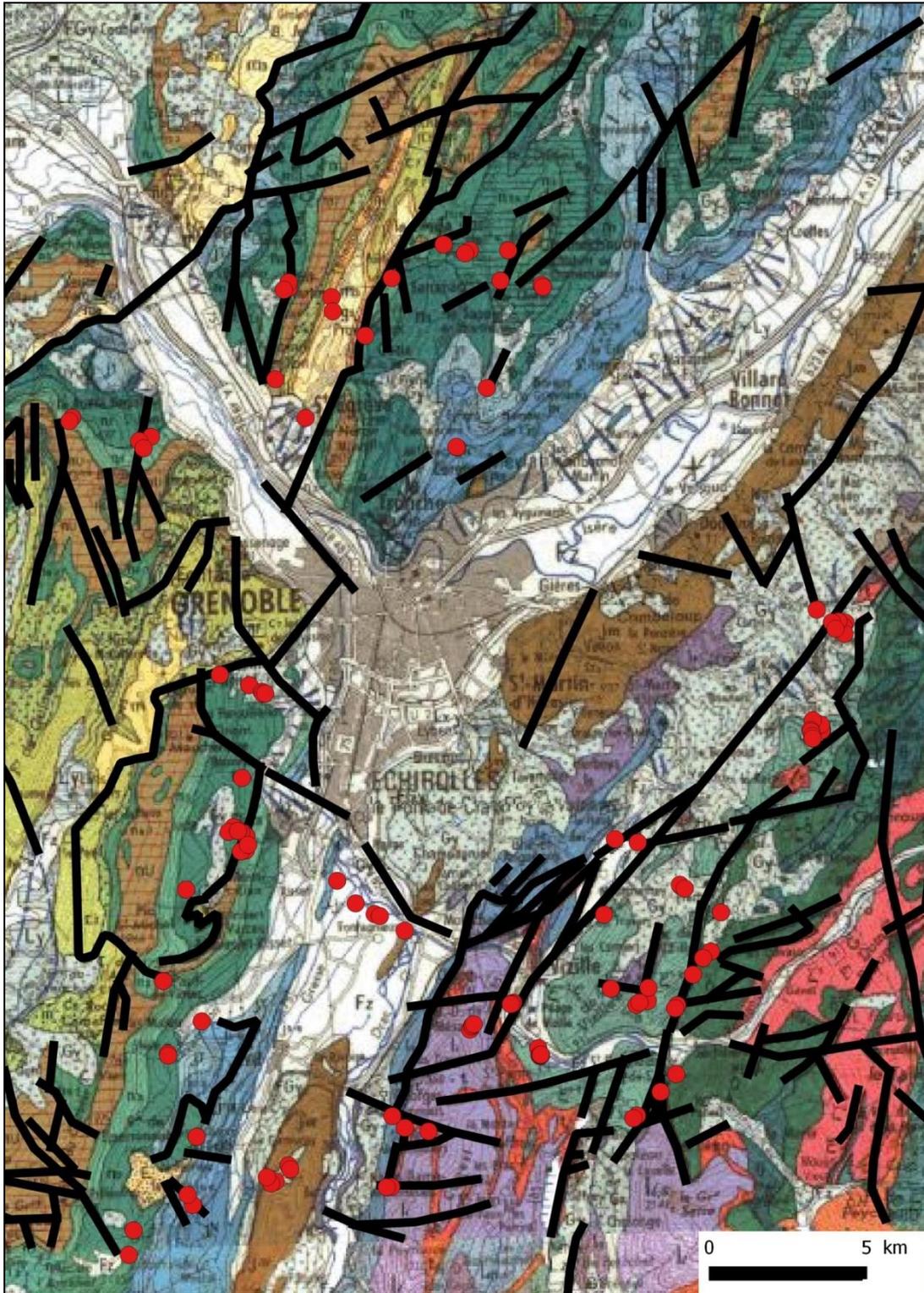


Figure 8 : Fractures majeures affectant les formations aquifères de la région grenobloise

2.3. Aquifères discontinus karstiques

Grâce à leur fracturation, les calcaires compacts des massifs de la Chartreuse et du Vercors ont été soumis à une karstification plus ou moins intense. Cette karstification, guidée et favorisée par les

diverses phases de déformation souple ou cassante, a permis le développement de réseaux souterrains importants drainant les massifs et/ou le pourtour de ces derniers.

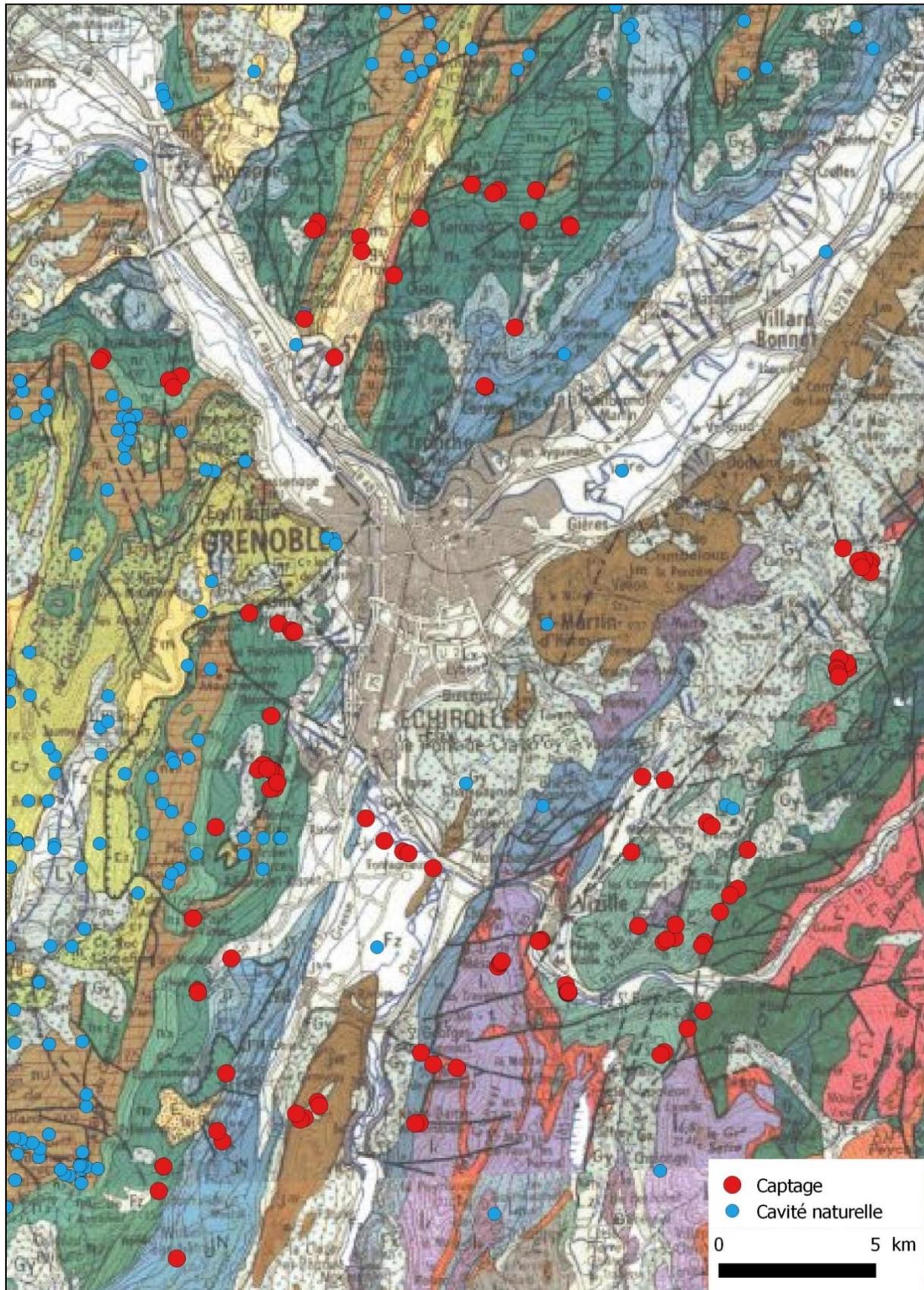


Figure 9 : Distribution des gouffres et cavités naturelles recensées par la BD-Cavité du BRGM (en bleu)

Les sources captées sont la plupart du temps distribuées le long de contacts géologiques structurants (formation imperméable, fracture, zone fissurée, ...). Ces captages, importants et déterminants pour plusieurs collectivités de l'agglomération grenobloise, sont soumis aux aléas climatiques qui impactent de façon plus ou moins marquée les prélèvements (tarissement, turbidité, ...).

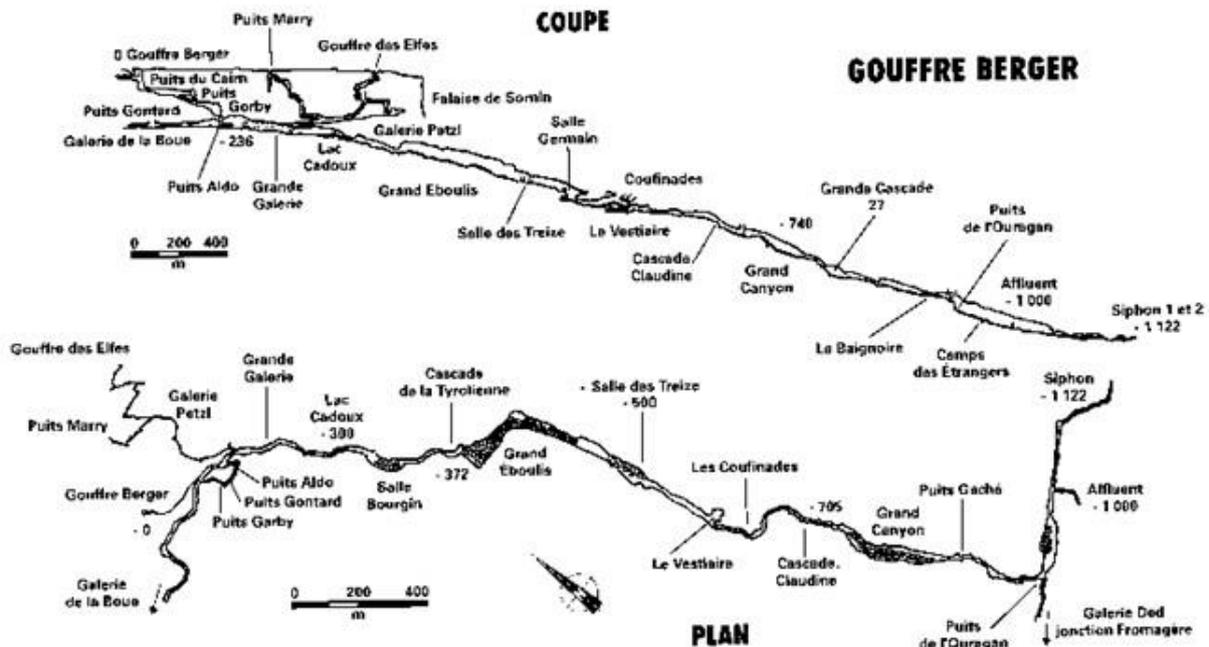


Figure 10 : Exemple du réseau karstique du Gouffre du Berger

2.3.1. Aquifères discontinus karstiques du massif du Vercors

Le Vercors est un massif préalpin (chaînes subalpines septentrionales) constitué d'assises géologiques du Secondaire (Jurassique et Crétacé). Ce massif est déformé en plis réguliers d'orientation NNE-SSO. Dans la région grenobloise, le massif est bordé à l'Est par la vallée du Drac et s'arrête au Nord sur la cluse de l'Isère de Fontaine - Noyarey à Veurey/Voroise (principale limite de la masse d'eau).

La géomorphologie est conforme aux structures. Les anticlinaux forment les crêtes, les synclinaux les vallées. Des dépôts d'âge tertiaire (molasses miocènes) occupent le fond des synclinaux (Engins-Villard-de-Lans, Autrans/Méaudre, synclinal médian, Royans). Les formations quaternaires sont assez peu représentées, à l'exception de quelques témoins de dépôts glaciaires et fluvioglaciers et d'alluvions fluviales laissés par les glaciers locaux au fond de certaines vallées (Bourne, Furon et Gresse).

Sur le plan hydrogéologique, les principaux réservoirs aquifères du Vercors (l'un d'âge Jurassique supérieur et l'autre d'âge Crétacé inférieur) sont constitués par les deux principaux ensembles karstifiés suivants :

- Les calcaires gréseux du Turono-sénonien (ensemble karstifié du Jurassique supérieur), qui se présentent sous forme d'une barre (d'âge Tithonique) litée et riche en silex et se rencontrent sur les rebords du synclinal d'Autrans-Méaudre ainsi que dans la région de la Chapelle-en-Vercors. Leur épaisseur varie de 15 à 350 m. Le niveau de base est constitué par les marnes de l'Albien et de l'Aptien.

- Les calcaires du Barrémien et du Bédoulien (ensemble karstifié du Crétacé inférieur), qui constituent le principal ensemble karstifié du Vercors. Ils sont présents sous deux faciès :
 - le faciès urgonien qui affleure largement sur tout le Vercors septentrional et présente une épaisseur de 300 m environ. Ces calcaires urgoniens reposent sur les marno-calcaires hauteriviens peu perméables et sur les marnes valanginiennes qui en constituent le niveau de base ;
 - le faciès bioclastique affleurant sur la partie Sud-Est et Est du plateau qui est moins karstifié.

Ces deux ensembles de calcaire karstifié peuvent être en continuité hydraulique.

2.3.2. Aquifères discontinus karstiques du massif de la Chartreuse

Le massif de la Chartreuse appartient aussi aux chaînes subalpines septentrionales (massif préalpin). Dans la région grenobloise, le massif est bordé à l'Est par le Grésivaudan (vallée de l'Isère) et s'arrête au Sud sur la cluse de Voreppe-Grenoble (limite de masse d'eau).

Les terrains qui structurent le massif appartiennent à la couverture secondaire formée de faciès marno-calcaires et calcaires d'âge Jurassique et Crétacé. Des terrains molassiques d'âge tertiaire complètent la série stratigraphique. Cette série sédimentaire comporte des formations calcaires propices au développement de systèmes aquifères de type fissuré et/ou karstique.

La Chartreuse est formée de terrains sédimentaires plissés d'axe de plissement NNE - SSO. La partie orientale du massif se caractérise par des reliefs inversés (présence de synclinaux calcaires perchés). En Chartreuse centrale, la structure du massif est très redressée avec une allure en volets isoclinaux compliquée par la présence de fractures décrochantes qui amènent parfois la mise en contact des différents compartiments aquifères.

Sur le plan hydrogéologique, les principaux réservoirs sont constitués par les calcaires du Jurassique supérieur et les calcaires du Crétacé inférieur (faciès urgonien du Valanginien, "calcaires du Fontanil").

L'aquifère inférieur se localise dans les calcaires du Tithonique (Jurassique supérieur) dont l'épaisseur est de 250 m environ. Constitué de calcaires en gros bancs, ils affleurent largement dans le secteur de la Scia et à l'Ouest du Couvent de la Grande Chartreuse. Cet ensemble est plus faiblement fissuré et la karstification y est plus discrète. Il serait apparemment assez peu aquifère en Chartreuse.

L'aquifère supérieur se localise quant à lui dans les calcaires de l'Urgonien et du Valanginien (Crétacé inférieur). Les calcaires urgoniens constituent un faciès homogène continu sur 200 et 300 m d'épaisseur. Affleurant sur une grande surface, ils sont très fortement karstifiés et constituent le principal aquifère de la masse d'eau.

Les calcaires du Valanginien, d'épaisseur réduite, présentent des inter-bancs marneux et sont plus ou moins aquifères selon les secteurs. Ils ne sont intensément fracturés (voir karstifiés) que dans le secteur de la Grande Sure à l'ouest du massif. Quand le contexte structural le permet, les circulations d'eau issues des calcaires urgoniens peuvent être connectées avec les formations valanginiennes sous-jacentes.

Dans la série crétacée, les calcaires du Sénonien peuvent être également aquifères, mais leurs caractéristiques et les superficies en jeu font que les circulations les drainant sont peu importantes.

Enfin les dépôts tertiaires (molasses) et quaternaires (tabliers d'éboulis, remplissage fluvioglaciaire des vallées) forment aussi des aquifères de surface mais souvent en relation direct avec les systèmes karstiques dont ils drainent les résurgences.

La fracturation et l'érosion du massif ont conduit à la création de compartiments karstiques de faible extension et à des bassins versants hydrogéologiques le plus souvent indépendants les uns des autres. Une quarantaine de réseaux karstiques dont la superficie varie d'un à une dizaine de km² existent dans le massif.

3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE LOCAL DES CAPTAGES

Note préliminaire au chapitre

Les débits utilisés pour apprécier le contexte hydrogéologique de chaque émergence (source) et leur aire probable d'alimentation (APAC) ont été collectés dans les divers rapports hydrogéologiques élaborés par les hydrogéologues agréés et autres professionnels de l'eau. Ces débits souvent anciens (les plus datent des années 1960 - 1970) sont assez représentatifs de l'écoulement d'origine et généralement à l'étiage. Ils ont été comparés autant que faire se peut à ceux fournis par les responsables des secteurs GAM de desserte AEP dans le questionnaire qui leur a été envoyé (Janvier 2017). Au final, un peu moins des 2/3 des captages possèdent un débit. Outre le fait de compléter les débits manquants, une grande partie des mesures relevées devrait être actualisée et faire l'objet d'un suivi spécifique.

Les capacités des captages issus de forage sont quant à elles évaluées à partir des pompes installées.

3.1. Captages des grandes vallées alluviales alpines

3.1.1. Champs captants de Jouchy et Pré Grivel – Vallée de la Romanche

D'importants champs captants (Jouchy et Pré Grivel) permettant l'alimentation en eau potable de l'agglomération grenobloise (plus de 220 000 habitants) ont été établis sur les communes de Vizille, Saint-Pierre-de-Mésage et Saint-Barthélémy-de-Séchilienne, en bordure de la Romanche. Les aquifères captés sont constitués par des alluvions quaternaires fluvio-glaciaires très perméables, déposées par la Romanche depuis plusieurs millénaires au sein de cette vallée d'origine glaciaire. Au niveau des captages, l'épaisseur des alluvions est d'environ 100 m, composées de sables, de graviers et de galets très perméables.

Le champ captant de Jouchy est composé de deux captages. Le puits de Jouchy II (env. 800 l/s) fait 34 m de profondeur et est constitué de deux rangées de drains horizontaux installés à environ 30 m de profondeur et d'une longueur totale cumulée de 284 m. Le captage de Jouchy III (env. 500 l/s) est composé de cinq forages de 31 m de profondeur crépinés de façon classique entre 16 et 31 m de profondeur.

Le champ captant de Pré Grivel est composé de trois puits, dont deux puits de 3 m de diamètre et 20 m de profondeur équipés de barbacanes sur leur moitié inférieure, et un troisième ouvrage ayant une colonne captante de 1 m de diamètre et 17 m de profondeur. Au droit du champ captant, le lit de la Romanche serait assez fortement colmaté, déconnectant de la sorte les écoulements superficiels et souterrains.

La nappe alluviale de la basse vallée de la Romanche présente un fonctionnement étroitement lié à la Romanche et aux différentes conditions d'exploitation de la nappe. Les échanges nappe - Romanche sont prépondérants dans le bilan de la nappe et régissent par conséquent les niveaux piézométriques. Les apports de la Romanche à la nappe, qu'ils soient naturels ou induits par les pompages, sont sujets à de fortes variations spatiales et temporelles liées :

- aux modifications de la charge hydraulique (en niveaux et débits) dans la rivière, ce tronçon étant court-circuité par l'aménagement hydroélectrique EDF de Péage-de-Vizille ;
- au phénomène de colmatage/décolmatage du lit, l'influence de ce dernier étant difficile à déterminer sur les relations d'échanges rivière-nappe.

Dans cette nappe, les vitesses de transfert sont rapides du fait de la forte perméabilité des matériaux (lithologie dominante de graviers, galets et blocs). Compte tenu de la distance assez courte entre la

Romanche et les puits, les temps de filtration de l'eau infiltrée depuis la Romanche jusqu'aux puits, sont relativement courts (quelques jours à dizaines de jours).

Le régime naturel de la Romanche est de type nivo-glaciaire, caractérisé par des hautes eaux au printemps et en été (fonte des neiges) et par des basses eaux en hiver. La variation temporelle et la localisation spatiale des apports entre la Romanche et la nappe captée dépend de la différence des niveaux d'eau entre la Romanche et la nappe et du colmatage intrinsèque du lit de la Romanche qui conditionne l'intensité des échanges Romanche-nappe. A proximité des puits de pompage de Jouchy et Pré Grivel, les cônes de rabattement créés peuvent localement induire un décrochement localisé du niveau de la nappe par rapport à la Romanche.

L'aire d'alimentation des champs captants de Jouchy et de Pré Grivel, et donc le territoire responsable de la qualité des eaux pompées par ces captages, sont donc constitués de tout le bassin versant de la Romanche, et en particulier des parties de territoire mentionnées ci-dessus. La superficie du bassin versant est de 1 120 km² environ depuis la source jusqu'à Jouchy.

La Romanche présente une qualité des eaux physico-chimique considérée très bonne à bonne selon le SEQ-Eau. Les teneurs en MES sont assez importantes et courantes, plus particulièrement lors des épisodes de fin de hautes eaux saisonnières, avec l'apport à la rivière des eaux de fonte glaciaires très chargées en particules minérales fines. Ces fines induisent un colmatage plus ou moins important et plus ou moins durable. La qualité bactériologique de la Romanche en amont de Jouchy est considérée médiocre, traduisant l'impact des rejets des communes situées en amont sur le bassin versant. Les dernières études menées sur ce champ captant ont montré que les temps de filtration entre la Romanche et les puits pourraient être courts (< 50 j) et induire une vulnérabilité locale.

3.1.2. Champ captant de Rochefort – Vallée du Drac

Le champ captant de Rochefort est exploité depuis les années 1960 et fournit actuellement environ 13 Mm³/an. Il exploite la nappe du Drac à l'aval de la confluence Drac- Romanche, en rive gauche du Drac, au Nord des communes de Saint Georges de Commiers et de Varcès. L'eau y est prélevée par cinq ouvrages pour un débit instantané théorique de 8200 m³/h.

Les caractéristiques des cinq ouvrages sont les suivantes

- Puits de Rochefort (PR1) : puits à drains horizontaux, implanté en rive gauche de La Gresse, sur une des trajectoires directes d'écoulement des eaux souterraines passant par la trouée de Reymure, mais avec une influence de la Gresse. Débit de production d'environ 3000 m³/h.
- Puits de Fontagneux (PR2) : puits à drains horizontaux, implanté en rive droite de La Gresse, sur une des trajectoires d'écoulement des eaux souterraines passant par la trouée de Reymure. Débit de production d'environ 2000 m³/h.
- Puits des Mollots (PR4) : puits à drains horizontaux, implanté au Nord-Est du rocher des Mollots, hors de la zone d'influence de la trouée de Reymure. Débit de production d'environ 1800 m³/h.
- PS1 : forage de secours en gros diamètre, implanté sur une des trajectoires d'écoulement des eaux souterraines passant par la trouée de Reymure. Débit de production d'environ 700 m³/h.
- PS2 : puits de secours en gros diamètre, implanté sur une des trajectoires d'écoulement des eaux souterraines passant par la trouée de Reymure. Débit de production d'environ 700 m³/h.

La nappe alluviale du Drac est une nappe libre où l'eau circule dans une couche d'alluvions sablo-graveleuses de 20 à 45 m d'épaisseur, déposées par le Drac et la Gresse. Cette couche d'excellente

L'écoulement souterrain se divise en deux secteurs à partir de l'amont de la trouée de Reymure, en aval du Petit brion. Une partie s'écoule vers le Nord-Ouest à travers la trouée de Reymure et en direction des captages de Rochefort, suivant les anciens passages du Drac. L'autre partie s'écoule de manière parallèle au Drac en direction de la Romanche et du puits des Mollots. Le Drac constitue l'exutoire aval des écoulements souterrains.

Les observations et mesures indiquent de fortes infiltrations depuis le lit du Drac à l'amont de la trouée de Reymure, qui bénéficient aux deux secteurs de captage de Reymure et de Champ sur Drac. Les précipitations n'auraient pas un rôle direct sur l'alimentation de la nappe, ou du moins un rôle limité. En effet le réservoir aquifère est surmonté par une couche de limons argileux qui limiterait les infiltrations sur la plaine.

La nappe reçoit les apports alluviaux souterrains de la vallée du Drac en amont du Petit Brion ainsi que quelques apports en provenance de la Gresse. Il faut toutefois noter qu'en période de fortes eaux, la Gresse joue un rôle d'alimentation un peu plus important. A cette alimentation souterraine (par le Drac et la Gresse), il faut ajouter :

- Les infiltrations à partir du Drac à hauteur de l'usine de Saint Georges de Commiers (entre les reliefs du Conest et du Petit Brion), grâce au débit réservé de 5.5 m³/s (depuis 2015) restitué au pied du barrage de Notre Dame de Commiers.
- Une alimentation secondaire en provenance de la plaine de Vif, beaucoup moins importante que celle de Saint Georges de Commiers.
- Une réalimentation de la nappe réalisée à partir des eaux du canal de fuite de l'usine EDF de Champ II où le débit de 1 à 1,5 m³/s jouerait aussi un rôle de protection de la nappe en formant un barrage hydraulique entre les eaux souterraines et une éventuelle pollution des eaux du Drac (voir section suivante).
- Une alimentation de la nappe par le Drac en rive droite, en aval du Saut du Moine.

Malgré la présence de nombreuses activités industrielles et urbaines dont certaines très anciennes sur l'aire d'alimentation des puits, les micropolluants n'ont quasiment jamais été observés dans la nappe captée en rive gauche. Des études récentes ont cependant montré que du chlorate et du perchlorate a cependant été observé à de manière récurrente sous forme de traces dans les puits du champ captant de Rochefort (voir discussion en section 4.3.4).

Les analyses réalisées sur les eaux captées dans le puits PR4 indiquent une certaine évolution des caractéristiques physico-chimiques, plus marquée sur la mesure de la conductivité, qui pourrait dénoter une influence croissante d'une des origines des eaux captées :

- Influence croissante de la pénétration de l'eau depuis le Nord (retenue du Saut du Moine avec les eaux de la Romanche marquées par les rejets des industries) ;
- Sollicitation plus importante d'une couche aquifère profonde plus fortement minéralisée ;
- Ecoulement plus lent depuis l'amont sous l'effet de la réduction des débits dans le Drac.

En aval de la confluence Drac/Romanche, la limite entre leurs eaux de densités différentes peut se déplacer et s'approcher plus ou moins d'une des deux rives. Les eaux de la Romanche, marquées par les rejets industriels lorsque le turbinage au niveau de l'usine de Pont de Claix est actif, sont normalement reprises en totalité par le canal EDF de Pont de Claix à partir du déversoir latéral du barrage du Saut du Moine (rive droite du Drac). Cependant, ces conditions pourraient éventuellement varier en fonction des débits, même si les constats passés ne l'ont pas montré.

Pour limiter la vulnérabilité des captages, vis-à-vis d'une pollution provenant du Drac à l'aval du Saut-du-Moine, provoquée par la baisse du débit d'alimentation au niveau de la Trouée de Reymure (liée aux aménagements hydroélectriques), une alimentation artificielle de la nappe a été mise en place à

l'aval du champ captant. Une prise d'eau sur le canal de fuite en amont de la confluence avec la Romanche a été dimensionnée pour capter environ 1 m³/s. Ainsi lorsque le débit turbiné est nul, l'eau permet l'alimentation de la barrière hydraulique (environ 0,8 à 1,0 m³/s).

En résumé, les connaissances actuelles indiquent les différents modes suivants pour l'alimentation de la nappe captée :

- l'infiltration des précipitations qui n'auraient qu'un rôle limité du fait de la couche de limons argileux qui limiterait les infiltrations sur la plaine ;
- les apports alluviaux souterrains de la vallée du Drac en amont du Petit Brion ainsi que quelques apports en provenance de la Gresse (ces derniers pouvant être plus importants en période de fortes eaux) ;
- les infiltrations à partir du Drac à hauteur de l'usine de Saint Georges de Commiers (entre les reliefs du Conest et du Petit Brion) à partir d'un débit réservé de 5.5 m³/s restitué au pied du barrage de Notre Dame de Commiers ;
- une alimentation secondaire en provenance de la plaine de Vif, beaucoup moins importante que celle de Saint Georges de Commiers ;
- la réalimentation à partir des eaux du canal de fuite de l'usine EDF de Champ II où le débit de 1 à 1,5 m³/s jouerait aussi un rôle de protection de la nappe en formant un barrage hydraulique entre les eaux souterraines et une éventuelle pollution des eaux du Drac ;
- l'alimentation de la nappe par le Drac en rive droite, en aval du Saut du Moine.

3.1.3. Captage de Les Mails – Cluse de l'Isère

Le captage Les Mails est un forage (d'une profondeur de 40 m) réalisé au droit d'une émergence observée initialement dans les formations quaternaires au droit d'un cône de déjection issu de l'entaille topographique faite par les torrents provenant de Quaix en Chartreuse (torrent de La Vence) et du Gua (torrent du Tenaison). La réalisation d'un forage a permis de passer sous les alluvions attribuées aux éboulis générés par la Chartreuse et d'atteindre les alluvions de la vallée de l'Isère. Le débit important de 330 m³/h est donc soutenu principalement par l'aquifère continu de la vallée de l'Isère.

Les apports d'eau souterraine provenant de la Chartreuse devraient a priori impliquer les molasses tertiaires (cœur du synclinal de Proveyzieux) en contact avec les alluvions de l'Isère au niveau de l'entaille topographique de St Egrève à l'aval de la Montagne du Néron qui marque la rive droite de l'Isère.

La vulnérabilité du captage dépend des écoulements des alluvions de la cluse de l'Isère à l'aval droit de Grenoble, mais aussi de la perméabilité des terrains quaternaires qui forment le cône de déjection à éboulis stabilisés recouvrant les alluvions de la vallée de l'Isère. Les pertes du torrent, très certainement conséquentes, sont à prendre en compte de façon plus large en remontant au-delà de Champy jusqu'au pont proche de la centrale électrique. Et ce d'autant plus que la position de l'entaille topographique coïncide avec un domaine urbanisé toujours à même de modifier les caractéristiques naturelles du cône d'éboulis.

3.1.4. Conclusion sur les captages des vallées alluviales alpines

Les captages situés en zone alluviale sollicitent les nappes d'accompagnement des cours d'eau qui sont par ailleurs à l'origine du dépôt des alluvions. L'eau souterraine de ces nappes alluviales est en connexion directe ou indirecte avec le cours d'eau. Conséquemment, les aires d'alimentation de ces nappes et des captages qui les sollicitent correspondent aux bassins versants des cours d'eau. Ces aires peuvent donc être très étendues et les vitesses de transfert d'une pollution peuvent être très

du complexe ophiolitique à dominante amphibolitique (rameau interne à l'Est), et la faille de Vizille (f.VI) qui limite le socle cristallin anté-hercynien des « collines bordières » du Trias et du Lias.

Ces deux accidents au fonctionnement complexe ont généré des zones plissées et des zones de fissures et failles affectant à la fois le socle et les formations sédimentaires. Un réseau de discontinuité conséquent s'est donc installé permettant l'infiltration, l'accumulation et la circulation d'eau souterraine.

3.2.1. Zone de Séchilienne-Vizille (Massif de Belledonne)

De part et d'autre de Séchilienne, deux vallées orientées Nord-Sud marquent la topographie. Ces vallées (ou combes) correspondent à un important accident tectonique orienté NNE-SSW (accident médian) mettant en contact les séries de micaschistes et d'amphibolites du massif de Belledonne. Des formations quaternaires masquent tout ou partie des fractures structurant les terrains.

En surplomb de la vallée de la Romanche au Nord de Séchilienne, le compartiment Ouest (de nature micaschisteuse) est affecté par un second accident NNE-SSW à l'origine du replat des Thiébauds. Cet accident quelque peu comparable à celui observé dans la combe de Séchilienne marque le rebord Est du replat. Le Nord du replat est quant à lui couronné par des terrains triasiques et liasiques, fracturés et fissurés.

Pour l'ensemble des sources captées, les circulations d'eau souterraine se font essentiellement à la faveur de fractures permettant des débits unitaires très supérieurs à ceux que peuvent fournir les bassins versants apparents. Les circulations d'eau souterraine y sont le résultat d'un grand nombre de fractures généralement ouvertes en surface mais se cicatrisant en profondeur (substratum imperméable). Les sources se localisent généralement au point de rencontre de deux systèmes de fractures de directions différentes permettant aux eaux de réapparaître du fait de l'intersection de la surface de base hydrogéologique (piézométrie) avec la surface topographique.

Les émergences issues de ces fractures se situent parfois directement à l'affleurement du bed-rock (captages du Luitel, de Garins ...) mais sont le plus souvent masquées par des formations quaternaires (captages du Grand Plat, des Vignes ...). Ces dernières, plus ou moins bien développées, recouvrent le réseau fissuré compliquant la détermination de l'étendue de la fracture. Ces formations quaternaires prennent généralement le relais des circulations d'eau souterraine en les redistribuant plus ou moins, et en régulant les débits des sources de façon conséquente.

D'un point de vue physico-chimique, toutes les eaux de sources issues des terrains cristallophylliens du massif de Belledonne sont agressives et très faiblement minéralisées. Les analyses effectuées sur les eaux de captages des deux combes de Séchilienne et sur le replat des Thiébauds permettent d'apprécier la nature de leur origine cristallophyllienne, sauf quand les formations quaternaires sont conséquentes et qu'elles impriment des dérives physico-chimiques à identifier. Ces dérives sont aussi liées au régime des eaux de pluie qui peuvent s'infiltrer et être retenues au droit de la formation quaternaire masquant le réseau de fracture/fissure sous-jacent.

Dans la combe située au Nord de Séchilienne, toutes les sources (captages de Grand Pras, Buissonnières/Clots, Bits, Blancs) sont alignées pour rejoindre la zone du Lac du Luitel, elle-même en relation tectonique (captage du Luitel) avec le secteur du pic de l'Oeilley (situé à l'Ouest) constitué essentiellement de micaschistes. Le versant Nord de ce même pic est semble-t-il aussi limité par une zone de fracture (associée à l'accident principal) mais masquée par des moraines. Le captage de La Fontaine et ceux des Mulets seraient alors en connexion avec ceux (de la partie Nord) jalonnant l'accident de la combe de Séchilienne.

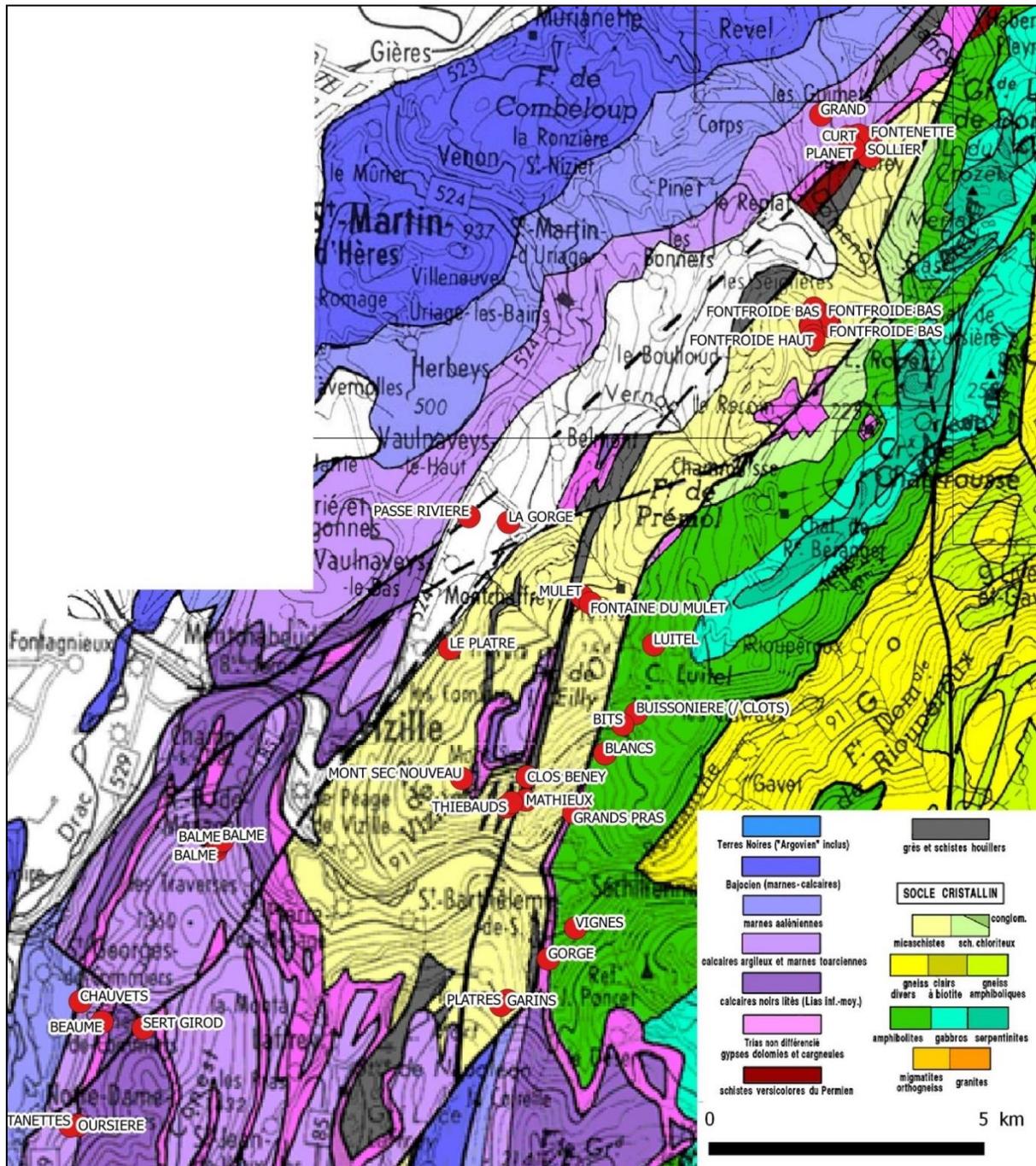


Figure 13 : Carte géologique du massif de Belledonne simplifiée (Gidon, 2002)

Les conductivités électriques des eaux montrent des valeurs faibles (inférieur à $200 \mu\text{S}/\text{cm}$) en accord avec la nature du bed-rock cristallophyllien, les formations superficielles n'ayant pour ce groupe de captage aucun impact notable sur la conductivité d'origine. On peut en conclure que ces captages sont essentiellement issus du milieu cristallophyllien fissuré-fracturé et que leur couverture quaternaire est protectrice selon la composition des terrains (moraines, éboulis, argiles, limons).

Le replat des Thiébauds, situé au-dessus de Séchillienne, est recouvert quant à lui par des formations quaternaires en grande partie d'origine morainique. Elles masquent un bed-rock de micaschiste sur lequel sont plaqués des terrains sédimentaires triasiques (calcaires, dolomies, possiblement gypse) et liasiques, eux aussi fracturés et fissurés.

Toutes les sources du secteur sont, encore ici, alignées sur des zones fracturées NNE-SSW et les captages de Mathieux, Clot Beney, Thiébauds Ecole et Thiébauds, actuellement en service ne font pas exception, même si leur localisation ne se trouve pas exactement au droit immédiat des zones fissurées. Selon toute vraisemblance les formations superficielles d'épaisseur variable détournent la circulation souterraine depuis l'émergence du bed-rock fissuré jusqu'à sa sortie en surface. Le captage Mon Sec Nouveau se situe quant à lui sur une fracture E-W associée à la fracture NNE-SSW.

Du point de vue physico-chimique, la qualité des eaux est affectée par les terrains sédimentaires du Trias où du gypse a été signalé. La nette augmentation de conductivité observée sur les captages des Mathieux (400-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de Clot Beney (400-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de 2127 (200-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$), des Thiébauds (400-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et de Mon Sec Nouveau (400-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est certainement liée au parcours et au transit de l'eau souterraine dans les formations sédimentaires marquant la partie Nord du replat.

Localement, et pour ces deux zones de captages, il est indiscutable que les directions des fractures cartographiées conditionnent les circulations d'eau souterraine et la qualité de l'eau des captages. Le captage du Grand Prat, le plus bas dans la combe Nord de Séchilienne, associé à un bed-rock de micaschiste possède une conductivité intermédiaire (200-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Cette augmentation de la conductivité est à relier en partie aux terrains aquifères du replat des Thiébauds et en partie à ceux fracturés de la combe.

Dans la combe située au Sud de Séchilienne, toutes les sources (captages de Vignes, Gorges, Garins et Plâtres) sont là aussi alignées sur le prolongement Sud de l'accident tectonique et ses fractures associées. Les formations quaternaires semblent jouer cependant un rôle plus important (apport additionnel) au vu de la conductivité relativement élevée notée sur le captage des Vignes (300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). On retrouve une conductivité faible inférieure à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au captage de Garins (source sur micaschistes à recouvrement éluvionnaire). Par contre, la proximité des formations triasiques élève légèrement la conductivité de l'eau du captage des Plâtres (200-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

En termes de vulnérabilité, doit donc être pris en compte l'étendue du réseau de fracturation qui conditionne localement l'hydrogéologie des captages ainsi que les extensions des formations superficielles quaternaires qui étendent largement l'emprise du milieu aquifère primaire. Grouper l'ensemble des bassins versants connectés par les accidents tectoniques cartographiés à ce jour et étendre le groupement des émergences aux formations quaternaires impliquées permet d'apprécier la réelle vulnérabilité du (ou des) captage(s) en service.

Les écoulements dans les combes (versants compris) se font en direction de la Vallée de la Romanche avec des ramifications sécantes (directions de fractures) qui peuvent remonter très haut en altitude ou descendre relativement bas. Le captage du Luitel en est l'illustration avec une fracture connectant la masse de micaschiste fissuré avec l'accident tectonique principal. Vers l'Est, les captages exploités (Grand Pras, Buissonnières/Clots, Bits, et Blancs) sont au droit de l'intersection de fractures OSO-ENE avec l'accident majeur N-S (accident médian).

On peut se demander si les formations quaternaires ne masquent pas systématiquement des fractures sécantes (ou des zones fissurées conséquentes) associées à ces grands accidents, étendant ainsi la vulnérabilité des captages.

Les fréquents problèmes de turbidité (Vignes, Blancs, Grand Pras, Thiébauds, Buissonnière/Clots, Mont Sec Nouveau) attestent du lien étroit existant entre fractures et formations quaternaires.

3.2.2. Zone de Saint Martin d'Uriage – Domène (Massif de Belledonne)

Sur la commune de Saint Martin d'Uriage, le versant Ouest du Massif de Belledonne est entaillé par une vallée orientée NNO-SSE (combe du Doménon). Cette combe remonte très haut en altitude près de Grand Sorbier à plus de 2000 m au Nord de Chamrousse. L'érosion à l'origine de cette combe a intersecté deux grands accidents tectoniques délimitant un panneau de terrain essentiellement constitué de micaschistes.

L'accident cartographié le plus haut en altitude est la continuation de l'accident de Séchilienne. A proximité immédiate de celui-ci, mais altimétriquement plus bas et sous des formations quaternaires, un vallon adjacent orienté N-S (vallon des Pourrettes) se dessine. Un groupement de sources émerge en contrebas de l'accident. Ces émergences exploitées (captages de Fontfroide Haut et Fontfroide Bas) doivent être en relation étroite avec le bed-rock micaschisteux au vu des débits relevés, de la pérennité de celles-ci et de l'extension amont très limitée des moraines à potentiel aquifère. En amont des sources captées, proche de l'accident tectonique, des terrains triasiques (dolomie, ...) marquent la fin du vallon.

Les analyses physico-chimiques montrent des conductivités inférieures à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces faibles conductivités impliquent encore une fois que ces sources trouvent leur origine dans les terrains cristallophylliens sous-jacents. On minimise aussi les liens qualitatifs marqués permanents avec la couverture morainique sus-jacente ainsi qu'avec les formations triasiques sus-jacentes (généralement à conductivités élevées). On confirme ainsi le rôle hydrogéologique déterminant de l'accident tectonique (accident médian) qui structure le versant Ouest de Belledonne.

L'accident tectonique placé cartographiquement plus bas en altitude est parallèle au précédent. Dans cette région, il est au trois-quarts masqué par les formations quaternaires (éboulis, moraines) et son tracé reste approximatif. Cet accident délimite deux groupements de captages : le premier intéresse les captages en amont de l'accident (Grande Gorge, Fontenette, Sollier), le second intéressant les captages en aval de l'accident (Amodru, Chapuis, Curt, Flandinet, Giraud Carrier, Planet). Dans ce second groupement, les captages du Planet et de Chapuis se localisent au droit d'un départ de mouvement de terrain important (semelle de glissement avec circulation d'eau) qui semble montrer que la zone aquifère serait à relier à la zone fracturée fissurée de cet accident orienté ici NNE-SSO.

Ici encore, et sur la totalité des analyses effectuées, on note des conductivités faibles (toutes inférieures à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ce résultat confirme sans ambiguïté l'appartenance de ces sources aux terrains cristallophylliens sous-jacents. Cependant, la complexité géologique de l'accident tectonique (observable un peu plus au Nord) impliquant des terrains de nature et d'âge différents devrait dans le détail modifier quelques éléments solubles attribuables aux faciès de dolomies du Trias et autres marno-calcaires du Lias.

Le captage de Grand, situé vers l'Ouest et plus en contre bas, est aussi avec sa conductivité faible à rattacher au même ensemble cristallophyllien. Les formations quaternaires ont, semble-t-il, joué un rôle de drain naturel relativement conséquent en déplaçant l'émergence à l'aval.

Les émergences exploitées (Le Plâtre, Pierres Plates, Fujaret, Reteur, Cocoret) sont situées sur des micaschistes. Ces émergences sont toutes à relier à de la fissuration sous-jacente, en lien avec les fractures associées aux accidents orientés SSW-NNE. La conductivité du captage de Le Plâtre (300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est atypique compte tenu de sa situation hydrogéologique (sur micaschistes essentiellement).

En termes de vulnérabilité et au-delà des limites des bassins versants, l'extension de celle-ci se révèle quelque peu délicate. En effet, faut-il considérer de possibles infiltrations au travers des formations

quaternaires jusqu'à une altitude correspondant à leur limite Est (en altitude), ou se restreindre à une zone plus ou moins large prenant place au droit de la fracture ? Les turbidités faibles (0.1-0.2 NFU) sembleraient montrer que les formations quaternaires ne sont pas trop sensibles. Mais l'utilisation de ce paramètre serait à analyser plus finement en cas de forte pluviométrie susceptible de lessiver temporairement ces formations plus ou moins argileuses.

3.2.3. Zone de Vaulnavay (Collines bordières)

Depuis Vizille et vers le NNE jusqu'à Vaulnavay et Saint Martin d'Uriage, une dépression marque la topographie. Cette dépression limite le domaine des marno-calcaires liasiques (à l'Ouest) du domaine cristallophyllien du Massif de Belledonne (à l'Est). Les grands accidents orientés SSW-NNE prolongeant la faille de Vizille suivent cette dépression et sont masqués par des formations quaternaires plus ou moins épaisses. Ces accidents responsables de contacts anormaux juxtaposent les terrains sédimentaires des collines bordières de ceux cristallins du versant Ouest du massif de Belledonne.

Les captages de La Gorge et de Passe-Rivière (forage de 50 m³/h) intéressent les moraines et les éboulis qui masquent le bed-rock sous-jacent (sédimentaire et/ou cristallophyllien) très certainement fracturé et fissuré en de multiples endroits. Des éboulis disposés en cône raccordent les moraines aux terrains micaschisteux de Belledonne au droit de la combe de Prémol (à l'Est des captages).

Les conductivités contrastées de ces deux captages (400-500 µS/cm à La Gorge et 200-300 µS/cm à Passe-Rivière) impliquent apparemment des formations quaternaires (moraines et éboulis) et sont certainement attribuables à des circulations conséquentes le long des zones fissurées à rattacher aux accidents masqués. La combe de Prémol dont l'origine tectonique est plus que probable (vers l'Est et plus haut on retrouve les captages des Mulets) est aussi une zone d'apport potentiel loin d'être négligeable. L'émergence de Fужarey (ancien captage) au droit d'une faille associée à l'accident SSO-NNE semble confirmer cette approche.

3.2.4. Zone de St Georges – Notre Dame de Commiers (Collines bordières)

Bien que n'appartenant pas *sensu stricto* au massif de Belledonne, les captages de la région de Vizille Sud sont traités avec ceux du massif de Belledonne compte tenu de leur situation géologique (à l'Est de la vallée du Drac et en continuité avec les collines bordières plus au Nord).

Au Sud de l'agglomération de Vizille, un relief allongé N-S marque la géologie. Les terrains sédimentaires qui caractérisent ce relief sont bordés à l'Ouest par les alluvions de la vallée du Drac. Ce relief, constitué de formations marno-calcaires du Lias et de terrains dolomitiques localement gypseux du Trias, est recoupé par des fractures orientées E-O. Les émergences inventoriées sont toutes en relation étroites avec le milieu fissuré induit par les failles cartographiées à proximité immédiate.

Au Sud-Ouest de Vizille, les captages de La Balme qui surplombent l'agglomération sont dans des zones fissurées des marno-calcaires du Lias. On ne peut les rattacher cartographiquement à aucune structure faillée nette. La conductivité relativement faible des eaux de ce captage (200 - 300 µS/cm) indiquerait des temps de transit de l'eau relativement court.

Plus au Sud, à St Georges de Commiers et Notre Dame de Commiers des émergences en lien étroit avec des accidents (globalement orientés de façon perpendiculaire à l'allongement des collines) sont captées. Que ce soient les sources de St Georges de Commiers (captages de Chauvets, Baume et Sert Girod), ou celles de Notre Dame de Commiers (captages de Fontanettes et d'Oursière), elles

impliquent toutes des terrains triasiques (pincées dans les zones fracturées ou en petites structures plissées). Ces zones de failles appartiennent aux composantes décrochantes impliquant principalement la faille de Vizille avec celle de Combe de Champ plus au Nord.

Tous les captages présentent des conductivités élevées (500-1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) à l'exception de Fontanettes (< 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ces fortes conductivités impliquent logiquement les terrains du Trias souvent riches en gypse (comme c'est le cas à Champ sur Drac avec son contexte de fractures affectant les terrains plus ou moins gypseux du Trias). La signature physico-chimique occasionnée par les terrains du Trias souvent à gypse et anhydrite pincés dans les fractures attestent que les circulations d'eau remontent bien en amont des émergences.

La faible conductivité du captage de Fontanettes reste peu compréhensive et très spéculative, peut-être est-elle due à une alimentation rapide plus superficielle en relation avec les formations quaternaires (éboulis) qui remontent très haut dans le bassin versant. Mais rien n'exclut une alimentation profonde de la zone fissurée.

3.2.5. Conclusion sur les captages du Massif de Belledonne et ses collines bordières

Sur le versant Ouest de Belledonne et sur terrains cristallophylliens, que ce soit au Nord comme au Sud de la zone, tous les captages analysés sont liés entre eux à des degrés différents par :

- le milieu fracturé et fissuré lié aux accidents tectoniques majeurs qui structurent cette partie du massif,
- la proximité des faciès sédimentaires du Trias et du Lias quand ils existent,
- les formations quaternaires qui tapissent les nombreux bassins versants recoupés,
- l'infiltration des torrents dans le fond des combes.

Les captages des parties basses des versants du massif (« collines bordières ») sont quant à eux dépendants de liens similaires, mais s'appliquant essentiellement aux terrains sédimentaires.

3.3. Massif du Vercors

De tous les massifs subalpins, le massif du Vercors est sans doute celui constitué par les calcaires présentant la plus forte prédisposition à la karstification. Ces calcaires karstifiés sont ceux du Jurassique supérieur (barre ou corniche tithonique) et Crétacé inférieur (barre ou corniche urgonienne). Ils sont déterminants pour l'hydrogéologie du massif.

Une caractéristique souvent soulignée est le fait que le massif du Vercors est limité pratiquement de tous les côtés par une barrière de falaises de calcaires massifs. En contrebas de ces falaises, des émergences sont fréquentes et pérennes car leur alimentation complexe remonte en suivant les structures affectant les terrains sédimentaires.

D'une façon générale, les circulations d'eau souterraine sont liées à la fracturation, à la nature lithologique des formations, aux variations d'épaisseur et de faciès des unités calcaires et aux structures plissées et faillées. Les bassins d'alimentation de toutes les émergences analysées sont de loin déterminés par des conditions stratigraphiques et tectoniques, les conditions topographiques intervenant de façon moindre.

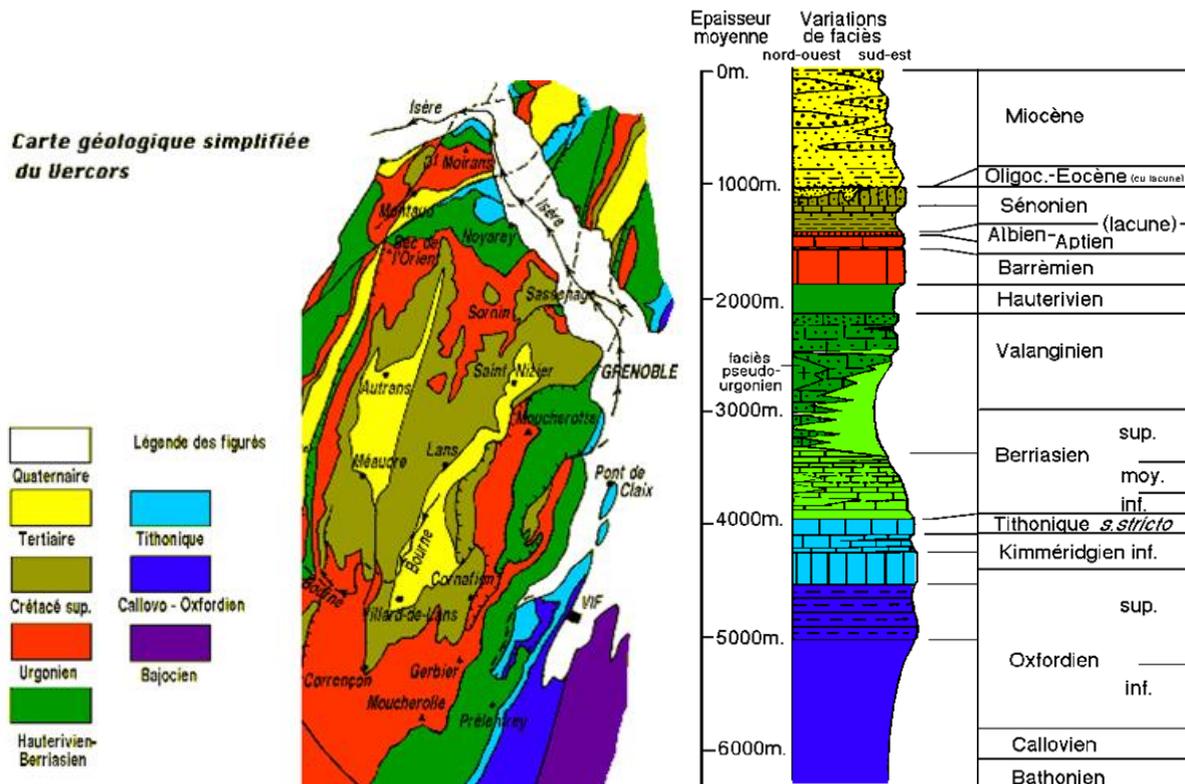


Figure 14 : Carte géologique simplifiée et log litho-stratigraphique du massif du Vercors

3.3.1. Zone de Merlière (Est du Vercors)

D'Est en Ouest depuis la vallée du Drac, le massif du Vercors est délimité sur sa partie orientale par un relief de faible altitude allongé N-S (colline de Merlière) et par une dépression (vallée de la Gresse).

Les formations de calcaires marneux d'âge Jurassique de la colline de Merlière sont recoupées par au moins deux grandes failles orientées E-O. Ces calcaires marneux au potentiel hydrogéologique faible peuvent être aquifères s'ils sont fissurés-fracturés. Dans sa partie centrale, l'une d'elles au droit du vallon de Merlière (tapissé de formations quaternaires) constitue un trait géologique notable dans l'hydrogéologie locale.

Si les captages situés en bas de vallon de Merlière et de Félix Faure sont logiquement en partie dépendants du milieu fracturé et fissuré, les captages situés dans le haut vallon de Merlière sont quant à eux a priori essentiellement liés aux alluvions glaciaires qui comblent cette dépression de moyenne altitude.

Les conductivités élevées (500-1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur l'ensemble des captages) seraient la signature des terrains marneux et calcaires fissurés aquifères. Ces conductivités étendues indiquent des origines multiples de l'eau souterraine. Si la faible turbidité (0.0- 0.1 NFU) des captages supérieurs du vallon Nord témoigne d'une faible vulnérabilité, les trois captages situés en contrebas semblent présenter les effets de la fissuration (> 0.4 NFU à Merlière 3 et 4) et ceux des formations superficielles (0.0-0.1 NFU à Félix Faure). En termes de vulnérabilité, les zones d'alimentation de ces captages ne se limitent pas aux seules parties amont. Les formations superficielles qui tapissent les petits bassins versants, dont l'un est pris en écharpe par une fracture, sont des zones sensibles non négligeables, susceptibles de canaliser les eaux souterraines en cas de précipitations particulièrement abondantes.

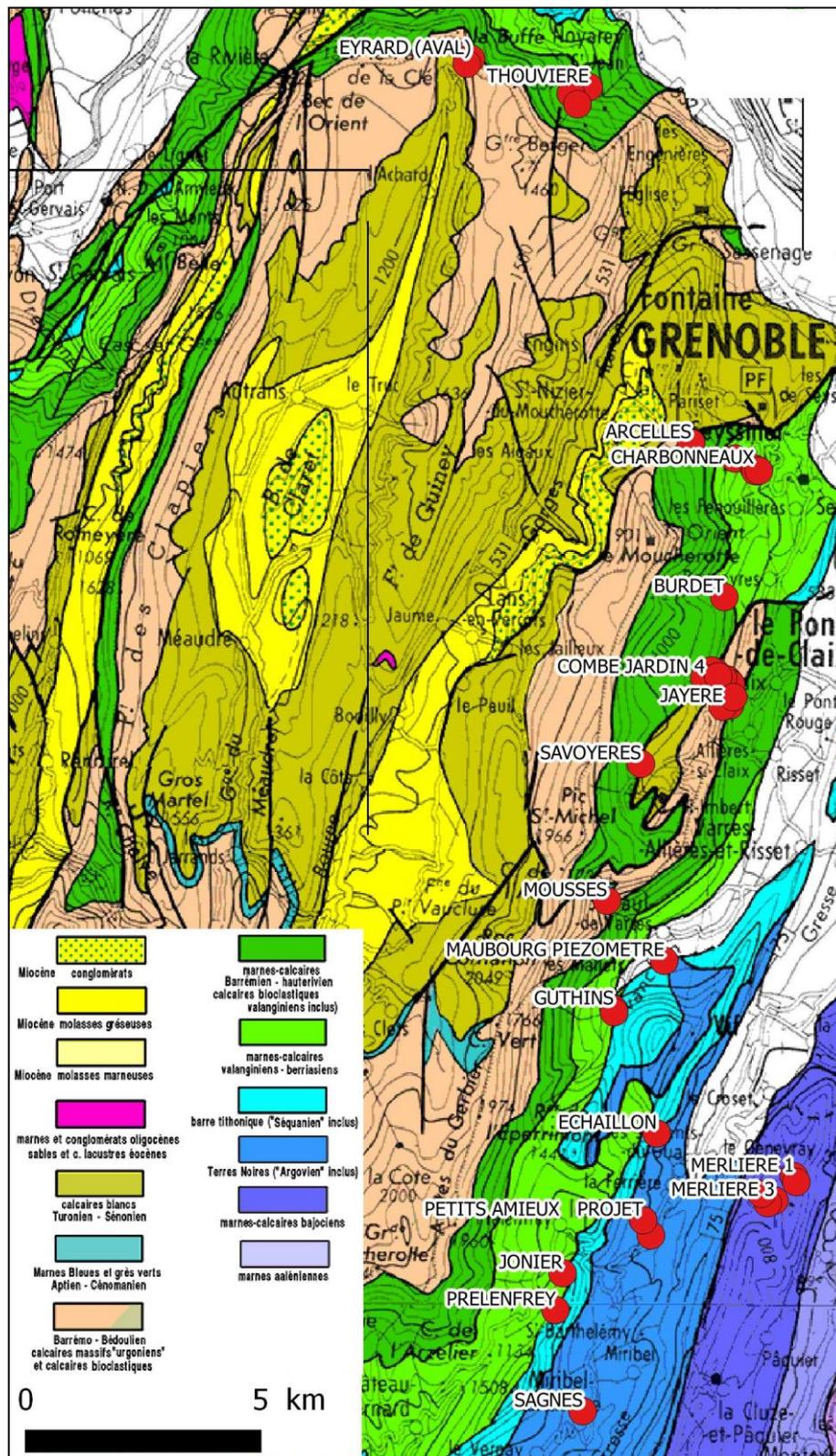


Figure 15 : Carte géologique simplifiée du massif du Vercors (Gidon, 2002)

3.3.2. Zone des Saillants du Gua / Lanchatre (Rebord Est du Vercors)

La structure géologique de l'ensemble du rebord oriental du massif du Vercors est complexe. La particularité du secteur tient du fait que la falaise des calcaires tithoniques (à fort potentiel de karstification) est redoublée. En effet, la barre rocheuse tithonique d'où émergent les sources de

l'Echaillon est surmontée, au niveau de la montagne de l'Epérimont, d'une deuxième falaise de ces mêmes calcaires. Ces calcaires tithoniques constituent l'horizon aquifère principal du secteur, de nature fissurée - fracturée et karstifiée.

Des failles orientées E-O compliquent le comportement de cet aquifère d'écoulement complexe, comme le montre le captage de l'Echaillon qui draine les eaux de l'aquifère karstique au droit d'une de ces fractures. La complexité des circulations souterraines est d'autant plus importante que des traçages accolés à des relevés géologiques de détail montrent sans ambiguïté que le captage de l'Echaillon fait partie d'une structure plus complexe que celle mentionnée par les cartes géologiques. Les traçages effectués ont en effet montré sans ambiguïté que le bassin d'alimentation s'étire sur les faciès urgoniens karstifiés et les fractures qui les affectent.

A ce jour, que ce soit les captages de Sagnes, Prélénfrey/Chatelard, Jonier, Petits Amieux et Clots toutes ces émergences dépendent, de près ou de loin, de l'horizon aquifère des calcaires karstifiés du Tithonique (principalement exploités à l'Echaillon). Ce groupement d'émergences est fortement lié au réseau de zones fissurées et/ou de karsts. Sans être toutes connectées directement entre elles, l'extension générale de ce réseau va conditionner la vulnérabilité de la ressource captée. Si le potentiel en eau souterraine des zones karstifiées et la vulnérabilité sont largement dépendantes de la fracturation qui déplace sur de grandes distances les circulations d'eau, les formations quaternaires élargissent et fragilisent encore plus l'étendue des zones vulnérables.

Les fortes turbidités observées à Sagnes, Prélénfrey/Chatelard, Jonier l'Echaillon (> 0.4 NFU) et de Petits Amieux et Clos (0.3-0.4 NFU) sont certainement à corréliser au Nord comme Sud avec les quantités importantes d'argiles qui caractérisent le secteur de l'Echaillon, de Prélénfrey et au-delà.

On retiendra les fréquents problèmes de turbidité du captage de Sagnes (émergence des calcaires fracturés du Tithonique recouverts par des éboulis).

Vers le Nord, les captages des Rioux/Guthins (conductivité de 300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) peu ou pas protégés fonctionnent a priori de la même manière que les précédents mais à partir de l'Ouest depuis les calcaires urgoniens (sans exclure totalement un fonctionnement symétrique à partir de l'Est depuis les calcaires du Tithonique). Ils sont influencés par les formations quaternaires riches en argiles (moraines et éboulis) présentant de facto une turbidité conséquente (0.3-0.4 NFU).

En termes de vulnérabilité, les connaissances acquises récemment dans la région (SIVIG, 2014) démontrent qu'il est primordial de vérifier la complexité des structures pour préciser la zone d'emprise des calcaires du Tithonique afin d'anticiper au mieux les dégradations de qualité des captages.

Ces compléments d'étude pourraient s'appuyer sur la délimitation de la zone d'emprise proposée dans cette étude.

3.3.3. Zone de St Paul de Varcès - Savoyères / Pont de Claix (rebord Nord-Est du Vercors)

Pour expliciter la compréhension du fonctionnement des aquifères à l'origine des émergences, les informations de Maubourg Piézomètre ont été utilisées. Le contexte aquifère de Maubourg Piézomètre, qui dépend pour partie de l'horizon aquifère des calcaires du Tithonique (par prolongement vers le Nord de la falaise de l'Epérimont), résulte du drainage général s'effectuant vers le Nord, puis du drainage induit par la fracturation E-O. Les calcaires urgoniens karstifiés qui forment, en direction du Nord, deux falaises abruptes à l'extrémité NE du Vercors, peuvent pour partie

prendre en termes d'alimentation le relais de l'aquifère tithonique caractérisant l'Est et le Sud-Est de la région.

Les terrains sédimentaires, plissés de façon complexe, expliquent le dédoublement de la barre des calcaires urgoniens. Ces calcaires très fortement karstifiés constituent un second horizon aquifère, important pour bien des émergences. Toutes ces émergences sont ici encore fortement conditionnées par la fracturation NO-SE qui affectent les calcaires et les formations sous-jacentes.

Les captages de Mousses et de Savoyères sont l'illustration de ce type d'émergences issues des calcaires fissurés et fracturés au droit d'accidents NO-SE, même si un tapis d'éboulis complique pour le second la compréhension détaillée du fonctionnement. L'apport superficiel additionnel semble a priori faible au vu des valeurs de turbidité (0.0-0.1 NFU).

Les conductivités des eaux des calcaires urgoniens sont comprises entre 200 et 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et se démarquent de celles des calcaires tithoniques comprises entre 300 et 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et plus, dont les aires d'alimentation sont plus élevées.

Les captages de Maison Blanche, Combe Jardin, Pont de Claix, Garretière et Jayères, en contrebas du plateau du Peuil, sont du point de vue cartographique situés au droit des calcaires urgoniens, ces derniers étant situés au plan stratigraphique au-dessus des marnes imperméables du Valanginien.

Bien que recouverts par des formations quaternaires où dominant les éboulis, les émergences sont ici encore observées dans des calcaires fissurés-fracturés à rattacher sans équivoque aux barres de calcaires urgoniens affectées par le réseau de fractures.

Les conductivités comprises entre 300 et 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ne sont ici pas déterminantes, et nécessiteraient une analyse physico-chimique plus fine en rapport avec le contexte hydrogéologique. Les turbidités très variables (0.1 à 0.4 NFU et plus) observées sur l'ensemble des captages sont quant à elles certainement influencées par les circulations d'eau dans les éboulis directement en contact avec les milieux fissurés sous-jacents. Les formations fluvio-glaciaires du plateau du Peuil, entremêlées avec des éboulis grossiers très perméables masquant les extensions du milieu fracturé, ne sont certainement pas sans conséquence sur la qualité des eaux des captages.

L'approche de la vulnérabilité devrait en toute logique s'apparenter à celle du captage de l'Echaillon. En effet, l'horizon aquifère majeur présente des similitudes (calcaires fissurés-fracturés et, selon toute vraisemblance, associés à des zones karstifiées conséquentes) qu'il conviendrait d'étudier pour aller au-delà des constats hydrogéologiques déjà faits, les débits cumulés des captages représentant plus de 13 l/s, soit plus du quart du débit de l'Echaillon.

3.3.4. Zone de Seyssinet – Pariset (Nord Est du massif du Vercors)

Au pied du Pic des Trois Pucelles (prolongement Nord du Pic du Moucherotte), les calcaires urgoniens (très redressés et proches de la verticale) font place, vers l'Est et vers le bas, aux marno-calcaires de l'Hauterivien, puis aux marnes du Valanginien (niveau de base). Les calcaires urgoniens appartiennent à une structure plissée chevauchante très fissurée et fracturée, avec certainement des zones karstifiées plus présentes, si l'on retient les constats faits plus au Sud.

Si aucune faille n'est cartographiée du fait du tapis de formations quaternaires (éboulis et dépôts glaciaires), il n'en reste pas moins réaliste que des failles doivent parcourir le bed-rock comme on peut l'observer au pied du Pic des Trois Pucelles. Ainsi les captages d'Arcelles, Arthaud, Charbonneaux, Ruisseau et Mathieux sont rattachables au milieu fissuré des calcaires urgoniens.

Les formations quaternaires représentent ici une vaste superficie dans le bassin versant, ce qui n'est pas sans impact sur le comportement quantitatif des émergences captées en contrebas. Ces formations quaternaires omniprésentes en amont et au droit de tous les captages ne semblent pas dégrader la qualité de l'eau au vu des turbidités relativement faibles (0.1-0.3 NFU). Les conductivités des eaux des captages sont comprises entre 300 et 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et restent peu significatives car, sans aucun doute, modifiées par les transits compliqués de l'eau souterraine.

Les débits plus que conséquents (plus de 25 l/s), largement supérieurs à ceux attendus par la seule prise en compte des bassins versants, seraient à étudier plus finement afin d'apprécier de façon plus précise l'emprise du bassin d'alimentation.

3.3.5. Zone de Noyaret (Nord du massif du Vercors)

Le coin Nord du massif du Vercors, au Sud de la cluse de l'Isère, est ici aussi encore dominé par les calcaires à faciès urgonien sous la forme d'une vaste dalle plissée à plis d'axe N-S. Sous cette falaise de calcaires urgoniens, on retrouve des marno-calcaires puis un niveau de base marneux.

Les principaux accidents de la région sont orientés N-S, et associés à des failles annexes bien visibles depuis le plateau du Vercors en direction du Nord. Ils recoupent les marno-calcaires surmontant la barre urgonienne.

La faille N-S, reliant la barre de calcaires urgoniens et les captages de Thouvrière, Engineaux et Balme (d'altitude comprise entre 550 et 450 m), autorise certainement les débits cumulés conséquents de l'ordre de 15 l/s (débits que le seul bassin versant amont ne peut pleinement justifier). Sur les trois captages, l'exploitation en galerie creusée dans les marno-calcaires permet de relier les venues d'eau avec le milieu fissuré-fracturé connecté au karst sus-jacent (barre urgonienne). Les formations quaternaires de ce bassin versant amont renferment certainement un potentiel aquifère notable mais il ne peut que difficilement assurer la pérennité des émergences.

Très peu détaillé, le comportement de ces captages s'inscrit dans la même logique que celui préconisé dans les secteurs Est et Nord-Est du Vercors.

Les captages d'Eyrard amont et Eyrard aval sont dans une position similaire à celle des captages précédemment décrits, à la différence près qu'ils sont plus hauts en altitude (1000 - 1100 m). L'ouvrage de captage (en pierres maçonnées pour contenir les éboulis recouvrant le bed-rock) regroupe plusieurs venues d'eau (0,4 à 0,5 l/s) fortement influencées par l'instabilité de la formation quaternaire. La conductivité des eaux des captages (300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la faible turbidité (0.1-0.2 NFU) semblent caractériser les eaux souterraines des zones fissurées et karstifiées des calcaires urgoniens sus-jacents.

En termes de vulnérabilité, il semble déterminant de recentrer les protections au droit des fractures qui marquent les trois captages de basse altitude (Thouvrière, Engineaux et Balme). Si le traçage effectué depuis le gouffre Berger montre l'existence de circulation d'eau souterraine de l'Ouest vers Est, on doit s'interroger sur le lien étroit entre la fracturation Nord-Sud qui marque le rebord de la corniche des calcaires urgoniens et les captages en contrebas. D'une manière générale, il semblerait que la karstification de la barre urgonienne s'accorde étroitement avec la fracturation et le pendage des calcaires (pendage Est vers les cuves de Sassenage par exemple et/ou pendage lié au plongement axial des plis du Vercors).

3.3.6. Conclusion sur les captages du massif du Vercors

L'analyse du fonctionnement des captages, complétée par les informations attachées aux sources proches de ces derniers, montre que les émergences dépendent directement de la fracturation qui connecte les eaux souterraines contenues dans les fissures, les fractures et les karsts des calcaires (du Tithonique et de l'Urgonien), et ce indépendamment de l'écoulement général du réseau karstique à l'échelle du massif du Vercors.

La zone des captages étudiés de la bordure du Vercors, sont tous liés entre eux à des degrés différents par :

- les deux horizons aquifères karstifiés de l'Urgonien (Crétacé inférieur) et du Tithonique (Jurassique supérieur),
- les structures géologiques (plissements des barres calcaires, milieu fracturé et fissuré lié aux accidents tectoniques régionaux) qui affectent ces deux horizons aquifères,
- les diverses formations quaternaires qui tapissent les nombreux bassins versants.

3.4. Massif de la Chartreuse

Le massif de la Chartreuse est délimité, du côté Sud et du côté Est, par la vallée de l'Isère qui décrit un coude à Grenoble. L'Est du massif est séparé de la chaîne de Belledonne par la vallée du Grésivaudan, le Sud étant quant à lui séparé du Vercors (massif subalpin plus méridional) par la vallée de l'Isère de Grenoble – Voreppe (cluse de l'Isère). On retrouve dans le massif de la Chartreuse la même succession stratigraphique observée plus au Sud dans le Vercors.

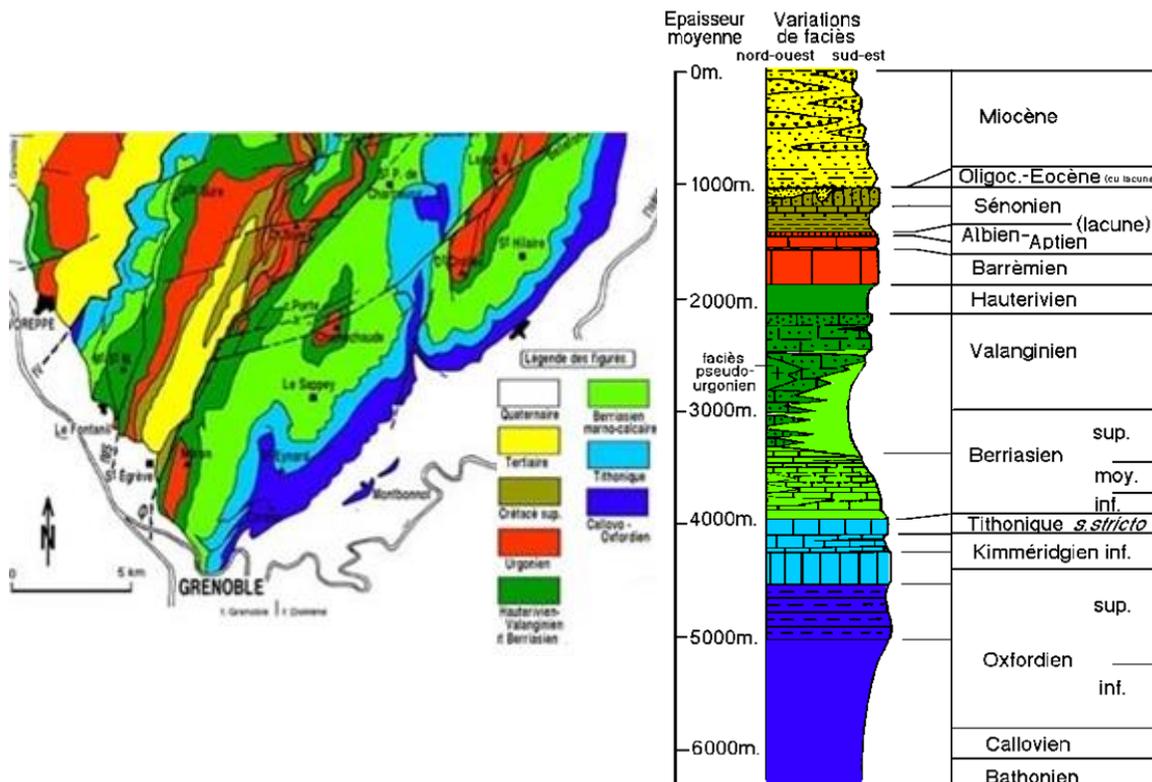


Figure 16 : Carte géologique simplifiée et log litho-stratigraphique du massif de la Chartreuse

Les horizons aquifères dominants se situent toujours au niveau des deux épaissees barres de calcaires karstifiés, plissées et faillées, la plus ancienne appartenant au Jurassique supérieur, la plus récente au Crétacé inférieur. Ces horizons jouent ici encore un rôle déterminant dans l'hydrogéologie du massif,

qui dépend de la structuration des terrains (plis, chevauchements, ...) et de leur fracturation. On observe d'Est en Ouest une succession de plis d'axe NNE-SSO.

Trois profonds synclinaux à cœur de formations miocènes, affectés de chevauchement à déplacement Ouest, autorisent un découpage du massif en trois grandes zones (Chartreuse occidentale, médiane et orientale). Les bassins d'alimentation des émergences étudiées sont de loin, comme pour le massif du Vercors, déterminés par des conditions stratigraphiques et tectoniques, les conditions topographiques intervenant de façon moindre.

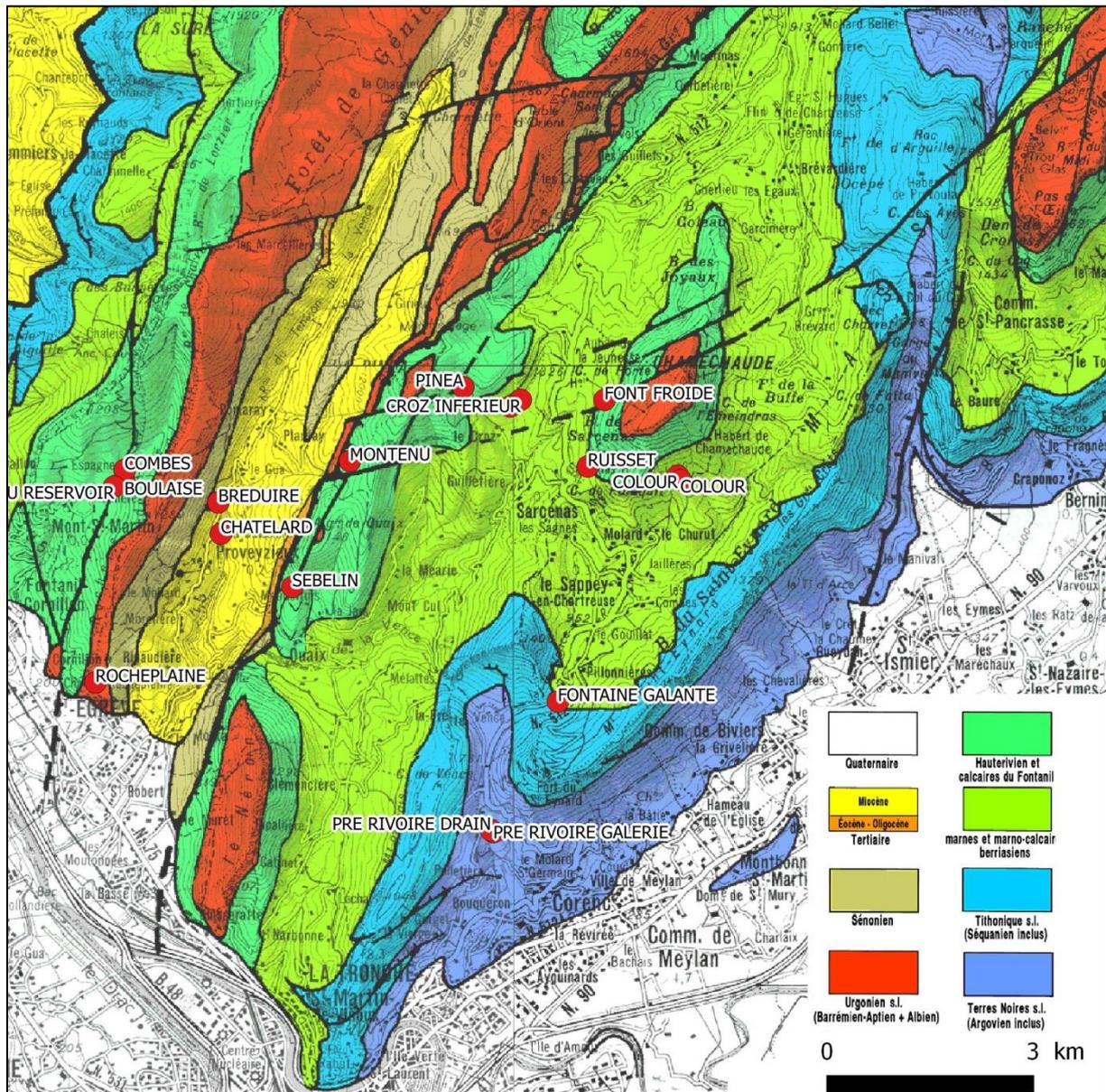


Figure 17 : Carte géologique simplifiée du massif de la chartreuse (Gidon, 2002)

3.4.1. Zone de St-Egrève / Fontanil-Cornillon (Bordure Sud de la Chartreuse)

Vers le Nord, les captages de Basse Réservoir se situent au pied de la falaise de calcaire karstifié (culminant au Rocher de l'Église). Cette falaise repose sur des marno-calcaires recouverts par des formations quaternaires (éboulis, moraines). Le contact anormal (chevauchement vers l'Ouest du flanc Ouest du synclinal de Proveyzieux) qui complique la structure plissée locale a très certainement

induit de la fissuration et de la fracturation. Ceci expliquerait la bifurcation vers l'Ouest des traceurs injectés au pied de la falaise Ouest du Rocher de l'Eglise.

Les valeurs de la conductivité (300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) n'excluent pas l'existence de liens avec les calcaires karstifiés urgoniens, voire avec les marno-calcaires sous-jacents. Le faible débit (0,04 l/s) de ce captage tient au fait que l'aquifère est peu efficient, sans commune mesure avec ceux des émergences alentours. Les captages de Basse Réservoir seraient donc à rattacher à un modeste bassin d'alimentation composé de moraines et d'autres formations quaternaires (petit aquifère continu), même si l'on n'exclut pas une discrète alimentation par le milieu fissuré-fracturé (depuis les calcaires constituant le bed-rock et éventuellement depuis la barre urgonienne).

La vulnérabilité de ces captages, tenant compte du traçage effectué depuis le Rocher de l'Eglise, devrait s'étendre aux milieux fracturés des calcaires urgoniens et des marno-calcaires si l'alimentation s'avérait conséquente et dominante sur celle des formations quaternaires. L'accident chevauchant (qui complique en grand la structure plissée de la région) est certainement plus complexe dans le détail. Il faudrait donc pouvoir expliquer les connexions possibles entre la barre des calcaires urgoniens et le bed-rock (marno-calcaire) observable au droit des sources alimentées par les formations quaternaires.

Le captage Les Mails a été réalisé au droit d'une émergence observée à l'origine dans des formations quaternaires au droit d'un cône de déjection. Le nouveau forage réalisé sollicite cependant les alluvions de l'Isère.

3.4.2. Zone de Proveyzieux-Quaix (Centre Sud de la Chartreuse)

Les captages de Sébelin, Monténu et La Pinéa prennent place dans des marno-calcaires du Berriasien. Ces marno-calcaires sont stratigraphiquement au-dessous des calcaires urgoniens peu représentés car fortement érodés (butte témoin au sommet du Pic de La Pinéa). Le potentiel aquifère ne dépend donc que de la fracturation affectant les marno-calcaires et liée à l'accident régional limitant la partie centrale de la Chartreuse à la chaîne orientale du massif.

Le débit du captage de Monténu (2 l/s) ne peut s'expliquer que par une alimentation par une fracture. L'échine de marno-calcaires qui plaque le relief de La Pinéa – Prés de Quaix est parcourue par des failles induisant un aquifère fissuré. Les formations quaternaires extrêmement réduites aux abords de l'émergence excluent toute alimentation depuis les éboulis et moraines présentes en placages discontinus. Sans information sur le débit du captage de Sébelin et de La Pinéa, on ne peut que transposer les constats faits sur Monténu.

Les conductivités (300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et les turbidités (0.3-0.4 NFU pour Sébelin et > 0.4 NFU pour Monténu et La Pinéa) s'accordent avec un bed-rock marno-calcaire fissuré-fracturé permettant des circulations d'eau souterraine dans un réseau de fractures. La vulnérabilité du bassin d'alimentation de ces captages doit être centrée sur le réseau de fracture.

Le captage de La Bréduire prend place sous des éboulis quaternaires au sein de fractures verticales affectant les calcaires karstifiés du Sénonien, situés stratigraphiquement au-dessus de la barre urgonienne karstifiée. Cette fracturation met sans doute en communication les deux systèmes karstiques, réputés productifs compte tenu des débits qualifiés d'importants. Les traçages effectués ne montrent cependant pas de liens simples et immédiats avec les circulations régionales orientées N-S. Ces circulations seraient ainsi, et selon toute vraisemblance, à attribuer aux zones de fissuration fracturation du flanc Ouest du synclinal de Proveyzieux.

Sans information sur la conductivité et la turbidité, on retiendra simplement que l'absence de filtration est fort probable, les circulations d'eau souterraine devant alors se faire dans des conduits à forte connotation karstique.

Le captage du Chatelard se situe dans la moraine quaternaire en contact avec des terrains molassiques d'âge tertiaire (molasse sableuse et conglomératique). Le débit de ce captage serait donc à lier aux apports d'eau souterraine issus de l'aquifère molassique (écoulement du Nord-Ouest vers le Sud-Est) certainement rechargé en partie par le (ou les) karst(s) urgonien et sénonien. Une analyse fine de la qualité des eaux du captage devrait pouvoir appréhender le bassin d'alimentation avec une meilleure précision.

La contribution respective des formations (quaternaire, molassique, calcaires fissurées-fracturées et karstifiées) est à ce jour très spéculative. Une meilleure caractérisation du fonctionnement devrait permettre d'appréhender plus justement la vulnérabilité de ce captage.

3.4.3. Zone de Sarcenas (Centre de la Chartreuse)

Les deux captages de Croz Supérieur sont situés sur la bordure Ouest du vallon de Sarcenas qui remonte jusqu'au Col de Porte. Les émergences sortent des éboulis qui recouvrent le bed-rock constitué des marnes berriasiennes. Ce substratum improductif en grand peut renfermer un faible potentiel si une fracturation l'affecte. Les formations quaternaires largement étalées dans tout le vallon sont sans doute le réservoir principal d'eau souterraine. Le versant Ouest dans sa partie Nord est affecté par un glissement / éboulement attestant une instabilité liée à des circulations d'eau souterraine au contact entre le bed-rock et les formations superficielles.

L'absence de données de débit ne permet pas de spéculer sur le mode et l'importance du bassin d'alimentation. Tout au plus, on peut avancer que les valeurs de la conductivité (200-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et de la turbidité (0.2-0.3 NFU pour le captage aval et 0.3-0.4 NFU pour le captage amont) sont voisines de celles notées dans des terrains similaires.

Le captage de Font-Froide est dans un contexte similaire à ceux de Croz Supérieur, à ceci près que le versant Est (Bois de Sarcenas) est marqué par la dalle plissée du Pic de Chamchaude constituée de calcaires fissurés-fracturés et karstifiés (Urgonien), favorables aux circulations souterraines. Celles-ci se retrouvent en partie bloquées par la semelle marno-calcaire, puis reprises par les éboulis peu ou prou stabilisés. L'interface éboulis - marno-calcaires favorise les circulations souterraines et permet l'émergence de la source de Font-Froide avec un débit est de 1,7 l/s, une conductivité de 200-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une turbidité de 0.2-0.3 NFU.

Le captage du Ruisset n'est pas très différent des précédents, à ceci près que la dalle perchée urgonienne disparaît vers le Sud et ne joue plus son rôle de réservoir aquifère de proximité. Les circulations d'eau émergeant au captage du Ruisset (2,3 l/s) se font en amont par les biais des formations superficielles (dominées par des éboulis) et par une fissuration fracturation prolongeant les failles observées dans les terrains urgoniens. Si la conductivité (300-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se rapproche plus des valeurs observées dans les calcaires urgoniens, la faible turbidité (0.1-0.2 NFU) pourrait s'expliquer par un lessivage achevé des argiles de décalcification des terrains sus-jacents.

Les deux captages de Colour se localisent en pied de la barre urgonienne, sur le flanc Est du synclinal perché de Chamchaude. Ici encore, les émergences prennent place dans les formations quaternaires proches de l'interface éboulis - marno-calcaires. Cette interface située en amont immédiat du captage rattacherait, après un court parcours, les marno-calcaires (certainement fissurés) aux calcaires urgonien du pic de Chamchaude (réservoir perché des sources localisées en contrebas). Les eaux, pas ou peu turbides (0.0-0.1 NFU), ont une conductivité peut-être un peu faible 200-

300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) comparativement à celles classiquement observées dans les calcaires urgoniens. Ce constat pourrait attester que les eaux du captage ont une origine plurielle, depuis des calcaires fracturés, relayés par les éboulis, pour circuler in fine dans les marno-calcaires fissurés.

3.4.4. Zone de Corenc – Col de Vence (Chartreuse orientale)

Les captages de Pré Rivoire Galerie et de Pré Rivoire Drain sont les seuls captages du Massif de la Chartreuse en lien étroit avec les formations sédimentaires du Jurassique supérieur (sans toutefois inclure les calcaires du Tithonique pour des raisons tectoniques et d'érosion). Ces captages (avec des débits de l'ordre du l/s) se situent au cœur de l'anticlinal de l'Écoutoux qui plisse des marno-calcaires surmontés par la barre des calcaires fissurés-fracturés et karstifiés du Tithonique.

Des moraines à granulométrie très hétérogène masquent toute ou partie du versant Sud du massif en direction de Corenc (proche de Grenoble). Depuis le col de Vence, situé en amont des captages, des éboulis plus ou moins stabilisés raccordent les moraines au replat du col (région suffisamment entaillée pour déconnecter stratigraphiquement et hydrogéologiquement les calcaires du Tithonique de la série sous-jacente).

La conductivité élevée des eaux (500-1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est peu compatible avec celle des formations karstiques régionales. La turbidité élevée (> 0.4 NFU) atteste également d'une alimentation centrée sur le milieu fissuré des marno-calcaires et les formations glaciaires, sans pour autant déterminer la prépondérance d'une origine sur l'autre.

La vulnérabilité de ce bassin d'alimentation à l'origine de l'aquifère soutenant l'émergence captée est ici limitée à celle du bassin versant, globalement penté vers le SSE. La vulnérabilité, n'impliquant pas la barre des calcaires karstifiés pentés vers l'Ouest, est conditionnée par des écoulements provenant du NNO vers le SSE, en direction de la vallée du Grésivaudan. Sauf complication tectonique permettant une remontée des calcaires (horizon aquifère des karsts du Jurassique supérieur), l'écoulement souterrain alimentant les captages de Pré Rivoire s'effectue dans les formations superficielles composées pour partie de moraines quaternaires.

Sur le replat du col de Vence, le captage de Fontaine Galante se situe au contact des moraines quaternaires recouvrant les calcaires du Jurassique supérieur. Le replat du col de Vence se prolongeant par la vallée du Sappey en Chartreuse est dominé au Nord-Ouest par la montagne de l'Écoutoux (structure synclinale) et à l'Est par le tombant Ouest (synclinal) de la corniche du Mont Saint Eynard. La formation calcaire est plissée et karstifiée. Les circulations d'eau souterraine sont plus que conséquentes. Le débit important du captage (débit capté de 42 l/s auquel s'ajoute un trop-plein de 47 l/s) s'explique par l'existence d'un réseau de fractures important et étendu affectant le relief du Mont St Eynard et de l'Écoutoux. L'apport depuis les formations quaternaires pourrait être notable.

3.4.5. Conclusion sur les captages du massif de la Chartreuse

L'analyse du fonctionnement des captages, complétée par les informations attachées aux sources proches de ces derniers, montre que les émergences dépendent directement de la fracturation qui connecte les ressources en eau souterraine des fissures, des fractures et des karsts affectant les calcaires de l'Urgonien et du Sénonien (un seul captage relevant du Jurassique supérieur).

Tous les captages étudiés de cette zone sont liés entre eux à des degrés différents avec :

- l'horizon aquifère karstifié du Crétacé Inférieur et du Jurassique supérieur,

- les structures géologiques (plissements des terrains sédimentaires, milieu fracturé et fissuré lié aux accidents tectoniques régionaux) qui affectent cet horizon aquifère,
- les formations molassiques du Tertiaire,
- les formations quaternaires qui tapissent les bassins versants.

4. QUALITE DES EAUX BRUTES ET DISTRIBUEES

4.1. Discussion préalable sur l'échantillon de données disponible

L'ARS distingue la qualité de l'eau brute, c'est-à-dire de l'eau prélevée aux captages d'eau souterraine ou aux captages d'eau de surface (rivières, canaux), et la qualité de l'eau traitée, c'est-à-dire celle qui est distribuée au robinet. La terminologie utilisée par l'administration et la profession est la suivante :

- Eau brute = eau prélevée qu'elle provienne de la nappe, d'un drain ou du milieu superficiel ;
- Eau traitée = on distingue généralement le traitement simple (désinfection/filtration) des traitements plus poussés (floculation, ...) ;
- Eau produite = eau sortie usine de potabilisation, généralement pour les eaux de surface ;
- Eau distribuée = eau traitée et eau produite distribuée au consommateur après transfert de l'eau dans le réseau de distribution (l'eau peut subir une modification ou une dégradation de sa qualité durant ce transfert).

La présente étude de vulnérabilité des ressources s'intéresse à la qualité des eaux brutes qui est représentative de la ressource hydrogéologique utilisée et des pressions présentes sur l'aire d'alimentation du captage (sa définition sera abordée à la section 6.1).

L'ensemble des données d'analyses réalisées sur eau brute (suivis ARS – Agence Régionale de Santé) a été utilisé. Les analyses sur l'eau distribuée ont été également mises à profit par UDI (Unité de distribution).

Les données sur eau brute peuvent parfois correspondre à plusieurs points de captage ou d'émergences (cas des sources de Fontfroide Haut et Fontfroide Bas par exemple) car le point de piquage pour prélèvement se trouve souvent sur la conduite de collecte des différents points de captage ou dans la chambre de collecte.

Les nombres d'analyses sur eau brute disponibles sont très variables en nombre de dates de prélèvement. Les prélèvements pour analyse sont plus nombreux sur les captages alimentant une population importante. La quantité d'analyses varie également de façon importante en fonction du paramètre. Les paramètres microbiologiques sont plus souvent analysés, du fait des risques sanitaires qu'ils présentent. Les analyses dites 'complètes' sont plus rares, parfois absentes.

Comme le montrent les Tableau 1 et Tableau 2, les longueurs des chroniques de données et les nombres d'analyses sont très variables. Les captages les mieux renseignés sont les grands champs captants, alors que les ressources des coteaux sont peu ou pas renseignées.

Tableau 1 : Nombre d'analyses disponibles pour les principaux paramètres physico-chimiques

Nom du captage	Début suivi	Conductivité à 25°C	pH	Température	Sulfate	Dureté	Turbidité
AILLOUDS							
AMODRU	1996	13	11	20			11
ARCELLES	1996	8	10	48	10		6
ARTHAUD	2005	7	6	6	6		6
BALME	1998	67	7	84	1	1	66
BALMES	2001			1			
BASSE DU RESERVOIR	2013	4	3	3			
BEAUME	1997	5	13	18	15	8	4
BITS	2005	17	14	14	12	12	14
BLANCS	1997	37	35	36	25	31	27

BOULAISE	2013	14	8	8			4
BREDUIRE	1999	15	12	13	12		12
BUISSONNIERE	1998	17	18	18	12	18	11
BURDET							
CHAPUIS	1996	13	11	20			11
CHARBONNEAUX	2005	7	6	6	6		6
CHATELARD	2005	7	6	6	6		6
CHAUVETS	1997	6	13	19	15	7	5
CLOS	1996	34	34	57	21	29	25
CLOS BENEY	1997	8	12	12	3	10	4
COLOUR	2007	2	2	2			2
COMBE JARDIN	1997	10	16	17			1
COMBES	2014	1	1	1			
CROZ INFERIEUR	2008	95		95			95
CROZ SUPERIEUR	2008	95		95			95
CURT	1996	13	11	20			11
ECHAILLON	1996	163	94	101	20		92
ENGINEAUX	2001			1			
EYRARD	1997	6	6	16	4	1	5
FELIX FAURE	2007	2	2	2			2
FONT FROIDE	1997	31	27	43	27	22	27
FONTAINE DU MULET	1997	5	4	12	2		3
FONTAINE GALANTE							
FONTANETTES	1997	20	23	24	19	18	16
FONTENETTE	1996	13	11	21			11
FONTFROIDE BAS	1997	8	9	13	9		6
FONTFROIDE HAUT	1997	8	9	14	9		6
GARINS	1997	2	3	10		1	2
GARRETIERES	1997	16	26	27	11		7
GIRAUD CARRIER	1996	13	11	20			11
GORGE	1997	38	36	36	24	31	28
GRAND	1996	13	11	19			11
GRANDE GORGE	1996	12	10	17			10
GRANDS PRAS	1997	10	13	13	4	11	5
GUTHINS							
J3 F1	2014	8	6	6	6	3	6
J3 F2	2014	7	6	6	6	3	6
J3 F3	2014	7	5	5	5	2	5
J3 F4	2014	71	16	117	5	2	58
J3 F5	2014	7	5	5	5	2	5
JAYERES	1990	17	26	28	11		7
JONIER	1996	10	11	12	10		7
JOUCHY 2	1995	357	269	442	253	202	282
LA GORGE	1997	7	6	15	6		6
LE PLATRE	1997	4	3	11	1		3
LES MAILS	1997	9	10	18	10		6
LUITEL	2000	5	6	7	2	6	1
MAISON BLANCHE	1997	17	26	28	11		7
MATHIEU	2005	7	6	6	6		6
MATHIEUX	1997	36	34	35	25	31	26
MAUBOURG PIEZO	2010	2	1	1	1		1
MERLIERE 1	1996	2	2	11			2
MERLIERE 3	2007	2	2	2			2
MERLIERE 4	2007	1	1	1			1
MONT SEC NOUVEAU	1997	2	4	16	10	16	9
MONTENU	1997	17	18	21	1	4	14
MOUSSES	1997	8	7	21	6	1	7
MULET	1998	3	2	6			2
OURSIERE	1997	20	23	23	19	18	15
PASSE RIVIERE	2000	10	10	123	6	5	5

PETITS AMIEUX							
PINEA	1998	2	2	8	1		2
PLANET	1996	12	11	20			11
PLATRES	1997	2	3	10		1	2
PONT DE CLAIX	1997	14	24	25			1
PR1 (ROCHEFORT)	1995	168	193	210	70	130	85
PR2 (FONTAGNEUX)	1995	163	188	204	69	127	83
PR4 (MOLLOTS)	1995	214	225	243	99	146	113
PRE GRIVEL 1	1996	135	133	143	75	56	40

Tableau 2 : Nombre d'analyses disponibles pour les principaux paramètres microbiologiques

Nom du captage	Début suivi	Bactéries coliforme	Coliformes thermo-tolérants	Entérocoques	Escherichia coli
AILLOUDS					
AMODRU	1996	20	8	20	12
ARCELLES	1996	44	37	47	10
ARTHAUD	2005	3		6	6
BALME	1998	81	11	84	73
BALMES	2001	1	1	1	
BASSE DU RESERVOIR	2013	3		3	3
BEAUME	1997	15	13	18	5
BITS	2005	13		14	14
BLANCS	1997	35	7	36	29
BOULAISE	2013	7		7	7
BREDUIRE	1999				
BUISSONNIERE	1998	18	6	18	12
BURDET					
CHAPUIS	1996	20	8	20	12
CHARBONNEAUX	2005	3		6	6
CHATELARD	2005				
CHAUVETS	1997	15	12	18	6
CLOS	1996	33	8	34	26
CLOS BENEY	1997	11	7	12	5
COLOUR	2007	1		2	2
COMBE JARDIN	1997		12	16	5
COMBES	2014	1		1	1
CROZ INFERIEUR	2008	95		95	95
CROZ SUPERIEUR	2008	95		95	95
CURT	1996	20	8	20	12
ECHAILLON	1996	91	8	99	91
ENGINEAUX	2001	1	1	1	
EYRARD	1997	13	10	15	6
FELIX FAURE	2007	1		2	2
FONT FROIDE	1997	40	14	43	29
FONTAINE DU MULET	1997	10	8	12	4
FONTAINE GALANTE					
FONTANETTES	1997	22	7	24	16
FONTENETTE	1996	20	8	20	12
FONTFROIDE BAS	1997	10	7	13	6
FONTFROIDE HAUT	1997	11	7	14	7

GARINS	1997	9	7	10	3
GARRETIERES	1997	24	19	27	8
GIRAUD CARRIER	1996	20	8	20	12
GORGE	1997	35	7	36	29
GRAND	1996	19	7	20	11
GRANDE GORGE	1996	17	6	17	11
GRANDS PRAS	1997	12	7	13	6
GUTHINS					
J3 F1	2014	3		6	6
J3 F2	2014	3		6	6
J3 F3	2014	2		5	5
J3 F4	2014	104		107	107
J3 F5	2014	2		5	5
JAYERES	1990	25	20	28	8
JONIER	1996	9	5	12	7
JOUCHY 2	1995	380	100	401	301
LA GORGE	1997	12	8	15	7
LE PLATRE	1997	9	7	11	4
LES MAILS	1997	7	4	10	6
LUITEL	2000	7	5	7	2
MAISON BLANCHE	1997	23	18	26	8
MATHIEU	2005	3		6	6
MATHIEUX	1997	34	7	35	28
MAUBOURG PIEZO	2010	1		1	1
MERLIERE 1	1996	10	8	11	3
MERLIERE 3	2007	1		2	2
MERLIERE 4	2007	1		1	1
MONT SEC NOUVEAU	1997	16	6	16	9
MONTENU	1997	19	6	21	15
MOUSSES	1997	18	12	21	9
MULET	1998	4	4	6	2
OURSIERE	1997	21	7	23	15
PASSE RIVIERE	2000	7	4	10	6
PETITS AMIEUX					
PINEA	1998	7	5	8	3
PLANET	1996		7	14	12
PLATRES	1997	9	7	10	3
PONT DE CLAIX	1997		19	25	6
PR1 (ROCHEFORT)	1995	188	100	195	95
PR2 (FONTAGNEUX)	1995	183	95	189	94
PR4 (MOLLOTS)	1995	215	97	226	129
PRE GRIVEL 1	1996	66	27	73	46

La Figure 18 synthétise les dates de début des chroniques des données de Qualité disponibles sur eau brute. Neuf des ressources étudiées ne disposent d'aucune donnée de qualité, soit parce qu'il s'agit de nouveaux captages, de captage de secours ou de captages privés pour lesquels les données ne nous ont pas été transmises (Burdet, Eyrard Aval, Rioux, Thiébauds Ecole, Petits Amieux Projet, Guthins, Pré Rivoire Drain, Aillouds, Fontaine Galante).

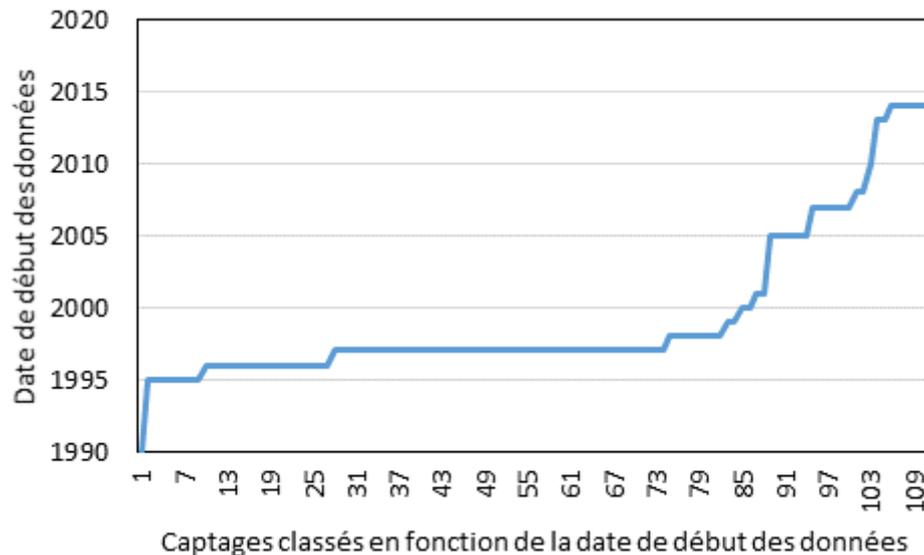


Figure 18: Début des chroniques de données de qualité disponibles sur eau brute

La plus ancienne chronique débute en 1990. Les chroniques les plus importantes sont celles des champs captants de Jouchy, Pré Grivel et Rochefort pour lesquels les périodes de suivi s'étalent depuis 1995. Pour environ deux tiers des ressources renseignées, les données sont disponibles à compter de 1997. Pour le tiers restant, les données sont principalement disponibles depuis la mise en activité du captage. La majorité des sources des coteaux captées sont suivies depuis plus de 10 ans, avec une chronique débutant avant 2007.

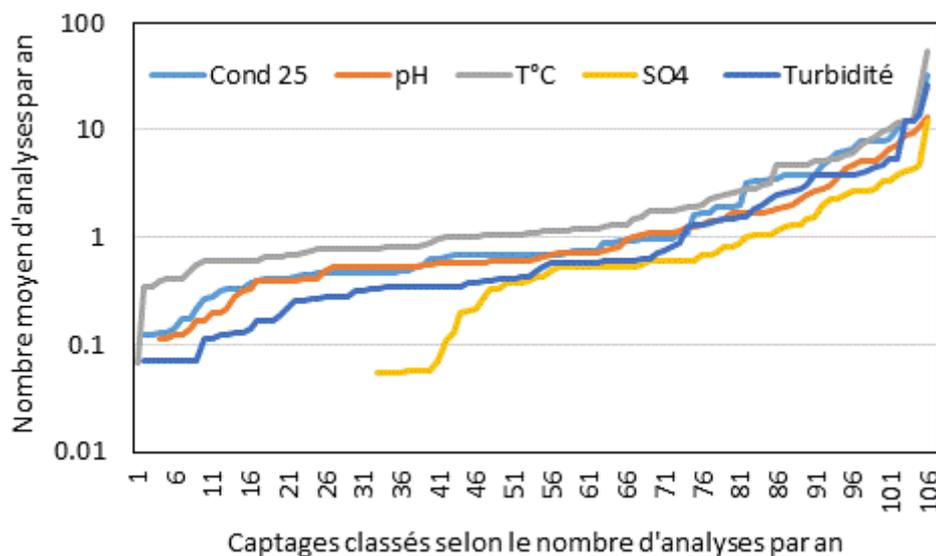


Figure 19: Nombre annuel moyen de mesures physico-chimiques sur eau brute

La Figure 19 présente le nombre annuel moyen de mesures physico-chimiques sur eau brute réalisées dans le cadre des suivis ARS. On remarque qu'un tiers environ seulement des captages dispose d'au moins une analyse par an en moyenne.

Les analyses complètes, en particulier sur les sources des coteaux, sont rares. Ainsi, le faciès chimique des eaux (exemple : faciès bicarbonaté calcique) n'a pu être déterminé que pour 50 des 120 ressources. Les sources des coteaux disposent généralement d'un suivi peu important tant en termes de nombre d'analyses que de type de paramètres analysés.

Les paramètres conductivité, pH et température sont les paramètres chimiques et physico-chimiques les plus analysés.

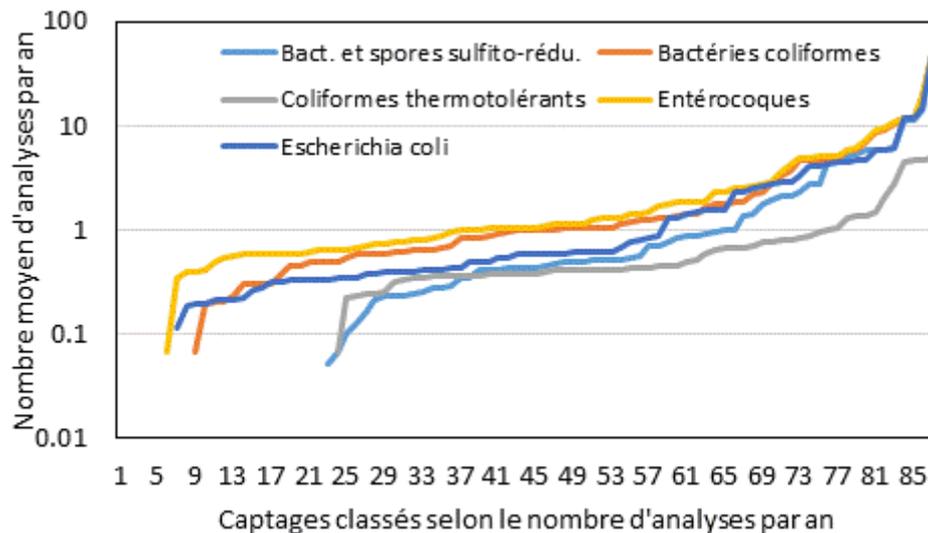


Figure 20: Nombre annuel moyen d'analyses microbiologiques sur eau brute

Pour les paramètres microbiologiques, les mêmes constats sont faits : les prélèvements intéressent souvent plusieurs points de captage (émergences) et moins d'un tiers des captages a bénéficié de plus d'une analyse par an en moyenne.

Les analyses sur réseau (UDI) concernent principalement les paramètres microbiologiques. Rappelons que l'eau des réseaux bénéficie d'un traitement de stérilisation et que les paramètres microbiologiques mesurés sur le réseau ne caractérisent pas la qualité de l'eau brute.

4.2. Normes et critères de qualité

En France, une réglementation sanitaire stricte s'applique aux eaux destinées à la consommation humaine (en sont exclues les eaux conditionnées). Elaborées par le ministère en charge de la Santé, à partir d'une directive européenne, elle figure au Code de la santé publique et est issue des arrêtés du 11 janvier 2007 et du 21 janvier 2010.

Parmi les paramètres contrôlés dans l'eau du robinet, on distingue :

- les limites de qualité, impératives, qui concernent des substances pouvant avoir une répercussion sur la santé
- les références de qualité, qui sont des indicateurs reflétant le bon fonctionnement des installations de production d'eau potable.

Notons que la réglementation française n'utilise jamais les termes « eau potable » ou « potabilité de l'eau » mais celui d'eau « propre à la consommation humaine ». Et parce qu'une personne doit pouvoir boire 2 litres d'eau par jour, toute sa vie, sans risque pour sa santé, il est essentiel que l'eau proposée à la consommation réponde à plus de 70 critères de qualité sanitaires ou environnementaux.

Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Un paramètre est un élément dont on va chercher la présence et la quantité. La norme, représentée par un chiffre,

fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Les limites de potabilité de l'eau ont un caractère impératif car elles peuvent avoir une répercussion sur la santé et concernent des paramètres microbiologiques et chimiques. L'eau distribuée doit être par exemple exempte d'*Escherichia coli* et d'entérocoque. La qualité bactériologique de l'eau potable doit être assurée en toutes circonstances et ne peut faire l'objet d'aucune tolérance.

Les références de qualité, elles, sont des indicateurs qui reflètent le bon fonctionnement des installations de production d'eau potable et comprennent des paramètres microbiologiques, chimiques, organoleptiques et des indicateurs de radioactivité. Leur non-conformité peut être le signe d'un dysfonctionnement dans les installations de traitement ou de distribution et doit alerter l'exploitant. Leur analyse tient compte des risques éventuels pour la santé des personnes mais aussi de l'agrément de l'usage de l'eau pour les utilisateurs.

Les paramètres organoleptiques concernent la couleur, la saveur, la transparence de l'eau et n'ont pas de valeur sanitaire directe. Pour exemple, il peut arriver qu'une eau soit trouble, ait une odeur et être parfaitement consommable d'un point de vue sanitaire. Parmi les autres références de qualité, on trouve certains éléments minéraux (fer, manganèse, sodium...), la température, la conductivité, le pH, les chlorures...

Tableau 3 : Limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Code de la Santé Publique. Articles R.1321-1 à R.1321-66 et annexes 13-1 à 13-3)

Limites de qualité (LQ) : Paramètres microbiologiques	
Escherichia coli (E.Coli)	0 nombre/100 ml
Entérocoques	0 nombre/100 ml
Limites de qualité (LQ) : Paramètres chimiques	
Acrylamide	0,10 µg/l
Antimoine	5,0 µg/l
Arsenic	10 µg/l
Baryum	0,7 mg/l
Benzène	1,0 µg/l
Benzo(a)pyrène	0,010 µg/l
Bore	1,0 mg/l
Bromates	10 µg/l
Cadmium	5,0 µg
Chrome	50 µg/l
Chlorure de vinyle	0,5 µg/l
Cuivre	2,0 mg/l
Cyanures totaux	50 µg/l
1,2- dichloroéthane	3,0 µg/l
Epichlorhydrine	0,10 µg/l
Fluorures	1,5 mg/l
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	0,1 µg/l
Mercuré total	1,0 µg/l
Microcystine-LR	1 µg/l
Nickel	20 µg/l
Nitrates	50 mg/l
Nitrites	0,50 mg/l 0,10 mg/l en sortie d'installation de traitement
Pesticides	0,10 µg/l par substance individualisée sauf

	aldrine, dieldrine, heptachlore, heptachlorépoxyde : 0,03 µg/l
Total pesticides	0,50 µg/l
Plomb	10 µg/l
Sélénium	10 µg/l
Tétrachloréthylène + trichloroéthylène	10 µg/l
Total trihalométhanes (THM)	100 µg/l
Turbidité	1 NFU
Références de qualité (RQ) : paramètres indicateurs de qualité témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau	
Aluminium total	200 µg/l
Ammonium	0,1 mg/l
Bactéries coliformes	0 Nombre/100 ml
Chlore libre et total	Absence d'odeur et de saveur désagréable et pas de changement anormal
Cuivre	1,0 mg/l
Chlorites	0,2 mg/l
Chlorures	250 mg/l
Bactéries sulfite réductrices y compris les spores	0 Nombre/100 ml
Couleur	15 mg/l Pt-Co
Conductivité	180 à 1000 µS/cm à 20°C
Concentration en ions hydrogène	6,5 à 9 Unités pH
Carbone Organique Total (COT)	2 mg/l Aucun changement anormal
Equilibre calco-carbonique	Les eaux ne doivent pas être agressives
Fer total	200 µg/l
Manganèse	50 µg/l
Numération de germes aérobies revivifiables à 22°C et 37°C	Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle
Oxydabilité au KMnO4 mesurée après 10mn en milieu acide	5,0 mg/l O2
Odeur	Acceptable par le consommateur
Saveur	Acceptable par le consommateur
Sodium	200 mg/l
Sulfates	250 mg/l
Température	25° C
Turbidité	0,5 NFU à la mise en distribution 2 NFU au robinet
Références de qualité (RQ) des eaux destinées à la consommation humaine : indicateurs de radioactivité	
Dose Totale Indicative (DTI)	0,10 mSv/an (Sv = Sievert)
Activité alpha globale	0,1 Bq/l (Becquerel)
Activité bêta globale	1 Bq/l
Tritium	100 Bq/l

4.3. Qualité des eaux brutes des ressources captées

L'ensemble des données d'analyses réalisées sur eau brute (suivis ARS – Agence Régionale de Santé) a été utilisé pour préciser le portrait physico-chimique des différentes ressources captées et la répartition spatiale des captages en fonction de leur contexte géologique et hydrogéologique.

4.3.1. Faciès chimique des eaux (ions majeurs)

Les faciès chimiques des eaux, qui représentent leur contenu en ions majeurs (bicarbonate, sulfate, chlorure, calcium, magnésium, sodium, potassium) ont été représentés et étudiés au moyen de diagrammes de Piper (voir figures ci-après). Le diagramme de Piper permet de différencier les différentes eaux en fonction de leur faciès et d'analyser leur distribution spatiale au travers des grands types d'aquifères. Les diagrammes ont été élaborés à partir des concentrations moyennes mesurées sur chaque captage (données ARS sur eau brute).

Il convient de préciser que de nombreux captages ne disposent pas d'analyses d'ions majeurs (Aillouds, Amodru, Balme, Basse du Réservoir, Bits, Blancs, Boulaise, Bréduire, Buissonnière / Clots, Burdet, Chapuis, Chatelard, Clos, Clos Beney, Colour, Combes, Curt, Engineaux, Felix Faure, Fontaine Galante, Garins, Giraud Carrier, Gorge, Grand, Grande Gorge, Grands Pras, Guthins, Luitel, Mathieux, Merlière 1 à 4, Mont Sec Nouveau, Mulet, Passe Rivière, Petits Amieux Projet, Planet, Plâtres, Pré Rivoire Drain, Rioux, Sagnes, Sollier, Thiebauds, Thiebauds Ecole). Ces points n'ont par conséquent pas pu être représentés.

Les faciès des eaux sont bien différenciés et six pôles peuvent être distingués :

- Les eaux des sources issues des massifs du Vercors et de la Chartreuse ont des faciès bicarbonatés calciques, les eaux du Massif du Vercors ayant un faciès bicarbonaté calcique plus marqué que les eaux du Massif de la Chartreuse qui semblent être légèrement plus magnésiennes.
- Les eaux du massif du Vercors ont des faciès très proches les uns des autres. Les captages de la région de Seyssinet-Pariset présentent cependant des signatures plus sulfatées et chlorurées, sans réelle explication puisque les eaux de ces captages semblent avoir pour origine les circulations d'eau issues des formations calcaires urgoniennes. Ce point resterait à éclaircir.
- Les eaux du massif de la Chartreuse ont des faciès semblables, les eaux les moins bicarbonatés calciques ayant une origine double. Les apports peuvent en effet provenir des formations alluviales, des calcaires (Les Mails) ou des marnes (Montenu et Sébelin).
- Les eaux provenant du massif de Belledonne présentent des faciès bicarbonatés calciques et magnésiens. Le captage des Vignes présente cependant un faciès différent, plus sulfaté et chloruré que les autres eaux de Belledonne.
- Les eaux captées à Saint-Georges de Commiers et Notre dame de Commiers présentent des faciès très sulfatés (pôle Montagne du Conest). Ces sources émergent de formations calcaires marneuses à patine rousse (formations triasiques et liasiques) souvent riches en gypse. On notera que ces captages ont été rattachés au Massif de Belledonne dans la synthèse hydrogéologique.
- Les captages situés dans les nappes alluviales du Drac et de la Romanche sont bien différenciés et présentent des faciès équilibrés. On notera que le captage de Pré Grivel 2 exploitant la nappe de la Romanche présente une signature différente des autres.

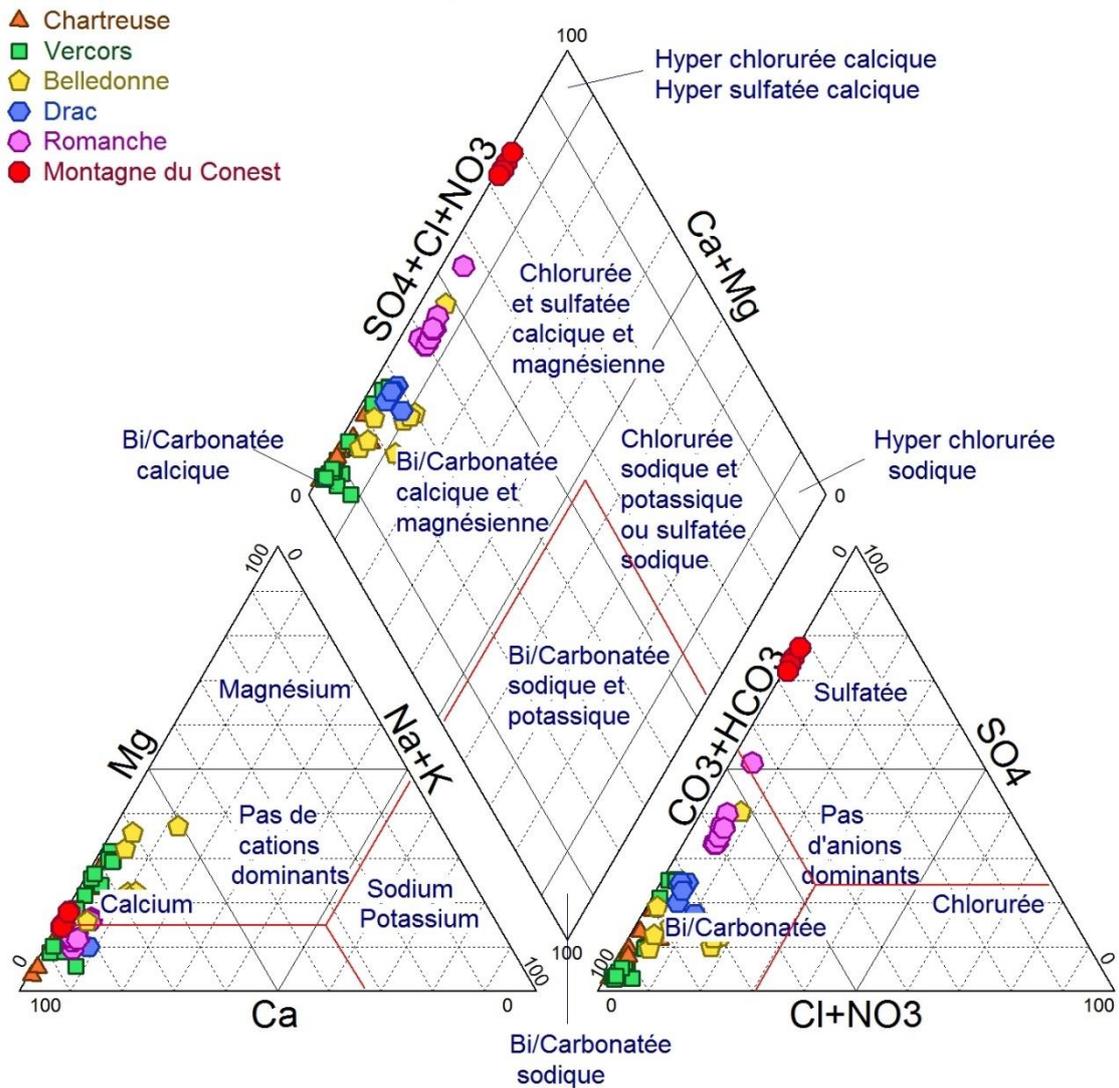


Figure 21 : Distribution des familles de captage sur diagramme de Piper en fonction de leur faciès chimique (ions majeurs)

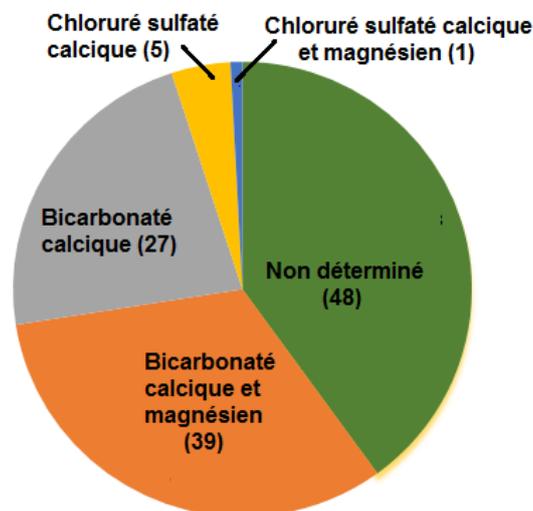


Figure 22 : Répartition des faciès chimiques (ions majeurs) des eaux captées

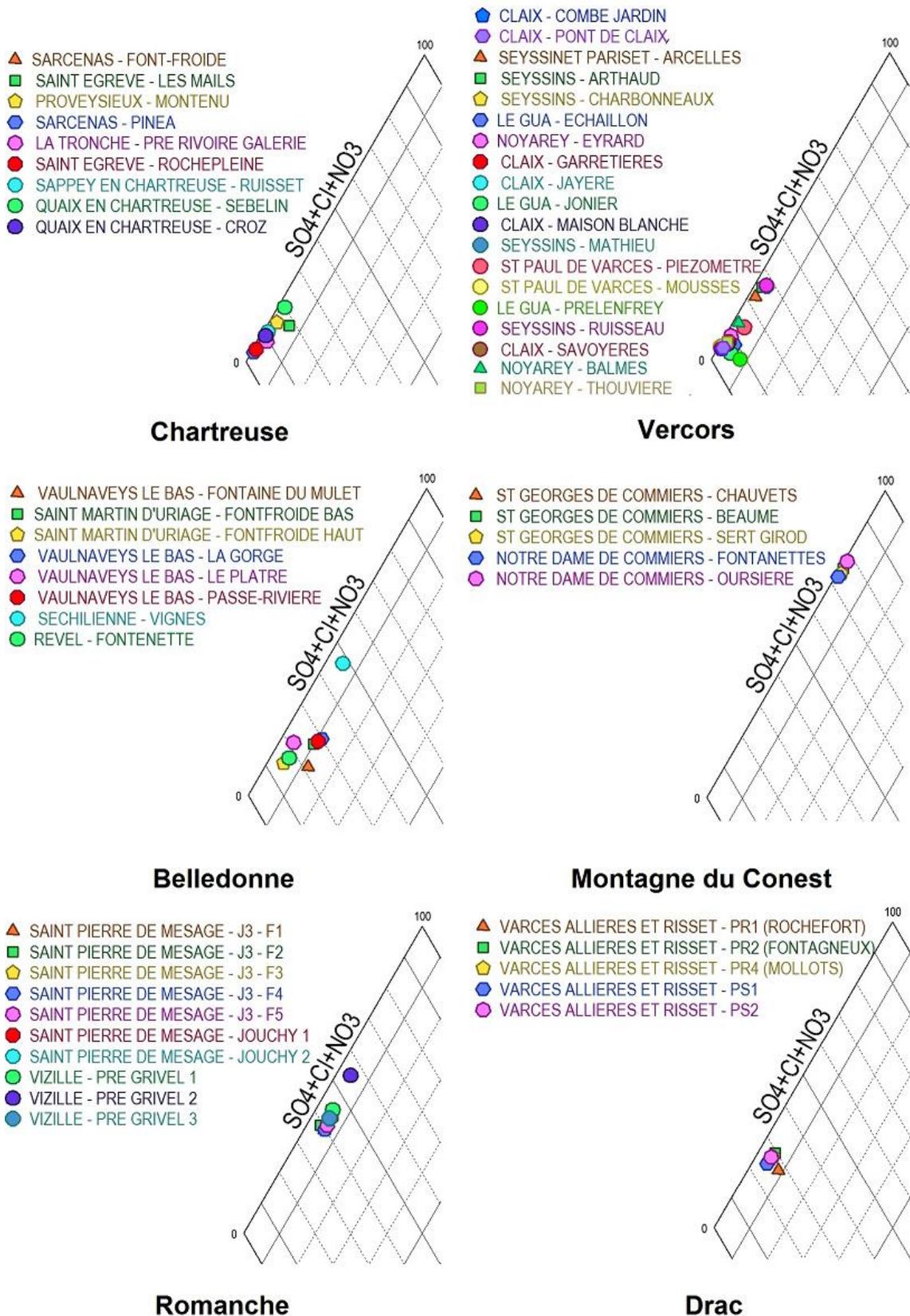


Figure 23 : Distribution des captages en fonction de leur faciès chimique

Les graphiques correspondent au quadrant gauche des losanges du diagramme de Piper,

Type de ressource	Nbre de captages	Débit d'étiage des sources (l/s)	Faciès chimique	Cond moy (µS/cm)	pH moy	T°C moy	SO4 moy (mg/l)	> 0.5 NFU % moy
Chartreuse - Jurassique	3	Débts pouvant être important (exemple du captage de Fontaine Galante)	Bicarbonaté calcique	523	7.5	11.5	21.7	14.3
Chartreuse - Tertiaire	2	Débts non connus	Bicarbonaté calcique	296	7.7	10.1	3.0	4.2
Chartreuse - Crétacé	13	Débts généralement inférieurs à 3 l/s (hormis le captage de Rocheplaine situé en contexte karstique)	Bicarbonaté calcique et Bicarbonaté calcique et magnésien	335	7.7	8.1	14.8	12.5
Sédimentaires Collines Bordières	9	Débts de l'ordre du litre à quelques litres / seconde (hormis pour le captage des Chauvets)	Chloruré sulfaté calcique	708	7.7	9.6	260.8	4.3
Socle Cristallin Cristallophylien	39	Débts peu importants, en grande majorité inférieurs à 10 l/s	Bicarbonaté calcique et magnésien	187	7.5	8.1	21.0	6.9
Vercors Crétacé	26	Débts variables pouvant atteindre une dizaine de l/s	Bicarbonaté calcique et Bicarbonaté calcique et magnésien	414	7.8	9.0	28.8	4.4
Vercors Jurassique	12	Débts variables pouvant être importants (exemple de l'Echailion)	Bicarbonaté calcique et Bicarbonaté calcique et magnésien	513	7.6	10.5	12.2	51.6
Belledonne - Alluvions	1	Forage	Bicarbonaté calcique et magnésien	297	7.1	11.8	16.7	60.0
Grandes Vallées	15	Forage	Bicarbonaté calcique et magnésien	395	7.8	11.0	58.6	4.7

Tableau 4 : Principales caractéristiques des ressources d'eau souterraine

Le tableau ci-avant résume les caractéristiques typologiques des eaux des grands ensembles aquifères différenciés. On remarque que les paramètres 'Conductivité électrique', 'Concentration en sulfates' et 'Pourcentage de dépassement de la norme de turbidité de 0.5 NFU' semblent discriminants quant à leurs valeurs moyennes et permettent de différencier certains types de ressources. Le graphique ci-dessous semble confirmer ce constat. Les autres paramètres (pH et température) ne semblent pas très discriminants quant à eux.

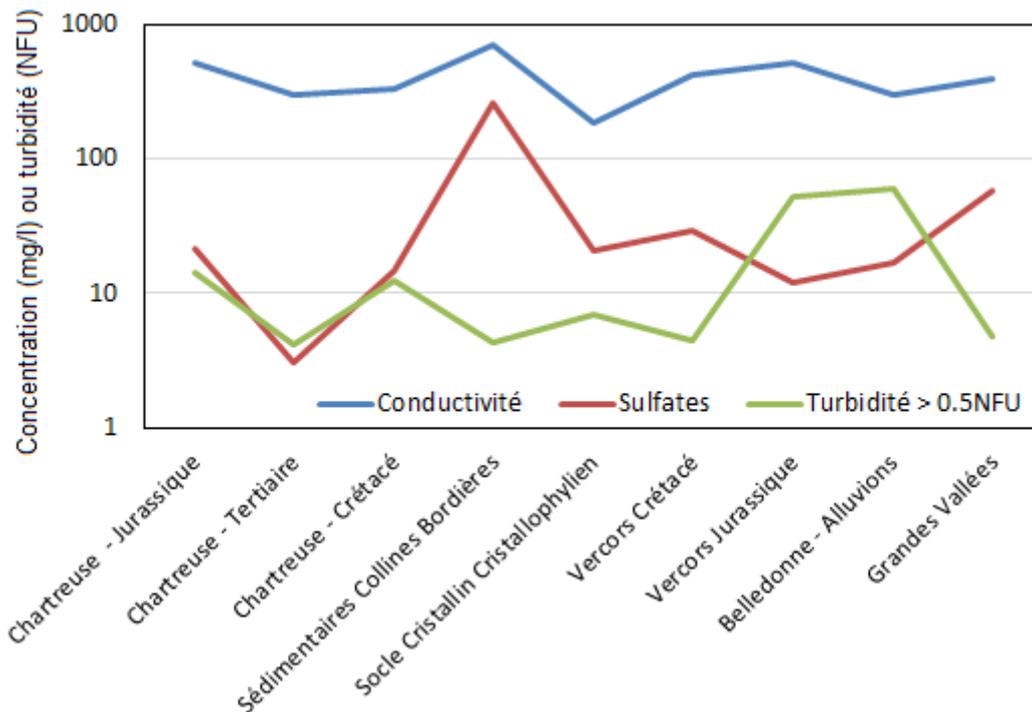


Figure 24 : Valeurs moyennes de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), de la concentration en sulfates (mg/l) et du pourcentage de dépassement de la norme de 0.5 NFU pour la turbidité

La conductivité la plus élevée est observée sur les formations sédimentaires des collines bordières et la plus faible pour le socle cristallin cristalloyphyllien. Les sulfates sont en tout logique très présents également dans les formations sédimentaires des collines bordières, et presque absents dans le domaine de Chartreuse – Tertiaire. Les dépassements de la norme de turbidité sont élevés dans le domaine du Vercors – Jurassique et des grandes vallées.

Ces trois paramètres physico-chimiques ne sont cependant pas discriminants pour différencier entre eux la Chartreuse – Jurassique, la Chartreuse – Crétacé, le Vercors – Crétacé et les Grandes Vallées. La signature en ions majeurs caractérisant le faciès chimique des eaux (Figure 22) n'est également pas discriminant pour ces ensembles aquifères.

4.3.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique des eaux est un paramètre pouvant apporter des informations pertinentes sur l'origine des eaux. Elle est en effet corrélée à la présence des sels dissous dans l'eau, et en particulier aux ions chlorures et sulfates. Il s'agit donc d'un indicateur permettant d'éclairer le type d'aquifère et le temps de circulation des eaux dans l'aquifère.

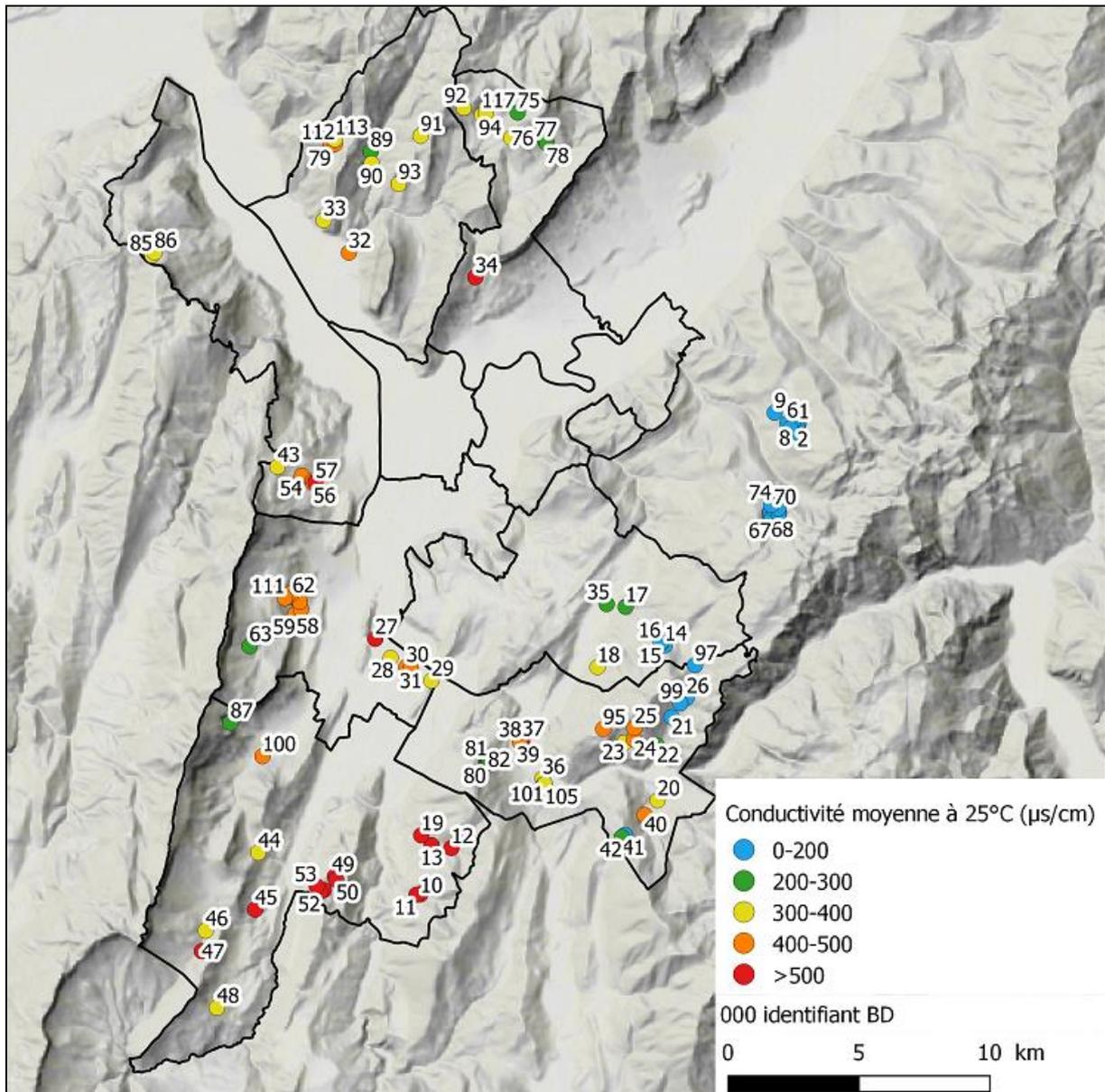


Figure 25 : Distribution spatiale des conductivités électriques des eaux des captages (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)

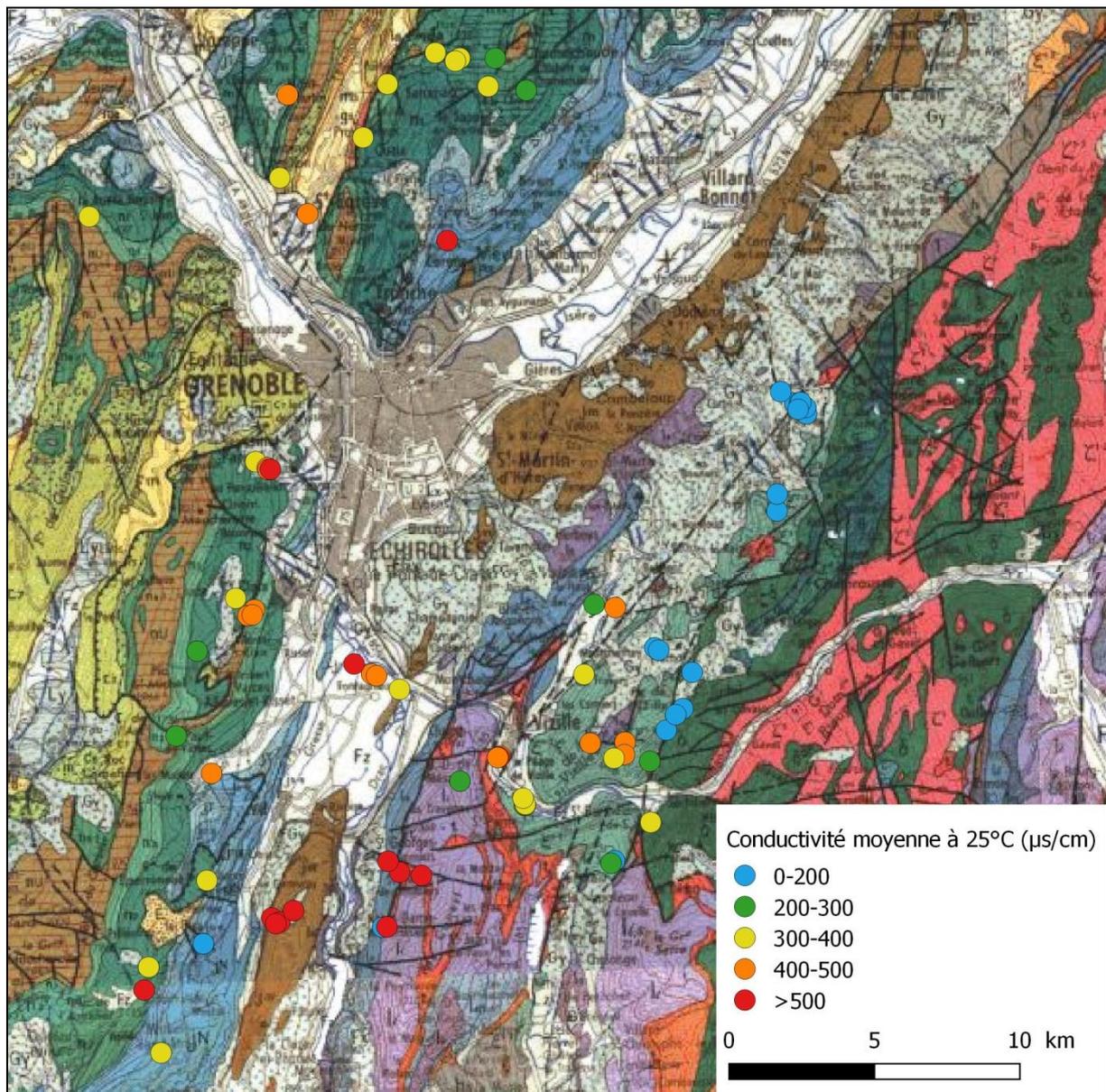


Figure 26 : Distribution spatiale des conductivités électriques des eaux des captages (fond de carte géologique)

Les valeurs moyennes des conductivités électriques des eaux des captages de la zone d'étude sont très contrastées (106 captages renseignés) et vont de moins de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à plus de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. On peut cependant dégager quelques grands groupes :

- Les captages rattachés au massif de Belledonne exploitent des eaux ayant pour origine principale des circulations dans des roches cristallophylliennes de différents types tel que des micaschistes ou des amphibolites. Ces eaux ont des conductivités inférieures à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A l'inverse, les eaux issues de circulations dans les formations triasiques carbonatées (région de St Georges de Commiers) présentent des conductivités très élevées et parfois supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Entre ces deux grands groupes, se trouvent des captages présentant des conductivités moyennes de 300 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ayant le plus souvent une origine d'écoulements en milieu fracturé mais également une circulation non négligeable dans des éboulis ou des moraines.
- Les captages situés sur le massif de la Chartreuse ont des conductivités de l'ordre de 300 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, caractéristiques des formations aquifères en présence.

- Les captages du massif du Vercors présentent une grande variation de conductivité en raison de leurs origines variées et des différentes formations géologiques en présence. On notera des conductivités élevées pour les captages de Merlière situés sur la commune de Vif, probablement dues aux formations jurassiques présentes.
- Les captages situés dans les nappes alluviales exploitent des eaux ayant généralement des conductivités de 300 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

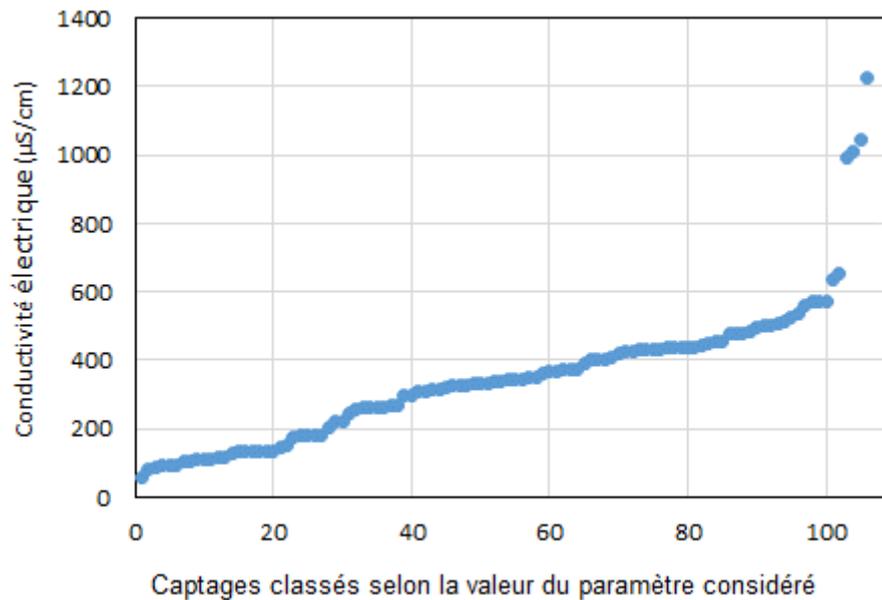


Figure 27 : Courbe de répartition des conductivités électriques (à 25°C) des eaux des captages

4.3.1. Potentiel Hydrogène (pH)

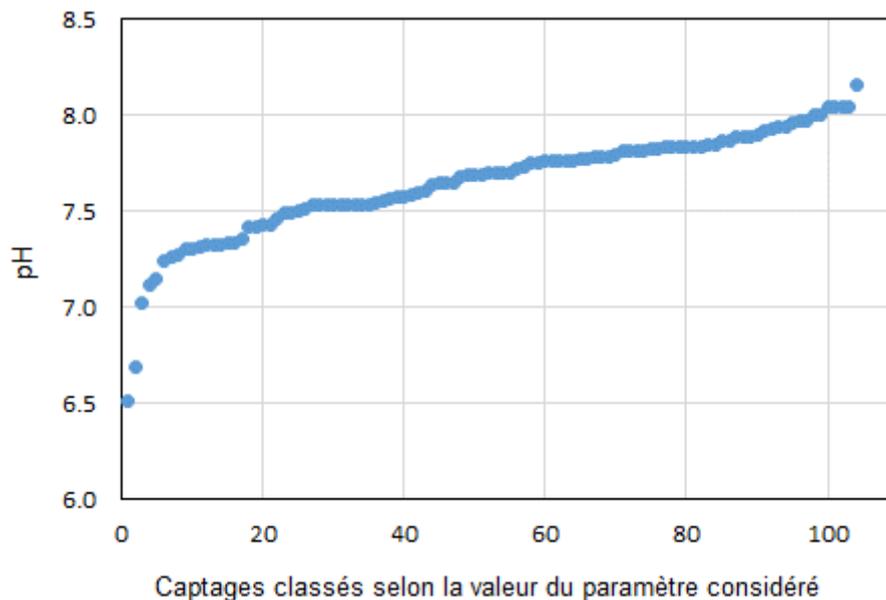


Figure 28 : Courbe de répartition du pH des eaux des captages

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution :

- une solution de $\text{pH} = 7$ est dite neutre ;

- une solution de pH < 7 est dite acide ; plus son pH s'éloigne de 7 (diminue) et plus elle est acide ;
- une solution de pH > 7 est dite basique ; plus son pH s'éloigne de 7 (augmente) et plus elle est basique.

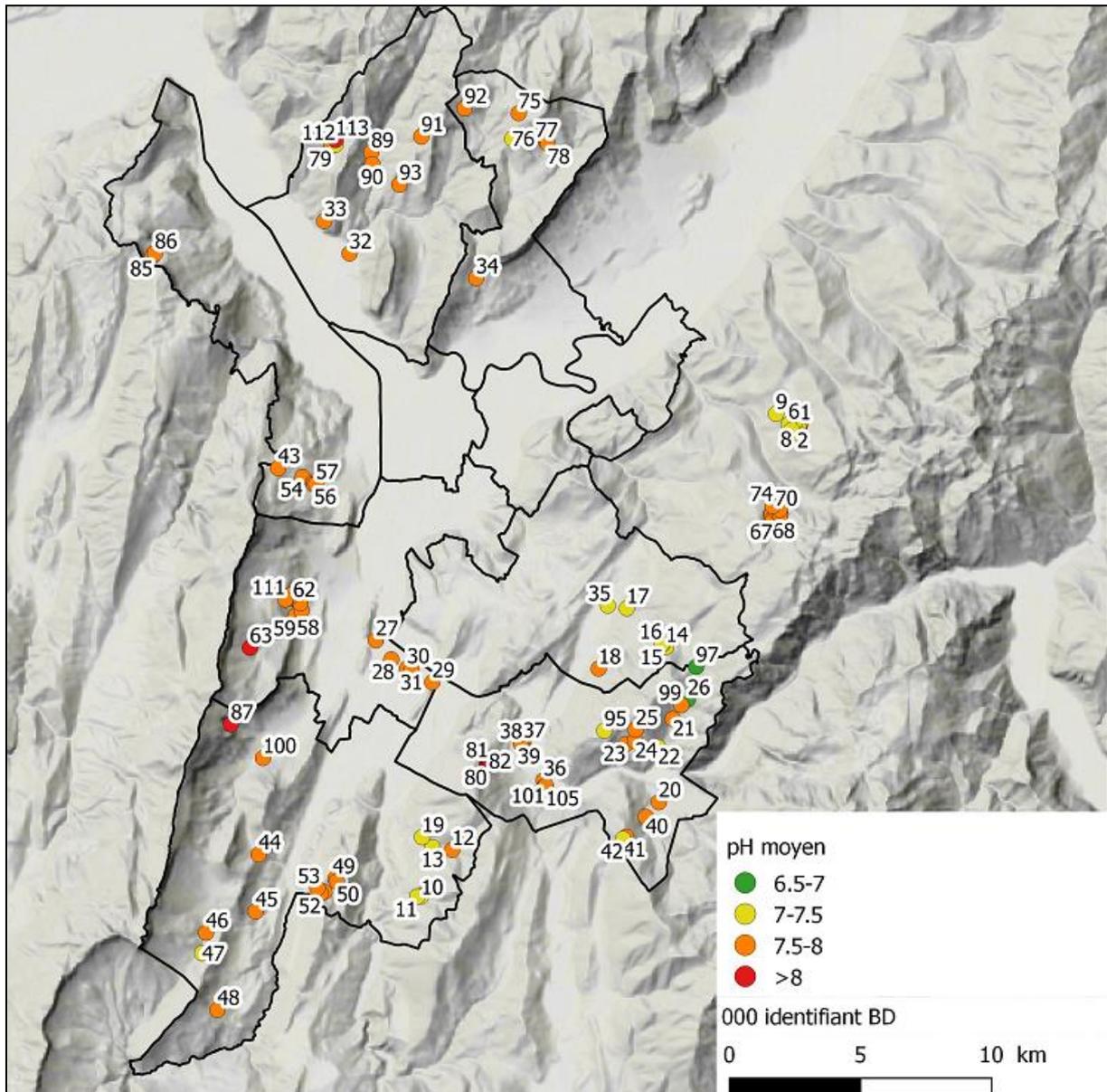


Figure 29 : Distribution spatiale du pH des eaux des captages (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)

Sur l'ensemble de la zone d'étude, les eaux ont un pH généralement compris entre 7 et à peine plus de 8 (105 captages renseignés). Le pH est donc neutre à légèrement basique, ce qui est en accord avec les formations carbonatées en présence. Quelques pH acides sont à noter dans le secteur de Belledonne, qui peuvent être reliés à la nature des formations cristallines d'origine volcanique acide ou à des zones plus riches en silice pouvant former des bancs au sein des micaschistes et/ou des amphibolites.

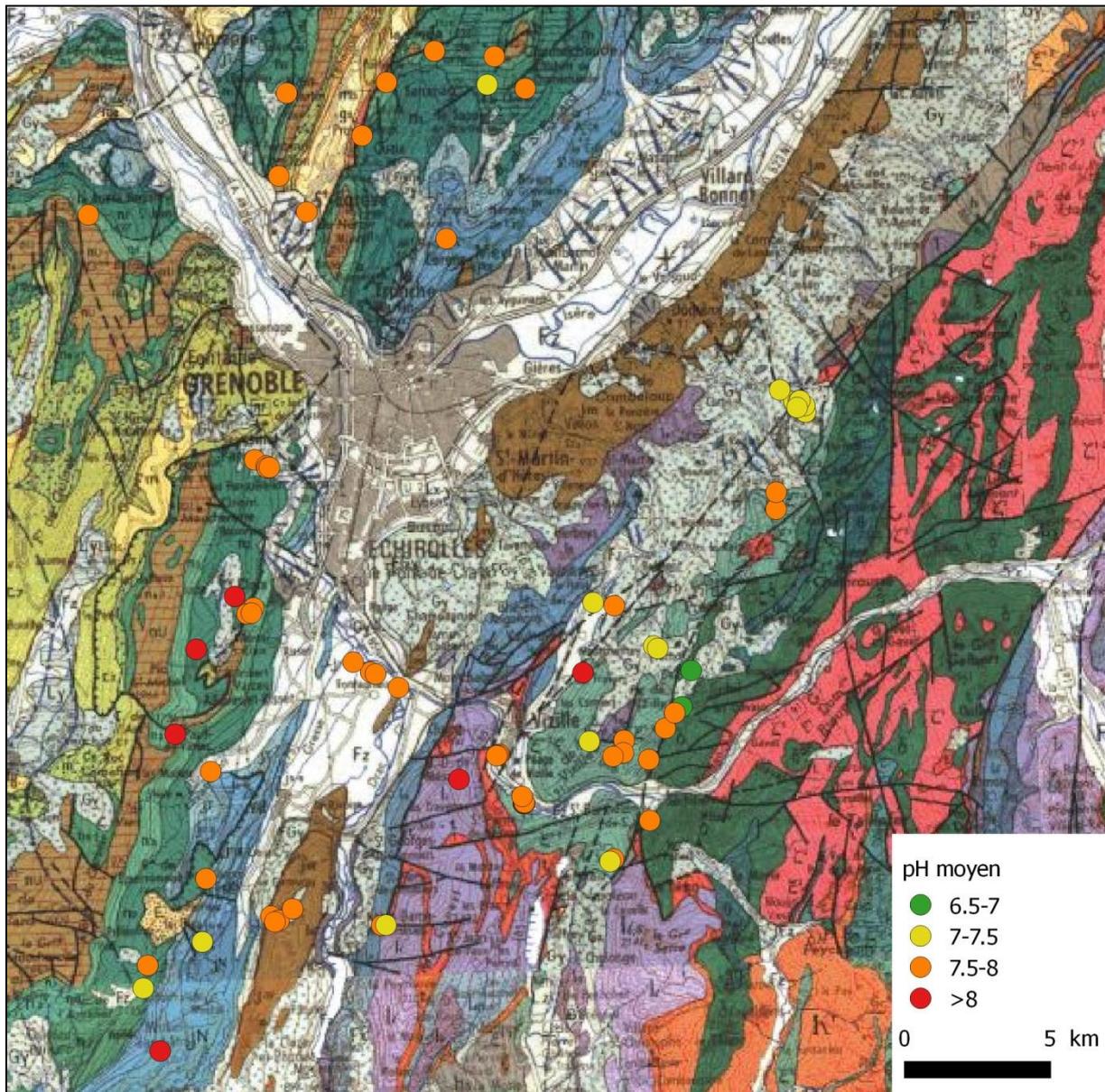


Figure 30 : Distribution spatiale du pH des eaux des captages (fond de carte géologique)

4.3.2. Sulfates

Le paramètre 'Sulfates' n'a pas de normes réglementaires, seulement des références de qualité. Pour les référence de qualité, voir l'Arrêté du 11/01/07 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

Les concentrations en sulfates sont problématiques sur certains captages en dépassant la valeur guide de 250 mg/l.

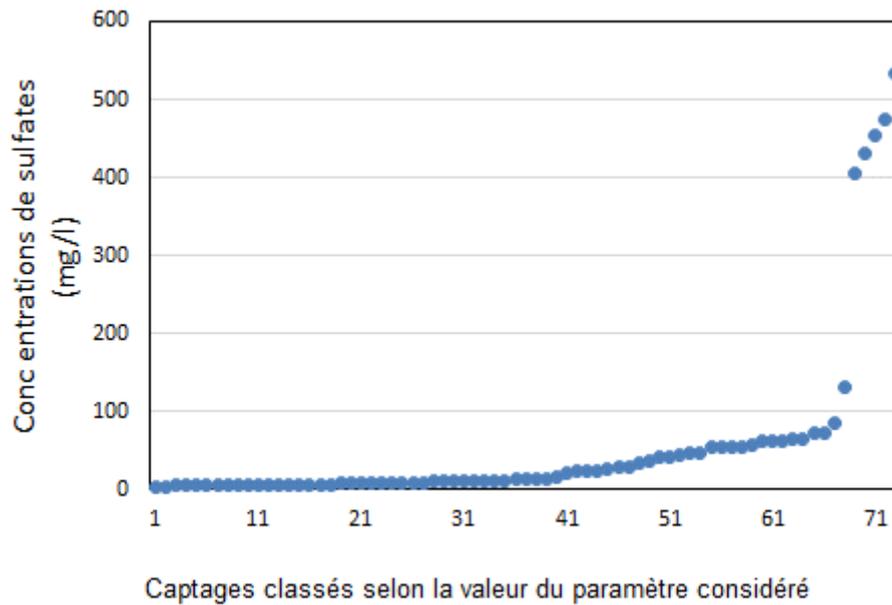


Figure 31 : Distribution des concentrations en sulfates sur les 73 captages renseignés

Les captages renseignés (73 captages renseignés et 48 non renseignés) dont les concentrations moyennes dépassent la valeur guide sont les suivants :

- OURSIERE 534.1 mg/l
- BEAUME 474.8 mg/l
- CHAUVETS 454.3 mg/l
- SERT GIROD 430.1 mg/l
- FONTANETTES 405.7 mg/l

Les sulfates ont vraisemblablement pour origine la dissolution du gypse très présent dans certaines formations géologiques du secteur, mais éventuellement aussi l'oxydation des sulfures (ex. pyrite) pouvant être présents dans certaines formations sédimentaires.

4.3.1. Nitrates

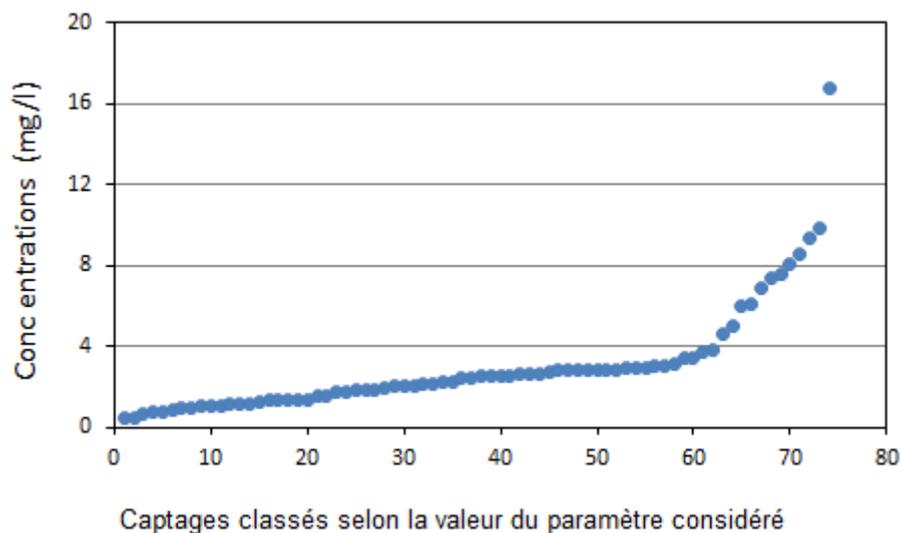


Figure 32 : Distribution des concentrations en nitrates sur les 74 captages renseignés

Les concentrations de nitrates dans les eaux des captages renseignés varient de 0.5 à 17 mg/l (Figure 32). La norme de potabilité pour les nitrates est de 50 mg/l. Il n'y a donc pas de problématique 'nitrates' sur les captages étudiés. Les concentrations observées sont principalement dues au bruit de fond naturel des eaux lié à la minéralisation de la matière végétale naturelle. Les valeurs les plus élevées (> 4 mg/l) peuvent correspondre à un apport de nitrates par les activités d'élevage (fumiers et lisiers) ou agricoles (engrais), ou aux eaux usées (STEP ou fosses septiques).

4.3.1. Dureté de l'eau

Certaines eaux distribuées présentent une dureté pouvant influencer leur caractère agressif (risque de corrosion des canalisations) ou encroûtant (dépôt de calcaire).

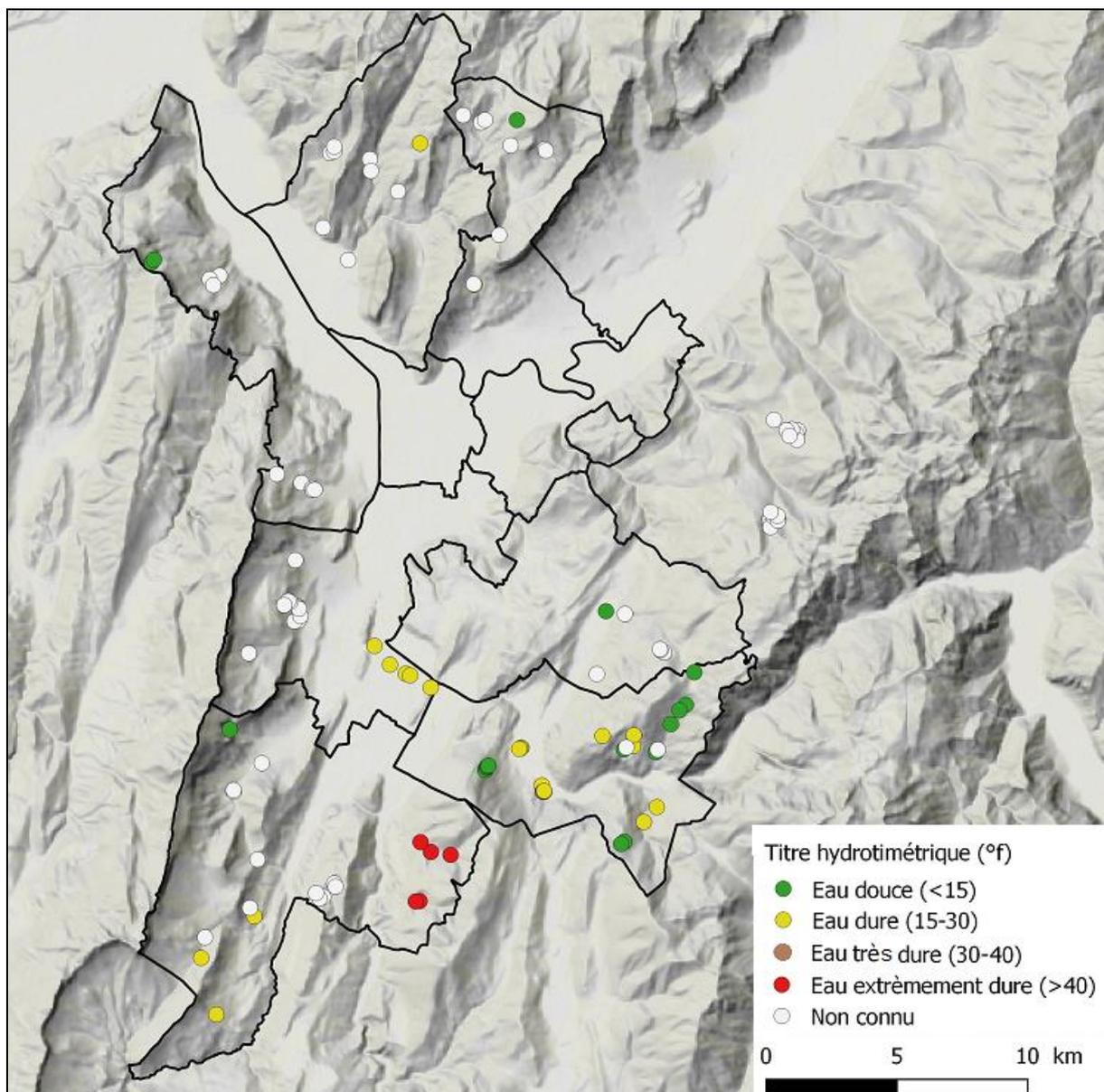


Figure 33 : Valeurs moyennes du titre hydrotimétrique (TH en °f)

La dureté d'une eau est représentée par le titre hydrotimétrique TH (exprimé en °f) principalement dû à la présence dans l'eau du calcium (Ca) et du magnésium (Mg). Une eau est dite dure ou très calcaire lorsque son TH est de plus de 30°f. Au contraire, elle est dite douce ou peu calcaire lorsque

sont TH est inférieur à 8°. La dureté de l'eau et son acidité définissent son agressivité. Le paramètre 'Dureté' n'a pas de normes réglementaires, seulement des références de qualité. Pour les référence de qualité, voir l'Arrêté du 11/01/07 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

Pour ses propres besoins, l'ARS-38 retient les classes suivantes (source GAM) :

- 00 à 08°F : Très peu minéralisée - Eau douce
- 09 à 20°F : Peu minéralisée - Eau peu dure
- 20 à 30°F : Minéralisée - Eau moyennement dure
- Plus de 30°F : Très minéralisée - Eau dure à très dure

4.3.2. Turbidité

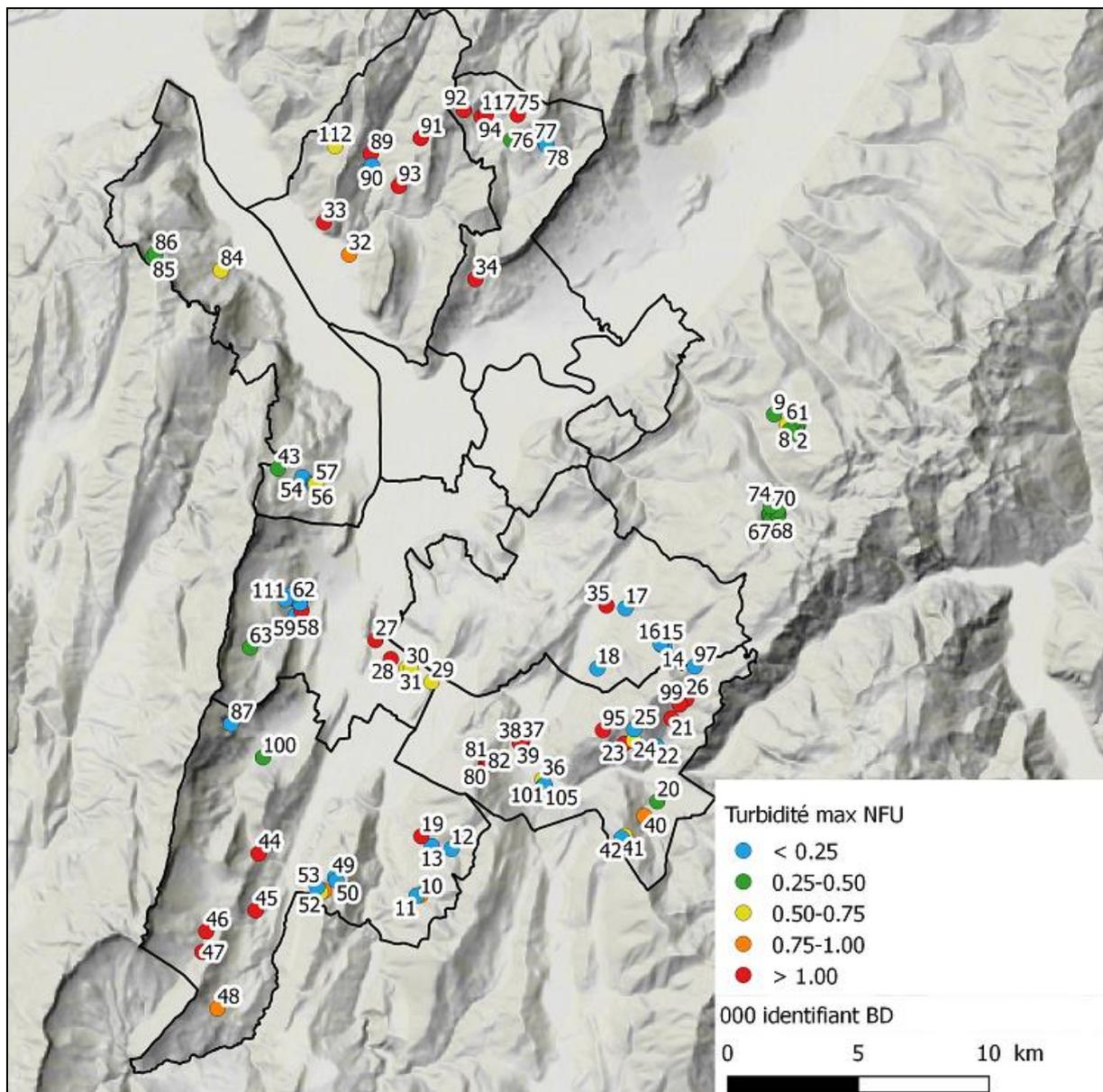


Figure 34 : Distribution spatiale de la turbidité maximale des eaux des captages (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)

La turbidité représente la teneur d'une eau en matières la rendant plus ou moins trouble. Elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales. Dans les eaux souterraines, elle est généralement liée à la présence de particules d'argile.

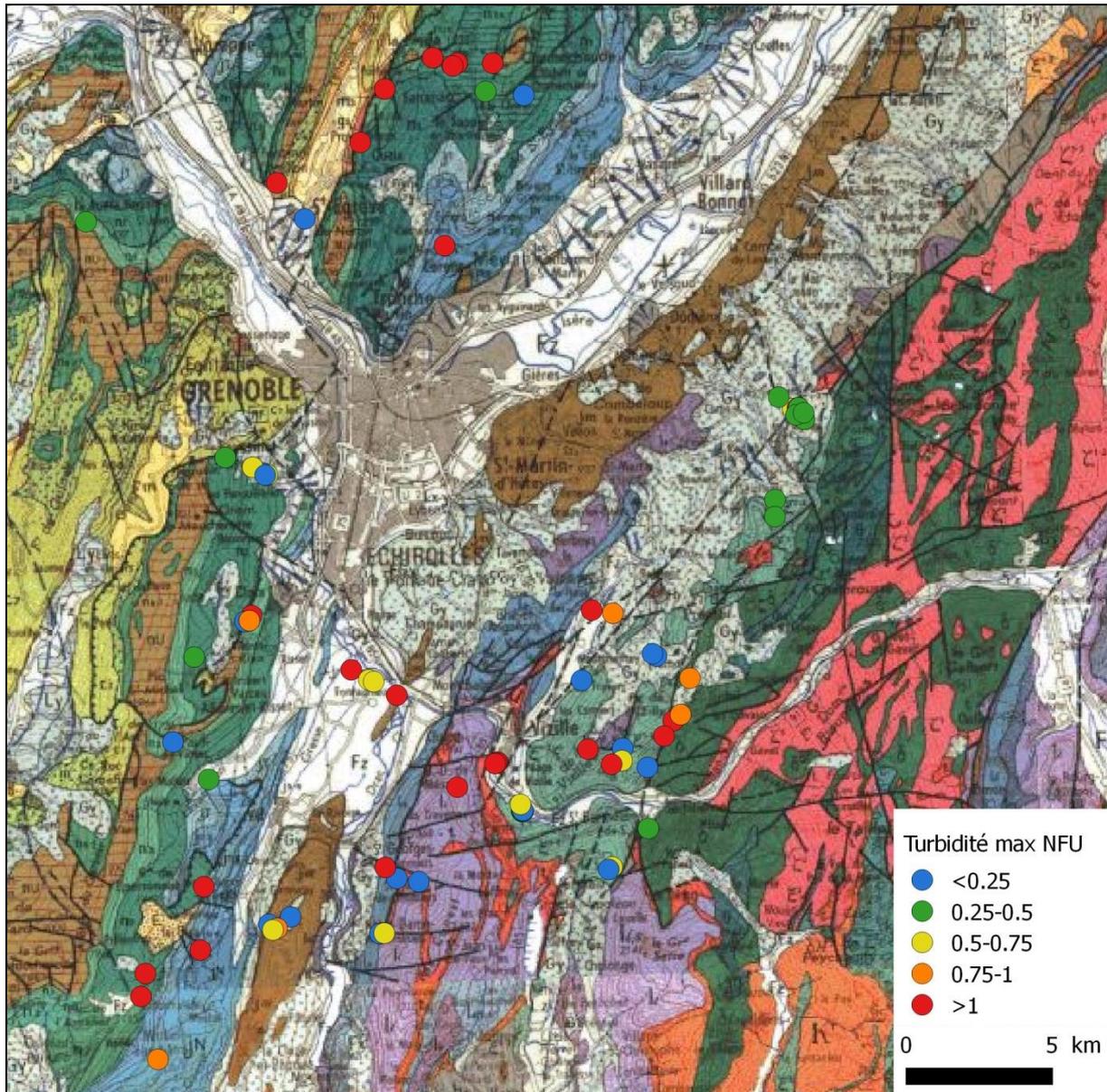


Figure 35 : Distribution spatiale de la turbidité maximale des eaux des captages (fond de carte géologique)

La turbidité joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité des eaux et leur traitement car :

- Elle signe l'existence d'écoulement rapide et la possible connexion directe avec des eaux superficielles.
- Elle indique une probabilité plus grande de présence d'éléments pathogènes en particulier après des orages et inondations.
- Elle perturbe la désinfection, rendant inefficace le traitement par ultraviolets et baissant l'efficacité du traitement au chlore.

- Elle peut être due à de la matière organique favorisant la formation de biofilms dans le système de desserte des eaux, le développement de bactéries et la formation de composés chimiques par une réaction avec le chlore.

Les turbidités observées sur les captages atteignent des valeurs élevées principalement pour les captages du Massif de la Chartreuse et de la partie Sud du Vercors. Ces valeurs élevées signent ou suggèrent des circulations karstiques rapides. Quelques valeurs importantes de turbidité sont également à signaler du côté du massif de Belledonne. Elles pourraient avoir une origine propre à l'environnement immédiat du captage ou à sa conception.

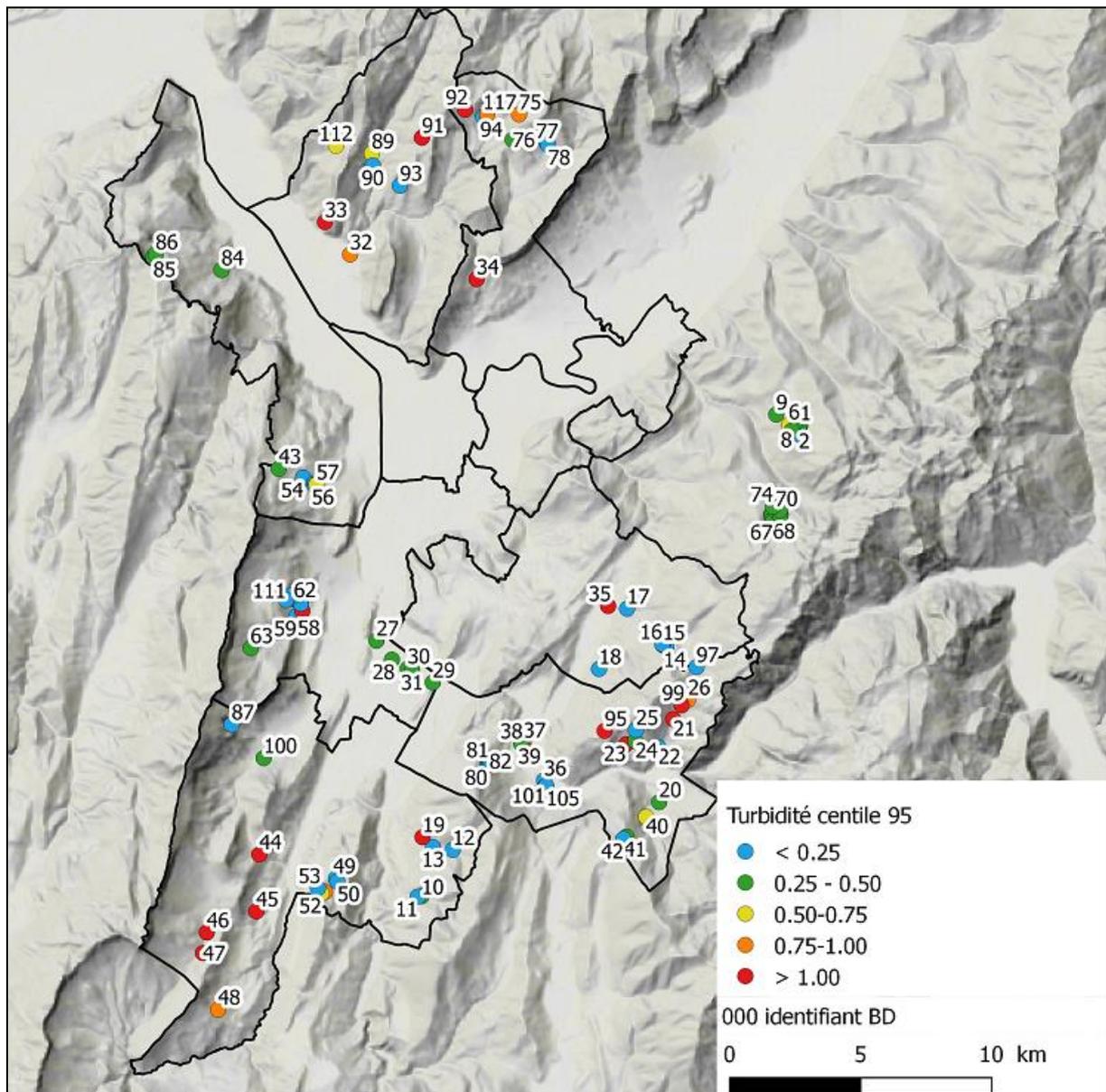


Figure 36 : Distribution spatiale de la turbidité (centile 95) (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)

La Figure 36 présente la distribution spatiale des centiles 95 des valeurs de turbidité sur les captages. Le centile 95 représente la valeur pour laquelle 95% des données lui sont inférieures et 5% lui sont supérieures. Ceci permet d'éliminer d'éventuelles valeurs anecdotiques ou des erreurs d'échantillonnage. Plusieurs captages semblent ainsi présenter (en considérant le centile 95) une eau

de qualité meilleure que celle caractérisée par la turbidité maximale observée. Le centile 95 semble donc plus pertinent à retenir comme paramètre puisqu'il évite de classer des captages sur des valeurs possiblement erronées.

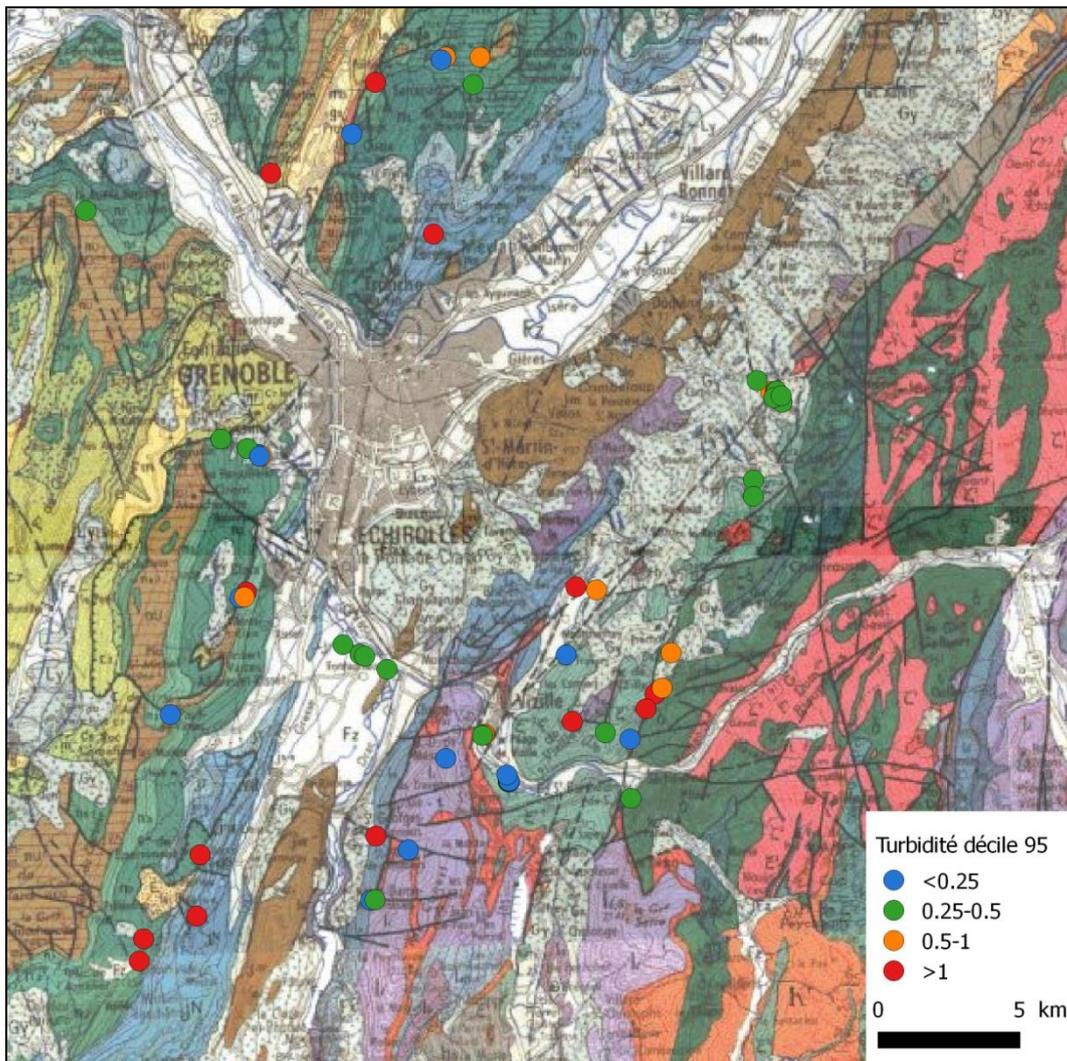


Figure 37 : Distribution spatiale de la turbidité (centile 95) (fond de carte géologique)

Concernant les grands champs captants, le centile 95 de la turbidité varie autour de 0.3 NFU sur Jouchy, de 0.4 NFU sur Rochefort et de 0.8 NFU sur Pré Grivel. Les valeurs maximales de turbidité observées sur les trois grands champs captants suivent la même variabilité, avec des valeurs maximales respectives de 0.8 NFU pour Jouchy, 1.6 NFU pour Rochefort et 2.4 NFU pour Pré Grivel. Ces valeurs ne placent pas les grands champs captants parmi les ressources ayant la plus faible turbidité, ni parmi celles ayant les plus fortes turbidités (voir Figure 38).

La valeur du centile 95 moyen est proche de la limite de qualité de 0.5 NFU, ce qui indique qu'en moyenne la norme de turbidité est rarement dépassée. Rappelons que la turbidité ne constitue pas un risque en elle-même. Elle est plutôt un indicateur d'une connexion rapide possible avec les eaux superficielles et donc une possible vulnérabilité à la contamination microbologique. La turbidité observée sur les grands champs captants est vraisemblablement à rattacher à leur connexion avec les eaux de surface (rivières voisines ou torrents limitrophes), à la nature grossière des alluvions composant l'aquifère alluvial et à la fluctuation piézométrique importante de la nappe alluviale reliée au niveau d'eau dans la rivière.

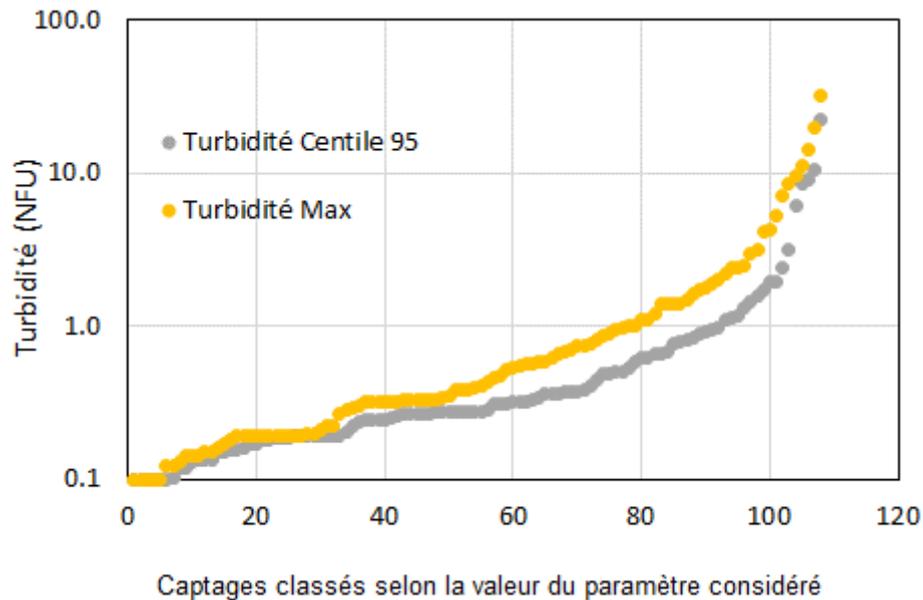


Figure 38 : Valeurs de la turbidité maximale et du centile 95 de la turbidité pour les 120 points de prélèvement

4.3.3. Microbiologie

La microbiologie des eaux peut avoir des conséquences sur la santé. La bonne qualité microbiologique des eaux est donc un enjeu essentiel de santé publique. La contamination microbiologique des eaux résulte de la présence en quantité excessive de germes, bactéries ou virus pouvant être pathogènes pour l'humain. Elle est généralement due aux pollutions d'origine fécale ayant pour principale origine les élevages agricoles, des dysfonctionnements dans les réseaux d'eau usée ou une contamination par les rejets de stations d'épuration et par les systèmes d'assainissement non collectif.

Les paramètres microbiologiques fournis par les analyses ont été utilisés pour caractériser la qualité microbiologique des eaux brutes des captages. Ce sont les paramètres : Escherichia coli, coliformes thermo-tolérants, ainsi que les bactéries et spores sulfite-réductrices. Les pourcentages de détection de ces indicateurs ont été calculés.

Les bactéries E. Coli sont détectées de façon chronique sur le massif du Vercors et en quantité moindre sur les deux autres massifs. Cela provient de la nature même des formations aquifères dont les circulations rapides dans les fractures et fissures ne permettent pas une autoépuration efficace. Le processus de protection (absence de recouvrement) et d'atténuation (absence de filtration) des organismes lors de leur migration dans le sol, la zone non saturée et l'aquifère n'est ainsi pas suffisant pour maintenir la qualité de l'eau souterraine.

Les captages de l'Echaillon, Garretières, Jonier, Prélénfrey, Merlière, Ruisset et Sagnes sont parmi les plus touchés par cette contamination avec des fréquences de détection largement supérieures à 50%.

Les captages en vallées alluviales ne sont pas ou très peu concernés par ce type de contamination, ce qui atteste de la meilleure capacité d'autoépuration des formations sédimentaires alluviales.

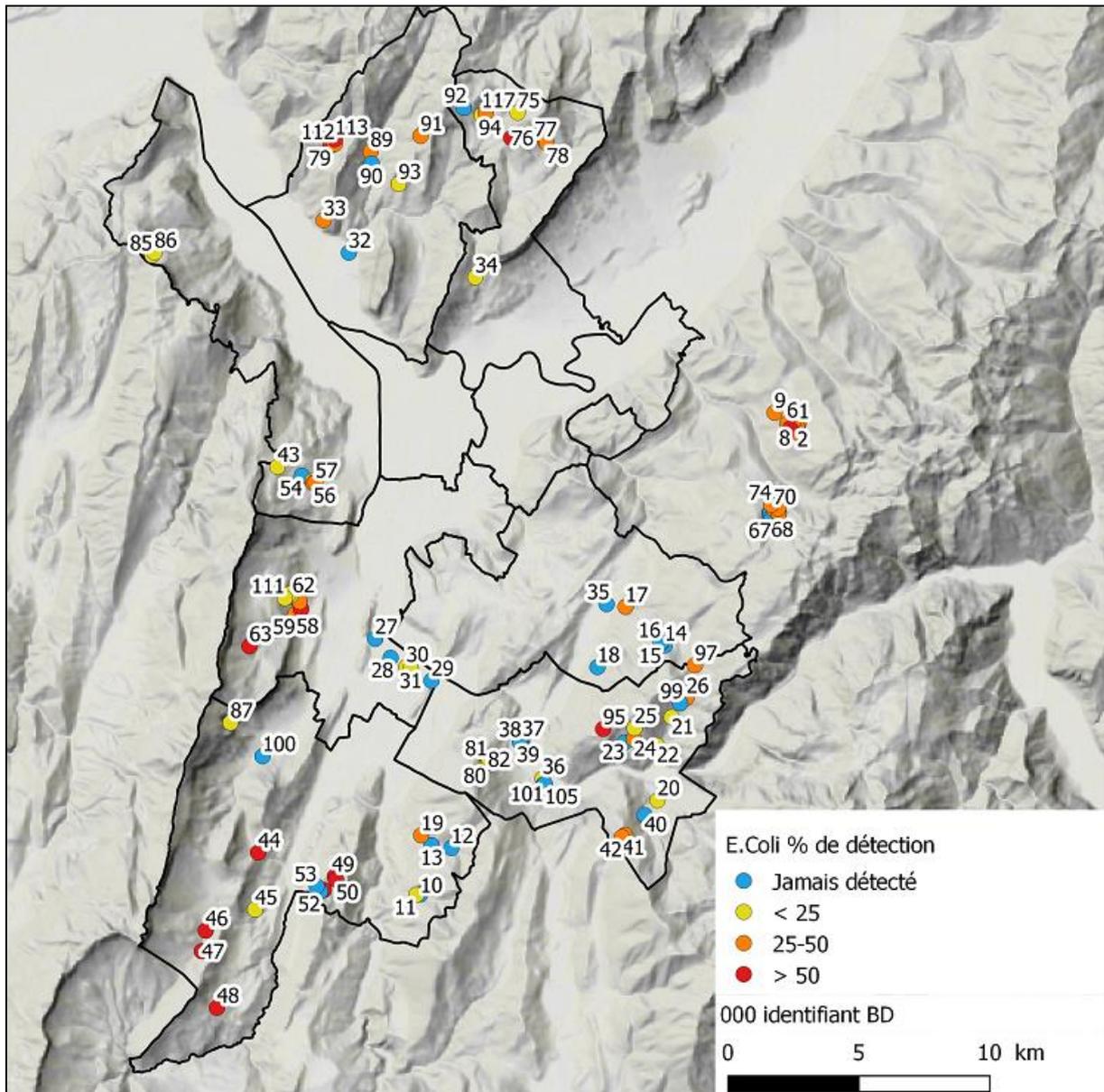


Figure 39 : Distribution de la contamination aux bactéries E. Coli (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)

Les coliformes thermo-tolérants sont détectés de façon chronique sur le massif du Vercors et en fréquence moindre sur les deux autres massifs. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus pour les bactéries E. Coli. Les captages en vallées alluviales ne sont pas ou très peu concernés par ce type de contamination.

Les bactéries sulfito-réductrices et spores n'apportent pas plus d'informations. Ces germes apparaissent en fréquence moins importante sur l'ensemble de la zone d'étude.

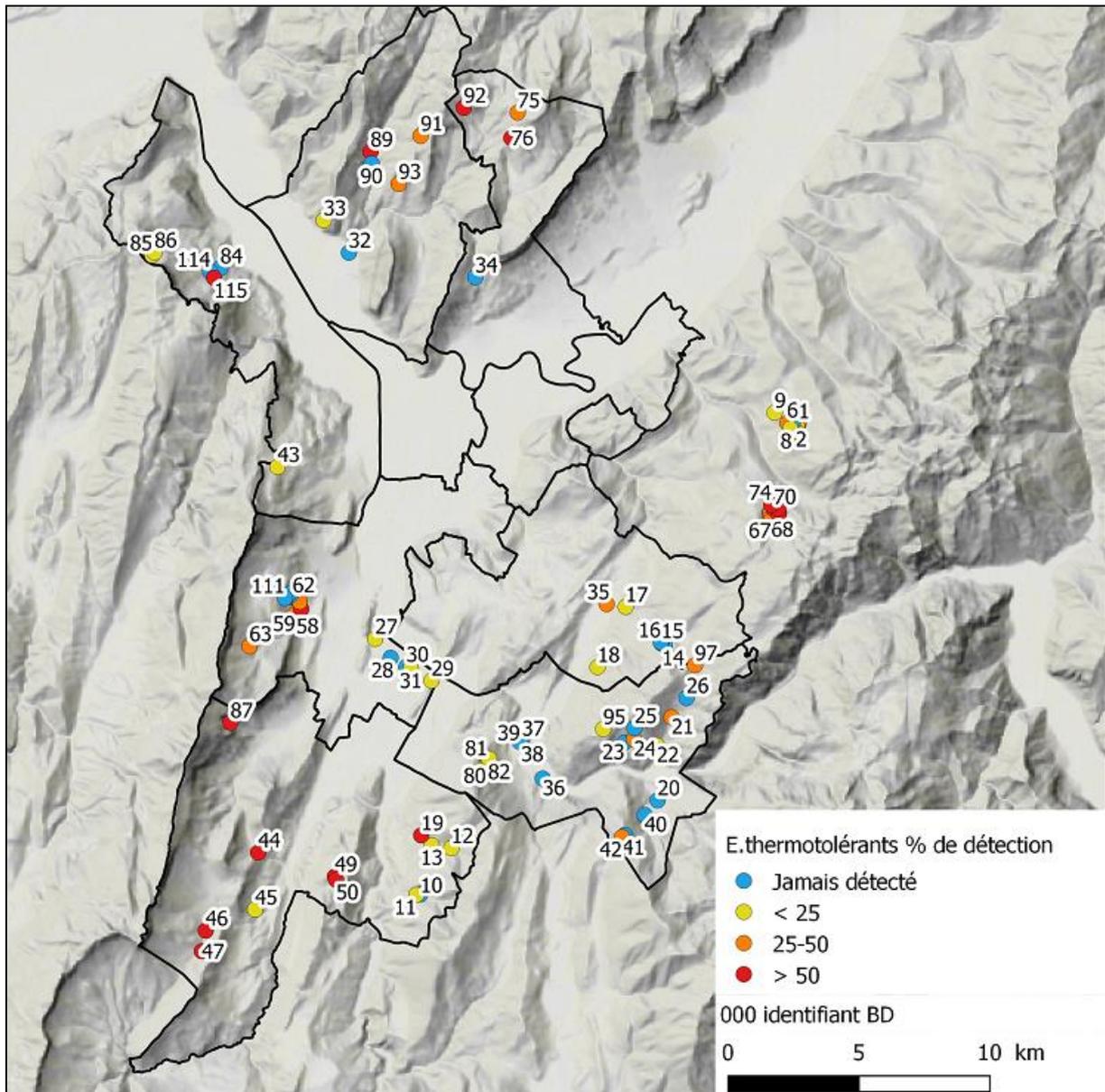


Figure 40 : distribution de la contamination aux bactéries coliformes thermo-tolérantes (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)

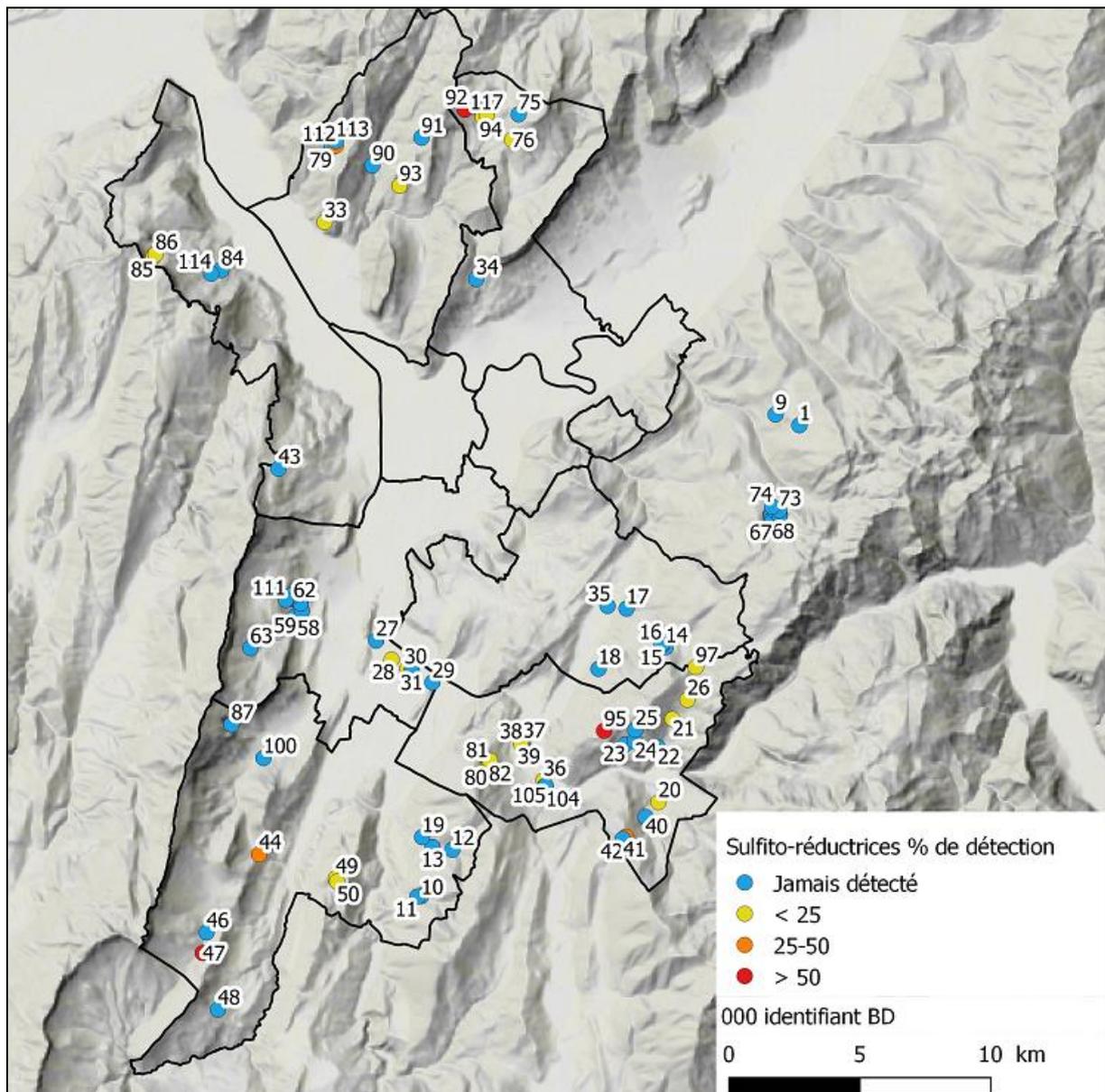


Figure 41 : Distribution de la contamination aux bactéries sulfite réductrices et spores (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)

4.3.4. Contaminants organiques

Les contaminants organiques sont les molécules chimiques à base de carbone issues de l'industrie du pétrole ou de la synthèse industrielle. Ils regroupent entre autres les pesticides (herbicides, fongicides, insecticides ...), les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) principalement reliés à la combustion de matériaux naturels ou artificiels, les PCB (polychlorobiphényles) qui sont des produits de synthèse utilisés dans l'industrie, les solvants également utilisés dans l'industrie, les carburants, etc. Ces polluants organiques sont caractérisés par leur persistance, leur toxicité, leur capacité de bioaccumulation et leur capacité de transport à longue distance. Ces propriétés sont différentes pour chaque molécule organique.

Différents types de contaminants organiques peuvent atteindre les captages d'eau potable. Le mode de contamination ainsi que la concentration de polluant retrouvée dans les eaux sont directement conditionnés par la nature des substances, les pressions exercées sur le territoire, ainsi que la nature

de l'aquifère. Les sources de pollution potentielle sont nombreuses et ont pour origine les activités humaines agricoles, industrielles, artisanales, urbaines ou domestiques.

Le Tableau suivant résume les contaminants organiques détectés sur eau brute. Les circonstances de l'apparition des contaminants organiques sur Pré Grivel sont discutées à la section 8.3.3 et à la section 4.3.4 concernant le perchlorate sur Rochefort.

Tableau 5 : Captages concernés par des contaminants organiques

Polluants organiques	Molécules	Dépassement (limite de qualité)	Captages et concentrations
Pesticides	Glyphosate	Oui (0.1 µg/l)	Rochefort PR1 le 16/1/2008 : 0.3 µg/l Pré Rivoire le 22/7/2015 : 0.132 µg/l
	AMPA (métabolite du glyphosate)	Oui (0.1 µg/l)	Rochefort PR1 le 16/1/2008 : 0.14 µg/l Pré Rivoire le 22/7/2015 : 0.169 µg/l
		Non (0.1 µg/l)	Jouchy 3 - F3 le 20/4/2015 : 0.053 µg/l Jayères le 29/6/2015 : 0.064 µg/l Maison Blanche le 29/6/2015 : 0.054 µg/l
	Alachlore	Oui (0.1 µg/l)	Jonier le 13/10/2004 : 0.13 µg/l
	Aminotriazole	Non (0.1 µg/l)	L'Echaillon le 1/10/2007 : 0.064 µg/l
Hydrocarbures dissous ou émulsionnés		Non (10 µg/l)	Rochefort PS1 le 2/5/2012 : 0.13 mg/L Jouchy 2 le 12/12/2013 : 0.15 mg/L Jouchy 2 le 10/1/2014 : 0.17 mg/L Jouchy 2 le 16/1/2014 : 0.12 mg/L Jouchy 2 le 10/3/2014 : 0.11 mg/L Jouchy 2 le 1/4/2014 : 0.3 mg/L Jouchy 2 le 13/4/2015 : 0.11 mg/L Jouchy 3 - F4 le 21/5/2015 : 0.18 mg/L Pré Grivel 1 le 7/2/2014 : 0.3 mg/L Pré Grivel 1 le 7/2/2014 : 0.6 mg/L Pré Grivel 1 le 5/3/2014 : 0.1 mg/L Pré Grivel 1 le 19/3/2014 : 0.1 mg/L Pré Grivel 3 le 3/4/2015 : 0.15 mg/L Pré Grivel 3 le 21/5/2015 : 0.12 mg/L Les Mails le 11/1/2005 : 0.17 mg/L Arcelles le 25/10/2004 : 0.2 mg/L Charbonneaux le 15/6/2005 : 0.05 mg/L Jayères le 15/6/2005 : 0.061 mg/L Mathieu le 15/6/2005 : 0.052 mg/L Mathieu le 6/6/2007 : 0.1 mg/L Merlière 1 et 2 le 18/10/2012 : 0.1 mg/L Plâtre le 19/9/2005 : 0.11 mg/L
HAP	Benzo(a)pyrène	Oui (0.01 µg/l)	Pré Grivel 1 le 30/1/2014 : 0.012 µg/l
	Benzo(b) fluoranthène	Non (0.1 µg/l pour la somme de ces 3 HAP)	Pré Grivel 1 le 30/1/2014 : 0.018 µg/l
	Benzo(g,h,i) pérylène		Pré Grivel 1 le 30/1/2014 : 0.018 µg/l
	Indéno(1,2,3-cd) pyrène		Pré Grivel 1 le 30/1/2014 : 0.014 µg/l
	Naphtalène		(Jouchy 1 le 25/7/2002 : 0.0077 µg/l) Pré Grivel 1 le 30/1/2014 : 0.014 µg/l

Autres organiques	Trihalométhanes (4 substances)	Non (100 µg/l)	Jouchy 2 le 19/3/2014 : 0.5 µg/l Pré Grivel 1 le 17/7/2015 : 0.6 µg/l Eyrard le 27/9/2010 : 13 µg/l
	Trichloroéthylène	Non (10 µg/l pour Tétrachloroéthylène + Trichloroéthylène)	Pré Grivel 1 le 16/4/2014 : 0.73 µg/l
	Perchlorate	(pas de norme, mais recommandation de 4 et 15 µg/l)	Rochefort PS1 le 19/2/2015 : 0.20 µg/L Rochefort PS1 le 2/3/2015 : 0.19 µg/L Rochefort PS1 le 8/4/2015 : 0.13 µg/L Rochefort PS1 le 4/5/2015 : 0.14 µg/L Rochefort PS1 le 21/5/2015 : 0.16 µg/L Rochefort PS2 le 12/8/2015 : 0.13 µg/L
	Tétrachlorure de carbone		Rochefort PR2 le 22/5/1996 : 0.1 µg/l Rochefort PR2 le 3/5/2000 : 0.11 µg/l Rochefort PR4 le 3/5/2000 : 0.13 µg/l Rochefort PR1 le 22/5/1996 : 0.2 µg/l (Jouchy 1 le 19/10/1998 : 0.1 µg/l) (Jouchy 1 le 15/12/1999 : 0.1 µg/l) Jouchy 2 le 19/10/1998 : 0.1 µg/l Jouchy 2 le 15/12/1999 : 0.2 µg/l Jouchy 2 le 15/10/2001 : 0.3 µg/l Pré Grivel 1 le 15/12/1999 : 0.6 µg/l Pré Grivel 1 le 19/10/1999 : 1.8 µg/l Pré Grivel 2 le 19/10/1998 : 3 µg/l

Les résultats de quantification sur Jouchy 1 sont présentés à titre de renseignement de la vulnérabilité du champ captant de Jouchy puisque ce captage n'est plus utilisé.

La majorité des molécules recherchées par les laboratoires d'analyses dans les échantillons prélevés n'a pas été quantifiée (les concentrations sont en dessous du seuil de quantification des méthodes utilisées).

Concernant la contamination par les molécules pesticides, quatre molécules ont été quantifiées : le glyphosate et son produit de dégradation l'AMPA, l'alachlore et l'aminotriazole. Ces molécules herbicides ont été retrouvées sur les champs captants de Jouchy et Rochefort et sur les captages de Pré Rivoire, Jayères, Maison Blanche, Jonier et l'Echaillon. Ces molécules ont été quantifiées de façon ponctuelle, rarement à des concentrations supérieures à la norme de 0.1 µg/l pour l'eau potable. L'absence d'autres pesticides (les récentes analyses peuvent rechercher jusqu'à plus de 600 molécules selon les laboratoires d'analyses) est principalement le fait d'une très faible occupation agricole du territoire, en particulier en ce qui a trait aux grandes cultures utilisatrices de molécules pesticides (herbicides, fongicides, insecticides, etc.). Les détections observées sur les captages de la Métropole sont donc très rares et très faibles et pourraient bien être à rattacher à une contamination locale liée au désherbage des environs immédiats des captages concernés.

Des hydrocarbures dissous ou émulsionnés (carburants automobiles, domestiques ou industriels) ont été retrouvés quelques fois, en particulier sur Jouchy et Pré Grivel, mais également de façon sporadique sur Rochefort, Les Mails, Arcelles, Charbonneaux, Jayères, Mathieu, Merlière et Plâtre. Les hydrocarbures dissous et émulsionnés sont en concentrations inférieures à 0.6 µg/l, donc bien en dessous de la norme de 10 µg/l. Des hydrocarbures aromatiques polycycliques ont été observés à Pré Grivel (avec un dépassement de la norme) et une fois sur l'ancien puits Jouchy 1 abandonné aujourd'hui.

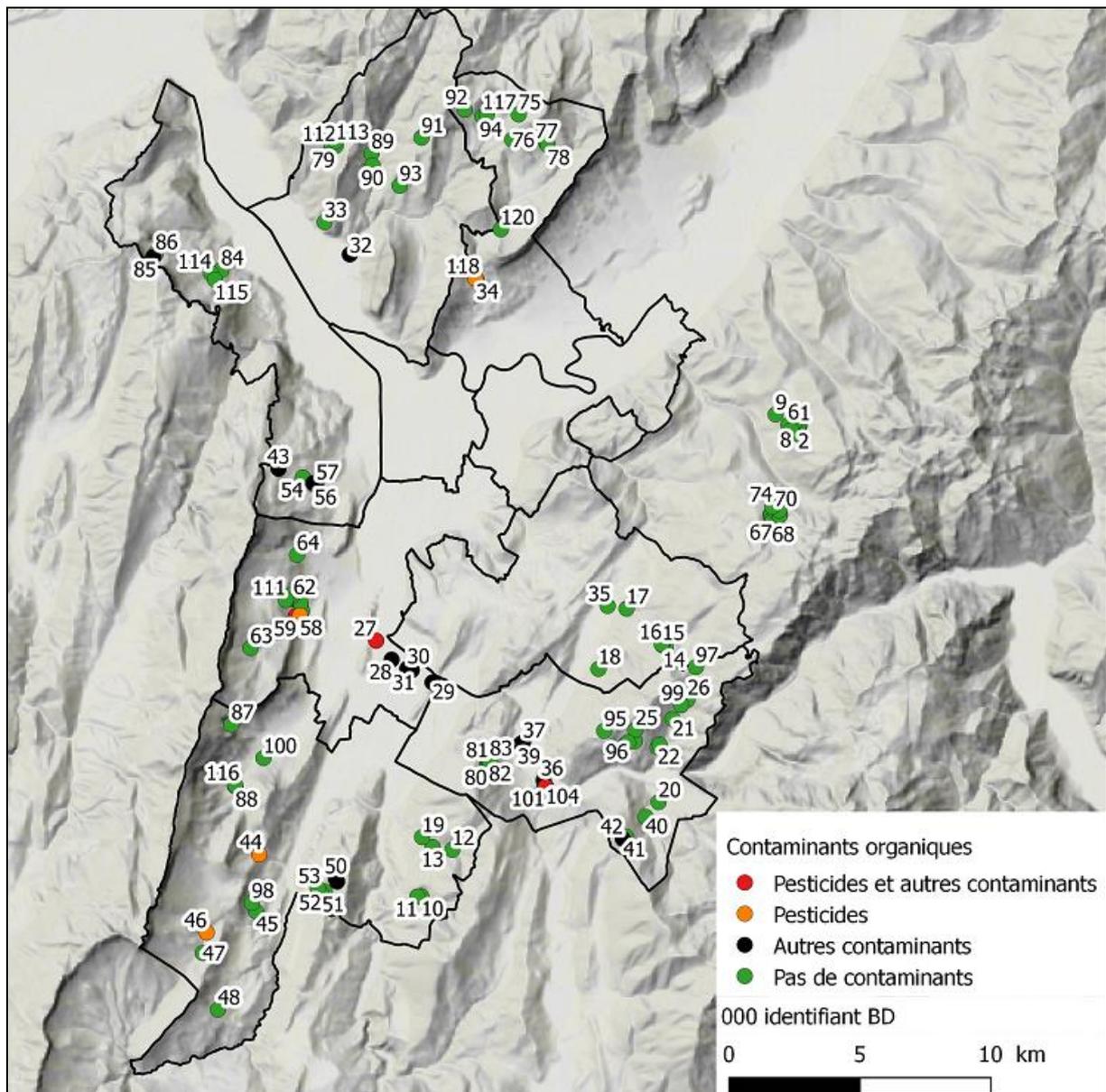


Figure 42 : Distribution spatiale des captages concernés par les contaminants organiques (pesticides ou autres dont les hydrocarbures et HAP)

Du perchlorate a été observé à quelques reprises sur les puits PS1 et PS2 de Rochefort. Des traces de perchlorates ont été détectées au PS1 presque à chaque campagne depuis 2013 (lorsque le seuil de quantification est de $0,1 \mu\text{g/l}$). Des traces ont également été observées plus ponctuellement au niveau du PS2 et une seule fois au PR2. Pour ce qui concerne les puits PR1 et PR4, aucune trace n'a été visible avant janvier 2016. Les suivis renforcés, mis en œuvre dans le cadre du suivi de l'alimentation de secours du réseau d'adduction Romanche, du suivi de la remise en eau du Drac et du suivi des travaux EDF au Saut du Moine, permettent d'avoir des données plus nombreuses ces deux dernières années (2015 et 2016). Les principales observations sont les suivantes :

- Des traces de perchlorates sont détectées depuis janvier 2016 au PR1, depuis avril 2016 au PR2 et depuis mai 2016 au PR4. La présence de cette molécule est confirmée mois après mois sur 2016, avec une tendance générale à la hausse sur tous les puits et sur le piézomètre M20 (situé entre la confluence Drac-Romanche et le PR4).
- L'évolution des teneurs est assez lente au niveau du PR1 avec une augmentation de $0,11$ à $0,15 \mu\text{g/l}$ entre janvier et avril 2016, de même entre avril et août 2016 au PR2.

- Par contre l'évolution des teneurs au PR4 ainsi qu'au M20 est beaucoup plus rapide : augmentation de 0,1 à 0,24 µg/l entre mai et août 2016 et 0,15 à 0,24 µg/l sur les mêmes mois pour le M20.
- Cette tendance à l'accroissement des teneurs en perchlorates est confirmée au niveau du PS1 avec là aussi des teneurs en augmentation depuis le mois de janvier 2016. Toutefois, des teneurs similaires avaient déjà été retrouvées à ce point lors du suivi renforcé mis en œuvre au cours de l'alimentation de secours du réseau d'adduction Romanche au premier semestre 2015.

Mentionnons que le perchlorate est un composé de synthèse entrant dans la composition de certains explosifs ou propulseurs. Les concentrations observées à Rochefort sont de 0.1 à 0.2 µg/l, alors que la Direction Générale de la Santé recommande, par principe de précaution et en l'absence actuelle d'une norme en la matière, de limiter l'utilisation d'eau dont la teneur en perchlorate dépasse 4 µg/l pour la préparation des biberons des nourrissons de moins de 6 mois et la consommation d'eau dont la teneur en perchlorate dépasse 15 µg/l pour les femmes enceintes et allaitantes. Les concentrations de perchlorate observées à Rochefort sont donc très en dessous des valeurs maximales recommandées (100 fois plus faibles).

Des trihalométhanes (THM) ont été retrouvés une fois sur Jouchy, Pré Grivel et Eyrard, de même que du trichloroéthylène sur Pré Grivel. Ces composés de synthèse servent comme solvants ou réfrigérants. Le tétrachlorure de carbone ou tétrachlorométhane étant également utilisé comme solvant ou réfrigérant, jusqu'à son interdiction en 1985.

Les résultats montrent que les détections de contaminants organiques (autres que pesticides) sont donc très rares et à des concentrations faibles à très faibles, dépassant rarement les normes de potabilité. La contamination observée sur les captages semble plutôt le fait de l'activité industrielle, artisanale ou urbaine, avec la détection d'hydrocarbures et de différentes autres molécules chimiques de synthèse.

4.4. Qualité des eaux distribuées

4.4.1. Unités de distribution UDI

De façon globale, la concordance entre les UDI (réseau de distribution de l'eau) et les captages (ressources d'eau brute) n'est pas toujours clairement connue. Aucun tableau de concordance ni base de données n'existe à ce jour indiquant quelle eau de captage alimentent quels UDI et à quel moment. Les responsables de secteurs n'ont pas toujours été à même de nous préciser et garantir le devenir des eaux brutes ou l'absence de mélange entre diverses ressources pour l'alimentation d'une UDI.

La Figure 43 présente la population desservie par les UDI de la Métropole. La population moyenne desservie par une UDI est de 4 560 habitants. On constate cependant que la moitié des UDI desservent moins de 1 000 habitants, seules quatre UDI desservant plus de 12 000 habitants. Il y a donc une très grande variabilité dans la taille et l'importance des UDI, ce qui de façon corolaire induit une préoccupation variable envers les différentes UDI.

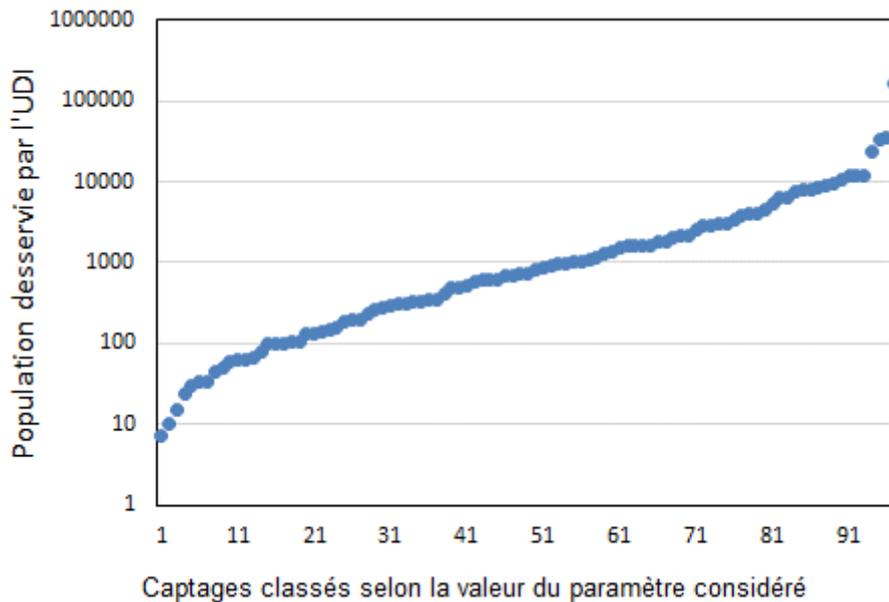


Figure 43 : Population desservie par les UDI de la Métropole

4.4.2. Agressivité ou pouvoir incrustant des eaux distribuées

Certaines eaux distribuées présentent une dureté pouvant influencer leur caractère agressif (risque de corrosion des canalisations) ou encroûtant (dépôt de calcaire). La dureté d'une eau est représentée par le titre hydrotimétrique TH (exprimé en °f) principalement dû à la présence dans l'eau du calcium (Ca) et du magnésium (Mg). Une eau est dite dure ou très calcaire lorsque son TH est de plus de 30°f. Au contraire, elle est dite douce ou peu calcaire lorsque son TH est inférieur à 8°f. La dureté de l'eau et son acidité définissent son agressivité.

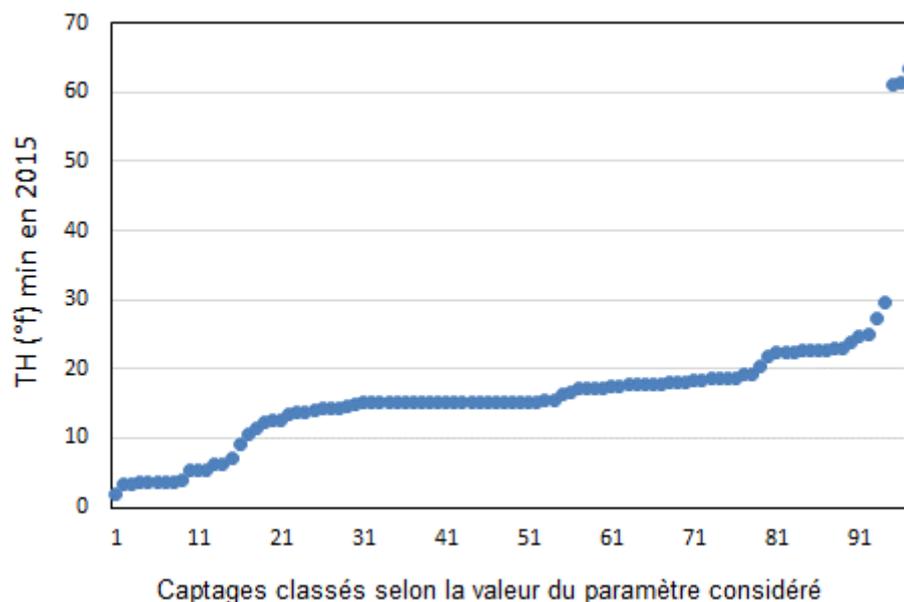


Figure 44 : Valeurs minimales du titre hydrotimétrique (TH en °f) en 2015

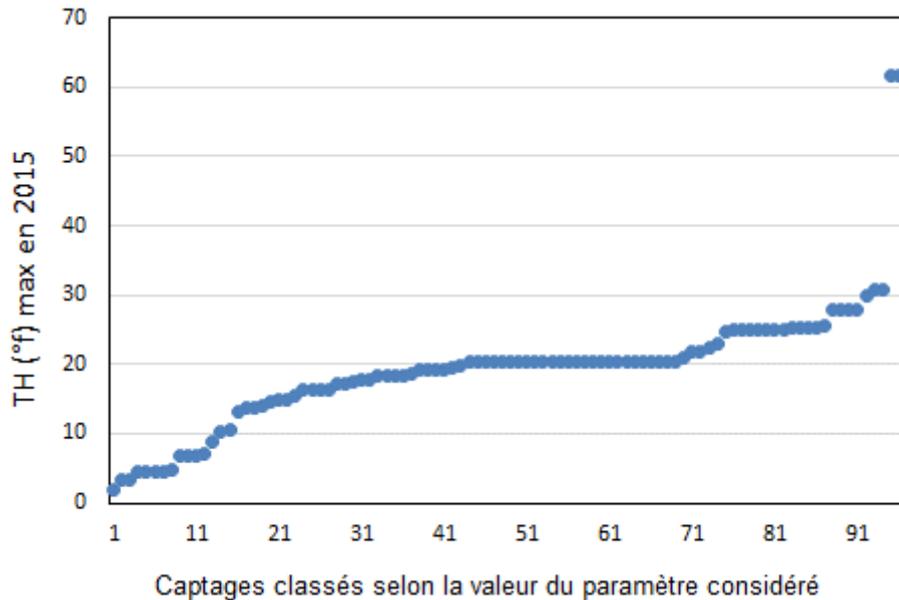


Figure 45 : Valeurs maximales du titre hydrotimétrique (TH en °f) en 2015

Les Figure 44 et Figure 45 présentent les valeurs minimales et maximales du titre hydrotimétrique en 2015, et la carte ci-après la répartition spatiale des types d'eau (agressive à incrustante).

Les critères que nous avons utilisés pour la qualification du type d'eau sont les suivants :

- TH max < 8, eau toujours agressive
- TH min < 8, eau parfois agressive
- TH moy < 19, eau plutôt douce
- TH moy > 19, eau plutôt dure
- TH max > 30, eau parfois incrustante
- TH min > 30, eau toujours incrustante

Seules cinq UDI (par ordre croissant de TH : VIF CROSET, SERT-GIRARDIERE-POYET (VIF), ST GEORGES DE COMMIERS, ST PIERRE DE COMMIERS et NOTRE DAME DE COMMIERS RESEAU) présentaient un TH supérieur à 30 °f, c'est-à-dire une eau plutôt incrustante.

Au contraire, quinze UDI (par ordre croissant de TH : CLOS RESEAU, MONCHAFFREY, RESEAU COMMUNAL, HS DHUY-MAUBEC, MONTFLEURY BAS SERVICE, CORENC DHUY, MEYLAN SERVICE DHUY, MYS ROZAN-PRE COMMUNAL, DOMENE RESEAU, HERBEYS, BRIE ET ANGONNES, ROMAGE, BLANCS RESEAU, SAPPEY et VENON) présentaient un TH inférieur à 8 °f, c'est-à-dire une eau plutôt agressive.

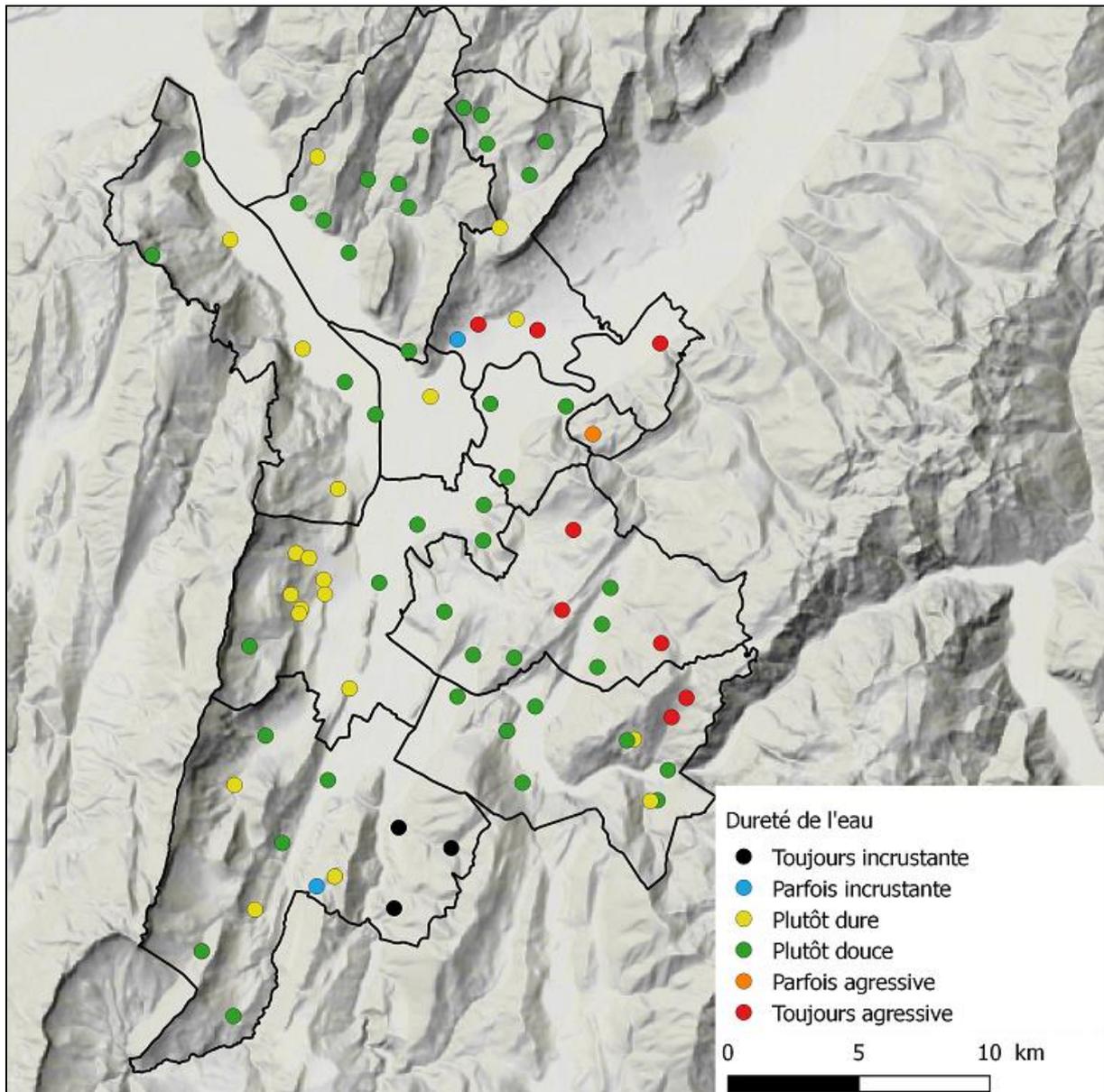


Figure 46 : Caractéristique de l'eau distribuée (agressive à incrustante) en fonction du titre hydrogéométrique (TH en °f) mesuré en 2015

4.4.3. Potabilité des eaux distribuées

Seront examinés les contaminants microbiologiques, les pesticides et les nitrates. Mentionnons que la qualité des eaux distribuées ne reflète nullement celle des eaux brutes, puisque l'eau brute subit généralement un traitement avant distribution et qu'inversement les problèmes de qualité peuvent survenir sur la distribution et ne doivent pas être alors incombés au captage.

Le nombre d'analyses effectuées sur les eaux distribuées est très variable (Figure 47), allant de moins de 10 sur trois ans (2013-2015) à près de 1000 sur les mêmes trois années.

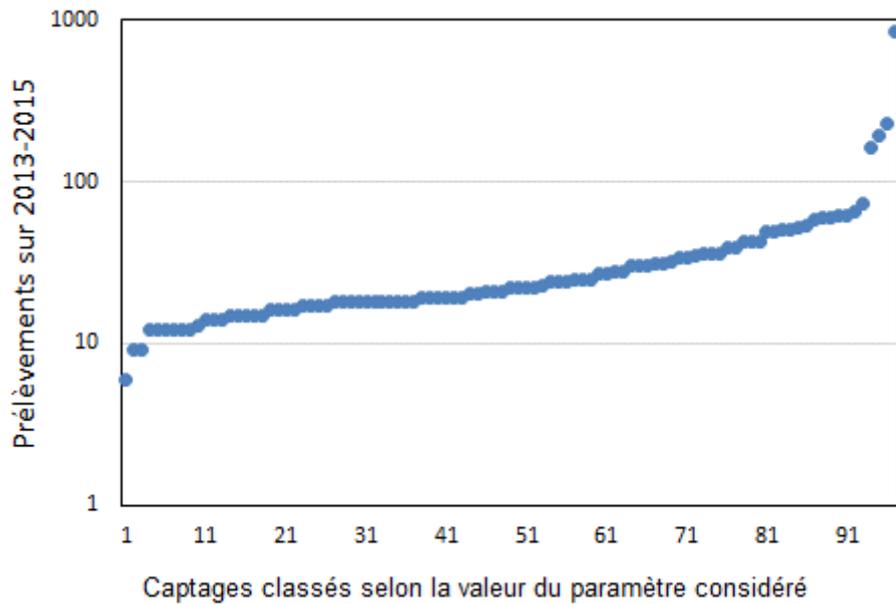


Figure 47 : Nombre de prélèvements d'eau distribuée effectués entre 2013 et 2015

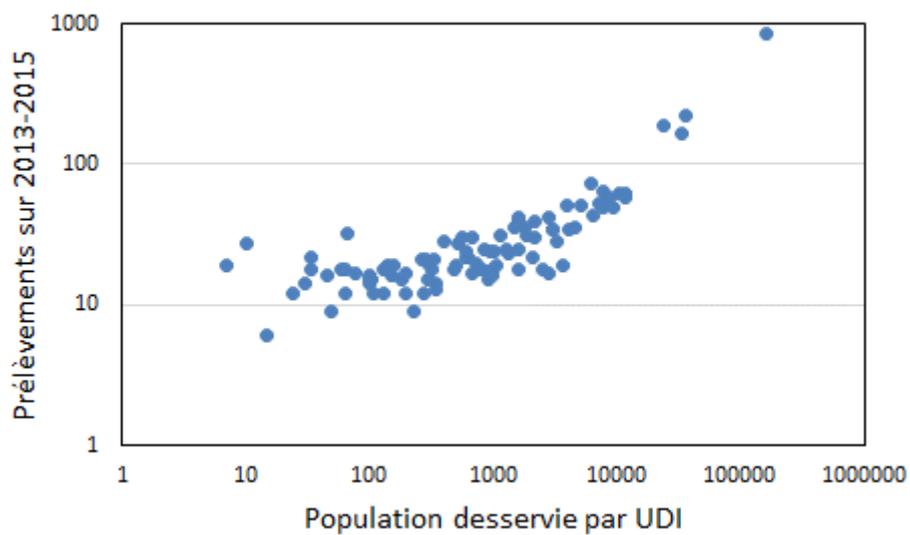


Figure 48 : Nombre de prélèvements d'eau distribuée en fonction de la population desservie par l'UDI

La Figure 48 montre que le nombre d'analyses de contrôle de la qualité des eaux distribuées est directement relié à la population desservie.

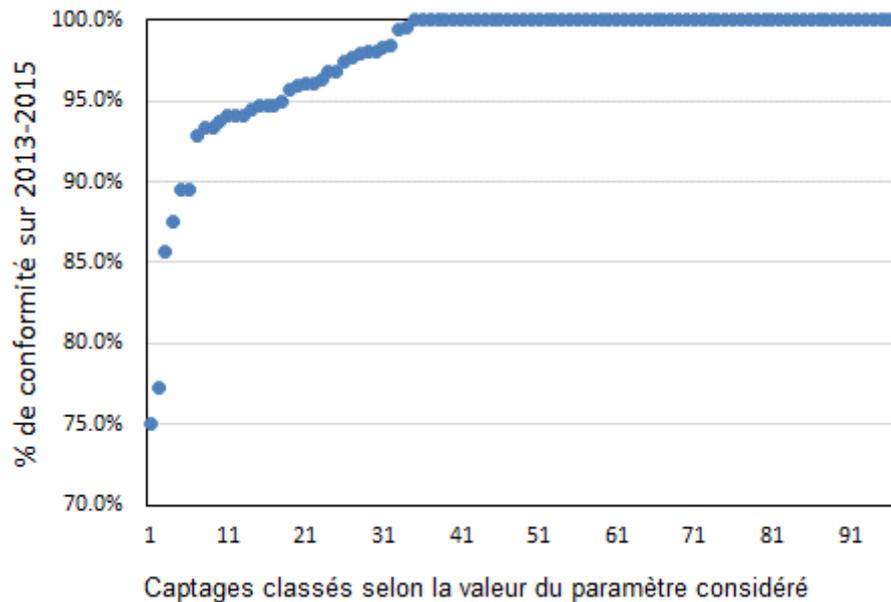


Figure 49 : Pourcentage de conformité des eaux distribuées entre 2013 et 2015

De façon globale, la qualité des eaux distribuées est bonne à très bonne, avec assez peu de non-conformité des eaux distribuées. Cette situation reflète trois principaux faits :

- La qualité des eaux brutes semble globalement bonne, même si des contaminations (en particulier microbiologiques et de turbidité) sont parfois notées ;
- Les systèmes de traitement contre les contaminations microbiologiques semblent globalement adaptés et opérationnels ;
- Les systèmes de distribution (réservoirs et canalisations) semblent globalement bons et ne généreraient pas de contamination au niveau de la distribution.

Sans conclure sur une relation de cause à effet, il est pertinent de remarquer qu'il existe une certaine corrélation entre les non-conformités observées et la population desservie ou avec le nombre de prélèvements de contrôle (Figure 50 et Figure 51).

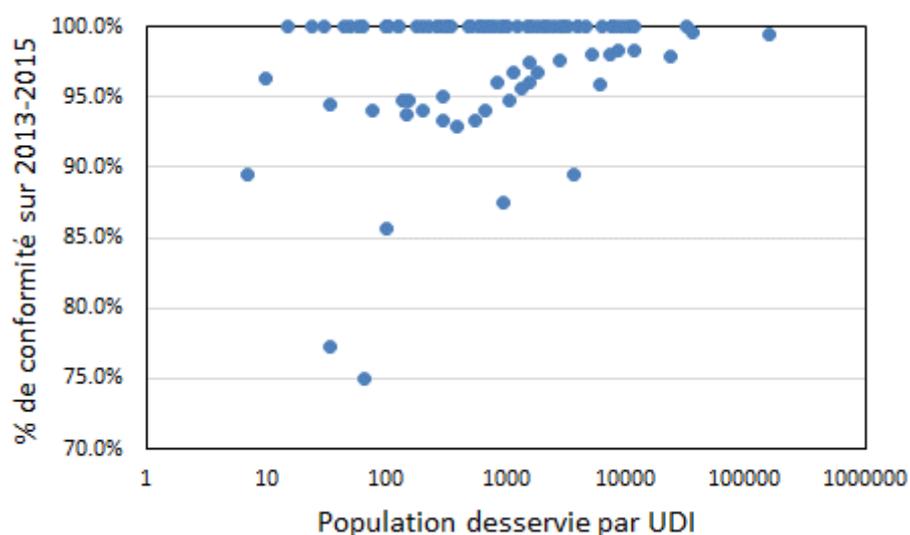


Figure 50 : Pourcentage de conformité des eaux distribuées en fonction de la population desservie

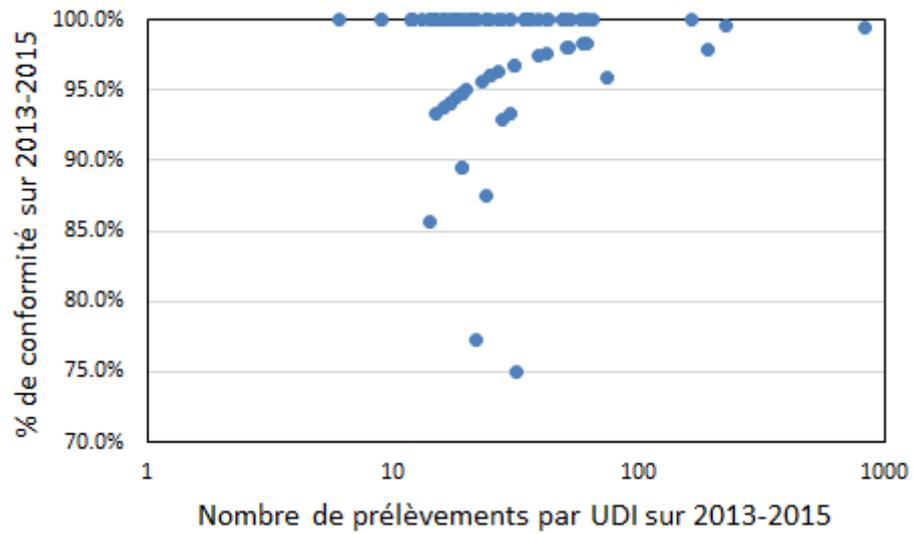


Figure 51 : Pourcentage de conformité des eaux distribuées en fonction du nombre de prélèvements

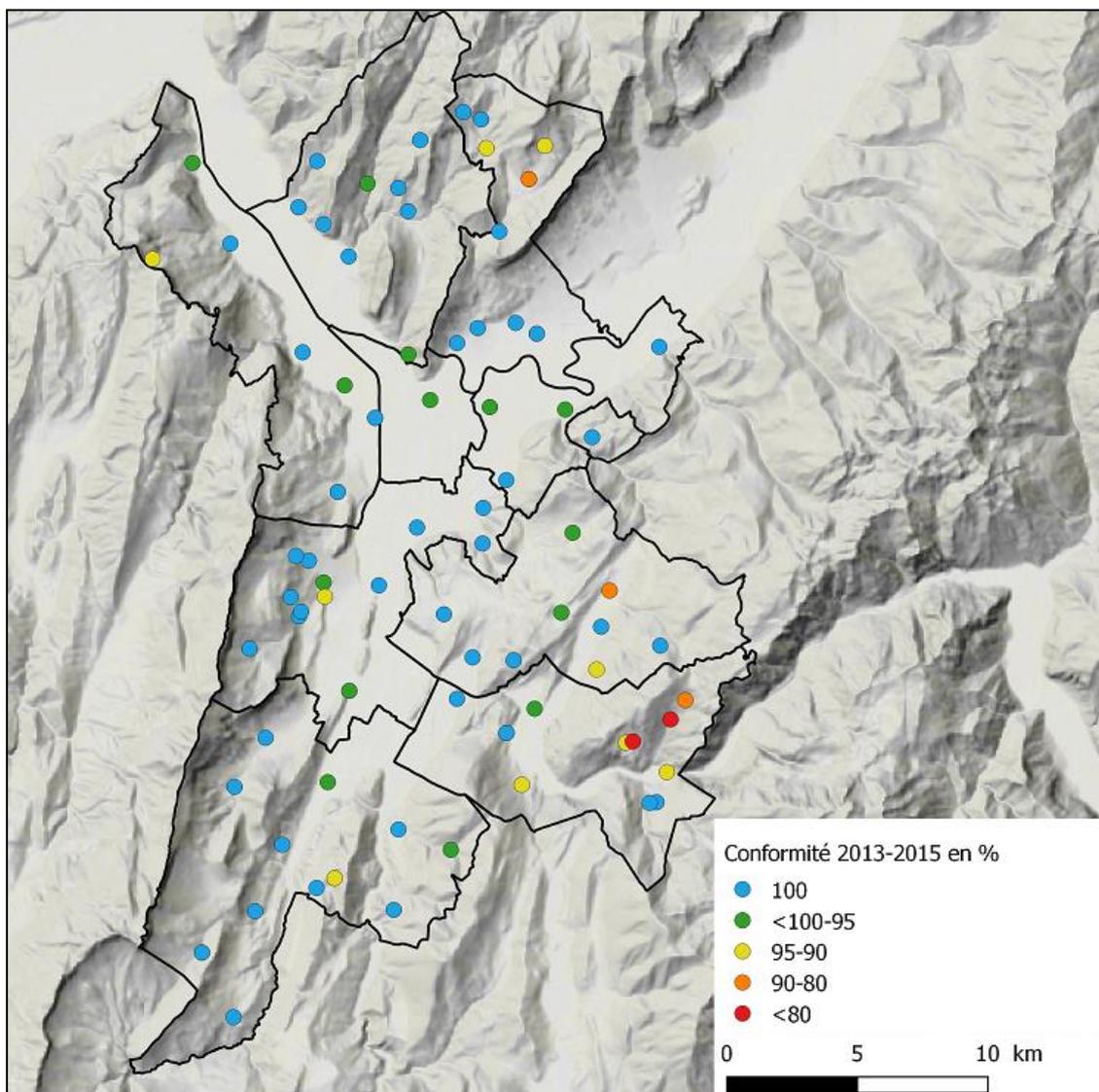


Figure 52 : Distribution spatiale du pourcentage de conformité des eaux distribuées

Ceci pourrait amener quelques constats importants :

- Les UDI desservant plus de 4 000 habitants ont un taux de conformité > 95%, et même > 98% pour presque toutes ces UDI. Ces UDI représentent un total de 380 000 habitants, soit 86% de la population de la Métropole desservie par une UDI.
- Les populations desservies par une petite UDI (10 à 4 000 habitants) sont les plus exposées au risque de non-conformité.
- Des non-conformités problématiques ont pu ne pas être mises en évidence sur certaines petites UDI du fait du faible nombre de prélèvements sur les ressources les plus à risques (ressources karstiques). Une augmentation du nombre de prélèvements de contrôle sur ces UDI paraîtrait ainsi pertinente.

Les UDI les plus problématiques (en termes de non-conformité) sont BLANCS RESEAU, BATHIE RESEAU, LA FRETTE MELATTES, SAPPEY PRINCIPAL, CLOS RESEAU et VAULNAVEYS-LE-HAUT RESEAU. Et de façon moindre, CLAIX ALLIERES, PIERRES-PLATES, SECHILLENNE PRINCIPAL, CHURUT, EZY, SERT-GIRARDIERE-POYET (VIF), ST PIERRE DE MESSAGE RESEAU, MOUNIERS RESEAU, SARCENAS PRINCIPAL et LE PLATRE.

Les concentrations maximales de nitrates observés sur l'eau distribuée par les UDI en 2015 (Figure 53) sont très faibles (signature caractéristique de milieux naturels). Ceci indiquerait :

- L'absence d'une problématique agricole (culture ou élevage) pouvant apporter des nitrates vers les ressources ;
- L'absence d'une contamination (notable) des ressources par des eaux usées, fosses septiques ou rejets de STEP.

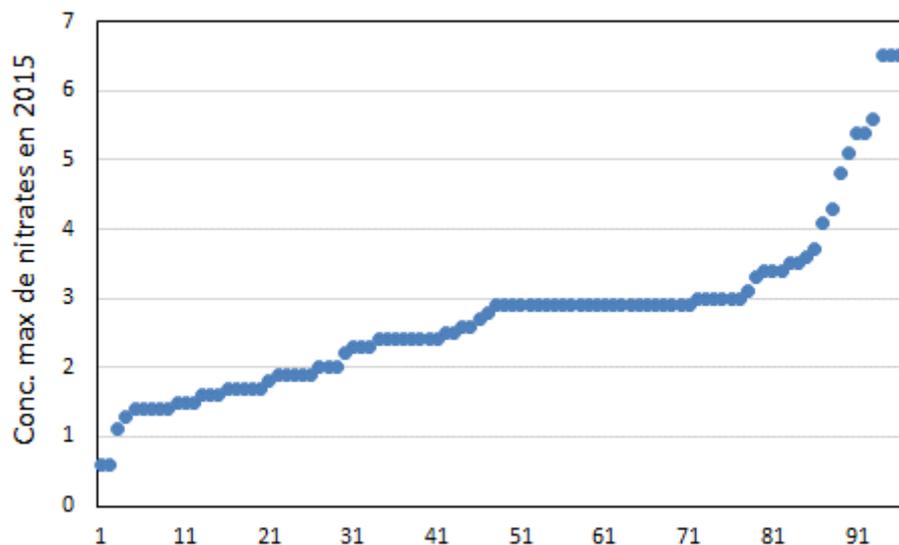


Figure 53 : Concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015

Comme l'origine des nitrates et celle des contaminants microbiologiques responsables des non-conformités constatées peuvent être reliées aux mêmes sources de pollution (élevage ou eaux usées), nous nous sommes intéressés à la possible corrélation entre les nitrates et les non-conformités.

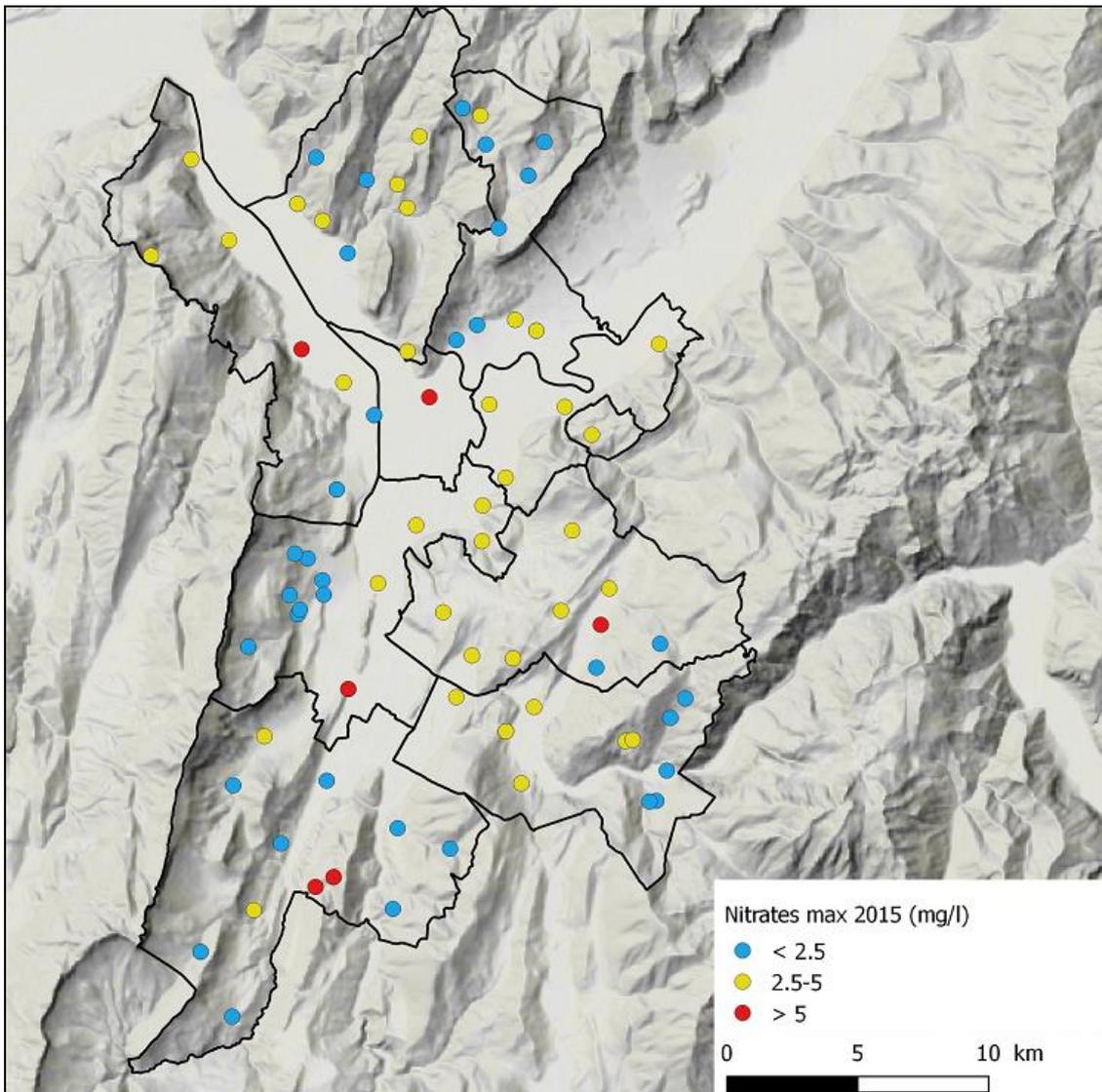


Figure 54 : Distribution spatiale des concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015

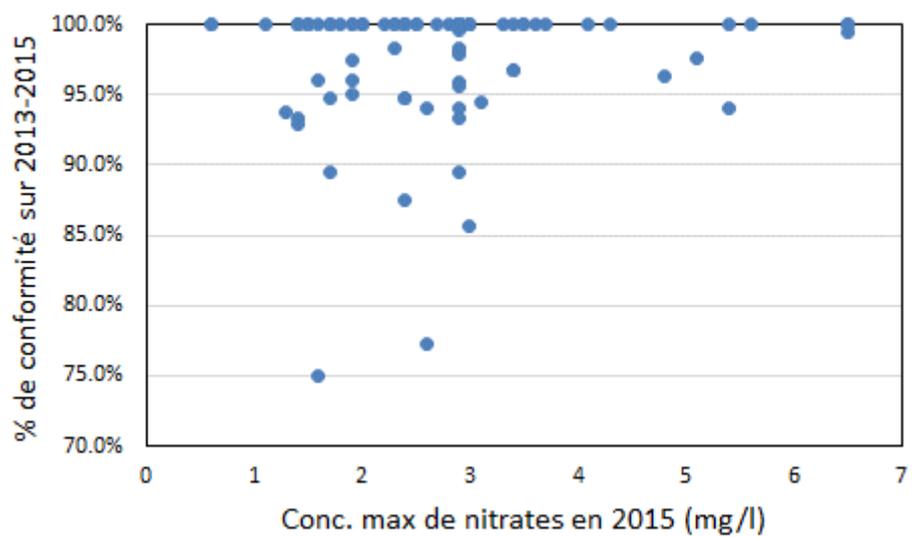


Figure 55 : Comparaison des concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015 et des pourcentages de conformité sur 2013-2015

Les concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015 ont été comparées aux pourcentages de conformité de la période 2013-2015 (Figure 55) ou de 2015 seulement (Figure 56). On constate l'absence de corrélation entre le nombre de non-conformités et la concentration en nitrates. On observe même que les pourcentages de conformité les plus faibles correspondent aux plus petites concentrations de nitrates, ce qui semble montrer l'indépendance de ces deux paramètres.

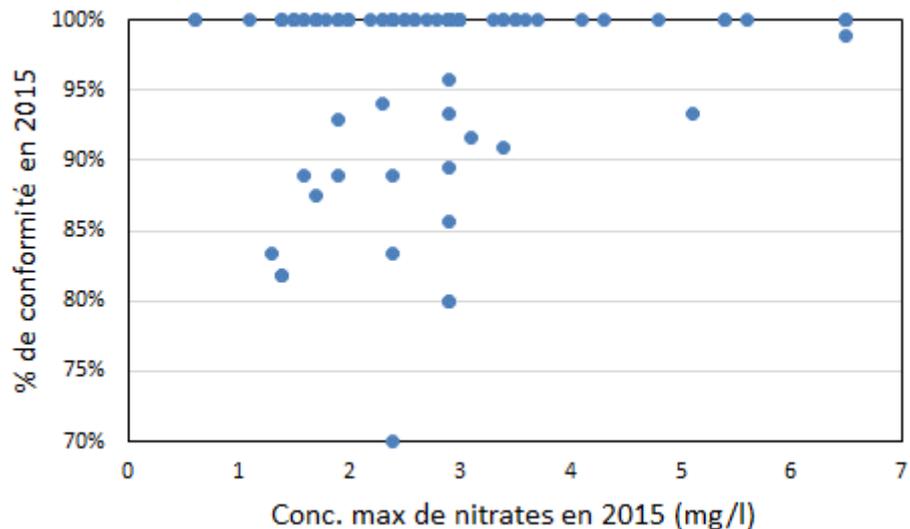


Figure 56 : Comparaison des concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015 et des pourcentages de conformité en 2015

Concernant les pesticides, seule l'UDI de Pré Rivoire a présenté un dépassement de la norme de 0,1 µg/l avec une détection d'AMPA à 0,169 µg/l. L'AMPA est un métabolite de dégradation de la molécule herbicide glyphosate entrant dans la composition du Roundup. Il pourrait s'agir d'un désherbage des alentours immédiats du captage. Notons que le captage de Pré Rivoire (Tableau 5 ; p.77) a présenté une contamination par le glyphosate et l'AMPA en 2015 avec des concentrations respectives de 0.132 et 0.169 µg/l, dépassant ainsi la norme de 0.1 µg/l dans les deux cas.

5. SITUATION ADMINISTRATIVE DES CAPTAGES

5.1. Objectifs des DUP, périmètres de protection et servitudes

La Déclaration d'Utilité publique (DUP) relative à un captage a une portée réglementaire (via l'Arrêté préfectoral et son intégration dans le PLU). L'application des servitudes contenues dans la DUP est quant à elle administrative. La DUP (Déclaration d'Utilité Publique) rattachée à un captage comporte quatre principaux éléments (régi par l'Article L. 1321-2 du Code de la Santé Publique) :

- Le périmètre de protection immédiate (PPI) acquis en pleine propriété ou de façon dérogatoire par l'établissement d'une convention de gestion entre la ou les collectivités publiques propriétaires et l'établissement public de coopération intercommunale ou la collectivité publique responsable du captage. Il s'étend généralement dans un rayon de quelques dizaines de mètres autour du point de captage et devrait être clôturé. Sur ce PPI, les seules opérations autorisées sont liées à l'entretien des installations de prélèvement d'eau, de la clôture obligatoire et au maintien de la couverture herbacée sans pâturage, avec fauche et évacuation de l'herbe.
- Le périmètre de protection rapprochée (PPR) à l'intérieur duquel toutes sortes d'installations peuvent être interdites ou réglementées. Le PPR vise les risques de pollutions et constitue une zone tampon entre les activités à risque pour la qualité de l'eau captée et le captage. Il couvre généralement une dizaine à centaine d'hectares autour et en amont hydraulique de l'ouvrage. L'objectif est de protéger le captage de la migration souterraine des substances polluantes. Les activités, installations ou dépôts peuvent être réglementés ou interdits s'ils risquent de nuire à la qualité des eaux. Dans la pratique, l'isochrone 50 jours (c'est-à-dire la distance au captage permettant un temps de transfert de 50 jours) est souvent utilisée pour définir l'extension du PPR. Ce temps de transfert considéré comme le temps nécessaire pour l'élimination d'une contamination bactériologique et offrant un délai d'intervention en cas de pollution chimique est en particulier adapté aux milieux poreux. Les prescriptions afférentes à ce PPR ont rang de servitude d'utilité publique. Concernant le code de la santé publique, l'évolution majeure survenue en 2004 (loi de Santé publique) a porté sur le droit de préemption urbain et la possibilité d'utiliser les baux environnementaux dans les parcelles du PPR, ce qui permet ensuite au maître d'ouvrage d'imposer les contraintes qu'il estime nécessaires à la préservation de ses ressources en eau. En conclusion, la maîtrise foncière dans les PPR est l'outil de "protection" des ressources en eau des collectivités.
- Le périmètre de protection éloignée (PPE) où les installations, travaux, activités, dépôts, ouvrages, aménagement ou occupation des sols peuvent être réglementés. L'instauration de ce périmètre est facultative. Elle doit permettre de renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses. Le périmètre de protection éloignée correspond à la zone d'alimentation du point d'eau, et parfois même à l'ensemble du bassin versant. La création d'un périmètre de protection éloignée ne se justifie que si l'application d'une réglementation précise s'impose. Dans le cas le plus fréquent, ce périmètre permet de définir les actions prioritaires et d'attirer l'attention sur les aménagements à remettre aux normes préférentiellement. Il permet aussi d'informer les services de secours et de sécurité, ainsi que le public, qu'il s'agit d'une zone de vigilance.
- Les prescriptions s'appliquant sur les périmètres définis. Ce règlement doit encadrer les activités existantes et éviter d'avoir à s'interroger sur toute nouvelle demande de création d'activités. Ce règlement doit donc être complet mais sans tomber dans le détail pour les prescriptions. Les prescriptions doivent être argumentées (quelle prescription pour quel

objectif) et complètent la réglementation générale (mais ne s'y substituent pas). Les prescriptions visent les pollutions ponctuelles et accidentelles. Les mesures doivent viser les sources de pollution avant de chercher à protéger un secteur de nappe. Les pratiques culturelles qui sont à l'origine de pollutions diffuses ne sont prises en compte que parce qu'elles peuvent s'accompagner d'apports de produits organiques et en particulier de lisiers et fumiers, ainsi que de produits phytosanitaires à proximité même des points de prélèvement. Ces pratiques peuvent être assimilées à des pollutions ponctuelles.

5.2. Etat des lieux des DUP des captages alimentant la Métropole

Un peu plus d'un quart (33/120) des points de prélèvement ne disposent pas à ce jour de DUP. La plupart de ces DUP manquantes seraient cependant en cours. Beaucoup des DUP existantes sont anciennes.

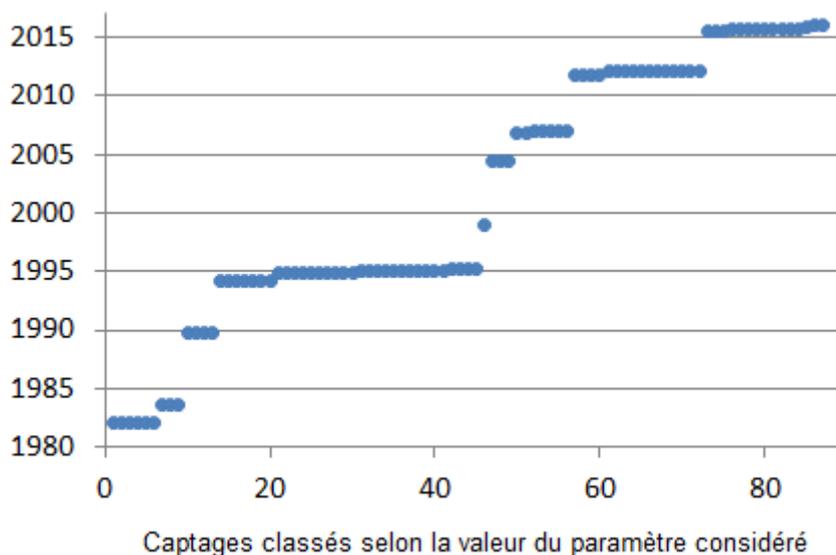


Figure 57 : Courbe classée des dates des DUP existant en 2017 (87 points de captage)

On constate en effet que la moitié des DUP existantes ont été réalisées entre 1982 et 1995, l'autre moitié depuis 2004. Or l'âge de la DUP reflète les façons de travailler des hydrogéologues agréés en vigueur à l'époque de la DUP.

Quelques dates clés peuvent être données pour apprécier l'importance de l'âge des DUP :

- Organisée avant 1993 à l'échelon national, la procédure d'agrément des hydrogéologues agréés est par la suite devenue régionale. Ceci a permis de s'assurer d'une certaine connaissance des problématiques régionales des hydrogéologues ainsi nommés.
- La circulaire du 2 janvier 1997 a rappelé que les interventions des hydrogéologues agréés devaient être consacrées prioritairement à la mission d'instauration des périmètres de protection, renforçant en ce sens la nomination de spécialistes de l'hydrogéologie plutôt que de la géologie (rappelons qu'initialement, il s'agissait de la nomination de géologues agréés).
- La circulaire n° 2004-186 du 22 avril 2004 précise les missions de l'hydrogéologue agréé.
- L'arrêté du 20 juin 2007 relatif à la constitution du dossier de demande d'autorisation d'utilisation d'eau destinée à la consommation humaine précise que l'avis émis par l'hydrogéologue agréé porte notamment sur les disponibilités en eau, le débit d'exploitation et les propositions de périmètres de protection du captage, ainsi la proposition d'interdictions et de réglementations associées concernant les installations, travaux, activités, dépôts, ouvrages et aménagement ou occupation du sol à l'intérieur de ceux-ci.

5.3. Portée des préconisations enchâssées dans les DUP

Les préconisations retrouvées dans les DUP visant les Périmètres de Protection Rapprochée portent sur les aspects suivants :

- Sur l'utilisation de la ressource
 - Nouveau point de prélèvement d'eau superficielle ou souterraine

- Sur l'aménagement du territoire du PPR
 - Carrière, excavation, enfouissement
 - Cimetière
 - Constructions superficielles ou souterraines
 - Création de voiries (route ou voies ferrées)
 - Parking
 - Camping
 - Plan d'eau

- Sur le stockage ou le transfert de produits polluants
 - Dépôts de déchets de n'importe quel type
 - Rejets d'eau usée
 - Stockage produits chimiques
 - Canalisation de produits polluants

- Sur l'exploitation forestière et l'agriculture
 - Défrichage, déboisement à blanc
 - Exploitation forestière
 - Chemins forestiers
 - Cultures
 - Retournement de prairie naturelle
 - Traitement phytosanitaire
 - Rinçage du matériel d'utilisation des produits phytosanitaires
 - Pacage
 - Stabulation du bétail et regroupement du bétail
 - Stockage de fumiers lisiers
 - Epannage lisiers, fumiers ou matières azotés

Les DUP existantes n'imposent pas toutes les mêmes servitudes. Les servitudes existant dans les DUP en cours sont différentes car les vulnérabilités extrinsèques et intrinsèques de chaque captage sont différentes. Les servitudes instituées sont proportionnées aux risques identifiés. Le graphique ci-après indique le nombre de DUP faisant état de chacune de ces préconisations (sous la forme d'une interdiction dans la plupart des cas).

On constate par exemple que la création de cimetière ou de plan d'eau y sont parmi les préconisations les plus rares. Les activités agricoles sont également rarement contraintes hormis en ce qui a trait au pacage et à la stabulation d'animaux, et au stockage et à l'épandage de leurs fumiers et lisiers.

Les éléments faisant l'objet de prescriptions (interdiction dans la majorité des cas, ont été intégrés à la base de données constituée.

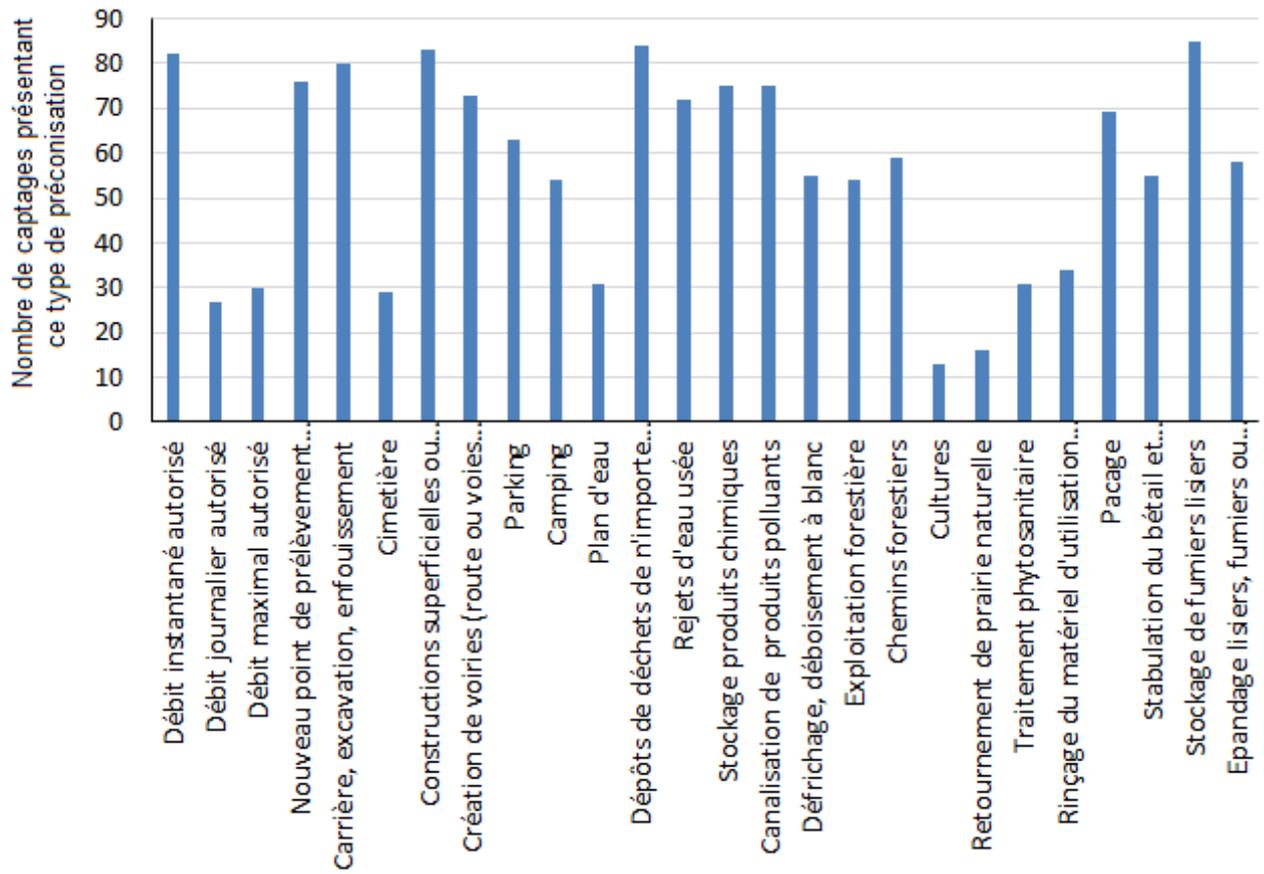


Figure 58 : Types de servitudes imposées dans les DUP existantes

PARTIE 2 – VULNERABILITE DES RESSOURCES ET HIERARCHISATION DES CAPTAGES

Résumé

Cette deuxième partie de l'étude analyse pour chaque ressource captée sa vulnérabilité intrinsèque (aptitude de la ressource à être ou non protégée d'une pollution depuis la surface) et sa vulnérabilité extrinsèque (présence de pressions potentiellement polluantes sur le territoire). Par la suite, les vulnérabilités intrinsèques, extrinsèques et avérées (présence constatée de contaminants) sont croisées. Finalement, un outil d'inter-comparaison et de hiérarchisation des captages est développé et permet de proposer une priorisation des captages en fonction de leur importance, de leur vulnérabilité ou de leur protection naturelle.

Rappelons que l'observation de l'état du captage et la vérification de la conformité des ouvrages physiques de captages aux prescriptions du PPI figurant dans les actes de DUP existants ou aux préconisations figurant dans les rapports des hydrogéologues agréés ne faisaient pas partie de la mission confiée par GAM. Seuls les entretiens avec les responsables de secteurs ont pu collecter un certain nombre d'informations. Conséquemment ces éléments n'ont pas été intégrés à l'évaluation de la vulnérabilité globale des captages.

L'Aire Probable d'Alimentation du Captage (APAC), définie comme l'intégralité du territoire susceptible d'apporter de l'eau au captage, est d'abord délimitée pour chaque captage. Cette APAC est constituée pour partie d'une portion de nappe souterraine alimentant directement le captage et de versants et bassins versants pouvant apporter de l'eau par ruissellement ou par le biais d'un cours d'eau. La définition et la délimitation de cette APAC se rapproche de celles du Périmètre de Protection Eloignée (PPE) parfois défini par les Hydrogéologues Agréés. Il est donc possible de comparer l'APAC délimitée et les périmètres de protection proposés dans les DUP.

La vulnérabilité intrinsèque de l'APAC est ensuite évaluée, quant à l'aptitude de l'aquifère et de ses terrains de recouvrement à protéger la qualité des eaux souterraines contre des pollutions pouvant survenir en surface du territoire. Cette évaluation tient donc compte des différents facteurs conditionnant le transfert d'eau et de polluants. La vulnérabilité est très élevée dans les secteurs et plateaux karstiques, alors que les secteurs marneux présentent une vulnérabilité intrinsèque modérée. Les secteurs les plus vulnérables semblent donc principalement ceux des massifs de la Chartreuse et du Vercors. Il existe cependant peu de différence avec la vulnérabilité du massif de Belledonne. Les formations glaciaires du secteur de Belledonne contribuent significativement à la protection des ressources. Les secteurs marneux protégés par une couche protectrice ainsi que les zones à forte pente sont peu vulnérables.

L'étape suivante consiste à déterminer la vulnérabilité extrinsèque sur les APAC. Cette dernière correspond aux pressions, agricoles et non agricoles, qui s'exercent sur un territoire donné. Le plus souvent ce territoire correspond à l'aire d'alimentation d'un captage ou à la partie la plus vulnérable de cette aire d'alimentation. De par la typologie variée des ressources étudiées, l'étude des pressions extrinsèques a été réalisée sur l'APAC pour les ressources des coteaux et sur le PPE défini par les hydrogéologues agréés pour les grands champs captants. Les pressions mises en avant sont assez diversifiées et peuvent se classer dans quatre grandes classes de pressions : les pressions naturelles, les pressions liées aux risques industriels, les pressions liées aux risques phytosanitaires et enfin les pressions liées aux risques nitrates et bactériologiques. Ces différentes pressions sont dues à

l'occupation du sol (agricole, habitation ou domaine skiable), à la présence d'ICPE, aux sols pollués, stations d'épuration et axes routiers.

Les APAC possédant une pression cumulée nulle sont celles dont la majeure partie de la surface est recouverte de forêt comme Balme ou Montenu. A l'opposé, nous retrouvons les APAC de Passe Rivière, Echaillon et Clos Petits Amieux et le PPE de Rochefort qui sont ceux soumis à la pression cumulée la plus forte. Une pression cumulée forte (vulnérabilité extrinsèque) ne signifie pas que le captage présente un problème de qualité. L'étude de la vulnérabilité extrinsèque ne met en effet en avant que les pressions s'exerçant sur les captages sans tenir compte de la qualité ni des mesures de protection déjà existantes.

Les vulnérabilités intrinsèques (absence de protection naturelle), extrinsèques (présence de pressions polluantes) et avérées (défauts de qualité constatés) sont ensuite croisées. Des corrélations bivariées sont réalisées entre une variable potentiellement explicative (ex. vulnérabilité, pression polluante) et un défaut de qualité constaté (ex. dépassement microbiologique). Aucune relation nette n'est trouvée entre une variable explicative et un niveau observé de contamination. Ceci semble dû au fait que la contamination avérée (observée) résulte de l'effet croisé de plusieurs variables explicatives (nature de l'aquifère, vulnérabilité intrinsèque moyenne, surface en prairies et estives, nombre d'UGB, etc.). Les corrélations bivariées (entre deux variables) ne peuvent donc suffire pour expliquer les pollutions constatées.

La contamination microbiologique dominant la problématique de qualité des captages de la Métropole, l'étude s'est concentrée sur cet aspect. 12 critères explicatifs ou représentatifs du risque de contamination bactériologique de la ressource ont été sélectionnés : vulnérabilité intrinsèque de la ressource, variabilité de la conductivité électrique, variabilité du pH, turbidité moyenne, turbidité maximale, écart-type de la turbidité, longueur de cours d'eau traversant l'aire d'alimentation, surface (ha) de pacage dans l'APAC, portion de l'APAC en pacage (%), détection des coliformes fécaux, détection d'*Escherichia coli*, détection d'entérocoques. La méthode consiste à interclasser les captages selon chacun ces douze critères, puis de calculer la position moyenne de chaque captage dans ces douze classements. La fréquence d'apparition de chaque captage est enfin comptée dans le groupe de tête.

Les captages des coteaux ressortant dans le groupe de tête sont l'Echaillon, Jonier, Ruisset, Clos, Font Froide, Fontfroide Bas, Garretières, Prélénfrey (Chatelard), Sagnes, Mont Sec Nouveau, Passe Rivière et Amodru. On retrouve dans ce classement presque tous les captages (Echaillon, Garretières, Jonier, Prélénfrey, Sagnes et Ruisset) ayant montré une contamination microbiologique à des fréquences de détection bien supérieures à 50%. Bien que fortement touché aussi par la contamination bactériologique, Merlière (avec ses différents points de captage) ne se retrouve pas classé par la méthode parmi les plus vulnérables. Ceci semble imputable à sa plus faible réactivité (faible variabilité chimique). Sa contamination pourrait alors être attribuée à la défaillance même du captage. Notons que cette méthode s'applique peu aux grands champs captants.

Les trois cas récents de contamination survenus sur les captages de l'Echaillon, Casserousse et Pré Grivel sont présentés et discutés afin d'identifier les éléments de vulnérabilité qui ont contribué à la survenance de ces problèmes. L'étude de ces trois cas permet d'en tirer un certain nombre d'enseignements sur l'état et le besoin de connaissances, sur les infrastructures, sur les mesures de surveillance et contrôle et sur la gestion des situations de crise. Ces enseignements seront mis à profit dans la troisième partie de l'étude pour l'élaboration des préconisations. Une revue de l'état des captages est réalisée au travers des entretiens menés avec les responsables de secteurs. Dans l'ensemble les captages semblent être en assez bon état, mais des problèmes particuliers ont été mentionnés et requièrent des correctifs rapides.

En résumé et concernant les ressources des coteaux, la vulnérabilité intrinsèque de ces sources (reliée aux seules caractéristiques propres de la ressource) est généralement forte (moyenne à très forte), ce qui reflète d'une part des circulations rapides dans les formations carbonatées, fracturées et plus ou moins karstifiées, et d'autre part une absence de formation de recouvrement assurant une protection adéquate à la ressource. Cette vulnérabilité intrinsèque explique les fortes variations de la qualité bactériologique des sources captées. Par chance, la plupart des ressources des coteaux présente une pression polluante faible à très faible, quasiment exempte de pollution industrielle, artisanale et agricole intensive. Les sources de pollution potentielle présentes sont principalement urbaines (sources domestiques, assainissement) et d'élevage (présence estivale de troupeaux). Les domaines skiables peuvent être sources de contamination potentielle mais d'une importance que l'on peut juger faible.

Concernant les grands champs captants, la vulnérabilité intrinsèque de la zone proximale des captages pour être considérée comme faible dans sa globalité, du fait des écoulements prenant place dans les alluvions et de la relative protection assurée par les formations de recouvrement. C'est cette faible vulnérabilité qui explique la très bonne qualité bactériologique des eaux des champs captants. Cette faible vulnérabilité de la zone proximale des captages ne garantit cependant pas leur protection, comme cela a pu être constaté dans le cas du champ captant de Pré Grivel. La vulnérabilité intrinsèque de la zone distale des captages est bien plus forte car elle correspond alors à des écoulements superficiels pouvant être très rapides. Or c'est dans cette zone distale que prennent place des activités à fort risque de pollution, dont des industries chimiques. C'est cette forte vulnérabilité qui peut expliquer la présence de traces de chlorates et perchlorates sur certains ouvrages de Rochefort.

Un outil d'inter-comparaison et de hiérarchisation des captages a été développé. Cet outil utilise 22 critères simples représentatifs de la ressource et 13 indicateurs composés (élaborés à partir des critères simples) représentatifs des enjeux. Les 22 critères simples retenus concernent l'importance du captage, la qualité de la ressource, la vulnérabilité intrinsèque, les pressions et la protection administrative du captage (DUP). Les 13 indicateurs composés reflètent l'importance stratégique du captage, son potentiel quantitatif, la réactivité de la ressource, la qualité intrinsèque de l'eau brute, la vulnérabilité physique du captage, la vulnérabilité intrinsèque de la ressource, sa protection naturelle liée à l'occupation, les différentes pressions et la pertinence de la DUP et du périmètre de protection.

Ces 13 indicateurs composés sont utilisés pour la simulation de 13 différents scénarios de priorisation des captages tenant compte de l'importance stratégique du captage, son potentiel quantitatif, la qualité de l'eau brute, la vulnérabilité physique du captage, la vulnérabilité intrinsèque de la ressource captée, sa protection naturelle offerte par l'occupation du territoire, l'importance des pressions anthropiques, l'importance du package, les risques de pollutions accidentelles liés à la cohabitation des usages, la pression foncière, le niveau de protection et d'adéquation de la DUP, de critères d'exploitation et de critères de l'ARS. L'outil développé permet de changer les seuils de classement des critères et indicateurs, et les pondérations affectées à ces critères et indicateurs dans les différents scénarios.

La nature des critères pris en compte et les objectifs de cette inter-comparaison – hiérarchisation s'appliquent pleinement aux ressources des coteaux, mais sont bien moins adaptés à l'étude des grands champs captants. Les grands champs captants requièrent en effet une connaissance fine des caractéristiques de leur environnement immédiat et doivent plutôt être étudiés par modélisation, ce qui permet de comparer la vulnérabilité individuelle de chacun des ouvrages d'un champ captant. Pour cette raison, l'outil développé sépare les ressources des coteaux et les grands champs captants car il est impossible de les intercomparer.

Les résultats des 13 scénarios sont présentés pour les captages des coteaux. Les résultats obtenus montrent qu'un groupe de 21 captages ressort nettement dont les captages peuvent être considérés comme les plus prioritaires. Un second groupe de 33 captages des coteaux potentiellement prioritaires est également identifié. La comparaison de ces résultats avec ceux de la méthode de croisement des vulnérabilités montre que les captages identifiés sont en grande partie les mêmes. Finalement, leur comparaison avec les captages ayant présenté d'importants dépassements des critères microbiologiques montre que la méthode est assez bien discriminante. Seuls quatre captages ayant présenté des dépassements microbiologiques ne sont pas identifiés parmi les captages prioritaires des différents scénarios. Il est donc possible de retenir comme captages prioritaires le groupe de 21 captages, puis un second groupe de captages identifiés vulnérables mais moins prioritaires, puis finalement un troisième groupe de captages à étudier plus précisément à l'issue de cette étude.

Pour les captages des grands champs captants, les facteurs pris en compte dans cet outil présentent des valeurs souvent très proches. Les scores obtenus pour chacun de ces captages ne sont donc pas suffisamment différents pour que la méthode soit réellement discriminante.

6. ANALYSE DE LA VULNERABILITE INTRINSEQUE DES AIRES D'ALIMENTATION

6.1. Notion d'aire d'alimentation des captages et de vulnérabilité

Avant de développer cette section et la suivante, il est nécessaire de définir le vocabulaire utilisé par l'administration et la profession, en particulier en ce qui a trait à :

- l'aire d'alimentation d'un captage (AAC)
- la vulnérabilité de la ressource.

La terminologie utilisée dans ce rapport correspond au vocabulaire utilisé dans les méthodes de délimitation des Aires d'Alimentation des Captages (voir le guide méthodologique du BRGM-2007 : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-55874-FR.pdf>)

L'aire d'alimentation d'un captage (AAC) correspond au territoire contribuant d'une façon ou d'une autre à l'alimentation en eau de ce captage, que ce soit par voie d'écoulement superficielle ou souterraine. Pour les captages d'eau souterraine, l'AAC est composée de la Partie de la Nappe Alimentation le Captage (PNAC) et des versants dont les ruissellements convergent vers la PNAC et des bassins versants des cours d'eau traversant cette PNAC. Dans le cas des sources, l'aire d'alimentation doit être en cohérence avec le débit de la source. Dans le cas des nappes alluviales, l'AAC correspond généralement à l'intégralité du bassin versant du cours d'eau.

Différentes notions de vulnérabilité peuvent être utilisées :

- La vulnérabilité intrinsèque qui représente le risque qu'un contaminant quelconque présent à la surface du territoire puisse se propager jusque dans la ressource et jusqu'au captage ; il s'agit donc d'une représentation de la faiblesse potentielle de la ressource ;
- La vulnérabilité avérée se rattache au constat effectué de la présence de contaminants dans l'eau ; elle correspond donc au constat de la qualité des eaux brutes ;
- La vulnérabilité quantitative correspond à la pérennité de la ressource ; en étiage, les débits d'écoulement naturel peuvent devenir très faibles, voire nuls ; il s'agit d'un indicateur de la disponibilité de la ressource ;
- La vulnérabilité extrinsèque se rattache à la présence de pressions sur le territoire, susceptible de générer des contaminations (ex. pressions liées aux usages agricoles et ou industriels, aux travaux liés dus aux autres usages du territoire) ; elle est fonction aussi de la protection naturelle exercée par certains usages du territoire (ex. espaces naturels protégés, forêt et agriculture sous certaines conditions) peuvent constituer un facteur de protection des ressources.

6.2. Aire probable d'alimentation des captages de sources

Le présent projet ne visait pas la détermination précise des AAC des différents captages et leur vulnérabilité, et n'avait pas l'ampleur temporelle et financière de ce type d'études. Conséquemment, nous parlons ici d'Aire Probable d'Alimentation des Captages (APAC) et non d'AAC.

Pour la détermination des APAC, nous avons donc considéré les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques obtenues de la synthèse présentée aux chapitres précédents, ainsi que le débit de la source lorsque celui-ci était renseigné dans les rapports antérieurs ou dans les informations apportées par les responsables de secteurs, ainsi que la chimie des eaux captées.

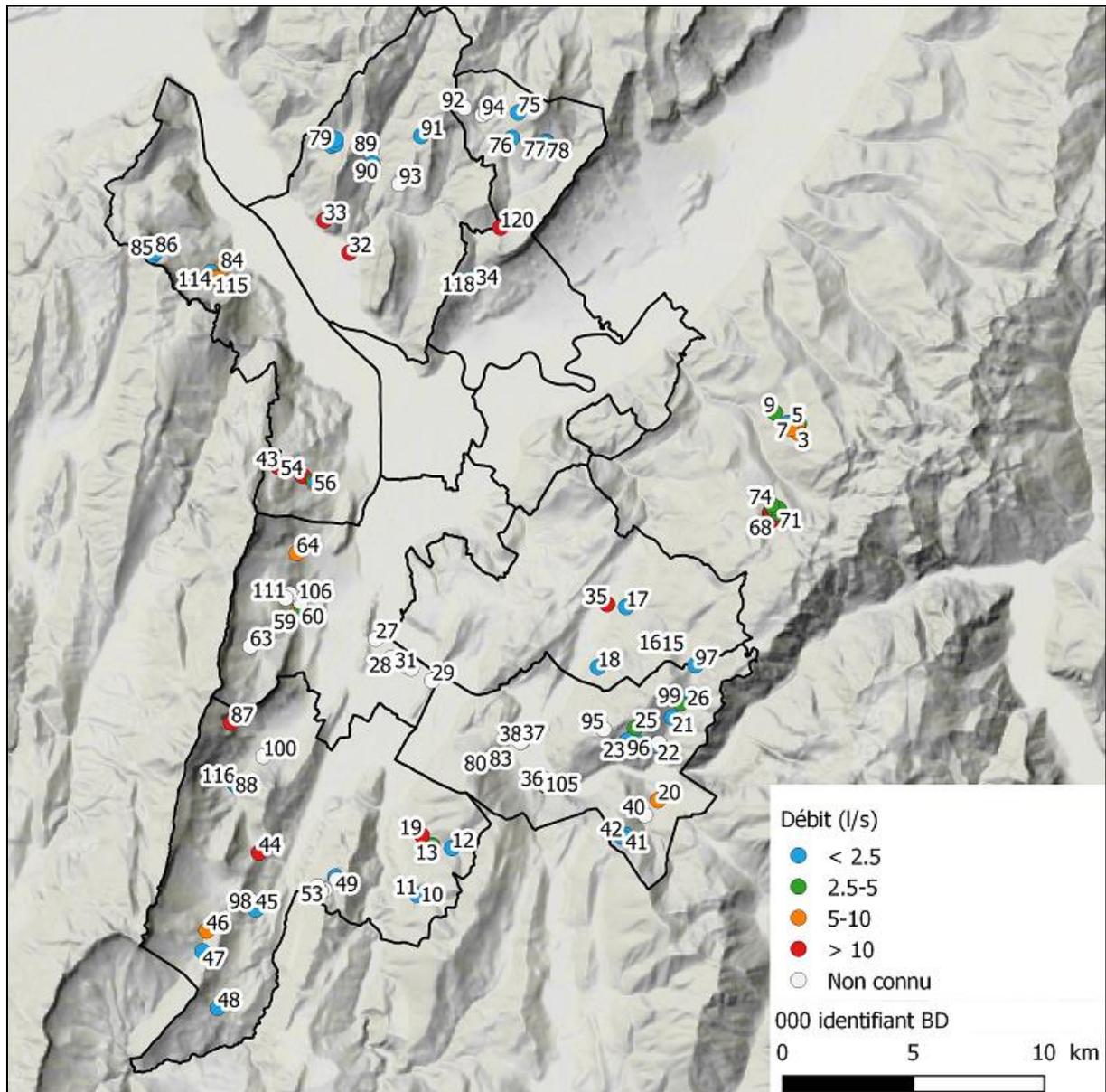


Figure 59 : Importance des débits des sources captées

Pour les captages disposant d'un périmètre de protection rapprochée (PPR), voire d'un périmètre de protection éloignée (PPE), délimité(s) par un hydrogéologue agréé, ceux-ci ont également été considérés dans le tracé de l'Aire Probable d'Alimentation du Captage (APAC).

Mentionnons que les APAC ont été tracées sur la base des coordonnées des captages disponibles au moment de l'étude. Plusieurs de ces coordonnées sont vraisemblablement erronées du fait de la difficulté du positionnement sur carte des captages de zone de montagne et de forêts. Il est donc possible que les APAC des captages soient elles-mêmes erronées. Suite à la vérification des coordonnées exactes des captages, il y aura lieu de vérifier, et si besoin de retracer les APAC.

Nous présentons ci-après les cartes d'emprise des APAC des sources selon les 4 grands secteurs géologiques définis précédemment. Ces cartes sont illustratives et synthétiques. Pour le tracé de chaque APAC, il y a lieu de se référer aux cartes de détail et aux couches SIG.

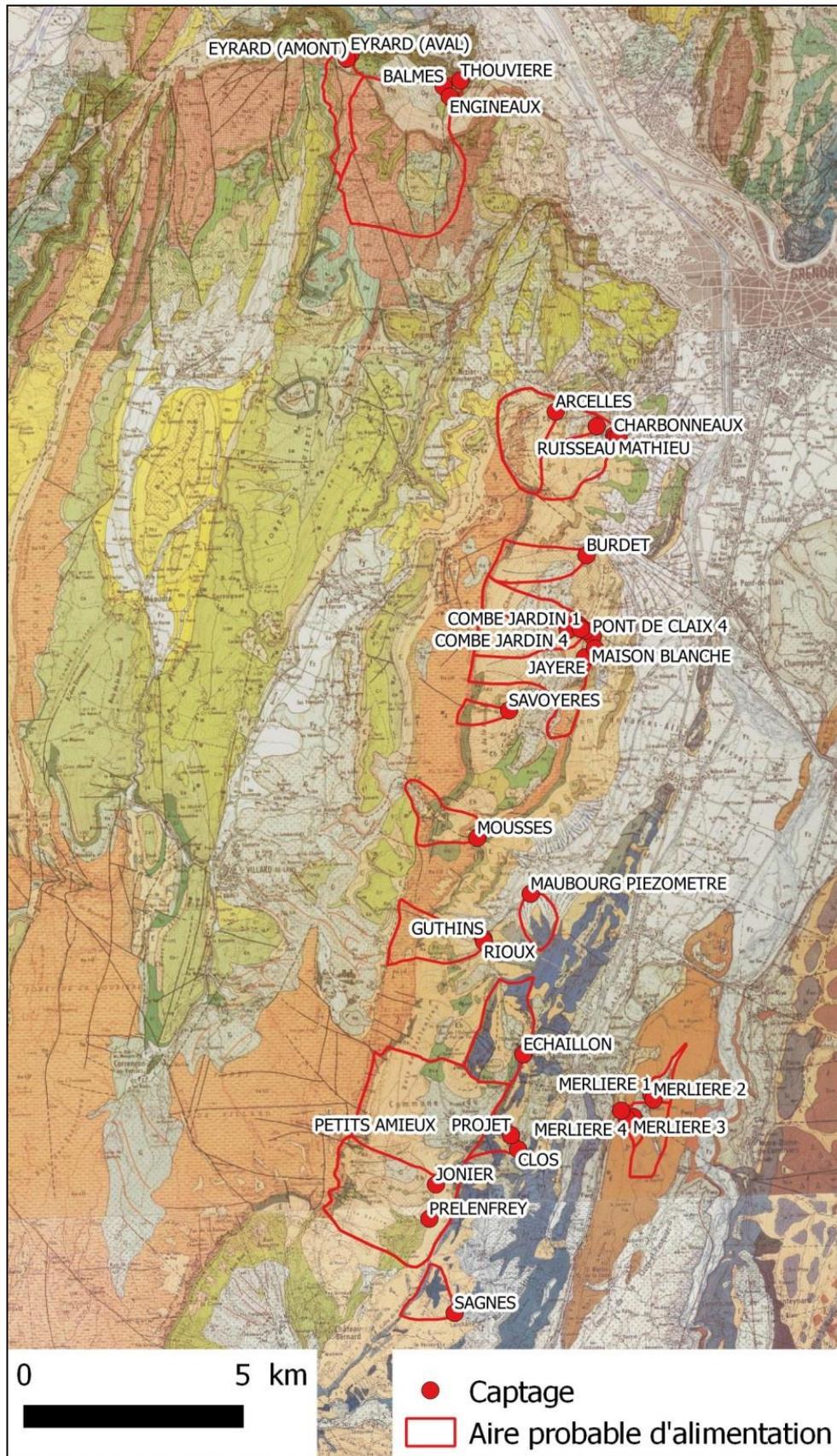


Figure 60 : Aires probables d'alimentation des captages du Vercors

Comme le montrent ces cartes sectorielles, les APAC que nous proposons sont plus homogènes en taille que les périmètres de protection éloignée tracés individuellement par captage par captage, même si leurs surfaces respectives varient beaucoup d'un captage à l'autre. La justification du tracé de chaque captage est fournie à l'Annexe 2.

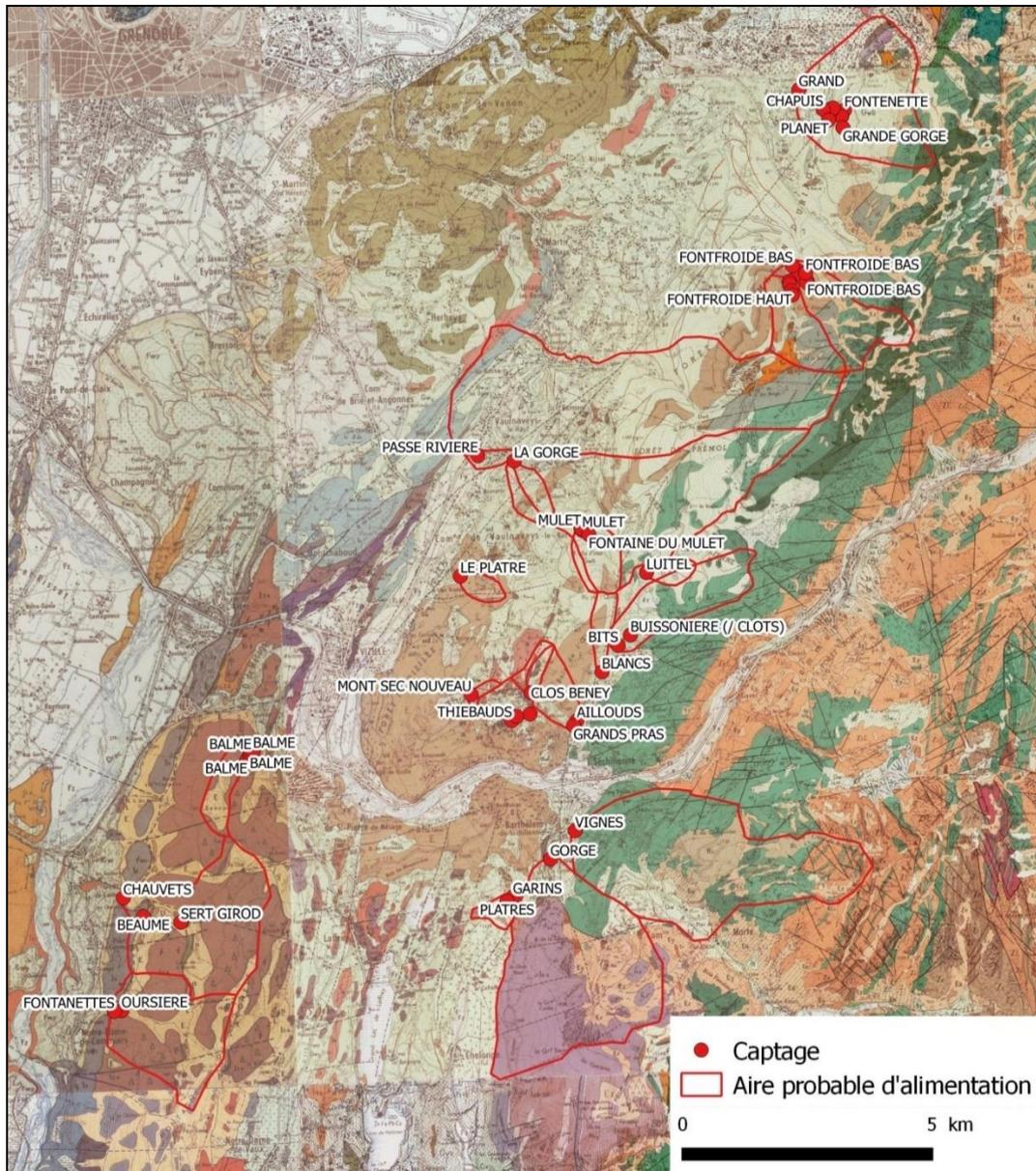


Figure 61 : Aires probables d'alimentation des captages de Belledonne

L'APAC la plus étendue est celle des captages de Passe Rivière qui correspond aux bassins versants des cours d'eau limitrophes du captage.

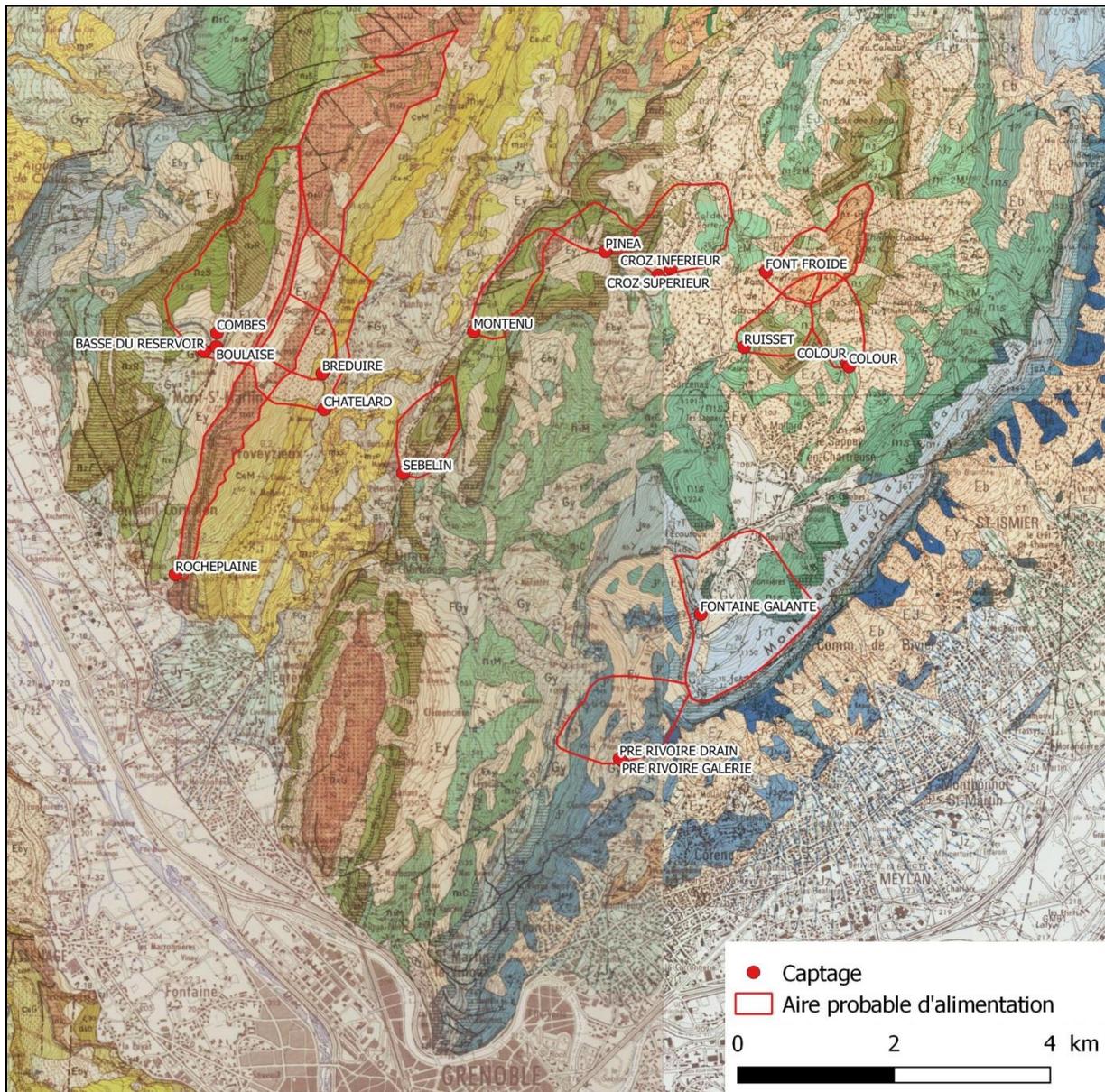


Figure 62 : Aires probables d'alimentation des captages de la Chartreuse

La Figure 63 illustre l'exemple d'APAC imbriquées. La carte montre en effet que l'APAC des captages de Jonier et Prélenfrey est imbriquée dans l'APAC des captages de Clos et Petits Amieux, les deux étant imbriquées dans l'APAC du captage de l'Echaillon.

Les APAC ne sont pas présentées par captage en raison du grand nombre de points de prélèvement traités (> 120). Le tracé des APAC est défini dans les couches SIG remises au Maître d'Ouvrage.

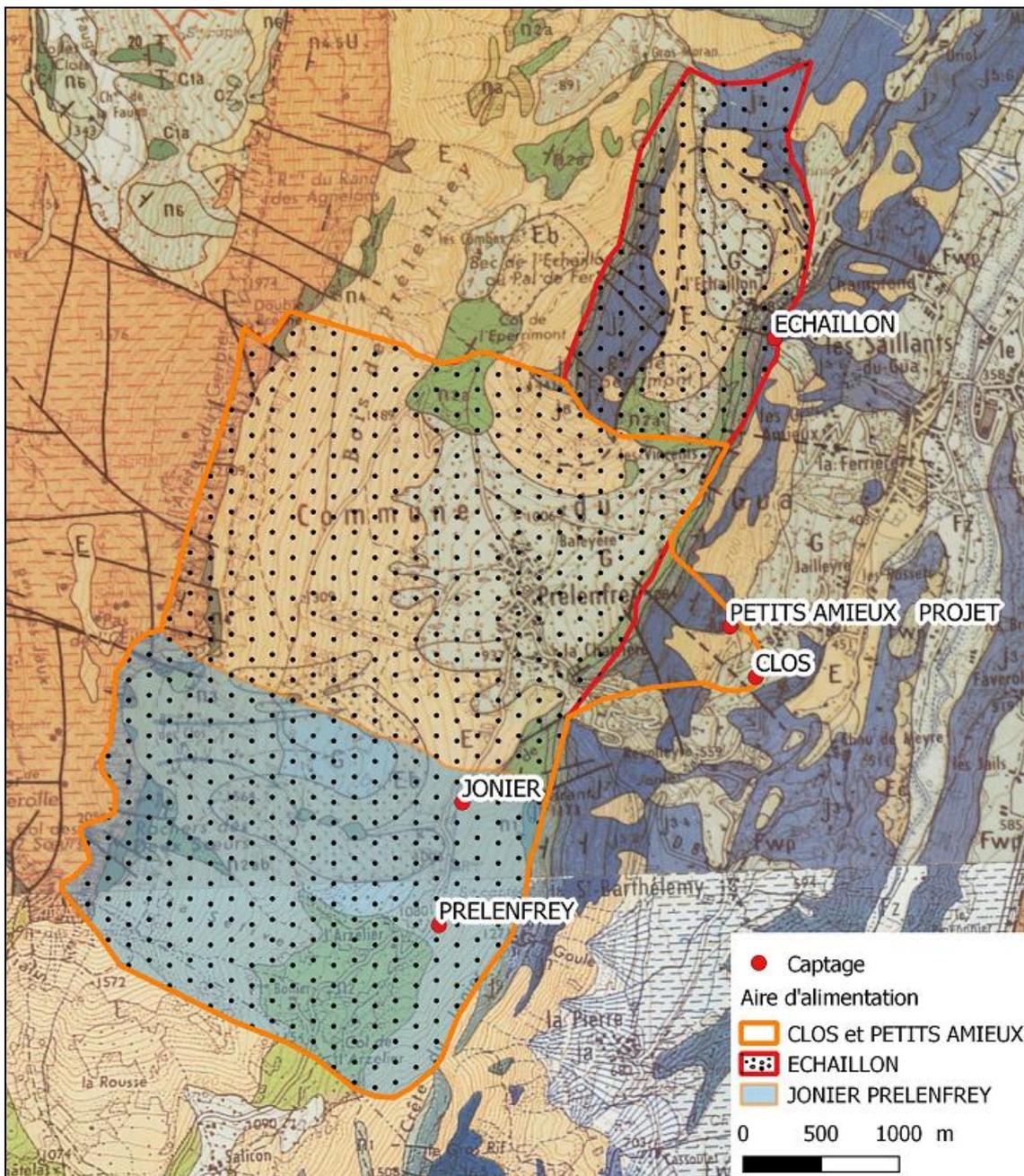


Figure 63 : Aires probables d'alimentation des captages de l'Echaillon, Clos, Petits Amieux, Jonier et Prélénfrey

6.3. Aire probable d'alimentation des captages en nappe alluviale

Dans le cas des captages sollicitant directement ou indirectement des cours d'eau (cas des captages en nappe alluviale), l'intégralité du bassin versant de ces cours d'eau fait donc partie de l'APAC. Les territoires résultants peuvent alors être très grands. C'est le cas des champs captants de Rochefort sur la nappe du Drac, et de Jouchy et Pré Grivel sur la nappe de la Romanche, mais également de celui du Pont des Mails. Les figures suivantes présentent les APAC de ces différents champs captants.

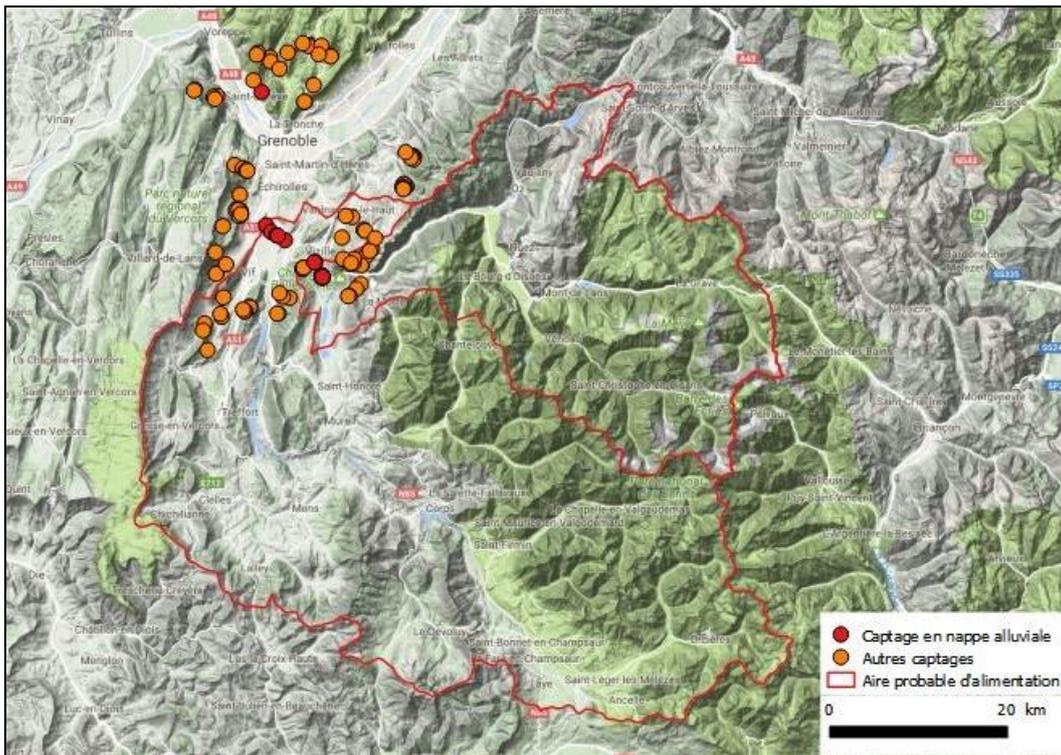


Figure 64 : Aires d'alimentation des champs captants de Rochefort, Jouchy et Pré Grivel

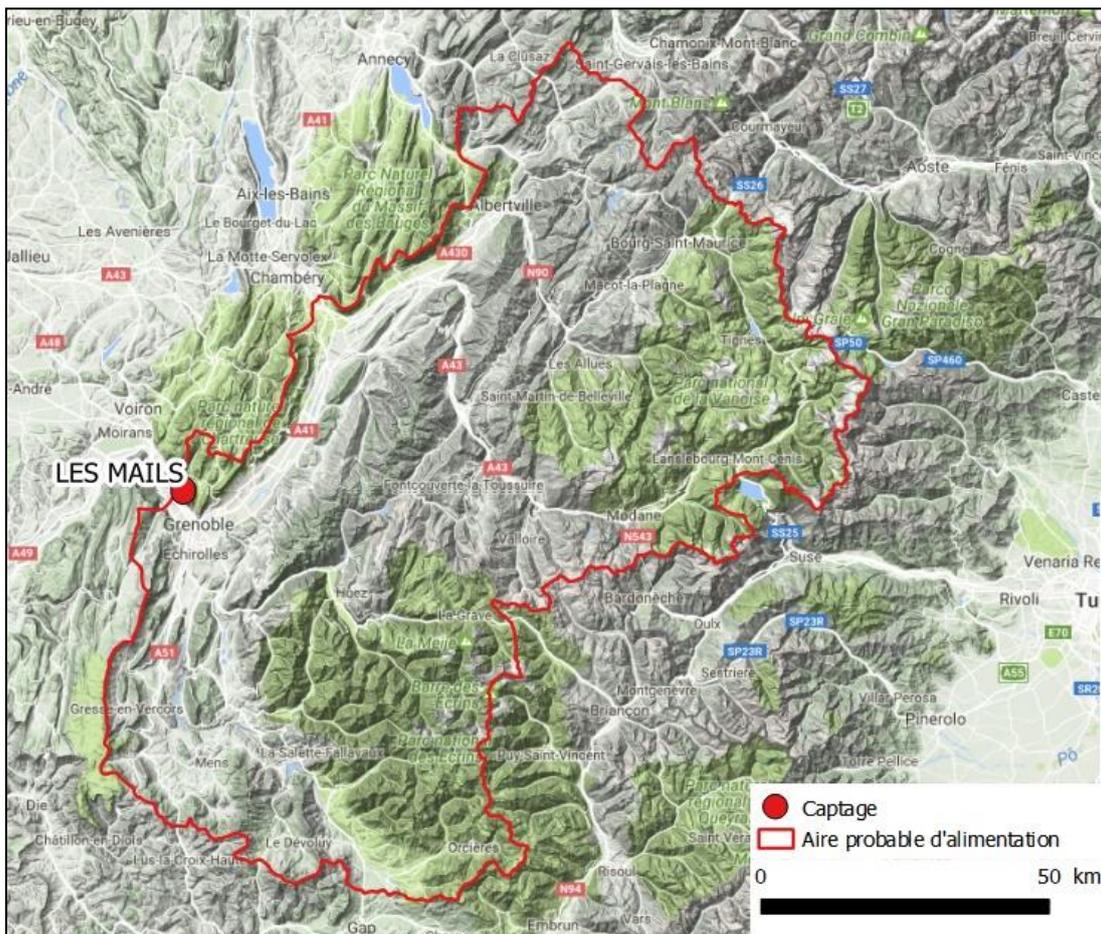


Figure 65 : Aire d'alimentation du captage du Pont des Mails

6.4. Vulnérabilité intrinsèque des aires probables d'alimentation

La vulnérabilité exprime dans le cas d'une ressource en eau le risque d'exposition de cette ressource à une pollution. Elle recoupe donc d'un côté la possibilité qu'un contaminant présent sur le territoire ne pénètre la ressource et s'y propage (ceci constitue la vulnérabilité intrinsèque de la ressource) et d'autre part qu'il existe sur le territoire des sources potentielles de contamination (vulnérabilité extrinsèque). La vulnérabilité intrinsèque est donc définie comme l'analyse du risque propre au seul milieu physique et à la possibilité d'écoulement et de transfert en son sein.

La vulnérabilité intrinsèque dépend des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques conditionnant la sensibilité des eaux souterraines ou superficielles à la contamination par les activités anthropiques. Dans les différentes méthodes existantes d'évaluation de la vulnérabilité, la vulnérabilité intrinsèque est généralement calculée à partir de la somme pondérée des notes relatives de plusieurs facteurs. Cette évaluation conduit à une cartographie standardisée de la vulnérabilité intrinsèque.

Dans le cadre de la présente étude, il y a lieu de différencier les aires d'alimentation concernant exclusivement des nappes d'eau souterraine, de celles incluant un important bassin versant associé (Rochefort, Pré Grivel Jouchy, Les Mails).

6.4.1. Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des ressources d'eau souterraine

En France, différentes méthodes d'évaluation de la vulnérabilité ont été proposées (voir par exemple : Vernoux et al. 2014. *Délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau souterraine et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses*), selon que l'on s'intéresse aux eaux superficielles ou souterraines, que l'aquifère soit poreux continu, fissuré ou karstique.

Les trois méthodes de vulnérabilité que l'on peut considérer dans la présente étude sont les méthodes DRASTIC (ou de type DRASTIC), DISCO et RISK (ou PAPRIKA). Ce sont des méthodes multicritères s'appuyant sur la pondération de différents indices puis sur la combinaison sous SIG des cartes relatives aux divers paramètres pris en compte. La vulnérabilité est donc calculée comme la somme pondérée de plusieurs paramètres :

$$D_i = \sum_{j=1}^{j=n} (W_j R_j)$$

- D_i : index global de vulnérabilité d'une unité cartographique
- W_j : facteur de pondération du paramètre j
- R_j : index du paramètre j
- n : nombre de paramètres pris en compte

- **Méthode DRASTIC (milieux poreux continus)**

La méthode DRASTIC (ou ses dérivées) concernerait plus particulièrement dans notre étude les formations alluviales, colluviales et aux molasses. Elle met en jeu cinq paramètres : nature du sol, pluie efficace, capacité d'infiltration, perméabilité et zone non saturée. La pondération des paramètres est relativement bien répartie entre les paramètres et aucun paramètre n'est majoritaire en grand. Les poids appliqués aux différents facteurs sont indiqués au tableau ci-après.

Tableau 6 : Paramètres et poids de la méthode DRASTIC

Paramètre	Abréviation	Poids (%)
Pluie efficace	P	10
Sol	S	25
Infiltration (IDPR)	I	30
Epaisseur ZNS	H	20
Perméabilité de l'aquifère	K	15

Le critère P correspondant aux précipitations efficaces. Le critère S représente la contribution de la partie supérieure des terrains à la protection de la ressource vis-à-vis d'une infiltration diffuse ou accidentelle de pollution. Le critère H représente la zone non saturée surmontant la nappe et complète celui représentant la nature des sols en tenant compte des formations géologiques de la zone non saturée (ZNS). Il fournit une information relative aux temps de transferts verticaux dans la ZNS. Le critère K reflète le rôle des écoulements au sein de l'aquifère. Le critère I correspond à l'IDPR (Indice de Développement et de Persistance des Réseaux) qui permet de rendre compte de façon indirecte de la capacité des formations à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie.

L'IDPR traduit l'aptitude des formations du sous-sol à laisser ruisseler ou s'infiltrer les eaux de surface. Il se fonde sur l'analyse du modèle numérique de terrain et des réseaux hydrographiques naturels, conditionnés par la géologie. Cette notion d'infiltration est utilisée pour de nombreuses applications dans le domaine de l'hydrogéologie et l'IDPR peut se substituer à de nombreux critères usuellement employés. La cartographie de l'IDPR a été réalisée sur tout le territoire français par le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) et peut être obtenue sur le site internet infoterre.brgm.fr.

L'idée qui sous-tend l'IDPR découle du constat suivant : l'organisation du réseau hydrographique est dépendante des formations géologiques qui le supportent. Dans l'hypothèse d'un milieu parfaitement homogène, seule la pente et la morphologie des reliefs guident la mise en place des cours d'eau. Or dans le milieu naturel, les structures géologiques et la composition lithologique du sous-sol ont une influence significative sur l'établissement des réseaux hydrographiques. Un bassin formé de matériaux très perméables aura en général une densité de drainage faible. A l'inverse, un bassin formé de roches imperméables mais meubles et érodables, comme des marnes ou des argiles, va souvent présenter une densité de drainage élevée. L'IDPR quantifie ce rôle en comparant le réseau naturel observé à un réseau théorique.

Le tableau ci-dessous présente l'indice attribué à chaque paramètre en fonction de sa valeur.

Tableau 7 : Classification des paramètres de la méthode DRASTIC

Valeur de l'indice	Pluie efficace P (mm)	IDPR	Epaisseur ZNS H (m)	Perméabilité K (m/s)
4	> 300	< 400	< 2	$> 10^{-3}$
3	200 - 300	400 - 800	2 - 5	$10^{-4} - 10^{-3}$
2	100 - 200	800 - 1200	5 - 20	$10^{-5} - 10^{-4}$
1	50 - 100	1200 - 1600	20 - 50	$10^{-7} - 10^{-5}$
0	< 50	1600 - 2000	> 50	$< 10^{-7}$

Le critère S 'sol' n'est pas décrit dans ce tableau car il ne s'agit pas d'un paramètre numérique mais d'un critère qualitatif.

- **Méthode DISCO (milieux fissurés)**

La méthode DISCO est une méthode multicritère applicable aux milieux fissurés hétérogènes et repose sur trois paramètres : la discontinuité de l'aquifère qui caractérise le transfert d'eau, la couverture pédologique qui caractérise l'état de protection de l'aquifère et le taux d'infiltration par rapport au ruissellement. Le poids le plus important est appliqué au paramètre Discontinuité.

Tableau 8 : Paramètres et poids de la méthode DISCO

Paramètre	Abréviation	Poids (%)
Discontinuité	D	50
Infiltration	I	30
Sol-Couverture protectrice	S	20

Le paramètre discontinuité D représente le degré de fracturation des roches et sa classification se fait selon 5 classes, des roches saines et non altérées aux roches très fortement fracturées. Les notes sont attribuées à dire d'expert. Le critère I représente l'impact des formations géologiques de la zone non saturée (hors couverture pédologique) dans la partition des pluies efficaces. Cette répartition peut être estimée par l'IDPR (Indice de persistance des réseaux) qui est valable pour les grands bassins versants. Le critère S représente la contribution de la partie supérieure des terrains à la protection de la ressource vis-à-vis d'une infiltration diffuse ou accidentelle de pollution.

- **Méthode RISK (milieux karstifiés)**

La méthode RISK (ou sa méthode dérivée PAPRIKA) s'applique aux formations carbonatées plus ou moins karstifiées et tient compte de quatre paramètres dont certains doivent être évalués à dire d'expert en fonction des connaissances sur les formations géologiques. Le poids le plus important (50%) est affecté à l'infiltration.

Tableau 9 : Paramètres et poids de la méthode RISK

Paramètre	Abréviation	Poids (%)
Roche	R	30
Infiltration	I	50
Protection	S	10
Karstification	K	10

Le critère R caractérise le type de formation. Une roche marneuse est considérée moins vulnérable qu'une roche carbonatée karstifiée et aura donc un indice plus faible. L'indice 0 est ainsi affecté aux formations marneuses alors qu'un indice 4 sera réservé aux roches calcaires en gros bancs massifs affectées par une fracturation intense. Le critère I représente la capacité des formations à permettre l'infiltration de l'eau. Contrairement à la méthode DISCO décrite précédemment, le paramètre infiltration considère la pente comme paramètre plutôt que l'IDPR, les fortes pentes privilégiant les écoulements superficiels et induisent donc une plus faible vulnérabilité pour les eaux souterraines.

Tableau 10 : Classification du critère I

Pente (%)	Indice
> 50	0
49.9 - 30	1
30 - 15	2
15 - 5	3
5 - 0	4

Le critère S représente la couche protectrice de sol. Le critère K décrit le degré de karstification des formations. Un indice de 4 traduit un réseau karstique très développé alors que l'indice 0 est affecté aux formations carbonatées ne permettant pas un développement et un fonctionnement karstique.

6.4.2. Application aux APAC des ressources des coteaux

L'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque des ressources a été réalisée sur les aires probables d'alimentation délimitées. Au vu des informations disponibles et des objectifs de l'étude (inter-comparaison des captages), la cartographie de la vulnérabilité a été réalisée par une analyse multicritère s'inspirant des méthodes DISCO et RISK.

Rappelons que la méthode DISCO est applicable aux milieux fissurés hétérogènes, alors que la méthode RISK s'applique aux formations carbonatées plus ou moins karstifiées.

La pente, la nature de l'aquifère et la présence du recouvrement sont les paramètres que nous avons retenus car ils sont disponibles à l'échelle du territoire étudié et sont communs aux deux méthodes. Etant donnée la faible importance des sols dans ce secteur, seule la présence des moraines et éboulis a été considérée au niveau de la protection de la ressource induite par les formations de recouvrement.

La pente a été classée selon les valeurs du tableau ci-après. La distribution spatiale résultant de ce facteur sur la zone d'étude est présentée à la figure suivante. Les pentes faibles, favorisant l'infiltration et induisant donc une plus grande vulnérabilité aux ressources d'eau souterraine, sont représentées en rouge.

Tableau 11 : Classification du critère infiltration

Pente (%)	Indice
>50	0
50-30	1
30-15	2
15-5	3
5-0	4

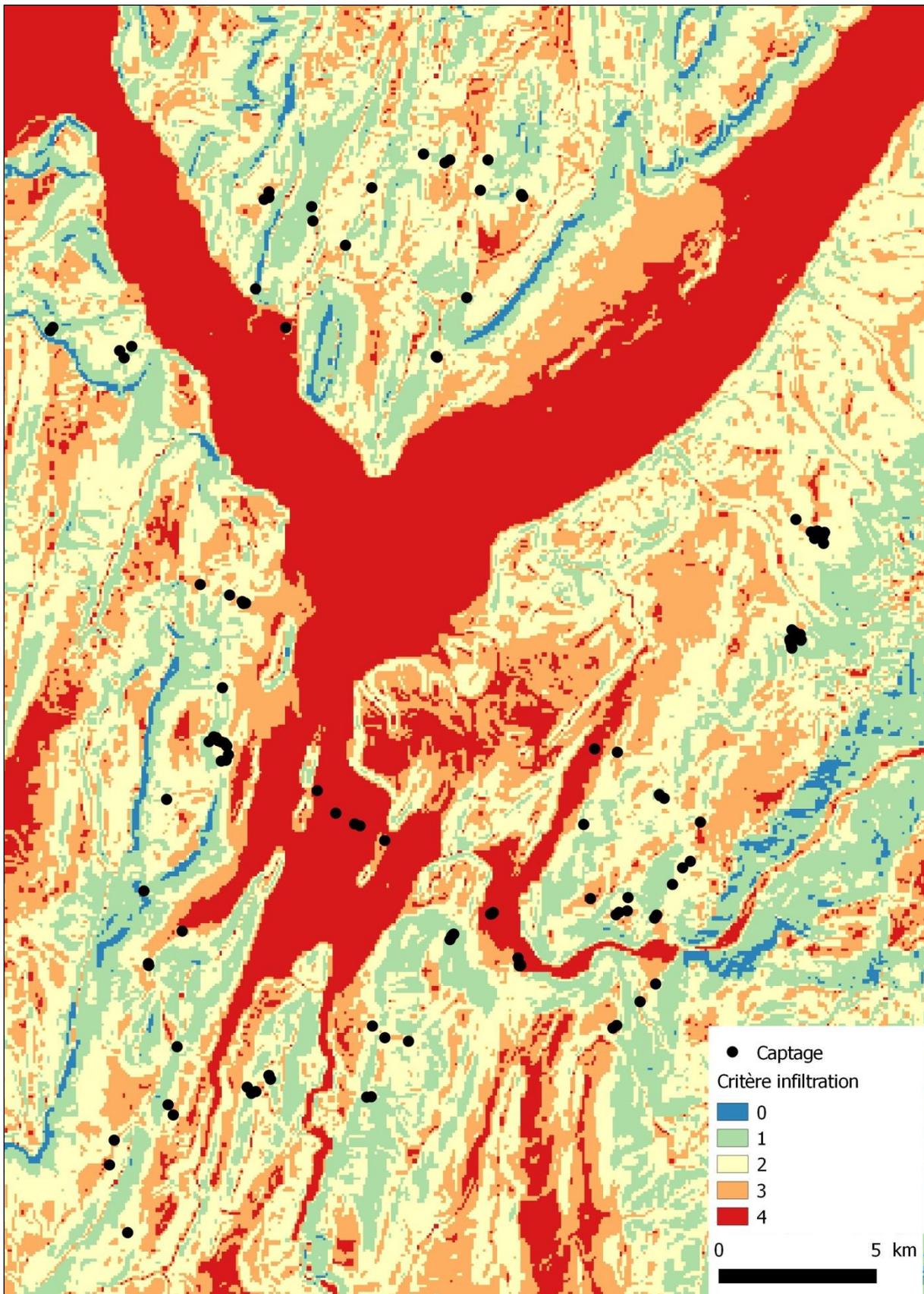


Figure 66 : Distribution spatiale du critère 'Infiltration' (pente) de la vulnérabilité intrinsèque (le code de couleur utilisé correspond aux classes de pente indiquées au tableau ci-avant)

Les formations géologiques ont été digitalisées en polygones à partir des cartes géologiques au 1/50 000. Des indices ont été affectés à chaque type de roche en fonction de ses caractéristiques hydrodynamiques globales (perméabilité, karstification, fracturation).

Tableau 12 : Classification du critère roche

Roche	Indice
Formations imperméables ou sous couverture imperméable	0
Marno-calcaires	1
Schistes, amphibolites et calcaires marneux	2
Calcaires	3
Calcaires fortement karstifiés (Urgonien et Tithonique)	4

Un exemple de cartographie du critère 'Roche' est présenté ci-dessous.

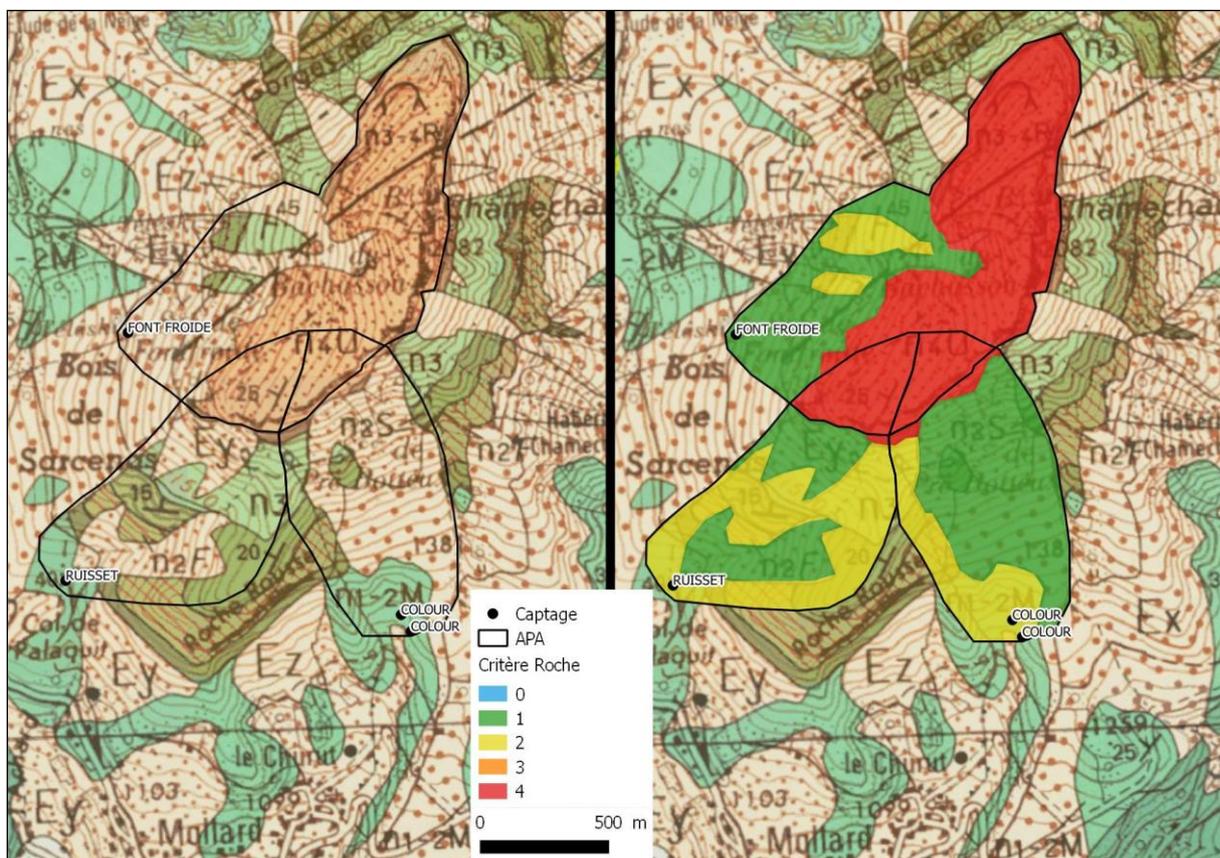


Figure 67 : Exemple de cartographie du critère Roche.

Chaque paramètre fait ainsi l'objet d'une notation sous forme d'indice allant de 0 à 4, dont la somme pondérée fournit l'évaluation de la vulnérabilité sous la forme d'une note allant elle-aussi de 0 à 4.

Des couches d'informations de type raster (c'est-à-dire distribuées sur un maillage régulier) ont été réalisées pour les deux paramètres (Infiltration et Roche) en affectant un indice par entité selon les classifications présentées précédemment. Les cartes ainsi réalisées ont été compilées en faisant une moyenne des deux paramètres. D'autres pondérations (ex. 40% - 60%) ont été testées mais n'ont pas donné de résultats plus probants.

Il est alors possible de comparer les vulnérabilités intrinsèques des eaux souterraines obtenues pour les différentes APAC. Trois classes de vulnérabilité ont été dégagées selon la classification indiquée au tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Classes de vulnérabilité intrinsèque

Vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines (note obtenue)	Classe de vulnérabilité
≤ 1.5	Faible
2.0	Modérée
≥ 2.5	Forte

On constate que la vulnérabilité est très élevée dans les secteurs et plateaux karstiques, alors que les secteurs marneux présentent une vulnérabilité intrinsèque modérée. Les secteurs marneux protégés par une couche protectrice ainsi que les zones à forte pente sont peu vulnérables. Les formations glaciaires du secteur de Belledonne assurent une protection non négligeable aux ressources de ce secteur.

Les secteurs les plus vulnérables seraient donc principalement ceux localisés dans les massifs de La Chartreuse et du Vercors. Il existe cependant peu de différence avec la vulnérabilité du massif de Belledonne. Les pentes, la nature des aquifères ainsi que leurs recouvrements varient de façon importante d'un massif à un autre. Au sein d'une même aire des différences marquées peuvent aussi exister.

Cette hétérogénéité complique le dégagement de tendances nettes au sein des différents massifs. Il n'en demeure pas moins que les formations devant faire l'objet d'une attention particulière sont les massifs karstifiés. Les captages de Rocheplaine, Fontaine Galante, Balmes, Engineaux et Thouvière en sont des exemples.

Afin de rentrer cette information dans la base de données des captages, une vulnérabilité intrinsèque moyenne a été calculée à l'échelle de chaque APAC. Dans la base de données, les limites intermédiaires des classes ont été fixées à 1.67 et 2.33. Les seuls captages ressortant en vulnérabilité forte à l'échelle de l'APAC sont (en vulnérabilité croissante) : Fontaine Galante, Mont Sec Nouveau, Rocheplaine, Thouvière, Balmes, Engineaux, Eyrard (Amont) et Eyrard (Aval).

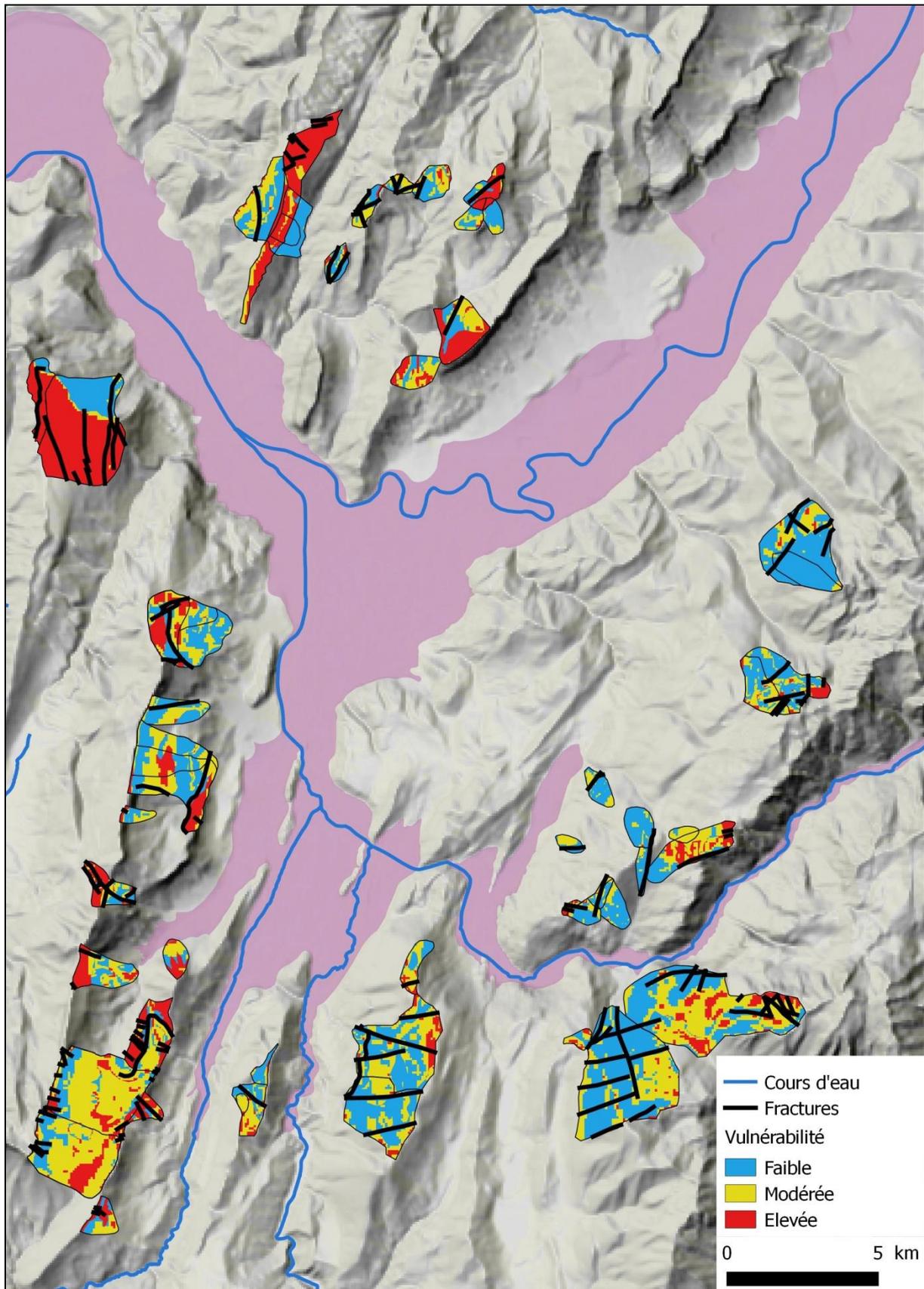


Figure 68 : Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des APAC des ressources de coteau

6.4.3. Cas des grands champs captants

Pour les aires d'alimentation des grands champs captants de Rochefort, Pré Grivel Jouchy et Les Mails, les méthodes d'évaluation et de cartographie décrites précédemment ne s'appliquent pas.

Pour leurs APAC, la vulnérabilité intrinsèque dépend principalement de l'importance du transfert des contaminants par ruissellement. Pour ces aires d'alimentation, la cartographie de la vulnérabilité a été réalisée sous SIG en considérant deux type de critères :

- Soit l'IDPR seul (Indice de développement et de persistance des réseaux défini précédemment) ;
- Soit les deux paramètres suivants :
 - distance au réseau superficiel, définie comme la distance euclidienne au drain le plus proche ; ce paramètre considère que le risque augmente avec la proximité au drain ; les drains considérés ont été tirés de la BD Carthage, en prenant en compte tout le réseau superficiel (canaux, drains, rivières, ruisseaux, torrents) ;
 - pente, calculée sous SIG à l'aide des altitudes fournis par le modèle numérique de terrain (MNT) de l'IGN ; ce paramètre considère que le risque d'entraînement du polluant vers le drain augmente avec la pente.

Cette dernière méthode est inspirée de la méthode SIRIS-Transfert (Arousseau et al., 1998) utilisée pour déterminer le risque de transferts de pesticides à l'échelle de la parcelle vers les ressources en eaux superficielles. La plupart des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité rattachée aux eaux superficielles sont dérivées de cette approche SIRIS.

Les deux critères de distance au réseau de drainage (cours d'eau) et de pente ont été notés en 5 classes de vulnérabilité croissante : de la classe 0 la moins vulnérable à la classe 4 de vulnérabilité maximum. Ces critères ont été cartographiés sous SIG puis combinés (somme iso-pondérée des deux paramètres) pour fournir la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque.

La Figure 69 présente la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque évaluée par la méthode utilisant la pente et la distance aux cours d'eau. On constate de façon globale que ces deux paramètres ne permettent pas de sectoriser de façon pertinente des grands sous-secteurs du territoire étudié. La majorité du territoire ressort en vulnérabilité modérée à très élevée, hormis le corridor de l'Isère (et moindrement celui du Drac) qui ressortent étonnamment avec une vulnérabilité faible à très faible, du fait des pentes très faibles (qui minimisent l'importance du transfert par ruissellement). Cette cartographie illustre le fait que cette méthode, possiblement pertinente à l'échelle de territoires plus petits ou moins pentus, ne conduit pas ici à une zonation pertinente de la vulnérabilité intrinsèque à l'échelle des aires d'alimentation considérées.

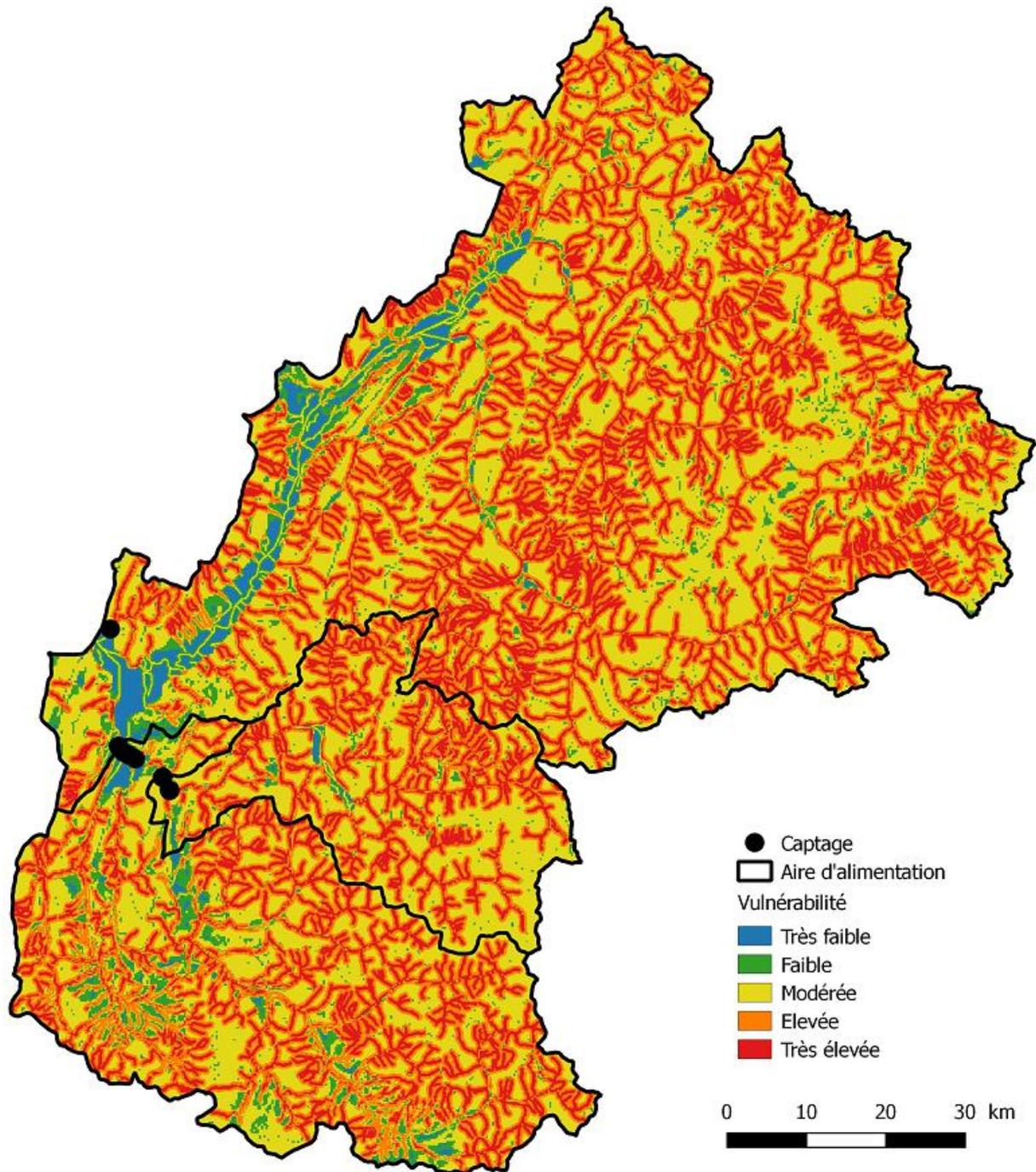


Figure 69 : Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque réalisées en fonction des critères pentes et distance aux cours d'eau sur l'APAC des grands champs captants

La cartographie de la vulnérabilité intrinsèque évaluée au moyen de l'IDPR sur les APAC des grands champs captants (Figure 70) montre également une mosaïque relativement homogène à l'échelle de la carte. Les fonds de vallées et dessus de plateaux y présentent une vulnérabilité assez faible pour les mêmes raisons de faible pente qu'évoquées précédemment.

Il ressort de ces deux cartes, que l'évaluation et la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des grands bassins versants réalisées au moyen des deux approches les plus classiques ne permettent pas d'obtenir une distribution spatiale de la vulnérabilité et une priorisation pertinente de certaines parties du territoire. Ce manque de discernement de ces méthodes provient principalement du

caractère homogène de la distribution des paramètres considérés, hormis en ce qui a trait aux grands corridors alluviaux. Sur ces secteurs particuliers, les méthodes indiquent étonnamment une vulnérabilité faible malgré la grande proximité aux principaux cours d'eau. Le paramètre 'pente' pris en compte directement ou indirectement dans les deux méthodes semble alors prendre le dessus sur la proximité aux cours d'eau.

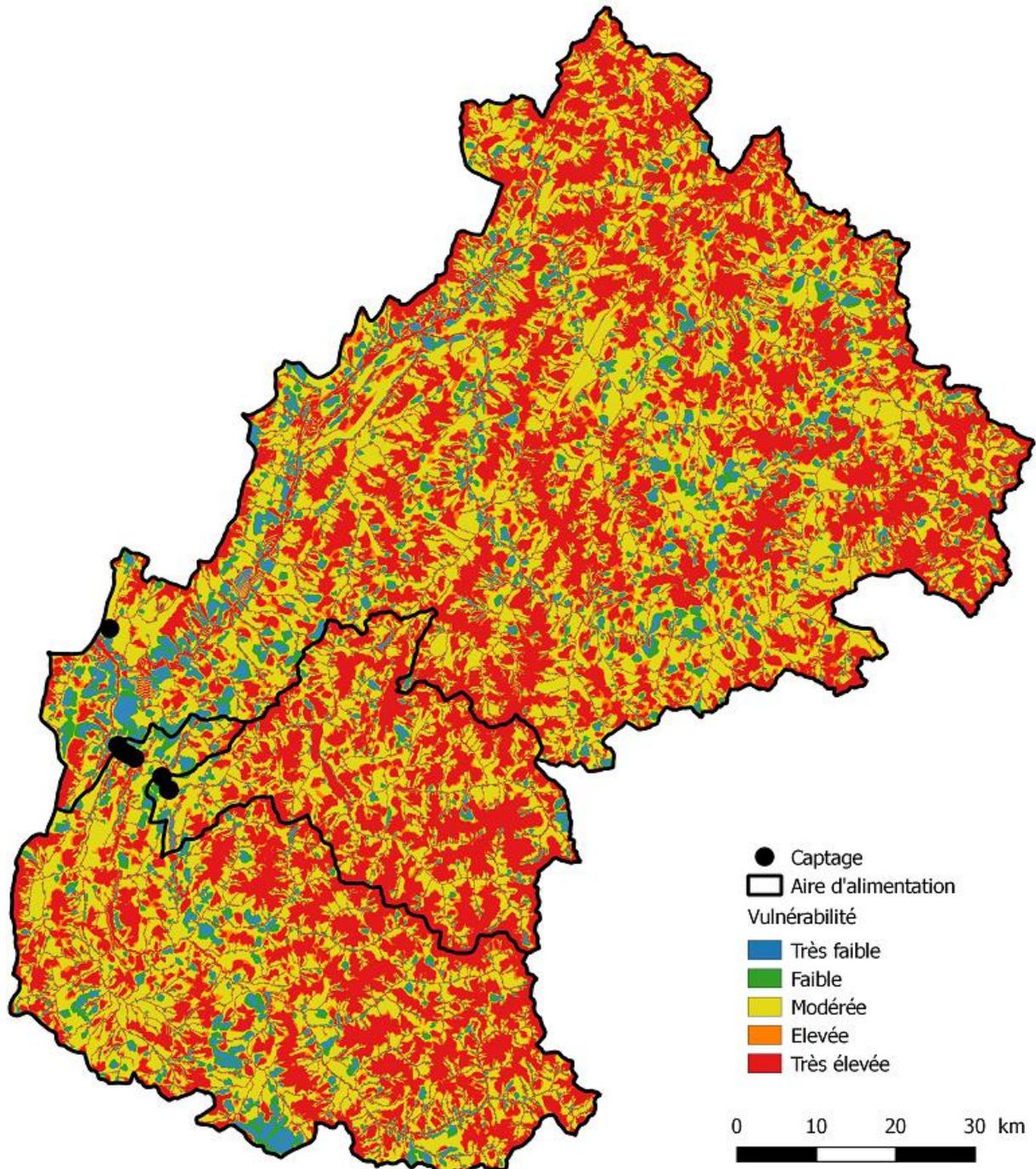


Figure 70 : Cartographie de la vulnérabilité selon l'IDPR sur l'APAC des grands champs captants

6.5. Discussion et limites des méthodes

La délimitation de l'aire d'alimentation d'un captage et l'évaluation de sa vulnérabilité présentent des limites comme toute méthode. Parmi les éléments qu'il convient de garder à l'esprit, les plus importants sont les suivants :

- Les formations géologiques constituant les aquifères des ressources des coteaux sont hétérogènes à la fois à cause de leurs natures différentes (calcaires, argiles, marnes, sables ...), mais également du fait des phénomènes naturels qui les ont affectées depuis leur formation (plissement, cassure, dissolution ...).
- Les écoulements de l'eau au sein de ces aquifères sont également complexes du fait de la variabilité des propriétés hydrodynamiques (en particulier celle de la perméabilité) et des conditions de recharge de la nappe reliée à l'infiltration des eaux de pluie et conditionnée par l'évapotranspiration et par le ruissellement prenant place sur les pentes.
- La délimitation de l'aire d'alimentation des captages et l'évaluation de sa vulnérabilité se sont appuyées sur les seules connaissances actuellement disponibles dans la bibliographie disponible.
- L'aire (probable) d'alimentation d'un captage doit donc être perçue comme le territoire qui est le plus probable à permettre l'alimentation en eau du captage. Il n'est pas exclu que d'autres zones puissent y contribuer, mais cela est peu vraisemblable. De même il est possible que certaines parties de l'aire ainsi délimitée ne contribuent pas systématiquement ou pas significativement à l'alimentation du captage. Il demeure donc une incertitude reflétant les connaissances disponibles au moment de la délimitation de cette aire et les méconnaissances existantes.
- Il n'est pas possible de lever toutes les incertitudes et méconnaissances existantes. La délimitation de l'aire (probable) d'alimentation d'un captage et l'évaluation de sa vulnérabilité résultent donc d'un compromis entre les connaissances existantes et un travail réalisé à seul dire d'expert. C'est en effet avec l'expérience acquise au travers des nombreuses études réalisées par ailleurs que les spécialistes peuvent proposer l'étendue du territoire situé en amont d'un captage qui contribue de la façon la plus probable à l'alimentation en eau de ce captage. L'étendue de ce territoire doit être corrélable avec l'importance du débit capté. Dans le cas d'une source, ce territoire doit permettre l'infiltration d'un volume suffisant d'eau pour expliquer le débit observé à la source. Cette vérification a été systématiquement faite pour toutes les APAC.
- L'évaluation de la vulnérabilité repose sur un nombre de facteurs conditionnant la possible propagation d'un contaminant au travers du sol, du sous-sol (zone non saturée) et de l'aquifère, jusqu'au captage. De nombreuses méthodes ont été proposées pour les différents types d'aquifère. De même des facteurs spécifiques à cette évaluation ont été conçus par les organismes compétents. La vulnérabilité peut être ainsi évaluée et spatialisée sur l'aire d'alimentation d'un captage de façon objective et standardisée. Ce travail permet d'identifier les parties de l'aire pour lesquelles le potentiel d'impact qualitatif sur la ressource est le plus important.
- Dans le cas des grandes aires d'alimentation, la cartographie de la vulnérabilité sert de guide pour la réalisation des enquêtes environnementales et la mise en place des mesures de protection. Il est en effet pertinent de prioriser l'acquisition de connaissances et la mise en œuvre des actions sur les zones les plus vulnérables. Dans le cas des petites aires d'alimentation, le nombre de sources potentielles de pollution est généralement faible ce qui ne justifie pas de mettre l'accent sur les seules zones de forte vulnérabilité.

- Les deux méthodes d'évaluation et de cartographie de la vulnérabilité mises en œuvre pour les aires d'alimentation des grands champs captants n'ont pas permis d'obtenir une distribution pertinente et 'exploitable' de la vulnérabilité en regard de la protection de la ressource. En effet, du fait de l'étendue du territoire concerné et de sa relative homogénéité en termes de distribution des paramètres, la vulnérabilité de ce territoire se présente comme une mosaïque homogène en grand, même si très contrastée dans le détail. Cette cartographie ne permet donc pas de discerner des zones du territoire à protéger en priorité.
- Par ailleurs, ces méthodes d'évaluation et de cartographie de la vulnérabilité des aires d'alimentation des grands champs captants ont étonnamment jugé très faible la vulnérabilité intrinsèque des grands corridors alluviaux, malgré la proximité aux principaux cours d'eau. Ceci résulte de la prise en compte directe ou indirecte du critère 'pente' qui classe le risque de ruissellement comme très faible à cause de la faiblesse ou de l'absence de pente. Conséquemment, ces méthodes semblent présenter un biais dans l'évaluation de la vulnérabilité et la protection du territoire.

Les figures ci-après illustrent la réactivité de la ressource captée aux épisodes pluvieux et l'environnement immédiat du captage. La vulnérabilité intrinsèque de la ressource captée peut être illustrée, comparée ou complétée avec ces deux aspects. En effet, la réactivité est une manifestation constatée de la relation pluie-ressource, une réactivité forte pouvant entraîner des problèmes de turbidité et l'apparition de pollutions microbiologiques. De même, l'environnement immédiat est également un élément à considérer dans la protection d'un captage (outre le fait qu'il conditionne la présence possible de contaminants, c'est-à-dire la vulnérabilité extrinsèque qui sera discuté plus loin). Il est en effet susceptible de modifier les conditions naturelles d'écoulement superficiel et d'infiltration des eaux superficielles. Si les alentours du captage sont anthropisés, les écoulements peuvent y être modifiés et favoriser l'entrée de contaminants dans la ressource au voisinage immédiat du captage. La prise en compte de ces deux paramètres requiert cependant l'acquisition d'informations complémentaires et la réalisation d'investigations de terrain.

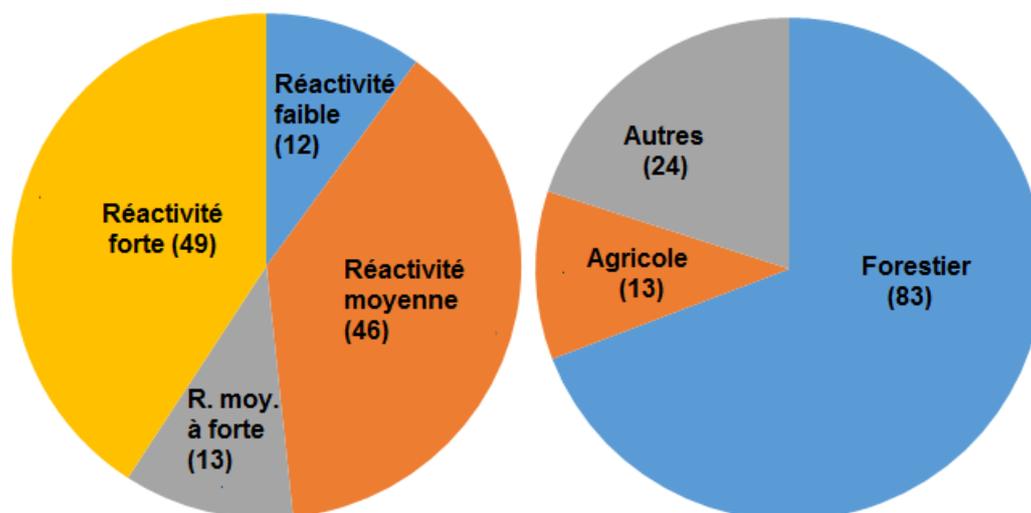


Figure 71 : Réactivité de la ressource captée aux épisodes pluvieux et environnement immédiat du captage

7. ANALYSE DE LA VULNERABILITE EXTRINSEQUE DES AIRES D'ALIMENTATION

La vulnérabilité extrinsèque correspond aux pressions, agricoles et non agricoles, qui s'exercent sur un territoire donné. Le plus souvent ce territoire correspond à l'aire d'alimentation d'un captage ou à la partie la plus vulnérable de cette aire d'alimentation.

Cette étude sur les pressions extrinsèques s'effectue sur des aires d'alimentation dont la typologie est différente. En effet, il convient de distinguer, comme ça été le cas pour l'étude de vulnérabilité intrinsèque, les Aires Probables d'Alimentation de Captage (APAC) des ressources des coteaux et celles des grands champs captants (Mails, Rochefort et Pre Grivel Jouchy). Les surfaces des APAC des grands champs captants sont en partie en dehors du territoire de la Grenoble Métropole et elles sont tellement étendues que l'étude de vulnérabilité extrinsèque à l'échelle des APAC n'est pas judicieuse pour ces captages. Les pressions extrinsèques seront donc regardées à l'échelle des périmètres de protection (PP) pour les 3 grands champs captants. Pour les ressources des coteaux, l'étude se fera à l'échelle des APAC. Lors de la présentation des résultats sous formes de tableau, les informations concernant les grands champs captants seront mises en avant par des cases en fond bleu.

Afin de quantifier l'ensemble des pressions extrinsèques, nous avons croisé via un logiciel de SIG les différentes couches des pressions extrinsèques avec la couche des APAC des ressources des coteaux et des PP des grands champs captants. Ces différentes couches ont été obtenues auprès des différents services de l'état (DDT, DREAL, la chambre d'agriculture...) ou de la Métropole. L'ensemble des ressources utilisées avec l'origine et la date de mise à jour est visible en annexe et ces informations seront rappelées dans les paragraphes correspondant à l'étude de la pression associée à cette couche SIG.

Ces traitements informatiques nous ont permis d'extraire les surfaces agricoles et non agricoles des zones d'études ainsi que les pressions ponctuelles représentées par des points comme le sont les sièges d'exploitations ou les rejets de STEP par exemple.

Les surfaces des APAC et des périmètres de protections sont très variables les unes des autres. Afin de pouvoir comparer une pression donnée (ex : surface en prairie) entre deux zones d'études de surfaces différentes, la pression sera explicitée en pourcentage de la surface de la zone d'étude. Cependant, le croisement des données spatiales (surfaces APAC/PP) et ponctuelles (point de rejet STEP ou ICPE) ainsi que leurs comparaisons entre des aires de tailles différentes sont possibles même si nous devons être plus critique en vers ces résultats. Un ensemble de cartes de l'ensemble des APAC des ressources des coteaux et des périmètres de protection des grands champs captants est visible en annexe. Des exemples de cartes sont aussi visibles dans ce chapitre.

7.1. Contexte général

7.1.1. Agriculture de la zone d'étude

Les statistiques agricoles présentées ci-dessous sont issues des bases de données d'Agreste qui compilent les résultats des recensements agricoles de 1988, 2000 et 2010. Nous avons uniquement comparé les résultats de 2000 et 2010. Sur l'ensemble des aires d'alimentation des ressources des coteaux et des périmètres de protections des grands champs captants, nous avons recensé 60 communes totalement ou en partie concernées par ces aires. Pour certaines de ces communes, seule une infime partie de leur surface est incluse dans les aires d'alimentation. Néanmoins, nous avons conservé les statistiques agricoles sur l'ensemble de la commune.

Tableau 14 : Evolution des statistiques agricoles entre 2000 et 2010 (Source : Agreste)

	Sur la zone d'étude		Evolution
	2000	2010	
Exploitations agricoles	588	417	-29%
Superficie agricole utilisée (ha)	14862	13642	-8%
Cheptel (UGB)	11453	10610	-7%
Superficie en terres labourables (ha)	4316	3744	-13%
Superficie en cultures permanentes (ha)	26	22	-15%
Superficie toujours en herbe (ha)	8157	8494	+4%

On s'aperçoit que sur la zone d'étude, le nombre d'exploitations a chuté de 29% en dix ans. Dans le même temps, la SAU n'a quasiment pas bougé. Le cheptel est exprimé en Unité gros bétail (UGB). Cette méthode de calcul permet de comparer des espèces différentes (bovins, ovins ou caprins) et des races différentes (bovins lait ou viande). Par conséquent, l'ensemble des animaux présents sur le secteur a été ramené à cette unité selon la table d'équivalence UGB tout aliment jointe au recensement agricole. Bien qu'il ait légèrement diminué depuis 2000, le cheptel présent sur la zone d'étude est très important.

Tableau 15 : Exemple d'équivalence UGB (source : Agreste)

Désignation	UGB TA
Vache laitière	1.45
Vache Viande	0.9
Veau de boucherie	0.6
Chèvre	0.3
Brebis mère nourrice	0.17
Brebis mère laitière	0.2

Le recensement agricole a aussi permis de déterminer l'orientation principale des communes des zones d'études. La majorité des communes sont tournées vers l'élevage ou bien vers une polyculture associée à un polyélevage.

La taille de la zone d'étude ne rend pas possible la rencontre de tous les agriculteurs afin de voir avec eux l'occupation du sol. Par conséquent, nous avons utilisé les registres parcellaires graphiques (RPG) de 2014 et 2012 afin de décrire au mieux l'occupation agricole du sol. Ce registre prend en compte uniquement les agriculteurs rattachés à la PAC. Cela correspond à la majorité des agriculteurs. Même si certains agriculteurs du secteur ne sont pas à la PAC, cela n'aura aucune influence sur les résultats.

Nous observons que les prairies (permanentes et temporaires) ainsi que les estives représentent la majeure partie des cultures sur l'ensemble des zones d'études (APAC et PP des grands champs captants) tandis que les cultures céréalières sont beaucoup moins présentes. La prépondérance des prairies et estives s'explique par le relief qui est propice à l'élevage et moins à la culture céréalière. Les pentes rendent difficile l'utilisation d'engins agricoles. Ces résultats sont cohérents avec les résultats observés dans la partie précédente (taille du cheptel et orientation des communes). Si l'on rapproche la taille du cheptel à la surface disponible pour le pâturage, on obtient une charge de 0.37 UGB/ha, ce qui traduit un élevage extensif et permet d'éviter la concentration d'un trop grand nombre d'animaux sur une surface donnée. Ce type d'élevage permet par conséquent de diminuer la charge d'azote à l'hectare due aux excréments des animaux et de limiter le risque de contamination bactérienne de la ressource en eau.

Néanmoins, il convient de séparer l'agriculture des APAC des coteaux et les APAC des grands champs captants que sont Mails, Rochefort et Pré Grivel Jouchy.

En effet, l'agriculture n'est pas la même en fonction de la situation géographique. Les grands champs captants sont plutôt situés en plaine, tandis que les APAC des coteaux sont situées sur les hauteurs.

La situation géographique des APAC des coteaux rend difficile l'exploitation mécanique des parcelles c'est pourquoi les prairies et les estives sont quasiment les seules cultures présentes sur les APAC des coteaux. Les prairies et les estives servent de pâture aux animaux. L'orientation principale des exploitations des APAC des coteaux est l'élevage. Pour les grands champs captants situés dans les vallées, la culture est plus diversifiée avec une majorité de grandes cultures (blé, orge...). L'orientation des exploitations des grands champs captants est ainsi la polyculture et l'élevage. Le détail précis des surfaces et des typologies des exploitations agricoles en fonction des APAC et des périmètres de protection seront développées dans l'étude des pressions agricoles.

7.1.2. Pressions non agricoles sur la zone d'étude

Comme pour l'agriculture, les pressions non agricoles sont différentes entre les APAC des coteaux et les grands champs captants. La population est plus dispersée au niveau des APAC des coteaux que sur les grands champs captants ce qui favorise les installations d'assainissement non collectif. De même, les grands axes routiers (autoroute, route nationale, voie ferrée) sont concentrés sur les grands champs captants tandis que les chemins forestiers sont plus courants sur les APAC des coteaux.

Les stations de ski sont concentrées sur les APAC des coteaux et absentes des périmètres de protection des grands champs captants.

Cette différence de répartition des pressions entrainera une différence dans l'interprétation des données.

Ces informations ne sont que des informations générales, une étude zone d'alimentation par zone d'alimentation a été effectuée afin de déterminer l'ensemble des activités entrainant ou pouvant entrainer une pression sur les zones d'alimentation. Ces pressions peuvent être classées dans différentes catégories de pression :

- Pression naturelle (zone inondable, présence de cours d'eau à proximité des zones de captage) et protection réglementaire, Zone Natura 2000, Parc naturel régional, réserve naturelle...)
- Pression industrielle (ICPE, route...)
- Pression nitrate et bactériologique (zone de pâturage, sortie de STEP, sièges d'exploitation, Zone vulnérable nitrate ...)
- Pression phytosanitaire (zones de grandes cultures, routes, voies ferrées, sièges d'exploitation ...)
- Pression anthropique (zone urbanisée, barrage, station de ski)

Ces pressions sont soit des pressions diffuses (épandage, traitement phytosanitaire ...) ou des pressions ponctuelles (accidents industriels, lieux de stockage de produit phytosanitaire ou de lisier ...)

Des traitements SIG ont permis d'extraire pour chaque aire probable d'alimentation de captage (APAC), l'ensemble des surfaces ou le nombre correspondant aux pressions mentionnées ci-dessus.

Pour les grands champs captants dont les APAC étaient trop grandes, l'étude de la vulnérabilité a été réalisée sur les périmètres de protection.

7.2. Définition des pollutions ponctuelles et pollutions diffuses

Il existe deux mécanismes de pollution de la ressource en eau par les intrants agricoles et non agricoles (produits phytosanitaires, engrais, amendements organiques) : les pollutions « ponctuelles » et les pollutions « diffuses ».

Les pollutions ponctuelles, appelées aussi **accidentelles**, interviennent lors de la manipulation des produits phytosanitaires, des engrais et des amendements organiques (du stockage à l'élimination des effluents et déchets). Elles sont concentrées sur une faible superficie, relativement facile à identifier, à mesurer et à traiter. La gestion des emballages, le devenir des effluents (fonds de cuve du pulvérisateur, solutions de drainage des cultures hors-sol ...), le mode de stockage des engrais et des produits, le remplissage et le rinçage des appareils de traitement sont autant de sources potentielles de pollutions ponctuelles.

Les pollutions diffuses interviennent pendant et suite à l'épandage sur les parcelles agricoles. Une partie des intrants n'atteint pas son objectif et se diffuse, notamment vers les eaux.

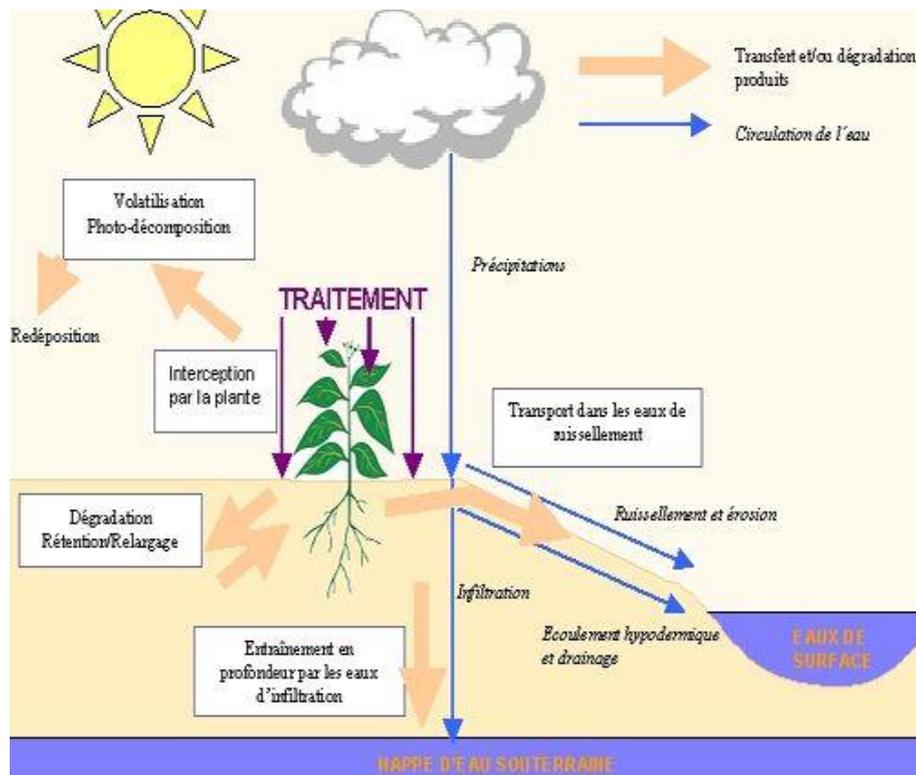


Figure 72 : Voies de transfert des pesticides lors de pollutions diffuses (source : CROPP)

S'agissant des pollutions diffuses de la ressource en eau :

- Lors des pulvérisations, une partie des produits phytosanitaires se retrouve au sol et migre lors des pluies ou irrigations. Que ce soit en surface ou par infiltration, cette migration se fait sous forme diluée dans l'eau et/ou adsorbée sur des particules de sol (le phénomène d'érosion et la pollution sont donc très liés). De plus, une partie des pertes peut directement atteindre le ruisseau ou le fossé à proximité par dérive aérienne lors de la pulvérisation (plus simplement appelée « dérive »).

Dans tous les cas, une pollution diffuse correspond à un transfert en faible concentration sur des superficies étendues. Les mécanismes en jeu sont souvent complexes et sont le résultat de facteurs :

- pédoclimatiques (pluie, perméabilité des sols, teneur en matière organique ...),
- liés aux caractéristiques chimiques des molécules (durée de vie, rétention dans les sols, solubilité ...),
- liés au matériel utilisé (type de pulvérisation, orientation des buses, entretien ...).

7.3. Protections réglementaires et naturelles

Dans ce chapitre, nous étudierons les pressions naturelles qui s'exercent sur les captages, notamment les zones inondables et les cours d'eau situés à proximité des captages. Nous verrons aussi que des protections réglementaires d'espaces naturels (Zone Natura 2000, PNR, réserve naturelle ...) peuvent limiter les activités et ainsi offrir une protection à la zone d'étude. De même, des zones naturelles comme les forêts qui peuvent être comprises dans les espaces naturels réglementaires cités plus haut limitent l'activité agricole et humaine et donc les pressions sur le milieu.

7.3.1. Zones Natura 2000

Les zones Natura 2000 rassemblent des sites naturels ou semi-naturels de l'Union européenne ayant une grande valeur patrimoniale de par la faune et la flore qui composent cette zone. Le but de ces zones est d'y maintenir la biodiversité en régulant, interdisant ou encadrant les activités (agricoles, industrielle et humaines) qui s'y déroulent. Cet encadrement des pratiques diminuera l'ensemble des autres pressions de la zone.

Ces zones sont séparées en deux ensembles :

- les Zones de protection spéciale (ZPS) dédiées à la protection des oiseaux et issues de la Directive Oiseau de 1979.
- les Zones spéciales de conservation (ZSC) instaurées par la Directive Habitat de 1992 avec pour objectif la conservation des sites écologiques.

Ces données datant de 2017 sont mises à disposition par la Direction Départementale des Territoires. Cela a permis d'enrichir les connaissances des différentes zones d'alimentation.

Toutes les aires d'alimentations ne sont pas couvertes par une Zone Natura 2000. Seules 13 aires d'alimentation sont en partie ou totalement couvertes par une Zone Natura 2000 de type ZSC. Sur l'ensemble des aires d'alimentation des ressources des coteaux, il n'y a pas de ZPS.

Les APAC de Fontfroide bas, de Fontfroide haut et de Luitel sont couvertes à plus de 90% par ces zones naturelles, ce qui implique que les activités humaines sont très limitées sur ces territoires. Pour les APAC d'Eyrard, de Rocheplaine et de Passe Rivière Prémol, la couverture par une Zone Natura 2000 est quasiment nulle et leur impact sur la protection de la zone d'alimentation est négligeable.

Bien que présentes sur les APAC des grands champs captants, aucune Zone Natura 2000 n'est située dans les périmètres de protection de ces grands champs captants (Mails, Rochefort et Pré Grivel Jouchy).

Tableau 16 : APAC et Zone Natura 2000

Aire d'alimentation	Surface de l'aire d'alimentation (ha)	ZSC dans l'aire d'alimentation	
		Surface (ha)	% de l'APAC couverte
BITS BUISSONIERE	271,5	165,2	61%
BLANCS_BIS	54,86	18,3	33%
EYRARD	138,9	3,7	3%
FONTFROIDE BAS	413,2	398,2	96%
FONTFROIDE HAUT	172,8	161,4	93%
GRAND	562	119,1	21%
GRANDE GORGE CHAPUIS	157,2	66	42%
LUITEL	40,96	40,96	100%
MULET FONTAINE DU MULET	108,6	16,8	15%
ROCHEPLAINE	432,8	30,8	7%
THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	860,8	626	73%
VIGNES	1082	292,7	27%
PASSE RIVIERE PREMOL	1425	21,1	2%

7.3.2. Autres protections réglementaires

Les Zones Natura 2000 ne sont pas les seules protections réglementaires qui existent c'est pourquoi il convient de regarder les Arrêtés biotopes, les Espaces naturels sensibles, les Réserves naturelles et les Parcs naturels régionaux. Ces différentes protections réglementaires peuvent se superposer et une même zone peut être couverte par un Parc naturel, une Zone Natura 2000 et un Arrêté biotope.

Les données SIG des réserves naturelles, des arrêtés biotopes et des ensembles naturelles sensibles ont été mises à disposition par la Métropole (2016).

Les arrêtés de protection de biotope sont des arrêtés préfectoraux pour protéger un habitat naturel abritant une ou plusieurs espèces animales et/ou végétales sauvages. Ces arrêtés peuvent interdire certaines activités susceptibles de porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux ou à la survie des espèces protégées comme les rejets industriels par exemple. Seul l'APAC de Bits Buissonnière présente un Arrêté biotope sur 5 ha.

Les Espaces naturels sensibles (ENS) existent depuis décembre 1976 et sont des espaces « *dont le caractère naturel est menacé et rendu vulnérable, actuellement ou potentiellement, soit en raison de la pression urbaine ou du développement des activités économiques ou de loisirs, soit en raison d'un intérêt particulier eu égard à la qualité du site ou aux caractéristiques des espèces végétales ou animales qui s'y trouvent* ». Les ENS font suite aux « périmètres sensibles » créés par décret en 1959 pour tenter de limiter l'urbanisation sauvage du littoral.

Les ENS sont le cœur des politiques environnementales des Conseils départementaux. Ils contribuent généralement à la Trame verte et bleue nationale, qui décline le réseau écologique paneuropéen en France, à la suite du Grenelle de l'Environnement.

Les ENS situés sur les APAC (des ressources des coteaux) et périmètres de protection (des grands champs captants) étudiés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 17 : ENS dans une APAC ou un périmètre de protection

Aire d'alimentation ou périmètres de protection (Grands champs captants)	Surface de l'aire d'alimentation (ou PP) (ha)	ENS dans l'aire d'alimentation (ou PP)	
		Surface (ha)	% de l'APAC couverte (ou PP)
ARCELLES	230,7	169,9	74%
ARTHAUD	302,6	200,9	66%
BITS BUISSONNIERE	271,5	14,9	5%
CLAIX 234	602,3	51,1	8%
COMBE PONT DE CLAIX	314,9	51,1	16%
JAYERES MAISON BLANCHE	450,4	19,1	4%
LUITEL	40,96	2,2	5%
MATHIEU CHARBONNEAUX	505,8	321,9	64%
ROCHEFORT	2305	5,1	0,2%

Ces ENS encadrent notamment des espaces forestiers ouverts au public. Hormis Arcelles, Mathieu Charbonneaux et Arthaud, les autres aires d'alimentation ne présentent que peu ou pas de surfaces concernées par ces ENS.

Les réserves naturelles sont des territoires protégés par un règlement et diverses procédures. Le classement d'une zone en réserve naturelle vise généralement à soustraire le milieu aux impacts directs d'activités humaines susceptibles de dégrader le milieu ou porter atteinte aux espèces (pollution volontaire ou non, incendie criminel, exploitation, chasse, etc.). Elles sont des outils de protection des milieux naturels qui viennent en complément d'autres protections telles que les parcs naturels régionaux (PNR).

Ces derniers contrairement aux réserves naturelles ne disposent d'aucun pouvoir réglementaire. Cependant, ils doivent respecter les mesures déjà existantes en termes de protection des milieux.

Les réserves naturelles présentes sur le territoire d'étude sont indiquées au tableau ci-après. Les réserves naturelles sont très présentes sur Bréduire, Chatelard, Fontaine Galante, Montenu, Rocheplaine et Thouvière Balmes et leur offrent une bonne protection. Comme expliqué, le PNR n'offre cependant pas une protection aussi importante que les autres réglementations citées précédemment.

L'étude des protections réglementaires permet de mettre en avant qu'un certain nombre d'APAC et de périmètres de protection sont soumis à un nombre important d'espaces protégés par les directives Natura 2000, les arrêtés biotopes, les ensembles naturels sensibles... Pour certaines APAC, ces protections se superposent.

L'encadrement des pratiques dans les zones Natura 2000 situées dans les aires d'alimentations de Fontfroide bas, de Fontfroide haut et de Luitel permettent de réduire et/ou de limiter les risques de pollution (industrielle, agricole ...). Les aires de Bits Buissonnières et Thouvière Balmes Engineaux recouvertes entre 60 et 75% présentent elles aussi une surface relativement protégée par la réglementation de ces zones. Ces zones Natura 2000 ne protègent pas toutes les APAC ; dans certains cas comme sur Bréduire et Chatelard se sont les réserves naturelles qui procurent cette protection réglementaire alors qu'il n'y a pas de zones Natura 2000.

Tableau 18 : Réserves naturelles sur les APAC et les périmètres de protection

Aire d'alimentation ou périmètres de protection (Grands champs captants)	Surface de l'aire d'alimentation (ou PP) (ha)	Réserves naturelles dans l'aire d'alimentation (ou PP)	
		Surface (ha)	% de l'APAC couverte (ou PP)
BREDUIRE	68,93	50,6	73%
CHATELARD	201,6	158,2	78%
EYRARD	138,9	27,7	20%
FONTAINE GALANTE	247,6	194,6	79%
FONTFROIDE BAS	413,2	136	33%
FONTFROIDE HAUT	172,8	38,7	22%
MONTENU	69,07	58,6	85%
PINEA	41,87	0,5	1%
PRE RIVOIRE	134,8	73,4	54%
ROCHEPLAINE	432,8	334	77%
THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	860,8	780,8	91%
MAILS	48,8	11,2	23%
PASSE RIVIERE VERNON	1425	115,7	8%
ROCHEFORT	2305	396,1	17%

7.3.3. Zones forestières

L'ensemble des zones forestières a été cartographié à partir des photos aériennes en complément des couches SIG fournies par l'ONF sur les forêts publiques. L'ensemble final correspond donc à des forêts publiques et privées.

Tableau 19 : Zones forestières présentes sur les APAC et les périmètres de protection

APAC ou PP	Surface de l'APAC ou du PP (ha)	Surface forestière sur l'APAC ou le PP	
		ha	%
AILLOUDS GRAND PRAS	114,5	92	80%
ARCELLES	230,7	177,8	77%
ARTHAUD	302,6	281	93%
BALME	92,14	88	96%
BASSE DU RESERVOIR	280,2	250	89%
BITS BUISSONNIERE	271,5	242,2	89%
BLANCS_BIS	54,86	51	93%
BREDUIRE	68,93	67,94	99%
BURDET	156,5	138,9	89%
CHATELARD	201,6	195	97%
CHAUVETS BEAUME SERT GIRO	596,4	430	72%
CLAIX 234	602,3	450	75%
CLOS BENEY	43,36	33,3	77%
CLOS_PETITS AMIEUX	1315	797,5	61%
COLOUR	62,07	44	71%
COMBE PONT DE CLAIX	314,9	231,3	73%
CROZ	112,1	101	90%
ECHAILLON	1519	1049	69%
EYRARD	138,9	120	86%
FELIX FAURE	139,2	111,5	80%
FONTAINE GALANTE	247,6	190,35	77%
FONTANETTES OURSIERE	445,3	290	65%
FONTFROIDE	104,8	57,7	55%

FONTFROIDE BAS	413,2	213,8	52%
FONTFROIDE HAUT	172,8	55,5	32%
GARINS PLATRES	38,84	24,9	64%
GORGE	1005	459,2	46%
GRAND	562	501	89%
GRANDE GORGE CHAPUIS	157,2	79,2	50%
JAYERES MAISON BLANCHE	450,4	324,6	72%
JONIER PRELENFREY	564,7	469,15	83%
LA GORGE	79,79	51	64%
LE PLATRE	39,5	33,8	86%
LUITEL	40,96	40,96	100%
MATHIEU CHARBONNEAUX	505,8	421,5	83%
MAUBOURG PIEZOMETRE	80,67	79,17	98%
MERLIERE 1 et 2	38,58	5,03	13%
MERLIERE 3 et 4	19,51	18,91	97%
MONT SEC NOUVEAU	14,2	5,4	38%
MONTENU	69,07	69,1	100%
MOUSSES	143,5	80,6	56%
MULET FONTAINE DU MULET	108,6	106,8	98%
PINEA	41,87	40,95	98%
PRE RIVOIRE	134,8	96,2	71%
RIOUX GUTHINS	196,3	195	99%
ROCHEPLAINE	432,8	430,6	99%
RUISSET	64,1	55,669	87%
SAGNES	94,48	87,067	92%
SAVOYERES	46,52	45,62	98%
SEBELIN	69,34	64,8	93%
THIEBAUDS ECOLE MATHIEUX	104,5	77,2	74%
THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	860,8	513	60%
VIGNES	1082	651	60%
PASSE RIVIERE PREMOL	979,4	786,6	80%
PASSE RIVIERE VERNON	1425	679,9	48%
ROCHEFORT	2305	564,3	24%
MAILS	48,8	7,6	16%
PRE GRIVEL JOUCHY	328,6	132,2	40%

L'ensemble des APAC des coteaux des ressources des coteaux (soit 55 APAC) sont occupées partiellement ou totalement par des zones forestières. Ces zones peuvent soit être exploitées pour le bois, comme zones de loisirs (promenade ou chasse) ou bien uniquement comme zones naturelles.

La forêt est aussi présente sur les périmètres de protection des grands champs captants mais le pourcentage de surface de l'aire recouvert par la forêt est inférieur à 50% pour les 3 grands champs captants.

Sur les 55 APAC des coteaux, 39 ont une surface forestière supérieure à 70% de la surface de l'APAC.

Ces résultats permettent d'affirmer que les surfaces agricoles ou les surfaces soumises aux pressions anthropiques seront faibles sur ces APAC où la forêt est très présente. Par conséquent les pressions phytosanitaires, nitrates ou bactériologiques qui pourraient s'appliquer à ces aires d'alimentations seront limitées.



Figure 73 : Exemple d'espaces naturels et réglementaires sur l'APAC de Bits Buissonnière

7.4. Pressions naturelles

7.4.1. Zones inondables

Les zones inondables sont des lieux géographiques recouverts par les eaux durant des inondations naturelles ou dues aux activités humaines. L'atlas des zones inondables fait partie des données SIG fournis par la Métropole (2016).

Il convient d'étudier ces zones car elles représentent un facteur d'aggravation en cas de pressions ponctuelles ou diffuses sur le territoire. En effet, les inondations peuvent entraîner les bidons de produits phytosanitaires ou accélérer un phénomène de lessivage sur une parcelle traitée récemment.

Les ressources des coteaux dans leur ensemble ne sont pas soumises aux risques inondation. Ces zones ne sont visibles que sur les périmètres de protection de Rochefort (43% de la surface des périmètres de protection) et Pré Grivel Jouchy (59% de la surface des périmètres de protection). Les grands champs captants étant dans les vallées sont donc plus soumis au risque inondation que les ressources des coteaux.

7.4.2. Cours d'eau

Bien que les ressources des coteaux ne soient pas soumises au risque inondation tel que défini par les zones inondables des services instructeurs, les ressources des coteaux sont soumises à la pression des cours d'eau de montagne dont certains sont situés à proximité directe des points de captage. Cette pression est inégale dans l'année car certains cours d'eau ne sont que des torrents de montagne et ne coulent que lors des gros orages et lors de la fonte des neiges au printemps.

Lorsque ces cours d'eau sont en eau et situés à proximité des points de captages, ils représentent un risque pour la ressource car ils charrient un certain nombre d'éléments dont des éléments polluants et peuvent ainsi contaminer plus ou moins directement la ressource située à proximité.

Les APAC dont les points de captages sont situés dans le lit du cours d'eau ou à une distance inférieure à 50 m sont indiquées au tableau ci-dessous.

Tableau 20 : APAC dont les captages sont situés à proximité directe des cours d'eau

Aire d'alimentation	
CLAIX 234	GRAND
CLOS_PETITS AMIEUX	GRANDE GORGE CHAPUIS
COMBE PONT DE Claix	JONIER PRELENFREY
CROZ	LA GORGE
ECHAILLON	MATHIEU CHARBONNEAUX
FELIX FAURE	PINEA
FONTAINE GALANTE	RIOUX GUTHINS
FONTANETTES OURSIERE AMIEUX	RUISSET
FONTFROIDE BAS	THOUVIERE_BALMES ENGINEAU
GORGE	PASSE RIVIERE PREMOL

Ces 20 APAC présentent donc un risque supérieur aux autres aires de par la présence d'un cours d'eau à proximité directe du ou des points de captage. Ces risques s'ajoutent aux risques inondation très présents sur les périmètres de protection des grands champs captants.

7.5. Pressions Industrielles

7.5.1. Sites et sols pollués

Sur la zone d'étude, le risque pour la ressource en eau n'est pas seulement un risque agricole. Le risque de pollution industrielle est également important.

Les bases de données BASOL et BASIAS (2017) ont permis de répertorier 194 sites et sols pollués sur la zone d'étude. Ils sont principalement localisés sur Grenoble et sa périphérie. 84 de ces sites sont sur cette zone. Le reste des sites se trouve dans les vallées de l'aire d'étude. Cela est cohérent avec la présence actuelle ou ancienne d'industries dans la région de Grenoble et dans les vallées des Alpes.

Bien qu'il ait diminué au cours des 20 dernières années, le nombre d'installations ICPE reste important sur ce secteur. Ces sites sont soit soumis à déclaration, enregistrement ou autorisation en fonction des activités. Ces sites peuvent aussi être classés Site SEVESO si l'activité et la quantité de produit dangereux se trouvant sur site présente un risque majeur pour la population et l'environnement en cas d'accident. Cette classification est issue d'une directive européenne (82/501/CEE et 96/82/CE) faisant suite à la catastrophe de Seveso en Italie en 1976.

La répartition des ICPE en fonctionnement ou en constructions est indiquée au tableau ci-dessous.

Tableau 21 : Répartition des différents sites ICPE

Type d'installation	Nombre d'ICPE (dont SEVESO)
Soumis à déclaration avec contrôle	21
Soumis à enregistrement	132
Soumis à autorisation	254 (17)
Soumis à autorisation avec servitude	9 (9)

Sur la zone d'étude, il y a donc 416 sites ICPE. Les sites SEVESO (au nombre de 26) sont principalement des sites de fabrication de composants électroniques, de métallurgie et de fabrication de gaz industriels.

Certains de ces sites sont aussi répertoriés dans BASOL en tant que sites pollués. Comme pour les sites pollués, les ICPE sont majoritairement situées dans l'agglomération grenobloise. Cela correspond à 137 sites (dont 10 SEVESO) sur 416, soit 30% des installations du secteur étudié. Le reste des ICPE est localisé dans les principales vallées de la zone.

Tous ces sites n'exercent pas la même pression et le même risque sur le milieu et la ressource en eau. Les contrôles fréquents par la DREAL permettent de vérifier la conformité des installations et ainsi diminuer les risques. Néanmoins le risque d'accident existe et la pression exercée n'est pas nulle. Ces données sont fournies par la DREAL. Le nombre de site ICPE sur la zone de Grenoble est important mais très peu sont situés dans une APAC ou un périmètre de protection comme présenté ci-dessous.

Tableau 22 : Sites ICPE et sols pollués sur les différentes zones d'études

APAC	Nombre d'ICPE				Nombre de sites et sols pollués
	Autorisation avec servitude	Autorisation	Enregistrement	Déclaration avec contrôle	
PASSE RIVIERE VERNON	0	1	0	0	0
ROCHEFORT	2	8	2	0	6
PRE GRIVEL JOUCHY	1	1	0	0	0

Comme expliqué précédemment, un certain nombre d'ICPE sont situés hors des APAC mais à une distance qui pourrait avoir un impact sur la ressources en cas d'accident. C'est pourquoi, il faut regarder si les APAC et les périmètres de protection des grands champs captants sont impactés par des plans de prévention des risques technologiques (PPRT). Ces derniers sont des documents élaborés par l'Etat qui délimitent un périmètre d'exposition potentiel en cas d'accident. Ci-dessous, un récapitulatif des communes impactées par des PPRT.

Tableau 23 : APAC et périmètre de protection situés sur une commune soumis à un PPRT

Commune impactée par un PPRT	ICPE à l'origine du PPRT	Etat d'avancement du PPRT	APAC ou PP impactés par le PPRT
Voreppe	Stephan Europe	Approuvé	Basse du Réservoir
	Titanobel	Prescrit	
Claix, Le Pont de Claix, Champagnier, Jarrie, Varcis Allières et Risset	Arkéma	Approuvé	Savoères, Jayères Maison Blanche, Claix 234, Combe pont de Claix, Burdet, Mathieu Charbonneux Bis, Rochefort
	Cézus	Approuvé	
	Isochem	Prescrit	
	Vencorex	Prescrit	
Champ sur Drac, Notre Dame de Mésage, Montchaboud, Vaulnaveys le Bas, Vizille, Vif, Saint Georges de Commiers	Arkéma	Approuvé	Balme, Le plâtre, la Gorge, Passe Rivière Premol, Mulet Fontaine du Mulet, Merlière 1 et 2, Merlière 3 et 4, Felix Faure, Fontanettes Oursière, Chauvets Beaume Sert Giro, Rochefort, Pre Grivel Jouchy
	Cézus	Approuvé	

Un PPRT prescrit est un PPRT dont le document a été rédigé mais dont l'application n'est pas encore effective. Un PPRT approuvé est un PPRT dont les prescriptions sont déjà appliquées. L'ensemble de ces informations ont été fournies par l'institut des risques majeurs de Grenoble (2017).

Sur Passe Rivière Vernon, le site ICPE est un site en autorisation avec une activité de déchetterie. Bien que ce site soit contrôlé périodiquement, il représente néanmoins un risque de par les matériaux ou objets entreposés sur la déchetterie. C'est la seule aire des ressources des coteaux qui présente un risque industriel.

Pour les grands champs captants et notamment Rochefort, il y a plus de site ICPE car ces derniers sont situés au niveau des vallées et à proximité des grands axes de communication. Sur Rochefort, ces sites sont des gravières (4), des sites de logistique et de papeterie (2), de chimie (2), de métallurgie et de travaux publics. L'ensemble de ces sites présentent un risque important vis-à-vis de la ressource.

Aucune des aires d'alimentation des ressources des coteaux n'est traversée par une ligne SNCF, autoroute ou une route nationale. La voie SNCF ne concerne que Rochefort sur 8,18 km. Elle ne traverse pas les périmètres de protection des Mails et de Pré Grivel Jouchy.

Par conséquent, le risque d'accident lors du transport de produit dangereux est limité sur les APAC des coteaux (transport surtout sur route nationale ou autoroute). Néanmoins ce risque est plus présent sur Rochefort de par la voie ferrée, l'autoroute (3km) et la route nationale (3,99 km).

Les aires d'alimentation des ressources des coteaux sont pour certaines traversées par des routes départementales.

Tableau 24 : APAC et périmètres de protection traversés par une route départementale

APAC ou périmètre de protection	Route départementale (km)
AILLOUDS GRAND PRAS	1,45
ARCELLES	0,08
ARTHAUD	0,09
BITS BUISSONIERE	2,66
BLANCS_BIS	0,26
BURDET	0,00
CHATELARD	1,15
CLOS_PETITS AMIEUX	4,82
CROZ	1,42
ECHAILLON	4,33
FONTAINE GALANTE	5,06
FONTFROIDE BAS	0,88
FONTFROIDE HAUT	0,52
GORGE	1,50
JONIER PRELENFREY	2,69
LUITEL	1,98
MATHIEU CHARBONNEAUX	0,08
PRE RIVOIRE	1,45
VIGNES	16,97
PASSE RIVIERE PREMOL	9,99
PASSE RIVIERE VERNON	18,18
ROCHEFORT	17,05
MAILS	0,87
PRE GRIVEL JOUCHY	4,65

Le risque de pollution industrielle dû à un accident sur route départementale ne concerne que 21 aires sur 55. Sur les aires traversées par une route départementale, Vignes, Passe Rivière Prémol et Passe Rivière Vernon ont plus de 10 km de départementale sur leur territoire ; les autres entre 0,1 et 5 km. Les routes départementales sont souvent des routes de montagne avec de nombreux virages, ce qui augmente le risque d'accident.

Les accidents sur autoroute, route nationale ou voie ferrée ne concernent que Rochefort. Les trois grands champs captants sont aussi concernés par le risque d'accident sur route départementale. Sur les trois champs captants, Rochefort est celui qui présente le plus de risque lié au transport de produit dangereux de par son réseau routier plus important.

7.6. Pressions Nitrate et bactériologique

7.6.1. Réglementation concernant la directive européenne « Nitrates »

La directive Nitrates du 12 décembre 1991 vise la protection des eaux (eaux douces superficielles, eaux souterraines ...) contre la pollution par les nitrates d'origine agricole de toutes natures (engrais chimiques, effluents d'élevage, effluents agroalimentaires, boues ...). Cette directive se décline sous la forme de programme national d'actions, complété par un programme régional, à mettre en œuvre sur les zones vulnérables aux nitrates.

Un cinquième programme d'actions national vient d'entrer en vigueur fixant le socle réglementaire commun à l'ensemble des départements français concernés par des zones vulnérables aux nitrates :

- Arrêté ministériel du 19 décembre 2011 relatif au programme d'actions national à mettre en œuvre dans les zones vulnérables afin de réduire la pollution des eaux par les nitrates d'origine agricole,
- Arrêté ministériel du 23 octobre 2013 modifiant l'arrêté du 19 décembre 2011.

Le département de l'Isère comprend des zones vulnérables aux pollutions par les nitrates d'origine agricole fixées par arrêté en date du 18 décembre 2012 du Préfet coordonnateur du bassin Rhône-Méditerranée.

Les mesures nationales sont renforcées dans le cadre du programme d'actions régional défini par l'arrêté du Préfet de la région Rhône-Alpes du 14 mai 2014. L'arrêté 2009-05626 du 29 juin 2009 du Préfet de l'Isère est de fait abrogé.

- Arrêté du préfet de la région Rhône-Alpes n°14-88 du 14 mai 2014,
- Annexes de l'Arrêté du Préfet de la région Rhône-Alpes n°14-88 du 14 mai 2014.

L'ensemble de ces règles permettent d'encadrer les pratiques agricoles et ainsi de limiter les risques de pollution nitrate. Aucune des APAC n'est concernée par une zone vulnérable nitrate.

7.6.2. Sorties de Station d'épuration (STEP)

Bien que les rejets des STEP soient soumis à un contrôle strict, ils peuvent dans certains cas (dysfonctionnement ou by pass lors d'orage) être à l'origine d'un rejet important dans le milieu naturel de nitrates et de bactéries entraînant ainsi un risque nitrate, bactériologique et/ou virale.

Afin de quantifier ce risque, nous avons localisé grâce aux données du SATESE et de la Police de l'eau (2017), l'ensemble des stations d'épuration existantes sur le territoire et avons ainsi pu mettre en évidence les aires d'alimentation où un risque ponctuel de pollution était envisageable.

Tableau 25 : APAC présentant un risque dû à un rejet de STEP

APAC	Nombre de STEP
ARCELLES	1
ARTHAUD	1
CLOS_PETITS AMIEUX	1
ECHAILLON	1
MATHIEU CHARBONNEAUX	1
VIGNES	1
PASSE RIVIERE PREMOL	1
PASSE RIVIERE VERNON	1

Sur 55 aires (hors Mails, Rochefort et Pré Grivel Jouchy), 8 présentent un risque de pollution ponctuelle nitrate, bactériologique et/ou virale provoquée par les rejets d'une STEP. Néanmoins, à l'heure actuelle, l'ensemble de ces rejets ne présentent pas de dépassement de la norme, notamment en nitrate (rejet inférieur à 15 mg/l). Néanmoins, ces résultats doivent être nuancés, après vérification avec la Métropole de Grenoble, il s'avère que le rejet situé à Saint Nizier du Moucherotte (APAC d'Arcelles, Arthaud et Mathieu Charbonneaux bis) et à la Morte (APAC de Vignes) ne sont plus en service.

Aucune sortie de STEP n'est présente sur les périmètres de protection des grands champs captants.

7.6.3. Sièges d'exploitation

Les sièges d'exploitation, notamment ceux avec des élevages, sont des sources possibles de pollutions ponctuelles vis-à-vis des nitrates et/ou des pollutions bactériologiques et virales.

Le stockage de fumier ou de lisier issus des stabulations sont des sources ponctuelles de pollution. Bien que l'élevage et le stockage soient encadrés par la législation, ils représentent un risque.



Figure 75 : Fosse à lisier

Tableau 26 : APAC et périmètre de protection des grands champs captants concernées par des sièges d'exploitation

APAC ou PP	Surface de l'APAC ou des PP (ha)	Nombre d'exploitations sur l'APAC ou sur le PP
AILLOUDS GRAND PRAS	114,5	2
BITS BUISSONNIERE	271,5	3
CLOS_PETITS AMIEUX	1315	1
CLAIX 234	602,3	3
CLOS BENEY	43,36	1
ECHAILLON	1519	3
FELIX FAURE	139,2	1
FONTAINE GALANTE	247,6	3
GORGE	1005	2
JAYERES MAISON BLANCHE	157,2	3
LA GORGE	79,79	2
LE PLATRE	39,5	1
MATHIEU CHARBONNEAUX	505,8	1
MONT SEC NOUVEAU	14,8	1
PRE RIVOIRE	134,8	2
THIEBAUDS ECOLE MATHIEUX	104,5	2
VIGNES	1082	3
PASSE RIVIERE PREMOL	979,4	6
PASSE RIVIERE VERNON	1425	7
ROCHEFORT	2305	13

50 sièges d'exploitation sont répartis sur 20 APAC des coteaux. Le nombre d'exploitations varie entre 1 et 7 exploitations en fonction des APAC. La répartition de ces dernières est hétérogène. L'APAC de Mont Sec Nouveau possède 1 siège d'exploitation et mesure 14,8 ha alors que celle de Clos Petit Amieux s'étend sur 1315 ha et compte un seul siège d'exploitation. Néanmoins le risque de pollution ponctuelle nitrate est le même pour les deux APAC car le risque d'accident sur une exploitation est indépendant du nombre d'exploitations sur l'APAC et de la taille de l'APAC. La différence entre ces deux APAC se situe au niveau de la pression qui est plus importante dès lors que le nombre d'exploitations est important.

Pour les grands champs captants, seul Rochefort présente à lui seul 13 sièges d'exploitation sur son périmètre de protection.

7.6.4. Zones de pâturage

L'élevage est aussi source de pollution diffuse. Les excréments dus au pacage des animaux sur les prairies ou les estives peuvent être des sources de pollutions nitrates/bactériologiques. L'élevage dans cette région est un élevage extensif avec une charge au pâturage de 0,37 UGB/ha. En sachant qu'une UGB rejette 85 unités d'azote/an, il est possible de donner une valeur théorique de la quantité d'azote ainsi produite par aire d'alimentation. Les zones de pâturages ont été identifiées à partir des registres parcellaires agricoles (RPG2012 et 2014) qui sont des documents SIG en libre accès.

Tableau 27 : Surfaces en pâturage des APAC des ressources des coteaux et des périmètres de protections des grands champs captants

APAC ou PP	Surface APAC ou PP (ha)	Surface pâturée (ha)	Surface pâturée (%)	Nombre d'UGB	Rejet d'azote (kg/an)
ARCELLES	230,7	1,5	0,6	0,5	46,5
ARTHAUD	302,6	5,9	2,0	2,2	185,9
BASSE DU RESERVOIR	280,2	25,9	9,2	9,6	814,1
BITS BUISSONNIERE	271,5	5,8	2,1	2,2	183,3
BURDET	156,5	24,0	15,3	8,9	755,2
CHATELARD	201,6	0,8	0,4	0,3	24,9
CHAUVERTS BEAUME SERT GIRO	596,4	110,2	18,5	40,8	3465,6
CLAIX 234	602,3	57,7	9,6	21,3	1814,5
CLOS_PETITS AMIEUX	1315	190,9	14,5	70,6	6003,4
COLOUR	62,07	15,5	24,9	5,7	486,4
COMBE PONT DE CLAIX	314,9	39,0	12,4	14,4	1227,1
CROZ	112,1	0,0	0,0	0,0	0,1
ECHAILLON	1519	207,6	13,7	76,8	6530,0
EYRARD	138,9	0,6	0,4	0,2	19,4
FELIX FAURE	139,2	20,1	14,4	7,4	630,9
FONTAINE GALANTE	247,6	18,4	7,4	6,8	577,3
FONTANETTES OURSIERE	445,3	169,6	38,1	62,7	5332,9
FONTFROIDE	104,8	73,2	69,9	27,1	2303,2
FONTFROIDE BAS	413,2	197,6	47,8	73,1	6214,7
FONTFROIDE HAUT	172,8	117,1	67,8	43,3	3683,2
GARINS PLATRES	38,84	13,9	35,7	5,1	436,5
GORGE	1005	492,4	33,3	182,2	15487,1
JAYERES MAISON BLANCHE	450,4	28,5	6,3	10,6	897,3
JONIER PRELENFREY	564,7	28,3	5,0	10,5	889,1
LA GORGE	79,79	2,6	3,2	1,0	81,5
MATHIEU CHARBONNEAUX	505,8	22,7	4,5	8,4	713,8

MAUBOURG PIEZOMETRE	80,67	1,6	2,0	0,6	49,8
MERLIERE 1 et 2	38,58	16,9	43,8	6,3	531,3
MERLIERE 3 et 4	19,51	0,7	3,4	0,2	20,8
MOUSSES	143,5	34,7	24,2	12,8	1090,3
MULET FONTAINE DU MULET	108,6	0,0	0,0	0,0	1,0
PRE RIVOIRE	134,8	14,0	10,4	5,2	440,3
RIOUX GUTHINS	196,3	1,0	0,5	0,4	30,5
ROCHEPLAINE	432,8	2,1	0,5	0,8	67,1
RUISSET	64,1	8,4	13,2	3,1	265,1
SAGNES	94,48	7,4	7,9	2,7	233,1
SAVOYERES	46,52	0,9	2,0	0,3	28,7
SEBELIN	69,34	0,5	0,7	0,2	14,2
THIEBAUDS ECOLE MATHIEUX	104,5	23,6	22,5	8,7	742,2
THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	860,8	346,0	40,2	128,0	10881,7
VIGNES	1082	298,9	27,6	110,6	9400,4
PASSE RIVIERE PREMOL	979,4	96,4	9,8	35,7	3032,4
PASSE RIVIERE VERNON	1425	331,7	23,3	122,7	10432,8
ROCHEFORT	2305	145,9	6	54,0	4591,4
PRE GRIVEL JOUCHY	328,6	12,740	4%	4,7	400,7

43 APAC sur 55 (hors Mails, Rochefort et Pré Grivel Jouchy) possèdent des surfaces agricoles pâturées. Ces dernières reçoivent un total de 96 tonnes d'azote/an. Ce chiffre reste théorique, car il est impossible d'avoir le chiffre exact sans mesurer les rejets de chaque animal. Le risque de pollution diffuse nitrates/bactériologique est donc très présent sur les trois quarts des APAC des ressources des coteaux.

Pour Rochefort et Pré Grivel Jouchy, l'agriculture est plus diversifiée et les prairies ne sont pas la culture majoritaire. Mais Rochefort présente quand même 145,9 ha de prairie ce qui correspond à 4591 kg d'azote d'origine animale/an.

7.6.5. Fertilisation des surfaces agricoles

La fertilisation des surfaces agricoles peut être minérale ou organique (fumier par exemple). Cette partie ne tient pas compte de l'azote déjà apporté par le pacage des animaux et détaillé dans la partie précédente. Pour les prairies, 50% sont fertilisés chimiquement, 32% avec de la fumure organique et 18% ne sont pas fertilisés. Ces informations sont issues des bases de données d'AGRESTE qui a compilé les données issues des recensements agricoles.

Afin de quantifier cette fertilisation, nous nous baserons sur les données issues des recensements des pratiques culturales (2012/2013) mises à disposition par l'AGRESTE. Ces données sont fournies par région administrative. Ne pouvant pas dire quelle parcelle est exactement fertilisée, nous utiliserons les valeurs de fertilisation lissées sur l'ensemble des surfaces.

Tableau 28 : Détail des éléments fertilisants par culture

	Azote (kg/ha)	Phosphore (kg/ha)	Potasse (kg/ha)
Prairie	30	8	11
Estives	0	0	0
Céréales à pailles	135	23	15
Maïs	101	33	32

Comme expliqué précédemment, la typologie de l'agriculture diffère entre les APAC des coteaux et les périmètres de protection des grands champs captants. Les APAC des coteaux sont majoritairement occupées par des surfaces de pâturages (prairies et estives) tandis que les périmètres de protection des grands champs captants (notamment Rochefort) sont majoritairement tournés vers une agriculture céréalière.

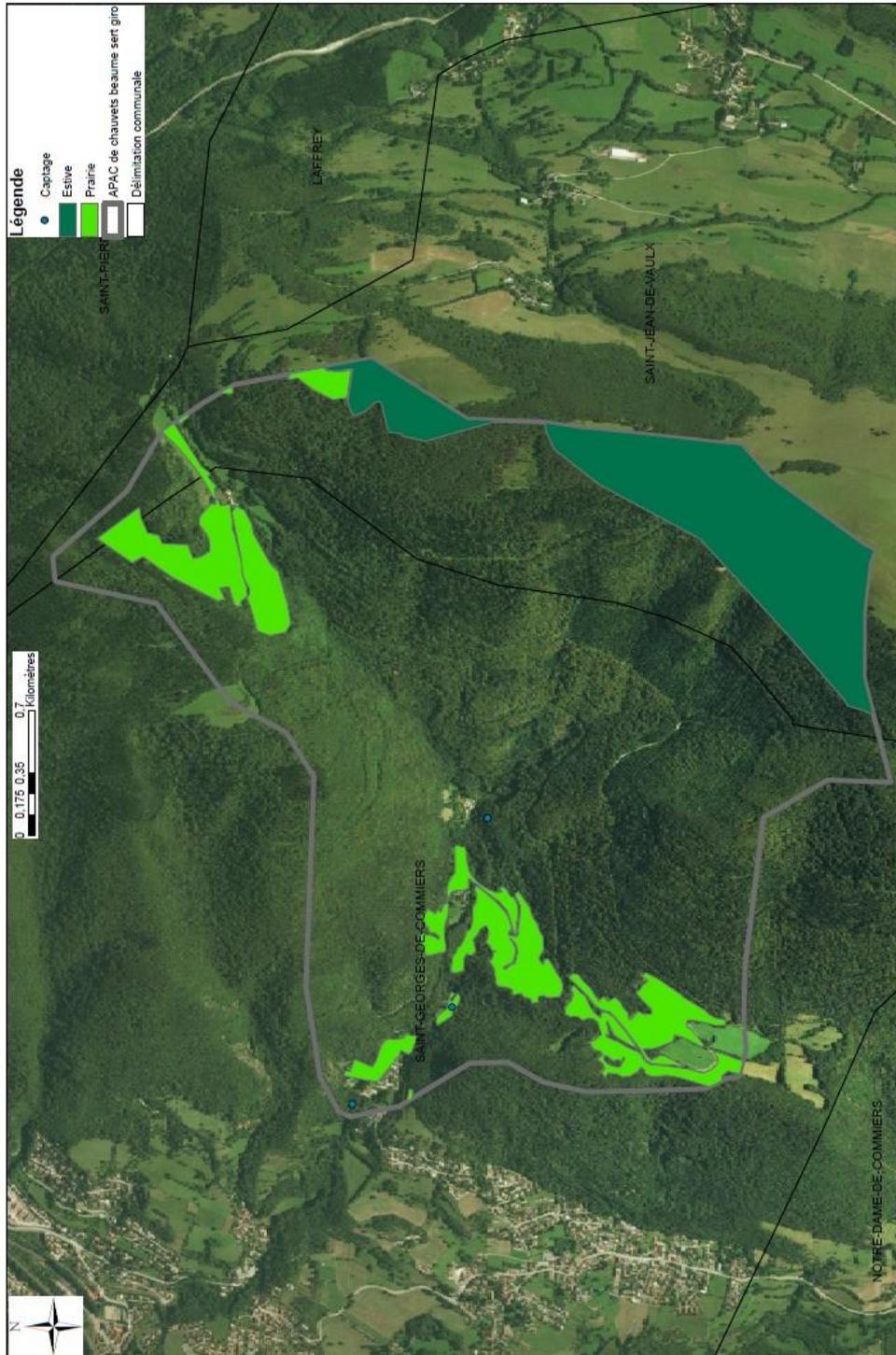


Figure 76 : Agriculture sur l'APAC de Chauvets Beaume Sert Giro

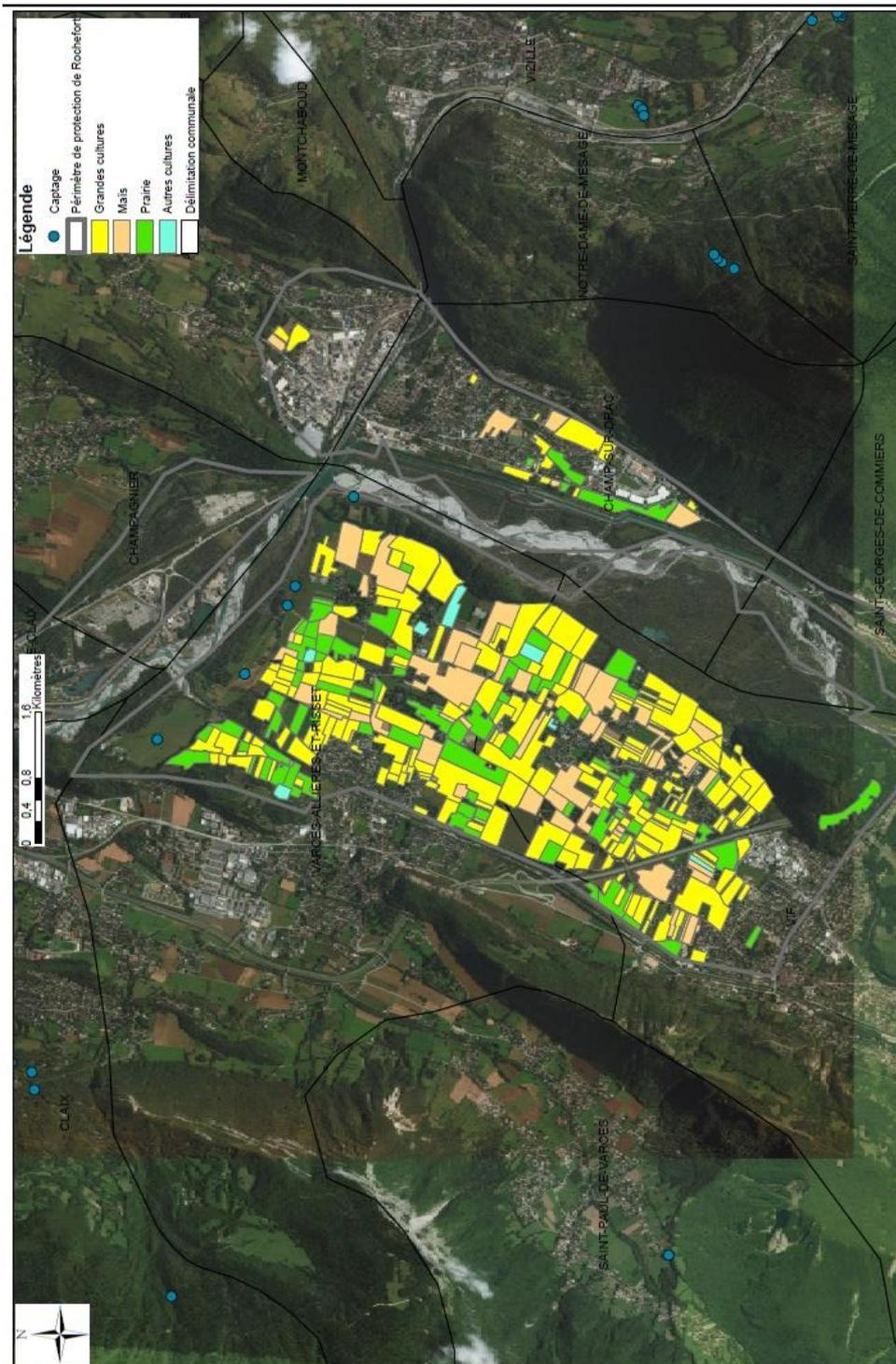


Figure 77 : Agriculture sur le périmètre de protection de Rochefort

Comme pour les pâturages et les estives, les cultures céréalières ont été localisées à partir des même RPG. Les doses par APAC sont données ci-dessous.

Tableau 29 : Doses de fertilisation par APAC des ressources des coteaux et par périmètres de protections des grands champs captants

APAC ou PP	Azote (kg/an)	Phosphore (kg/an)	Potasse (kg/an)	Azote (kg/ha)	Phosphore (kg/ha)	Potasse (kg/ha)
ARCELLES	44,34	11,82	16,26	0,19	0,05	0,07
ARTHAUD	177,29	47,28	65,01	0,59	0,16	0,21
BASSE DU RESERVOIR	362,46	96,66	132,90	1,29	0,34	0,47
BITS BUISSONNIERE	174,82	46,62	64,10	0,64	0,17	0,24
BURDET	720,39	192,10	264,14	4,60	1,23	1,69
CHATELARD	23,71	6,32	8,69	0,12	0,03	0,04
CHAUVETS BEAUME SERT GIRO	1488,64	396,97	545,83	2,50	0,67	0,92
CLAIX 234	1730,84	461,56	634,64	2,87	0,77	1,05
CLOS_PETITS AMIEUX	5726,63	1527,10	2099,76	4,35	1,16	1,60
COMBE PONT DE CLAIX	1170,52	312,14	429,19	3,72	0,99	1,36
ECHAILLON	6228,95	1661,05	2283,95	4,10	1,09	1,50
FELIX FAURE	601,83	160,49	220,67	4,32	1,15	1,59
FONTAINE GALANTE	550,70	146,85	201,92	2,22	0,59	0,82
FONTANETTES OURSIERE	214,78	57,27	78,75	0,48	0,13	0,18
GARINS PLATRES	154,97	41,33	56,82	3,99	1,06	1,46
GORGE	5267,63	1404,70	1931,46	5,24	1,40	1,92
JAYERES MAISON BLANCHE	855,91	228,24	313,83	1,90	0,51	0,70
JONIER PRELENFREY	848,07	226,15	310,96	1,50	0,40	0,55
LA GORGE	77,77	20,74	28,52	0,97	0,26	0,36
MATHIEU CHARBONNEAUX	680,85	181,56	249,65	1,35	0,36	0,49
MAUBOURG PIEZOMETRE	47,47	12,66	17,40	0,59	0,16	0,22
MERLIERE 1 et 2	506,80	135,15	185,83	13,14	3,50	4,82
MERLIERE 3 et 4	19,89	5,30	7,29	1,02	0,27	0,37
MOUSSES	283,86	75,70	104,08	1,98	0,53	0,73
MULET FONTAINE DU MULET	0,92	0,24	0,34	0,01	0,00	0,00
PRE RIVOIRE	419,99	112,00	154,00	3,12	0,83	1,14
RIOUX GUTHINS	29,00	7,73	10,63	0,15	0,04	0,05
ROCHEPLAINE	0,27	0,07	0,10	0,00	0,00	0,00
SAGNES	222,39	59,30	81,54	2,35	0,63	0,86
SEBELIN	13,57	3,62	4,97	0,20	0,05	0,07
THIEBAUDS ECOLE MATHIEUX	708,00	188,80	259,60	6,78	1,81	2,48
VIGNES	1533,00	408,80	562,10	1,42	0,38	0,52
PASSE RIVIERE PREMOL	981,27	233,03	283,79	1,00	0,24	0,29
PASSE RIVIERE VERNON	4751,58	1128,55	1372,13	3,33	0,79	0,96
ROCHEFORT	66396,96	13933,10	11390,21	28,86	6,06	4,95
PRE GRIVEL JOUCHY	382,20	101,92	140,14	1,16	0,31	0,43

Ce tableau recense les apports réalisés sur les surfaces agricoles par an ainsi que les apports lissés sur l'ensemble des surfaces de chaque APAC (surface agricole, zone urbanisée, forêts ...).

Des apports de fertilisants sont réalisés sur 34 APAC sur 55. Une fois lissée sur l'ensemble de la surface de chaque APAC, la dose d'azote est supérieure à 5 kg/ha pour seulement 3 APAC : Thiébauds Ecole, Mathieux, Merlière 1 et 2 et Gorge.

La pression est aussi très importante sur Rochefort de par la présence d'une agriculture céréalière plus importante et plus consommatrice de fertilisant que l'agriculture des coteaux. Sur le périmètre de protection de Rochefort, on obtient une pression fertilisante de 29 unités d'azote/ha.

7.7. Pressions phytosanitaires

Ces pressions sont dues à l'utilisation de produits phytosanitaires, appelés aussi produits phytopharmaceutiques ou pesticides. Ces produits sont utilisés par les agriculteurs, les communes, les services d'entretien des voiries, les entreprises et les particuliers. Ces pratiques sont encadrées pour les usages agricoles, mais aussi pour les usages en zones non agricoles.

Les pesticides sont transportés via le cycle de l'eau et les masses d'air. Par ce biais, c'est l'ensemble des compartiments composants l'écosystème qui est concerné : eau, sol, air, végétation, animaux et humains.

7.7.1. Axes de communication et lieux publics

Comme indiqué plus haut, les différentes aires d'alimentation sont quadrillées par un réseau routier important et quelques voies SNCF.

Le réseau autoroutier ne concerne que les périmètres de protection de Rochefort (3 km). Le réseau autoroutier est géré par AREA, filiale des Autoroutes Paris Rhin Rhône. Les traitements sont effectués par des personnes possédant l'agrément Certiphyto. Les traitements réalisés sont des traitements par tâche sur certaines aires d'autoroutes et sur les bordures de la chaussée. Les traitements en plein (sur toute la bordure et sur la chaussée) ne sont plus réalisés.

L'entretien des voies de chemin de fer est un impératif des entreprises ferroviaires pour assurer la sécurité des passagers, mais également la sécurité du personnel et la sécurité incendie. C'est en tant que gestionnaire délégué de Réseau Ferré de France que la SNCF intervient pour l'entretien de ces voies. L'objectif d'entretien est différent selon les zones considérées. En effet, il ne doit y avoir aucune végétation sur les voies afin d'assurer le bon drainage de la structure ferroviaire, alors que du côté des pistes, une végétation éparse et de faible développement y est tolérée. Ainsi pour l'entretien de ces voies et des pistes, le désherbage est exclusivement chimique. Cependant, la SNCF est consciente de l'impact des produits utilisés sur l'environnement et la santé humaine, c'est pourquoi elle adopte des pratiques en vue de réduire la quantité de produits phytosanitaires. Les traitements sont assurés par des trains désherbeurs et sont réalisés deux à trois fois par an. Les traitements sont des traitements préventifs et curatifs. Ces traitements concernent 8,18 km sur Rochefort.



Figure 78 : Train désherbeur



Figure 79 : Fauchage tardif effectuée par la DIR Centre Est

Le réseau de route national fait 3,99 km sur le périmètre de protection de Rochefort. Il est géré par la direction interdépartementale des routes (DIR). La DIR Centre Est qui gère spécifiquement le réseau national des zones étudiées n'utilise plus de produits phytosanitaires pour l'entretien des bords de routes. Depuis 2011, elle favorise le fauchage tardif qui consiste à couper le plus tard possible la végétation afin de favoriser la biodiversité.

Le réseau départemental qui s'étend sur 21 des 55 APAC et sur les trois grands champs captants est géré par les Conseils Départementaux. Celui de l'Isère qui a la gestion des routes départementales s'étendant sur les APAC des ressources des coteaux n'utilise plus de produit phytosanitaire depuis 2014. Là encore, l'entretien des bords de voiries est effectué par fauchage tardif.

Les rues, routes communales et espaces verts publics sont gérés au niveau des communes. La loi Labbé du 6 février 2014, modifiée par la loi sur la transition énergétique du 17 août 2015, prévoit une interdiction totale de l'usage des produits phytosanitaires chimiques, sur les espaces verts publics et sur la voirie, depuis le 1^{er} janvier 2017. Toutefois, une exception s'applique sur les cimetières et les terrains sportifs. Aucun site sportif ou cimetière n'est présent sur les aires d'alimentation. Par conséquent, l'utilisation de produits phytosanitaires par les communes sur les APAC (hors Mails, Rochefort et Pré Grivel Jouchy) est inexistante depuis le 1^{er} janvier 2017. Cependant cela reste théorique car toutes les communes n'ont pas encore réalisé cette transition concernant la gestion des espaces verts et routiers sous leur juridiction. Néanmoins, un changement de pratique est à prévoir dans les mois à venir. Les routes peuvent être traitées par balayage mécanique ou désherbage thermique (directe, à vapeur ou à mousse). Les produits de bio-contrôle, qualifiés comme à faible risque, et les produits utilisables en agriculture biologique, restent autorisés.



Figure 80 : Exemple de désherbage alternatif

En conclusion, hormis les réseaux autoroutiers et ferrés présents sur les grands champs captants, le réseau routier des autres ressources n'est en théorie plus entretenu avec des produits phytosanitaires. Il en va de même pour les espaces verts et les routes communales. Par conséquent la pression exercée par l'entretien de ces espaces avec des produits chimiques est très faible. On ne la considère pas nulle car toutes les communes ne sont pas encore passées au « zéro phyto ».

Concernant les grands champs captants, seul Rochefort est impacté par des traitements en plein sur les 8 km de voies ferrées qui traversent le périmètre de protection et par des traitements « par tâche » sur la portion d'autoroute touchant ce périmètre. Concernant les réseaux routiers départementaux et communaux importants sur les 3 grands champs captants, la politique du « zéro phyto » s'applique comme pour les APAC des coteaux.

7.7.2. Espaces privés

La DDT Isère met à disposition une couche d'informations SIG localisant les zones urbanisées (2016). Cette couche est réalisée à partir du cadastre. Chaque construction sur le cadastre est localisée sous SIG et une zone tampon de 50 m est réalisée autour de chaque construction afin de donner la couche zone urbaine. Un traitement SIG de découpage a permis d'extraire la zone urbanisée présente sur chaque APAC.

39 des 55 APAC des coteaux présentent des zones urbanisées. Sur ces 39 aires, 10 ne sont concernés que par une zone de moins de 0,5 ha. Le plus souvent ce sont des bâtiments n'abritant personne, des bâtiments abandonnés ou des cabanes forestières pour la chasse. Les zones habitées ne concernent donc que 29 APAC. Les APAC des coteaux sont caractérisées par un habitat dispersé typique des zones de montagne, cela permet d'expliquer le faible taux de zone urbanisée et par conséquent d'espace privés nécessitant un entretien avec des pesticides

Pour les périmètres de protection des grands champs captants, celui des Mails est celui qui est le plus occupé par des zones urbanisées (72% de la surface). Ces périmètres sont situés en plaine et à proximité direct de Grenoble et des villes limitrophes, par conséquent on est en présence d'un habitat regroupé avec un certain nombre de zones pavillonnaires et résidentielles. Cet habitat regroupé favorise la présence d'un grand nombre d'espaces privés pouvant être traités avec des pesticides. Rochefort présente plus de 800 ha de zones urbanisées, ce qui correspond à 38% de sa surface. C'est la zone d'alimentation ayant la surface urbanisée la plus importante (en ha).

Tableau 30 : zones urbanisées des APAC des périmètres de protection de protection des grands champs captants

APAC ou PP	Surface de l'APAC ou du PP (ha)	Zone Urbanisée (ha)	Zone urbanisée (en % de l'APAC ou en % du PP)
AILLOUDS GRAND PRAS	114,5	2,3	2,0%
ARCELLES	230,7	2,7	1,2%
ARTHAUD	302,6	3,7	1,2%
BASSE DU RESERVOIR	280,2	0,3	0,1%
BITS BUISSONNIERE	271,5	9,7	3,6%
BREDUIRE	68,93	0,1	0,1%
BURDET	156,5	0,4	0,3%
CHATELARD	201,6	0,4	0,2%
CHAUVETS BEAUME SERT GIROD	596,4	5,9	1,0%
CLAIX 234	602,3	19,4	3,2%
CLOS BENEY	43,36	1,2	2,8%
CLOS_PETITS AMIEUX	1315	65,7	5,0%

COLOUR	62,07	0,1	0,2%
COMBE PONT DE CLAIX	314,9	2,1	0,7%
CROZ	112,1	4,6	4,1%
ECHAILLON	1519	65,9	4,3%
FELIX FAURE	139,2	3,4	2,4%
FONTAINE GALANTE	247,6	36,1	14,6%
FONTFROIDE BAS	413,2	1	0,2%
FONTFROIDE HAUT	172,8	0,9	0,5%
GORGE	1005	6,6	0,7%
GRAND	562	0,9	0,2%
GRANDE GORGE CHAPUIS	157,2	0,1	0,1%
JAYERES MAISON BLANCHE	450,4	17,1	3,8%
JONIER PRELENFREY	564,7	6,3	1,1%
LA GORGE	79,79	15,6	19,6%
LE PLATRE	39,5	0,6	1,5%
MATHIEU CHARBONNEAUX	505,8	14,1	2,8%
MAUBOURG PIEZOMETRE	80,67	0,35	0,4%
MERLIERE 1 et 2	38,58	0,1	0,3%
MERLIERE 3 et 4	19,51	0,1	0,5%
MONT SEC NOUVEAU	14,2	1,3	9,2%
PRE RIVOIRE	134,8	14,9	11,1%
SEBELIN	69,34	0,8	1,2%
THIEBAUDS ECOLE MATHIEUX	104,5	4,8	4,6%
THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	860,8	0,6	0,1%
VIGNES	1082	72,4	6,7%
PASSE RIVIERE PREMOL	979,4	96,2	9,8%
PASSE RIVIERE VERNON	1425	385,99	27,1%
ROCHEFORT	2305	876,2	38,0%
MAILS	48,8	35,28	72,3%
PRE GRIVEL JOUCHY	328,6	87,3	26,6%

Le plus souvent les habitations possèdent un jardin et/ou un potager. Les particuliers sont donc des sources potentielles diffuses et accidentelles de pollutions phytosanitaires. Bien que l'utilisation par les agriculteurs reste majoritaire en termes de quantité utilisée, les particuliers sont également sources de pollution car les doses employées ne sont pas forcément les doses réglementaires (pollutions diffuses) de par la méconnaissance des utilisateurs en matière d'interdiction ou de protection. Le stockage des produits par les particuliers, là encore, ne respecte pas forcément les préconisations d'usage, ce qui est source de pressions phytosanitaires ponctuelles. La législation prévoit néanmoins l'interdiction d'achat de produits phytosanitaires pour les particuliers à partir de 2019.

7.7.3. Utilisation agricole de produits phytosanitaires

La première activité utilisatrice de pesticides est l'agriculture. La culture principale sur l'ensemble des APAC des ressources des coteaux est la prairie ou l'estive. Les grandes cultures de céréales à paille et la culture du maïs est très négligeable hormis sur les grands champs captants. Les cultures par APAC ont été définies à partir des RPG agricoles. Néanmoins cela ne regroupe que les parcelles affiliées à la PAC (Politique agricole Commune). Par conséquent, nous avons défini la majorité des cultures mais certaines parcelles ont pu ne pas être identifiées.

La pression « Pesticides » a été abordée par le biais des IFT (Indicateur de Fréquence de Traitements phytosanitaires). Pour calculer les IFT de référence DEPHY par APAC, nous avons utilisé la formule suivante :

HYDRIAD & ALLIANCE ENV.	GRENOBLE ALPES METROPOLE	Février 2018
-------------------------	--------------------------	--------------

$$IFT \text{ herbicide de référence} = \frac{\sum IFT \text{ herbicide de la culture} * \text{surface de la culture}}{\sum \text{surfaces totales de toutes les cultures}}$$

Pour ce calcul, nous avons utilisé les données AGRESTE qui définissent le pourcentage de surface traitée par culture et les IFT moyens régionaux (région Rhône Alpes) herbicide et hors herbicide (sans tenir compte des traitements des semences) pour chaque culture. Les chiffres utilisés sont donnés ci-dessous.

Tableau 31 : IFT par culture

Culture	Pourcentage des surfaces traitées	IFT moyen herbicide	IFT moyen hors herbicide
Prairie	8%	0,1	0
Estive	0	0	0
Grandes cultures céréalières	90,75%	1,1	0,66
Maïs	0,97%	1,54	0,3

Les estives ne sont pas traitées et seulement 8% des prairies (le plus souvent avant implantation) subissent un traitement phytosanitaire herbicide mais avec un IFT très faible. Les cultures nécessitant le plus de traitement sont les cultures céréalières à paille et le maïs mais sont très peu présentes sur les APAC.

Ces calculs ont été réalisés sur chaque APAC des ressources des coteaux et ont donné les résultats présentés au tableau suivant.

Tableau 32 : Surface agricole et IFT herbicide et hors herbicide par APAC des ressources des coteaux et périmètres de protection des grands champs captants

APAC ou PP	Surface agricole sur l'APAC ou le PP		IFT Herbicide	IFT hors herbicide
	ha	%		
AILLOUDS GRAND PRAS	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
ARCELLES	1,5	0,6	0,100	0,00
ARTHAUD	5,9	2,0	0,100	0,00
BALME	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
BASSE DU RESERVOIR	25,9	9,2	0,007	0,000
BITS BUISSONNIERE	5,8	2,1	0,100	0,000
BLANCS_BIS	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
BREDUIRE	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
BURDET	24,0	15,3	0,100	0,000
CHATELARD	0,8	0,4	0,100	0,000
CHAUVETS BEAUME SERT GIROD	110,2	18,5	0,006	0,000
CLAIX 234	57,7	9,6	0,100	0,000
CLOS BENEY	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
CLOS_PETITS AMIEUX	190,9	14,5	0,100	0,000
COLOUR	15,5	24,9	0,000	0,000
COMBE PONT DE CLAIX	39,0	12,4	0,100	0,000
CROZ	0,0	0,0	0,000	0,000
ECHAILLON	207,6	13,7	0,100	0,000
EYRARD	0,6	0,4	0,000	0,000
FELIX FAURE	20,1	14,4	0,100	0,000
FONTAINE GALANTE	18,4	7,4	0,100	0,000

FONTANETTES OURSIERE	169,6	38,1	0,000	0,000
FONTFROIDE	73,2	69,9	0,000	0,000
FONTFROIDE BAS	197,6	47,8	0,000	0,000
FONTFROIDE HAUT	117,1	67,8	0,000	0,000
GARINS PLATRES	13,9	35,7	0,005	0,000
GORGE	492,4	33,3	0,004	0,000
GRAND	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
GRANDE GORGE CHAPUIS	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
JAYERES MAISON BLANCHE	28,5	6,3	0,100	0,000
JONIER PRELENFREY	28,3	5,0	0,100	0,000
LA GORGE	2,6	3,2	0,100	0,000
LE PLATRE	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
LUITEL	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
MATHIEU CHARBONNEAUX	22,7	4,5	0,100	0,000
MAUBOURG PIEZOMETRE	1,6	2,0	0,100	0,000
MERLIERE 1 et 2	16,9	43,8	0,100	0,000
MERLIERE 3 et 4	0,7	3,4	0,100	0,000
MONT SEC NOUVEAU	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
MONTENU	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
MOUSSES	34,7	24,2	0,003	0,000
MULET FONTAINE DU MULET	0,0	0,0	0,100	0,000
PINEA	0,0	0,0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
PRE RIVOIRE	14,0	10,4	0,100	0,000
RIOUX GUTHINS	1,0	0,5	0,097	0,000
ROCHEPLAINE	2,1	0,5	0,000	0,000
RUISSET	8,4	13,2	0,000	0,000
SAGNES	7,4	7,9	0,100	0,000
SAVOYERES	0,9	2,0	0,000	0,000
SEBELIN	0,5	0,7	0,100	0,000
THIEBAUDS ECOLE MATHIEUX	23,6	22,5	0,100	0,000
THOUIERE_BALMES ENGINEAU	346,0	40,2	0,000	0,000
VIGNES	298,9	27,6	0,002	0,000
PASSE RIVIERE PREMOL	98,6	10,1	0,031	0,017
PASSE RIVIERE VERNON	344,0	24,1	0,049	0,027
ROCHFORT	641,680	28	1,209	0,540
MAILS	0	0	Pas d'agriculture	Pas d'agriculture
PRE GRIVEL JOUCHY	12,740	4	0,100	0,000

12 APAC sur 55 ne possèdent pas de parcelles agricoles et donc la pression phytosanitaire sur ces APAC est nulle. Pour les autres, les cultures majoritaires étant la prairie et l'estive, les IFT herbicides et hors herbicides obtenus sont donc très faibles tout comme la pression phytosanitaire.

L'IFT herbicide et hors herbicide sont plus importants sur Rochefort que sur les ressources des coteaux car la culture céréalière (céréales à pailles et maïs) est plus importante sur cette zone. Ce type de culture est également plus fort consommateur de produits phytosanitaires que les prairies qui constituent la majorité, voire la totalité des cultures des APAC des coteaux.

7.7.4. Sièges d'exploitation

Comme pour les pressions nitrates, les sièges d'exploitation sont des sources potentielles de pressions phytosanitaires ponctuelles. Elles correspondent aux lieux de stockage et aux aires de remplissage/ rinçage des pulvérisateurs. Cela est possible sur les APAC possédant un ou plusieurs sièges d'exploitation.

La législation impose aux agriculteurs stockant des produits phytosanitaires de le faire dans une pièce dédiée présentant un certain nombre de dispositions en cas de pollution accidentelle. Ces mesures sont notamment la présence de bac de rétention, un sol étanche, un dispositif absorbant en cas de fuite comme de la sciure de bois. Les contraintes économiques actuelles des agriculteurs font que leur approvisionnement en produits phytosanitaires est réalisé en flux tendu et qu'il n'y a que très peu de stockage au cours de l'année. De plus, comme l'ont montré les IFT, la très forte présence de prairies et d'estives réduit fortement la quantité de produits stockés.

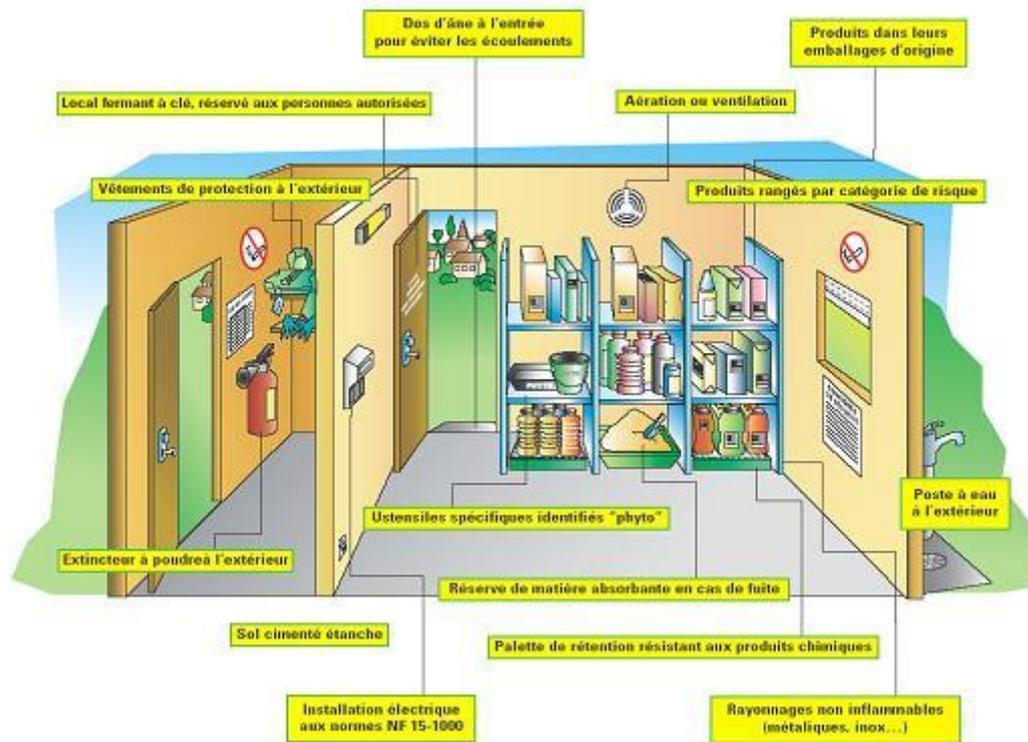


Figure 81 : Schéma d'organisation d'un local phytosanitaire aux normes

Certaines exploitations peuvent posséder des potences de remplissage permettant de préparer les bouillis de traitement.

L'arrêté du 12 septembre 2006 stipule que, pour être conforme à la réglementation, une aire de remplissage doit être équipée :

- d'un dispositif de discontinuité hydraulique ne permettant pas le retour d'eau dans la réserve (clapet anti-retour),
- d'un moyen permettant d'éviter tout débordement de la cuve de bouillie.

Il s'avère que tous les agriculteurs ne sont pas munis de ce type d'aire de remplissage et effectuent le remplissage à l'aide de puits agricoles ce qui augmente la pression ponctuelle phytosanitaire. Le même type de problème se pose pour les aires de lavage (qui peut être la même que l'aire de remplissage) qui ne sont pas présentes sur l'ensemble des exploitations.

Les sièges d'exploitation représentent une pression ponctuelle phytosanitaire mais cette dernière est faible car la majorité des cultures des APAC est la prairie et l'estive. Ce sont des cultures peu ou pas traitées, donc tous les stockages de produits et les activités de remplissage et de lavage sont peu ou pas présentes sur ces exploitations.

7.8. Pressions anthropiques

Ces pressions sont caractérisées par l'action humaine comme sur les zones urbanisées, les barrages et les activités de loisir.

7.8.1. Zones urbanisées

Comme le montre le tableau de la partie 7.7.2, nous sommes en présence d'habitat dispersé sur les APAC des coteaux sauf pour les aires de Bits Buissonnière, Claix 324, Clos Petit Amieux, Echaillon, Fontaine Galante, Jayères Maison Blanche, La gorge, Pré Rivoire, Vignes, Passe Rivière Prémol et Passe Rivière Vernon où les zones urbanisées sont aussi bien des habitats dispersés que des zones d'habitats regroupés (lotissements, bourg...).

Les habitations peuvent être sources de pression (vidange de voiture, cuve à fioul, activité artisanale...) même si leur impact véritable sur les captages n'est pas quantifiable. Ces habitations ne sont présentes que sur 29 des 55 APAC.

Les grands champs captants présentent eux aussi des zones urbanisées très importantes qui peuvent dépasser 75% de la surface des périmètres de protection comme c'est le cas pour Les Mails. Comme expliqué dans la partie 7.7.2, la situation géographique des périmètres de protection des grands champs captants favorisent la présence de zones pavillonnaires et l'habitat groupé. Ces zones urbanisées sont des sources de pressions au même titre que les zones urbanisées des APAC des coteaux.

7.8.2. Stations de ski et barrages

Les zones d'alimentation des ressources des coteaux peuvent être en partie occupées par des stations de ski. Les stations présentes sur les différentes zones d'études sont celles de Chamrousse, du col de l'Arzelier, du col de Porte, de Lans en Vercors et d'Autrans-Méaudre en Vercors

Les emprises au sol des stations de ski ont été tracées sur SIG à partir des photos aériennes (2015). Elles ont ensuite été croisées avec la couche SIG des bassins d'alimentation. Les barrages sont issus de la base de données de la DDT (2016).



Figure 82 : Carte de l'APAC d'Eyrard avec l'emprise du domaine skiable d'Autrans-Méaudre en Vercors

Tableau 33 : Liste des APAC impactés par une station de ski

APAC	Surface de l'APAC (ha)	Surface de la station sur l'APAC (ha)	Surface de la station sur l'APAC (en % de l'APAC)	Nom de la station de ski
CLAIX 234	602,3	1,9	0%	Lans en Vercors
CLOS_PETITS AMIEUX	1315	11,3	1%	Col de l'Arzelier
COLOUR	62,07	6	10%	Col de Porte
ECHAILLON	1519	11,3	1%	Col de l'Arzelier
EYRARD	138,9	89,3	64%	Autrans
FONTFROIDE	104,8	64,4	61%	Col de Porte
FONTFROIDE BAS	413,2	77,2	19%	Chamrousse
FONTFROIDE HAUT	172,8	66	38%	Chamrousse
JONIER PRELENFREY	564,7	11,3	2%	Col de l'Arzelier
RUISSET	64,1	6,2	10%	Col de Porte
THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	860,8	15,2	2%	Autrans
PASSE RIVIERE PREMOL	979,4	72,85	7%	Chamrousse
PASSE RIVIERE VERNON	1425	207,5	15%	Chamrousse

**Figure 83: Exemple d'activité d'été sur piste de ski**

Les APAC d'Eyrard et de Fontfroide sont les APAC les plus concernées par les stations de ski, avec une occupation spatiale de plus de 50% de l'APAC. L'impact des stations de ski est variable en fonction des saisons. L'été, les pistes de ski peuvent être pâturées ou bien être utilisées comme pistes de VTT. L'hiver, la pression exercée est due à l'activité inhérente aux sports d'hiver et, de fait, à l'utilisation de neige de culture. Bien que les stations utilisent des retenues ou des barrages, aucune de ces structures n'est présente sur les APAC.

Les périmètres de protection des grands champs captants sont situés dans les vallées et ne sont donc pas impactés par les pressions dues à la présence d'une station de ski.

Quelques exemples de cartes sont donnés ci-après, illustrant des zones d'études avec les pressions s'y exerçant.

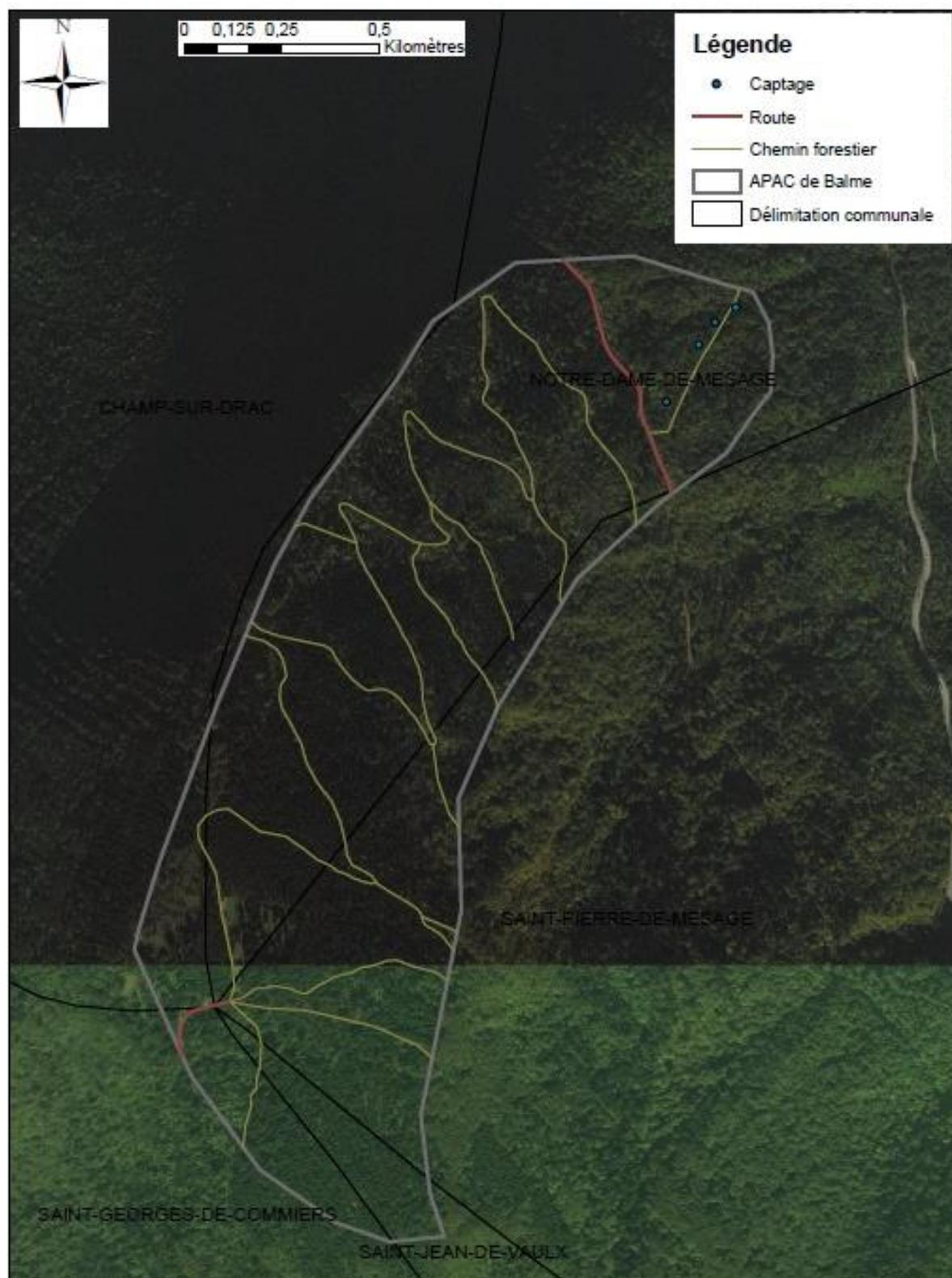


Figure 84: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Balme



Figure 85: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Fontfroide

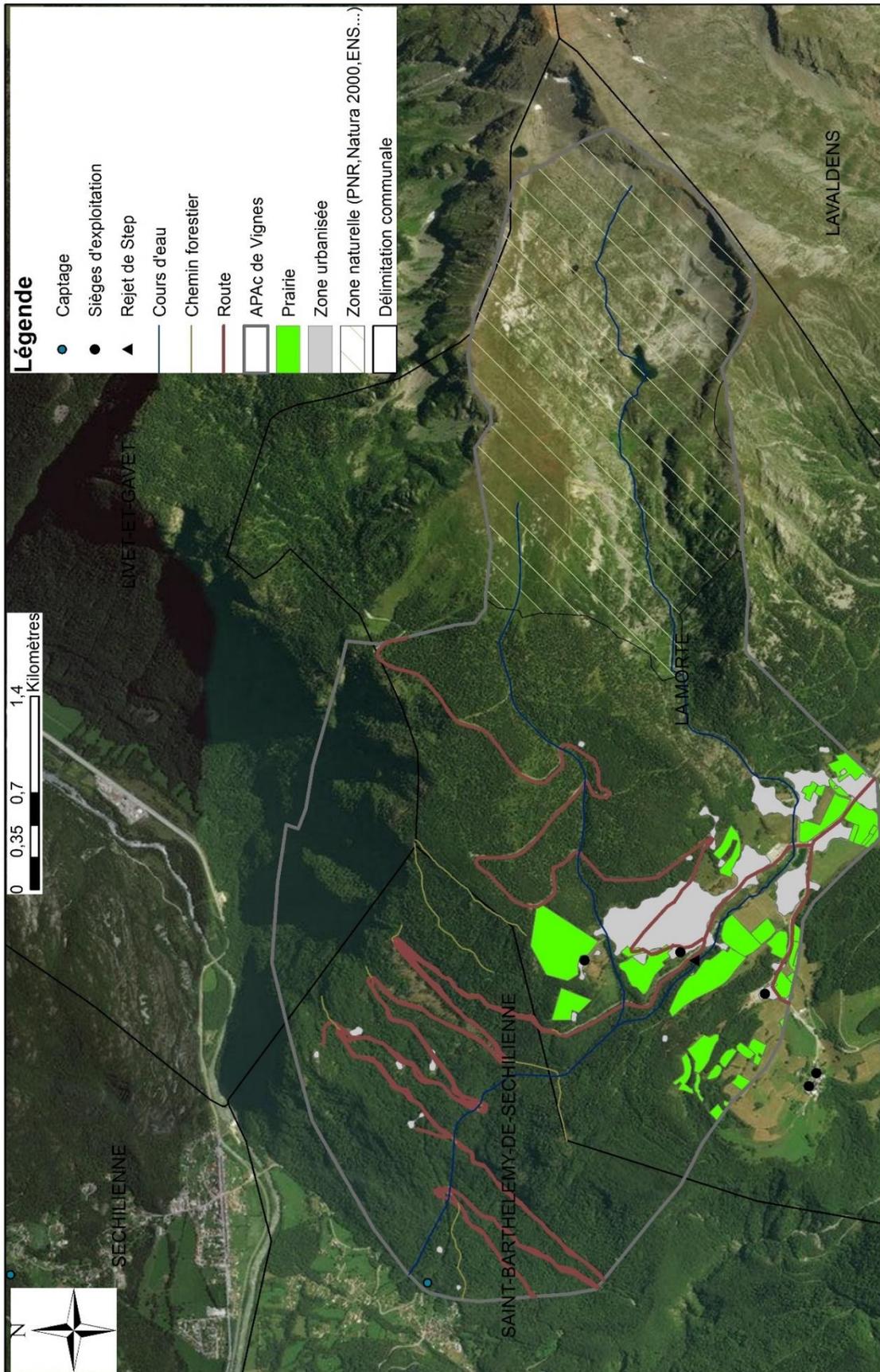


Figure 86: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Vignes

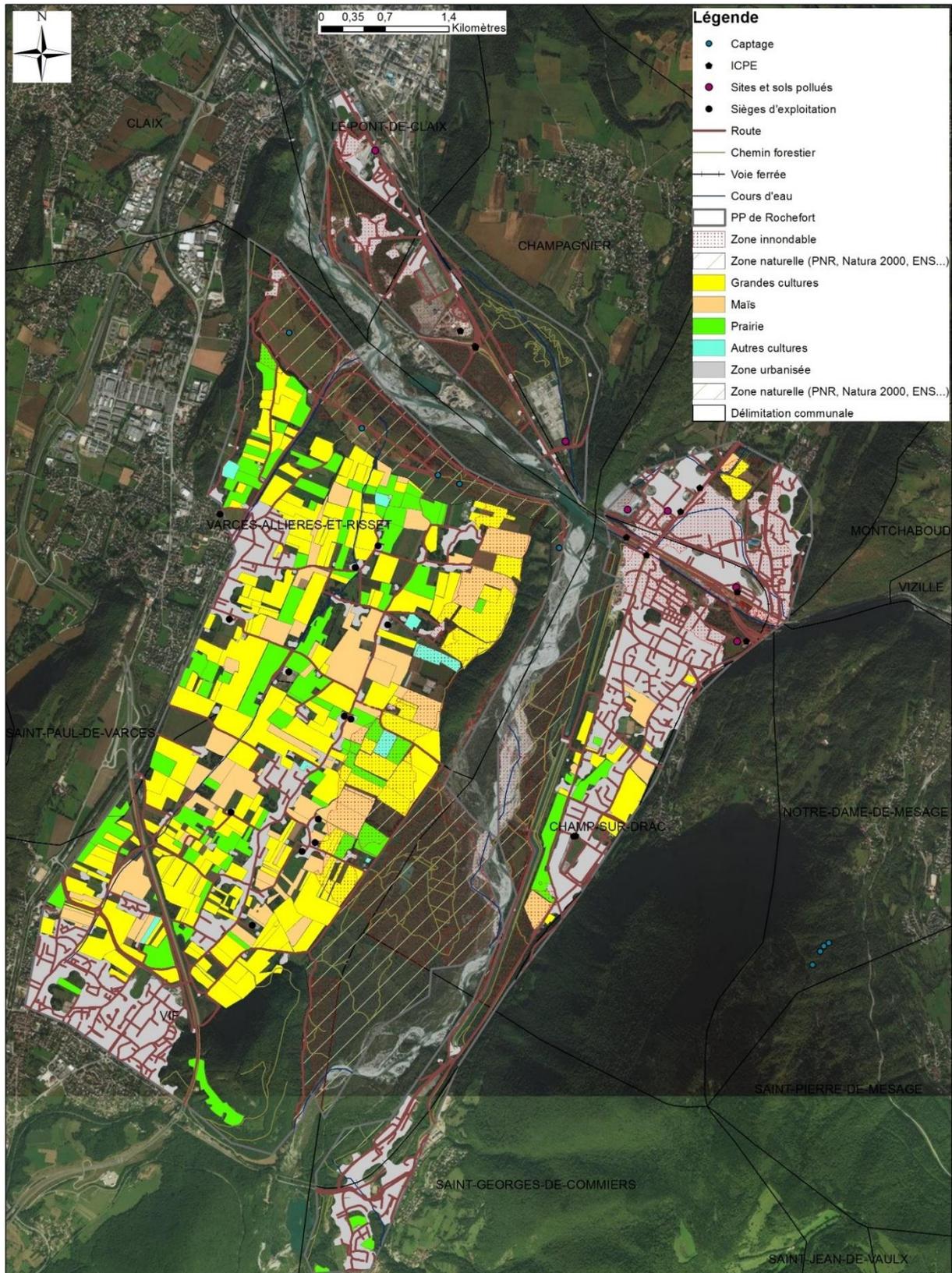


Figure 87: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Rochefort

7.9. Hiérarchisation des pressions

Il est difficile de donner une hiérarchisation globale à partir de toutes les informations exposées. En effet, l'utilisation de produit phytosanitaire et la fertilisation sont deux pressions différentes et non comparables. C'est pourquoi à défaut de pouvoir donner une hiérarchisation globale des pressions, nous avons réalisé un classement cumulatif de l'ensemble des pressions sur chaque APAC des coteaux et sur les périmètres de protection des grands champs captants. Les résultats sont présentés au tableau ci-après.

Tableau 34 : Classement des APAC des ressources des coteaux et des périmètres de protection des grands champs captants selon le cumul des pressions extrinsèques

APAC ou Périmètre de protection	Pression extrinsèque cumulée	APAC ou Périmètre de protection	Pression extrinsèque cumulée
BALME	Nulle	RIOUX GUTHINS	Faible
MONTENU	Nulle	RUISSET	Faible
PINEA	Nulle	SAGNES	Faible
ROCHEPLAINE	Nulle	SEBELIN	Faible
SAVOYERES	Nulle	THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	Faible
AILLOUDS GRAND PRAS	Faible	ARCELLES	Moyenne
BASSE DU RESERVOIR	Faible	ARTHAUD	Moyenne
BLANCS_BIS	Faible	BITS BUISSONNIERE	Moyenne
BREDUIRE	Faible	BURDET	Moyenne
CHATELARD	Faible	CHAUVETS BEAUME SERT GIROD	Moyenne
CLOS BENEY	Faible	CLAIX 234	Moyenne
COLOUR	Faible	FELIX FAURE	Moyenne
COMBE PONT DE CLAIX	Faible	FONTAINE GALANTE	Moyenne
CROZ	Faible	GORGE	Moyenne
EYRARD	Faible	JAYERES MAISON BLANCHE	Moyenne
FONTANETTES OURSIERE	Faible	JONIER PRELENFREY	Moyenne
FONTFROIDE	Faible	LA GORGE	Moyenne
FONTFROIDE BAS	Faible	MATHIEU CHARBONNEAUX	Moyenne
FONTFROIDE HAUT	Faible	MERLIERE 1 et 2	Moyenne
GARINS PLATRES	Faible	PRE RIVOIRE	Moyenne
GRAND	Faible	THIEBAUDS ECOLE MATHIEUX	Moyenne
GRANDE GORGE CHAPUIS	Faible	VIGNES	Moyenne
LE PLATRE	Faible	MAILS	Moyenne
LUITEL	Faible	PRE GRIVEL JOUCHY	Moyenne
MAUBOURG PIEZOMETRE	Faible	ROCHEFORT	Forte
MERLIERE 3 et 4	Faible	CLOS_PETITS AMIEUX	Forte
MONT SEC NOUVEAU	Faible	ECHAILLON	Forte
MOUSSES	Faible	PASSE RIVIERE PREMOL	Forte
MULET FONTAINE DU MULET	Faible	PASSE RIVIERE VERNON	Forte

Pour chaque pression (phytosanitaire, industrielle, anthropique ...), nous avons réalisé trois classes de même taille en fonction de la répartition des valeurs du critère retenue pour cette pression (IFT, quantité d'azote/ha, nombre d'UGB, kilométrage de route ...). Une fois les classes définies, nous avons attribué une note comprise entre 0 et 3 : 0 quand le critère présentait une valeur nulle ; 1 quand il était situé dans la classe la plus faible, 2 quand il était situé dans la classe intermédiaire et 3 dans la classe la plus forte. Une fois cette opération réalisée pour chaque pression, nous avons sommé l'ensemble des notes. La vulnérabilité extrinsèque de l'APAC ou du périmètre de protection était alors comprise entre 0 et 16 (note la plus forte obtenue). A partir de cette note globale, on a pu

répartir les APAC en fonction de leur vulnérabilité extrinsèque nulle (0), faible (entre 0 et 5), moyenne (entre 5 et 10) et forte (supérieur à 10).

La pression extrinsèque cumulée est nulle pour certaines zones (Balmes, Montenu, Pinéa, Rocheplaine et Savoyères) car aucune activité agricole, industrielle ou humaine n'a lieu sur ces APAC. Les APAC de Clos Petit Amieux, Echaillon, Passe Rivière Prémol et Passe Rivière Vernon sont les APAC des coteaux dont la pression extrinsèque cumulée est la plus forte et au droit desquelles le risque de pollution est donc le plus élevé.

Concernant les grands champs captants, Rochefort présentent une pressions extrinsèque cumulée forte qui s'explique par la présence de 6 sites et sols pollués, une dizaine d'ICPE et des cultures céréalières importantes qui sont de grandes consommatrices d'intrants (fertilisants et produits phytosanitaires). Les Mails et Pré Grivel Jouchy présentent une pression extrinsèque cumulée moyenne.

L'ensemble des aires présentant une pression extrinsèque cumulée forte sont les zones qu'il conviendrait de classer en zones prioritaires. Bien évidemment, ce classement montre juste le risque de pollution due à un cumul de pression. Il ne prend pas en compte la qualité de l'eau ni des mesures déjà en place pour limiter les risques.

N'étant pas dans une étude classique d'étude d'aire d'alimentation de captage (AAC), il est difficile de faire un croisement entre vulnérabilité extrinsèque et intrinsèque. Dans l'étude réalisée, la vulnérabilité extrinsèque est donnée à l'échelle de l'APAC et non de la parcelle comme ça peut être le cas dans une étude AAC classique. Par conséquent, le croisement classique (comme fait habituellement dans une étude AAC) des vulnérabilités extrinsèques et intrinsèques n'est pas judicieux.

7.10. Construction des indicateurs liés aux pressions extrinsèques

Afin d'être exploitées de manières judicieuses, ces différentes pressions seront intégrées sous la forme d'indicateurs au sein de l'outil de hiérarchisation développé par HYDRIAD. Cet outil permettra de mettre en avant les ressources les plus exposées aux risques de pollution en fonction des indicateurs de pressions extrinsèques et intrinsèques retenus en entrée.

Un indicateur 'Importance des pressions anthropiques' sera élaboré à partir des pressions polluantes présentes sur l'APAC (sites ICPE, sites et sols pollués, sièges d'exploitations, stations de ski, routes et voies ferrées) croisées avec la fraction anthropisée du territoire (surfaces urbaines, industrielles et agricoles). Cet indicateur utilisera donc l'ensemble des pressions potentielles, autres que les seules pressions liées à l'agriculture.

L'indicateur 'importance des pressions liées au pacage' permettra d'insister sur le risque bactériologique lié à la présence d'animaux d'élevage. Cet indicateur croisera la surface en prairies et estives (surface de pacage en ha) avec le pourcentage de l'APAC occupé par le pacage.

Le dernier indicateur sera construit à partir des pressions liées aux travaux potentiels pouvant être réalisés sur l'APAC. Il s'appuiera sur le linéaire de routes et chemins, croisé avec les surfaces susceptibles de travaux (surfaces forestières et domaine skiable). En effet, les travaux sur ces zones sont susceptibles d'entraîner des coulées de boue, des glissements de terrain qui peuvent être à l'origine de contaminations bactériologiques et chimiques.

8. CROISEMENT DES VULNERABILITES INTRINSEQUES, EXTRINSEQUES ET AVEREES

Les chapitres précédents ont :

- passé en revue et discuté la qualité et les problèmes de dégradation des eaux des captages et des UDi qu'ils alimentent ;
- évalué la vulnérabilité intrinsèque de la ressource définie comme la possibilité qu'un contaminant présent en surface ne pénètre jusqu'à la ressource et s'y propage jusqu'au captage ;
- caractérisé la vulnérabilité extrinsèque définie comme la présence sur le territoire, c'est-à-dire sur l'aire (probable) d'alimentation du captage, de sources potentielles de contamination.

Dans l'ensemble, les captages sont assez bien renseignés en ce qui a trait à la qualité de leurs eaux. Cependant, tel qu'il a été discuté à la section 4.1, certaines ressources des coteaux ne dispose que très peu de données (faible nombre d'analyse, période de suivi courte, nombre annuel moyen d'analyse faible). Il peut donc être hasardeux de tirer des conclusions pour ces captages.

Dans ce présent chapitre, nous allons croiser les vulnérabilités intrinsèque et extrinsèque pour tenter d'expliquer la qualité observée, en particulier quant aux problèmes observés.

Ce travail doit également permettre de proposer une approche d'inter-comparaison des captages afin de les interclasser par la suite selon un ensemble de critères et d'objectifs.

8.1. Corrélations bivariées

Des corrélations bivariées (à deux variables) sont présentées ci-après pour les paramètres susceptibles d'être reliés (présentant une relation de cause à effet) ou corrélables (reliés tous deux à un tiers paramètres).

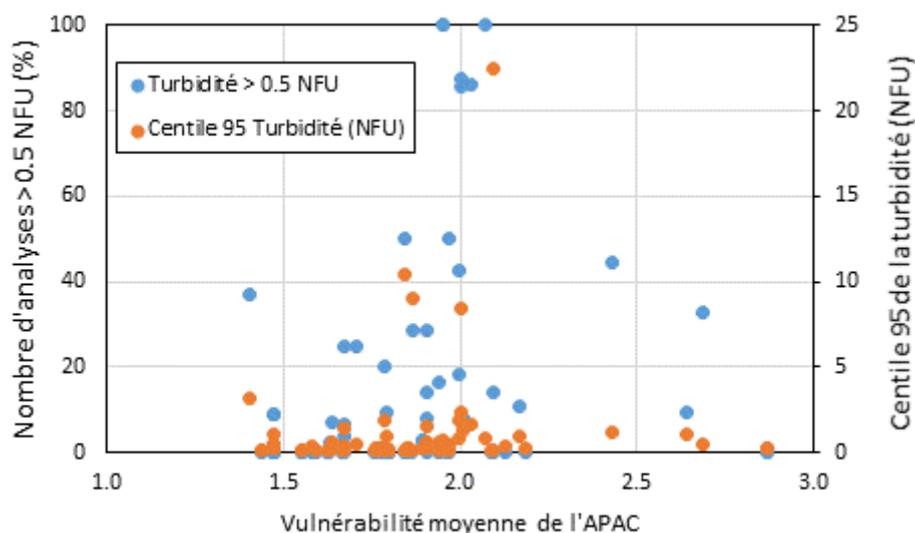


Figure 88 : Corrélation entre les mesures de turbidité et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC

La Figure 88 présente la corrélation entre les mesures de turbidité (nombre d'analyses dépassant la valeur de turbidité 0.5 NFU et valeurs du centile 95 des valeurs de turbidité mesurées sur le captage) et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC. Cette figure montre qu'il n'existe pas de relation statistique nette entre la turbidité et la vulnérabilité intrinsèque.

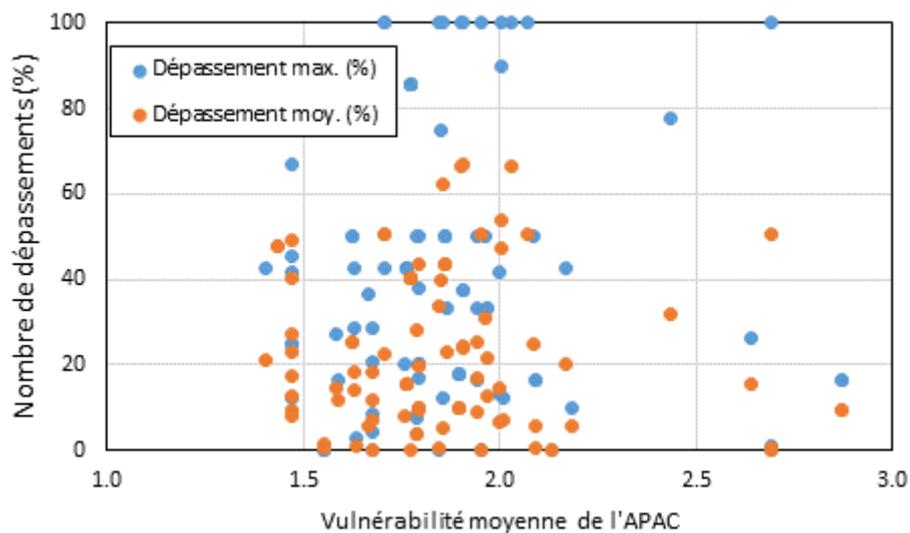


Figure 89 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC

La Figure 89 présente de même la corrélation entre le nombre moyen ou maximal de dépassements des critères microbiologiques (coliformes, coliformes fécaux et Escherichia coli) et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC. Dans ce cas encore, aucune relation nette n'apparaît.

Les Figure 90 et Figure 91 présentent les mêmes comparaisons en ne conservant et différenciant que les ressources fracturées-fissurées et celles karstiques. Cette différenciation n'améliore pas considérablement la relation. La vulnérabilité moyenne n'est donc pas une variable explicative suffisante des valeurs de turbidité ou des dépassements microbiologiques.

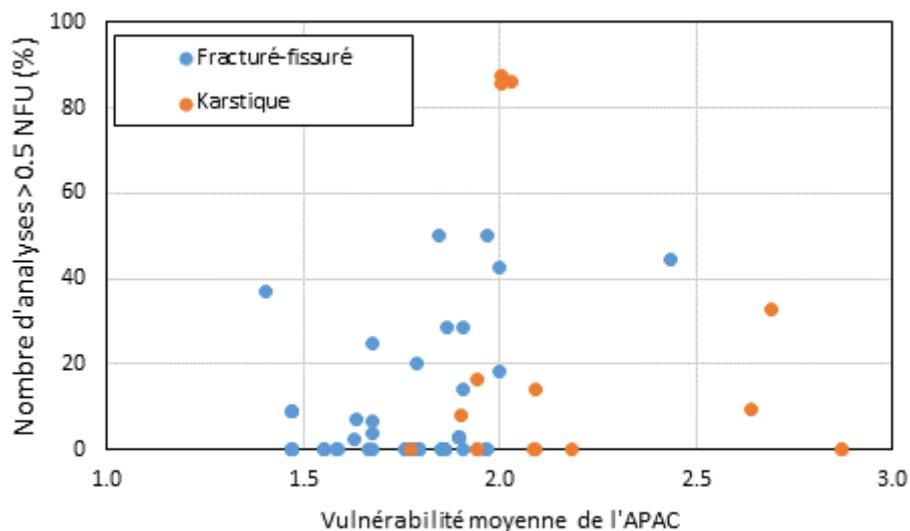


Figure 90 : Corrélation entre les mesures de turbidité et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC (différenciant ressources fracturées et karstiques)

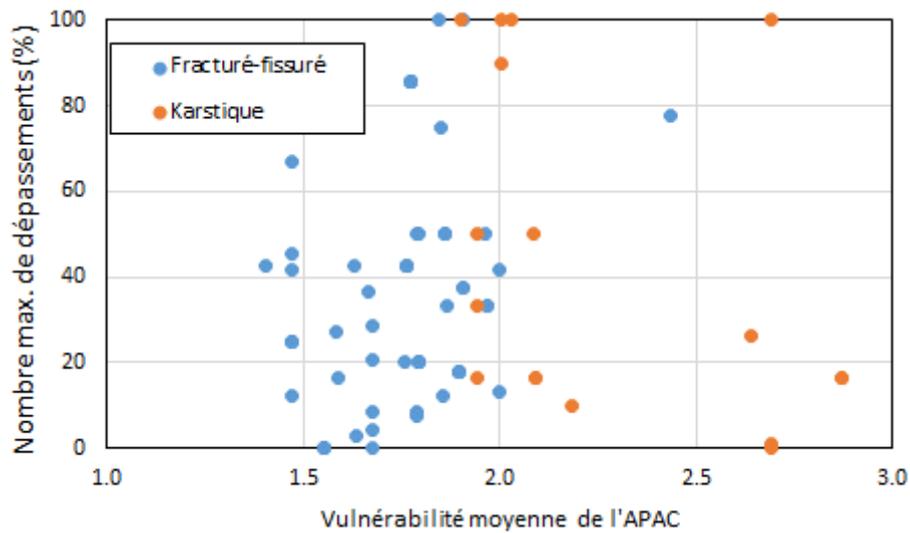


Figure 91 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC (différenciant ressources fracturées et karstiques)

Les Figure 92 et Figure 93 présentent les corrélations entre les dépassements microbiologiques et le nombre estimé d'Unités Gros Bétail présentes sur l'APAC. Ici encore, le nombre estimé d'UGB n'apparaît pas suffisant pour expliquer les dépassements microbiologiques.

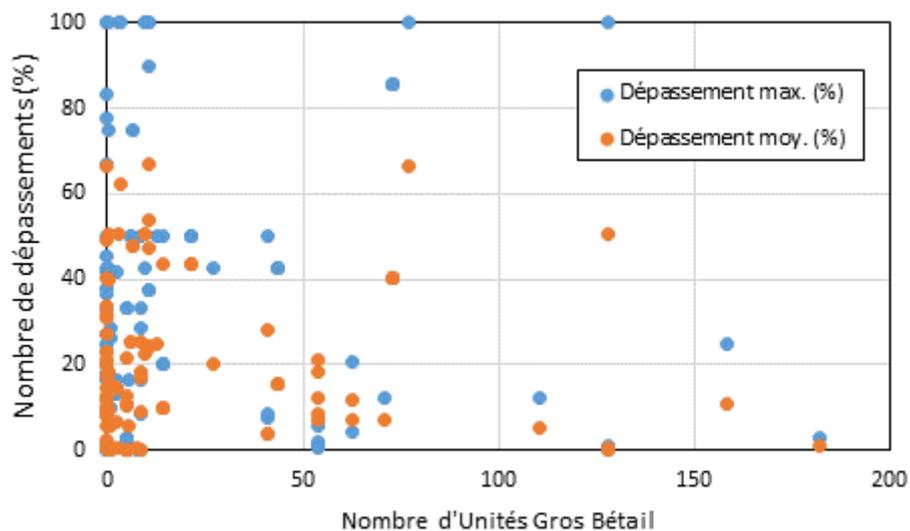


Figure 92 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le nombre d'Unités Gros Bétail de l'APAC

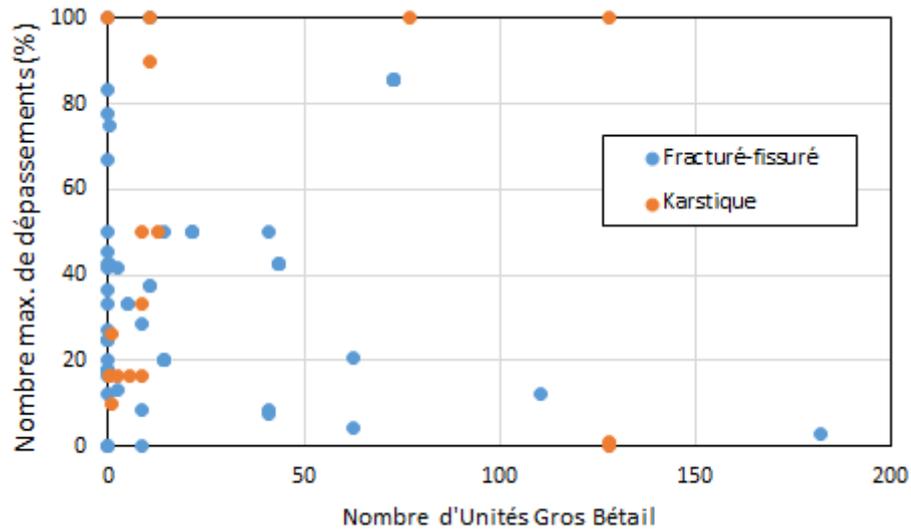


Figure 93 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le nombre d'Unités Gros Bétail de l'APAC (différenciant ressources fracturées et karstiques)

Les Figure 94 et Figure 95 présentent la corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies. Aucune tendance nette n'est visible.

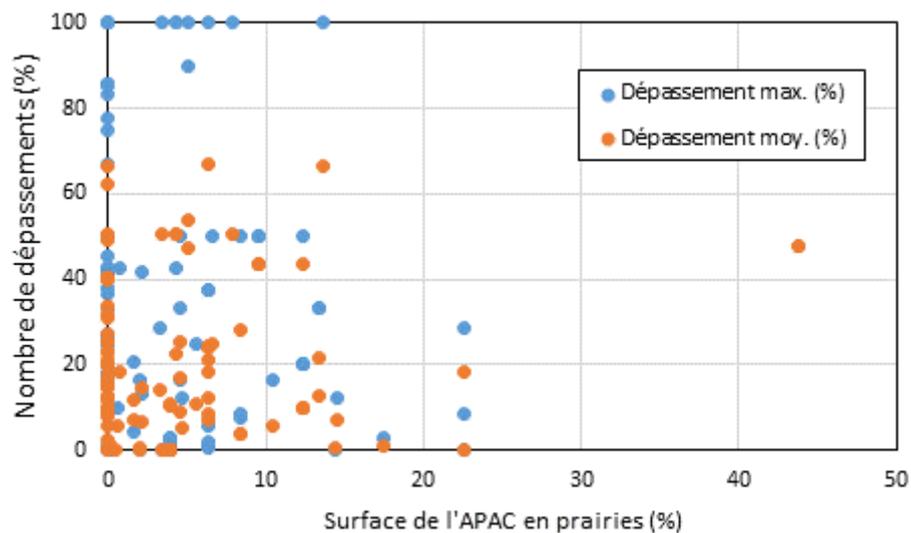


Figure 94 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies

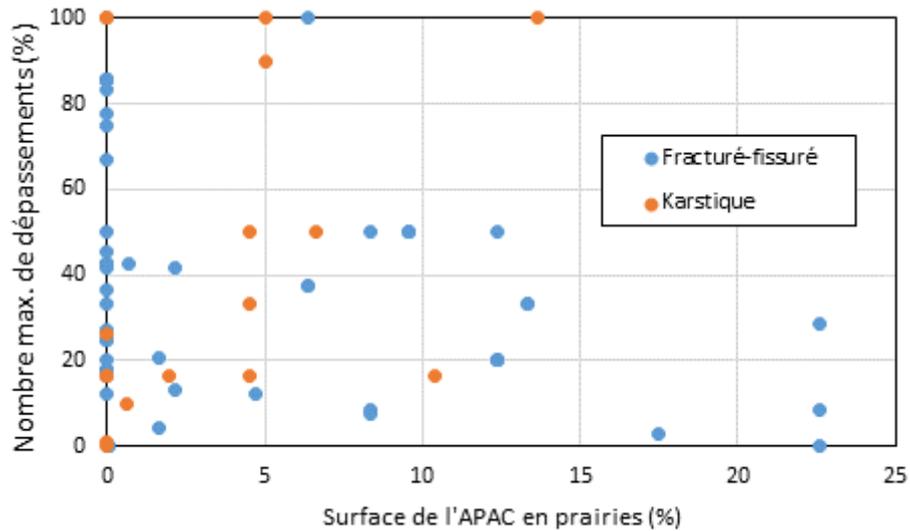


Figure 95 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies (différenciant ressources fracturées et karstiques)

Les Figure 96 et Figure 97 présentent la corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies et estives. Aucune tendance nette n'est visible.

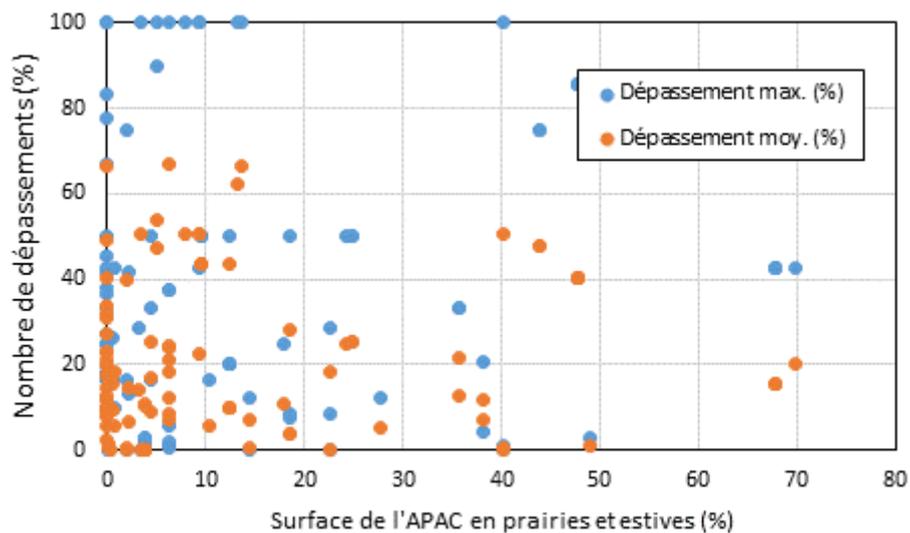


Figure 96 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies et estives

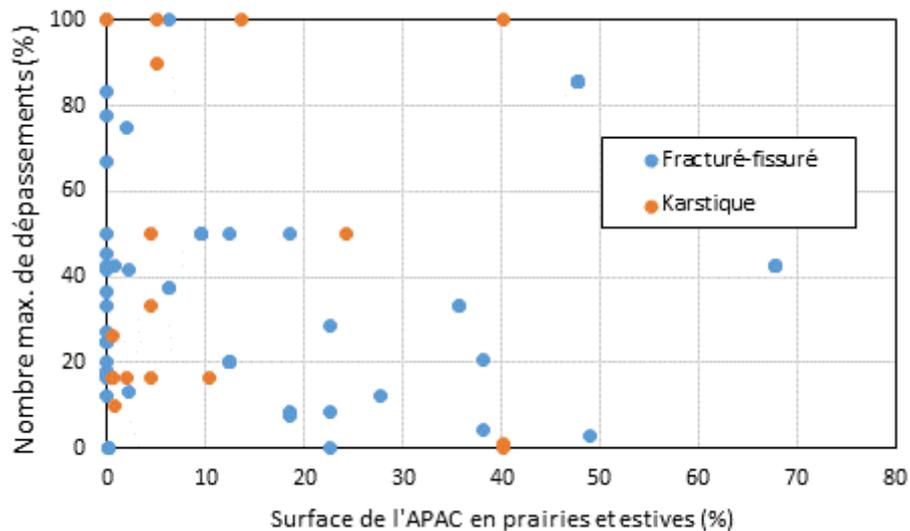


Figure 97 : Corrélation entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies et estives (différenciant ressources fracturées et karstiques)

L'ensemble des corrélations bivariées étudiées n'a montré aucune relation nette entre une variable explicative potentielle et un niveau observé de contamination. Ceci est principalement dû au fait que la contamination avérée (observée) résulte de l'effet croisé de plusieurs variables explicatives (nature de l'aquifère, vulnérabilité intrinsèque moyenne, surface en prairies et estives, nombre d'UGB, etc.). Les corrélations bivariées (entre deux variables) ne peuvent donc suffire pour expliquer les pollutions constatées.

8.2. Croisement des critères de vulnérabilité intrinsèque, extrinsèque et avérée

8.2.1. Ressources des coteaux

Afin de croiser les éléments de vulnérabilité intrinsèque (reliée aux propriétés du milieu), extrinsèque (reliée à la présence d'activités à risque sur l'aire d'alimentation) et avérée (reliée à l'observation de contaminations ou d'une variabilité élevée de la signature chimique), nous avons donc testé dans une seconde étape tous les critères et paramètres disponibles. Les critères pertinents doivent en effet répondre aux caractéristiques suivantes :

- Etre discriminants pour le classement des captages, c'est-à-dire fournir une information qui permette de comparer et classer objectivement les captages entre eux ;
- Etre disponibles pour tous les captages ou pour la grande majorité d'entre eux, car dans le cas contraire ils ne permettent d'interclasser que les captages renseignés ;
- Présenter une gamme de variation suffisante pour 'étaier' les captages dans l'inter-comparaison, car dans le cas contraire les captages ressortent en 'paquets' ;
- Présenter une différence de valeurs entre captages égale ou supérieure à la variabilité interne à un captage, sans quoi le choix de la valeur du critère pour un captage donné conditionne directement son classement.

Après avoir testé les critères disponibles, nous avons retenu pour un premier classement les critères suivants :

- Vulnérabilité de la ressource sur l'APAC délimitée du captage (telle que définie et décrite au Chapitre 6.4) ;

- Variabilité de la conductivité électrique (représentée par le coefficient de variation des mesures = écart-type / moyenne) illustrant l'apport d'eaux d'origines différentes (superficielles / souterraines) ;
- Variabilité du pH (représentée par le coefficient de variation des mesures) illustrant l'apport d'eaux d'origines différentes (superficielles / souterraines) ;
- Turbidité moyenne, représentant la nature et l'origine des apports d'eau (eaux superficielles, karstiques ou matricielles de l'aquifère) ;
- Turbidité maximale, illustrant la rapidité des apports d'eau ou de la mise en charge de l'aquifère (phénomènes de chasse) ;
- Ecart-type de la turbidité, illustrant la réactivité du milieu aux phénomènes superficiels ;
- Longueur de cours d'eau traversant l'aire d'alimentation, pouvant favoriser un apport d'eau superficielle contaminée ;
- Surface (ha) en prairies et estives susceptibles de pacage d'animaux et donc de sources de contamination microbiologique ;
- Occupation (%) de l'aire d'alimentation par les prairies et estives susceptibles de pacage d'animaux ;
- Pourcentage de détection des coliformes fécaux, illustrant des transferts rapides et la présence de sources de pollution fécale ;
- Pourcentage de détection d'*Escherichia coli*, illustrant des transferts rapides et la présence de sources de pollution fécale ;
- Pourcentage de détection d'entérocoques, illustrant des transferts rapides et la présence de sources de pollution fécale.

Ces 12 critères sont représentatifs du risque de contamination bactériologique de la ressource relié à sa vulnérabilité. Ils ne considèrent pas directement le risque relié à l'état ou à la vulnérabilité du captage lui-même (c'est-à-dire de l'installation même). Les critères retenus ne représentent pas non plus le risque de pollution chimique. Ce type d'approche (utilisant d'autres critères) ne peut d'ailleurs pas être appliquée car les captages sont renseignés de façon trop disparate pour ce type de pollution (analyses trop peu nombreuses, paramètres recherchés différents).

Même si certains des douze critères retenus paraissent redondants, les interclassements des captages obtenus pour ces différents critères sont totalement différents. C'est pourquoi nous les avons tous conservés. Inversement, de nombreux autres critères n'ont pas été pris en compte dans cette démarche, soit parce qu'ils ne conditionnent a priori pas le risques de pollution, soit parce que la littérature scientifique n'en fait pas état, soit parce que les valeurs ne sont pas suffisantes ou discriminantes.

Après avoir interclassé les captages selon ces douze critères, nous avons calculé la position moyenne de chaque captage dans ces classements. Pour cela, nous avons développé et appliqué la méthodologie décrite ci-après.

Les captages sont classés du risque le plus important au risque le plus faible (par exemple de la vulnérabilité la plus haute à la plus basse, du pourcentage de détection d'e-coli le plus élevé au plus faible, etc.).

Le nombre d'occurrences (apparitions) d'un captage dans les douze classements (douze critères) est compté sur les 20 premiers rangs (du premier rang au vingtième rang), puis ainsi de suite sur les 20 rangs glissants suivants (du deuxième au vingt et unième, etc.).

Le nombre d'occurrences d'un captage varie donc entre 0 et 12 sur un bloc de vingt rangs. La valeur 12 indique que le captage est classé par la méthode selon les douze critères dans un même bloc de vingt rangs (par exemple entre les rangs 13 et 32).

Les occurrences sont ensuite représentées en graphique selon le modèle ci-dessous.

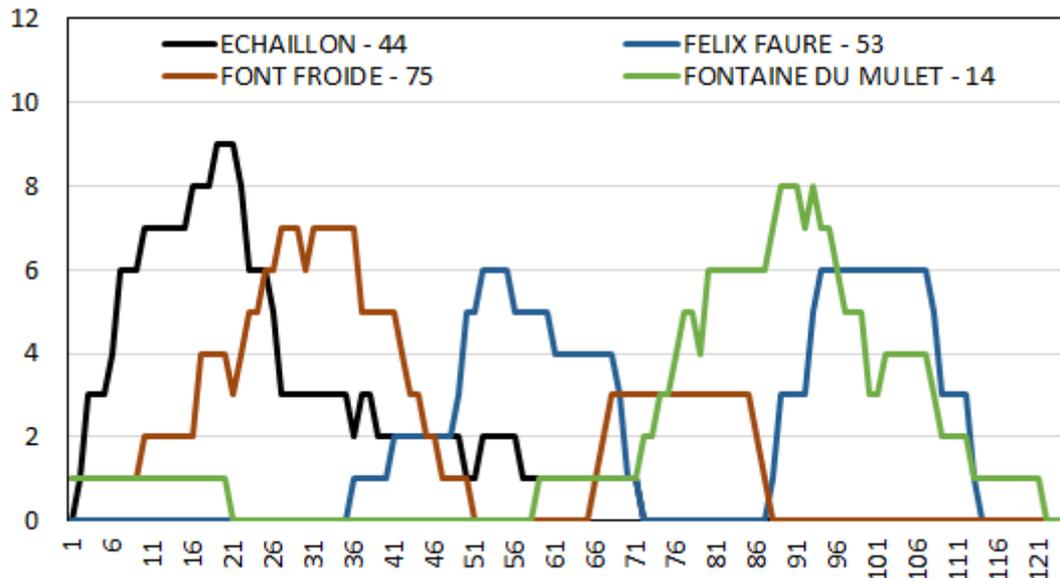


Figure 98 : Nombre d'occurrences d'un captage dans un bloc de vingt rangs consécutifs de la matrice de classement utilisant les douze critères de vulnérabilité

Les points de prélèvement situés à gauche dans le graphique sont ceux présentant la combinaison de vulnérabilité intrinsèque, extrinsèque et avérée la plus élevée. Dans l'exemple présenté, L'Echaillon est le captage le plus haut classé (présentant la plus haute vulnérabilité combinée), avec 9 occurrences constatées dans les rangs 20 à 39. Font Froide apparaît également comme un captage à risque, puisque classé haut entre le bloc de rangs 28 – 47 jusqu'au bloc de rangs 36 – 55. Fontaine du Mulet est le captage classé le plus bas (risque minimal) avec 8 occurrences dans les blocs de rangs 89 – 108 à 93 – 112. Le captage Felix Faure présente quant à lui une dualité, avec une vulnérabilité pour partie modérée (autour des rangs 52 – 71) et pour partie faible (rangs 115 et suivants). Les quatre points de prélèvement peuvent être ainsi interclassés en fonction des critères de vulnérabilité utilisés selon l'ordre suivant Echaillon, Font Froide, Felix Faure et Fontaine du Mulet.

Egalement, les nombres d'occurrences peuvent être cumulés, donnant le type de graphique de la Figure 99. Sur ce graphique, les courbes augmentent plus ou moins vite, pour atteindre la valeur maximale de 240 (12 critères x 20 rangs). Cette figure illustre bien également le classement obtenu précédemment. La courbe présentant la croissance la plus précoce et rapide est celle de L'Echaillon, suivie de celle de Font Froide. La particularité du captage de Felix Faure apparaît bien sur ce graphique aussi, puisque la courbe de ce captage débute sa montée vers le rang 40, pour atteindre un plateau vers le rang 70 et repartir à la hausse vers 90. Fontaine du Mulet est le captage ayant la plus faible vulnérabilité combinée des quatre captages.

Tous les captages des coteaux peuvent donc être interclassés avec la méthode développée utilisant ces 12 critères de vulnérabilité intrinsèque, extrinsèque et avérée. Les résultats des 12 captages ressortant les plus vulnérables (avec plusieurs points de captages pour Fontfroide Bas) sont représentés à la Figure 100.

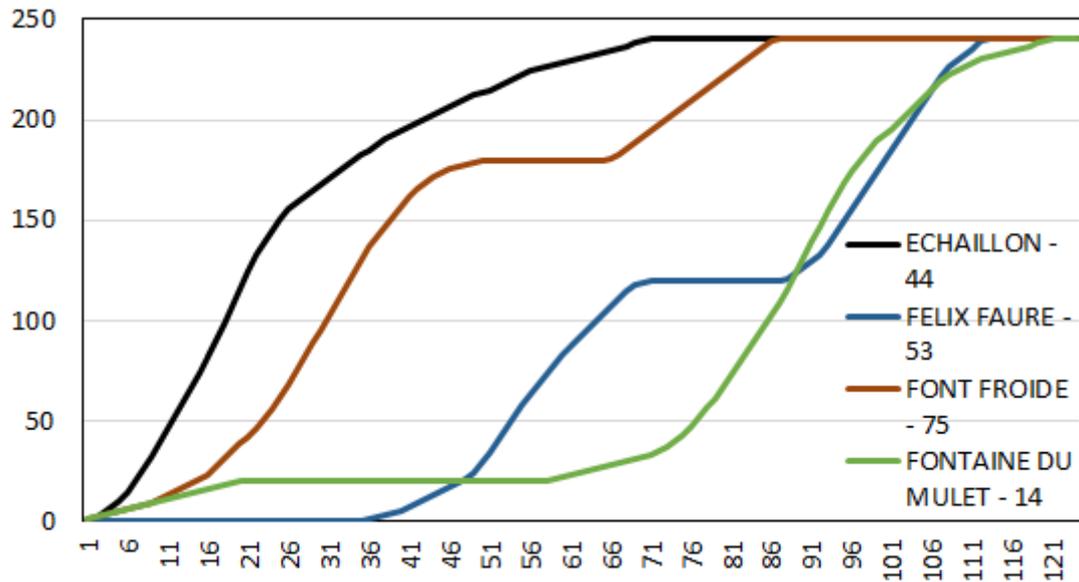


Figure 99 : Nombre cumulé d'occurrences d'un captage dans la matrice de classement

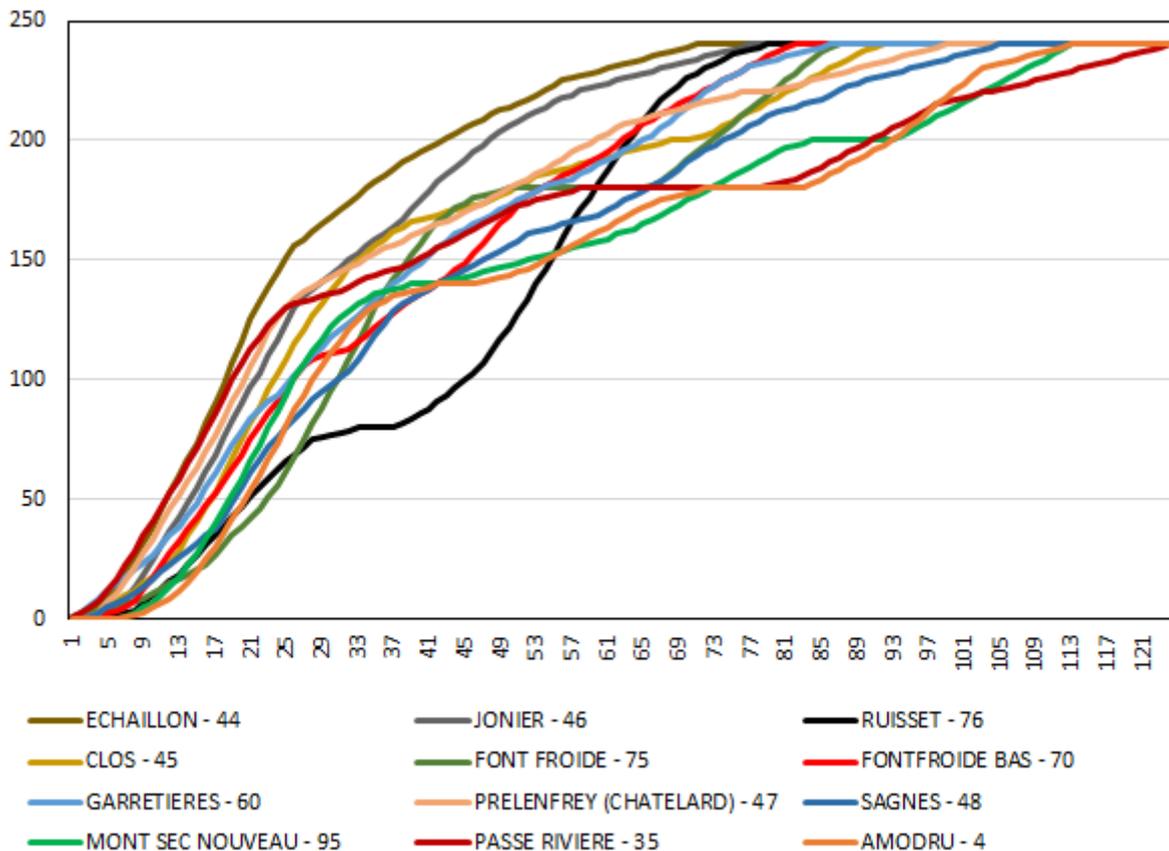


Figure 100 : Groupe des 12 captages des coteaux ressortant comme les plus vulnérables selon les 12 critères et la méthode de matrice de rangs développée (courbes cumulées)

Ces différentes courbes montrent des évolutions simples (à croissance relativement régulière) comme celles de L'Echaillon ou de Jonier, ou plus complexes à croissance duale comme celle de Ruisset ou même multimodale comme celle de Mont Sec Nouveau. Il est difficile d'interclasser plus finement ces 12 captages, hormis L'Echaillon et Jonier qui ressortent nettement devant les autres. En effet certains captages ressortent en tête sur le début des courbes, mais dans les derniers en fin de

courbe, ou inversement. Passe Rivière est par exemple la courbe la plus précoce (à égalité avec Echaillon) mais termine en dernière position. Inversement Ruisset présente la croissance la moins rapide mais termine dans les trois premières.

On retrouve dans ce classement des 12 captages les plus vulnérables presque tous les captages (Echaillon, Garretières, Jonier, Prélénfrey, Sagnes et Ruisset) ayant montré une contamination microbiologique à des fréquences de détection bien supérieures à 50% (voir Chapitre 4.3.3). Bien que fortement touché aussi par la contamination bactériologique, Merlière (avec ses différents points de captage) ne se retrouve pas classé parmi les captages les plus vulnérables. Son classement éloigné du groupe de tête semble imputable à la plus faible réactivité de la ressource captée, avec par une plus faible variabilité des caractéristiques chimiques. Rappelons que Merlière nous a été indiqué parmi les captages défaillants requérant un entretien rapide. Il est donc possible que la pollution microbiologique observée sur ce groupe de captages soit plus liée aux points de captage eux-mêmes plutôt qu'à la vulnérabilité de la ressource d'eau souterraine.

Ces résultats montrent que les critères retenus pour la vulnérabilité intrinsèque et extrinsèque varient dans le même sens que les critères de contamination bactériologique (vulnérabilité avérée) et semblent donc pouvoir expliquer les cas de contamination observés.

La représentation des résultats obtenus pour ces 12 captages selon le premier type de courbes (Figure 101) montre que les 12 critères sont en effet assez concordants puisque les sommets des courbes culminent entre 6 et 9, ce qui indique qu'entre 6 et 9 des 12 critères classent ces captages dans un même bloc de 20 rangs.

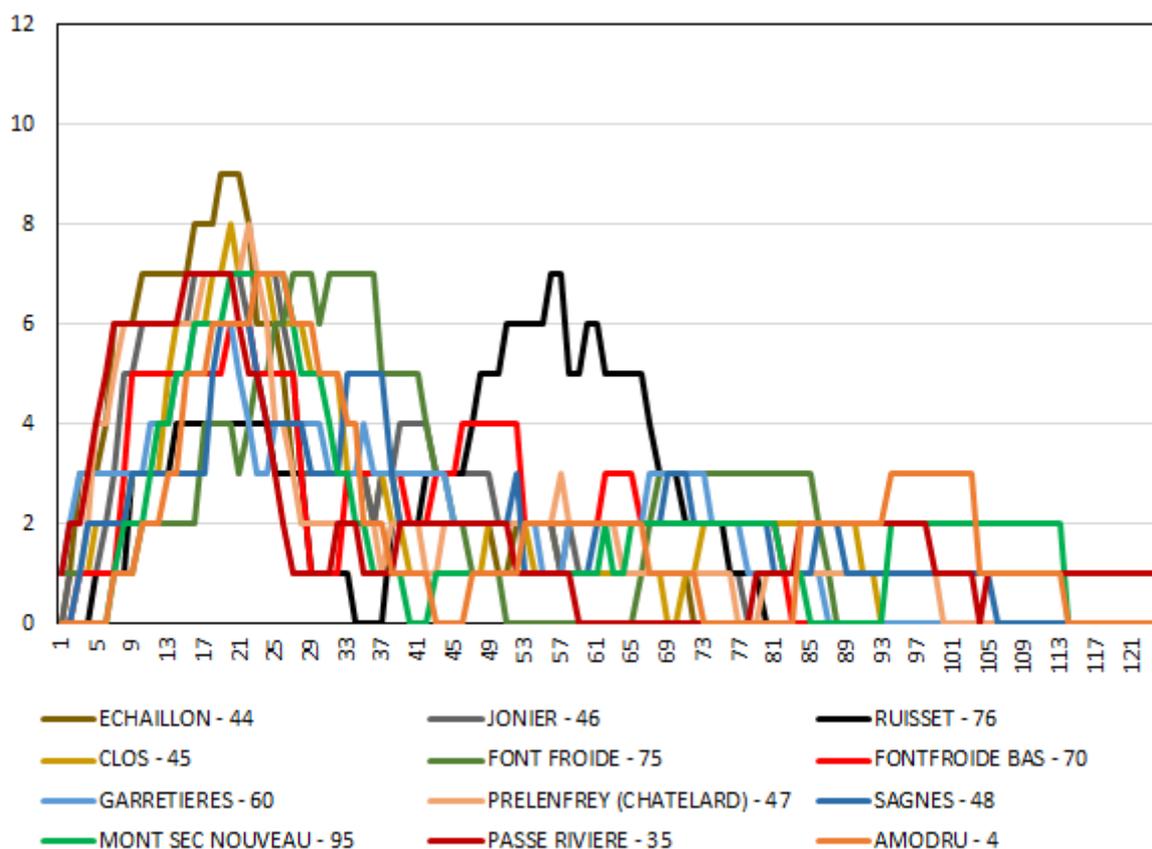


Figure 101 : Groupe des 12 captages des coteaux ressortant comme les plus vulnérables selon les 12 critères et la méthode de matrice de rangs développée (courbes non cumulées)

Ce graphique montre bien l'aspect bimodale de la courbe de Ruisset avec une première partie autour des blocs 10 – 30 et une seconde autour des blocs 45 – 65.

Les 12 captages que nous considérons donc les plus vulnérables en regard du risque de contamination bactériologique reliée à la connexion de la ressource avec les eaux superficielles sont : Echaillon, Jonier, Clos, Font Froide, Fontfroide Bas, Garretières, Prélénfrey, Sagnes, Mont Sec Nouveau, Passe Rivière et Ruisset.

La Figure 102 présente les 12 captages classés en position 13 à 24 en regard de la vulnérabilité combinée de la ressource. On y retrouve Buissonnière, Chauvets, Maison Blanche, Pont de Claix, Mathieu, Garins, Rocheplaine, Boulaise, Gorge, Pinéa, Pré Rivoire Galerie et Fontfroide Haut.

Ces deux groupes de captages des coteaux sont donc ceux que nous classons prioritaires (en priorité 1 et priorité 2) en regard de la vulnérabilité intrinsèque, extrinsèque et avérée de la ressource.

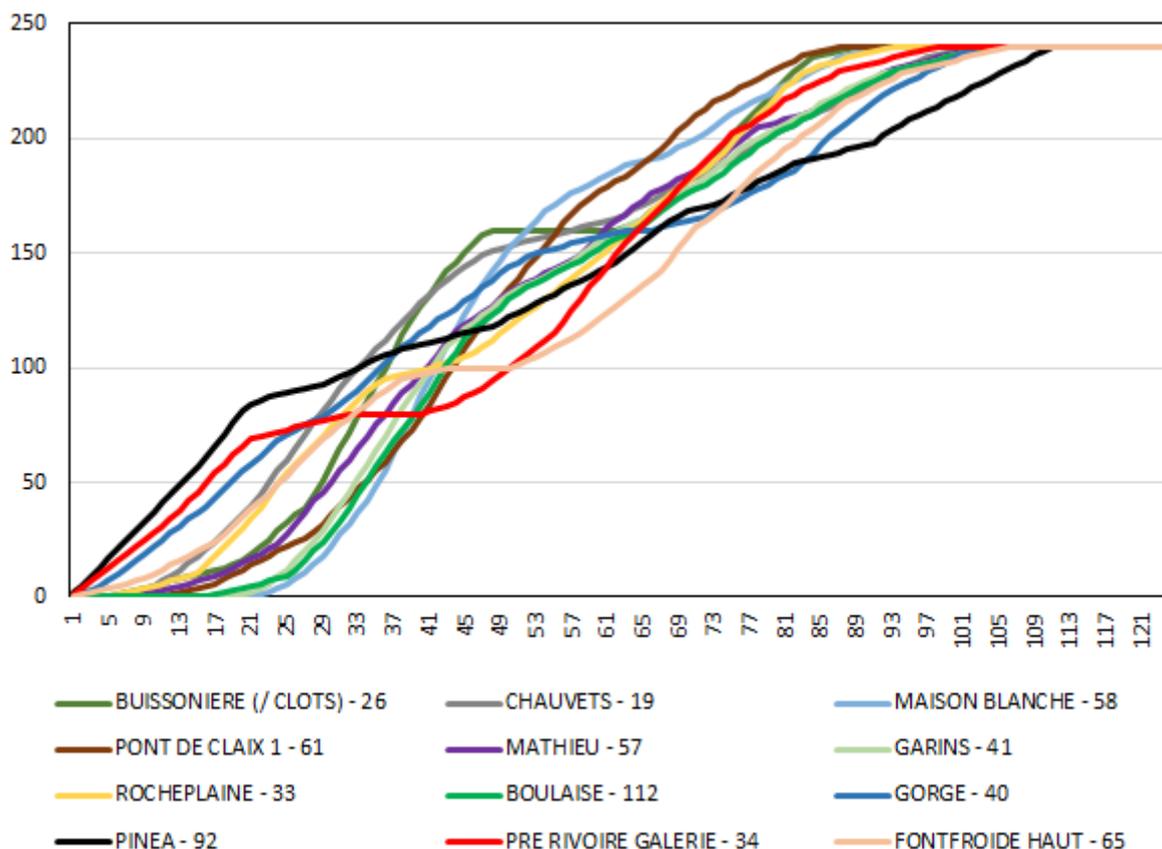


Figure 102 : Captages des coteaux classés aux positions 13 à 24 au regard de leur vulnérabilité (courbes cumulées)

Tel qu'indiqué plus haut, ce type de classement n'a pu être tenté pour la contamination chimique à cause du faible nombre d'analyses pertinentes disponibles. Certains captages disposent en effet de très peu d'analyses ou couvrant un faible nombre de molécules chimiques. Il n'est donc pas possible d'interclasser les captages entre eux quand les densités d'informations sont trop différentes.

De même, ce type d'approche ne peut être appliqué au risque de contamination relié à l'état ou à la vulnérabilité du captage lui-même (bâti et infrastructure) puisque les informations disponibles pour les caractériser sont trop qualitatives (avis fournis par les responsables de secteurs).

8.2.2. Grands champs captants

L'approche a été tentée pour les ouvrages des grands champs captants. Mentionnons que les causes de vulnérabilité auxquelles sont confrontés ces captages ne sont pas les mêmes que celles concernant les ressources des coteaux. Les grands champs captants sont par exemple affectés par les inondations, alors que les ressources des coteaux sont concernées par le pacage d'animaux. Conséquemment, tous les critères utilisés précédemment ne sont pas avérés pertinents. N'ont donc été retenus que les critères de variabilité de la signature chimique (conductivité, pH, turbidité) et la pollution microbiologique.

L'occupation agricole amont au captage ou la surface inondable n'ont pas été considérées car ces informations sont évaluées soit sur l'aire d'alimentation du captage (donc sur tout le bassin versant du cours d'eau associé), soit sur le périmètre de protection rapprochée défini dans la DUP (ce qui nous a été demandé par la Métropole). Or les périmètres de protection rapprochée des différents champs captants ont été délimités selon des critères différents, et les aires respectives ainsi obtenues ne peuvent être comparées.

Ces grands champs captants et leur zone d'alimentation sont particulièrement concernés par les risques de pollution industrielle, artisanale ou urbaine. La pollution chimique n'a cependant pu être considérée pour plusieurs raisons : surface des périmètres de protection rapprochée non comparables, détections de contaminants chimiques très rares et de faible ampleur, fréquences et périodes de suivi de la qualité différentes selon les ouvrages, faible nombre de points de prélèvement par ailleurs regroupés en champs captants.

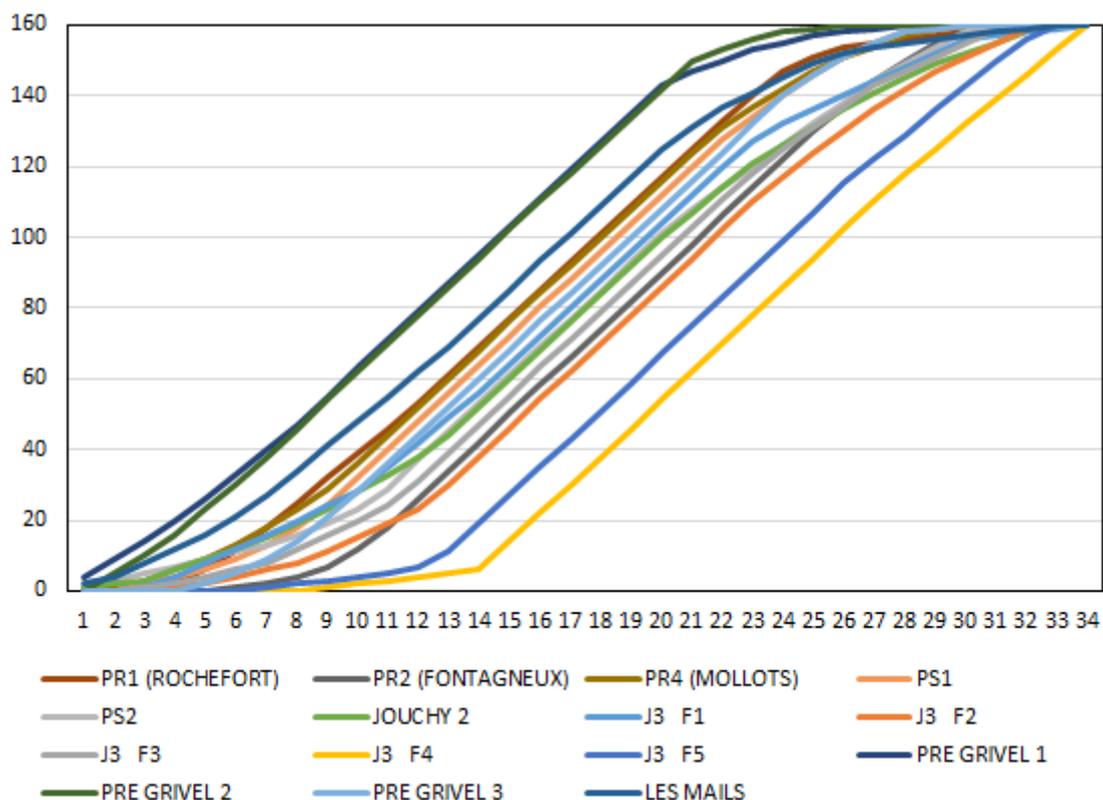


Figure 103 : Nombre cumulé d'occurrences des points de prélèvement des grands champs captants dans la matrice de classement utilisant les critères de variabilité chimique et de détection bactériologique

La méthode n'a donc pu être appliquée qu'avec les critères de variabilité de la signature chimique (conductivité, pH, turbidité) et la pollution microbiologique. Les résultats obtenus sont présentés à la Figure 103.

Les deux ouvrages qui présentent la plus grande vulnérabilité quant au risque bactériologique et de pollution accidentelle proximale sont Pré Grivel 1 et Pré Grivel 2, suivis par le captage des Mails. Les points de prélèvement classés les moins vulnérables pour ces critères sont ceux de Jouchy 3. Les autres ouvrages sont assez groupés et peu différenciés par la méthode.

8.3. Enseignements issus des incidents survenus

Cette partie de l'analyse s'est basée sur trois incidents passés :

- la pollution bactériologique survenue sur la source Echaillon en mars 2016,
- la coulée boueuse ayant affecté les sources de Fontfroide à Casserousse en juillet 2016,
- la pollution aux hydrocarbures de la ressource captée à Pré Grivel en janvier 2014.

8.3.1. Cas de l'Echaillon

La crise de Vif est un épisode de pollution survenu en mars 2016 et qui a généré une forte épidémie de gastro-entérites sur les trois communes alimentées par le captage de L'Echaillon (près de 1500 malades selon l'enquête épidémiologique de l'ARS).

La vulnérabilité de la ressource de l'Echaillon était connue avec plusieurs accidents microbiologiques survenu par le passé dont un plus important en novembre 2008 ayant abouti à une restriction d'usage de l'eau. La Métropole a par la suite commandé une étude de vulnérabilité en 2014 aboutissant à une nouvelle délimitation de l'aire d'alimentation et à une carte de vulnérabilité.

Selon l'audit réalisé par Novyel Conseil à la suite de la crise de 2016, des problèmes étaient à signaler sur la gestion technique des installations avant l'épisode de pollution. Une alarme de dysfonctionnement des lampes UV du site de Champa était active et la réparation n'avait pas été effectuée. Cette panne était consécutive à une coupure électrique lors d'un élagage autour de la ligne ERDF et une surtension. La remise en service s'est faite sans que le défaut ne soit identifié. Cet aléa technique ne permettait pas à lui seul d'expliquer la contamination de l'eau distribuée en sortie du site de Champa mais a questionné sur l'existence et l'application des procédures de réparation et de maintenance.

L'alerte donnée a été tardive puisqu'il a fallu environ quatre jours après le début de l'épidémie avant de s'apercevoir du problème. A la suite de cette alerte, des actions ont été menées et se sont traduites rapidement par une amélioration de la qualité sanitaire de l'eau distribuée et une baisse du nombre des malades

Selon Novyel Conseil, des actions préventives auraient pu être mises en place avant la crise. Il s'agit sur le périmètre du plateau de Prélenfrey, d'une concertation avec la ferme de Baléryère en vue d'une réduction de la pollution potentielle pouvant résulter de l'épandage du lisier et d'investigations détaillées sur tous les rejets sauvages et le déplacement en aval du rejet de la STEP.

Novyel Conseil a suggéré (au niveau de la source de l'Echaillon) la mise en place d'un analyseur de chlore libre résiduel en continu au niveau du réservoir du Champa. Cet équipement, s'il avait été mis en place avant cette crise, aurait permis de déclencher une alerte beaucoup plus précoce sur la

pollution de la ressource. Novyel Conseil note que les dispositifs de traitement devaient donc être renforcés.

Des périmètres de protection PPI, PPR et PPE du captage de l'Echaillon ont été délimités en 1994 (Figure 104) et enchâssés dans une DUP toujours en vigueur. La surface du PPR délimité est d'environ 0,32 km². Le PPE proposé s'étend sur une superficie d'environ 2 km², correspondant aux 2/3 environ du bassin versant de la source. Notons que les prescriptions de protection d'une ressource concernent généralement le seul PPR, le PPE constituant surtout un territoire de surveillance

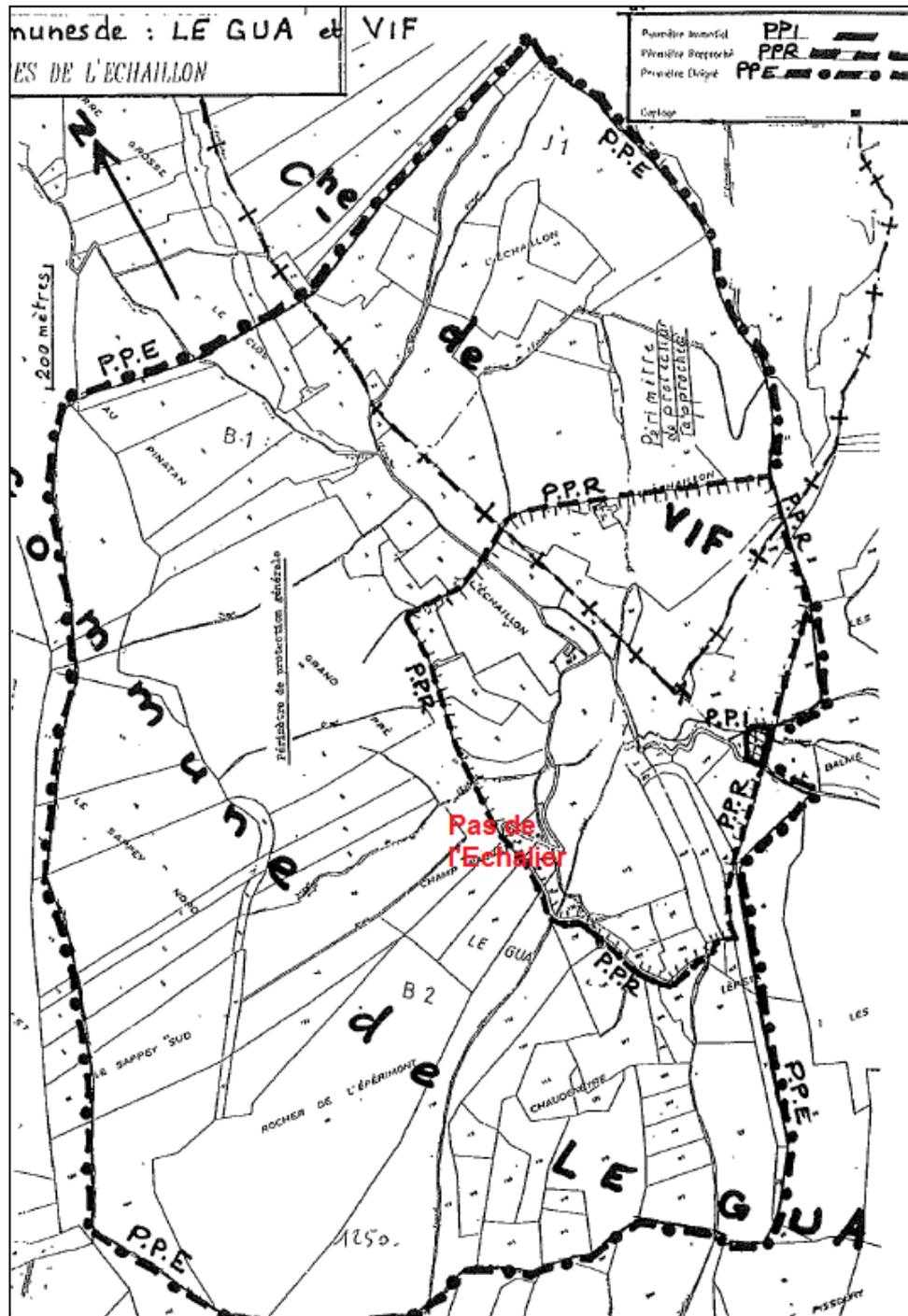


Figure 104 : Périmètres de protection (PPI, PPR et PPE) du captage de l'Echaillon délimités par l'Hydrogéologue agréé en 1994

Le tracé du PPR peut surprendre, car il s'appuie du côté Ouest sur le Pas de l'Echalier (localisation rajoutée en rouge sur la carte). Or l'étude de Biju-Duval (1979) avait mentionné des temps de transit de l'ordre de deux semaines entre le Pas de l'Echalier et le captage. L'étendue d'un PPR doit correspondre à un délai de transfert suffisant pour permettre l'atténuation d'une pollution bactériologique et/ou la mise en place des mesures nécessaires à la correction du problème. Il est ainsi classiquement délimité en utilisant l'isochrone de 50 jours. Pour l'Echaillon, la limite Ouest du PPR devrait donc être éloignée bien au-delà du Pas de l'Echalier.

Dans le cadre d'une étude de vulnérabilité du captage de l'Echaillon (2014) commandée par la Métropole, SETIS a proposé un bassin d'alimentation d'une superficie de 6.5 km² s'étendant bien plus loin vers le Sud-Ouest. Selon SETIS, l'étendue de cette aire d'alimentation semble (en superficie) en adéquation avec les débits observés au captage. Avec cette délimitation, une partie importante du secteur de Prénfrey contribuerait à l'alimentation du captage. La limite Sud du bassin d'alimentation du captage de l'Echaillon se trouverait à la latitude de la source de la Douai, dont le bassin d'alimentation serait donc exclu de celui de l'Echaillon.

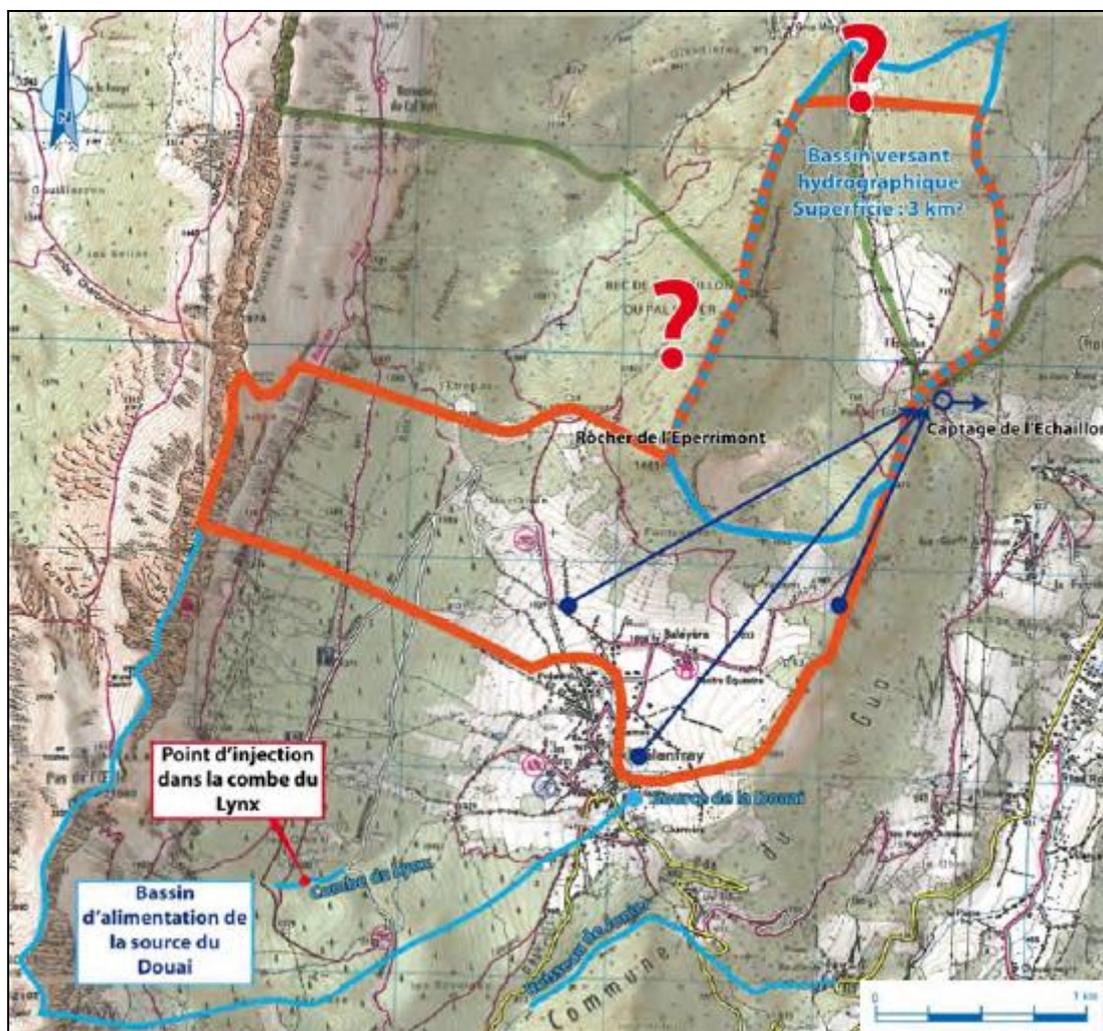


Figure 105 : Bassin d'alimentation (trait orange) du captage de l'Echaillon proposé par SETIS (2014) suite à la réalisation de quatre traçages

Compte tenu de la vulnérabilité élevée du captage de l'Echaillon et des vitesses de transfert importantes, SETIS a proposé un 'Plan d'Intervention' définissant la procédure à suivre ainsi que les

moyens humains et matériels à mettre en œuvre en cas de pollution sur le bassin d'alimentation du captage de l'Échaillon.

Depuis 2016, suite à la crise de l'Échaillon, Beaudouin, Biju-Duval et Méric ont réalisé un ensemble de traçages démontrant la connexion entre la zone de rejet de la STEP de Prénfrey et le captage de l'Échaillon. La limite Sud-Ouest de l'aire d'alimentation du captage semble donc encore plus éloignée vers le Sud-Ouest que celle proposée par SETIS et inclurait une partie, voire la totalité, du bassin de la source de Douai.

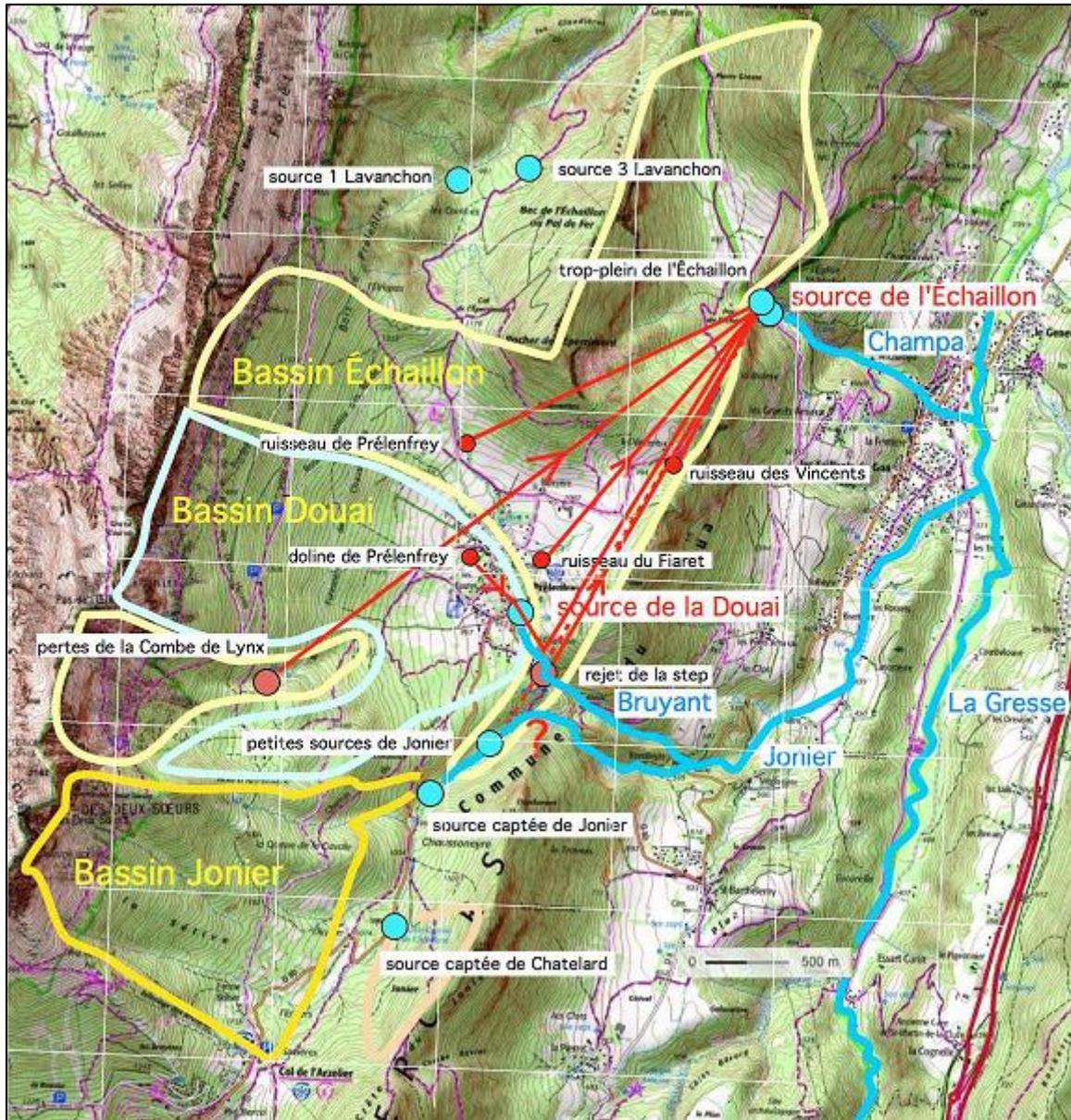


Figure 106 : Traçages réalisés à ce jour (en rouge) et répartition des bassins versants entre Jonier, Douai et Échaillon selon Baudouin (juin 2017)

Ce type de contamination bactériologique et de crise sanitaire pourrait se produire sur d'autres sources puisque d'autres aires d'alimentation sont dans des contextes hydrogéologiques semblables et que les mêmes types de pressions sont présents sur ces territoires. Les contaminations bactériologiques survenues sur la source de l'Échaillon et les résultats des différentes études réalisées sur ce captage amènent les constats suivants, qui peuvent donc être généralisés à

l'ensemble des ressources des coteaux, en particulier à celles alimentées par des formations karstiques :

- Dans le cas des ressources des coteaux, et en particulier pour celles situées en domaine karstique, les PPR devraient intégrer une partie importante, voire la totalité, du PPE. Dans le cas contraire, le PPE devrait également porter des servitudes claires et contraignantes.
- Ce PPE, qui correspond en théorie à l'aire d'alimentation du captage, devrait intégrer toute la formation karstique contribuant au captage, ainsi que les versants et bassins versants associés. Le PPR devrait a minima intégrer ces éléments.
- Les traçages réalisés illustrent l'intérêt de ce type d'investigation, mais également leur limite dans la mesure où il n'est pas possible de mettre en évidence la connexion d'une zone de pertes qui n'a pas fait l'objet d'un traçage. Les traçages devraient donc être systématisés, en particulier dans le cas des ressources karstiques, et toutes les zones de pertes supposées ou possibles devraient être testées.

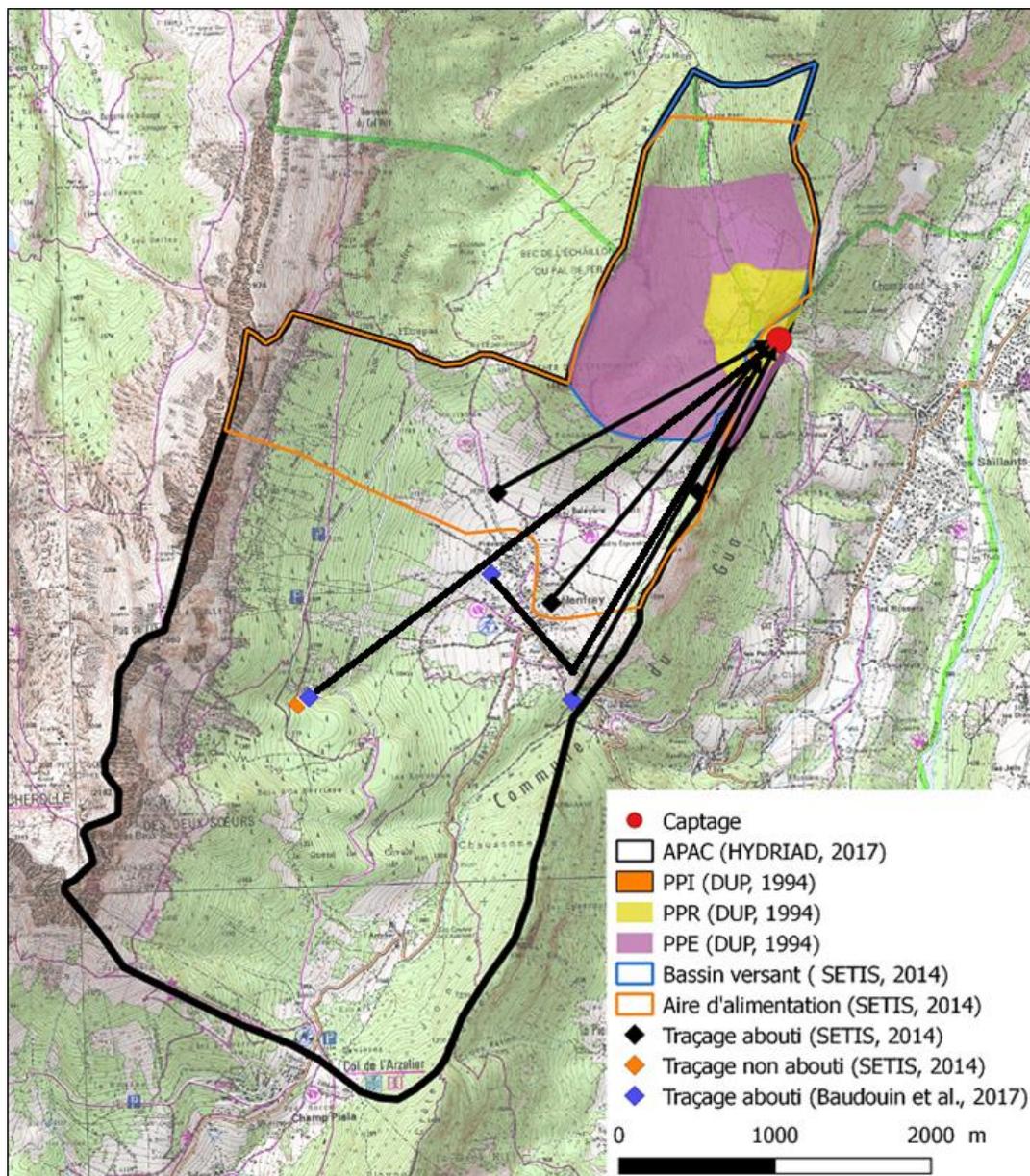


Figure 107 : Synthèse des périmètres de protection, aire d'alimentation et traçages du captage de L'Echaillon

- Le fonctionnement des ressources en milieux fracturés et/ou karstiques varie de façon très importante et très rapide en fonction des précipitations, de la saturation du sol, du niveau de la nappe et de l'importance des crues sur les cours d'eau associés. Les contributions respectives des secteurs d'alimentation et les directions d'écoulement peuvent changer de façon drastique. Un traçage réalisé dans des conditions données ne donneraient donc pas le même résultat dans d'autres conditions.
- Les ressources des coteaux, en particulier celles alimentées par des formations aquifères karstiques, connaissent des variations de débit et de qualité de l'eau très importantes et très rapides. Le traitement de l'eau doit donc être adapté à ce type de variations. Il serait ainsi nécessaire que le traitement au chlore puisse être asservi au débit de la source et à la charge microbiologique. De même, dans le cas d'un traitement UV, il faudra veiller à ce que les caractéristiques de la lampe soient adaptées au besoin (débit, charge bactérienne). Un jumelage systématique des deux types de systèmes semble requis. Dans les cas les plus aigus, une ultrafiltration pourrait être envisagée.
- Comme les informations sont globalement déficientes sur l'ensemble des ressources des coteaux, il faudra mettre en place un suivi quantitatif et qualitatif resserré sur les ressources les plus sensibles afin d'acquérir les informations requises au dimensionnement et à l'asservissement du traitement de l'eau. Les ressources prioritaires peuvent être identifiées avec les critères de dépassement microbiologique (coliformes fécaux, e coli, entérocoques, sulfito-réductrices) et de variabilité de la signature qualité de d'eau (conductivité, pH, turbidité).
- Toutes les ressources des coteaux, en priorité celles dépendant d'un aquifère karstique, devront faire l'objet d'investigations de terrain (dont a minima un suivi des débits, un suivi de la qualité microbiologique et chimique, des levés géologiques, des traçages, un inventaire des risques sur un territoire plus grand que l'aire d'alimentation).
- L'ensemble de ces données devra permettre d'identifier les conditions (pluie, sol, nappe) susceptibles d'entraîner des problèmes de qualité. Ces conditions étant connues, une veille météorologique et hydrogéologique permettra de surveiller les périodes présentant ces conditions, de prévoir les périodes susceptibles de les présenter et d'anticiper les éventuels problèmes.
- Ces nouvelles informations permettront aussi la redéfinition des aires d'alimentation des captages des coteaux, la délimitation d'un PPR adapté à ce type de ressources et l'actualisation des DUP (PPR et servitudes).
- Devra être mis en place et appliqué un plan d'alerte (donnant l'alerte en cas de dépassements fréquents ou récurrents) et d'intervention (en cas de survenance d'un problème). Pour ce plan, il faudrait équiper les ressources et/ou les UDi d'un système de détection des problèmes.

8.3.2. Cas de Casserousse

L'évènement de Casserousse de juillet 2016 illustre les risques induits par des coulées de boue prenant place dans le voisinage amont des captages de montagne. Ces coulées peuvent être à l'origine d'une atteinte au bâti même du captage ou de l'entrée d'eaux parasites boueuses et contaminées dans le captage, aboutissant à des valeurs importantes de turbidité, de microbiologie et des dommages sur le réseau AEP.

Le projet de terrassement de la station de ski de Chamrousse à l'origine du problème visait la réhabilitation d'une piste de ski, la création d'un nouveau réseau de neige de culture et la construction d'un nouveau télésiège. Ces travaux étaient situés dans les PPR des sources de Fontfroide.

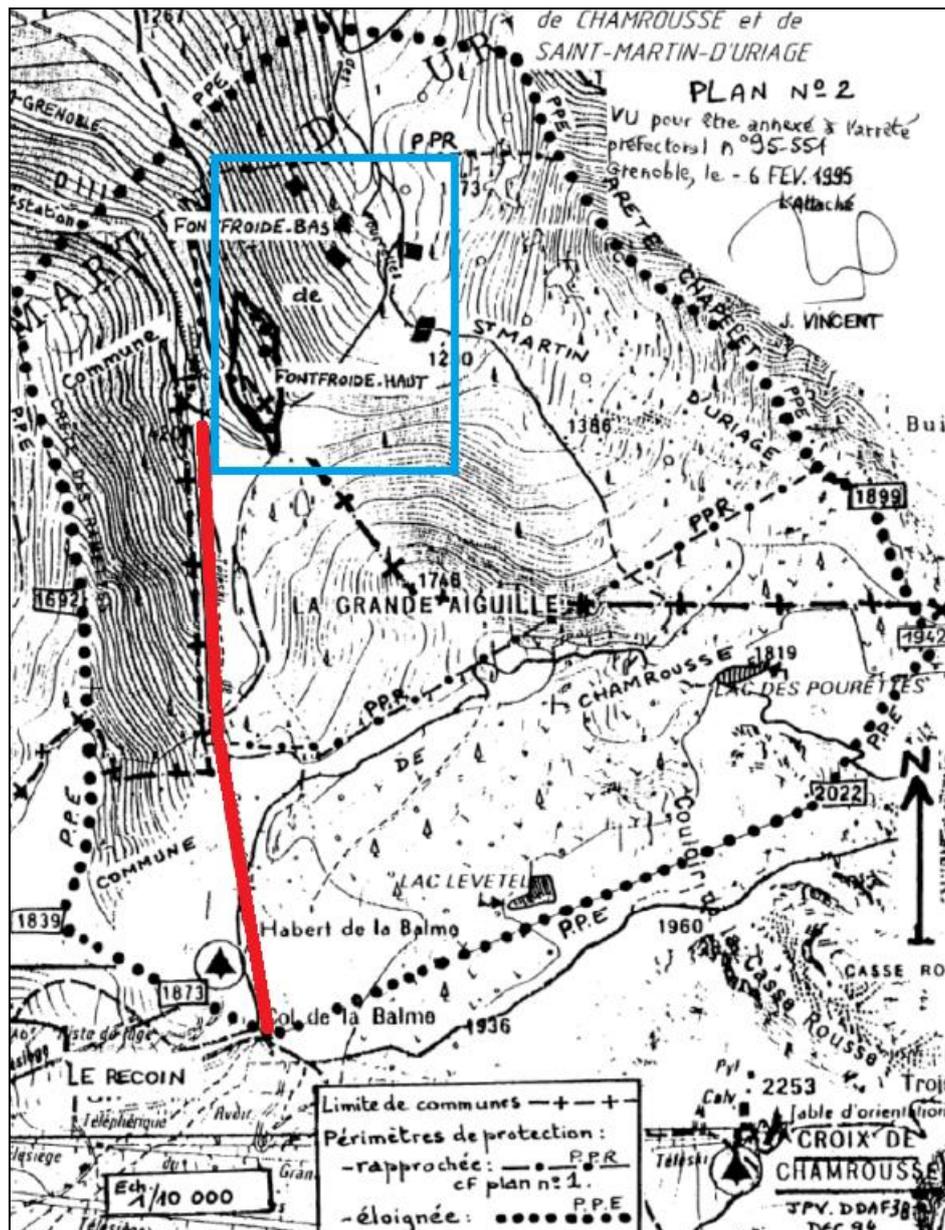


Figure 108 : Périmètres de protection (PPR et PPE) des captages de Fontfroide délimités par l'Hydrogéologue agréé en 1995 (zone des captages encadrée en bleu et zone des travaux de la station de ski indiqués en rouge)

Des PPR et PPE ont été établis par l'Arrêté de DUP du 6 février 1995. La zone de travaux de la station de ski se trouvait dans l'emprise du PPR. Pour le PPR, les prescriptions suivantes étaient mentionnées (parmi d'autres) :

- Interdiction de toute nouvelle construction à l'exception de celles nécessaires au fonctionnement des remontées mécaniques existantes et sous réserve de l'absence de production d'eau usée ;
- Interdiction des affouillements et extractions de matériaux du sol et du sous-sol ;
- Interdiction de stockage de tout produit susceptible de polluer les eaux et la création de dépôts de déchets de tous types.

Un avis d'hydrogéologue agréé avait été émis en novembre 2014, avec des préconisations à mettre en œuvre pendant les travaux. Une enquête publique a été tenue du 15 juin au 30 juillet 2015, dont la Métropole n'avait pas été informée.

Suite à l'enquête publique (courrier du 03/08/2015 au Commissaire Enquêteur), la Métropole a fait part de ses demandes pour préserver la qualité des captages

- Eaux de ruissellement de la zone de travaux canalisées et évacuées vers l'aval des sources ;
- Eaux de ruissellement de la piste et parking orientées de manière pérenne vers l'aval des sources ;
- Pas de rejet ni d'infiltration d'eau usée dans le sol ;
- Utilisation de canons à neige à technologie « propre ».

Les travaux ont débuté en juin 2016, avec mise en place des préconisations de l'hydrogéologue agréé, la Métropole n'ayant pas été informée du début des travaux.

A la suite d'un épisode orageux important, une coulée de boue a pris place et les écoulements se sont concentrés dans les zones terrassées avec submersion de certains captages par de la boue. Les points de prélèvement submergés ont subi une entrée d'eaux parasites entraînant une forte turbidité et une pollution bactérienne. Les réseaux et les réservoirs ont été souillés.

Des restrictions de consommations d'eau ont été mises en place pour les communes alimentées par les captages (Brié et Angonnes, Herbeys, Saint Martin d'Uriage et Poisat), soit environ 4 800 habitants. Durant la crise, les points de prélèvement de Fontfroide Haut ont dû être mis hors service. Il est à noter que des travaux étaient encore à réaliser sur les points de prélèvement selon les informations des responsables de secteurs.

La Métropole a demandé à l'ARS de mandater un hydrogéologue agréé afin de valider de nouvelles mesures de sécurisation du chantier. Un programme d'analyse a aussi été mis en place pour le suivi des sources.

Il semble que l'incident de Casserousse aurait pu être évité avec une meilleure communication entre les différents acteurs, plus de mesures de réduction de la vulnérabilité extrinsèque, un meilleur état des ouvrages et des systèmes de traitement et d'alerte de dysfonctionnement plus efficaces.

Ce type d'incident pourrait se produire sur d'autres sources de la Métropole puisque d'autres aires d'alimentation sont dans des contextes topographiques et géologiques semblables (favorisant des ruissellements rapides et concentrés en fond de vallon) et pourraient faire l'objet d'aménagements similaires (stations de ski, routes, pistes forestières, coupes forestières, hydroélectricité). Cet incident et les mesures qui l'ont entouré amènent les constats suivants :

- Les ressources des coteaux, en particulier celles situées dans des secteurs à forte déclivité, sont exposés aux risques de coulées boueuses, glissements de terrain ou éboulements (abusivement appelés aussi avalanches de roches). Des coulées de boue peuvent survenir dans différents types de situation : rupture de pentes de terrains (sur) saturés en eau, rupture de poche, surcharge de nappe, déclenchement de pluie importantes sur une pente par temps hyper sec. Un glissement de terrain est un phénomène d'origine sismique, géologique et géophysique où une masse de terre descend sur une pente. Un éboulement est une désolidarisation soudaine d'une structure géologique sur une vaste surface et qui s'accompagne d'une chute massive de matériaux.
- Les points de prélèvement concernés par ces types de risques peuvent subir des dégâts physiques affectant le bâti ou les canalisations, une submersion partielle ou totale par la boue ou les matériaux effondrés, une infiltration d'eau ou de boue, une contamination turbide ou microbiologique.

- Les points de prélèvement à risque pourraient/devraient être équipés d'un système de mesure en continu de la turbidité avec fermeture automatique des vannes en cas de problème.
- Même si les risques peuvent être prédits (identification d'un risque possible), ils peuvent difficilement être prévenus (identification anticipée de l'incident). Ceci impose donc la mise en place au préalable de différents types d'interventions et de mesures : identification des risques potentiels par des investigations de terrain réalisés par des spécialistes de ce type de risque ; mesures visant à limiter ou contrôler le déclenchement de l'incident ; mesures de limitation de l'impact de l'incident sur le captage ; surveillance et déclenchement d'un plan d'intervention et d'urgence.
- Mentionnons que ce type d'évènement géologique peut également impacter la ressource elle-même, avec une déviation des écoulements au sein de l'aquifère et un déplacement de la source. L'émergence auparavant localisée peut alors être diffuse et plus difficile à capter.
- Les périmètres de protection n'ont pas réellement vocation à protéger le captage de ce type d'incident. Les prescriptions qui s'y appliquent peuvent au mieux interdire, contraindre ou limiter les travaux qui pourraient y prendre place et favoriser le déclenchement de ce type de problème. Il faudrait donc envisager une révision des DUP de tous les captages susceptibles de présenter de tels risques, en priorité ceux pour lesquels des mouvements de terrain potentiels ont été identifiés. Les prescriptions devraient faire directement référence à ce type de risques et aux conséquences qui peuvent en découler. En effet, si les prescriptions ne résultent pas directement de la législation s'appliquant à la protection des points de prélèvement, elles doivent être argumentées.
- La Métropole doit mettre en place avec les services de l'Etat, de la Région et du Département un service de veille permettant d'identifier le plus en amont possible les travaux susceptibles d'impacter la ressource ou le captage. Ceci concerne tous les aménagements comme les stations de ski, les routes, les pistes forestières, les coupes forestières, l'hydroélectricité, etc.
- Indépendamment de la demande de nomination d'un hydrogéologue agréé auprès de l'ARS, la Métropole devrait s'adjoindre un pool d'hydrogéologues réservistes. Ces hydrogéologues sans astreinte pourraient intervenir dans les situations d'urgence ou au fil de l'eau en fonction des besoins. La constitution de ce pool d'hydrogéologues pourrait être réalisée dans le cadre d'un marché à bon de commandes pluriannuel à titulaires multiples.

8.3.3. Cas de Pré Grivel

Une pollution du champ captant de Pré Grivel par les hydrocarbures est survenue en janvier 2014. Cette pollution a eu pour origine la fuite d'une cuve à fioul d'une maison d'habitation située au cœur du PPR des captages, au coin Nord-Est du PPI, à moins de 100 m des points de prélèvement. La DUP définissant ces périmètres date du 30 mars 1979.

Les procédures internes du SIERG ont été mises en œuvre en lien étroit avec les services public compétents (services municipaux de Vizille, Service départemental d'incendie et de secours, Agence régionale de santé. L'usage de cette ressource a été immédiatement interrompu et les opérations de dépollution ont été rapidement enclenchées. Par la suite, un suivi de la qualité a été effectué avant réactivation du pompage de la ressource.

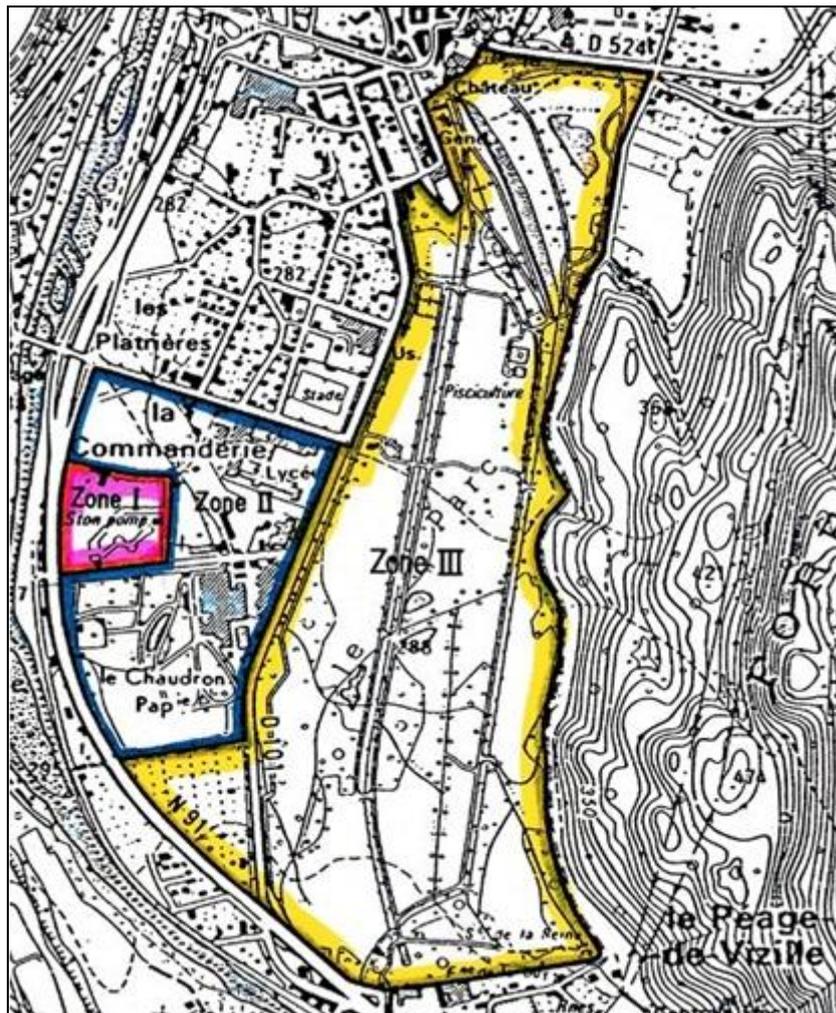


Figure 109 : Périmètres de protection (PPI, PPR et PPE) des captages de Pré Grivel à Vizille

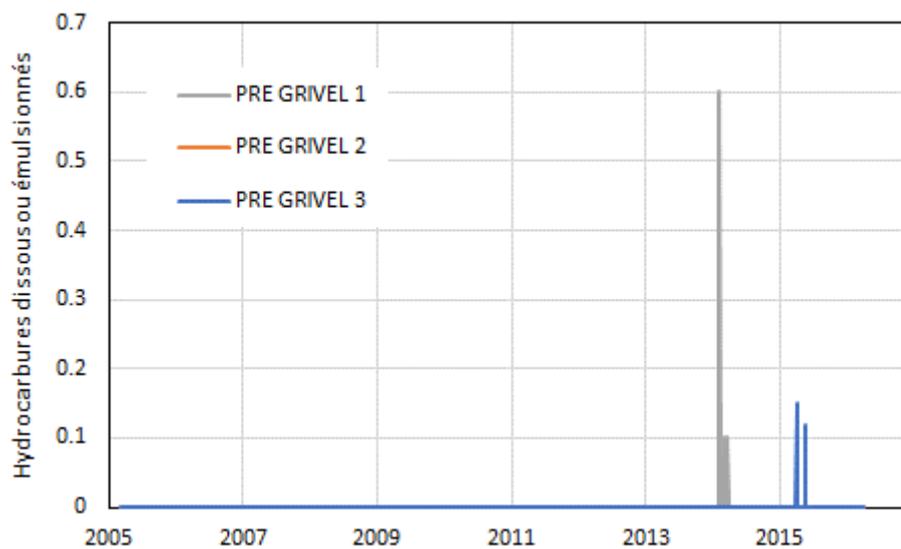


Figure 110 : Suivi des concentrations d'hydrocarbures dissous ou émulsionnés (mg/l) sur les captages de Pré Grivel à Vizille

Des hydrocarbures dissous ou émulsionnés ont conséquemment été détectés sur le captage Pré Grivel 1 en février et mars 2014 et sur Pré Grivel 3 en avril et mai 2015, mais à des concentrations très faibles, très largement en dessous de la norme de potabilité.

Cette contamination et sa gestion amènent plusieurs constats :

- L'existence d'une DUP, avec ses périmètres de protection et ses prescriptions et servitudes, ne garantit pas la protection d'une ressource. L'interdiction d'une activité ou d'une pratique ne certifie pas en effet son absence. Les prescriptions qui visent à éviter une contamination ne peuvent totalement l'empêcher. Ceci démontre le besoin d'une surveillance régulière du territoire faisant l'objet des prescriptions.
- La protection de la ressource passe par l'identification, le contrôle et la suppression des risques potentiels, l'information et la sensibilisation des utilisateurs du territoire, ainsi que la surveillance du territoire afin d'y déceler tout changement d'occupation, aménagement ou implantation d'activité à risque.
- Une enquête détaillée de terrain dans l'emprise du PPR est donc requise pour recenser les activités et pratiques à risque et surtout informer et sensibiliser les usagers.
- Les pollutions accidentelles ne pouvant être prévenues (à tout le mieux envisagées), il est nécessaire de mettre en place un suivi de la qualité de l'eau captée à une fréquence suffisamment resserrée pour identifier les variations de qualité pouvant indiquer une dégradation de la ressource.
- Une pollution de cette nature résulte d'une source ponctuelle, donc limitée dans l'espace au début de la pollution. Il est donc impératif de pouvoir l'identifier et la corriger rapidement avant qu'elle ne se propage dans le milieu et devienne plus difficilement corrigable.
- Il est donc nécessaire de rédiger et mettre en place une procédure détaillée d'intervention adaptée à chaque source/type de pollution potentielle.
- Dans le cas de telle pollution, la réactivité permet de limiter l'ampleur du problème et sa persistance dans le temps.

8.3.4. Enseignements résultant des trois cas présentés

Les trois situations étudiées ont fait ressortir un certain nombre de problèmes et ont fourni plusieurs enseignements :

Sur les connaissances

- Des investigations de terrain doivent être menées pour consolider les connaissances (suivi des débits, suivi de la qualité microbiologique et chimique, levés géologiques, traçages, inventaire des risques sur un territoire plus grand que l'aire d'alimentation).
- La réalisation de traçages devrait être systématisée, en particulier dans le cas des ressources karstiques, et toutes les zones de pertes supposées ou possibles devraient être testées.
- Des connaissances spécifiques doivent être acquises sur les ressources situées dans des secteurs à forte déclivité, sont exposés aux risques de coulées boueuses, glissements de terrain ou éboulements.
- Les conditions (pluie, sol, nappe) susceptibles d'entraîner des problèmes de qualité doivent être identifiées afin de pouvoir les prévoir et anticiper les éventuels problèmes.
- Une enquête détaillée de terrain dans l'emprise du PPR est donc requise pour recenser les activités et pratiques à risque et surtout informer et sensibiliser les usagers.
- Un suivi quantitatif et qualitatif resserré sur les ressources les plus sensibles est requis pour parfaire le dimensionnement et à l'asservissement du traitement de l'eau aux variations.

Sur les infrastructures

- Le traitement de l'eau doit être adapté à des variations de débit et de qualité de l'eau qui peuvent être très importantes et très rapides.
- Un jumelage systématique d'un traitement Chlore et UV semble requis. Dans les cas les plus aigus, une ultrafiltration pourrait être envisagée.
- Les points de prélèvement à risque pourraient/devraient être équipés d'un système de mesure en continu de la turbidité avec fermeture automatique des vannes en cas de problème.

Sur la surveillance et le contrôle

- La protection de la ressource passe par l'identification, le contrôle et la suppression des risques potentiels, l'information et la sensibilisation des utilisateurs du territoire, ainsi que la surveillance du territoire afin d'y déceler tout changement d'occupation, aménagement ou implantation d'activité à risque.
- Les PPR des ressources des coteaux, en particulier de celles en domaine karstique, devraient intégrer une partie importante, voire la totalité, du PPE.
- Ces PPR et PPE devraient intégrer toute la formation karstique contribuant au captage, ainsi que les versants et bassins versants associés.
- Il faudrait donc envisager une révision des DUP des captages potentiellement concernés par des risques physiques avec des prescriptions spécifiquement adaptés à la prévention de ces risques.

Sur les situations de crise

- Un plan d'alerte 'Risque de pollution' (donnant l'alerte en cas de dépassements fréquents ou récurrents) et d'intervention 'Pollution' (en cas de survenance d'un problème) doit être systématiquement réalisé pour chaque captage.
- L'existence de risques physiques (coulée, éboulement, glissement de terrain) impose la mise en place préalable de différents types d'interventions et de mesures : identification des risques potentiels par des investigations de terrain réalisés par des spécialistes de ce type de risque ; mesures visant à limiter ou contrôler le déclenchement de l'incident ; mesures de limitation de l'impact de l'incident sur le captage ; surveillance et déclenchement d'un plan d'intervention et d'urgence.
- La Métropole doit mettre en place avec les services de l'Etat, de la Région et du Département un service de veille permettant d'identifier le plus en amont possible les travaux susceptibles d'impacter la ressource ou le captage. Ceci concerne tous les aménagements comme les stations de ski, les routes, les pistes forestières, les coupes forestières, l'hydroélectricité, etc.
- La Métropole devrait s'adjoindre un pool d'hydrogéologues réservistes. Ces hydrogéologues sans astreinte pourraient intervenir dans les situations d'urgence ou au fil de l'eau en fonction des besoins.

8.4. Problème de l'état des captages

De façon générale, il ressort des informations disponibles et des entretiens avec les responsables de secteurs que l'état global des captages des coteaux n'est pas optimal et que des correctifs doivent être apportés, de façon rapide pour certains. Il semble que ces captages ne sont pas visités régulièrement, l'accès à certains captages étant compliqué (1h de marche), voire impossible en période hivernale (neige). Les sources de Bits (Séchilienne) et Plâtres (St Barthélémy de Séchilienne) sont des exemples de sources difficilement accessibles et visitables. La durée de marche pour atteindre la source des Mousses à St Paul de Varcès est de 1h. Les captages Aillouds et Thiébaud

(Séchilienne) sont quant à eux des captages privés utilisés par GAM sur lesquels aucune visite n'est effectuée par la Métropole.

Les informations recueillies mettent en évidence qu'une quinzaine de captages ont un état jugé problématique. Ces captages méritent des travaux dans les meilleurs délais, dont certains sont minimes mais requis. Des portes ou des serrures sont par exemple à changer pour empêcher toute intrusion malveillante ou accidentelle. L'étanchéité de certains points de prélèvement (au niveau du bâti ou des portes) est aussi à corriger. Des infiltrations d'eau de pluie nous ont ainsi été signalées sur certains points de prélèvement et des entrées d'eau parasite boueuse ont été constatées.

L'ensemble des captages défailants et les remarques des responsables de secteurs sur d'éventuels travaux sont résumés dans le Tableau 35.

Tableau 35 : Captages des coteaux jugés défailants et requérant des travaux

Captage	Travaux à faire	Captage	Travaux à faire
BITS (Séchilienne)	Nettoyage impossible et accès difficile si chemin enneigé	LUITEL (Séchilienne)	
BLANCS (Séchilienne)		MATHIEUX (Séchilienne)	
BUISSONNIERE (/ CLOTS) (Séchilienne)	Etanchéité du captage à reprendre	MERLIERE (Vif)	A entretenir
FONTFROIDE HAUT S3 (St-Martin d'Uriage)	Béton extérieur et intérieur à reprendre ; serrure à changer	MONT SEC NOUVEAU (Séchilienne)	
FONTFROIDE HAUT S4 (St-Martin d'Uriage)	Béton intérieur à reprendre ; serrure à changer	PLATRES (St-Barthélémy-de-Séchilienne)	Accès très difficile par chemin enneigé, nettoyage impossible
GARINS (St-Barthélémy-de-Séchilienne)	Formation fréquente de queues de renard	SAGNES (Miribel – Lanchâtre)	
GORGE (St-Barthélémy-de-Séchilienne)	Captage encaissé, infiltration d'eau de pluie	THIEBAUDS ECOLE (Séchilienne)	Alimente une maison peu ou pas habitée
GRANDS PRAS (Séchilienne)	Risques mais périmètre de protection		

Une quarantaine de points de prélèvement ont un état présentant des défauts d'importance moyenne, dont il faudra envisager la correction (éventuellement dans un second temps). Le Tableau 36 liste ces points de prélèvement. Pour certains, il s'agit simplement de serrure à changer (Fontfroide Bas, Mulet, Fontaine du Mulet, La Gorge).

Une trentaine de points de prélèvement sont en bon état (Tableau 37).

Finalement, l'état d'une vingtaine de captages n'a pu être précisé (Tableau 38). Ces captages devront faire l'objet d'une vérification.

Tableau 36 : Travaux à envisager sur les captages des coteaux présentant des défauts à corriger

AMODRU (Domène – Revel)	FONTAINE DU MULET (Vaulnavay-le-Bas)	JAYERES (Claix)	RUISSEAU (Seyssins)
ARTHAUD (Seyssins)	FONTENETTE (Domène – Revel)	LA GORGE (Vaulnavay-le-Bas)	RUISSET (Sappey-en-Chartreuse)
CHAPUIS (Domène – Revel)	FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage)	MAISON BLANCHE (Claix)	SAVOYERES (Claix)
CHARBONNEAUX (Seyssins)	GARRETIERES (Claix)	MULET (Vaulnavay-le-Bas)	SOLLIER (Domène – Revel)
COMBE JARDIN (Claix)	GIRAUD CARRIER (Domène – Revel)	PINEA (Sarcenas)	
CURT (Domène – Revel)	GRAND (Domène – Revel)	PLANET (Domène – Revel)	
FONT FROIDE (Sappey en Chartreuse – Sarcenas)	GRANDE GORGE (Domène – Revel)	PONT DE CLAIX (Claix)	

Tableau 37 : Captages des coteaux a priori en bon état, sans travaux requis ou mineurs

ARCELLES (Seyssinet – Pariset)	CLOS BENEY (Séchilienne)	FONTANETTES (Notre-Dame de Commiers)	PRE RIVOIRE GALERIE (La Tronche)
BALME (Notre Dame de Mésage)	COLOUR (Sappey-en-Chartreuse)	FONTFROIDE HAUT S1 (St-Martin d'Uriage)	SERT GIROD (St-Georges de Commiers)
BASSE DU RESERVOIR (Mont St-Martin)	COMBES (Mont St-Martin)	FONTFROIDE HAUT S2 (St-Martin d'Uriage)	THIEBAUDS (Séchilienne)
BEAUME (St-Georges de Commiers)	CROZ INFERIEUR (Quaix en Chartreuse)	JONIER (Le Gua)	VIGNES (Séchilienne)
BOULAISE (Mont St-Martin)	CROZ SUPERIEUR (Quaix en Chartreuse)	MOUSSES (St-Paul de Varcès)	
CHAUVERTS (St-Georges de Commiers)	ECHAILLON (Le Gua)	OURSIERE (Notre-Dame de Commiers)	
CLOS (Le Gua)	FONTAINE GALANTE (Corenc)	PRE RIVOIRE DRAIN (La Tronche)	

Tableau 38 : Captages des coteaux dont l'état n'a pu être précisé

BREDUIRE (Proveysieux)	EYRARD (AVAL) (Noyarey)	MAUBOURG PIEZO (St-Paul de Varcès)	RIOUX (St-Paul de Varcès)
BURDET (Claix)	GUTHINS (St-Paul de Varcès)	MONTENU (Proveysieux)	ROCHEPLAINE (St-Egrève)
CHATELARD (Proveysieux)	LE PLATRE (Vaulnavay-le-Bas)	PASSE RIVIERE (Vaulnavay-le-Bas)	THOUVIERE (Noyarey)
ENGINEAUX (Noyarey)	LES MAILLS (St-Egrève)	PETITS AMIEUX (Le Gua)	
EYRARD (AMONT) (Noyarey)	MATHIEU (Seyssins)	PRELENFREY (Le Gua)	

Concernant les grands champs captants, l'état des ouvrages est bon.

9. HIERARCHISATION DES CAPTAGES

9.1. Création d'un outil d'aide à la hiérarchisation des captages

Les résultats présentés ci-avant, en particulier pour les ressources des coteaux, montrent qu'il est possible d'utiliser différents critères représentant la vulnérabilité intrinsèque, extrinsèque ou avérée pour comparer et interclasser les ressources captées et la qualité des eaux des captages.

A cette fin, nous avons développé un outil spécifique sur tableur pour aider à la hiérarchisation (interclassement) des captages. Cet outil utilise un certain nombre de critères (critères simples) et d'indicateurs composés (élaborés à partir des critères simples), dont certains sont ceux utilisés au chapitre précédent.

Dans cet outil, l'utilisateur a la possibilité de changer :

- les seuils de classement des critères et indicateurs,
- les pondérations affectées à ces critères et indicateurs,
- les combinaisons de critères et indicateurs utilisés pour un scénario de hiérarchisation.

Les seuils, poids et combinaisons entrés par défaut dans l'outil actuel ne sont donc que des propositions faites à dire d'expert, que l'utilisateur aura l'opportunité et la responsabilité de modifier selon ses propres connaissances.

9.1.1. Critères simples

Les critères simples retenus concernent :

- L'importance du captage (population desservie, distance d'interconnexion alternative, débit d'étiage de la source captée,) ;
- La qualité de la ressource captée (variabilité de la signature physico-chimique, dépassement de la norme de 0.5 NFU pour la turbidité, dureté de l'eau, concentration en sulfate, pourcentage maximal de dépassement microbiologique, détection de contaminant chimique avec ou sans dépassement de la norme) ;
- La vulnérabilité intrinsèque (vulnérabilité physique du captage, surface de l'APAC, vulnérabilité intrinsèque de l'APAC) ;
- Les pressions, ou vulnérabilité extrinsèque (fraction anthropisée de l'APAC, nombre de sources de pollution potentielle, surface et % de pacage, % en forêts et domaine skiable ; km de routes et chemins forestiers) ;
- La protection administrative du captage (DUP, rapport surface PPR / surface APAC).

Population desservie : population (nombre d'habitants) desservie par l'UDI alimentée par le captage. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 10, 1 000 et 10 000 habitants.

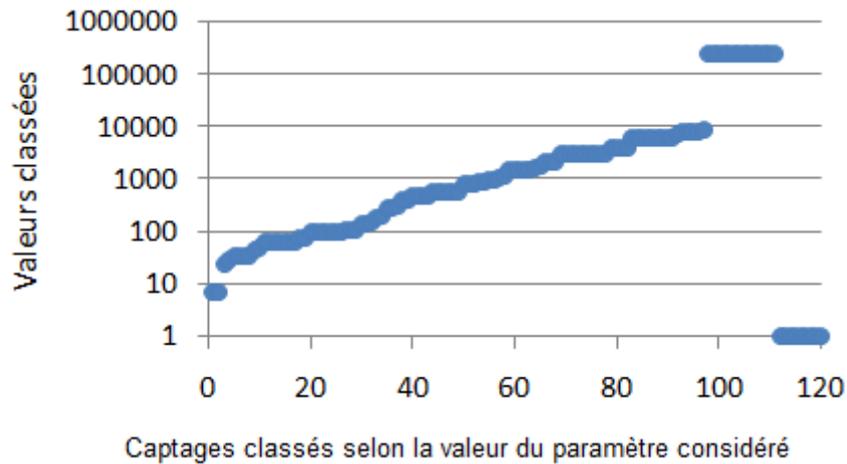


Figure 111 : Courbe classée des valeurs de population desservie par l'UDI alimentée par le captage

Distance moyenne d'interconnexion alternative (km) : distance moyenne (à vol d'oiseau) du captage à un réseau alternatif d'eau potable ou à une ressource alternative. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 1.5 et 3 km.

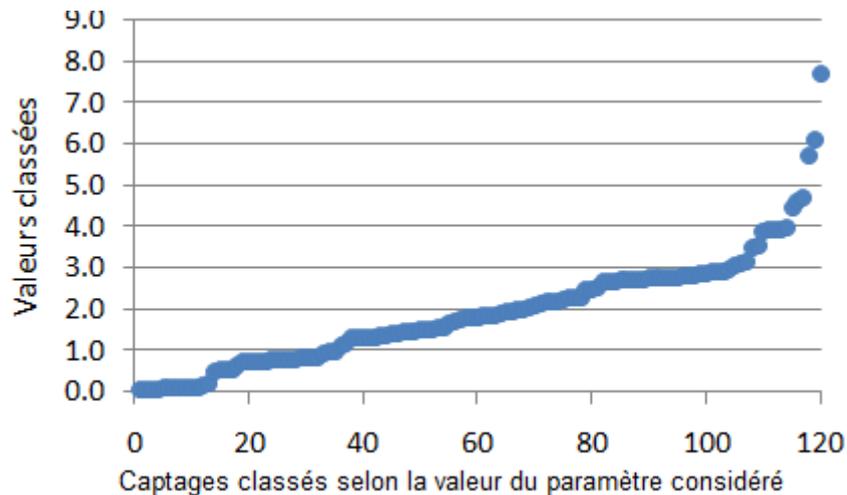


Figure 112 : Courbe classée des valeurs de distance moyenne d'interconnexion

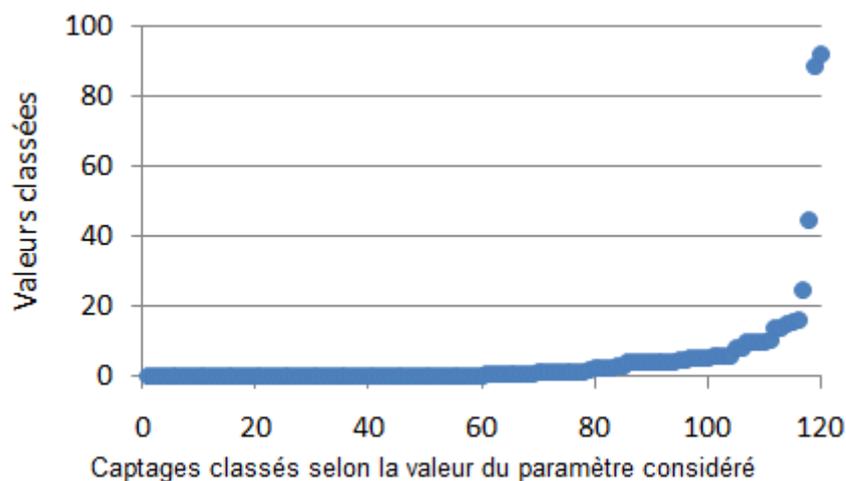


Figure 113 : Courbe classée des valeurs de débit d'étéage (l/s)

Débit d'étiage de la source (l/s) : Pour les sources, débit d'étiage indiqué par la littérature. Dans la méthode, ce débit d'étiage sera comparé au besoin de la population desservie (considérant un besoin quotidien moyen de 150 l / jour. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont donc fonction de la population desservie (débit d'étiage correspondant à 100%, 150% ou 200% du besoin moyen).

Variabilité de la signature physico-chimique : variabilité temporelle de la signature physico-chimique de l'eau captée, calculée comme la moyenne des coefficients de variation des données de pH et de conductivité électrique ; le coefficient de variation (CV) d'une population de données est le rapport de l'écart type des données sur leur moyenne. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 10% et 20%.

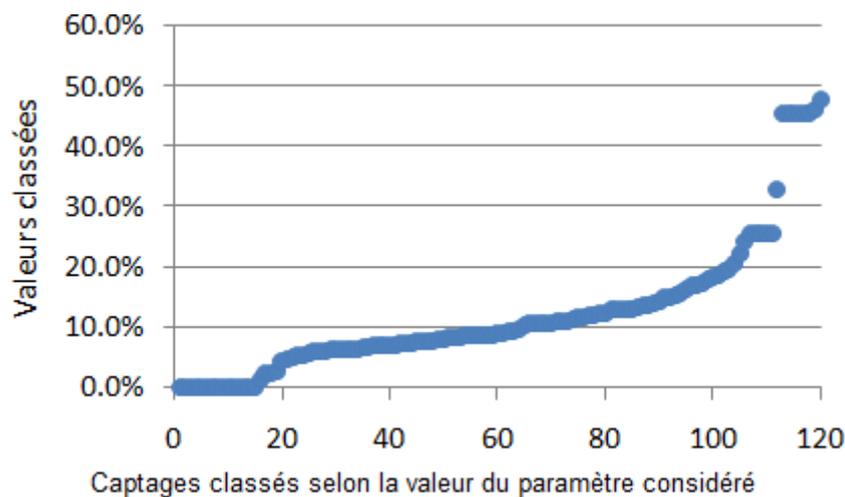


Figure 114 : Courbe classée de la moyenne des coefficients de variation de la conductivité et du pH

Pourcentage de dépassement de la norme de 0.5 NFU pour la turbidité : pourcentage de dépassement du critère de potabilité de la turbidité de 0.5 NFU. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 5%, 10% 20% et 40%.

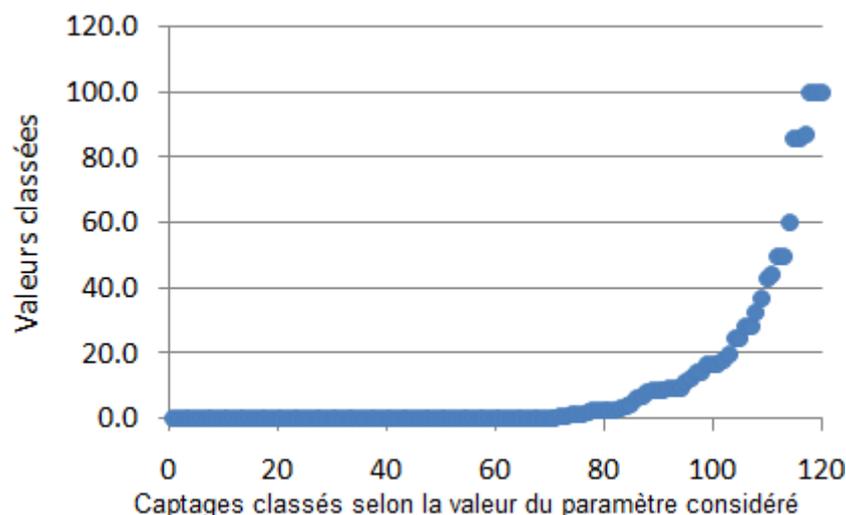


Figure 115 : Courbe classée des pourcentages de dépassement du critère de potabilité de la turbidité de 0.5 NFU

Dureté de l'eau : dureté de l'eau exprimée par le titre hydrotimétrique (mesuré en °f) indiquant si une eau est agressive ($TH < 8^\circ f$), douce, dure ou incrustante ($TH > 30^\circ f$). Plus de la moitié des points de

prélèvement ne sont malheureusement pas renseignés sur ce critère. Ce critère est donc à considérer avec précaution pour la comparaison et la hiérarchisation des captages. Certains points de prélèvement présentent des valeurs très élevées. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 8°f, 19°f et 30°f.

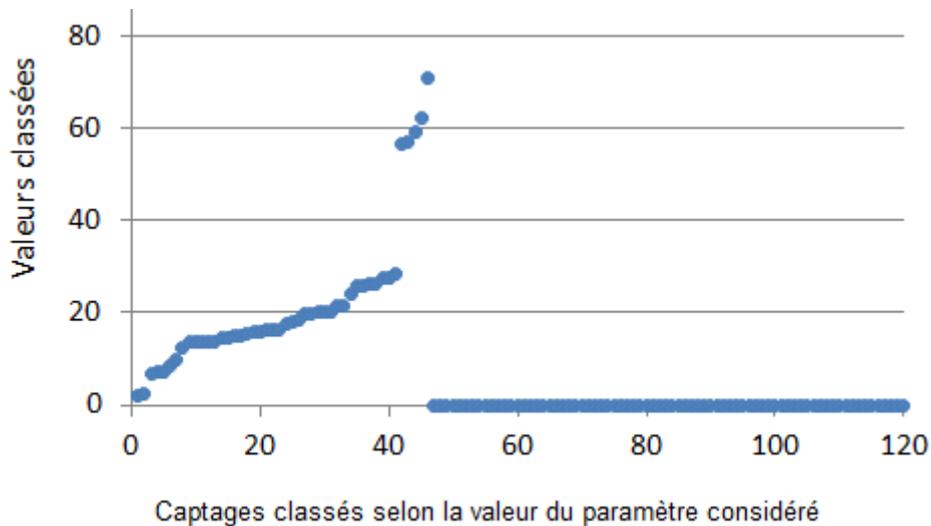


Figure 116 : Courbe classée du degré hydrotimétrique (°f) représentant la dureté de l'eau

Concentration moyenne en sulfate : les concentrations élevées de sulfate ne sont pas interdites mais déconseillées, avec une valeur de référence de 250 mg/l. Beaucoup de points de prélèvement ne sont malheureusement pas renseignés sur ce critère. Ce critère est donc à considérer avec précaution pour la comparaison et la hiérarchisation des captages. Certains points de prélèvement présentent des valeurs très élevées, supérieur au critère de 250 mg/l. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 50 et 250 mg/l.

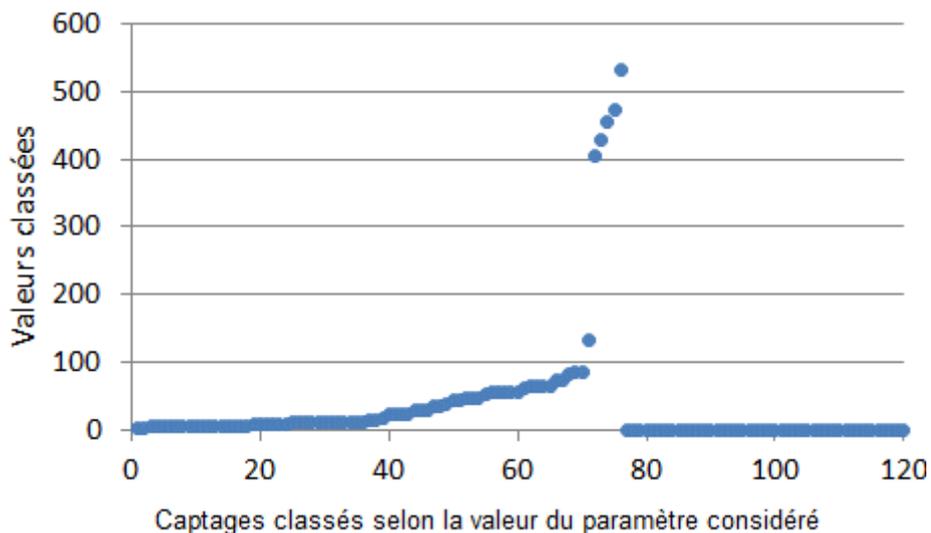


Figure 117 : Courbe classée des concentrations de sulfates (mg/l)

Pourcentage maximal de dépassement microbiologique (%) : Pourcentage maximal obtenu parmi les dépassements (nombre de dépassements / nombre d'analyses microbiologiques) des principaux critères microbiologiques (coliformes fécaux, e coli, entérocoques, bactéries sulfito-réductrices). On considère classiquement que les dépassements < 5% des analyses indique une eau de bonne qualité, de 5 à 20% des non conformités ponctuelles, de 20 à 35% des non conformités fréquentes et les

dépassements > 35% des non conformités chroniques. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont donc 5%, 20% et 35%. On constate que la moitié de eaux brutes (avant traitement) sont en non-conformité chroniques.

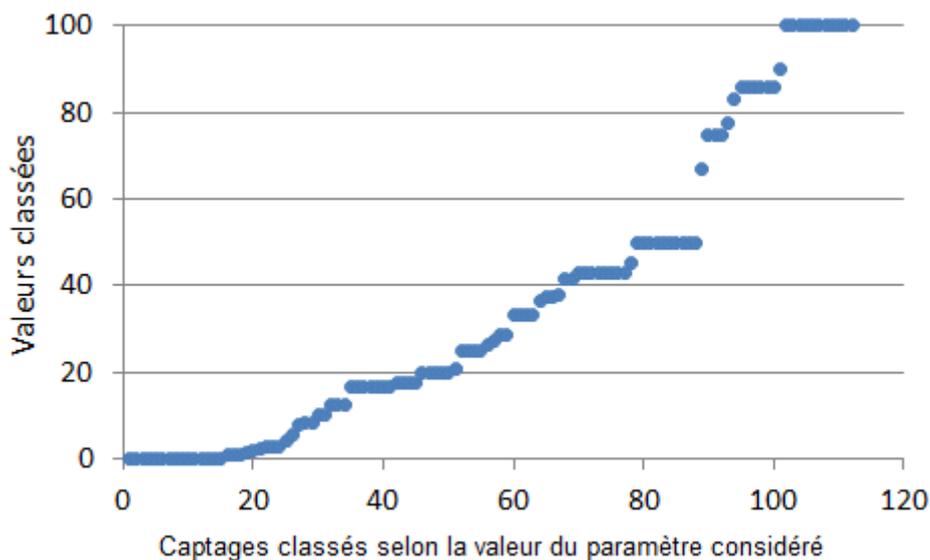


Figure 118 : Courbe classée des pourcentages maximaux de dépassement des critères bactériologiques

Détection de contaminant chimique avec ou sans dépassement de la norme : Détection avérée dans les analyses effectuées de contaminant chimique, avec ou sans dépassement des critères de qualité concernant l'eau potable (voir Chapitre 4.3.4).

Vulnérabilité physique du captage même : nombre de types de risques physiques (mouvement de terrain et zone inondable) exposant directement le captage.

Surface de l'APAC (km²) : taille de l'aire probable d'alimentation du captage déterminée par cette étude. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 1, 10 et 100 km².

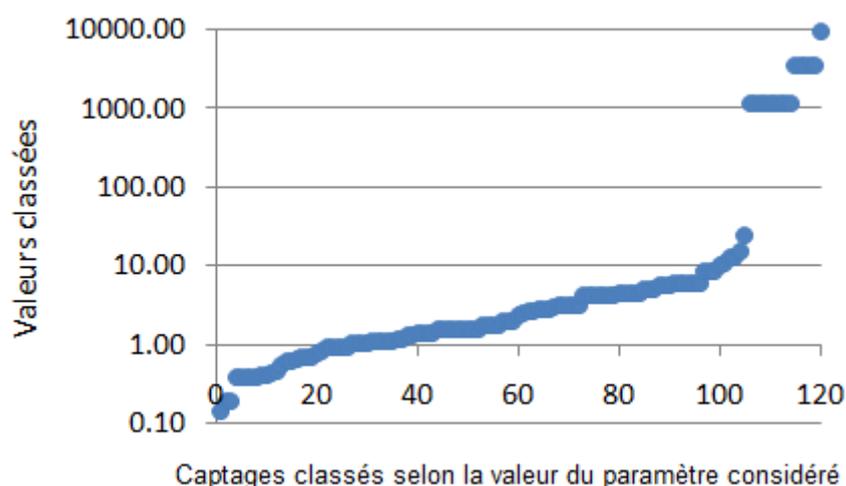


Figure 119 : Courbe classée de la surface des aires d'alimentation (km²)

Vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC : vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'aire (probable) d'alimentation du captage appréciée comme faible, moyenne ou forte. La vulnérabilité

intrinsèque est initialement calculée à partir des paramètres de pente et de densité de réseau de drainage (voir détail au Chapitre 6.4.1), puis classée dans les trois catégories indiquées.

Surface de l'APAC en forêt (%) : pourcentage de l'aire (probable) d'alimentation du captage occupé par des forêts pour lesquels les pressions sont jugées naturellement faibles (pas forcément négligeables). Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 25%, 50% et 75%.

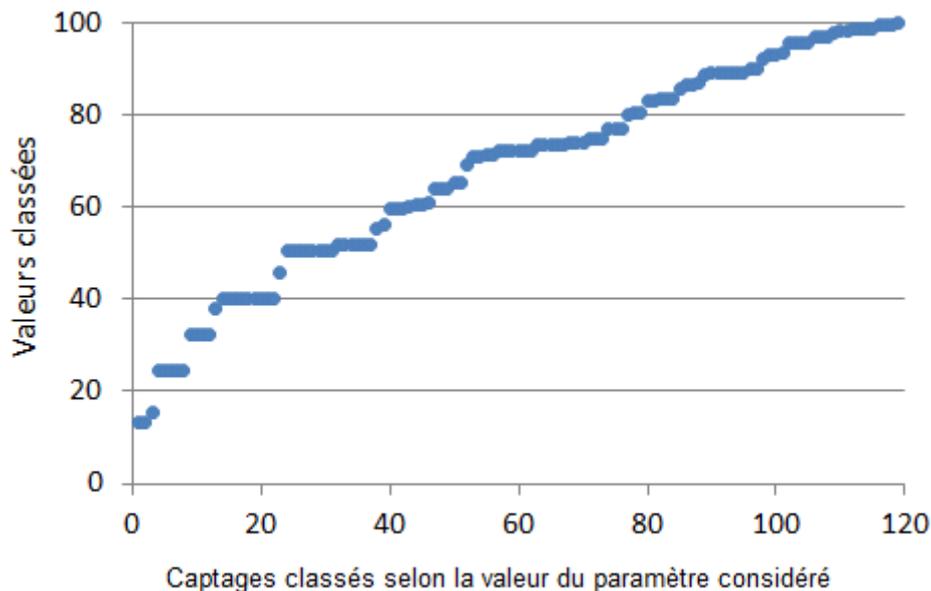


Figure 120 : Courbe classée de la surface de l'APAC en forêt (%)

Surface de l'APAC classée en zones de protection naturelle (%) : pourcentage de l'aire (probable) d'alimentation du captage faisant l'objet de zones de protection naturelle (parc national ou régional, zone d'arrêt biotope, réserve naturelle, zone spéciale de conservation ou zone de protection spéciale). On considère que ces zones constituent une protection aux ressources naturelles du fait des réglementations s'y appliquant. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 25%, 50% et 75%.

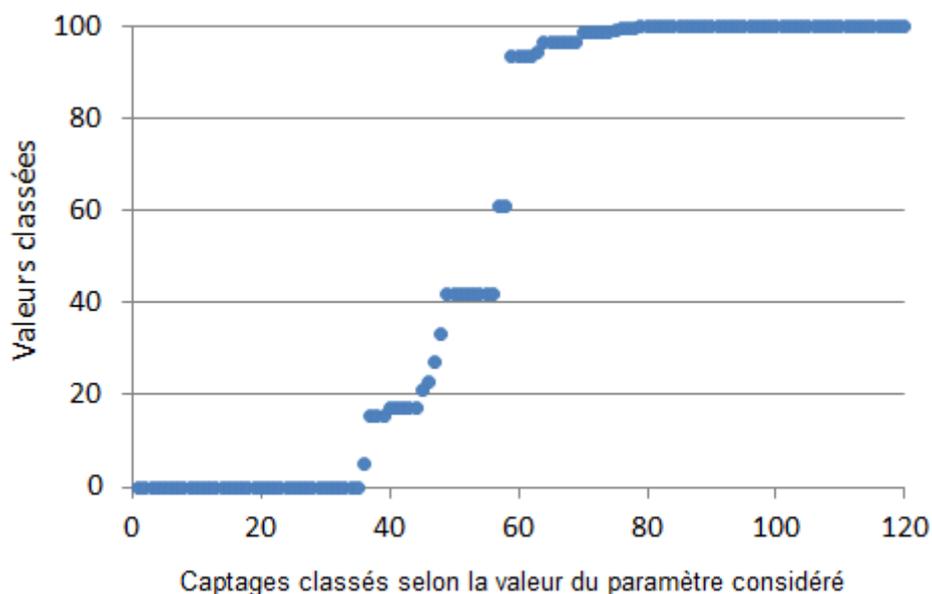


Figure 121 : Courbe classée de la surface de l'APAC en zones de protection naturelle (%)

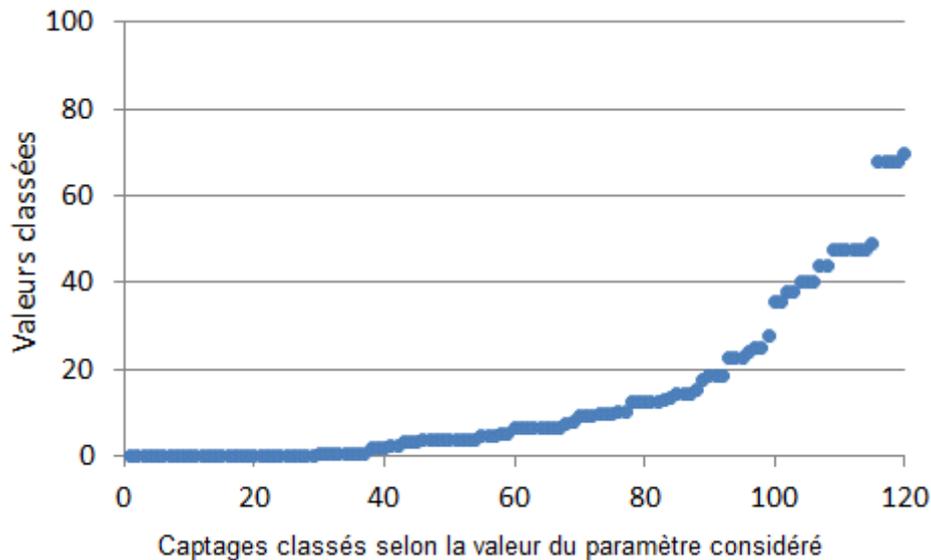


Figure 124 : Courbe classée de la surface de l'APAC en pacage (%)

Nombre de sources de pollution potentielle : Nombre de sources de pollution (ICPE, sites et sols pollués, sorties de STEP, exploitations agricoles ou élevages, présence de routes, chemins communaux et forestiers) existant sur l'aire (probable) d'alimentation du captage.

Surface de l'APAC (%) en forêts ou domaine skiable : surface de l'APAC susceptibles de faire l'objet de travaux et aménagements susceptibles de générer des modifications d'écoulement, des coulées de boue, de la turbidité ou une pollution microbiologique ou chimique. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 40%, 60% et 80%.

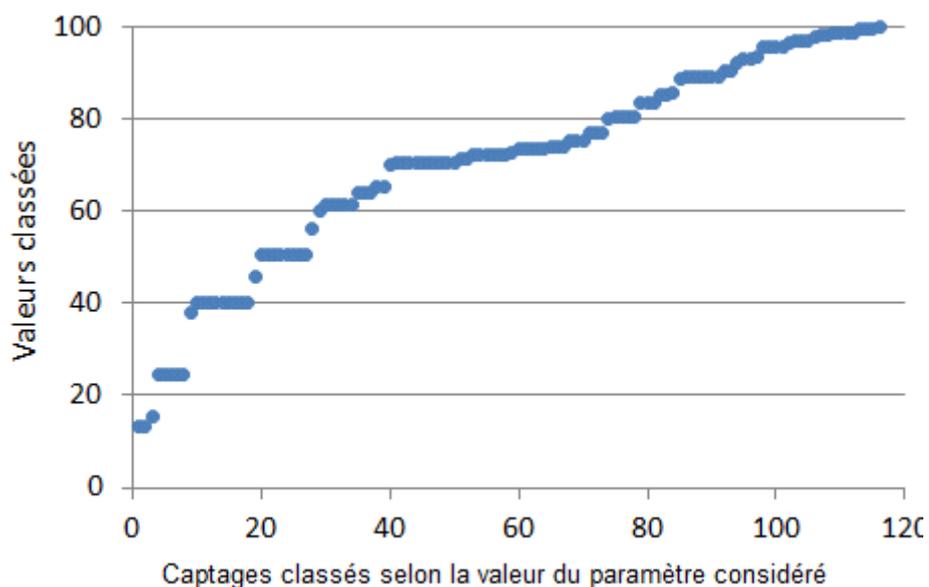


Figure 125 : Courbe classée des surfaces de l'APAC (%) occupées par la forêt ou un domaine skiable

Longueur (km) de routes et chemins forestiers : voies de transport présentes sur l'APAC et susceptibles de faire l'objet de travaux et aménagements susceptibles de générer des modifications d'écoulement, des coulées de boue, de la turbidité ou une pollution microbiologique ou chimique. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 10 km, 30 km et 50 km.

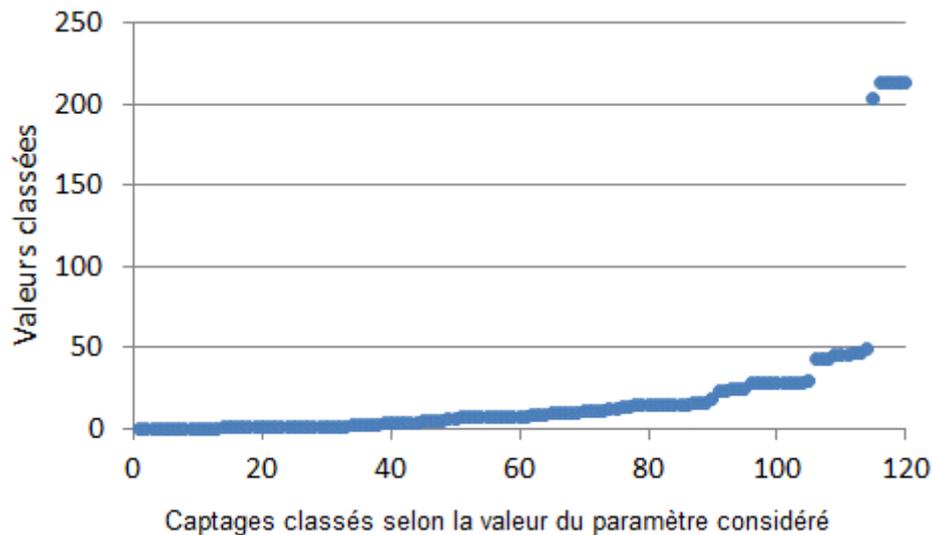


Figure 126 : Courbe classée des longueurs (km) de voies de transport présentes sur l'APAC

Arrêté de DUP : date de l'Arrêté de DUP, ou indication « en cours » ou « absence ». L'âge de la DUP est pris en compte en regard des façons de travailler en vigueur à l'époque. Les DUP < 1990 sont à reprendre en priorité. Les DUP < 2000 sont sûrement concernées par une importante modification de l'occupation des sols des périmètres délimités. Les DUP < 2010 n'ont pas bénéficié des méthodes standardisées de délimitation et d'évaluation de la vulnérabilité des BAC ou AAC. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont donc 1990, 2000 et 2010.

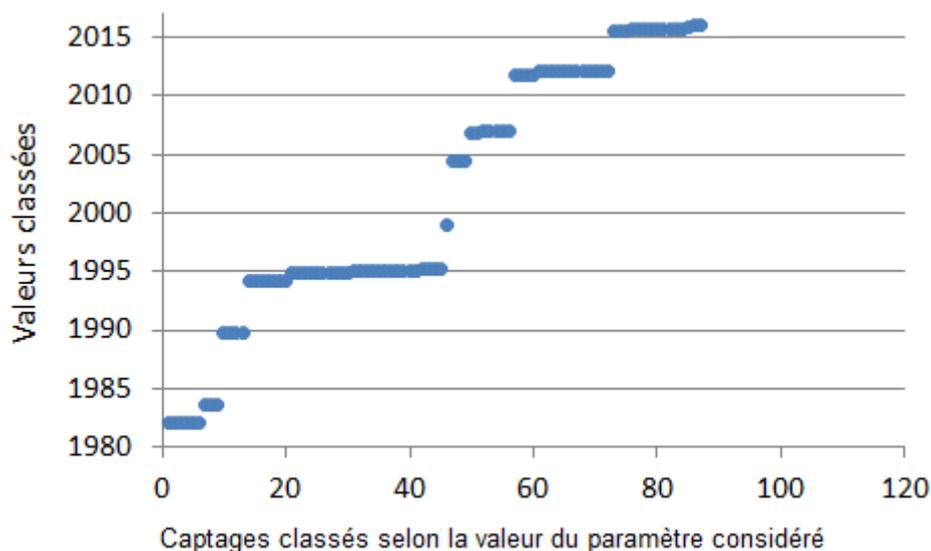


Figure 127 : Courbe classée des années de réalisation des DUP (l'absence de valeur signifie l'absence de DUP)

Rapport surface PPR / surface APAC (%) : Dans le cas d'une DUP existante, surface relative du périmètre de protection rapprochée (PPR) par rapport à la taille totale de l'aire (probable) d'alimentation du captage. Représente la pertinence spatiale du PPR à protéger le captage des pollutions survenant sur l'APAC. Rappelons que l'objectif d'un périmètre de protection rapprochée est de protéger le captage des pollutions bactériologiques et des pollutions accidentelles et non de toutes les pollutions pouvant survenir sur l'aire d'alimentation du captage. Les limites de classes retenues pour la notation du critère sont 10%, 20% et 50%.

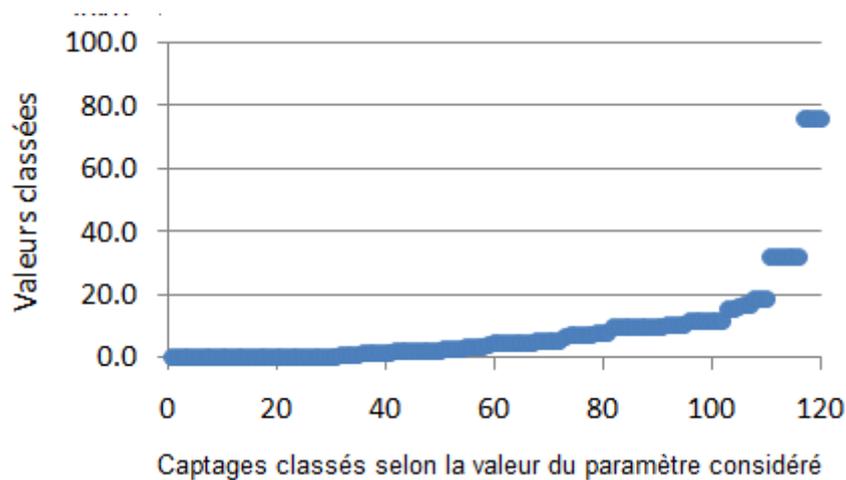


Figure 128 : Courbe classée des valeurs du rapport des surfaces du PPR et de l'APAC (en %)

9.1.2. Indicateurs composés

A l'aide des différents critères exposés ci-avant, treize (13) indicateurs composés ont été créés. Ces indicateurs combinent généralement deux critères simples.

Importance stratégique du captage : indicateur construit à partir des critères « Population desservie » et « Distance moyenne d'interconnexion (km) ».

Le critère « Population desservie » est classé selon que la population dépasse ou non 100, 1 000 ou 10 000 habitants.

Le critère « Distance moyenne d'interconnexion (km) » est classé selon que la distance d'interconnexion à une autre ressource dépasse ou non 1.5 ou 3 km.

Notation de l'indicateur 1 : Importance quantitative du captage (Vulnérabilité quantitative)

		Distance d'interconnexion (km)			
		1.5	3		
Population desservie (hab)	Limites modifiables				
	0	Classes			
	100	< 1.5 km	1.5 à 3 km	> 3 km	
	1000	< 100 hab	1	2	3
	10000	< 1000 hab	2	3	4
	< 10000 hab	3	4	5	
	> 10000 hab	4	5	5	
		Classe	Interprétation		
		1	Faible importance stratégique		
		2	Assez faible importance stratégique		
		3	Importance stratégique modérée		
		4	Assez forte importance stratégique		
		5	Forte importance stratégique		

Potentiel quantitatif du captage : indicateur construit à partir des critères « Population desservie » et « Débit d'étiage de la source (l/s) ». Vise à évaluer la pertinence quantitative de la ressource en fonction du besoin.

Cet indicateur est classé selon que le débit d'étiage est égal (> 100%), supérieur (> 150%) ou très supérieur (> 200%) au besoin théorique requis pour l'alimentation en eau potable de la population (considérant un besoin moyen de 150 l/j/habitant).

Notation de l'indicateur 2 : Potentiel quantitatif du captage (Vulnérabilité quantitative)

Débit d'étiage / besoins (en %)	Limites modifiables		Classes	
	0%		< 100 %	5
	100%		100 à 150 %	4
	150%		150 à 200 %	2
	200%		> 200 %	1

Classe	Interprétation
1	Ressource actuellement suffisante
2	Ressource a priori suffisante mais potentiellement tendue
3	Ressource tendue
4	Ressource extrêmement tendue
5	Ressource inconnue ou avérée insuffisante

Réactivité du milieu aux infiltrations et écoulements rapides : indicateur construit à partir des critères « Pourcentage de dépassement de la norme de potabilité de 0.5 NFU pour la turbidité » et « Variabilité de la signature physico-chimique ».

Le critère « Pourcentage de dépassement de la norme de potabilité de 0.5 NFU pour la turbidité » est classé selon que le pourcentage de dépassement est inférieur ou supérieur à 5%, 10%, 20% ou 40%.

Le critère « Variabilité de la signature physico-chimique » est classé selon que le coefficient de variation moyen du pH et de la conductivité électrique est inférieur ou supérieur à 5% ou à 10%.

Notation de l'indicateur 3 : Réactivité de la ressource aux infiltrations et écoulements rapides

Turbidité (Fréquence de dépassement de la valeur 0.5 NTU, en %)	Limites modifiables		Variation (%) de la conductivité et du pH		
	0%		5%	10%	
	5%				
	10%				
	20%				
40%					

Limites modifiables	Classes	< 5 %			5 à 10 %			> 10 %			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
< 5 %	< 5 %	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5 à 10 %	5 à 10 %	2	3	4	5	1	2	3	4	5	5
10 à 20 %	10 à 20 %	3	4	5	1	2	3	4	5	5	5
20 à 40 %	20 à 40 %	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
> 40 %	> 40 %	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Classe	Interprétation
1	Très faible réactivité de la ressource aux infiltrations
2	Faible réactivité de la ressource aux infiltrations
3	réactivité moyenne de la ressource aux infiltrations
4	Forte réactivité de la ressource aux infiltrations
5	Très forte réactivité de la ressource aux infiltrations

Qualité intrinsèque de l'eau brute : indicateur construit à partir des critères « Concentration en sulfate (mg/l) » et « Dureté de l'eau (°f) ». Représente la qualité naturelle constatée de la ressource.

Le critère « Concentration en sulfate (mg/l) » est classé selon qu'il dépasse ou non les valeurs de 125 et 250 mg/l (cette dernière valeur étant le critère de référence).

Le critère « Dureté de l'eau (°f) » est classé selon qu'il dépasse ou non les valeurs de 8 et 30 °f (il n'existe pas de norme).

Notation de l'indicateur 4 : Qualité intrinsèque de l'eau brute (Vulnérabilité avérée - qualité constatée)

Dureté de l'eau (titre hydrotimétrique en °f)	Limites modifiables	Concentration en sulfate (mg/l)			
		Limites modifiables	50 250		
		Classes	< 50	50 à 250	> 250
0		< 8	3	4	5
8		8 à 19	1	2	4
19		19 à 30	1	2	4
30		> 30	3	4	5

Classe	Interprétation
1	Très bonne qualité naturelle des eaux brutes
2	Bonne qualité naturelle des eaux brutes
3	Qualité naturelle moyenne des eaux brutes
4	Mauvaise qualité naturelle des eaux brutes
5	Très mauvaise qualité naturelle des eaux brutes

Altération de la qualité de l'eau brute : indicateur construit à partir des critères « Maximum de dépassements microbiologiques (%) » et « Détection de contaminant chimique avec ou sans dépassement de la norme ». Représente l'altération constatée de la qualité de l'eau brute.

Le critère « Maximum de dépassements microbiologiques (%) » est classé selon qu'il dépasse ou non les valeurs de 5%, 20% et 35% (seuils utilisés par l'ARS).

Le critère « Détection de contaminant chimique avec ou sans dépassement de la norme » est classé selon qu'il présente ou non des détections avec ou sans dépassement de la norme (trois classes).

Notation de l'indicateur 5 : Altération de la qualité de l'eau brute (Vulnérabilité avérée - qualité constatée)

Qualité micro-biologique (fréquence de dépassement des normes sur un des paramètres)	Limites modifiables	Classes	Détection chimique		
			Aucune détection	Détection sans dépassement	Dépassement des normes
			< 5 %	5 à 20 %	20 à 35 %
0%		< 5 %	1	2	3
5%		5 à 20 %	2	3	4
20%		20 à 35 %	3	4	5
35%		> 35 %	4	5	5

Classe	Interprétation
1	Très bonne qualité des eaux brutes
2	Bonne qualité des eaux brutes
3	Qualité moyenne des eaux brutes
4	Mauvaise qualité des eaux brutes
5	Très mauvaise qualité des eaux brutes

Vulnérabilité physique du captage : indicateur correspondant au critère « Vulnérabilité physique du captage même ». Vise à évaluer le risque direct auquel peut être confronté le captage lui-même et pouvant induire une contamination microbiologique.

Le critère « Vulnérabilité physique du captage même » est classé selon qu'il présente aucun (note 1), un (note 3) ou deux (note 5) types de risques (mouvement de terrain et inondation).

Vulnérabilité intrinsèque de la ressource sur l'APAC : indicateur construit à partir des critères « Surface de l'APAC (km²) » et « Vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC ». Renseigne sur l'importance de l'effort qu'il faudra consacrer à l'APAC du fait de sa surface et de sa vulnérabilité intrinsèque.

Le critère « Surface de l'APAC (km²) » est classé selon que la surface est inférieure ou supérieure à 1, 10 ou 100 km².

Le critère « Vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC » est classé selon que la vulnérabilité intrinsèque de l'aire (probable) d'alimentation du captage moyenne est faible, moyenne ou forte.

Notation de l'indicateur 7 : Vulnérabilité intrinsèque de l'Aire Probable d'Alimentation du Captage

		Vulnérabilité de l'APAC		
		Faible	Moyenne	Forte
Surface de l'APAC (km ²)	0	1	2	3
	1	2	3	4
	10	3	4	5
	100	4	5	5

Classes	Interprétation
< 1 km ²	Surveillance et gestion facile de l'APAC
1 à 10 km ²	Surveillance et gestion assez facile de l'APAC
10 à 100 km ²	Surveillance et gestion difficile de l'APAC
> 100 km ²	Surveillance et gestion très difficile de l'APAC

Classe	Interprétation
1	Surveillance et gestion facile de l'APAC
2	Surveillance et gestion assez facile de l'APAC
3	Surveillance et gestion difficile de l'APAC
4	Surveillance et gestion très difficile de l'APAC
5	Surveillance et gestion impossible de l'APAC

Protection naturelle de la ressource sur l'APAC liée à l'occupation : indicateur construit à partir des critères « Surface de l'APAC protégées par des zones naturelles (%) » et « Surface de l'APAC en forêt (%) ». Renseigne sur la protection que peuvent offrir l'occupation naturelle de l'APAC et la présence de zones protégées.

Le critère « Surface de l'APAC protégées par des zones naturelles (%) » est classé selon que la surface est inférieure ou supérieure à 25, 50 ou 75%.

Le critère « Surface de l'APAC en forêt (%) » est classé selon que la surface est inférieure ou supérieure à 25, 50 ou 75%.

Notation de l'indicateur 8 : Protection liée à l'occupation naturelle de l'APAC (Vulnérabilité intrinsèque)

		Surface en forêts (% de l'APAC)			
		0%	25%	50%	75%
Surface de l'APAC (%) protégée par des zones de protection naturelle	0%	< 25 %	25 à 50 %	50 à 75 %	> 75 %
	25%	5	4	3	2
	50%	4	3	3	1
	75%	3	3	2	1
		< 25 %	25 à 50 %	50 à 75 %	> 75 %
		5	4	3	2
		4	3	3	1
		3	3	2	1
		2	1	1	1

Classe	Interprétation
1	Très bonne protection liée à l'occupation
2	Bonne protection liée à l'occupation
3	Protection moyenne liée à l'occupation
4	Faible protection liée à l'occupation
5	Très faible protection liée à l'occupation

Pression anthropique : indicateur construit à partir des critères « Fraction anthropisée de l'APAC (%) » et « Nombre de sources de pollution potentielle ».

Le critère « Fraction anthropisée de l'APAC (%) » est classé selon que le pourcentage de la surface anthropisée de l'APAC est inférieur ou supérieur à 10%, 20%, 30% ou 40%.

Le critère « Nombre de sources de pollution potentielle » est classé selon que le nombre de sources potentielles de pollution est inférieur ou supérieur à 2 ou à 4.

Notation de l'indicateur 9 : Importance des pressions sur l'APAC (Vulnérabilité intrinsèque)

Fraction anthropisée du territoire (% non naturel du territoire)	Limites modifiables	Limites modifiables	Nombre de sources de pression			
			Classes	0	2	4
				< 2 press.	2 à 4 press.	> 4 press.
0%	< 10 %	1	2	3		
10%	10 à 20 %	2	3	4		
20%	20 à 30 %	3	4	5		
30%	30 à 40 %	4	5	5		
40%	> 40 %	5	5	5		

Classe	Interprétation
1	Très faible pression anthropique
2	Faible pression anthropique
3	Pression anthropique modérée
4	Pression anthropique élevée
5	Pression anthropique très élevée

Importance du pacage : indicateur tenant compte de la surface de l'APAC occupée par des prairies et estives. La fraction (%) de l'APAC en pacage intègre l'atténuation du risque de contamination bactériologique lié aux animaux du fait de la dilution de la contamination par l'eau infiltrée dans les zones sans pacage. La surface (ha) de pacage représente l'importance du nombre possible d'animaux présent sur l'APAC.

Le critère « Surface de l'APAC (ha) » est classé selon que la surface est inférieure ou supérieure à 100, 200 ou 300 ha.

Le critère « Surface de l'APAC (%) » est classé selon que le pourcentage de l'APAC en pacage est inférieur ou supérieur à 20%, 40% ou 60%.

Notation de l'indicateur 10 : Importance de la pression pacage (Vulnérabilité extrinsèque - pressions)

Fraction de l'APAC en pacage (%)	Limites modifiables	Limites modifiables	Surface (ha) de pacage dans l'APAC				
			Classes	0	50	100	200
				< 50 ha	50 à 100 ha	100 à 200 ha	> 200 ha
0%	< 10 %	1	2	3	4		
10%	10 à 20 %	2	3	4	5		
20%	20 à 40 %	3	4	5	5		
40%	> 40 %	4	5	5	5		

Classe	Interprétation
1	Pacage très peu important
2	Pacage peu important
3	Pacage modérément important
4	Pacage important
5	Pacage très important

Risques liés à la possibilité de travaux sur l'APAC : caractérise la cohabitation des divers autres usages du territoire ; indicateur construit à partir des critères « Surface de l'APAC (%) en forêts ou domaine skiable » et « Longueur (km) des voies de transport ».

Le critère « Surface de l'APAC (%) en forêts ou domaine skiable » est classé selon que la surface est inférieure ou supérieure aux valeurs de 40%, 60% ou 80%.

Le critère « Longueur (km) des voies de transport » est classé selon que la longueur est inférieure ou supérieure à 10, 20 ou 100 km.

Notation de l'indicateur 11 : Importance de la pression potentielle de travaux (Vulnérabilité extrinsèque - pressions)

		Linéaire de routes et chemins forestiers			
		0	10	30	50
Fraction de l'APAC susceptible de travaux (exploitation forestière, domaine skiable)	Limites modifiables				
	Limites modifiables				
	Classes	< 10 km	10 à 30 km	30 à 50 km	> 50 km
	< 40 %	1	2	3	4
	40 à 60 %	2	3	4	5
60 à 80 %	3	4	5	5	
> 80 %	4	5	5	5	
		Classe	Interprétation		
		1	Risque très peu important		
		2	Risque peu important		
		3	Risque modérément important		
		4	Risque important		
		5	Risque très important		

Importance de la pression liée à l'urbanisme : indicateur construit à partir des critères « Fraction de l'APAC (%) protégées par des zones de protections naturelle » et « Fraction urbanisée de l'APAC (%) »

Le critère « Fraction de l'APAC (%) protégées par des zones de protections naturelle » est classé selon que la surface protégée est inférieure ou supérieure à 25%, 50% ou 75%.

Le critère « Fraction urbanisée de l'APAC (%) » est classé selon surface urbanisée est inférieure ou supérieure à 30% ou 60%.

L'hypothèse est qu'un territoire peu urbanisé et peu protégé par des zones de protection naturelle est plus sujet à des projets d'urbanisme qu'un territoire déjà urbanisé et/ou protégé par des zones de protection naturelle.

Notation de l'indicateur 12 : Importance de la pression liée à l'urbanisme (Vulnérabilité extrinsèque - pressions)

		Fraction urbanisée de l'APAC (%)		
		0%	30%	60%
Fraction de l'APAC (%) protégée par des zones de protection naturelle	Limites modifiables			
	Limites modifiables			
	Classes	< 30 %	30 à 60 %	> 60 %
	< 25 %	5	4	3
	25 à 50 %	4	3	2
50 à 75 %	3	2	1	
> 75 %	2	1	1	
		Classe	Interprétation	
		1	Très faible pression potentielle pour l'urbanisme	
		2	Faible pression potentielle pour l'urbanisme	
		3	Pression potentielle moyenne pour l'urbanisme	
		4	Forte pression potentielle pour l'urbanisme	
		5	Très forte pression potentielle pour l'urbanisme	

Pertinence de la DUP et du PPR : indicateur construit à partir des critères « Arrêté de DUP » et « Rapport surface PPR / surface APAC ».

Le critère « Arrêté de DUP » est classé selon que la DUP est absente ou que sa date est antérieure / postérieure à 1990, 2000 ou 2010. L'âge de la DUP reflète les exigences et les techniques de travail en vigueur à l'époque, ainsi que l'évolution possible de l'occupation du territoire depuis la DUP.

Le critère « Rapport surface PPR / surface APAC » est classé selon l'emprise relative du périmètre de protection rapprochée (PPR) sur l'aire (probable) d'alimentation du captage (APAC). L'emprise relative du PPR est classée selon que le rapport des surfaces est inférieur ou supérieur à 5%, 20% ou 50%.

Notation de l'indicateur 13 : Pertinence de la DUP et du PPR (Protection)

		Rapport des surfaces PPR / APAC				
		0%	10%	20%	50%	
Age de la DUP	Limites modifiables	Classes	< 10 %	10 à 20 %	20 à 50 %	> 50 %
	0	absente	5	5	5	5
	1970	< 1990	5	5	4	3
	1990	1990 à 2000	5	4	3	2
	2000	2000 à 2010	4	3	2	1
	2010	> 2010	3	2	1	1
		Classe	Interprétation			
		1	PPR et DUP très récents et conformes aux méthodes actuelle			
		2	PPR et DUP vraisemblablement adaptés et sécuritaires			
		3	PPR et préconisations à vérifier			
		4	PPR à vérifier et préconisations à actualiser			
		5	Reprise à envisager de la DUP			

9.1.3. Scénarios de hiérarchisation

A l'aide de ces treize indicateurs composés, treize (13) scénarios de comparaison – hiérarchisation ont été construits. Chaque scénario utilise trois indicateurs (Figure 129). Généralement, un poids important est affecté à l'indicateur principal (généralement 70%) afin de focaliser le classement sur un enjeu.

Hiérarchisation selon l'importance stratégique du captage. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Importance stratégique du captage (70% du poids), Potentiel quantitatif du captage (10%), Altération de la qualité de l'eau brute (10% du poids) et Pressions anthropiques (10% du poids).

Hiérarchisation selon le potentiel quantitatif du captage. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Potentiel quantitatif du captage (70% du poids), Réactivité du milieu aux infiltrations et écoulements rapides (10% du poids), Qualité intrinsèque de l'eau brute (10% du poids) et Altération de la qualité de l'eau brute (10% du poids).

Hiérarchisation selon la qualité de l'eau captée. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Qualité intrinsèque de l'eau brute (30% du poids), Altération de la qualité de l'eau brute (30% du poids), Réactivité du milieu aux infiltrations et écoulements rapides (30% du poids) et Pressions anthropiques (10% du poids).

Hiérarchisation selon la vulnérabilité physique du captage. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Vulnérabilité physique du captage (70% du poids), Réactivité du milieu aux infiltrations et écoulements rapides (15% du poids) et Vulnérabilité de l'APAC (15% du poids).

Hiérarchisation selon la vulnérabilité de la ressource captée. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Vulnérabilité de l'APAC (70% du poids), Vulnérabilité physique du captage (15% du poids) et Réactivité du milieu aux infiltrations et écoulements rapides (15% du poids).

Hiérarchisation selon la protection naturelle offerte par l'occupation du territoire. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Protection naturelle liée à l'occupation (70% du poids), Pression de l'urbanisme (15% du poids) et Pertinence de la DUP et du PPR (15% du poids).

Scénarios	Indicateurs	Importance stratégique	Potentiel quantitatif	Réactivité de la ressource	Qualité intrinsèque de l'eau brute	Altération de l'eau brute	Vulnérabilité physique du captage	Vulnérabilité intrinsèque de l'APAC	Protection naturelle liée à l'occupation	Pressions anthropiques	Pression pacage	Pressions travaux	Presion urbanisme	Pertinence DUP + PPR
1	importance stratégique du captage	70%	10%			10%				10%				
2	potentiel quantitatif du captage		70%	10%	10%	10%								
3	qualité de l'eau brute			30%	30%	30%				10%				
4	vulnérabilité physique du captage			15%			70%	15%						
5	vulnérabilité intrinsèque de la ressource captée			15%			15%	70%						
6	protection naturelle offerte par l'occupation du territoire								70%				15%	15%
7	importance des pressions anthropiques					15%	15%			70%				
8	importance du pacage					20%					80%			
9	risques de pollutions accidentelles liés à la cohabitation des usages							10%				70%		20%
10	pression foncière							15%		15%			70%	
11	niveau de protection et d'adéquation de la DUP	20%												80%
12	critères d'exploitation	20%	20%		20%	20%								20%
13	critères de l'ARS	50%				30%								20%

Figure 129 : Pondération des indicateurs utilisés dans les différents scénarios de comparaison – hiérarchisation des captages

Hiérarchisation selon la pression anthropique. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Pression anthropique (70% du poids), Altération de la qualité des eaux brutes du captage (15% du poids) et Vulnérabilité de l'APAC (15% du poids).

Hiérarchisation selon l'importance du pacage. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Importance stratégique du pacage (80% du poids) et Qualité de l'eau captée (20% du poids).

Hiérarchisation selon les risques liés à la cohabitation des usages (travaux potentiels) sur le territoire. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Risques liés à la possibilité de travaux sur l'APAC (70% du poids), Pertinence de la DUP et du PPR (20% du poids) et Vulnérabilité de l'APAC (10% du poids).

Hiérarchisation selon la pression foncière. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Pression de l'urbanisme (70% du poids), Vulnérabilité intrinsèque de l'APAC (15% du poids) et Pressions anthropiques (15% du poids).

Hiérarchisation selon la pertinence de la DUP et du PPR. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Pertinence de la DUP et du PPR (80% du poids) et Importance stratégique du captage (20% du poids).

Hiérarchisation selon les critères d'exploitation. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Importance stratégique du pacage (20% du poids), Potentiel quantitatif du captage (20% du poids), Qualité intrinsèque de l'eau brute (20% du poids), Altération de la qualité de l'eau brute (20% du poids) et Pertinence de la DUP et du PPR (20% du poids).

Hiérarchisation selon les critères de l'ARS. Ce scénario combine les indicateurs composés suivants : Importance stratégique du pacage (50% du poids), Altération de la qualité de l'eau brute (30% du poids) et Pertinence de la DUP et du PPR (20% du poids).

Rappelons que dans cet outil l'utilisateur a la possibilité de changer tous les seuils de classement des critères dans le calcul des indicateurs et tous les poids attribués aux indicateurs dans les scénarios de hiérarchisation.

9.2. Hiérarchisation des captages

Les tableaux suivants (Tableau 39 à Tableau 42) présentent les 20 captages des coteaux arrivant en tête dans chacun des 13 scénarios de hiérarchisation (captages classés en partant du plus « vulnérable). Le classement des 105 captages des coteaux n'est pas présenté car seuls les captages jugés « prioritaires » par les différents scénarios doivent faire l'objet d'une attention particulière en regard des enjeux de l'étude.

Tableau 39 : Captages classés prioritaires selon les scénarios de hiérarchisation 'Importance stratégique', 'Potentiel du captage', 'Qualité de l'eau brute' et 'Vulnérabilité physique du captage'

Importance stratégique	Potentiel du captage	Qualité de l'eau brute	Vulnérabilité du captage
GRANDE GORGE – 3 (Domène – Revel)	MERLIERE 3 – 51 (Vif)	CHAUVETS – 19 (St-Georges de Commiers)	GARINS – 41 (St-Barthélémy de S.)
ECHAILLON – 44 (Le Gua)	BOULAISE – 112 (Mont St-Martin)	MERLIERE 3 – 51 (Vif)	MATHIEU – 57 (Seyssins)
MONTENU – 91 (Proveysieux)	PINEA – 92 (Sarceñas)	ECHAILLON – 44 (Le Gua)	VIGNES – 20 (Séchilienne)
THIEBAUDS ECOLE – 96 (Séchilienne)	GRANDE GORGE – 3 (Domène – Revel)	GARINS – 41 (St-Barthélémy de S.)	GORGE – 40 (St-Barthélémy de S.)
FELIX FAURE – 53 (Vif)	FONTENETTE – 1 (Domène – Revel)	BOULAISE – 112 (Mont St-Martin)	PONT DE CLAIX 2 à 4 – 106 à 108 (Claix)
BURDET – 64 (Claix)	AMODRU – 4 (Domène – Revel)	JONIER – 46 (Le Gua)	RUISSEAU – 56 (Seyssins)
MOUSSES – 87 (St-Paul de Varcés)	PLANET – 8 (Domène – Revel)	BLANCS – 21 (Séchilienne)	CHARBONNEAUX – 55 (Seyssins)
GUTHINS – 116 (St-Paul de Varcés)	MATHIEU – 57 (Seyssins)	PINEA – 92 (Sarceñas)	FONTAINE GALANTE – 120 (Corenc)
FONTFROIDE BAS – 69 à 74 (St-Martin d'Uriage)	CROZ INFERIEUR – 117 (Quaix en Chartreuse)	MERLIERE 1 et 2 – 49 et 50 (Vif)	ARTHAUD – 54 (Seyssins)
FONTFROIDE HAUT – 65 à 67 (St-Martin d'Uriage)	MERLIERE 2 – 50 (Vif)	MATHIEU – 57 (Seyssins)	ARCELLES – 43 (Seyssinet Pariset)
	MERLIERE 4 – 52 (Vif)	CROZ INFERIEUR – 117 (Quaix en Chartreuse)	GRANDS PRAS – 22 (Séchilienne)

	FONTFROIDE BAS – 69 à 74 (St-Martin d'Uriage)	BUISSONNIERE (CLOTS) – 26 (Séchilienne)	GRANDE GORGE – 3 (Domène – Revel)
	SOLLIER – 2 (Domène – Revel)	GRANDE GORGE – 3 (Domène – Revel)	FONTENETTE – 1 (Domène – Revel)
	CHAPUIS – 7 (Domène – Revel)	FONTENETTE – 1 (Domène – Revel)	AMODRU – 4 (Domène – Revel)
		AMODRU – 4 (Domène – Revel)	PLANET – 8 (Domène – Revel)
		PLANET – 8 (Domène – Revel)	SOLLIER – 2 (Domène – Revel)
		MERLIERE 4 – 52 (Vif)	CHAPUIS – 7 (Domène – Revel)
		FONTFROIDE BAS – 69 à 74 (St-Martin d'Uriage)	GRAND – 9 (Domène – Revel)

Tableau 40 : Captages classés prioritaires selon les scénarios de hiérarchisation 'Vulnérabilité intrinsèque de la ressource', 'Protection naturelle de la ressource', 'Pression anthropique' et 'Importance du package'

Vulnérabilité ressource	Protection naturelle	Pression anthropique	Importance du package
ECHAILLON – 44 (Le Gua)	BITS – 99 (Séchilienne)	FONTFROIDE HAUT – 65 et 66 (St-Martin d'Uriage)	ECHAILLON – 44 (Le Gua)
PASSE RIVIERE – 35 (Vaulnaveys le Bas)	BASSE DU RESERVOIR – 79 (Mont St-Martin)	FONT FROIDE – 75 (Sappey en Chartreuse / Sarcenas)	FONTFROIDE HAUT – 65 et 66 (St-Martin d'Uriage)
VIGNES – 20 (Séchilienne)	COLOUR – 78 Sappey en Chartreuse	FONTFROIDE HAUT – 67 et 68 (St-Martin d'Uriage)	FONT FROIDE – 75 (Sappey en Chartreuse / Sarcenas)
CLOS – 45 (Le Gua)	PONT DE CLAIX 2 et 3 – 106 et 107 (Claix)	PASSE RIVIERE – 35 (Vaulnaveys le Bas)	FONTFROIDE HAUT – 67 et 68 (St-Martin d'Uriage)
MATHIEU – 57 (Seyssins)	FONTFROIDE BAS – 72 (St-Martin d'Uriage)	ECHAILLON – 44 (Le Gua)	FONTFROIDE BAS – 69 et 72 (St-Martin d'Uriage)
CHAUUVETS – 19 (St-Georges de Commiers)	MATHIEU – 57 (Seyssins)	FONTFROIDE BAS – 69 et 72 (St-Martin d'Uriage)	ENGINEAUX – 115 (Noyarey)
JONIER – 46 (Le Gua)	BALME – 82 (Notre Dame de Mésage)	ENGINEAUX – 115 (Noyarey)	FONTFROIDE BAS – 70 et 71 (St-Martin d'Uriage)
PRELENFREY (CHATEL.) – 47 (Le Gua)	BURDET – 64 (Claix)	FONTFROIDE BAS – 70 et 71 (St-Martin d'Uriage)	FONTFROIDE BAS – 73 et 74 (St-Martin d'Uriage)
BITS – 99 (Séchilienne)	FONTFROIDE BAS – 69 (St-Martin d'Uriage)	VIGNES – 20 (Séchilienne)	PASSE RIVIERE – 35 (Vaulnavey le Bas)
BOULAISE – 112 (Mont St-Martin)	SAVOYERES – 63 (Claix)	FONTFROIDE BAS – 73 et 74 (St-Martin d'Uriage)	FONTANETTES – 11 (Notre Dame de Commiers)
BUISSONNIERE (/ CLOTS) – 26 (Séchilienne)	COMBE JARDIN 1 – 62 (Claix)	GORGE – 40 (St-Barthélémy de Séchilienne)	VIGNES – 20 (Séchilienne)
GARRETIERES – 60 (Claix)	FONTFROIDE HAUT – 65 et 66 (St-Martin d'Uriage)	LA GORGE – 17 (Vaulnaveys le Bas)	GORGE – 40 (St-Barthélémy de Séchilienne)
THOUVIERE – 84 (Noyarey)	ARTHAUD – 54 (Seyssins)	CLOS – 45 (Le Gua)	THOUVIERE – 84 (Noyarey)
FONT FROIDE – 75 (Sappey en Chartreuse / Sarcenas)	CROZ INFERIEUR – 117 (Quaix en Chartreuse)	PLATRES – 42 (St-Barthélémy de Séchilienne)	BALMES – 114 (Noyarey)
PONT DE CLAIX 2 à 4 – 106 à 108 (Claix)	ENGINEAUX – 115 (Noyarey)		MERLIERE 2 – 50 (Vif)
RUISSEAU – 56 (Seyssins)			
CHARBONNEAUX – 55 (Seyssins)			

Tableau 41 : Captages classés prioritaires selon les scénarios de hiérarchisation 'Impacts des travaux, 'Pression foncière, 'Adéquation de la DUP et 'Critères d'exploitation

Impacts des travaux	Pression foncière	Adéquation de la DUP	Critères d'exploitation
ECHAILLON – 44 (Le Gua)	ENGINEAUX – 115 (Noyarey)	BURDET – 64 (Claix)	BASSE DU RESERVOIR – 79 (Mont St-Martin)
PASSE RIVIERE – 35 (Vaulnavay le Bas)	FONTFROIDE BAS – 69 à 72 (St-Martin d'Uriage)	MONTENU – 91 (Proveysieux)	COMBES – 113 (Mont St-Martin)
VIGNES – 20 (Séchilienne)	GORGE – 40 (St-Barthélémy de S.)	ECHAILLON – 44 (Le Gua)	MERLIERE 2 – 50 (Vif)
CLOS – 45 (Le Gua)	PRE RIVOIRE DRAIN – 118 (La Tronche)	FELIX FAURE – 53 (Vif)	BURDET – 64 (Claix)
BALMES – 114 (Noyarey)	EYRARD (AMONT) – 85 (Noyarey)	THIEBAUDS ECOLE – 96 (Séchilienne)	FELIX FAURE – 53 (Vif)
CHAUUVETS – 19 (St-Georges de Commiers)	EYRARD (AVAL) – 86 (Noyarey)	ROCHEPLAINE – 33 (St Egrève)	THIEBAUDS ECOLE – 96 (Séchilienne)
BEAUME – 13 (St-Georges de Commiers)	MATHIEU – 57 (Seyssins)	CHAUUVETS – 19 (St-Georges de Commiers)	ENGINEAUX – 115 (Noyarey)
SERT GIROD – 12 (St-Georges de Commiers)	CROZ INFERIEUR – 117 (Quaix en Chartreuse)	JONIER – 46 (Le Gua)	MATHIEU – 57 (Seyssins)
BOULAISE – 112 (Mont St-Martin)	ARTHAUD – 54 (Seyssins)	PRELENFREY (CHATEL.) – 47 (Le Gua)	COLOUR – 78 (Sappey en Chartreuse)
COMBES – 113 (Mont St-Martin)	MOUSSES – 87 (St-Paul de Varcès)	SEBELIN – 93 (Quaix en Chartreuse)	RUISSEAU – 56 (Seyssins)
GORGE – 40 (St-Barthélémy de S.)	PONT DE CLAIX 2 et 3 – 106 et 107 (Claix)	ENGINEAUX – 115 (Noyarey)	CROZ INFERIEUR – 117 (Quaix en Chartreuse)
PONT DE CLAIX 4 – 108 (Claix)	PLATRES – 42 (St-Barthélémy de S.)	MATHIEU – 57 (Seyssins)	BOULAISE – 112 (Mont St-Martin)
MAISON BLANCHE – 58 (Claix)	BASSE DU RESERVOIR – 79 (Mont St-Martin)	ARTHAUD – 54 (Seyssins)	MERLIERE 1 et 3 – 49 et 51 (Vif)
GARRETIERES – 60 (Claix)	BITS – 99 (Séchilienne)	BASSE DU RESERVOIR – 79 (Mont St-Martin)	GRANDE GORGE – 3 (Domène – Revel)
MULET – 16 (Vaulnavays le Bas)	MAISON BLANCHE – 58 (Claix)	COLOUR – 78 (Sappey en Chartreuse)	CHARBONNEAUX – 55 (Seyssins)
FONTAINE DU MULET – 14 (Vaulnavays le Bas)		BEAUME – 13 (St-Georges de Commiers)	GRAND – 9 (Domène – Revel)
MULET – 15 (Vaulnavays le Bas)		FONTAINE GALANTE – 120 (Corenc)	
FONT FROIDE – 75 (Sappey en Chartreuse / Sarcenas)			
ENGINEAUX – 115 (Noyarey)			
PRE RIVOIRE GALERIE – 34 (La Tronche)			

Tableau 42 : Captages classés prioritaires selon le scénario de hiérarchisation 'Critères de l'ARS'

ECHAILLON – 44 (Le Gua)	CHAUUVETS – 19 (St-Georges de Commiers)	ROCHEPLAINE – 33 (St Egrève)
JONIER – 46 (Le Gua)	PRELENFREY (CHATEL.) – 47 (Le Gua)	FONTFROIDE BAS – 69 à 72 (St-Martin d'Uriage)
MONTENU – 91 (Proveysieux)	GRANDE GORGE – 3 (Domène – Revel)	MERLIERE 2 – 50 (Vif)
MOUSSES – 87 (St-Paul de Varcès)	LE PLATRE – 18 (Vaulnavays le Bas)	BURDET – 64 (Claix)

Le Tableau 43 indique les captages les plus fréquemment classés parmi les 20 identifiés prioritaires par les 13 différents scénarios (avec une apparition entre 8 et 4 fois au sein des 13 scénario). Ces

captages des coteaux les plus fréquemment classés devraient donc être traités en priorité, puisqu'ils sont jugés prioritaires à plusieurs titres. Le Tableau 44 présente les captages apparaissant 3 ou 2 fois dans les 13 classements et qui devraient donc faire l'objet d'une attention particulière (non nécessairement en première priorité). Finalement, le

Tableau 45 mentionne les captages n'apparaissant qu'une fois dans les 20 captages prioritaires des 13 scénarios. Ces captages devront être ultérieurement étudiés plus en détail pour vérifier la raison de leur identification par un (seul) scénario.

Tableau 43 : Captages les plus fréquemment classés prioritaires (classés entre 4 et 8 fois parmi les 20 captages prioritaires des 13 scénarios – les nombres de scénarios les classant sont indiqués)

8	ECHAILLON (Le Gua)	5	BOULAISE (Mont St-Martin)	4	ARTHAUD (Seyssins)
8	FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage)	5	BURDET (Claix)	4	BASSE DU RESERVOIR (Mont St-Martin)
8	MATHIEU (Seyssins)	5	CHAUVETS (St-Georges de Commiers)	4	FONT FROIDE (Sappey en Chartreuse / Sarcenas)
		5	CROZ INFÉRIEUR (Quaix en Chartreuse)	4	FONTFROIDE HAUT (St-Martin d'Uriage)
7	ENGINEAUX (Noyarey)	5	GORGE (St-Barthélémy de Séchilienne)	4	JONIER (Le Gua)
		5	MERLIERE (Vif)	4	PASSE RIVIERE (Vaulnavey le Bas)
6	GRANDE GORGE (Domène – Revel)	5	VIGNES (Séchilienne)	4	PONT DE CLAIX (Claix)

Tableau 44 : Captages classés potentiellement prioritaires (2 ou 3 fois classés dans les 13 scénarios)

3	AMODRU (Domène – Revel)	3	PLANET (Domène – Revel)	2	GARINS (St-Barthélémy de Séchilienne)
3	BITS (Séchilienne)	3	PRELENFREY (CHATELARD) (Le Gua)	2	GARRETIÈRES (Claix)
3	CHARBONNEAUX (Seyssins)	3	RUISSEAU (Seyssins)	2	GRAND (Domène – Revel)
3	CLOS (Le Gua)	3	THIEBAUDS ECOLE (Séchilienne)	2	MAISON BLANCHE (Claix)
3	COLOUR (Sappey en Chartreuse)	2	BALMES (Noyarey)	2	MULET (Vaulnavey le Bas)
3	FELIX FAURE (Vif)	2	BEAUME (St-Georges de Commiers)	2	PINEA (Sarcenas)
3	FONTENETTE (Domène – Revel)	2	BUISSONNIERE (/ CLOTS) (Séchilienne)	2	PLATRES (St-Barthélémy de Séchilienne)
3	MAUBOURG PIEZOMETRE (St-Paul de Varcès)	2	CHAPUIS (Domène – Revel)	2	ROCHEPLAINE (St Egrève)
3	MONTENU (Proveysieux)	2	COMBES (Mont St-Martin)	2	SOLLIER (Domène – Revel)
3	MOUSSES (St-Paul de Varcès)	2	FONTAINE GALANTE (Corenc)	2	THOUVIÈRE (Noyarey)

Tableau 45 : Captages identifiés par un seul scénario (captages qui devront être étudiés plus en détail)

1	ARCELLES (Seyssinet Pariset)	1	FONTAINE DU MULET (Vaulnaveys le Bas)	1	PRE RIVOIRE DRAIN (La Tronche)
1	BALME (Notre Dame de Mésage)	1	FONTANETTES (Notre Dame de Commiers)	1	PRE RIVOIRE GALERIE (La Tronche)
1	BLANCS (Séchilienne)	1	GRANDS PRAS (Séchilienne)	1	SAVOYERES (Claix)
1	COMBE JARDIN (Claix)	1	GUTHINS (St-Paul de Varcès)	1	SERT GIROD (St-Georges de Commiers)
1	EYRARD (AMONT) (Noyarey)	1	LA GORGE (Vaulnaveys le Bas)		
1	EYRARD (AVAL) (Noyarey)	1	LE PLATRE (Vaulnaveys le Bas)		

Les captages que nous considérons donc prioritaires de façon globale sont ceux des Tableau 43 et Tableau 44. La plupart de ces captages étaient également ressortis dans le croisement des critères de vulnérabilité intrinsèque, extrinsèque et avérée présenté à la section 8.2 (Tableau 46).

Tableau 46 : Captages identifiés vulnérables par la méthode présentée à la section 8.2 ou prioritaires selon les classements des 13 scénarios

Captages à la fois classés ...	Prioritaires selon le Tableau 43	Potentiellement prioritaires selon le Tableau 44
Dans les 12 captages les plus vulnérables selon la méthode de croisement de la section 8.2	Echaillon (Le Gua), Jonier (Le Gua), Font Froide (Sappey en Chartreuse), Fontfroide Bas (St-Martin d'Uriage), Passe Rivière (Vaulnaveys le Bas)	Clos (Le Gua), Garretières (Claix), Prélénfrey (Le Gua)
Dans les 12 suivants.	Chauvets (St-Georges de Commiers), Pont de Claix (Claix), Mathieu (Seyssins), Boulaise (Mont St-Martin), Gorge (St-Barthélémy de Séchilienne), Fontfroide Haut (St-Martin d'Uriage).	Buissonnière (Séchilienne), Maison Blanche (Claix), Garins (St-Barthélémy de Séchilienne), Rocheplaine (St-Egrève), Pinéa (Sarcenas)

Dans les 24 captages classés les plus vulnérables selon la méthode de la section 8.2, Pré Rivoire Galerie (La Tronche) a été classé une seule fois par les 13 scénarios, alors que Mont Sec Nouveau (Séchilienne), Ruisset (Sappey en Chartreuse) et Sagnes (Miribel Lanchâtre) n'ont pas été classés parmi les 20 captages les plus prioritaires des 13 scénarios.

Rappelons qu'Amodru (Domène - Revel), Basse du Réservoir (Mont St-Martin), Bréduire (Proveysieux), Chauvets (St-Georges de Commiers), Combes (Mont St-Martin), Echaillon (Le Gua), Engineaux (Noyarey), Fontfroide Bas (St Martin d'Uriage), Garretières (Claix), Jonier (Le Gua), Merlière (Vif), Mont Sec Nouveau (Séchilienne), Pinéa (Sarcenas), Planet (Domène - Revel), Prélénfrey - Chatelard (Le Gua), Ruisset (Sappey en Chartreuse), Sagnes (Miribel Lanchâtre) et Savoyères (Claix) sont les captages ayant montré les plus forts taux de dépassement des critères microbiologiques (voir Chapitre 4.3.3). Parmi ceux-ci, Savoyères (Claix) n'a été classé qu'une seule fois dans les 13 scénarios, alors que Bréduire (Proveysieux), Mont-Sec-Nouveau (Séchilienne), Ruisset (Sappey en Chartreuse) et Sagnes (Miribel Lanchâtre) n'ont pas été classés dans les 20 premiers captages. Ceci s'explique par le fait qu'aucun scénario n'est exclusivement basé sur la contamination microbiologique, cette identification pouvant se faire directement dans la base de données. Ceci pourrait indiquer que la vulnérabilité microbiologique de ces captages pourrait peut-être être liée aux captages mêmes, plutôt qu'à la ressource captée.

L'outil de hiérarchisation développé a donc montré sa pertinence pour hiérarchiser les captages des coteaux. Bien entendu, cette hiérarchisation n'a pu être établie que sur la base des connaissances. Or il a été constaté que certains des facteurs utilisés ne sont pas systématiquement renseignés sur tous les captages ou pas renseignés avec le même historique et la même densité de données. Conséquemment, l'inter-comparaison des captages des coteaux entre eux ne peut être faite de façon systématique et aveugle, sans tenir compte de cette variabilité de la connaissance. Néanmoins, la relative concordance entre la hiérarchisation globale obtenue et la connaissance des problèmes avérés montre que cet outil pourra être utilisé de façon pertinente pour la hiérarchisation des captages selon différents critères spécifiques.

Nous proposons donc de retenir en priorité 1 les 19 captages (ou groupes de captages) suivants : Echaillon (Le Gua), Boulaise (Mont St-Martin), Arthaud (Seyssins), Fontfroide Bas (St-Martin d'Uriage), Burdet (Claix), Basse du Réservoir (Mont St-Martin), Mathieu (Seyssins), Chauvets (St-Georges de Commiers), Font Froide (Sappey en Chartreuse – Sarcenas), Croz Inférieur (Quaix en Chartreuse), Fontfroide Haut (St-Martin d'Uriage), Engineaux (Noyarey), Gorge (St-Barthélémy de Séchilienne), Jonier (Le Gua), Grande Gorge (Domène – Revel), Merlière (Vif), Passe Rivière (Vaulnaveys le Bas), Vignes (Séchilienne) et Pont de Claix (Claix).

En priorité 2, nous proposons de retenir les 14 captages qui ont été (à la fois) classés 2 ou 3 fois dans les 13 scénarios et dans la méthode de croisement de la section 8.2, ou qui ont présenté des dépassements microbiologiques très élevés sans être classés au moins deux fois dans les scénarios : Bréduire (Proveysieux), Buissonnière (Séchilienne), Clos (Le Gua), Garins (St-Barthélémy de Séchilienne), Garretières (Claix), Maison Blanche (Claix), Mont-Sec-Nouveau (Séchilienne), Pinéa Sarcenas), Pré Rivoire (La Tronche), Prélénfrey (Le Gua), Rocheplaine (St-Egrève), Ruisset (Sappey en Chartreuse), Sagnes (Miribel Lanchâtre) et Savoyères (Claix).

Cet outil ne s'applique par contre pas idéalement aux captages des grands champs captants, car leur problématique est spécifique et requiert des renseignements plus détaillés et des études plus fines. Selon les scénarios, les captages de Rochefort, de Pré Grivel ou de Jouchy ressortent tour à tour prioritaires, mais avec des scores relatifs suffisamment proches pour qu'ils ne puissent être jugés suffisamment discriminants. Nous n'en présenterons donc pas les résultats.

Les captages pour lesquels il manque six des informations utilisées sont : Aillouds (Séchilienne), Burdet (Claix) et Rioux (St-Paul de Varces) ; cinq des informations : Fontaine Galante (Corenc), Guthins (St-Paul de Varces), Pré Rivoire Drain (La Tronche) et Thiébauds Ecole (Séchilienne) ; quatre des informations : Balmes (Noyarey), Combes (Mont St-Martin), Engineaux (Noyarey), Merlière 4 (Vif) et Pont de Claix (Claix) ; trois des informations : Basse du Réservoir (Mont St-Martin), Bréduire (Proveysieux), Colour (Sappey en Chartreuse), Combe Jardin (Claix), Croz Inférieur et Supérieur (Quaix en Chartreuse), Félix Faure (Vif), Merlière 2 et 3 (Vif), Mulet (Vaulnaveys le Bas), Pont de Claix (Claix), Savoyères (Claix) et Thouvière (Noyarey). Sur les captages restants, il manque deux informations pour un tiers d'entre eux, une seule information pour un tiers et aucune information pour un tiers.

Notons que pour les captages pour lesquels les données manquent pour un facteur d'évaluation, ce facteur est alors considéré généralement comme étant le cas le plus défavorable.

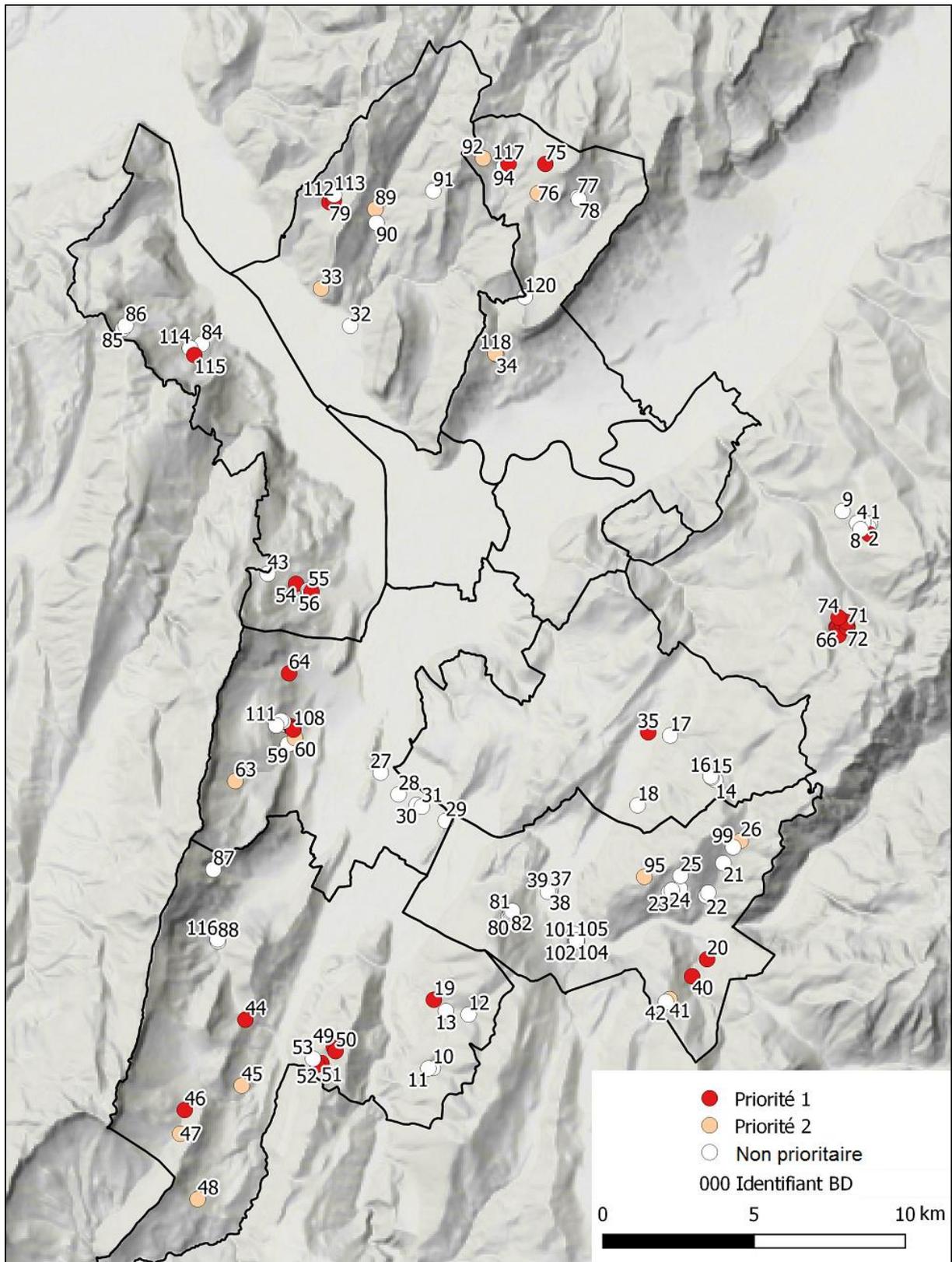


Figure 130 : Localisation des captages jugés prioritaires

PARTIE 3 – DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT ET PROPOSITION D' ACTIONS

Résumé

Cette troisième partie de l'étude vise l'évaluation des mesures actuelles de réduction de la vulnérabilité des ressources en eau de la Métropole et la proposition d'actions pour leur protection. Après un rappel des enjeux identifiés dans les parties précédentes, les mesures de réduction de la vulnérabilité sont mises en perspective avec les problèmes de qualité rencontrés et les risques potentiels identifiés. Il s'en dégage des priorités d'actions.

Il ressort de la synthèse des connaissances que les débits des sources (en étiage comme en hautes eaux) et la réactivité des sources aux pluies sont peu connus. Au regard de la qualité des eaux captées, les deux principaux problèmes sont la turbidité et la microbiologie. La turbidité peut être causée par la nature même de l'aquifère (formation karstique en particulier) ou par le mauvais état du captage (entrée de boue). Les problèmes microbiologiques sont présents sur les trois massifs (Vercors, Chartreuse et Belledonne) sans qu'une tendance ne puisse être dégagée. L'absence de tendance peut être potentiellement due au faible nombre de données disponibles pour certains captages. C'est en particulier le cas pour les captages desservant une faible population pour lesquels les analyses sur eau brute sont moins fréquentes. Les pesticides sont très peu trouvés sur le territoire. De même, il n'existe pas de problématique nitrates. Les sulfates présentent des concentrations élevées sur St George de Commiers, attribuées à la présence de gypse (plâtre).

Les ressources des coteaux sont généralement vulnérables à très vulnérables car la plupart des sources captées sont alimentées par des fractures et réseaux karstiques permettant des circulations rapides de l'eau dans l'aquifère. Les grands champs captants sont naturellement mieux protégés de la pollution bactériologique du fait de la nature des matériaux alluviaux qui constituent les aquifères exploités. **La réduction des pressions exercées sur le territoire est un élément essentiel de la protection des ressources.** Les pressions exercées sur les ressources des coteaux ne sont pas très importantes. Les stations de ski pourraient y présenter un risque de pollution, également en raison du possible pacage de bétail durant l'été. Les forêts constituent le premier type d'occupation du sol et assurent une protection des ressources, sauf lors de la création d'équipements nouveaux (pistes/routes forestières) et pendant les travaux d'exploitation forestière.

L'analyse porte également sur les installations actuelles de surveillance et de traitement, l'adéquation des DUP en regard de la protection de la ressource et les mesures actuelles de gestion du territoire. Les grands champs captants ne font l'objet d'aucun traitement du fait de leur bonne qualité microbiologique, mais un traitement au chlore gazeux est présent en cas de besoin. Les ressources des coteaux font toutes l'objet d'un traitement de désinfection-stérilisation par rayonnement UV (rayons ultra-violets) et/ou ajout de chlore (gazeux, liquide ou en galet). Les traitements au chlore peuvent ne pas toujours être adaptés et stables dans le temps. De plus les variations importantes et rapides du débit et de la charge microbiologique de l'eau brute complexifient l'ajustement du traitement. Seule une dizaine de sources disposerait d'un dispositif d'alarme intrusion.

Des autocontrôles sont réalisés sur les installations, mais à des fréquences différentes. Les UDI problématiques ne disposent pas d'un contrôle plus poussé et font l'objet d'une recommandation pour une seule analyse bactériologique par an. Les contrôles de l'ARS concernent principalement les réseaux, et de manière moins importante l'eau brute au captage. La grande majorité des analyses vise les paramètres bactériologiques. Les analyses les plus complètes concernent principalement les grands champs captants.

Plus d'un quart (33/120) des points de prélèvement ne disposent pas à ce jour de DUP. La plupart des DUP manquantes sont cependant en cours. La moitié des DUP existantes ont été réalisées entre 1982 et 1995, l'autre moitié depuis 2004. Dans les DUP existantes, seule une trentaine de PPE (périmètres de protection éloignée) ont été tracés. Pour ces captages, on note de grandes différences entre les surfaces des PPE et celles des APAC (aires probables d'alimentation des captages) délimitées dans la présente étude, alors que leur définition est théoriquement la même. Seuls 30 % des PPE couvrent au moins 50% de l'APAC délimitée. Presque tous les PPR (périmètres de protection rapprochée) représentent une surface inférieure à 20% de l'APAC et en très grande majorité une surface inférieure à 10 % de l'aire d'alimentation.

La localisation des points de prélèvement ainsi que le tracé des périmètres de protection délimités dans les DUP ne sont pas fiables. En conséquence, les tracés des périmètres de protection et de nos aires d'alimentation peuvent être erronés. Ceux-ci devront faire l'objet d'une vérification précise par un géomètre.

Deux approches territoriales sont actuellement engagées par la Métropole : le Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi) et les Plans Communaux de Sauvegarde (PCS). L'approbation du PLUi est prévue pour 2019. La Métropole veille à promouvoir de la sorte un projet de développement cohérent avec la préservation de la qualité de ses ressources, en particulier celles des grands champs captants. La métropole souhaite aussi préserver la diversité et la qualité de la ressource en eau pour l'ensemble de son territoire, notamment pour les zones de montagne alimentées par des sources des coteaux.

Un document de travail a été produit par la Métropole en mars 2017 concernant les plans communaux de sauvegarde. La gestion de crise y est décrite de façon détaillée. Parmi les différents risques évoqués dans ce document, les 'risques de pollution en amont de la ressource' et les 'ruptures d'alimentation du fait de l'étiage de la ressource' relèvent de la vulnérabilité de la ressource et pourront s'appuyer sur notre recensement cartographique des pressions présentes sur le territoire des APAC (vulnérabilité extrinsèque) et sur la base de données renseignant sur les débits d'étiage. Concernant les informations devant faire l'objet d'une veille, les 'non conformités sur des analyses de l'eau' et les 'pollutions de la ressource en amont (déversements accidentels, accidents, ...)' relèvent également de la ressource et pourront s'appuyer pour comparaison sur les données de qualité compilées dans notre base de données et sur notre recensement cartographique des pressions présentes sur le territoire (vulnérabilité extrinsèque).

La dernière phase de l'étude détaille des préconisations concernant les actions à engager par la Métropole pour diminuer le niveau de la vulnérabilité de ses ressources en eau. Les préconisations sont déclinées et justifiées en regard des problèmes rencontrés. Le fonctionnement des ressources captées étant très peu connu, en particulier dans le cas des ressources des coteaux, nous préconisons de façon prioritaire une acquisition de connaissance sur les ressources (géolocalisation, caractérisation géologique et hydrogéologique, relation pluie/débit, statistiques microbiologiques, inventaire des pressions).

Certaines défaillances des captages ont été mentionnées et requièrent une correction rapide. Nous recommandons donc un audit de l'état physique de tous les points de prélèvement, identifiant toutes les défaillances des points de prélèvement et les mesures et travaux requis. Il ne paraît pas réaliste de clôturer tous les PPI (Périmètre de protection immédiate), souvent situés en zones de fort dénivelé et en zones de névés et/ou avalanches. Le Guide technique du Ministère de la Santé sur la Protection des captages d'eau permet en effet d'y déroger dans le cas des captages en zones de montagne ou en zones inondables.

Nous recommandons que soit appliqué un autocontrôle microbiologique renforcé (analyses bactériologiques complètes - B3A) sur les eaux brutes à une fréquence d'au plus 15 jours pour les captages présentant des problèmes microbiologiques et d'au plus un mois pour les ressources karstiques. Ce suivi renforcé permettra d'acquérir de l'information statistique sur la signature microbiologique des eaux, mais également sur le fonctionnement hydrogéologique des ressources et leur réactivité aux événements météorologiques.

Concernant les DUP, nous préconisons la finalisation des DUP en cours, la révision des DUP antérieures à 1994, une vérification de l'intégration dans les PLU des préconisations des DUP et de leur respect, et une enquête territoriale de conformité des prescriptions existantes. La réalisation ou la révision d'une DUP implique différentes actions :

- Repérage par un géomètre des coordonnées X, Y et Z de tous les points de prélèvements ;
- Obtention d'un code BSS auprès du BRGM-SGR pour les points n'en disposant pas ; mentionnons que l'ARS demande systématiquement les codes BSS sur la base des rapports des hydrogéologues agréés ;
- Etude hydrogéologique préliminaire à l'avis de l'Hydrogéologue Agréé ; cette étude devrait également comporter une étude de type Aire d'Alimentation de Captage (délimitation de l'AAC, de sa vulnérabilité intrinsèque et des pressions existant sur l'AAC) ;
- Avis d'Hydrogéologue Agréé ;
- Etablissement d'un dossier de DUP comportant notamment une enquête parcellaire ainsi qu'un inventaire précis et détaillé des risques dans l'environnement du captage.

Il faudra vérifier que les données sur la qualité de l'eau, les captages et les dispositifs de protection (DUP) sont bien inscrites dans le SCoT (Schéma de Cohérence Territorial), qui est un outil efficace permettant la protection de la ressource en eau captée. Pour une protection optimale, nous recommandons de classer dans le PLUi les périmètres de protection de captage en zone inconstructible, N de préférence ou A selon l'affectation des sols excluant ainsi l'urbanisation nouvelle et autorisant seulement la continuité des activités existantes. Toutefois, tout type de zonage est envisageable dans la mesure où il correspond à l'urbanisation actuelle du site et seulement à celle-ci. Les zones déjà urbaines ne doivent pas être étendues. Quel que soit le zonage établi, nous recommandons de définir un sous zonage indicé « p » (protection de captage) afin de pouvoir prévoir dans le règlement des prescriptions particulières.

Certains éléments semblent requis et doivent faire l'objet d'études spécifiques (incluant des activités de terrain) afin de rendre plus efficaces et pertinents les PCS mis en place :

- Localisation réelle exacte des points de prélèvement des captages ;
- Extension de l'Aire d'Alimentation du Captage (AAC) ;
- Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque de l'AAC ;
- Identification des pressions et évaluation du risque relié.

Il semble également pertinent de réaliser, poursuivre et renforcer :

- Une information précise des élus et des acteurs territoriaux (exemple des domaines skiables et des éleveurs) concernés par les captages les plus sensibles ;
- Une sensibilisation du grand public sur les gestes de protection ou de dégradation des ressources en eau ;
- La sensibilisation des enfants par le biais d'interventions scolaires, visites de captages, ateliers pédagogiques, etc.

Considérant l'importance stratégique des grands champs captants, ceux-ci doivent faire l'objet d'une attention spécifique. En particulier, une révision de leur DUP s'avère pertinente et requise. Cette révision est justifiée entre autres par l'acquisition de nouvelles connaissances sur ces champs

captants depuis l'obtention des DUP et sur l'évolution de l'occupation et de l'utilisation du territoire depuis cette date. Cette révision impliquera différentes études (caractérisation du milieu et des relations nappe-rivière, modélisation, etc.)

Le croisement des différents classements des captages des coteaux permet d'identifier les regroupements géographiques prioritaires suivants.

Groupe prioritaire 1	Vercors	CLOS (Le Gua), ECHAILLON (Le Gua), JONIER (Le Gua), PRELENFREY (Le Gua), SAGNES (Miribel Lanchâtre) MERLIERE (Vif)
	Chartreuse	BASSE DU RESERVOIR (Mont St-martin), BOULAISE (Mont St-Martin), BREDUIRE (Proveysieux), CHATELARD (Proveysieux), COMBES (Mont St-Martin), ROCHEPLAINE (St-Egrève)
	Belledonne	FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage), FONTFROIDE HAUT
Groupe prioritaire 2	Vercors	BURDET (Claix), COMBE JARDIN (Claix), GARRETIERES (Claix), JAYERES (Claix), MAISON BLANCHE (Claix), PONT DE CLAIX (Claix), SAVOYERES (Claix)
	Chartreuse	COLOUR (Sappey en Chartreuse), CROZ INFERIEUR (Quaix en Chartreuse), CROZ SUPERIEUR (Quaix en Chartreuse), FONT FROIDE (Sappey en Chartreuse – Sarcenas), MONTENU (Proveysieux), PINEA (Sarcenas), RUISSET (Sappey en Chartreuse)
	Belledonne	GARINS (St-Barthélémy de Séchilienne), GORGE (St-Barthélémy de Séchilienne), PLATRES (St-Barthélémy de Séchilienne), VIGNES (Séchilienne)
Groupe prioritaire 3	Vercors	ARCELLES (Seyssinet Pariset), ARTHAUD (Seyssins), CHARBONNEAUX (Seyssins), MATHIEU (Seyssins), RUISSEAU (Seyssins) BALMES (Noyarey), ENGINEAUX (Noyarey), EYRARD (Noyarey), THOUVIERE (Noyarey)
	Chartreuse	FONTAINE GALANTE (Corenc), PRE RIVOIRE DRAIN (La Tronche), PRE RIVOIRE GALERIE (La Tronche)
	Belledonne	BITS (Séchilienne), BLANCS (Séchilienne), BUISSONNIERE – CLOTS (Séchilienne), FONTAINE DU MULET (Vaulnaveys le Bas), LA GORGE (Vaulnaveys le Bas), LE PLATRE (Vaulnaveys le Bas), MULET (Vaulnaveys le Bas), MONT-SEC NOUVEAU (Séchilienne), PASSE RIVIERE (Vaulnaveys le Bas)

Les captages indiqués en rouge gras sont ceux précédemment identifiés à la fois comme prioritaires selon la méthodologie développée (priorité 1 ou priorité 2 des deux premières listes ci-avant) et comme présentant une contamination microbiologique avérée ou une nature karstique susceptible de favoriser une telle contamination. Les captages indiqués en noir gras sont ceux jugés prioritaires (priorité 1 ou priorité 2 des deux premières listes) mais ne présentant pas une contamination microbiologique avérée ou une karstification importante.

BOULAISE (Mont St-Martin), **PRELENFREY** (Le Gua) et **SAGNES** (Miribel Lanchâtre) sont des captages de secours. Ils ne sont pas utilisés de façon régulière, mais doivent être étudiés.

Quatre autres captages (groupe complémentaire de Belledonne) mériteraient une attention individuelle spécifique : **CHAUVETS** (St-Georges de Commiers), **GRANDE GORGE** (Domène Revel), **AMODRU** (Revel) et **PLANET** (Revel).

Considérant l'importance stratégique des grands champs captants, ceux-ci doivent bien entendu faire l'objet d'une attention spécifique, et en particulier une révision de leur DUP, incluant les différentes études afférentes.

10. REDUCTION DE LA VULNERABILITE

L'objectif de cette troisième et dernière partie de l'étude est d'analyser les mesures existantes de réduction de la vulnérabilité, de vérifier si elles sont en adéquation avec les problèmes qualitatifs et quantitatifs rencontrés et de faire les recommandations requises. Cette partie confronte ainsi l'état des lieux élaboré dans la deuxième partie de l'étude, avec les mesures existantes de protection des captages (traitement en place, DUP, mesures de surveillance, etc.). Elle conduit à préconiser les actions à mettre en place pour assurer la protection des ressources, l'atténuation ou la suppression des pressions et la correction des problèmes.

Ces préconisations seront organisées selon différents thèmes :

- Les connaissances générales sur les ressources ;
- L'état des captages ;
- La surveillance et le traitement des eaux ;
- Les mesures de protection réglementaire ;
- Les stratégies territoriales de protection ;
- Le cadre administratif de gestion et protection des ressources ;
- La sensibilisation des acteurs et du public.

10.1. Rappel des enjeux en matière de qualité et de vulnérabilité

Ce chapitre présente une synthèse des enjeux identifiés dans les parties précédentes du rapport. Cette synthèse permettra de mettre en perspective les mesures de réduction de la vulnérabilité avec les problèmes de qualité rencontrés et les risques potentiels.

10.1.1. Cas des grands champs captants

La synthèse des connaissances relatives aux grands champs captants a fait ressortir un certain nombre d'éléments :

- La qualité des eaux des deux grands champs captants est très bonne et en particulier exempte de contamination bactériologique, ce qui permet leur distribution sans traitement.
- Les grands champs captants des vallées alluviales ont une vulnérabilité directement reliée aux bassins versants des rivières qui alimentent les nappes d'accompagnement sollicitées par ces captages et au degré de connexion nappe-rivière.
- Les grands champs captants semblent **protégés de la pollution bactériologique** par le pouvoir filtrant des matériaux aquifères et des matériaux composant le lit de la rivière.
- La nature des alluvions **ne protège cependant pas des pollutions chimiques qui pourraient survenir sur le territoire ou dans les cours d'eau en connexion avec les nappes captées.**
- Ces ressources ont ainsi montré une vulnérabilité avérée avec la présence de chlorates et perchlorates sur les ouvrages de Rochefort, une contamination aux hydrocarbures et contaminants organiques à Jouchy, et des traces de pollution aux hydrocarbures à Pré Grivel. **Il n'est donc pas possible de compter uniquement sur la protection naturelle de ces ressources pour assurer la pérennité de la qualité de leurs eaux.**
- La connaissance du fonctionnement de ces ressources est bonne, mais ne paraît pas suffisante pour déterminer précisément le mode d'alimentation de chaque captage. En particulier, le fonctionnement complexe et très variable des écoulements superficiels (par exemple en amont et autour du champ captant de Rochefort) rend difficile avec les connaissances actuellement disponibles l'identification des voies d'écoulement souterraines et donc l'origine possible de contaminants.
- Les périmètres de protection des captages ne semblent pas réellement adaptés aux enjeux. Ils semblent pertinents vis-à-vis des contaminations microbiologiques mais peu pour les

contaminations chimiques. L'occupation industrielle de l'amont immédiat du champ captant de Rochefort soulève des questions sur l'adéquation des périmètres de protection actuels de ce champ captant mais surtout sur les servitudes définies par la DUP et leur application dans le temps.

- Les périmètres de protection ainsi que les servitudes des captages des grands champs captants devraient faire l'objet d'une actualisation tenant compte des cas de contamination survenus et de l'occupation du territoire.
- Des questionnements émergent aussi quant à l'application des mesures de protection et à la surveillance du territoire. Le constat récent de traces de chlorates et perchlorates sur les puits de Rochefort et la contamination aux hydrocarbures survenue à Pré Grivel en sont la démonstration.
- **Compte tenu de l'importance stratégique de ces champs captants pour l'alimentation en eau de la métropole, ces champs captants apparaissent donc prioritaires en matière de besoins de préservation et de protection.**

10.1.2. Cas des ressources de coteaux

Les premières parties de l'étude ont fait ressortir un ensemble d'éléments pour les ressources de coteaux :

- **La qualité des eaux distribuées** est globalement bonne à très bonne, peu de non-conformités étant constatées.
- Les non-conformités constatées concernent quasi exclusivement la microbiologie et la turbidité. Les problèmes de turbidité et de microbiologie signent l'existence d'écoulements rapides et potentiellement la dépendance à des eaux superficielles (pluies, ruissellement, cours d'eau). Cette relation entre les eaux superficielles et les eaux souterraines devrait donc être étudiée sur ces captages, car elle pourrait constituer une voie d'entrée de contaminants. L'origine de la contamination devrait également être recherchée afin de prendre les mesures permettant d'en supprimer les sources.
- Les non-conformités des eaux distribuées constatées concernent dans la plupart des cas des UDI de petite à moyenne taille.
- **La qualité des eaux brutes** est globalement bonne et les problèmes concernent principalement des contaminations microbiologiques et de la turbidité qui surviennent cependant de façon sporadique.
- Seuls deux tiers des captages disposent d'une DUP, ces DUP étant pour la moitié très anciennes et peu adaptées aux règles actuellement en vigueur pour la protection des captages.
- Selon les responsables de secteur, de nombreux points de prélèvement présentent un état nécessitant des travaux de remise en état, voire de mise en conformité.
- Selon les responsables de secteur, un certain nombre de captages des coteaux sont rarement visités et semblent peu entretenus.
- Les débits des ressources des coteaux sont très peu connus ainsi que leur réactivité aux pluies.
- La connaissance des responsables de secteur envers leur captage est très variable.
- Le rattachement des UDI à un captage et le fonctionnement des UDI ne sont pas toujours connus.
- Les problèmes de qualité sur réseau semblent presque toujours concerner des points de prélèvement en mauvais état.
- Certaines ressources sont vulnérables à très vulnérables, en particulier les ressources des formations karstiques.
- L'occupation des aires probables d'alimentation des captages des coteaux bénéficient d'une faible anthropisation et d'une faible occupation agricole.

- Le pacage d'animaux sur les zones d'estive et les domaines skiables pourraient être une cause de contaminations microbiologiques.

10.1.3. Productivité et réactivité des ressources des coteaux

Les connaissances sur les débits des sources (en étiage comme en hautes eaux) sont limitées. Elles concernent principalement les débits captés et non les débits réels des sources. Les débits captés ne sont pas mesurés en continu ou régulièrement pour la grande majorité des sources. Les débits des trop-pleins sont très mal ou pas connus. En mars 2017, les sources de Notre Dame de Commiers et de St Georges de Commiers (MOUSSES, OURSIERE, FONTANETTES, SERT GIROD, BEAUME, CHAUVETS) étaient en cours de jaugeage.

La réactivité des sources aux pluies est très peu connue. Or ce sont elles qui conditionnent en grande partie la vulnérabilité de la ressource et le risque de contamination des eaux, en particulier microbiologique. Quand cette information a été renseignée par les responsables de secteur, les variations de débits induites par les pluies sont en adéquation avec les contextes géologiques et hydrogéologiques décrits en Phase 1 et 2. Les tableaux ci-après synthétisent la réactivité ou non réactivité des sources aux évènements de pluie.

Tableau 47 : Captages des coteaux renseignés comme étant réactifs aux évènements de pluie

BUISSONNIERE (/ CLOTS)	FONTAINE GALANTE	GARINS	PLATRES
CHATELARD	FONTFROIDE BAS	MONT SEC NOUVEAU	ROCHEPLAINE
EYRARD (AMONT)	FONTFROIDE HAUT	MOUSSES	RUISSET
EYRARD (AVAL)	LES BITS		

Tableau 48 : Captages des coteaux renseignés comme étant non réactifs aux évènements de pluie

ARCELLES	CHARBONNEAUX	ENGINEAUX	PONT DE CLAIX
ARTHAUD	COMBE JARDIN	GARRETIERES	RUISSEAU
BALME	CROZ INFERIEUR	JAYERES	SAVOYERES
BALMES	CROZ SUPERIEUR	MAISON BLANCHE	THOUIERE
BURDET			

Tableau 49 : Captages des coteaux non renseignés quant à leur réactivité aux évènements de pluie

AILLOUDS	COMBES	GRANDS PRAS	PLANET
AMODRU	CURT	GUTHINS	PRE RIVOIRE DRAIN
BASSE DU RESERVOIR	ECHAILLON	JONIER	PRE RIVOIRE GALERIE
BEAUME	FONT FROIDE	LA GORGE	PRELENFREY (CHATEL.)
BLANCS	FONTAINE DU MULET	LE PLATRE	RIOUX
BOULAISE	FONTANETTES	MATHIEUX	SAGNES
BREDUIRE	FONTENETTE	MONTENU	SERT GIROD
CHAPUIS	GIRAUD CARRIER	MULET	SOLLIER
CHAUVETS	GORGE	OURSIERE	THIEBAUDS
CLOS	GRAND	PASSE RIVIERE	THIEBAUDS ECOLE
CLOS BENEY	GRANDE GORGE	PINEA	VIGNES
COLOUR			

Les contextes karstiques réagissent de façon rapide aux pluies. Selon les responsables de secteur, les sources de Fontaine Galante, Rocheplaine et Eyrard, d'origine karstique, réagissent de façon très

rapide (une demi-journée seulement pour Rocheplaine). D'autres sources situées dans des secteurs fissurés réagissent également de façon rapide, comme les sources de Fontfroide, Mousses et Ruisset.

10.1.4. Qualité des eaux des ressources des coteaux

Au regard des analyses de qualité des eaux brutes et des informations acquises auprès des responsables de secteur, les deux principaux problèmes de qualité identifiés sont la turbidité et la microbiologie.

Les pesticides ne sont que très peu trouvés sur le territoire. Les eaux sont conformes vis-à-vis de ce paramètre à l'exception du captage de Pré-Rivoire où l'AMPA (métabolite de dégradation de la molécule herbicide glyphosate entrant dans la composition du Roundup) a été détecté à une valeur supérieure à la norme en 2015. Il pourrait s'agir dans ce cas d'un désherbage des alentours immédiats du captage.

De même, il n'existe pas de problématique de contamination par les nitrates, les concentrations en nitrates étant très faibles.

Des problèmes concernant les sulfates peuvent également exister sur St George de Commiers, dont les concentrations élevées ont pour origine la nature des formations aquifères (présence de gypse).

Concernant la turbidité, les problèmes peuvent être causés par la nature même de l'aquifère ou par le mauvais état du captage. Il y a cohérence entre les problèmes observés et la nature des formations aquifères. Une mauvaise étanchéité du captage et l'intrusion de boue peut également avoir pour conséquence des valeurs élevées de turbidité. Ce dernier type de problème, propre au captage peut donc être corrigé.

Selon les responsables de secteur, lorsque l'ouvrage est en bon état, très peu de problèmes de turbidité sont observés. Dans ces cas, les principaux problèmes touchent les captages situés en milieu karstique ou des cas particuliers. En revanche, les ouvrages en mauvais état sont en grande majorité concernés par des problèmes de turbidité. Ils présentent donc un risque plus important vis-à-vis du paramètre turbidité et d'une contamination microbiologique associée. Une part des problèmes de turbidité pourrait donc être résolue par une meilleure conception des points de prélèvement et un entretien régulier. Certains points de prélèvement ne sont pas bien fermés, ce qui constitue un risque important de contamination.

Les problèmes microbiologiques sont présents sur les trois massifs considérés (Vercors, Chartreuse et Belledonne) sans qu'une tendance ne puisse être dégagée. L'occupation du territoire est sensiblement la même et les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques ne permettent pas d'identifier un massif ou un environnement géologique plus vulnérable qu'un autre envers la contamination microbiologique.

L'analyse de la qualité des eaux par UDI met en évidence quatre UDI particulièrement sensibles aux risques bactériologiques. La liste de ces UDI est fournie ci-dessous. Le taux de conformité pour ces UDI était, de 2013 à 2015, inférieur à 90% pour le paramètre bactériologique (classes C et D).

Les captages de Mathieux, Blancs, Buissonnière et Bits sont indiqués en mauvais état, les points de prélèvement de Ruisset et Font Froide étant dans un état moyen. Il semble donc exister une corrélation entre l'état des points de prélèvement et la qualité de l'eau distribuée des UDI.

Il convient de rappeler que les pollutions microbiologiques ne correspondent pas qu'à des bactéries pathogènes, mais également à des virus et parasites dont la survie dans les nappes est bien plus

longue. De même, les pollutions ne sont pas qu'accidentelles et ponctuelles, mais peuvent être chroniques et diffuses. Certaines pollutions pourraient être reliées au pacage d'animaux d'élevage.

Tableau 50 : Captages présentant des taux de conformité inférieurs à 90%

Captage	N° UDI	Nom UDI	Taux de conformité sur 2013-2015
BLANCS	159	BLANCS RESEAU	75.0%
THIEBAUDS et MATHIEUX	162	BATHIE RESEAU	77.3%
BUISSONNIERE (CLOTS) et BITS	165	CLOS RESEAU	89.5%
FONT-FROIDE et RUISSET	1179	SAPPEY PRINCIPAL	87.5%

Tableau 51 : Réseaux présentant des taux de conformité inférieurs à 90% en 2016

165	CLOS RESEAU	GAM3 (COMMUNE DE SECHILLENNE)	80.0%
298	PRE RIVOIRE	GAM8 (COMMUNE DE LA TRONCHE)	83.3%
5128	SERT-GIRARDIERE-POYET (VIF)	GAM1 (VIF LE GUA MIRIBEL LANCHATRE)	85.7%
287	ST MARTIN LE VINOUX RESEAU	GAM6 (COMMUNE ST MARTIN LE VINOUX)	86,4%
65	RESEAU COMMUNAL	GAM4 (COMMUNE DE MURIANETTE)	87.5%
159	RESEAU BLANC - SEMILLERE	GAM3 (COMMUNE DE SECHILLENNE)	88.9%
1213	CHAMP SUR DRAC RESEAU	GAM3 (COMMUNE DE CHAMP SUR DRAC)	90.0%

10.1.5. Vulnérabilité intrinsèque des ressources des coteaux

La vulnérabilité intrinsèque d'une ressource représente sa susceptibilité à être polluée par des sources de pollution ou des activités présentes à la surface du territoire. La vulnérabilité intrinsèque est donc l'inverse du degré de protection naturelle de la ressource. Elle dépend des caractéristiques et des propriétés de l'aquifère ainsi que des formations de recouvrement.

Les ressources des coteaux sont généralement vulnérables à très vulnérables car la plupart des sources qui sont captées sont alimentés par des fractures et réseaux karstiques permettant des circulations rapides de l'eau dans l'aquifère. De plus, les aquifères ne possèdent pas de recouvrement important permettant l'atténuation ou la filtration de la pollution. Les formations de recouvrement sont pour la plupart des formations glaciaires et ne sont généralement conservées et présentes que dans les fonds de vallées. Les pollutions provenant des activités superficielles du territoire peuvent donc s'infiltrer rapidement et migrer rapidement jusqu'aux captages.

A noter que très peu de contaminants (pesticides, contaminants organiques, métaux) sont systématiquement recherchés dans les contrôles réglementaires. L'étude suivi surfacique engagée en 2018 par la Métropole en partenariat avec l'Agence de l'Eau apportera des éléments de connaissance importants sur ce sujet particulier (sur les grands champs captants).

10.1.6. Pressions affectant les ressources des coteaux

Les pressions exercées sur les ressources des coteaux ne sont pas très importantes.

Le risque lié à l'activité agricole est globalement faible compte tenu de la nature des activités (élevage de « montagne » relativement extensif) mais peut poser des problèmes ponctuels localement.

Hormis les STEP, aucune installation à risque (c'est-à-dire recensée ICPE ou site pollué BASIAS ou BASOL) n'a été identifiée sur les aires probables d'alimentation des ressources des coteaux.

Il y a très peu d'activités humaines sur ces aires d'alimentation. Seules quatre aires présentent des pourcentages de zones urbanisées supérieures à 10 %. Il s'agit (de façon décroissante) des aires d'alimentation de Passe Rivière, La Gorge, Fontaine Galante et Pré-Rivoire. Sur ces secteurs la question de l'assainissement individuel n'a pas été étudiée.

Les pollutions pesticides observées sur Pré-Rivoire pourraient être expliquées par une zone anthropisée en amont du captage ou par une problématique présente aux alentours immédiats du captage. L'eau du réseau Pré-Rivoire était non conforme vis-à-vis du paramètre pesticide de 2013 à 2015, les analyses menées sur eaux brutes confirmant ces problèmes.

Ces chiffres montrent que le risque lié à une activité humaine est faible. On notera que l'épisode de pollution majeure sur les sources de Fontfroide est dû à des travaux de terrassement réalisés pour partie dans les périmètres rapprochés des sources.

Sept aires d'alimentation sont concernées par des rejets de STEP (stations d'épuration des eaux usées) sur leur territoire. Ces rejets constituent des sources potentielles non négligeables de pollution bactériologique, dont le cas de l'Echaillon est un exemple. La présence d'une STEP sur l'aire d'alimentation ne peut cependant pas expliquer tous les problèmes bactériologiques observés sur l'ensemble des captages étudiés.

Les réseaux routiers (aucune voie ferrée ne traverse les aires d'alimentation hormis pour les grandes aires des captages des vallées alluviales) peuvent également présenter un risque potentiel de pollution localisé dans des zones restreintes du territoire. Sur le réseau routier, tout accident peut générer une fuite de carburant. Rappelons que le risque d'accident est renforcé en conditions hivernales et en zone de montagne. Le transport de certains produits constitue un risque plus rare mais potentiellement plus important en termes d'impact et de durée. Notons que les ressources des coteaux sont peu exposées à ce risque, le réseau étant peu développé en contexte montagneux. Le réseau routier y est essentiellement constitué par des routes départementales et chemins communaux. Des pistes forestières (d'exploitation) peuvent aussi exister. L'accès au captage se fait d'ailleurs le plus souvent via une piste.

L'entretien de désherbage des réseaux routiers ou ferrés lorsque pratiqué peut être source de pollution par les pesticides.

Les stations de ski pourraient également présenter un risque de pollution. Eyrard (Noyarey), Font Froide (Sappey en Chartreuse - Sarcenas) et Fontfroide Haut (Saint Martin d'Uriage/Chamrousse) sont parmi les aires d'alimentation les plus occupées par des stations de ski. Les aires d'alimentation et les captages concernés par la présence d'un domaine de ski sont mentionnés au tableau ci-après.

Tableau 52 : Aires d'alimentation et captages concernés par un domaine skiable

Nom de l'aire	Surface du domaine skiable (ha)	% de l'aire d'alimentation	Captages concernés
EYRARD	89	64.3	EYRARD AMONT ET AVAL
FONT FROIDE	64	61.5	FONT-FROIDE
FONTFROIDE HAUT	66	38.2	FONTFROIDE HAUT
FONTFROIDE BAS	77	18.7	FONTFROIDE BAS

PASSE RIVIERE	280	11.6	PASSE RIVIERE
RUISSET	6	9.7	RUISSET
COLOUR	6	9.7	COLOUR
JONIER PRELENFREY	11	2.0	JONIER et PRELENFRAY
THOUVIERE_BALMES ENGINEAU	15	1.8	THOUVIERE, BALMES et ENGINEAUX
CLOS_PETITS AMIEUX BIS	11	0.9	CLOS
ECHAILLON	11	0.7	ECHAILLON
CLAIX 234	2	0.3	CLAIX 2, CLAIX 3 et CLAIX 4

Le pourcentage d'occupation des aires d'alimentation par les stations de ski est assez faible hormis pour quelques aires. Mentionnons que les domaines skiables peuvent être occupés par des troupeaux en périodes estivales (ce qui en constitue par ailleurs la pratique de 'désherbage' naturel). Un risque de contamination microbiologique peut être relié à cette occupation animale.

La grande majorité des aires sont occupées par des prairies, estives ou forêts. Les forêts constituent le premier type d'occupation du sol. C'est un aspect important de la protection des ressources puisque ce type de couverture constitue la pression la plus faible envers la qualité des ressources, sauf dans le cas d'une exploitation de la forêt (ouverture ou requalification de chemins forestiers, coupes, équipements ...).

Les zones présentant un risque potentiel, faible mais existant (à cause de la pollution microbiologique potentielle), sont les zones d'estives et de prairies. Il est en effet envisageable que les secteurs cartographiés en prairies soient des zones de pâturage. Plus la zone de pâturage est importante et plus le risque est élevé. Il faut cependant considérer qu'en raison du contexte particulier (fracturé ou karstique), une seule parcelle de pâturage ou une ferme présente sur l'aire d'alimentation peut induire un risque important sur la qualité de l'eau. L'élevage, en particulier dans les lieux de concentration d'animaux, peut être à l'origine d'une pollution microbiologique (en particulier par des bactéries fécales), ainsi que le stockage de fumiers ou les effluents liquides (lisiers ou eaux de nettoyage) ainsi que les lieux de concentration d'animaux au champ (zones d'affouragement ou d'abreuvement).

Les animaux sauvages peuvent également constituer une source potentielle de pollution par leurs déjections ou leur cadavre. Le captage doit donc être protégé de toute infiltration d'eaux parasites. Les abords immédiats du captage doivent normalement faire l'objet d'un périmètre de protection immédiate. La mise en place d'une clôture peut s'avérer souvent compliquée, voire impossible, du fait du contexte topographique particulier (pentes, terrains instables, avalanches de neige).

Une interprétation de l'occupation du sol, dans la zone proximale des points de prélèvement a été réalisée par photographie aérienne et complétée par les informations des responsables de secteurs obtenues des questionnaires et entretiens. Sans qu'il soit possible d'en tirer des relations directes de cause à effet, un nombre important de captages pour lesquels des problèmes microbiologiques ont été signalés présentent des estives ou prairies sur leur aire d'alimentation.

La vulnérabilité extrinsèque globale est forte pour quelques aires d'alimentation (voir partie du rapport relative aux pressions extrinsèques). Les pressions élevées exercées sur ces aires n'ont pas eu (a priori) de répercussions importantes sur la qualité de l'eau brute, hormis pour le cas de l'Echaillon. La dépendance entre l'importance de la pression exercée (nulle, faible, moyenne ou forte) et la qualité avérée de l'eau n'est pas évidente à établir compte tenu du faible nombre de données de qualité sur eaux brutes et de l'impossibilité de compiler les incidents datant d'avant 2015, date du

transfert de la compétence eau potable à la Métropole. Il est donc difficile de dégager des tendances et des relations directes entre les pressions et la qualité des eaux.

Cependant, les exemples récents (pollution bactériologique et virale des eaux de l'Echaillon en 2015, coulées de boue sur Fontfroide en 2016, restrictions d'usages liées à une pollution bactérienne sur Fontfroide en Chartreuse) mettent en évidence que ces incidents sont situés sur des captages parmi les plus vulnérables.

La réduction des pressions exercées sur le territoire est cependant un élément essentiel de la protection des ressources. Mentionnons également que la pollution de l'eau peut être actuellement inexistante, mais pourrait survenir un jour à cause de la présence de pressions importantes sur le territoire.

De façon globale, le type et l'ampleur de la pollution sont donc en accord avec l'état des points de prélèvement et, à un degré moindre, avec les pressions présentes sur les aires d'alimentation. Ces constats sont importants puisqu'ils pourront guider les premières mesures à prendre sur ces aires d'alimentation pour la protection des ressources.

10.2. Connaissances disponibles sur les ressources

Les connaissances disponibles sur les ressources ont été utilisées et synthétisées dans les chapitres précédents.

La localisation des points de prélèvement ainsi que le tracé des périmètres de protection délimités dans les DUP ne sont pas forcément fiables. En effet, les points de prélèvement situés en contexte de montagne et forestier peuvent parfois être mal localisés, et les implantations et tracés de périmètres ont été réalisés sur des fonds topographiques et cadastraux qui ne sont pas forcément justes et représentatifs de la réalité de terrain. En parallèle de cette présente étude, la Métropole a commandé une étude de fiabilisation de la localisation des points de prélèvement et de digitalisation des périmètres de protection. Ce travail a montré que les localisations physiques et cartographiques des captages peuvent être parfois très différentes. **Il y a donc lieu de préciser les coordonnées exactes des points de prélèvement par l'intervention d'un géomètre expert. Par la suite, il sera nécessaire de redélimiter les aires d'alimentation des captages et leurs périmètres de protection, et d'identifier les parcelles cadastrales concernées.**

Afin de compléter les éléments retracés dans les différents rapports disponibles et de mettre à jour la connaissance générale sur les captages, un questionnaire a été transmis aux responsables des secteurs 'Eau Potable' de la Métropole et des chargés de production de la SPL. Ce questionnaire était destiné à recueillir auprès d'eux les informations informelles concernant leurs captages. Pour valider et compléter les informations ainsi obtenues, des rencontres individuelles avec ces responsables ont été de plus réalisées. Ces rencontres ont permis de vérifier les connaissances acquises lors de l'étude bibliographique et documentaire et leur adéquation avec les connaissances et réalités de terrain, et lorsque possible de renseigner certaines informations manquantes.

Ces informations ont permis de préciser les problèmes qualitatifs et quantitatifs vécus sur les ressources et de renseigner les dispositifs de traitement et de surveillance actuellement existants. L'état des captages et les éventuels problèmes ont également été mentionnés. Ces informations sont essentielles puisque l'état même des captages peut être à l'origine de certains problèmes de pollution bactériologique ou de turbidité, indépendamment de la vulnérabilité de la ressource d'eau souterraine qui l'alimente. De plus, certains problèmes ponctuels dans le temps peuvent ne pas ressortir dans les suivis ARS du fait de la fréquence parfois faible de ces suivis. Il était donc important d'obtenir la vision au quotidien des acteurs locaux.

De façon générale, le degré de connaissance sur les ressources et les captages est très variable à cause de raisons diverses comme l'accessibilité au captage, l'importance stratégique du captage ou les problèmes rencontrés sur celui-ci. Egalement l'ancienneté des responsables de secteur à leur poste conditionne la longueur de l'historique qu'ils ont des captages sous leur responsabilité et dont ils ont pu nous faire profiter dans le cadre de ce travail. Beaucoup de ces informations sont informelles et ne sont donc pas transmises des précédents responsables à leurs successeurs. Le changement de gestion, avec un passage d'une gestion souvent locale – municipale à une gestion plus centralisée au sein de la Métropole, a vraisemblablement entraîné des pertes d'information et de mémoire sur le fonctionnement et les particularités des ressources. Egalement, les mutations ou les départs à la retraite peuvent faire perdre le souvenir du vécu des ressources.

De façon globale, le fonctionnement des ressources captées est peu à très peu connu, en particulier dans le cas des ressources des coteaux, et a fortiori dans les formations karstiques. **Nous préconisons ainsi de façon prioritaire en ce qui a trait à la connaissance des ressources les actions suivantes :**

- **Suivi du débit de toutes les sources des coteaux captées** à une fréquence adaptée à l'évaluation statistique du débit d'étiage et à la mise en évidence de la réponse des ressources aux évènements pluvieux (relation à étudier par analyses corrélatoires et spectrales) ; mentionnons qu'en cas de révision des DUP, les Hydrogéologues Agréés pourraient exiger un ou deux ans de suivi du débit des sources captées ;
- **Renfort du suivi microbiologique** sur toutes les ressources des coteaux (a minima au mois et sur deux ans) afin d'établir des statistiques fiables d'occurrence des organismes microbiologiques pathogènes et d'étudier la relation microbiologie / précipitations ;
- **Etude hydrogéologique** (géologie, géophysique, hydrogéologie) des ressources karstiques et des APAC montrant les plus fortes sensibilités aux risques microbiologiques et/ou de turbidité ;
- **Inventaire des activités à risques** dans les APAC des ressources des coteaux les plus sensibles ou les plus concernées par des problèmes de qualité ; cet inventaire devra entre autres s'attacher à la problématique d'élevage, potentielle source de pollution microbiologique.

Tableau 53 : Captages requérant prioritairement une acquisition de connaissances sur leur fonctionnement hydrogéologique et l'occupation du territoire de l'APAC

En raison de ...	Captages concernés
La contamination microbiologique fréquemment observée	AMODRU (Domène Revel), BASSE DU RESERVOIR (Mont St-Martin), BREDUIRE (Proveysieux), COMBES (Mont St-Martin), ECHAILLON (Le Gua), ENGINEAUX (Noyarey), FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage), GARRETIERES (Claix), JONIER (Le Gua), MERLIERE (Vif), MONT SEC NOUVEAU (Séchilienne), PINEA (Sarcenas), PLANET (Domène Revel), PRELENFREY – CHATELARD (Le Gua), RUISSET (Sappey en Chartreuse), SAGNES (Miribel Lanchâtre), SAVOYERES (Claix)
La nature karstique de l'aquifère	ARCELLES (Seyssinet Pariset), ARTHAUD (Seyssins), BALMES (Noyarey), BREDUIRE (Proveysieux), CHARBONNEAUX (Seyssins), CHATELARD (Proveysieux), ECHAILLON (Le Gua), ENGINEAUX (Noyarey), EYRARD AMONT (Noyarey), EYRARD AVAL (Noyarey), FONTAINE GALANTE (Corenc), GUTHINS (St Paul de Varcès), JONIER (Le Gua), MATHIEU (Seyssins), MOUSSES St-Paul de Varcès), PRE RIVOIRE DRAIN (La Tronche), PRE RIVOIRE GALERIE (La Tronche), PRELENFREY – CHATELARD (Le Gua), RIOUX (St-Paul de Varcès), ROCHEPLAINE (St Egrève), RUISSEAU (Seyssins), THOUVIERE (Noyarey)
Leur importance stratégique	Grands champs captants : ROCHEFORT, PRE GRIVEL, JOUCHY

Cette acquisition de connaissances devra s'insérer dans une chronologie logique d'actions :

- Relevé par un géomètre des coordonnées X, Y et Z de tous les points de prélèvements ;
- Obtention d'un code BBS auprès du BRGM-SGR pour les points n'en disposant pas ;
- Etude hydrogéologique préliminaire à l'avis de l'Hydrogéologue Agréé, incorporant une étude de type Aire d'Alimentation de Captage (délimitation de l'AAC, de sa vulnérabilité intrinsèque et des pressions existant sur l'AAC) ;
- Avis d'Hydrogéologue Agréé ;
- Révision de la DUP.

10.3. Surveillance des captages et traitement des eaux

10.3.1. Etat des captages

Certains points de prélèvement ont été mentionnés par les responsables de secteur comme présentant des défaillances requérant une correction rapide.

Tableau 54 : Captages des coteaux jugés défaillants et requérant des travaux

Captage	Travaux spécifiques à faire	Captage	Travaux spécifiques à faire
BITS (Séchilienne)	Nettoyage impossible et accès difficile si chemin enneigé	GRANDS PRAS (Séchilienne)	Risques mais périmètre de protection
BLANCS (Séchilienne)		MATHIEUX (Séchilienne)	
BUISSONNIERE (/ CLOTS) (Séchilienne)	Etanchéité du captage à reprendre	MERLIERE (Vif)	A entretenir
FONTFROIDE HAUT S3 (St Martin d'Uriage)	Béton extérieur et intérieur à reprendre ; serrure à changer	MONT SEC NOUVEAU (Séchilienne)	
FONTFROIDE HAUT S4 (St Martin d'Uriage)	Béton intérieur à reprendre ; serrure à changer	PLATRES (St Barthélémy de Séchilienne)	Accès très difficile par chemin enneigé, nettoyage impossible
GARINS (St Barthélémy de Séchilienne)	Formation fréquente de queues de renard	SAGNES (Miribel Lanchâtre)	
GORGE (St Barthélémy de Séchilienne)	Captage encaissé, infiltration d'eau de pluie	THIEBAUDS ECOLE (Séchilienne)	Alimente une maison peu ou pas habitée

Sur ces points de prélèvement **nous recommandons que soient entrepris dans les meilleurs délais les travaux requis identifiés**. Cet inventaire n'est vraisemblablement pas exhaustif et représente l'expression des responsables de secteur. Compte tenu du lien entre qualité des ouvrages et qualité de l'eau, **nous recommandons un audit de l'état physique de tous les points de prélèvement, réalisé de façon indépendante des services GAM**. Cet audit aura pour but d'identifier toutes les défaillances des points de prélèvement et de préconiser les mesures et travaux requis.

Cet audit devra également inclure la prise en compte des risques inondation, submersion, éboulement, coulée de boue et avalanche. Ces risques ont déjà été recensés, mais il sera pertinent de les actualiser et de les vérifier au bénéfice des visites des captages.

10.3.2. Systèmes de traitement de l'eau

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. Le traitement classique, plus ou moins complet, d'une eau s'effectue en plusieurs étapes, dépendantes des indésirables présents et à traiter.

- Oxydation : si les eaux à traiter contiennent des matières organiques, de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, une étape d'oxydation préalable peut être nécessaire. Elle permet d'éliminer plus facilement ces substances au cours de l'étape suivante dite de clarification. On utilise pour cela un oxydant comme le chlore ou l'ozone.
- Clarification : la clarification permet l'élimination des particules en suspension. Après son passage à travers des grilles qui retiennent les matières les plus grosses, l'eau est acheminée dans des bassins dits de décantation. L'eau décantée est ensuite filtrée à travers une ou plusieurs couches d'un substrat granulaire, comme du sable, qui retient les particules résiduelles, les plus fines. Pour faciliter cette étape, et en particulier éliminer les particules en suspension de très petites tailles, l'ajout d'un coagulant permet à ces particules de s'agglomérer (coagulation/floculation).
- Désinfection : en fin de traitement, la désinfection permet l'élimination et/ou le contrôle des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus). On utilise pour cela soit un désinfectant chimique comme le chlore ou l'ozone, soit des rayonnements ultraviolets. Dans le cas de temps de séjour élevés dans le réseau, il peut être important que l'efficacité du traitement de désinfection persiste tout au long du réseau afin qu'aucun germe ne puisse se développer dans les canalisations.
- Correction de la dureté ou de l'agressivité de l'eau : certaines eaux peuvent nécessiter une correction afin de protéger les canalisations de l'entartrage ou de la corrosion. La prévention du risque de corrosion peut être réalisé par chaulage de l'eau ou par le passage de l'eau sur des blocs de marbre.
- Adsorption sur charbon actif : en complément ou en remplacement de l'oxydation, l'élimination des polluants organiques dissous comme certains pesticides ou hydrocarbures peut être effectuée par adsorption de ces molécules sur charbon actif. Le charbon actif peut être utilisé sous forme de poudre lors de la floculation ou en grains dans d'épais lits de filtration. Malheureusement, toutes les molécules ne s'adsorbent pas en quantité suffisante sur le charbon actif, comme le glyphosate et son métabolite AMPA de plus en plus retrouvés dans les eaux brutes. Mentionnons aussi que la présence de matière organique freine la performance de l'adsorption, ce qui nécessite le traitement de la matière organique préalablement à l'adsorption des contaminants organiques.
- Dénitratation : des teneurs en nitrates élevées des eaux brutes peuvent nécessiter le recours à une dénitratisation au moyen de résines échangeuses d'ions (qui permettent de remplacer l'ion nitrate par un autre ion sans danger, comme l'ion chlorure ou l'ion carbonate) ou la dénitrification biologique (qui permet par l'utilisation de bactéries dénitrifiantes de transformer l'ion nitrate en azote gazeux).
- (Ultra) Filtration : l'élimination des micro-organismes et de certains contaminants peut être réalisée par filtration sur membrane. Pour les contaminants organiques (tels les pesticides ou

les hydrocarbures), la filtration sur membrane peut être couplée à une adsorption sur charbon actif.

Selon la Métropole, les ressources des coteaux font toutes l'objet d'un traitement de désinfection-stérilisation. Les eaux des champs captants de Rochefort, Jouchy et Pré Grivel ne font quant à elles l'objet d'aucun traitement du fait de leur bonne qualité microbiologique mais un traitement au chlore gazeux est cependant possible en cas de besoin pour ces ressources et des actions ponctuelles de désinfection au chlore sont effectuées au cas par cas. Une chloration d'appoint en chlore liquide peut être mise en œuvre si nécessaire. Suivant les cas, il peut s'agir d'une chloration sur un secteur du réseau de distribution ou directement depuis le réservoir de tête.

Pour faire face à la pollution microbiologique, la totalité des captages des coteaux de la Métropole dispose d'un traitement par rayonnement UV (rayons ultra-violet) et/ou ajout de chlore (gazeux, liquide ou en galet). Les traitements ont lieu le plus souvent sur le réseau ou au niveau du réservoir. Les traitements au chlore peuvent ne pas toujours être adaptés et stables dans le temps. De plus, les variations importantes et rapides du débit et de la charge microbiologique de l'eau brute complexifient l'ajustement du traitement. Des oublis ou des contraintes peuvent avoir pour conséquence un arrêt du traitement ou un traitement inadapté.

Les eaux des captages de Jonier et Prélénfrey (sur la commune de Le Gua) disposent d'un traitement triple (filtration, UV et chlore).

Le traitement des eaux a un réel impact et différencie nettement la qualité des eaux brutes de celle des eaux traitées. Ainsi, seules quatre UDI ont des taux de conformité bactériologique inférieurs à 90% (Blancs réseau : 75%, Bathie réseau : 77%, La Frette Mélatte : 86%, Sappey principal : 88%), alors que les eaux brutes de nombreux captages montrent des détections fréquentes de contaminants microbiologiques. Il convient de remarquer que ces quatre UDI disposent seulement d'un traitement au chlore. **Un doublement du traitement au chlore avec une lampe UV, voire l'ajout d'une filtration pour ces quatre UDI, s'avérerait pertinent.**

L'insolation UV et le chlore (quelle que soit sa forme) peuvent être couplés en continu ; soit le chlore est utilisé en complément de l'UV en cas de contamination bactériologique. L'utilisation de l'insolation UV nécessite cependant des eaux non turbides (<0,5 NFU) pour être efficace. Lorsque l'utilisation du chlore est couplée avec une insolation UV, il est important de souligner que l'UV doit être placé avant l'injection du chlore pour ne pas générer des THM. Par ailleurs, un traitement ne peut être efficace en permanence que s'il est surveillé correctement et si les travaux de mise en conformité de l'ouvrage (étanchéité, éloignement des eaux de ruissellement, ...) et du PPI ont été réalisés au préalable.

Les dispositifs de traitement sur les autres UDI (autres que les quatre ci-haut mentionnées) permettent d'obtenir des eaux distribuées de bonne qualité même si la qualité bactériologique sur les eaux brutes n'est pas toujours bonne. Rappelons que le problème de pollution microbiologique des eaux brutes peut être rattaché à la vulnérabilité de la ressource et aux pressions qui s'y exercent, mais également à des problèmes spécifiques au captage (bâti perméable, entrée d'eaux parasites, intrusion d'animaux ...).

Il est pertinent de remarquer qu'aucune UDI présentant des problèmes microbiologiques n'est desservie ou alimentée par un captage en parfait état ou sans problème bactériologique. Cela semble indiquer qu'il n'y a pas d'intrusion d'eau parasite dans le réseau après le captage et/ou que le traitement effectué est efficace et durable.

Selon nos connaissances, aucun traitement de suppression de la turbidité ne serait en place.

Alors que les stations de traitement et les réservoirs disposent tous ou presque tous de dispositif d'alarme et de télégestion, seule une dizaine de sources disposerait d'un dispositif d'alarme. Ceci est en grande partie due au fait que beaucoup des captages sont isolés, hors réseau électrique et hors réseau téléphonique. La grande majorité des captages ne disposerait donc pas d'une surveillance adéquate. **Un effort devrait donc être fait sur la mise en place de dispositifs d'alerte pour les intrusions et les dysfonctionnements. Comme nous préconisons par ailleurs que soient mis en place des systèmes de suivi de la turbidité sur les captages présentant ce type de problème, une télétransmission s'avérerait nécessaire.**

10.3.3. Autocontrôle et contrôle de l'ARS

Les problèmes de qualité sur eau brute rencontrés sur les captages de la Métropole concernent principalement la contamination microbiologique, tant en termes de fréquence, d'importance et de risques pour la santé des populations. Des détections de contaminants urbains ou industriels ont eu lieu, en particulier sur les grands champs captants, mais à des concentrations très faibles n'induisant pas de risques pour la population. Il n'y a pas de problématique agricole nitrates et pesticides identifiée.

L'étude des conformités sur les UDI a montré que les non-conformités concernent principalement les petites UDI (desservant des populations < 4000 habitants) et faisant l'objet de peu de prélèvements de contrôle et d'auto-contrôle.

Les UDI les plus problématiques (en termes de non-conformité) ont été identifiés comme étant BLANCS RESEAU, BATHIE RESEAU, LA FRETTE MELATTES, SAPPEY PRINCIPAL, CLOS RESEAU et VAULNAVEYS-LE-HAUT RESEAU. Et de façon moindre, CLAIX ALLIERES, PIERRES-PLATES, SECHILLENNE PRINCIPAL, CHURUT, EZY, SERT-GIRARDIERE-POYET (VIF), ST PIERRE DE MESSAGE RESEAU, MOUNIERS RESEAU, SARCENAS PRINCIPAL et LE PLATRE.

Les autocontrôles ne sont pas réalisés tous les mois et sur toutes les installations. Ces autocontrôles concernent presque exclusivement les problèmes bactériologiques. Une analyse physico-chimique minimale peut y être parfois couplée. Les autocontrôles sont réalisés sur différents types d'installations, avant et après traitement. Ils sont souvent réalisés au captage, au réservoir et sur le réseau.

Les UDI les plus problématiques (en termes de non-conformité) ont été identifiés comme étant BLANCS RESEAU, BATHIE RESEAU, LA FRETTE MELATTES, SAPPEY PRINCIPAL, CLOS RESEAU et VAULNAVEYS-LE-HAUT RESEAU. Et de façon moindre, CLAIX ALLIERES, PIERRES-PLATES, SECHILLENNE PRINCIPAL, CHURUT, EZY, SERT-GIRARDIERE-POYET (VIF), ST PIERRE DE MESSAGE RESEAU, MOUNIERS RESEAU, SARCENAS PRINCIPAL et LE PLATRE.

Les UDI problématiques ne disposent pas d'un contrôle plus poussé et ne font l'objet que d'une recommandation d'une analyse bactériologique par an. **La fréquence de l'auto-contrôle devrait être renforcée pour les UDI présentant des pourcentages de non-conformité élevés.** Des analyses sont menées, en très grande majorité, 1 à 2 fois par an. L'ensemble des réservoirs ne semble pas faire l'objet d'un contrôle, alors que des problèmes peuvent avoir comme origine ces réservoirs. Mentionnons que la présente étude ne portait pas sur cet aspect et n'a donc pas été approfondi.

Les contrôles mis en place par l'ARS concernent en très grande majorité des analyses bactériologiques. Les contrôles sont principalement effectués sur le réseau et à la distribution, et de manière moins importante sur l'eau brute au captage. Des analyses physico-chimiques minimales

sont également réalisées. Les analyses les plus complètes ont lieu sur les grands champs captants hormis quelques exceptions.

Il ne semble pas y avoir de raison de recommander l'augmentation des suivis d'autocontrôle sur eau brute actuellement en vigueur sur les grands champs captants. Concernant les ressources des coteaux, la probabilité de génération d'une contamination autre que microbiologique, à des concentrations problématiques pour la population, semble très faible. **Il ne paraît donc pas pertinent de mettre en place un suivi resserré d'auto-contrôle de la contamination chimique sur les ressources des coteaux.**

Nous recommandons que soit appliqué et renforcé le programme de contrôle et d'autocontrôle microbiologique sur eau brute actuellement prévu. La fréquence du suivi des captages présentant des problèmes microbiologiques devrait être d'au plus 15 jours et d'au plus un mois pour les ressources karstiques (captages mentionnés au Tableau 53). Les analyses recommandées sont des analyses bactériologiques complètes (B3A).

Ce suivi renforcé permettra d'acquérir de l'information statistique sur la signature microbiologique des eaux, mais également sur le fonctionnement hydrogéologique des ressources et leur réactivité aux événements météorologiques.

Outre ce suivi d'auto-contrôle, **la surveillance de la qualité de l'eau des captages des coteaux impliquerait :**

- Le suivi en continu de la turbidité au moyen d'un turbidimètre relié à la télétransmission et à un système d'alarme ;
- Une alarme télétransmise de défaut chlore ;
- Eventuellement un suivi automatique du chlore résiduel en un endroit pertinent du réseau de distribution pour vérifier l'adéquation du traitement ;
- Une alarme intrusion télétransmise (obligatoire selon la réglementation).

10.4. Mesures de protection réglementaire (DUP)

L'arrêté préfectoral de déclaration d'utilité publique établi dans le cadre des périmètres de protection définit des servitudes d'utilité publique qui doivent obligatoirement être annexées au document d'urbanisme. Ces servitudes doivent être inscrites à la conservation des hypothèques pour appliquer les règles en cas de changement de propriétaire des parcelles du territoire concerné par ces périmètres de protection. La protection des ressources en eaux peut être renforcée en délimitant une zone soumise à contraintes environnementales qui justifie la mise en œuvre d'une action spécifique de nature réglementaire, concernant notamment l'activité agricole ou l'espace dans lequel elle s'inscrit.

10.4.1. Date de réalisation des DUP existantes

Plus d'un quart (33/120) des points de prélèvement ne disposent pas à ce jour de DUP. La plupart de ces DUP manquantes seraient en cours.

Une première préoccupation concerne la date de réalisation des DUP. Il est en effet constaté que près de la moitié des DUP existantes ont été réalisées entre 1982 et 1995, l'autre moitié depuis 2004 (Figure 127).

L'objet n'est pas ici de critiquer telle ou telle DUP mais bien de regarder dans quel cadre global ces DUP ont été établies. L'âge de la DUP reflète en effet les façons de travailler en vigueur à l'époque de la DUP.

Selon notre expérience, les DUP établies avant 1995 seraient à reprendre en priorité puisque d'une part les pratiques de travail ont changé, et que d'autre part les territoires concernés ont vraisemblablement subi une importante modification de leur occupation des sols.

10.4.2. Périmètres de protection éloignée (PPE)

Pour des raisons pratiques de logique de discussion, nous discuterons en premier lieu des PPE (Périmètres de Protection Eloignée), puis des PPR (Périmètres de Protection Rapprochée).

Sur la base de la définition des PPE donnée dans le Code de la Santé Publique, le PPE délimité pour un captage devrait correspondre à son aire d'alimentation. Conséquemment, les APAC délimitées dans le cadre de cette présente étude devraient être équivalentes aux PPE et vice versa (dans la limite des connaissances et hypothèses respectives disponibles pour la délimitation des PPE à l'époque des DUP et des APAC par la présente étude).

La pertinence des périmètres de protection éloignée (PPE) existants à protéger la ressource dans son intégralité a donc été évaluée par comparaison avec l'extension de nos APAC (se référer si besoin à la section du rapport décrivant la méthodologie de tracé des APAC). Au total, 57 APAC ont été délimitées par nos soins pour les 120 points de prélèvement étudiés (une APAC pouvant en effet être commune à plusieurs points de captage), ce qui a représenté au préalable une importante synthèse des connaissances géologiques et hydrogéologiques.

Dans les DUP existantes, seule une trentaine de PPE ont été délimités. Pour ces captages, on note souvent de grandes différences entre les surfaces des PPE et celles des APAC que nous avons tracées (voir comparaison à la figure ci-après). Notons que la grande majorité de nos APAC incluent les PPE correspondants. Les orientations des PPE et des APAC sont donc cohérentes, mais **les PPE semblent systématiquement sous dimensionnés et donc ne concerner qu'une partie (parfois très faible) de la zone potentielle d'alimentation en eau (et contaminants) du captage.**

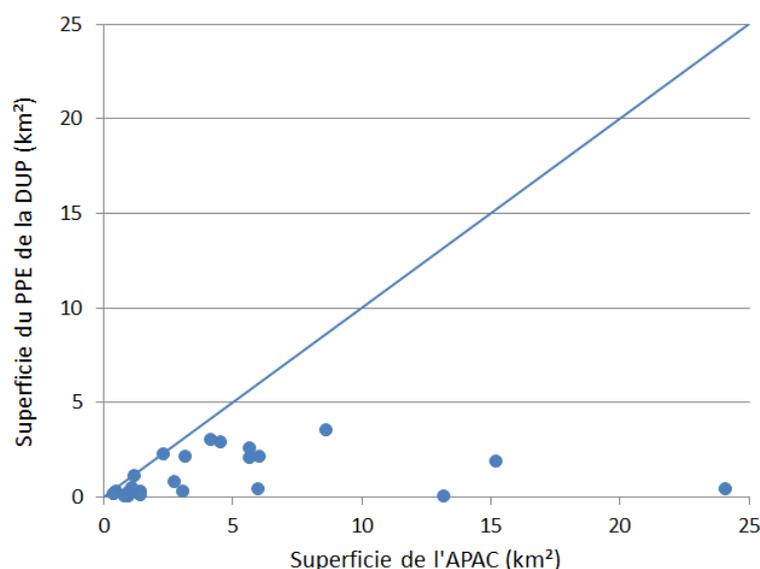


Figure 131 : Comparaison de la superficie des PPE indiqués aux DUP à celle des APAC délimitées

Il convient de noter que seuls 30 % des PPE occupent plus de 50% de l'APAC délimitée dans cette présente étude. La grande majorité des PPE semblent donc largement sous dimensionnés ou délimités avec une approche différente de celle correspondant à la définition du PPE selon le guide en vigueur du Ministère de la santé. Ces PPE correspondraient ainsi plutôt à des périmètres de protection intermédiaire (entre rapprochée et éloignée) ou à des zones principales prioritaires du PPE. L'exemple du PPE initial du captage de l'Echaillon peut être cité comme exemple d'un tracé initialement sous dimensionné et à l'origine d'une identification erronée des risques.

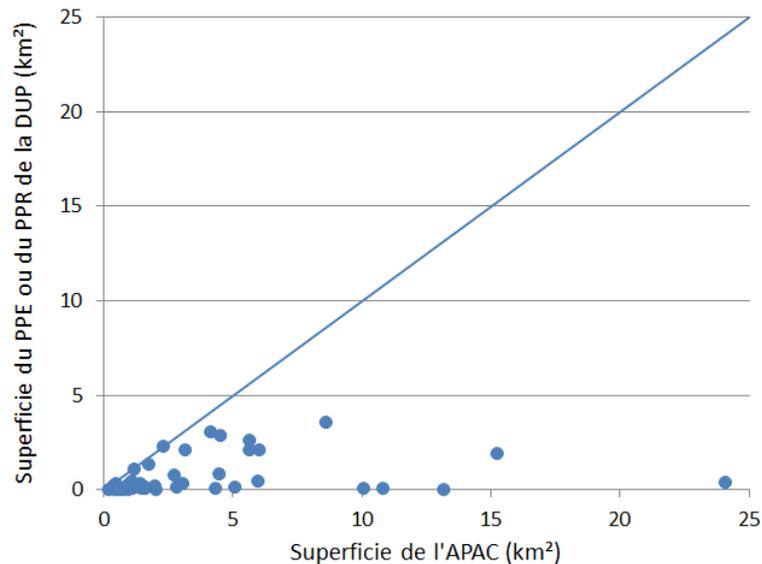


Figure 132 : Comparaison de la superficie des PPE ou PPR des DUP à celle des APAC délimitées

Comme plusieurs DUP ne présentent pas de PPE (leur délimitation n'étant pas obligatoire), nous avons également réalisé une comparaison entre les superficies des PPE ou PPR (en cas d'absence de PPE) et des APAC. En effet, les PPR tracés dans la DUP peuvent parfois correspondre à toute l'aire d'alimentation, en particulier dans les aires d'alimentation de petite taille ou correspondant à l'intégralité d'un bassin versant de taille modeste, ou dans le cas d'une ressource avec des transferts très rapides. On remarque dans tous les cas qu'aucun PPE ou PPR existants de présente une extension supérieure à nos APAC.

10.4.3. Périmètres de protection rapprochée (PPR)

Rappelons que les PPR sont destinés à protéger le captage des pollutions ponctuelles ou accidentelles ou de pollutions microbiologiques chroniques. Ils sont souvent délimités par l'isochrone 50 jours en milieux poreux, un concept qui s'applique plus difficilement aux milieux fissurés ou a fortiori karstifiés.

Les graphiques suivants comparent les surfaces des PPR des DUP existantes avec celles des APAC que nous avons déterminées. **L'objectif n'est pas ici de critiquer la délimitation des PPR existants mais d'évaluer la pertinence spatiale de la protection induite par le PPR du captage en regard de la surface totale de sa zone d'alimentation** (et non de son extension même). Cette comparaison ne cherche pas à valider ou invalider les PPR délimités, mais à appréhender l'ordre de la pertinence surfacique du PPR.

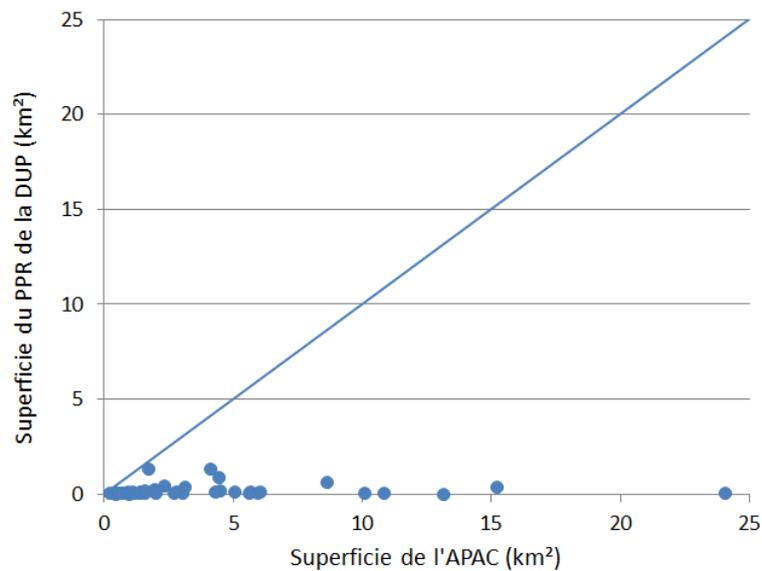


Figure 133 : Comparaison de la superficie des PPR des DUP à celle des APAC délimitées

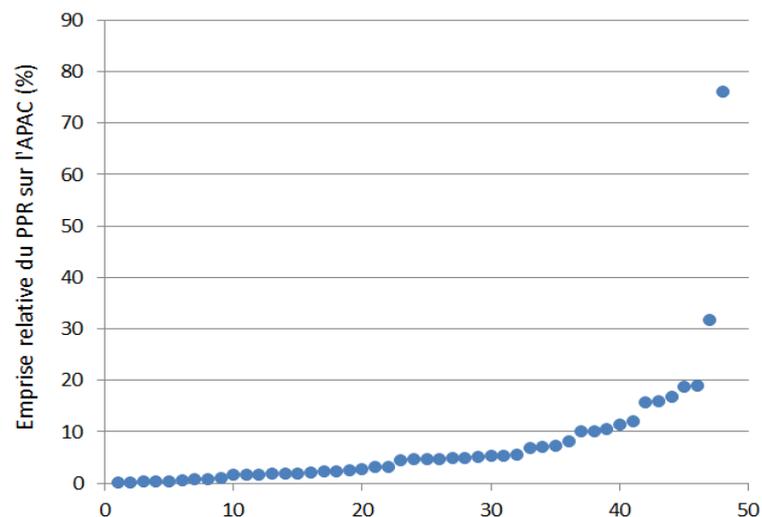


Figure 134 : Courbe classée de l'emprise relative du PPR sur l'APAC

10.4.4. Périmètres de protection immédiate (PPI)

Les points de prélèvement doivent posséder un périmètre de protection immédiate (PPI), pleine propriété de la collectivité. Ce PPI devrait être normalement clôturé, mais ceci peut s'avérer difficile, voire impossible, en zone de montagne (pentes, terrains instables, avalanches de neige).

Le guide du Ministère de la Santé « Protection des captages d'eau - Acteurs et stratégies » (Mai 2008) indique d'ailleurs : « Une dérogation exceptionnelle à la clôture du périmètre de protection immédiate peut s'imposer en zones inondables et en zones de montagne et est compensée par des aménagements complémentaires. » De nombreuses ARS des secteurs de montagne ne requièrent ainsi plus automatiquement la clôture des PPI en zones de montagne.

Les Périmètres de Protection Immédiate (PPI) semblent peu ou pas entretenus, dans de nombreux cas en raison du relief accidenté et de la faible fréquence de leur visite (points de prélèvement isolés et non accessibles en conditions hivernales).

Dans le contexte montagneux des ressources des coteaux, les PPI sont principalement entretenus par des débroussaillages et élagages réalisés le plus souvent pour permettre l'accès au captage et la protection du bâtiment. Les désherbages chimiques ne seraient pas ou très peu utilisés. Une sensibilisation des acteurs devra cependant être faite sur l'interdiction du recours à tout traitement chimique.

10.4.5. Reprises des DUP

Rappelons que la mise en place des périmètres de protection des captages est obligatoire depuis 1992 sur tous les captages d'alimentation en eau potable existants. Par ailleurs, la non inscription des périmètres de protection de captage immédiat et rapproché dans les documents d'urbanisme est un motif de non-conformité à la loi sur l'eau de 1992 et à l'article L.1321-2 du Code de la Santé Publique.

L'analyse de la situation administrative des captages a montré l'absence de nombreuses DUP et l'âge élevé de la plupart des DUP existantes. **Nous préconisons ainsi de façon prioritaire en ce qui a trait à la situation administrative des ressources** les actions suivantes :

- Finalisation des DUP en cours d'élaboration ;
- Reprise des DUP antérieures à 1994, avec une éventuelle priorisation sur
 - les captages présentant des problèmes de qualité avérés et montrant les plus fortes sensibilités aux risques microbiologiques et/ou de turbidité ;
 - les captages stratégiques (forte population alimentée et/ou aucune alternative) ;
- Vérification de l'intégration dans les PLU des préconisations des DUP et de leur respect ; en particulier, aucune nouvelle construction et installation ne devrait prendre place en amont immédiat des captages des coteaux du fait de la forte vulnérabilité de ces ressources ;
- Enquête territoriale de conformité des prescriptions existantes (travaux et autres éléments du respect des DUP) ;
- Finalisation des procédures d'abandon des captages non utilisés pour lever les servitudes.

Tableau 55 : Captages requérant prioritairement une actualisation de leur DUP

En raison de :	
Absence de DUP	AILLOUDS (Séchilienne), BEAUME (St-Georges de Commiers), BLANCS (Séchilienne), BURDET (Claix), FONTAINE GALANTE (Corenc), LE PLATRE (Vaulnaveys le Bas), MATHIEUX (Séchilienne), MONT SEC NOUVEAU (Séchilienne), PINEA (Sarceñas)
DUP < 1994	BASSE DU RESERVOIR (Mont St-Martin), BOULAISE (Mont St-Martin), COLOUR (Sappey en Chartreuse), COMBES (Mont St-Martin), FONT FROIDE (Sappey en Chartreuse – Sarceñas), RUISSET (Sappey en Chartreuse)
DUP de 1994	BITS (Séchilienne), BUISSONNIERE / CLOTS (Séchilienne), CLOS (Le Gua), CLOS BENEY (Séchilienne), ECHAILLON (Le Gua), FELIX FAURE (Vif), GRANDS PRAS (Séchilienne), JONIER (Le Gua), MERLIERE (Vif), PRELENFREY – CHATELARD (Le Gua), SAGNES (Miribel Lanchâtre), THIEBAUDS (Séchilienne), THIEBAUDS ECOLE (Séchilienne), VIGNES (Séchilienne)
DUP de 1995	ARTHAUD (Seyssins), CHARBONNEAUX (Seyssins), FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage), FONTFROIDE HAUT (St-Martin d'Uriage), MATHIEU (Seyssins), PASSE RIVIERE (Vaulnaveys le Bas), RUISSEAU (Seyssins)
DUP de 1998	MONTENU (Proveysieux)
Importance stratégique	JOUCHY, PRE GRIVEL, ROCHEFORT
Rapport PPR/APAC faible	ARTHAUD (Seyssins), BASSE DU RESERVOIR (Mont St-Martin), BITS (Séchilienne), BOULAISE (Mont St-Martin), BREDUIRE (Proveysieux), BUISSONNIERE / CLOTS (Séchilienne), BURDET (Claix), CHARBONNEAUX (Seyssins), CHATELARD (Proveysieux), CLOS (Le Gua), CLOS BENEY (Séchilienne),

	COMBES (Mont St-Martin), COLOUR (Sappey en Chartreuse), ECHAILLON (Le Gua), FELIX FAURE (Vif), GARRETIERES (Claix), GORGE (St-Barthélémy de Séchilienne), GRAND (Domène – Revel), GRANDS PRAS (Séchilienne), JAYERES (Claix), JONIER (Le Gua), LA GORGE (Vaulnaveys le Bas), MAISON BLANCHE (Claix), MATHIEU (Seyssins), PASSE RIVIERE (Vaulnaveys le Bas), PONT DE CLAIX (Claix), PRELENFREY – CHATELARD (Le Gua), RUISSEAU (Seyssins), RUISSET Sappey en Chartreuse), SAGNES (Miribel Lanchâtre), VIGNES (Séchilienne)
Surface anthropisée	BALMES (Noyarey), ENGINEAUX (Noyarey), FONT FROIDE (Sappey en Chartreuse – Sarceñas), FONTFROIDE HAUT (St-Martin d'Uriage), FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage), GORGE (Domène – Revel), LA GORGE (Vaulnaveys le Bas), MERLIERE (Vif), PASSE RIVIERE (Vaulnaveys le Bas), THOUVIERE (Noyarey), VIGNES (Séchilienne)

Les périmètres de protection immédiate et rapprochée régissent de façon claire l'occupation du territoire autour des points de prélèvement. Il faudra donc veiller à les respecter. Seule la procédure DUP, sur avis d'un hydrogéologue agréé nommé par l'ARS, peut préconiser les mesures nécessaires, qui doivent par la suite être obligatoirement reportées dans les PLU. Il n'est pas de notre ressort de faire de telles préconisations (qui seraient illégales puisqu'en dehors de la réglementation de protection des captages). Nous pouvons cependant recommander la reprise des DUP des captages indiqués au tableau ci-avant, au moins en ce qui a trait à la vérification de la taille du PPR dont plusieurs paraissent très petits en regard de l'étendue probable de l'APAC et du fonctionnement des ressources (karstiques pour la plupart).

La réalisation ou la révision d'une DUP impliquera différentes actions :

- Relevé par un géomètre des coordonnées X, Y et Z de tous les points de prélèvements ;
- Obtention d'un code BBS auprès du BRGM-SGR pour les points n'en disposant pas ;
- Etude hydrogéologique préliminaire à l'avis de l'Hydrogéologue Agréé, incorporant une étude de type Aire d'Alimentation de Captage (délimitation de l'AAC, de sa vulnérabilité intrinsèque et des pressions existant sur l'AAC) ;
- Avis d'Hydrogéologue Agréé ;
- Procédure de DUP

10.4.6. Surveillance des périmètres de protection

L'existence d'une DUP, avec ses périmètres de protection et ses prescriptions et servitudes, ne garantit pas la protection d'une ressource. L'interdiction d'une activité ou d'une pratique ne certifie pas son absence. Les prescriptions qui visent à éviter une contamination ne peuvent totalement l'empêcher. Ceci démontre le **besoin d'une surveillance régulière** du territoire faisant l'objet des prescriptions.

Indépendamment de la surveillance effectuée lors des visites régulières des captages par les techniciens GAM, des **tournées de surveillance opérationnelle des périmètres de protection devraient avoir lieu afin d'inspecter les environs amont des captages**. La fréquence de ces tournées de surveillance pourrait en être bimestrielle ou trimestrielle. Les principaux éléments à surveiller dans le périmètre de protection rapprochée sont entre autres (parce que les plus fréquents) :

- Les dépôts sauvages de déchets domestiques ou artisanaux (élimination de détritiques en fond de chemin) ;
- Les stockages de fumiers en bout de champ et la stabulation d'animaux ;
- L'installation, la modification ou l'état des cuves à mazout ;
- Le stockage d'épaves de véhicules et de matériel industriel ou artisanaux ;
- Les aménagements de chemins ou de stationnement.
- Les travaux de manière générale et les changements d'usages et d'occupation du territoire

10.5. Spécificités des grands champs captants

Les grands champs captants bénéficient d'une enceinte clôturée de 100 ha pour Rochefort, 9.5 ha pour Jouchy et 8.5 ha pour Pré Grivel.

Concernant les prescriptions des DUP, elles ne sont pas toujours faciles à faire respecter (ancienneté, modifications du vocabulaire et du contexte règlementaire, retranscription des servitudes dans les PLU parfois mal ou pas prises en compte, volonté variable des communes de faire appliquer la réglementation, situations de non-conformité jamais mises aux normes, non coordination des décisions des services de l'Etat ...).

Certains sujets comme l'interdiction d'implantation des usines produisant des effluents pollués chimiquement ou bactériologiquement, le stockage au champ de tas de fumiers, les dépôts sauvages, l'installation de caravanes à demeure ... sont difficiles à gérer. C'est par exemple le cas de la déchetterie de Vizille, la question sur Pré Grivel des rejets Vicat dans le canal des Martinets, la ZA de saint Georges de Commiers sur Rochefort

Les champs captants sont situés en zones inondables, mais les ouvrages sont différemment exposés selon leur position. Une étude détaillée pourrait être menée pour préciser leur vulnérabilité aux risques d'inondation.

Seul le champ captant de Rochefort bénéficie d'une barrière hydraulique de protection en cas de pollution sur le cours d'eau. Cette barrière hydraulique s'applique aux ouvrages PR2 (Fontagneux) et PS2, et moindrement au PS1.

A Rochefort, la vétusté des parties externes des ouvrages PR1, PR2 et PR3 est notée (nombreuses fentes, problème d'étanchéité) et requerrait une correction. Est également indiquée la présence de gens du voyage installés illégalement sur des parcelles agricoles et donc non raccordés à l'assainissement collectif sur des parcelles situées en amont des captages PR1, PR2, PS1 et PS2.

A Jouchy, des dépôts sauvages seraient présents sur les parcelles situées en face du PPI et en amont, vers la prise d'eau alimentant les canaux de réalimentation (Sud-Est du PPR).

Les trois champs captants sont équipés d'une vidéo-surveillance et alarme. Rochefort est visité chaque jour. Pour Pré Grivel et Jouchy, les visites de surveillance des périmètres et des prélèvements pour autocontrôle sont quotidiennes (y compris les week-ends et jours fériés).

L'autocontrôle est quotidien sur le mélange à Rochefort, sur le mélange à Pré-Grivel (tests bactériologiques internes), et sur le mélange à Jouchy (tests bactériologiques internes), complété par un autocontrôle quotidien (en semaine) sur le mélange de Pré Grivel et Jouchy par un laboratoire agréé extérieur.

10.6. Stratégies territoriales de protection

De nombreux outils de gestion du territoire existent et permettent la protection des ressources captées. Le territoire de la plupart des APAC délimitées bénéficiant d'une occupation des sols naturels, les interventions territoriales devraient concerner :

- L'interdiction de toute nouvelle construction ou installation en amont immédiat des captages des coteaux du fait de la forte vulnérabilité de ces ressources ; la délimitation d'un périmètre

de protection rapprochée (PPR) et les servitudes qui y sont rattachées en seront les outils les plus adaptés ;

- L'interdiction ou la réglementation du pacage d'animaux dans les zones de sensibilité des APAC, en particulier l'évitement de toute concentration animale (ex. point d'abreuvement ou d'affouragement) ;
- L'utilisation du SCoT et du **PLUi permettrait de protéger certaines parties du territoire en complément de la mise en place des DUP.**
- L'ARS considère que les stratégies foncières notamment dans le cadre des DUP paraissent extrêmement bien adaptées et pertinentes dans le cadre d'une stratégie territoriale de protection de la ressource en eau, car c'est le seul moyen de maîtriser réellement l'usage des sols notamment dans le PPR. Le Code de la santé publique prévoit dans les PPR, article L1321-2 : "Dans les périmètres de protection rapprochée de prélèvements d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines, les communes ou les établissements publics de coopération intercommunale compétents peuvent instaurer le droit de préemption urbain dans les conditions définies à l'article L211-1 du code de l'urbanisme." Une réflexion sur une politique d'acquisition foncière, dans les PPR ou les PPE (pour éventuellement procéder à des échanges de parcelles avec celles dans les PPR par exemple) mériterait selon l'ARS d'être engagée par Grenoble Alpes Métropole.
- Parmi les outils existants, les SAGE peuvent aussi jouer un rôle important en matière de protection des ressources en eau, au travers de leur partie réglementaire. Le SAGE Drac Romanche, récemment révisé, couvre en partie le territoire de la Métropole et comprend plusieurs réglementations visant à protéger qualitativement et quantitativement les ressources en eau.

Rappelons cependant que toutes les actions territoriales ne peuvent réellement protéger la ressource que si elles sont appliquées et contrôlées.

10.6.1. Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)

Le projet de SAGE du Drac et de la Romanche (29 mai 2017) développe deux points particuliers en regard de l'Orientation 10 'Garantir et sécuriser la distribution d'une eau potable de qualité' de l'Enjeu 3 du Sage concernant la ressource en eau potable.

Point 82. Poursuivre la protection des captages et assurer la distribution d'une eau potable de qualité sur l'ensemble du territoire Drac-Romanche : Afin d'assurer la préservation des ressources AEP et d'assurer la distribution d'une eau potable de qualité sur l'ensemble du territoire Drac-Romanche, le SAGE insiste sur la nécessité de :

- renforcer l'acquisition de connaissances sur la vulnérabilité de la ressource et les suivis sur les unités de distribution d'eau potable présentant une qualité insuffisante ;
- réaliser une étude hydrogéologique sur les captages n'en disposant pas ;
- appliquer les préconisations des rapports géologiques (lorsqu'ils existent déjà) ;
- mettre en œuvre la procédure prévue à l'article L 1321-2 du code de la santé publique permettant l'implantation de périmètres de protection de captages ;
- réaliser des travaux de protection des captages (ex : clôture pour protéger la zone de captage) sur les secteurs présentant un problème de qualité de la ressource et ne disposant pas de protections adéquates ;
- mettre en place des systèmes de traitement appropriés (ultra-violet...), si nécessaire.
- réviser les DUP anciennes (ex : DUP antérieures à 2000) lorsque leurs préconisations ne semblent plus suffisantes pour garantir la qualité de la ressource.
- créer un groupe de travail spécifique de la CLE afin de suivre régulièrement les actions menées ou à définir sur le territoire pour garantir la qualité des eaux potables distribuées.

- travailler le plus en amont possible en concertation (échange avec l'hydrogéologue agréé) avec l'ARS et les agriculteurs/ alpagistes / forestiers pour faire évoluer les pratiques sur les périmètres de protection de captage (vigilance sur les itinéraires empruntés par les troupeaux ou le débardage, déplacer les points d'abreuvement de bétail qui sont à proximité de captages, gestion des coupes de bois, etc.). La première priorité est de réaliser ce travail dès l'élaboration des DUP pour la protection des captages ; la seconde est de réaliser ce travail sur les secteurs disposant déjà d'une DUP.

Point 83. Réduire l'impact des activités agricoles/forestières sur les ressources en eau potable. Le SAGE rappelle que le programme d'actions national fixant un socle réglementaire commun (arrêté du 19 décembre 2011 modifié en 2013 et 2016) est complété par des programmes d'actions régionaux (arrêté régional du 14 mai 2014 en cours de réexamen en 2017/2018) visant à renforcer localement les mesures du programme national. En 2016, sur le territoire Drac-Romanche, seules 6 communes sont classées en zone vulnérable par l'Etat et aucune sur le territoire de la Métropole. De plus, le SAGE recommande de :

- poursuivre et pérenniser les démarches déjà engagées par la commune de Nantes-en-Rattier et la DDT38 sur les captages « Sagnes » et « Creux » ; captages classés prioritaires dans le SDAGE 2016-2021 ;
- inciter les agriculteurs à pérenniser ou à mettre en place des pratiques conciliables avec la préservation des ressources AEP (exemple : agriculture biologique ou raisonnée ...).

Le SAGE édicte quelques règles nécessaires à l'atteinte de ses objectifs :

- Article 1 – Prévenir les pollutions lors des travaux de forages au titre du code minier et d'exploitation de mines
- Article 2 – Prévenir les pollutions lors de la production de neige de culture
- Article 3 – Réserver les secteurs vulnérables des nappes de la plaine de l'Oisans et de l'Eau d'Olle au seul usage AEP
- Article 4 – Interdire la dégradation des zones humides prioritaires du SAGE

Ces articles peuvent contribuer au maintien de la qualité des eaux du Drac et de la Romanche, donc aux eaux alimentant en tout ou partie les grands champs captants.

L'Article 2 peut contribuer à protéger les ressources de coteaux dont une partie de l'aire d'alimentation (APAC) comporte un domaine skiable.

Aucune des zones humides mentionnées par l'Article 4 ne concerne les aires d'alimentation des ressources de coteau.

10.6.2. Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)

Le rapport de présentation d'un SCOT devrait rassembler toutes les données existantes sur la qualité de l'eau, les captages et les dispositifs de protection. Les aires d'alimentation de captage et les périmètres de protection de captage doivent donc être inscrits dans le rapport de présentation car les collectivités doivent les protéger dans leurs décisions en matière d'aménagement. La non prise en compte des aires d'alimentation de captage et les périmètres de protection de captage dans le rapport de présentation du SCOT est un motif d'incompatibilité avec le SDAGE.

Les choix d'aménagement des collectivités doivent tendre vers une volonté politique en faveur de la protection et de la non dégradation de la ressource en eau. L'incidence des projets rendus possibles par le SCOT sur la qualité de la ressource en eau est analysée dans le rapport de présentation. Le SCOT peut demander aux communes de mettre en place les périmètres de protection de captage. Le

SCOT peut prescrire des études hydrogéologiques évaluant la qualité et la quantité de la ressource en eau dans les aquifères.

En ce sens, le diagnostic territorial :

- identifie et cartographie les captages alimentant la commune, les captages en état de fonctionnement et les captages abandonnés sur le territoire communal et précise quels sont les captages prioritaires (Grenelle, SDAGE, conférence environnementale),
- identifie et cartographie les aires d'alimentation de captage et les périmètres de protection de captage présents sur le territoire du SCOT,
- intègre les arrêtés de déclaration d'utilité publique des périmètres de protection et/ou des aires d'alimentation de captage ou à défaut les conclusions du rapport hydrogéologique,
- décrit la qualité de l'eau desservie et les problèmes rencontrés en termes de vulnérabilité, quantité ...,
- identifie les secteurs d'infiltration rapide (ex. gouffres, pertes en rivières, ...),
- identifie et cartographie les Zones Soumises à Contraintes Environnementales existantes sur les captages d'eau potable,
- décrit les zones de distribution et fait ressortir les enjeux des interconnexions des différents réseaux de distribution d'eau du territoire du SCOT,
- établit des indicateurs de suivi.

Le Projet d'Aménagement et de Développement Durable du SCOT peut prescrire une protection sur les périmètres de protection de captage et les zones les plus vulnérables des aires d'alimentation de captage en y interdisant certains ouvrages. Il peut aussi limiter l'urbanisation et les nouvelles infrastructures linéaires dans les aires d'alimentation de captage et les périmètres de protection éloignés et rapprochés du captage pour ne pas engendrer de dégradations supplémentaires à la qualité de l'eau. Le PADD peut prescrire la limitation de l'imperméabilisation des sols des zones de captages pour favoriser la recharge des nappes.

Le SCOT est donc un outil permettant la protection de la ressource en eau captée.

La Métropole a élaboré en ce qui a trait au SCOT quatre documents :

- Le rapport de présentation ;
- Le projet d'aménagement et de développement durable (PADD) ;
- Le document d'orientation et d'objectifs (DOO) ;
- Le document d'aménagement commercial (DAC)

Le Rapport de présentation permet d'identifier les forces et faiblesses du territoire. Il justifie les choix retenus pour établir le Projet d'aménagement et de développement durables (PADD) et le Document d'orientation et d'objectifs (DOO) et évalue leurs impacts sur l'environnement.

Le PADD expose le projet politique porté par les élus de la région grenobloise : c'est la vision de ce que l'on veut faire du territoire à long terme. Fondé sur le diagnostic de la région grenobloise, il fixe les grands objectifs que devront poursuivre les politiques locales d'urbanisme en matière d'habitat, de déplacements, d'environnement, d'économie...

Le DOO est la traduction concrète du PADD et lui confère une valeur prescriptive. Il constitue le "règlement" du SCOT : les documents et projets locaux d'urbanisme (PLI, PLH, PDU, ...) doivent être compatibles avec ses orientations. Le chapitre du DOO consacré à l'urbanisme commercial fait l'objet d'une pièce à part, le Document d'aménagement commercial (DAC). L'implantation d'équipements commerciaux est subordonnée au respect des conditions qu'il fixe : localisations préférentielles au

sein de zones d'aménagement commercial (ZACOM) et surfaces maximales fonction de la commune d'accueil.

Le DAC est un chapitre du DOO consacré à l'aménagement commercial. Il constitue un document d'aménagement à part entière, qui a fait l'objet d'une approbation séparée de celle du SCoT et d'une enquête publique. Mis en place par la loi portant Engagement National pour l'Environnement (dite Grenelle II), en 2010, il a ensuite été remplacé par un document d'aménagement artisanal et commercial par la loi Pinel, dans tous les SCoT arrêtés après le 18 juin 2014. Le DAC de la RUG, arrêté en décembre 2011, continue par conséquent de s'appliquer au territoire du SCoT.

En ce qui a trait à la protection des ressources, le DOO précise parmi ses objectifs (page 107) : « Contribuer à concilier les activités économiques agricoles et les enjeux paysagers, patrimoniaux, de biodiversité, de protection des milieux aquatiques, de non dégradation des zones humides et de protection de l'alimentation en eau potable. »

La Section 13 du document 'Protéger durablement les ressources en eau potable' développe les aspects suivants :

- 1.3.1. Préserver les ressources en eau stratégiques et dont la qualité est à protéger dans le SCoT ;
- 1.3.2. Protéger les périmètres de captage de toute atteinte par l'urbanisation et la pollution ;
- 1.3.3. Favoriser la gestion quantitative des ressources ;
- 1.3.4. Associer le confortement de l'urbanisation à l'amélioration de la structuration intercommunale sur la sécurité de l'alimentation en eau potable.

Il mentionne que les collectivités territoriales doivent préserver prioritairement les nappes d'eau souterraines destinées dans le futur à la consommation humaine correspondant à la fois aux ressources majeures à préserver pour l'alimentation en eau potable actuelle et future et aux ressources stratégiques. Il s'agit principalement des ressources des grands champs captants. Les ressources des coteaux n'y sont pas mentionnées explicitement.

Concernant ces ressources des coteaux (ressources gravitaires) il est mentionné : Essentiellement présentes en Belledonne [...], ces ressources ont des débits variables au cours d'une année et les prélèvements doivent particulièrement suivre le principe de solidarité amont/aval à l'échelle des bassins entre les utilisateurs d'eau.

Il est constaté (SCOT 2012 ; section 1.3.2) que « les captages d'eau potable de la région grenobloise souffrent d'un niveau inégal de protection. Qui plus est, certains secteurs de la région grenobloise, souffrent de pollutions diffuses d'origine agricole et domestique. » Conséquemment « Les collectivités locales doivent mettre en œuvre au sein de leurs documents d'urbanisme locaux ou de leurs politiques locales toutes les mesures protégeant ou contribuant à protéger les zones d'alimentation des captages d'eau potable et les ressources existantes ou potentielles. Elles doivent contribuer à prévenir les pollutions diffuses et protéger les captages d'alimentation en eau potable des pollutions chroniques. »

En particulier, « Les documents d'urbanisme locaux doivent traduire :

- les périmètres de protection des captages d'eau potable (immédiats, rapprochés, éloignés) à l'échelle cadastrale au sein du document d'urbanisme (particulièrement dans le plan de zonage) ; cette traduction doit inclure les périmètres de protection des captages de communes voisines ;

- les règles d'usage des sols fixées par les arrêtés préfectoraux sur les trois niveaux de protection au sein des documents d'urbanisme (particulièrement dans le règlement et le plan de zonage).

Il est également indiqué que :

- Les collectivités locales doivent mettre en œuvre les conditions d'usage des sols et de prévention de la pollution de la nappe phréatique adéquates (indiquées dans les DUP des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable) pour les travaux, projets et aménagements menés par la collectivité.
- Quand les captages ne bénéficient pas de DUP d'arrêté préfectoral de protection, les collectivités locales doivent s'appuyer sur le rapport hydrogéologique existant pour mettre en place des règles de protection des espaces au sein du document d'urbanisme : zonage spécifique naturel ou agricole spécifiant la protection des captages d'eau potable et proscrivant la constructibilité dans les zones correspondant aux périmètres de captage immédiats et rapprochés.
- **En cas de conflit d'usages, priorité doit être donnée à la préservation des ressources en faveur de l'alimentation en eau potable (SDAGE).**

En matière de recommandations et modalités de mise en œuvre, il est précisé que les collectivités locales sont incitées à communiquer régulièrement à l'ensemble des propriétaires et usagers de ces espaces (exploitants agricoles notamment) les règles liées aux conditions d'usage des sols et de prévention de la pollution de la nappe phréatique indiquées dans les DUP des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable. Pour les périmètres de captage éloignés, les documents d'urbanisme locaux devraient interdire tout projet d'aménagement susceptible d'accentuer le risque de pollution des ressources, de réduire la capacité d'infiltration des eaux ou le pouvoir épurateur des sols. Pour mettre en place l'ensemble de ces objectifs et recommandations, les collectivités locales peuvent s'appuyer sur les services publics compétents en matière d'eau potable et les structures porteuses de SAGE et de contrats de rivière.

Le SCOT de la Région Urbaine de Grenoble contient donc des éléments clairs visant la protection des ressources en eau destinées à l'alimentation. Malheureusement, comme tout SCOT, il s'agit d'un document de politique générale ne se déclinant pas nécessairement en mesures concrètes contraignantes. **Il laisse en effet aux collectivités la mise en œuvre concrète de ces objectifs.**

10.6.3. Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi)

La mise en place du Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi) est en cours sur le territoire de la Métropole. Ce PLUi vise à garantir une politique d'aménagement du territoire globale et cohérente sur les 49 communes de la Métropole. Son approbation est prévue pour 2019.

L'élaboration du PLUi s'est entre autres appuyé sur le document établi par les services de l'Etat pour le département de l'Isère en Novembre 2008. Ce document mentionne que dans le cadre d'une politique volontariste de la commune pour la protection de ses ressources en eau, le PLU définit, dans les secteurs d'alimentation des captages, les zones à protéger, les occupations et utilisations des sols à réglementer, les terrains à acquérir. La cohérence entre politique d'aménagement et d'urbanisation et politique de protection de la ressource doit se traduire à différents niveaux dans le PLU. Le document rédigé en 2008 avait ainsi pour vocation de donner des outils concrets de traduction, afin de garantir la prise en compte claire et efficace des prescriptions de protection et d'améliorer l'opérationnalité du PLU vis-à-vis du service urbanisme et des administrés. Le lecteur s'y référera le cas échéant.

Le fait que ce soit aujourd'hui la Métropole qui soit titulaire des compétences eau potable, assainissement, développement économique, voirie ... et PLUi, permet de mettre en place une retranscription cohérente dans le zonage et les règlements de l'ensemble des DUP des ressources en eau potable de la Métropole

Dans ce cadre, GAM souhaite développer une gestion durable des ressources, et entre autres assurer la pérennité de l'approvisionnement et de la qualité de l'eau potable. Pour cela, la Métropole veille à promouvoir un projet de développement cohérent avec la préservation de la qualité de ses ressources en eau potable. Il s'agit de protéger, dans le respect des réglementations existantes, les grands captages de Rochefort et de Pré Grivel – Jouchy. La Métropole souhaite également préserver la diversité et la qualité de la ressource en eau pour l'ensemble de son territoire, notamment pour les zones de montagne alimentées par des sources des coteaux. Dans ce contexte, et au travers de son PLUi, la Métropole veillera à encadrer l'occupation et l'usage des sols afin de protéger l'ensemble des captages d'alimentation en eau potable.

Le territoire couvert par un PLU ou PLUi est divisé en zones urbaines (sigle U), en zones à urbaniser (sigle AU), en zones agricoles (sigle A) et en zones naturelles et forestières (sigle N) dont les délimitations sont reportées sur le plan de découpage en zones et reprises dans le règlement détaillé. C'est ce zonage qui autorise ou pas les constructions et l'occupation du territoire ainsi que leurs types et contraintes. **Il s'agit donc d'un outil déterminant du point de vue technique et politique pour la protection des eaux souterraines alimentant un captage.**

La mise en place du Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi) est en cours sur le territoire de la Métropole. Ce PLUi vise à garantir une politique d'aménagement du territoire globale et cohérente sur les 49 communes de la Métropole. Son approbation est prévue pour 2019.

Le territoire couvert par un PLU ou PLUi est divisé en zones urbaines (sigle U), en zones à urbaniser (sigle AU), en zones agricoles (sigle A) et en zones naturelles et forestières (sigle N) dont les délimitations sont reportées sur le plan de découpage en zones et reprises dans le règlement détaillé. C'est ce zonage qui autorise ou pas les constructions et l'occupation du territoire ainsi que leurs types et contraintes. Il s'agit donc d'un outil déterminant pour la protection des eaux souterraines alimentant un captage.

Pour une protection optimale, nous recommandons de classer les périmètres de protection de captage en zone inconstructible, N de préférence ou A selon l'affectation des sols excluant ainsi l'urbanisation nouvelle et autorisant seulement la continuité des activités existantes. Toutefois, tout type de zonage est envisageable dans la mesure où il correspond à l'urbanisation actuelle du site et seulement à celle-ci. Les zones déjà urbaines ne doivent pas être étendues.

Dans le cas des captages, en particulier ceux établis sur une ressource karstique, il semblerait donc opportun que les zones urbaines (U) et à urbaniser (AU) du PLU soient exclues du périmètre de protection rapprochée. Cependant, comme il est difficile d'envisager la suppression d'un habitat déjà existant, la seule latitude réside dans l'interdiction de zones AU dans le périmètre de protection, l'établissement de prescriptions dans les zones U par l'Hydrogéologue agréé et la DUP. Par ailleurs, ceci imposerait de réviser au préalable la DUP et la délimitation du PPR des captages avant de modifier le PLU.

Concernant les zones agricoles (A), les prescriptions d'usage doivent concerner en priorité le pacage et la stabulation d'animaux et le stockage des fumiers et lisiers sur le périmètre de protection rapprochée. Un élevage extensif (prairies et estives) ne constitue pas une réelle menace si les animaux ne se regroupent ni ne stationnent sur des endroits restreints (exemple des zones d'affouragement), où leurs déjections constitueraient alors une source localisée d'impacts.

Quel que soit le zonage établi, nous recommandons de définir un sous zonage indicé « p » (Protection de captage) afin de pouvoir prévoir dans le règlement des prescriptions particulières. Une précision peut être apportée pour le type de périmètre : par exemple "r" pour 'Rapproché'. La Métropole peut également recourir à l'emplacement réservé afin d'acquérir les parcelles localisées dans les périmètres de protection immédiat et rapproché. Le droit de préemption urbain peut également être mobilisé pour faciliter l'acquisition de ces parcelles. **Le plan de zonage doit tenir compte des conclusions de l'étude hydrologique du captage même si celui-ci n'est pas soumis à une déclaration d'utilité publique.**

Il est indispensable de retranscrire la réglementation issue de la servitude d'utilité publique appliquée aux périmètres de protection de captage dans le règlement du PLUi. Pour les captages ne disposant pas de servitude d'utilité publique, les règles suivantes peuvent être préconisées dans les périmètres rapprochés ou secteurs vulnérables des aires d'alimentation de captage en se basant sur le rapport hydrogéologique :

DESTINATION DES CONSTRUCTIONS, USAGES DES SOLS ET NATURES D'ACTIVITE

Interdiction de certains usages et affectation des sols, constructions et activités

- Interdire dans le périmètre immédiat, toutes activités, installations et dépôts, à l'exception des activités d'exploitation et de contrôle du point d'eau.
- Interdire les nouvelles constructions, extension et changement de destination des bâtiments existants susceptibles de porter atteinte à la qualité des eaux sauf bâtiments strictement liés à l'exploitation du réseau d'eau et les équipements et travaux liés au transport d'énergie électrique et aux télécommunications.
- Interdire la création de plan d'eau ou tout autre actions susceptible de modifier le fonctionnement du système hydrologique (drainage, puits...) dans le périmètre de protection rapproché.
- Interdire les exhaussements, affouillements de sols.
- Interdire tous travaux, installations, activités, dépôts, stockages, ouvrages, aménagements ou occupations des sols susceptibles d'entraîner une pollution de nature à rendre l'eau impropre à la consommation humaine
- Interdire l'infiltration d'eaux de ruissellement pour l'évacuation des eaux pluviales des voiries, parkings, aires de stockage de matériaux dans les zones les plus vulnérables.
- Interdire les nouvelles infrastructures linéaires telles que nouvelles voiries de liaison hors desserte de proximité, stationnements, etc.

EQUIPEMENT ET RESEAUX

Desserte par les réseaux

- Obligation de se raccorder au réseau d'assainissement collectif.
- Interdire les nouvelles canalisations (eaux usées ou transport de produits susceptibles d'altérer la qualité des eaux) hormis dans le cadre de travaux autorisés d'amélioration de la protection de la ressource en eau dans les périmètres de protection rapproché.
- Interdire les puits d'infiltrations.

Pour les installations existantes, des modalités spécifiques seront étudiées.

Pour rendre pertinente l'incorporation de ces zonages dans le PLUi, nous recommandons que cette action soit précédée des phases chronologiques suivantes :

- Repérage par un géomètre des coordonnées X, Y et Z de tous les points de prélèvements ;

- Etude hydrogéologique préliminaire à l'avis de l'Hydrogéologue Agréé, incorporant une étude de type Aire d'Alimentation de Captage (délimitation de l'AAC, de sa vulnérabilité intrinsèque et des pressions existant sur l'AAC) ;
- Avis de l'Hydrogéologue Agréé ;
- Révision de la DUP.

L'ARS rappelle que la remise en état et les travaux de mise en conformité des ouvrages de captage/PPI prescrits dans les DUP (le délai pour les travaux est normalement de 2 ans suivant la signature de l'arrêté) ou dans les rapports de hydrogéologues agréés semble une priorité, notamment pour toutes les ressources de coteaux vulnérables aux pollutions issues des eaux de ruissellement.

10.6.4. Plans Communaux de Sauvegarde (PCS)

La loi de modernisation de la sécurité civile d'août 2004 a créé les outils nécessaires au Maire dans son rôle de partenaire majeur de la gestion d'un événement de sécurité civile avec l'institution du Plan Communal de Sauvegarde (PCS), de la Réserve Communale de Sécurité Civile (RCSC) et une association plus forte aux exercices organisés. Parmi ces outils, le PCS a vocation à organiser la mobilisation de cette réponse de proximité, traduisant l'engagement de tous et une culture partagée de la sécurité. Il regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population en cas de survenance d'une catastrophe majeure, d'un phénomène climatique ou de tout autre événement de sécurité civile. Le PCS peut être ainsi un outil d'anticipation et de gestion des pollutions accidentelles. Il ne peut être un outil de préservation, mais avoir un rôle de protection.

La Métropole a engagé une démarche dont les objectifs sont de faciliter l'élaboration du volet eau potable des PCS par une clarification des responsabilités et des contributions des différents acteurs, un document support pour la rédaction du volet eau potable et des fiches pratiques pouvant être intégrées dans les PCS. L'objectif est également de faire bénéficier les communes d'une analyse des risques spécifiques à l'eau potable, d'une expérience capitalisée sur les crises rencontrées et d'un document support qui sera mis à jour.

Un document de travail a été produit par la Métropole en mars 2017 : « Trame pour le volet eau potable des plans communaux de sauvegarde ». Il aborde différents points et aspects de la problématique :

- Responsabilités dans la gestion de crise eau potable ;
- Organisation en matière de production et distribution d'eau potable ;
- Descriptif de l'alimentation et de la distribution en eau potable de la commune ;
- Risques liés à la distribution d'eau potable et veille ;
- Gestion de crise ;
- Information de crise ;
- Analyse et « Débriefing » de crise ;
- Mises à jour et liste de diffusion du document.

Ce document préconise que soit décrit au niveau de chaque territoire municipal les différents risques et impacts potentiels liés à la distribution d'eau potable :

- Risques sur la qualité sanitaire de l'eau
 - Pollution en amont de la ressource
 - Pollution industrielle
 - Accident de transport
 - Rejets accidentels effluents assainissement ou d'élevage agricole
 - Orages

- Non-conformité de l'eau mise en distribution
 - Incapacité du traitement à absorber une pollution en amont
 - Défaillance du traitement
 - Pollution sur l'eau fournie en gros (non contrôlée au point de livraison)
- Pollution sur le réseau
 - Retour d'eau
 - Introduction de produits nocifs (notamment suite intrusions)
 - Incidents de fonctionnement (technique, manœuvres, ...)
- Risque quantitatif
 - Phénomène naturel conduisant à une rupture d'alimentation
 - Etiage de la ressource
 - Inondation, Tempête, Glissement de terrain, Gel
 - Détérioration physique sur les ouvrages
 - Rupture d'alimentation électrique
 - Problème technique
 - Accident
 - Actes de malveillance
 - Casses de canalisation

Parmi ces différents risques, seuls les 'risques de pollution en amont de la ressource' et les 'ruptures d'alimentation du fait de l'étiage de la ressource' font partie du domaine de la ressource (fonctionnement hydrogéologique et occupation du territoire) et donc de la présente étude. Les autres relèvent du captage lui-même et du réseau de distribution, et donc de l'étude du schéma directeur.

Ces deux points des PCS pourront s'appuyer sur notre recensement cartographique des pressions présentes sur le territoire des APAC (vulnérabilité extrinsèque) et sur la comparaison des informations de la base de données constituée renseignant sur les débits d'étiage et le besoin estimé de la population desservie.

En matière de veille, le document indique les informations pouvant conduire à une alarme :

- Non conformités sur des analyses de l'eau (contrôle règlementaire ARS ou autocontrôle de l'exploitant) ;
- Plaintes d'abonnés (sur la qualité ou la quantité) directes (appels téléphoniques, visites) ou indirectes (presse, réseaux sociaux, ...) ;
- Recrudescence de maladies pouvant impliquer l'eau potable ;
- Pollution de la ressource en amont (déversements accidentels, accidents, ...
- Pannes d'alimentation électrique ;
- Dégâts causés par un évènement climatiques (tempêtes, inondations, ...) ;
- Anomalies techniques détectées par l'exploitant du service (soit directement soit au travers de la télésurveillance des installations) ;
- Intrusions sur les installations.

Seules les 'non conformités sur des analyses de l'eau' et les 'pollutions de la ressource en amont (déversements accidentels, accidents, ...)' sont du domaine de la ressource et de la présente étude.

Ces points des PCS pourront s'appuyer pour comparaison sur les données de qualité compilées dans notre base de données (moyenne, minimum, maximum, écart-type) et sur notre recensement cartographique des pressions présentes sur le territoire des APAC (vulnérabilité extrinsèque).

Le document présente les étapes de la gestion de crise :

- Veille
- Mise en vigilance
- Vérification et confirmation + mesures conservatoires par l'exploitant
- Déclenchement éventuelle d'une gestion de crise

Il définit trois niveaux de crise et leurs critères de déclenchement :

- Incident significatif (déclenché par l'exploitant) ;
- Crise grave (déclenché par le Maire) ;
- Crise majeure (déclenché par le Préfet).

Le PCS développé par la Métropole est donc un outil fonctionnel établissant clairement les responsabilités, et les étapes d'identification et de résolution d'une crise. La gestion de crise y est décrite de façon détaillée. Comme dans toute procédure, son efficacité résidera dans l'efficacité de sa mise en application (exhaustivité de la veille, réactivité des intervenants, possibilité de rejoindre les personnes en responsabilité, délai de la vérification, etc.).

La Métropole a engagé une démarche dont les objectifs sont de faciliter l'élaboration du volet eau potable des PCS par une clarification des responsabilités et des contributions des différents acteurs, un document support pour la rédaction du volet eau potable et des fiches pratiques pouvant être intégrées dans les PCS. L'objectif est également de faire bénéficier les communes d'une analyse des risques spécifiques à l'eau potable, d'une expérience capitalisée sur les crises rencontrées et d'un document support qui sera mis à jour. Un document de travail a été produit par la Métropole en mars 2017 (voir présentation du PCS à la section 10.6.4).

Ce document préconise l'identification des risques et impacts potentiels liés à la distribution d'eau potable. Parmi les différents risques indiqués, les 'risques de pollution en amont de la ressource' et les 'ruptures d'alimentation du fait de l'étiage de la ressource' concernent directement la ressource (fonctionnement hydrogéologique et occupation du territoire). Ces deux points peuvent donc s'appuyer sur notre recensement cartographique des pressions présentes sur le territoire des APAC (vulnérabilité extrinsèque) et sur la comparaison des informations de la base de données constituée renseignant sur les débits d'étiage et le besoin estimé de la population desservie.

Le document de la Métropole indique aussi les informations pouvant conduire à une alarme. Parmi celles-ci, les 'non conformités sur des analyses de l'eau' et les 'pollutions de la ressource en amont (déversements accidentels, accidents, ...)' concernent la ressource. Ils peuvent donc s'appuyer sur les données de qualité compilées dans notre base de données (moyenne, minimum, maximum, écart-type) et sur notre recensement cartographique des pressions présentes sur le territoire des APAC (vulnérabilité extrinsèque).

Il conviendra de s'assurer que les éléments identifiés dans cette étude soient bien intégrés dans le PCS. Ces éléments pourront être complétés et précisés au fur et à mesure des enquêtes de terrain, des études sur les AAC.

Comme notre étude n'a cependant été effectuée que sur une base documentaire, sans étude et enquête de terrain, elle contient nécessairement des incertitudes possiblement importantes au niveau des points suivants :

- Localisation réelle exacte des points de prélèvement des captages ;
- Fonctionnement hydrogéologique du captage ;
- Extension de l'Aire d'Alimentation du Captage (AAC) ;
- Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque de l'AAC ;

- Identification des pressions et évaluation du risque relié.

Ces éléments devraient faire l'objet d'études spécifiques (incluant des activités de terrain) afin de rendre plus efficaces et pertinents les PCS mis en place.

10.6.5. Veille foncière et action foncière

Les solutions de protection des captages et leur ressource peuvent recourir aux mesures foncières. Ces mesures sont pérennes et font partie des solutions mises en avant par l'Agence de l'Eau. Depuis 2010, la SAFER et l'Agence de l'Eau RMC ont signé des conventions de partenariat qui permettent la mise en œuvre d'actions d'information, de sensibilisation et de communication, mais aussi de veille et d'opérations foncières. L'objectif final de ces conventions de partenariat est d'aboutir à la mise en place de conventions opérationnelles avec les différentes collectivités gestionnaires de captages « prioritaires ». La SAFER devient ainsi l'opérateur et le partenaire en matière d'actions foncières de la collectivité.

Il faut toutefois étudier en amont l'intérêt de procéder à des acquisitions foncières qui seront forcément localisées. En effet, selon les types de sols et la géologie du secteur, les actions localisées sur les terrains acquis pourront être plus ou moins pertinentes et efficaces (sols alluvionnaires, sols karstiques, ...).

La thématique foncière est une question très sensible en milieu rural et agricole. On touche en effet à la fois au patrimoine privé et à l'outil de travail. Avant qu'une collectivité ne mette en place une démarche d'acquisition foncière, il convient donc de prendre un certain nombre de précautions au préalable.

Si une maîtrise foncière par acquisition sur l'ensemble de ces espaces n'est pas envisageable, il est indispensable de cibler les interventions en motivant les choix (analyse des usages / menaces / pressions / sensibilité / ...).

Cette phase peut prendre la forme d'un diagnostic foncier qui permet, par une enquête auprès des propriétaires et exploitants agricoles, de connaître leurs volontés pour les années à venir. Plus un territoire dispose d'un parcellaire morcelé, plus la réalisation d'opérations foncières est complexe et longue à accomplir. Ceci s'explique par le fait que le territoire est composé de nombreux propriétaires, d'exploitants et de parcelles : le travail de négociation en est donc démultiplié.

La collectivité peut intervenir lorsque des opérations foncières interviennent sur les secteurs ciblés. Le dispositif de Veille foncière Vigifoncier permet à la collectivité d'accéder en temps réel :

- aux données du marché foncier rural notifiées par les notaires,
- aux opérations foncières de la SAFER.

La collectivité peut demander à la SAFER d'agir :

- en exerçant son droit de préemption pour un objectif environnemental ou agricole,
- en se portant candidate à des annonces de vente de la SAFER.

Ces opportunités peuvent se présenter dans un cadre amiable, ou elles peuvent nécessiter l'exercice d'un droit de préemption, qui est la faculté reconnue à une personne physique ou morale de se substituer à l'acquéreur d'un bien que son propriétaire a mis en vente.

La collectivité peut faire le choix d'engager une démarche active pour parvenir à des acquisitions foncières dans des zones ciblées. Elle doit dans ce cas veiller à réaliser les démarches préalables

identifiées précédemment. La réalisation d'un diagnostic foncier (ou étude de mobilité foncière) aide à initier la démarche : présentation des enjeux du territoire, sensibilisation à l'intérêt général de la préservation de la ressource en eau, connaissance de la volonté des propriétaires et des agriculteurs.

Afin de mettre en place la protection réglementaire des captages pour lutter contre les pollutions ponctuelles et accidentelles, l'Agence de l'Eau RMC peut éventuellement subventionner jusqu'à 50% les travaux de protection prescrits par la DUP, l'acquisition de parcelles et l'indemnisation des prescriptions de la DUP dans les périmètres réglementaires (immédiats et rapprochés). Dans le cas de pollution par les nitrates et pesticides, la subvention peut aller jusqu'à 80%.

Il convient donc de préciser les secteurs où une action foncière volontariste est nécessaire au regard des enjeux.

10.7. Contexte administratif de gestion et de protection des ressources

10.7.1. Renforcement des compétences internes(hydrogéologie/juridique)

Le suivi des cas de contamination récemment survenus sur certaines des ressources a démontré l'importance de pouvoir disposer en interne des compétences requises pour analyser les causes des problèmes rencontrés et mettre en place les programmes d'actions adéquats. La présence d'un hydrogéologue au sein de la métropole permettrait d'évaluer rapidement l'importance du problème et de pouvoir y apporter les premières corrections. Comme dans toute urgence, la réactivité et le temps de mise en place des correctifs permet d'en limiter les impacts.

Nous recommandons d'envisager à termes l'intégration d'un hydrogéologue au sein du Service Gestion territoriale de l'eau de la Métropole. Cet hydrogéologue aurait entre autres en charge de veiller à l'application des lois et réglementations, des politiques (ex. SCOT) et des servitudes des DUP. **Cet hydrogéologue pourrait être appuyé par un spécialiste des aspects juridiques** en ce qui a trait à l'application de la réglementation et à la vérification du respect des prescriptions des DUP.

En effet, le renforcement du service par un spécialiste des aspects juridiques paraît pertinent entre autres et en particulier en ce qui a trait à l'application et au contrôle des prescriptions rattachées aux DUP.

10.7.2. Mise en place d'une ressource consultative experte

La rapidité et l'importance des crises récemment survenues a démontré le besoin et l'importance pour la Métropole de pouvoir disposer d'un pool d'experts rapidement mobilisables, sans les délais requis par une procédure administrative.

Indépendamment de la demande de nomination d'un hydrogéologue agréé par l'ARS, la Métropole devrait donc s'adjoindre un pool d'experts choisis sur la base de leurs compétences spécifiques respectives (hydrogéologie, traitement de l'eau). Plusieurs experts d'une même discipline devraient pouvoir être mobilisés simultanément de façon à pouvoir confronter leur point de vue.

Ces spécialistes pourraient intervenir dans les situations d'urgence ou au fil de l'eau en fonction des besoins. La constitution de ce pool d'experts pourrait être réalisée dans le cadre d'un marché à bon de commandes pluriannuel à titulaires multiples.

10.7.3. Collaboration avec les administrations et les services de l'Etat

Le cas de Casserousse a clairement illustré le manque de communication de certains services administratifs qui auraient dû appliquer la réglementation et immédiatement impliquer la Métropole dans la prise de décision. Le manque de communication et de prévention s'est traduit en une autorisation accordée sans mise en place des mesures compensatoires requises et préparation au risque potentiel.

Nous recommandons donc que soient mis en place des canaux de communication entre les services de l'état, de la région du département et de la métropole. Ceci devrait comprendre **une veille systématique informant le Service Gestion territoriale de l'eau de la métropole de tous travaux ou de toutes activités susceptibles d'impacter les captages et la qualité des eaux captées.**

La Métropole devrait mettre en place (en particulier) avec les services de l'Etat, de la Région et du Département un service de veille permettant d'identifier, le plus en amont possible, les travaux susceptibles d'impacter une ressource ou un captage. Ceci concerne tous les aménagements comme les stations de ski, les routes, les pistes forestières, les coupes forestières, l'hydroélectricité, etc.

En particulier, toutes les interventions survenant sur le territoire dans un Périmètre de Protection Rapprochée (PPR) ou dans son voisinage devraient faire l'objet d'un traitement commun entre les différents services administratifs et la Métropole. L'absence de concertation ou les divergences d'approche ne peuvent avoir qu'un effet nuisible sur la protection de la ressource et la résolution des problèmes.

[Mentionnons que le SAGE Drac-Romanche souhaite le même partage d'information exprimé dans le point 134 'Favoriser la consultation de la CLE en amont des projets et opérations d'aménagements' : Dans un premier temps, avant le dépôt du dossier auprès des services de l'Etat, la Commission Locale de l'Eau souhaite prendre connaissance des dossiers pouvant avoir un impact sur la ressource en eau. Elle recommande d'être associée en amont des décisions, plans, programmes et projets pris dans le domaine de l'eau sur le territoire du SAGE afin d'assurer leur cohérence avec les objectifs et les orientations définis dans le SAGE.]

10.7.1. Démarches partenariales

Stations de Ski

Les stations de ski sont des zones de fortes pressions anthropiques (neige de culture, concentration de population, activité de ski l'hiver ...). Dans un souci de préservation de la ressource en eau et des milieux, il est possible d'encourager les stations à rejoindre la chartre nationale des stations de montagne en faveur du développement durable. Sur les secteurs étudiés, les stations de Chamrousse et d'Autrans sont déjà signataires de cette démarche. Cette chartre s'articule autour de 7 axes de développements :

- Promouvoir l'aménagement durable, cela consiste à privilégier la rénovation des constructions existantes plutôt que la construction de nouvelles structures,
- Développer une politique durable de l'habitat en favorisant des matériaux à hautes performances énergétiques,
- Préserver les paysages et les espaces naturels en favorisant le pastoralisme et l'engazonnement des pistes afin de limiter les risques d'érosion des pistes et offrir des zones tampons limitant les risques de pollution,

- Promouvoir une gestion équilibrée des ressources notamment de l'eau en mettant en place des actions afin de veiller au bon fonctionnement de l'assainissement, de préserver la qualité des eaux et renforcer la qualité des réseaux,
- Favoriser des modes de déplacements respectueux de l'environnement avec notamment des mesures pour favoriser le regroupement et la mutualisation des moyens logistiques pour la livraison de marchandises sur la station (limitant le nombre de camions sur les routes et donc limitant ainsi les risques d'accident),
- Gestion respectueuse et intégration dans le paysage des activités touristiques en interdisant l'utilisation d'adjuvants (substances contenant des bactéries et pouvant présenter un risque sanitaire) pour la fabrication de neige de culture par exemple,
- Sensibilisation des différents usagers de la station sur les produits d'entretien non nocifs pour l'environnement par exemple.

Cette démarche regroupe déjà 45 stations de ski françaises dans les différents massifs montagneux. Certaines des actions de cette démarche (arrêt de l'utilisation d'adjuvants, engazonnement des pistes...) s'inscrivent directement dans une démarche de protection de la ressource en eau que la métropole de Grenoble veut mettre en place.

Agriculture

Sur les grands champs captants, l'agriculture est orientée vers la culture de céréales consommatrice d'intrants azotés et phytosanitaires. Afin de limiter le recours aux pesticides, il serait intéressant de promouvoir l'Agriculture Biologique auprès des agriculteurs présents sur les périmètres de protection de ces champs captants. Cette promotion peut se faire au travers d'un partenariat avec la Chambre d'Agriculture de l'Isère qui a une bonne connaissance de ces techniques. Afin de les convaincre, des rencontres avec des agriculteurs déjà en Agriculture Biologique peuvent être organisées. Ces rencontres seront l'occasion d'échanger sur les méthodes alternatives retenues et les difficultés rencontrées.

De plus, des partenariats entre céréaliers et éleveurs peuvent être mis en place afin de valoriser le fumier (ovin et bovin) produit sur les ateliers d'élevage. Ce fumier viendrait en remplacement des engrais minéraux. Dans le cadre d'une préservation de la qualité de l'eau, les engrais organiques comme le fumier présentent de nombreux avantages. La libération des éléments fertilisants est plus longue dans le temps que pour un engrais minéral, cela permet donc de limiter les risques de lessivage. Ces engrais sont riches en matière organique et ils permettent donc de relever le taux de matière organique dans le sol. Ce dernier est très important car la matière organique est indispensable pour fixer les produits toxiques et les pesticides. Un taux élevé permet de minimiser l'infiltration des agents chimiques. D'un point de vue biologique, les engrais organiques stimulent l'écosystème et limitent le risque de maladies, ce qui facilite la pratique d'agriculture raisonnée voire biologique.

Sur les ressources de coteaux, l'agriculture dominante est l'élevage extensif. Afin de limiter les risques de concentration de déjections animales (riches en azote et en bactéries), il faudrait par exemple limiter les points d'apports fixes (râtelier, point d'apport de sel) sur les parcelles. Pour mettre cela en place, il faut communiquer auprès des éleveurs concernés. Toutes ces actions peuvent se faire en partenariat avec la Chambre d'Agriculture qui est un relai auprès des agriculteurs en ce qui concerne la communication et la formation (pulvérisation, agriculture biologique ...).

Au niveau des sièges d'exploitation présents sur les aires d'alimentation des ressources de coteaux et les périmètres de protection, il convient de vérifier la conformité de l'ensemble des installations de stockage d'engrais et de pesticides ainsi que celle des aires de lavage et remplissage des

pulvérisateurs. En effet, ces derniers sont des sources importantes de pollutions ponctuelles. Cet aspect réglementaire est assuré par les services de la DDT et de la DRAAF.

Secteur de forêt

La forêt française présente trois types de propriétaires :

- L'état (9% des surfaces),
- Les collectivités territoriales (15%),
- Les propriétaires privés (76%).

C'est avec ces derniers qu'il convient en priorité de mettre en place des actions dans le but de la préservation de la ressource. Les différentes actions entreprises pourront être mises en place en partenariat avec la Fédération Forestiers Privés de France (FFPF) dans le cadre du programme « Eau + For » déjà mis en place. Dans le cadre de ce programme, la FFPF a publié un guide intitulé 'Protéger et valoriser l'eau forestière'.

Ce guide est un outil pour faciliter les échanges et les partenariats entre acteurs de l'eau et de la forêt sur des actions de préservation de l'eau forestière. Ce programme se base sur le volontariat et n'est en aucun cas une obligation pour les propriétaires d'espaces forestiers.

La mise en place de ce programme sur les zones forestières situées dans les aires d'alimentation les plus vulnérables peut permettre de limiter les risques sur les captages. Ce guide explique dans quelle mesure l'exploitation ou l'entretien de la forêt représente un risque sur les captages. Il faut par exemple limiter la coupe des arbres dans les périmètres immédiats des ressources de coteaux. En contexte montagneux, les arbres permettent de fixer le sol notamment lors d'épisodes orageux violent et limitent ainsi le risque de coulées de boues qui peuvent être dramatique pour la qualité de l'eau potable.

Secteur industriel

La Métropole indique que les enjeux auxquels elle est confrontée concernent principalement (1) le respect des DUP (implantation d'entreprises utilisant des produits dangereux), (2) les rejets de substances dangereuses dans les eaux superficielles et (3) la gestion des anciennes décharges industrielles et leur effets possibles sur la nappe. Une partie de la problématique réside dans le partage de l'information et dans la prise en compte des enjeux de l'eau potable dans les projets industriels (prise en compte en amont et conduite des études ad hoc). Les autres aspects paraissent plus marginaux et peuvent le cas échéant concerner les artisans

La mise en place d'échanges et de partage d'informations entre les industriels et la Métropole semble donc requis. Ceci pourrait être jumelée ou se faire dans le cadre des échanges et partage d'informations mentionnés par la CLE dans le projet de SAGE au point 134 'Favoriser la consultation de la CLE en amont des projets et opérations d'aménagements' qui indique : Dans un premier temps, avant le dépôt du dossier auprès des services de l'Etat, la Commission Locale de l'Eau souhaite prendre connaissance des dossiers pouvant avoir un impact sur la ressource en eau. Elle recommande d'être associée en amont des décisions, plans, programmes et projets pris dans le domaine de l'eau sur le territoire du SAGE afin d'assurer leur cohérence avec les objectifs et les orientations définis dans le SAGE.

La portée des actions partenariales avec les industriels est parfois limitée car le risque de pollution engendré par leur activité est lié à des process d'exploitation dont la modification n'est pas toujours possible.

Outre les aspects mentionnés par la Métropole, une sensibilisation des industriels semble requise sur la gestion des espaces verts et des axes de communications de leurs sites. En effet, comme pour les communes, ces espaces sont très souvent entretenus avec des produits phytosanitaires. Grenoble Métropole pourrait mettre en place une charte de bonne pratique (comme cela peut se faire sur les aires d'alimentation de captages prioritaires) avec les industriels vis-à-vis de la gestion de leurs espaces verts et axes de communication au sein du site. Cette charte aurait pour but de leur faire diminuer voire arrêter le recours aux pesticides. En contrepartie, Grenoble Métropole peut communiquer aux administrés sur les efforts faits par ces entreprises afin de limiter le recours aux pesticides.

De même une modification des pratiques d'entretien et de lavage des sols et des chaînes de production pourrait être profitable pour la protection des ressources. Cette charte pourrait imposer le recours à des produits d'entretien moins dommageables pour l'environnement.

Enfin, un dernier point concerne la gestion, voire la réutilisation des eaux usées. Les sites ICPE sont généralement dotés de leur propre station de traitement des eaux usées. Il est pertinent de sensibiliser les industriels sur les processus de gestion et de réutilisation des eaux usées traitées (REUSE). Des modifications mineures des infrastructures de traitement des eaux pourraient être effectuées afin de répondre au cahier des charges de la REUSE. Ce faisant, les industriels pourraient réutiliser ces eaux pour les processus de production à faible valeur ajoutée ou bien pour l'entretien des sols et des lignes de production. Ils pourront ainsi réaliser des économies sur leurs achats d'eau et cela limitera aussi les rejets dans l'environnement limitant ainsi les risques de pollution.

10.8. Sensibilisation des acteurs et du public

Les cas de l'Echaillon, de Casserousse et de Pré Grivel ont montré que le manque de communication et d'information ont été parmi les conditions les plus dommageables à la prévention des problèmes.

La communication doit permettre de clarifier les enjeux, d'expliquer les objectifs des périmètres de protection et des servitudes prescrites. A cet effet, il est nécessaire d'utiliser différents moyens de communication, d'information et de sensibilisation, ainsi que de formation à tous les niveaux, pour promouvoir l'idée que chacun doit bénéficier de l'eau, bien commun, qui requiert beaucoup d'efforts pour être disponible à chacun.

Les délimitations des zones à protéger et les servitudes appliquées ont des répercussions sur les activités, l'usage du territoire et la valeur des parcelles situées dans ces périmètres. Pour permettre l'adhésion des propriétaires et des acteurs et usagers du territoire aux contraintes qui en découlent, il est essentiel que la collectivité les informe et les implique le plus tôt possible. Cette implication est impérative et requiert d'engager la concertation avec les différents acteurs, de faire face aux réticences et aux habitudes, de favoriser des initiatives et les pérenniser, d'engager des actions de sensibilisation et de communication, ce qui demande de la volonté et de la persévérance de la part des élus et des administrations qui les accompagnent.

Quelques précautions sont à prendre :

- Il est préférable de communiquer sur les procédures avant même leur démarrage : réunions publiques, communiqués dans la presse locale ...
- Il est conseillé de ne pas oublier d'acteurs afin que chacun se sente impliqué.
- Il est important de faire prendre conscience que certains milieux peuvent être vulnérables et que certaines pratiques peuvent être préjudiciables.

Il semble donc nécessaire de réaliser, poursuivre et renforcer :

- Une information précise des élus et des acteurs territoriaux (exemple des domaines skiables et des éleveurs) concernés par les captages les plus sensibles ;
- Une sensibilisation du grand public sur les gestes de protection ou de dégradation des ressources en eau ;
- La sensibilisation des enfants par le biais d'interventions scolaires, visites de captages, ateliers pédagogiques, etc.

10.9. Mise en œuvre des actions préconisées

Les différents types de préconisations détaillées ci-avant sont synthétisés au tableau suivant.

Tableau 56 : Principales préconisations types

Connaissance générale sur les ressources	
	Relevé des coordonnées X, Y et Z des captages par un géomètre expert
	Révision des APAC (délimitation et vulnérabilité) par un bureau d'études en hydrogéologie
	Mise à plat des relations fonctionnelles ressources, équipements, réseaux (mise à jour des UDI et des lieux de prélèvement pour le contrôle sanitaire et l'autocontrôle)
	Suivi du débit des sources des coteaux sur au moins un cycle hydrologique
	Suivi microbiologique renforcé sur au moins un cycle hydrologique
	Etude hydrogéologique détaillée des APAC les plus sensibles (investigations géologiques, géophysiques, hydrogéologiques, traçages, relations pluie/débit, pluie/microbiologie, ...)
	Inventaire des activités à risque des APAC les plus sensibles (enquêtes historiques sur les 10 dernières années)
Surveillance des captages et traitement des eaux	
	Audit de l'état des captages (état du bâti, sécurité, vulnérabilité physique, etc.)
	Audit des systèmes de traitement de l'eau (adéquation du traitement / risque, charge et débit, existence d'une alarme télétransmise)
	Autocontrôle et contrôle de l'ARS (renforcement sur les ressources sensibles, en particulier / microbiologie)
Mesures de protection réglementaire (DUP)	
	Finalisation des DUP en cours
	Révision des DUP anciennes (avec délimitation demandée du PPE)
	Révision des DUP des grands champs captants (avec prise en compte du risque industriel)
	Surveillance des périmètres de protection (tournées bimestrielles ou trimestrielles, couplées avec de l'information et sensibilisation)
Stratégies territoriales de protection	
	Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) (transcription des politiques en actions)
	Plan Local d'Urbanisme Intercommunal (PLUi) (insertion des PP et prescriptions dans le PLUi avec création de zones spécifiques à la sauvegarde)
	Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) (traduction des PCS en actions, formations des acteurs locaux aux PCS)
	Veille foncière et action foncière (définition des objectifs, formalisation avec la SAFER ou autre organisme)
Contexte administratif de gestion et protection des ressources	
	Renforcement des compétences internes (embauche d'un hydrogéologue et potentiellement d'un spécialiste des aspects juridiques)

	Mise en place d'une ressource consultative experte (en hydrogéologie, juridique et éventuellement en traitement de l'eau)
	Partage d'informations et collaboration avec les administrations et les services de l'Etat
	Démarches partenariales (sensibilisation et implication des acteurs territoriaux du tourisme (ski), de l'agriculture et de la forêt)
Sensibilisation des acteurs et du public	
	Acteurs 'à risque' (cf. démarches partenariales)
	Acteurs citoyens (grand publics, associations, écoles)

Des actions spécifiques peuvent aussi être menées pour certains captages ou certaines ressources, comme :

- la poursuite de l'étude de la problématique des chlorates et perchlorates sur Rochefort ;
- la participation ou le portage d'opérations telles des études de volumes prélevables, d'identification des ressources stratégiques, d'aire d'alimentation de captages, etc.

Les actions peuvent être mises en œuvre en fonction des priorités spécifiques à un captage (restauration – préservation de la qualité de l'eau, remise en état des captages, protection du territoire, etc.) ou en fonction de l'efficacité de leur réalisation et de la logique de leur chronologie (Figure 135).

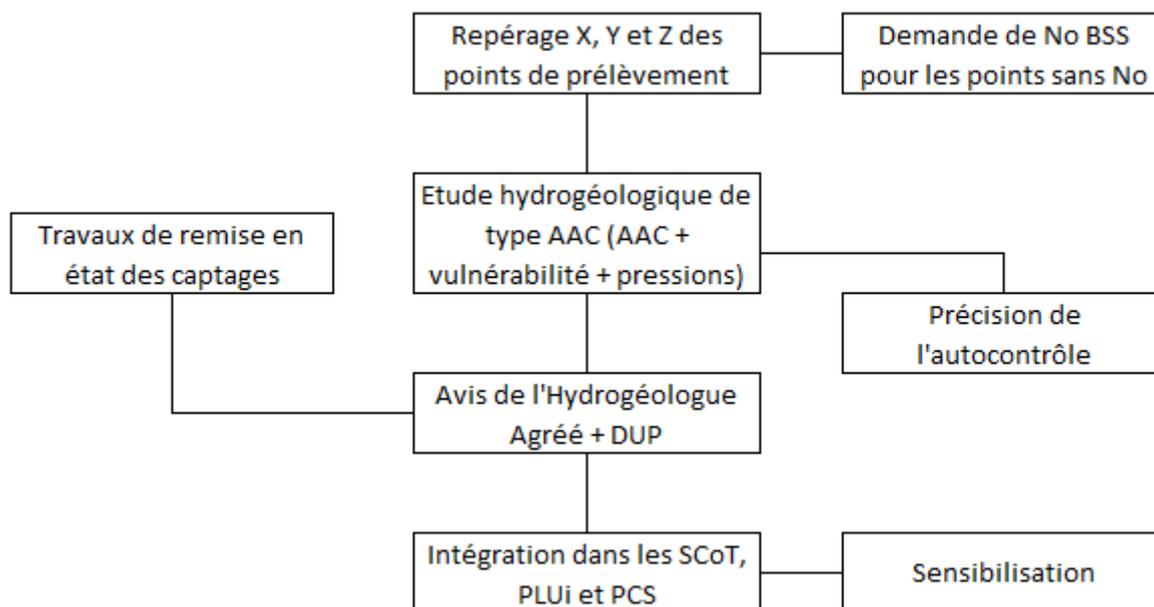


Figure 135 : Chronologie des actions préconisées

Les actions peuvent donc être entreprises chronologiquement :

- étape par étape, pour tous les captages concernés à la fois ;
- par groupe de captages (par regroupement géographique – ex. Vercors ; ou typologique – ex. ressources karstiques) ;
- captage par captage, par exemple en fonction de leur priorisation issue des hiérarchisations présentées aux sections 8.2 ou 9.2.

Il paraît évident que l'approche la plus pertinente, la plus efficace et la plus économique serait de mettre en œuvre les actions par groupe géographique de captages, selon un ordre de priorité établi par les méthodes de hiérarchisation développées. En effet, les études de terrain ne sont pas nécessairement beaucoup plus coûteuses si l'on étudie plusieurs captages voisins, car des économies

d'échelle s'appliquent. Il n'est donc pas pertinent d'étudier séparément des captages voisins. De même, l'étude simultanée de captages voisins permet de rendre cohérentes leurs aires d'alimentation et la mise en place des mesures de protection.

Le relevé des coordonnées exactes des points de prélèvement serait à réaliser dans son intégralité et dès que possible. Cette action devra s'assurer que tous les points de prélèvement seront relevés et qu'ils disposent bien tous d'un code BSS (à demander auprès du Service Géologique Régional – BRGM). Ceci débouchera par la suite sur la vérification que toutes les parcelles d'implantation sont bien propriétés de la collectivité.

L'application de notre outil de hiérarchisation a permis de proposer la liste des captages jugés prioritaires (et les plus vulnérables de manière générale) :

- **Priorité 1** : ARTHAUD (Seyssins), BASSE DU RESERVOIR (Mont St-Martin), BOULAISE (Mont St-Martin), BURDET (Claix), CHAUVETS Chauvets (St-Georges de Commiers), CROZ INFÉRIEUR (Quaix en Chartreuse), ECHAILLON (Le Gua), ENGINEAUX (Noyarey), FONT FROIDE (Sappey en Chartreuse – Sarcenas), FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage), FONTFROIDE HAUT (St-Martin d'Uriage), GORGE (St-Barthélémy de Séchilienne), GRANDE GORGE (Domène – Revel), JONIER (Le Gua), MATHIEU (Seyssins), MERLIERE (Vif), PASSE RIVIERE (Vaulnaveys le Bas), PONT DE CLAIX (Claix), VIGNES (Séchilienne).
- **Priorité 2** : BREDUIRE (Proveysieux), BUISSONNIERE (Séchilienne), CLOS (Le Gua), GARINS (St-Barthélémy de Séchilienne), GARRETIERES (Claix), MAISON BLANCHE (Claix), MONT-SEC-NOUVEAU (Séchilienne), PINEA (Sarcenas), PRE RIVOIRE (La Tronche), PRELENFREY (Le Gua), ROCHEPLAINE (St Egrève), RUISSET (Sappey en Chartreuse), SAGNES (Miribel Lanchâtre), SAVOYERES (Claix).

Ce sont ces captages sur lesquels il serait nécessaire de mettre en œuvre des actions ciblées et une réflexion plus poussée sur la cause de leur classement comme ressources prioritaires. Notre mission n'ayant intégré aucune activité de terrain, il n'est pas possible à ce stade-ci d'évaluer plus précisément la justesse de l'interclassement obtenu et d'en identifier les causes intrinsèques réelles. Par exemple, notre mission ne permet pas d'identifier la cause et la source des contaminations microbiologiques constatées. Il est donc nécessaire d'envisager des études complémentaires sur ces captages et des actions ciblées spécifiques.

Ces captages ont été jugés prioritaires, en termes d'attention et de protection dont ils devraient faire l'objet, eu égard à l'ensemble des critères pris en compte par la méthode de hiérarchisation qui a été développée et appliquée au Chapitre 9.2. Ce sont ces captages qui ont été les plus fréquemment classés en tête des différents scénarios de hiérarchisation et d'évaluation de leur vulnérabilité. Cette hiérarchisation résulte de la méthode mise en œuvre, des critères pris en compte et des poids qui y ont été affectés. C'est donc une priorisation donnée à dire d'expert, selon les choix de classement qui ont été posés. Si d'autres choix et d'autres poids étaient utilisés, la priorisation résultante serait différente, principalement dans l'interclassement des captages les uns par rapport aux autres. Le classement proposé ne constitue donc qu'un exemple de priorisation et ne doit pas être considéré comme le seul classement possible. Il résulte d'un point de vue principalement hydrogéologique, et pourrait être différent d'un point de vue gestionnaire, administratif ou même financier.

Nous avons également identifié précédemment (Tableau 53) les captages requérant prioritairement une acquisition de connaissances quant à leur fonctionnement hydrogéologique et à l'occupation du territoire de leur APAC en raison de la contamination microbiologique fréquemment observée ou de la nature karstique de l'aquifère capté.

- Du fait de la contamination microbiologique : AMODRU (Domène Revel), BASSE DU RESERVOIR (Mont St-Martin), BREDUIRE (Proveysieux), COMBES (Mont St-Martin), ECHAILLON (Le Gua), ENGINEAUX (Noyarey), FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage), GARRETIERES (Claix), JONIER (Le Gua), MERLIERE (Vif), MONT SEC NOUVEAU (Séchilienne), PINEA (Sarceñas), PLANET (Domène Revel), PRELENFREY – CHATELARD (Le Gua), RUISSET (Sappey en Chartreuse), SAGNES (Miribel Lanchâtre), SAVOYERES (Claix).
- Du fait de la nature karstique de l'aquifère : ARCELLES (Seyssinet Pariset), ARTHAUD (Seyssins), BALMES (Noyarey), BREDUIRE (Proveysieux), CHARBONNEAUX (Seyssins), CHATELARD (Proveysieux), ECHAILLON (Le Gua), ENGINEAUX (Noyarey), EYRARD AMONT (Noyarey), EYRARD AVAL (Noyarey), FONTAINE GALANTE (Corenc), GUTHINS (St Paul de Varces), JONIER (Le Gua), MATHIEU (Seyssins), MOUSSES St-Paul de Varces), PRE RIVOIRE DRAIN (La Tronche), PRE RIVOIRE GALERIE (La Tronche), PRELENFREY – CHATELARD (Le Gua), RIOUX (St-Paul de Varces), ROCHEPLAINE (St Egrève), RUISSEAU (Seyssins), THOUVIERE (Noyarey).

Ces captages sont ceux pour lesquels des études devraient être prioritairement menées pour tenter d'expliquer la contamination microbiologique observée ou pour vérifier si leur nature karstique n'est pas à même de favoriser une telle contamination. Ce classement est relativement objectif, puisqu'il se base (1) sur la contamination microbiologique observée dans les analyses de qualité sur l'eau brute et (2) sur la nature géologique de l'aquifère.

L'étude des différents captages a ainsi permis de proposer de deux séries de captages jugés prioritaires selon des critères et des points de vue différents. Chacun de ces classements est pertinent et reflète l'approche choisie. L'ensemble des captages classés dans les priorités 1 et 2 listés ci-avant et de ceux ayant présenté une contamination microbiologique ou des caractéristiques hydrogéologiques susceptibles de les favoriser devraient donc faire l'objet d'une attention particulière, pour des raisons différentes.

Il est ainsi requis d'interclasser et de hiérarchiser les captages en fonction des besoins en actions spécifiques à entreprendre sur ceux-ci. Cet interclassement est réalisé sur la base des connaissances acquises et des différents classements effectués.

Comme plusieurs captages sont situés sur une même nappe ou dans un même aquifère, voire dans une même APAC (Aire Probable d'Alimentation du Captage), il paraît opportun de coupler une approche géographique (par groupe de captages) aux priorisations obtenues sur une base individuelle (captage par captage). Un tel regroupement de captages voisins permet en effet de mettre en perspective et de transposer les informations disponibles sur des captages voisins, et de réaliser des économies d'échelle dans les différentes actions à mettre en place (caractérisations géologiques, géophysiques et hydrogéologiques, inventaire et évaluation des pressions, révision des DUP etc.).

Pour ce faire, les précédentes listes de captages jugés prioritaires ont été croisés (captages prioritaires selon la méthode de hiérarchisation x captages à contamination microbiologique avérée ou aquifères karstiques). Ces captages ont été par la suite regroupés de façon géographique. Finalement, ont été adjoints à ces différents groupes de captages les captages voisins appartenant aux mêmes systèmes aquifères (même si non classés prioritaires). Chacun de ces groupes géographiques de captages comportent donc des captages jugés très prioritaires, moyennement prioritaires ou non prioritaires. Ces groupes de captages peuvent être classés en fonction du nombre de captages prioritaires qu'ils comportent. Ces regroupements de captages sont présentés par massif au Tableau 57.

Tableau 57 : Groupements géographiques des captages de coteaux requérant des actions prioritaires

Groupe prioritaire 1	Vercors	CLOS (Le Gua), ECHAILLON (Le Gua), JONIER (Le Gua), PRELENFREY (Le Gua), SAGNES (Miribel Lanchâtre) MERLIERE (Vif)
	Chartreuse	BASSE DU RESERVOIR (Mont St-martin), BOULAISE (Mont St-Martin), BREDUIRE (Proveysieux), CHATELARD (Proveysieux), COMBES (Mont St-Martin), ROCHEPLAINE (St-Egrève)
	Belledonne	FONTFROIDE BAS (St-Martin d'Uriage), FONTFROIDE HAUT
Groupe prioritaire 2	Vercors	BURDET (Claix), COMBE JARDIN (Claix), GARRETIERES (Claix), JAYERES (Claix), MAISON BLANCHE (Claix), PONT DE CLAIX (Claix), SAVOYERES (Claix)
	Chartreuse	COLOUR (Sappey en Chartreuse), CROZ INFERIEUR (Quaix en Chartreuse), CROZ SUPERIEUR (Quaix en Chartreuse), FONT FROIDE (Sappey en Chartreuse – Sarcenas), MONTENU (Proveysieux), PINEA (Sarcenas), RUISSET (Sappey en Chartreuse)
	Belledonne	GARINS (St-Barthélémy de Séchilienne), GORGE (St-Barthélémy de Séchilienne), PLATRES (St-Barthélémy de Séchilienne), VIGNES (Séchilienne)
Groupe prioritaire 3	Vercors	ARCELLES (Seyssinet Pariset), ARTHAUD (Seyssins), CHARBONNEAUX (Seyssins), MATHIEU (Seyssins), RUISSEAU (Seyssins) BALMES (Noyarey), ENGINEAUX (Noyarey), EYRARD (Noyarey), THOUVIERE (Noyarey)
	Chartreuse	FONTAINE GALANTE (Corenc), PRE RIVOIRE DRAIN (La Tronche), PRE RIVOIRE GALERIE (La Tronche)
	Belledonne	BITS (Séchilienne), BLANCS (Séchilienne), BUISSONNIERE – CLOTS (Séchilienne), FONTAINE DU MULET (Vaulnaveys le Bas), LA GORGE (Vaulnaveys le Bas), LE PLATRE (Vaulnaveys le Bas), MULET (Vaulnaveys le Bas), MONT-SEC NOUVEAU (Séchilienne), PASSE RIVIERE (Vaulnaveys le Bas)

Les captages indiqués en rouge gras sont ceux précédemment identifiés à la fois comme prioritaires selon la méthodologie développée (priorité 1 ou priorité 2 des deux premières listes ci-avant) et comme présentant une contamination microbiologique avérée ou une nature karstique susceptible de favoriser une telle contamination. Les captages indiqués en noir gras sont ceux jugés prioritaires (priorité 1 ou priorité 2 des deux premières listes) mais ne présentant pas une contamination microbiologique avérée ou une karstification importante.

BOULAISE (Mont St-Martin), **PRELENFREY** (Le Gua) et **SAGNES** (Miribel Lanchâtre) sont des captages de secours. Ils ne sont pas utilisés de façon régulière, mais doivent être étudiés.

BREDUIRE (Proveysieux), **BURDET** (Claix), **CHATELARD** (Proveysieux), **FONTAINE GALANTE** (Corenc) et **MONT-SEC NOUVEAU** (Séchilienne) sont des captages privés et ne sont donc pas sous la responsabilité de la Métropole. Ces captages sont indiqués au tableau ci-avant, mais les actions à y envisager ne seront pas déclinées et chiffrées dans la partie suivante de ce rapport.

Deux captages méritent une attention individuelle spécifique : **CHAUVETS** (St-Georges de Commiers) et **GRANDE GORGE** (Domène Revel). **GRANDE GORGE** a été classé prioritaire au titre de son importance stratégique, de son potentiel quantitatif, de la qualité de l'eau brute et de sa vulnérabilité physique (Tableau 39 et Tableau 40), et **CHAUVETS** au titre de la qualité de l'eau brute et de la vulnérabilité de la ressource. Par ailleurs, les captages d'**AMODRU** (Revel) et **PLANET** (Revel) ont été identifiés comme ayant montré des contaminations microbiologiques. Ces quatre captages devraient donc être aussi étudiés (groupe complémentaire de Belledonne).

Considérant l'importance stratégique des grands champs captants, ceux-ci doivent bien entendu faire l'objet d'une attention spécifique, et en particulier une révision de leur DUP, incluant les différentes études afférentes.

11. ESTIMATION FINANCIERE DES PRECONISATIONS

11.1. Grands champs captants

Les trois grands champs captants de Rochefort, Jouchy et Pré Grivel ne peuvent être comparés aux captages des coteaux et donc hiérarchisés ou priorisés par rapport à eux. Du fait de l'importance stratégique de ces grands champs captants, ceux-ci devront faire l'objet d'un certain nombre d'actions spécifiques que nous considérons prioritaires. Les estimations financières n'intègrent que la partie étude et non la partie travaux et acquisition foncière.

Problèmes	Action préconisée	Coût de l'action
Multiplicité des études et sources d'informations	Audit des connaissances sur les trois champs captants permettant de dresser un état des lieux et de préconiser les études spécifiques requises (AMO)	20 000 €HT
Méconnaissance ou modification du fonctionnement des nappes alluviales	Audit des réseaux piézométriques et préconisations si requises (AMO)	10 000 €HT
	Vérification du colmatage du lit de la Romanche au droit de Pré Grivel (géophysique, piézométrie, hydrochimie)	15 000 €HT
	Reprise ou actualisation des modélisations de Rochefort et Jouchy (et Pré Grivel si besoin en fonction de l'étude sur le colmatage du lit de la Romanche)	2 x 100 000 HT
	Etude et simulation du fonctionnement de la barrière hydraulique sur le Drac	100 000 €HT
Méconnaissance sur les sources de pollution	Inventaire des sources de pollutions industrielles et artisanales sur les PPR actuels étendus	25 000 €HT
	Poursuite de l'étude de la contamination par les chlorates/perchlorates	150 000 €HT
Révision des DUP	Rapports préliminaires à l'avis de l'Hydrogéologue Agréé	2 x 25 000 €HT
	Révision des DUP de Jouchy, Pré Grivel et Rochefort	40 000 €HT
	Intégration de la DUP dans les SCoT, PLU et PCS	Interne
Etat du captage et occupation de son environnement	Audit de l'état physique des points de captage	40 000 €HT
	Enquête territoriale en relation avec les prescriptions	
Acteurs et public non sensibilisés	Remise en état des captages	Travaux à Chiffrer
	Sensibilisation, communication, intervention scolaire	Action non chiffrée
	Veille foncière	2500 €HT/an
		Coût total : 645 000 €HT

Notes :

- Eu égard à l'absence d'une contamination d'origine agricole et à l'étendue des aires d'alimentation des captages (intégralité des bassins versants des cours d'eau associés), la mise en place d'une action partenariale ne semble pas être une priorité. Une étude de 2002 (que la métropole souhaite actualiser) semblait cependant mettre en évidence une lente augmentation des concentrations traduisant l'évolution des pratiques agricoles. Si cette augmentation se confirmait, celle-ci pourrait justifier la mise en place d'une démarche partenariale de long terme pour protéger l'utilisation de ce territoire.
- Le coût de la remise en état des captages si requise est un coût obligatoire, donc non spécifique aux préconisations de la présente étude ;

- La communication, la sensibilisation et l'éducation des enfants est un programme global à mutualiser avec toutes les opérations du genre ;
- Un programme d'aide et de subvention de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse existait dans le contrat 2013-2018. La poursuite de ce programme pour le contrat 2018-2023 n'est pas connu à ce jour mais il semble considérablement restreint. Il n'est donc pas possible d'en préciser les éventuelles modalités.

11.2. Par captage des coteaux

Problèmes	Action préconisée (si requise)	Coût de l'action
Localisation imprécise	Intervention d'un géomètre pour la géolocalisation des points de captage	500 €HT
	Vérification ou re-délimitation de l'AAC et révision de sa vulnérabilité	1 000 €HT
Méconnaissance du fonctionnement des sources	Equiperment des sources, avec suivi sur un an et analyse de la relation pluie/débit	2 000 €HT
	Auto-contrôle renforcé (mensuel) sur microbiologie (deux ans)	Analyses : 2 500 €HT
Méconnaissance du fonctionnement hydrogéologique des ressources sensibles	Etude hydrogéologique complète (ou complémentaire), incluant levés géologiques, investigations géophysiques ciblées, traçages, détermination précise de l'aire d'alimentation, évaluation de la vulnérabilité, proposition de périmètres de protection	8 000 €HT
	Inventaire des pressions et activités à risque (avec enquête historique sur les 10 dernières années)	2 500 €HT
Etat du captage et de son environnement	Audit de l'état physique du captage Diagnostic de l'environnement proximal	1 500 €HT
	Audit des systèmes de traitement de l'eau (adéquation du traitement / risque, charge et débit, existence d'une alarme télétransmise)	500 €HT
	Remise en état des captages	Travaux à chiffrer
	Mise à plat des relations fonctionnelles ressources, équipements, réseaux (mise à jour des UDI et des lieux de prélèvement pour le contrôle sanitaire et l'autocontrôle)	Travail interne
DUP ancienne	Avis d'Hydrogéologue agréé (tarif selon ARS)	750 €HT
	Procédure de DUP	7 000 €HT
	Intégration de la DUP dans les SCoT, PLU et PCS	Travail interne
DUP à vérifier	Etude hydrogéologique de vérification	1 000 €HT

Le tableau ci-après synthétise les actions spécifiques à chacun des captages. Les coûts indiqués sont calculés avec les coûts unitaires du tableau ci-dessus et incluent également les points : 'Intervention d'un géomètre pour la géolocalisation des points de captage' et 'Vérification ou re-délimitation de l'AAC et révision de sa vulnérabilité'. La somme totale des actions recommandées pour les ressources des coteaux s'élève à 1,015,250 €HT. Les sommes respectives pour les groupes de priorité du Tableau 57 sont :

- Groupe Priorité 1 : 275 750 €HT
- Groupe Priorité 2 : 199 250 €HT
- Groupe Priorité 3 : 312 250 €HT
- Groupe complémentaire Belledonne : 48 000 €HT

Nom du captage	Priorité	Travaux urgents	Suivi débit 1 an	Microbio 2 ans	Etude hydrogéol.	DUP	Coûts
AILLOUDS	Captage privé						
AMODRU	GC B		oui	oui	oui		18 500.00
ARCELLES	P3 V		oui	oui	oui		18 500.00
ARTHAUD	P3 V		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
BALME			oui				5 500.00
BALMES	P3 V		oui	oui	oui	vérifier	19 500.00
BASSE DU RESERVOIR	P1 C		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
BEAUME	Captage privé						
BITS	P3 B	oui	oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
BLANCS	P3 B	oui	oui			finaliser	5 500.00
BOULAISE	P1 C		oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
BREDUIRE	Captage privé						
BUISSONNIERE (/ CLOTS)	P3 B	oui	oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
BURDET	Captage privé						
CHAPUIS			oui				5 500.00
CHARBONNEAUX	P3 V		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
CHATELARD	Captage privé						
CHAUVETS	GC B		(en cours)				5 500.00
CLOS	P1 V		oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
CLOS BENEY			oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
COLOUR	P2 C		oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
COMBE JARDIN	P2 V		oui				5 500.00
COMBES	P1 C		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
CROZ INFERIEUR	P2 C		oui				5 500.00
CROZ SUPERIEUR	P2 C		oui				5 500.00
CURT			oui				5 500.00
ECHAILLON	P1 V		oui	oui	(oui)	reprendre	26 250.00
ENGINEAUX	P3 V		oui	oui	oui	vérifier	19 500.00
EYRARD	P3 V		oui	oui	oui		18 500.00
FELIX FAURE			oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
FONT FROIDE	P2 C		oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
FONTAINE DU MULET	P3 B		oui				5 500.00
FONTAINE GALANTE	Captage privé						
FONTANETTES			(en cours)				5 500.00
FONTENETTE			oui				5 500.00
FONTFROIDE BAS	P1 B		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
FONTFROIDE HAUT	P1 B	oui	oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
GARINS	P2 B	oui	oui				5 500.00
GARRETIERES	P2 V		oui	oui	oui	vérifier	19 500.00

GIRAUD CARRIER			oui				5 500.00
GORGE	P2 B	oui	oui			vérifier	6 500.00
GRAND			oui			vérifier	6 500.00
GRANDE GORGE	GC B		oui				5 500.00
GRANDS PRAS		oui	oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
GUTHINS			oui	oui	oui		18 500.00
JAYERES	P2 V		oui			vérifier	6 500.00
JONIER	P1 V		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
LA GORGE	P3 B		oui			vérifier	6 500.00
LE PLATRE	P3 B		oui			finaliser	5 500.00
MAISON BLANCHE	P2 V		oui			vérifier	6 500.00
MATHIEU	P3 V		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
MATHIEUX		oui	oui			finaliser	5 500.00
MERLIERE	P1 V	oui	oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
MONT SEC NOUVEAU	Captage privé						
MONTENU	P2 C		oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
MOUSSES			(en cours)	oui	oui		18 500.00
MULET	P3 B		oui				5 500.00
OURSIERE			(en cours)				5 500.00
PASSE RIVIERE	P3 B		oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
PINEA	P2 C		oui	oui	oui	finaliser	18 500.00
PLANET	GC B		oui	oui	oui		18 500.00
PLATRES	P2 B	oui	oui				5 500.00
PONT DE CLAIX	P2 V		oui			vérifier	6 500.00
PRE RIVOIRE DRAIN	P3 C		oui	oui	oui		18 500.00
PRE RIVOIRE GALERIE	P3 C		oui	oui	oui		18 500.00
PRELENFREY (CHATELARD)	P1 V		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
RIOUX			oui	oui	oui		18 500.00
ROCHEPLAINE	P1 C		oui	oui	oui		18 500.00
RUISSEAU	P3 V		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
RUISSET	P2 C		oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
SAGNES	P1 V	oui	oui	oui	oui	reprendre	26 250.00
SAVOYERES	P2 V		oui	oui	oui		18 500.00
SERT GIROD			(en cours)				5 500.00
SOLLIER			oui				5 500.00
THIEBAUDS	Captage privé						
THIEBAUDS ECOLE		oui	oui	(DUP)		reprendre	15 750.00
THOUVIERE	P3 V		oui	oui	oui		18 500.00
VIGNES	P2 B		oui	(DUP)		reprendre	15 750.00

ANNEXES

12. Liste des Figures
13. liste des tableaux
14. ANNEXE 1. Bibliographie utilisée
15. ANNEXE 2. Glossaire des termes techniques utilisés dans le rapport
16. ANNEXE 3. Liste des captages de coteaux avec leur N° d'identification et leur commune d'implantation
17. ANNEXE 4. Justification des aires probables d'alimentation des captages (APAC)
18. ANNEXE 5. Origine des données SIG utilisées pour la détermination de la vulnérabilité extrinsèque des APAC

12. LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Nombre de points de prélèvement de type sources et drains ou puits et forages	7
Figure 2 : Nombre de captages par secteur Eau Potable (EP).....	8
Figure 3 : Organisation de l'étude.....	9
Figure 4 : Localisation des captages sur fond de carte géologique au 1/250.000	15
Figure 5 : Répartition spatiale et géologique des captages	16
Figure 6 : Captages des aquifères continus des vallées alpines de la région grenobloise	17
Figure 7 : Captages des aquifères continus des petites vallées alpines de la région grenobloise (Maubourg Piézomètre en haut à gauche, Croz en haut à droite et Fontfroide en bas).....	19
Figure 8 : Fractures majeures affectant les formations aquifères de la région grenobloise	21
Figure 9 : Distribution des gouffres et cavités naturelles recensées par la BD-Cavité du BRGM (en bleu).....	22
Figure 10 : Exemple du réseau karstique du Gouffre du Berger	23
Figure 11 : Champ captant de Rochefort (tiré de Jardin et Michal, 2012).....	28
Figure 12 : Zone d'étude sur fond de carte géologique simplifiée du Massif de Belledonne (Gidon, 2002).....	31
Figure 13 : Carte géologique du massif de Belledonne simplifiée (Gidon, 2002)	33
Figure 14 : Carte géologique simplifiée et log litho-stratigraphique du massif du Vercors.....	38
Figure 15 : Carte géologique simplifiée du massif du Vercors (Gidon, 2002)	39
Figure 16 : Carte géologique simplifiée et log litho-stratigraphique du massif de la Chartreuse.....	43
Figure 17 : Carte géologique simplifiée du massif de la chartreuse (Gidon, 2002)	44
Figure 18: Début des chroniques de données de qualité disponibles sur eau brute.....	53
Figure 19: Nombre annuel moyen de mesures physico-chimiques sur eau brute	53
Figure 20: Nombre annuel moyen d'analyses microbiologiques sur eau brute	54
Figure 21 : Distribution des familles de captage sur diagramme de Piper en fonction de leur faciès chimique (ions majeurs).....	58
Figure 22 : Répartition des faciès chimiques (ions majeurs) des eaux captées	58
Figure 23 : Distribution des captages en fonction de leur faciès chimique	59
Figure 24 : Valeurs moyennes de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), de la concentration en sulfates (mg/l) et du pourcentage de dépassement de la norme de 0.5 NFU pour la turbidité	61
Figure 25 : Distribution spatiale des conductivités électriques des eaux des captages (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole).....	62
Figure 26 : Distribution spatiale des conductivités électriques des eaux des captages (fond de carte géologique).....	63
Figure 27 : Courbe de répartition des conductivités électriques (à 25°C) des eaux des captages	64
Figure 28 : Courbe de répartition du pH des eaux des captages	64
Figure 29 : Distribution spatiale du pH des eaux des captages (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)	65
Figure 30 : Distribution spatiale du pH des eaux des captages (fond de carte géologique).....	66
Figure 31 : Distribution des concentrations en sulfates sur les 73 captages renseignés.....	67
Figure 32 : Distribution des concentrations en nitrates sur les 74 captages renseignés.....	67
Figure 33 : Valeurs moyennes du titre hydrotimétrique (TH en °f)	68
Figure 34 : Distribution spatiale de la turbidité maximale des eaux des captages (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole).....	69
Figure 35 : Distribution spatiale de la turbidité maximale des eaux des captages (fond de carte géologique).....	70
Figure 36 : Distribution spatiale de la turbidité (centile 95) (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)	71
Figure 37 : Distribution spatiale de la turbidité (centile 95) (fond de carte géologique)	72

Figure 38 : Valeurs de la turbidité maximale et du centile 95 de la turbidité pour les 120 points de prélèvement	73
Figure 39 : Distribution de la contamination aux bactéries E. Coli (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole)	74
Figure 40 : distribution de la contamination aux bactéries coliformes thermo-tolérantes (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole).....	75
Figure 41 : Distribution de la contamination aux bactéries sulfite réductrices et spores (fond topographique et limites des secteurs EP de la Métropole).....	76
Figure 42 : Distribution spatiale des captages concernés par les contaminants organiques (pesticides ou autres dont les hydrocarbures et HAP).....	79
Figure 43 : Population desservie par les UDI de la Métropole.....	81
Figure 44 : Valeurs minimales du titre hydrotimétrique (TH en °f) en 2015.....	81
Figure 45 : Valeurs maximales du titre hydrotimétrique (TH en °f) en 2015.....	82
Figure 46 : Caractéristique de l'eau distribuée (agressive à incrustante) en fonction du titre hydrotimétrique (TH en °f) mesuré en 2015.....	83
Figure 47 : Nombre de prélèvements d'eau distribuée effectués entre 2013 et 2015	84
Figure 48 : Nombre de prélèvements d'eau distribuée en fonction de la population desservie par l'UDI.....	84
Figure 49 : Pourcentage de conformité des eaux distribuées entre 2013 et 2015.....	85
Figure 50 : Pourcentage de conformité des eaux distribuées en fonction de la population desservie	85
Figure 51 : Pourcentage de conformité des eaux distribuées en fonction du nombre de prélèvements	86
Figure 52 : Distribution spatiale du pourcentage de conformité des eaux distribuées.....	86
Figure 53 : Concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015.....	87
Figure 54 : Distribution spatiale des concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015	88
Figure 55 : Comparaison des concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015 et des pourcentages de conformité sur 2013-2015.....	88
Figure 56 : Comparaison des concentrations maximales de nitrates (mg/l) observées en 2015 et des pourcentages de conformité en 2015.....	89
Figure 57 : Courbe classée des dates des DUP existant en 2017 (87 points de captage)	91
Figure 58 : Types de servitudes imposées dans les DUP existantes.....	93
Figure 59 : Importance des débits des sources captées	99
Figure 60 : Aires probables d'alimentation des captages du Vercors.....	100
Figure 61 : Aires probables d'alimentation des captages de Belledonne	101
Figure 62 : Aires probables d'alimentation des captages de la Chartreuse.....	102
Figure 63 : Aires probables d'alimentation des captages de l'Echaillon, Clos, Petits Amieux, Jonier et Prélénfrey	103
Figure 64 : Aires d'alimentation des champs captants de Rochefort, Jouchy et Pré Grivel	104
Figure 65 : Aire d'alimentation du captage du Pont des Mails	104
Figure 66 : Distribution spatiale du critère 'Infiltration' (pente) de la vulnérabilité intrinsèque (le code de couleur utilisé correspond aux classes de pente indiquées au tableau ci-avant).....	109
Figure 67 : Exemple de cartographie du critère Roche.....	110
Figure 68 : Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des APAC des ressources de coteau.....	112
Figure 69 : Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque réalisées en fonction des critères pentes et distance aux cours d'eau sur l'APAC des grands champs captants.....	114
Figure 70 : Cartographie de la vulnérabilité selon l'IDPR sur l'APAC des grands champs captants....	115
Figure 71 : Réactivité de la ressource captée aux épisodes pluvieux et environnement immédiat du captage.....	117
Figure 72 : Voies de transfert des pesticides lors de pollutions diffuses (source : CROPP)	121
Figure 73 : Exemple d'espaces naturels et réglementaires sur l'APAC de Bits Buissonnière.....	127

Figure 74 : Localisation des ICPE et des sites et sols pollués sur le périmètre de protection de Rochefort.....	131
Figure 75 : Fosse à lisier.....	134
Figure 76 : Agriculture sur l'APAC de Chauvets Beaume Sert Giro	137
Figure 77 : Agriculture sur le périmètre de protection de Rochefort	138
Figure 78 : Train désherbeur	141
Figure 79 : Fauchage tardif effectuée par la DIR Centre Est	141
Figure 80 : Exemple de désherbage alternatif	141
Figure 81 : Schéma d'organisation d'un local phytosanitaire aux normes	146
Figure 82 : Carte de l'APAC d'Eyrard avec l'emprise du domaine skiable d'Autrans-Méaudre en Vercors	148
Figure 83: Exemple d'activité d'été sur piste de ski	149
Figure 84: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Balme	150
Figure 85: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Fontfroide	151
Figure 86: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Vignes.....	152
Figure 87: Exemple des pressions extrinsèques sur l'APAC de Rochefort	153
Figure 88 : Corrélacion entre les mesures de turbidité et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC.....	156
Figure 89 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC	157
Figure 90 : Corrélacion entre les mesures de turbidité et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC (différenciant ressources fracturées et karstiques).....	157
Figure 91 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et la vulnérabilité intrinsèque moyenne de l'APAC (différenciant ressources fracturées et karstiques)...	158
Figure 92 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le nombre d'Unités Gros Bétail de l'APAC	158
Figure 93 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le nombre d'Unités Gros Bétail de l'APAC (différenciant ressources fracturées et karstiques).....	159
Figure 94 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies.....	159
Figure 95 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies (différenciant ressources fracturées et karstiques).....	160
Figure 96 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies et estives.....	160
Figure 97 : Corrélacion entre le nombre de dépassements des critères microbiologiques et le pourcentage de la surface de l'APAC occupé par des prairies et estives (différenciant ressources fracturées et karstiques)	161
Figure 98 : Nombre d'occurrences d'un captage dans un bloc de vingt rangs consécutifs de la matrice de classement utilisant les douze critères de vulnérabilité	163
Figure 99 : Nombre cumulé d'occurrences d'un captage dans la matrice de classement.....	164
Figure 100 : Groupe des 12 captages des coteaux ressortant comme les plus vulnérables selon les 12 critères et la méthode de matrice de rangs développée (courbes cumulées)	164
Figure 101 : Groupe des 12 captages des coteaux ressortant comme les plus vulnérables selon les 12 critères et la méthode de matrice de rangs développée (courbes non cumulées)	165
Figure 102 : Captages des coteaux classés aux positions 13 à 24 au regard de leur vulnérabilité (courbes cumulées)	166
Figure 103 : Nombre cumulé d'occurrences des points de prélèvement des grands champs captants dans la matrice de classement utilisant les critères de variabilité chimique et de détection bactériologique	167
Figure 104 : Périmètres de protection (PPI, PPR et PPE) du captage de l'Echailon délimités par l'Hydrogéologue agréé en 1994	169

Figure 105 : Bassin d'alimentation (trait orange) du captage de l'Echaillon proposé par SETIS (2014) suite à la réalisation de quatre traçages	170
Figure 106 : Traçages réalisés à ce jour (en rouge) et répartition des bassins versants entre Jonier, Douai et Échaillon selon Baudouin (juin 2017)	171
Figure 107 : Synthèse des périmètres de protection, aire d'alimentation et traçages du captage de L'Echaillon.....	172
Figure 108 : Périmètres de protection (PPR et PPE) des captages de Fontfroide délimités par l'Hydrogéologue agréé en 1995 (zone des captages encadrée en bleu et zone des travaux de la station de ski indiqués en rouge)	174
Figure 109 : Périmètres de protection (PPI, PPR et PPE) des captages de Pré Grivel à Vizille	177
Figure 110 : Suivi des concentrations d'hydrocarbures dissous ou émulsionnés (mg/l) sur les captages de Pré Grivel à Vizille	177
Figure 111 : Courbe classée des valeurs de population desservie par l'UDI alimentée par le captage	183
Figure 112 : Courbe classée des valeurs de distance moyenne d'interconnexion	183
Figure 113 : Courbe classée des valeurs de débit d'étiage (l/s)	183
Figure 114 : Courbe classée de la moyenne des coefficients de variation de la conductivité et du pH	184
Figure 115 : Courbe classée des pourcentages de dépassement du critère de potabilité de la turbidité de 0.5 NFU	184
Figure 116 : Courbe classée du degré hydrotimétrique (°f) représentant la dureté de l'eau.....	185
Figure 117 : Courbe classée des concentrations de sulfates (mg/l).....	185
Figure 118 : Courbe classée des pourcentages maximaux de dépassement des critères bactériologiques.....	186
Figure 119 : Courbe classée de la surface des aires d'alimentation (km ²)	186
Figure 120 : Courbe classée de la surface de l'APAC en forêt (%).....	187
Figure 121 : Courbe classée de la surface de l'APAC en zones de protection naturelle (%).....	187
Figure 122 : Courbe classée de la fraction anthropisée de l'APAC (%)	188
Figure 123 : Courbe classée de la surface de l'APAC en pacage (ha)	188
Figure 124 : Courbe classée de la surface de l'APAC en pacage (%)	189
Figure 125 : Courbe classée des surfaces de l'APAC (%) occupées par la forêt ou un domaine skiable	189
Figure 126 : Courbe classée des longueurs (km) de voies de transport présentes sur l'APAC	190
Figure 127 : Courbe classée des années de réalisation des DUP (l'absence de valeur signifie l'absence de DUP).....	190
Figure 128 : Courbe classée des valeurs du rapport des surfaces du PPR et de l'APAC (en %)	191
Figure 129 : Pondération des indicateurs utilisés dans les différents scénarios de comparaison – hiérarchisation des captages.....	198
Figure 130 : Localisation des captages jugés prioritaires	206
Figure 131 : Comparaison de la superficie des PPE indiqués aux DUP à celle des APAC délimitées ..	225
Figure 132 : Comparaison de la superficie des PPE ou PPR des DUP à celle des APAC délimitées.....	226
Figure 133 : Comparaison de la superficie des PPR des DUP à celle des APAC délimitées.....	227
Figure 134 : Courbe classée de l'emprise relative du PPR sur l'APAC.....	227
Figure 135 : Chronologie des actions préconisées.....	248

13. LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre d'analyses disponibles pour les principaux paramètres physico-chimiques.....	49
Tableau 2 : Nombre d'analyses disponibles pour les principaux paramètres microbiologiques.....	51
Tableau 3 : Limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Code de la Santé Publique. Articles R.1321-1 à R.1321-66 et annexes 13-1 à 13-3)	55
Tableau 4 : Principales caractéristiques des ressources d'eau souterraine.....	60
Tableau 5 : Captages concernés par des contaminants organiques	77
Tableau 6 : Paramètres et poids de la méthode DRASTIC.....	106
Tableau 7 : Classification des paramètres de la méthode DRASTIC.....	106
Tableau 8 : Paramètres et poids de la méthode DISCO	107
Tableau 9 : Paramètres et poids de la méthode RISK	107
Tableau 10 : Classification du critère I	107
Tableau 11 : Classification du critère infiltration	108
Tableau 12 : Classification du critère roche	110
Tableau 13 : Classes de vulnérabilité intrinsèque	111
Tableau 14 : Evolution des statistiques agricoles entre 2000 et 2010 (Source : Agreste)	119
Tableau 15 : Exemple d'équivalence UGB (source : Agreste)	119
Tableau 16 : APAC et Zone Natura 2000	123
Tableau 17 : ENS dans une APAC ou un périmètre de protection	124
Tableau 18 : Réserves naturelles sur les APAC et les périmètres de protection.....	125
Tableau 19 : Zones forestières présentes sur les APAC et les périmètres de protection	125
Tableau 20 : APAC dont les captages sont situés à proximité directe des cours d'eau	128
Tableau 21 : Répartition des différents sites ICPE	129
Tableau 22 : Sites ICPE et sols pollués sur les différentes zones d'études.....	130
Tableau 23 : APAC et périmètre de protection situés sur une commune soumis à un PPRT	130
Tableau 24 : APAC et périmètres de protection traversés par une route départementale	132
Tableau 25 : APAC présentant un risque dû à un rejet de STEP.....	133
Tableau 26 : APAC et périmètre de protection des grands champs captants concernées par des sièges d'exploitation	134
Tableau 27 : Surfaces en pâturage des APAC des ressources des coteaux et des périmètres de protections des grands champs captants.....	135
Tableau 28 : Détail des éléments fertilisants par culture.....	136
Tableau 29 : Doses de fertilisation par APAC des ressources des coteaux et par périmètres de protections des grands champs captants.....	139
Tableau 30 : zones urbanisées des APAC des périmètres de protection de protection des grands champs captants.....	142
Tableau 31 : IFT par culture.....	144
Tableau 32 : Surface agricole et IFT herbicide et hors herbicide par APAC des ressources des coteaux et périmètres de protection des grands champs captants	144
Tableau 33 : Liste des APAC impactés par une station de ski	149
Tableau 34 : Classement des APAC des ressources des coteaux et des périmètres de protection des grands champs captants selon le cumul des pressions extrinsèques	154
Tableau 35 : Captages des coteaux jugés défectueux et requérant des travaux	180
Tableau 36 : Travaux à envisager sur les captages des coteaux présentant des défauts à corriger... ..	181
Tableau 37 : Captages des coteaux a priori en bon état, sans travaux requis ou mineurs	181
Tableau 38 : Captages des coteaux dont l'état n'a pu être précisé	181
Tableau 39 : Captages classés prioritaires selon les scénarios de hiérarchisation 'Importance stratégique', 'Potentiel du captage', 'Qualité de l'eau brute' et 'Vulnérabilité physique du captage'	199

Tableau 40 : Captages classés prioritaires selon les scénarios de hiérarchisation 'Vulnérabilité intrinsèque de la ressource', 'Protection naturelle de la ressource', 'Pression anthropique' et 'Importance du pacage'	200
Tableau 41 : Captages classés prioritaires selon les scénarios de hiérarchisation 'Impacts des travaux, 'Pression foncière, 'Adéquation de la DUP et 'Critères d'exploitation	201
Tableau 42 : Captages classés prioritaires selon le scénario de hiérarchisation 'Critères de l'ARS' ...	201
Tableau 43 : Captages les plus fréquemment classés prioritaires (classés entre 4 et 8 fois parmi les 20 captages prioritaires des 13 scénarios – les nombres de scénarios les classant sont indiqués)	203
Tableau 44 : Captages classés potentiellement prioritaires (2 ou 3 fois classés dans les 13 scénarios)	203
Tableau 45 : Captages identifiés par un seul scénario (captages qui devront être étudiés plus en détail).....	204
Tableau 46 : Captages identifiés vulnérables par la méthode présentée à la section 8.2 ou prioritaires selon les classements des 13 scénarios.....	204
Tableau 47 : Captages des coteaux renseignés comme étant réactifs aux évènements de pluie.....	213
Tableau 48 : Captages des coteaux renseignés comme étant non réactifs aux évènements de pluie.....	213
Tableau 49 : Captages des coteaux non renseignés quant à leur réactivité aux évènements de pluie	213
Tableau 50 : Captages présentant des taux de conformité inférieurs à 90%	215
Tableau 51 : Réseaux présentant des taux de conformité inférieurs à 90% en 2016.....	215
Tableau 52 : Aires d'alimentation et captages concernés par un domaine skiable	216
Tableau 53 : Captages requérant prioritairement une acquisition de connaissances sur leur fonctionnement hydrogéologique et l'occupation du territoire de l'APAC.....	219
Tableau 54 : Captages des coteaux jugés défailants et requérant des travaux	220
Tableau 55 : Captages requérant prioritairement une actualisation de leur DUP.....	228
Tableau 56 : Principales préconisations types	247
Tableau 57 : Groupements géographiques des captages de coteaux requérant des actions prioritaires	251

14. ANNEXE 1. Bibliographie

14.1. Rapports d'Hydrogéologue agréé

AMODRU - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997

ARCELLES - "SEYSSINET PARISSET" - Blanchet, 1953, Fourneaux 1974 et 1985, Sarrot-Reynauld, 2001

ARTHAUD - SEYSSINS - Michel, 1984

BALME - NOTRE DAME DE MESSAGE - Sarrot-Reynauld, 1975, Sarrot-Reynauld, 1995 ; Sarrot-Reynauld, 2005

BALMES - NOYAREY - Bruno Talour, 2002

BLANCS - SECHILIENNE - Sarrot-Reynauld, 1971 ; Sarrot-Reynauld, 1985

BREDUIRE - PROVEYSIEUX - S. du Chaffaut, 1995

BURDET - CLAIX - Sarrot-Reynauld, 1974 ; Fourneaux, 1993 ; Sarrot-Reynauld, 2002

CHAPUIS - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997

CHARBONNEAUX - SEYSSINS - Michel, 1984

CHATELARD - PROVEYSIEUX - S. du Chaffaut, 1995

CHAUVETS - ST GEORGES DE COMMIIERS - Sarrot-Reynauld, 1987

CLOS - LE GUA - Sarrot-Reynauld, 1990

CLOS BENEY - SECHILIENNE - Sarrot-Reynauld, 1987

COLOUR - SAPPEY EN CHARTREUSE - Dazy Jean, 1981

COMBE JARDIN - CLAIX - Sarrot-Reynauld, 1974 ; Fourneaux, 1993 ; Sarrot-Reynauld, 2002

CROZ INFERIEUR - QUAIX EN CHARTREUSE - Michel, 1984

CROZ SUPERIEUR - QUAIX EN CHARTREUSE - Michel, 1984

CURT - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997

ECHAILLON - LE GUA - Sarrot-Reynauld, 1990

ENGINEAUX - NOYAREY - Bruno Talour, 2002

EYRARD (AMONT et AVAL) - NOYAREY - Bruno Talour, 2002

FELIX FAURE - VIF - Sarrot-Reynauld, 1990

FONT FROIDE - (SAPPEY EN CHARTREUSE) SARCENAS - Dazy Jean, 1982

FONTAINE DU MULET - VAULNAVEYS LE BAS - Sarrot-Reynauld, 2002

FONTANETTES - NOTRE DAME DE COMMIIERS - Paul Jardin, 2014

FONTENETTE - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997

FONTFROIDE BAS - SAINT MARTIN D'URIAGE - Sarrot-Reynauld, 1974 ; Sarrot-Reynauld 1984 et 1987

FONTFROIDE HAUT - SAINT MARTIN D'URIAGE - Sarrot-Reynauld, 1974 ; Sarrot-Reynauld 1984 et 1987

GARRETIERES - CLAIX - Sarrot-Reynauld, 1974 ; Fourneaux, 1993 ; Sarrot-Reynauld, 2002

GIRAUD CARRIER - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997

GRAND - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997

GRANDE GORGE - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997

GRANDS PRAS - SECHILIENNE - Sarrot-Reynauld, 1987

GUTHINS (SECOURS) - ST PAUL DE VARCES - S. du Chaffaut, 2002, S. du Chaffaut, 2009
 JAYERES - CLAIX - Sarrot-Reynauld, 2001
 JONIER - LE GUA - Sarrot-Reynauld, 1990
 JOUCHY 2 - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Michal, 1965 ; Michal 1972, Michal, 2010
 JOUCHY 3 - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Michal, 1965 ; Michal 1972, Michal, 2010
 LES MAILLS - SAINT EGREVE - S. du Chaffaut, 1997
 MAISON BLANCHE - CLAIX - Sarrot-Reynauld, 2001
 MATHIEU - SEYSSINS - Michel, 1984
 MATHIEUX - SECHILLENNE - Sarrot-Reynauld, 1971 ; Sarrot-Reynauld, 1985, Sarrot-Reynauld, 1994
 MERLIERE - VIF - Sarrot-Reynauld, 1990
 MOUSSES - ST PAUL DE VARCES - S. du Chaffaut, 2002 ; S. du Chaffaut, 2009
 MULET - VAULNAVEYS LE BAS - Sarrot-Reynauld, 2002
 OURSIERE - NOTRE DAME DE COMMIERS - Paul Jardin, 2014
 PINEA - SARCENAS - Michel, 1984
 PLANET - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997
 PONT DE CLAIX - CLAIX - Sarrot-Reynauld, 1974 ; Fourneaux, 1993 ; Sarrot-Reynauld, 2002
 PRE RIVOIRE DRAIN - LA TRONCHE - S. du Chaffaut, 2012
 PRELENFREY (CHATELARD) - LE GUA - Sarrot-Reynauld, 1990
 RIOUX - ST PAUL DE VARCES - S. du Chaffaut, 2002 ; S. du Chaffaut, 2009
 ROCHEPLAINE - ST EGREVE - S. du Chaffaut, 1997
 RUISSEAU - SEYSSINS - Michel, 1984
 RUISSET - SAPPEY EN CHARTREUSE - Dazy Jean, 1982
 SAGNES - MIRIBEL LANCHATRE - Sarrot-Reynauld, 1990
 SAVOYERES - CLAIX - Sarrot-Reynauld, 2002
 SEBELIN - QUAIX EN CHARTREUSE - Fourneaux, 1985
 SERT GIROD - ST GEORGES DE COMMIERS - Sarrot-Reynauld, 1981
 SOLLIER - (DOMENE) REVEL - S. du Chaffaut, 1997
 THIEBAUDS - SECHILLENNE - Sarrot-Reynauld, 1971 ; Sarrot-Reynauld, 1987
 THIEBAUDS ECOLE - SECHILLENNE - Sarrot-Reynauld, 1971 ; Sarrot-Reynauld, 1985
 THOUVIERE - NOYAREY - Bruno Talour, 2002

14.2. Autres rapports concernant les captages

ARCELLES - SEYSSINET PARISET - Traçages, Biju-Duval, 2000 et 2001.
 ARCELLES - SEYSSINET PARISET - Enquête publique, 2015.
 ARCELLES - SEYSSINET PARISET – Rapport CODERST, 2015.
 BALMES - NOYAREY - Rapport général des périmètres de protection des captages NOYAREY, EDACERE, 2000.
 BALMES - NOYAREY - Notes descriptives du captage Balmes, 22 Juin 2000.

BEAUME - ST GEORGES DE COMMIERS - Dossier préparatoire à l'avis de l'hydro agrée, Science environnement.

BITS - SECHILIENNE - Rapport relatif aux périmètres de protections cabinet Rouvidant. 1994.

BOULAISE - MONT ST MARTIN - Travaux mise en conformité, SCERCL, 2016.

BREDUIRE - PROVEYSIEUX - Hoffnung, ingénieur expert, 1989.

BREDUIRE - PROVEYSIEUX - Etude hydrogéologique, Geodefis, 2015.

BURDET - CLAIX - Dossier technique, Alp'Etudes, 1999.

BURDET - CLAIX - Dossier sur les caractéristiques des drains et galeries de captage, Alp'études, 2001.

CHATELARD - PROVEYSIEUX - Etude hydrogéologique, Geodefis, 2015.

CHAUVETS - ST GEORGES DE COMMIERS - Dossier préparatoire à l'avis de l'hydro agrée, Science environnement.

ECHAILLON - LE GUA - Etude vulnérabilité du captage de l'Echaillon, SETIS, 2014 ;

ECHAILLON - LE GUA - Fiche captage de l'Echaillon.

ECHAILLON - LE GUA - Rapport d'audit, Episode de pollution de l'eau potable de mars 2016, Novyel Conseil, 2016.

ENGINEAUX - NOYAREY - Rapport général des périmètres de protection des captages NOYAREY, EDACERE, 2000.

ENGINEAUX - NOYAREY - Notes descriptives du captage Engineaux, 22 Juin 2000.

EYRARD (AMONT et AVAL) - NOYAREY - Rapport général des périmètres de protection des captages NOYAREY, EDACERE, 2000.

EYRARD (AMONT et AVAL) - NOYAREY - Notes descriptives du captage Eyrard, 22 Juin 2000.

FONTAINE DU MULET - VAULNAVEYS LE BAS - Dossier technique sur les captages, Sefur.

FONTANETTES - NOTRE DAME DE COMMIERS - Dossier DUP, SETIS, 2014.

FONTFROIDE BAS - SAINT MARTIN D'URIAGE - Etude de l'impact des travaux de réaménagement sur les captages AEP de Fontfroide, BURGEAP, 2014.

FONTFROIDE BAS - SAINT MARTIN D'URIAGE - Reconnaissances géotechniques du projet de réaménagement de Casserousse (SAGE, 2014).

FONTFROIDE BAS - SAINT MARTIN D'URIAGE - Reconnaissances géotechniques du projet de réaménagement de Casserousse (SAGE, 2014).

FONTFROIDE BAS - SAINT MARTIN D'URIAGE - Projet de réaménagement du secteur de Casserousse, Avis hydrogéologue et sanitaire, Thierry Monier, Nov 2014.

FONTFROIDE BAS - SAINT MARTIN D'URIAGE - Essai de traçage entre le ruisseau de Casserousse et la source S4 de Fontfroide (SGREF, 1983).

FONTFROIDE BAS - SAINT MARTIN D'URIAGE - Compte rendu des observations effectuées sur les sources de casse-Rousse, SGREF, 1983.

FONTFROIDE HAUT - SAINT MARTIN D'URIAGE - Etude de l'impact des travaux de réaménagement sur les captages AEP de Fontfroide, Burgeap, 2020.

FONTFROIDE HAUT - SAINT MARTIN D'URIAGE - Projet de reamenagement du secteur de Casserousse, Avis hydrogéologue et sanitaire, Thierry Monier, Nov 2020.

FONTFROIDE HAUT - SAINT MARTIN D'URIAGE - Essai de traçage entre le ruisseau de Casserousse et la source S4 de Fontfroide (SGREF, 1983).

FONTFROIDE HAUT - SAINT MARTIN D'URIAGE - Compte rendu des observations effectuées sur les sources de casse-Rousse, SGREF, 1984.

GARRETIERES - CLAIX - Dossier technique, Alp'Etudes, 1999.

GARRETIERES - CLAIX - Dossier sur les caractéristiques des drains et galeries de captage, Alp'études, 2001.

GUTHINS (SECOURS) - ST PAUL DE VARCES - Dossier DUP, Alp'Etudes, 2011.

JAYERES - CLAIX - Traçage, Sineosol, 1993.

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Plaine de la Basse Romanche (38). Etude des conditions de transfert rivière-nappe de la Romanche à Jouchy. Note technique complémentaire. 02/10/2006. SIVIG/SMDEA. SAGE Drac-Romanche.

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Plaine de La Basse Romanche (38). Etude des conditions de transfert rivière-nappe de la Romanche à Jouchy. Rapport final (avec volume de Figures et annexes). BURGEAP-Grenoble. Janvier 2007. SIVIG/SMDEA. SAGE Drac-Romanche.

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Plaine de La Basse Romanche (38). Etude des conditions de transfert rivière-nappe de la Romanche à Jouchy. Note de synthèse. BURGEAP-Grenoble. Janvier 2007. SIVIG/SMDEA. SAGE Drac-Romanche.

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Etude hydraulique de l'impact de la déconstruction des ouvrages hydroélectriques de moyenne Romanche. Rapport final. HECE-Liège. Décembre 2012. EDF. (version draft)

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Aménagement hydroélectrique du Lac Mort (38). Détermination des vitesses d'écoulement de la Romanche en moyenne vallée. GEODEFIS. 21/10/2013. EDF.

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Aménagement hydroélectrique du Lac Mort (38). Etude complémentaire de faisabilité d'un dispositif de secours du champ captant AEP de Jouchy par infiltration des eaux issues de l'aménagement du Lac Mort. GEODEFIS. 18/11/2013. EDF.

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Aménagement hydroélectrique du Lac Mort (38). Etude complémentaire de faisabilité d'un dispositif de secours du champ captant AEP de Jouchy par infiltration des eaux issues de l'aménagement du Lac Mort. Etude de scénarios supplémentaires. GEODEFIS. 30/04/2014. EDF.

JOUCHY - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Avis hydrogéologique sur les mesures et travaux préconisés pour la protection du champ captant AEP du SIERG à Jouchy (St-Pierre-de-Mésage, 38). HYDRIAD. 2015. EDF.

JOUCHY 2 - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Avis de géologue sur le projet Séchilienne moyenne et basse romanche-SYMBHI, Michel, 2013.

JOUCHY 2 - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Rapports BURGEAP. SIERG.

JOUCHY 3 - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Avis de géologue sur le projet S2chilienne moyenne et basse romanche-SYMBHI, Michel, 2013

JOUCHY 3 - SAINT PIERRE DE MESSAGE - Rapports BURGEAP. SIERG

LES MAILS - SAINT EGREVE - Rapports d'études géophysique, Michel, 1963 et 1965

LES MAILS - SAINT EGREVE - Etude hydrogéologique complémentaire, Horizons.

MONTENU - PROVEYSIEUX - Etude hydrogéologique, Geodefis, 2015.

MOUSSES - ST PAUL DE VARCES - Dossier DUP, Alp'Etudes, 2011.

MULET - VAULNAVEYS LE BAS - Dossier technique sur les captages, Sefur.

OURSIERE - NOTRE DAME DE COMMIERS - Dossier DUP, Setis, 2014.

PONT DE CLAIX - CLAIX - Dossier technique, Alp'Etudes, 1999.

PONT DE CLAIX - CLAIX - Dossier sur les caractéristiques des drains et galeries de captage, Alp'études, 2001.

PR1 (ROCHEFORT) - VARCES ALLIERES ET RISSET - Avis Hydro agréé du Puits Notre Dame de Lachal. Jardin et Michal, 2012.

PR2 (FONTAGNEUX) - VARCES ALLIERES ET RISSET - Avis Hydro agréé du Puits Notre Dame de Lachal. Jardin et Michal, 2012

PR4 (MOLLOTS) - VARCES ALLIERES ET RISSET - Avis Hydro agréé du Puits Notre Dame de Lachal. Jardin et Michal, 2012

PR4 (MOLLOTS) - VARCES ALLIERES ET RISSET - Rapport hydrogéologique ; Incidence de la remise en eau du Drac sur le puits des Mollots. Jardin et Michal, 2012

PR4 (MOLLOTS) - VARCES ALLIERES ET RISSET - Etude sur les ressources en eau du territoire Drac Romanche. Lot 2. Conditions d'écoulement de la nappe du Drac. Etude du décrochage de la nappe en amont de la plaine de Reymure. Novembre 2006. SOGREAH N° 1 730711.

PR4 (MOLLOTS) - VARCES ALLIERES ET RISSET - Projet UP Alpes – Saut du Moine. Avis hydrogéologique. HYDRIAD. 2013. Pour EDF.

PRE RIVOIRE DRAIN - LA TRONCHE - Dossier d'enquête préalable à la DUP, Setis, 2014.

PS1 - VARCES ALLIERES ET RISSET - Avis Hydro agréé du Puits Notre Dame de Lachal. Jardin et Michal, 2012

PS2 - VARCES ALLIERES ET RISSET - Avis Hydro agréé du Puits Notre Dame de Lachal. Jardin et Michal, 2012

RIOUX - ST PAUL DE VARCES - Dossier DUP, Alps'Etudes, 2011.

RIOUX - ST PAUL DE VARCES - Dossier DUP, Alps'Etudes, 2011.

ROCHEPLAINE - ST EGREVE - Etude complémentaire, Edacere.

SERT GIROD - ST GEORGES DE COMMIERS - Dossier préparatoire à l'avis de l'hydro agréée, Science environnement.

THIEBAUDS ECOLE - SECHILIENNE - Rapport relatif aux périmètres de protections cabinet ceinturier,1994.

THOUVIERE - NOYAREY - Rapport général des périmètres de protection des captages NOYAREY, EDACERE, 2000.

THOUVIERE - NOYAREY - Notes descriptives du captage Thouvière, 22 Juin 2000.

15. ANNEXE 2. Glossaire des termes techniques utilisés dans le rapport

AEP : Alimentation en eau potable.

AERMC : Agence de l'Eau Rhône – Méditerranée et Corse.

Aire d'Alimentation d'un Captage (AAC) : L'article 21 de la LEMA du 30/12/06, et le décret du 14.05.07 relatif aux « zones soumises à certaines contraintes environnementales », font référence à des « zones de protection des aires d'alimentation des captages ». Le concept d'aire d'alimentation de captages n'est pas mentionné par référence explicite à un concept hydrogéologique, mais en relation avec l'objectif du législateur : assurer la protection de toutes ressources en eau (souterraines ou superficielles) par le biais d'actions à la surface d'un territoire au niveau duquel se fait l'alimentation d'un ou de plusieurs captages d'eau potable. Les aires d'alimentation de captages visées correspondent ainsi aux surfaces sur lesquelles l'eau qui s'infiltré ou ruisselle participe à l'alimentation de la ressource en eau dans laquelle se fait le prélèvement. Cette définition de l'aire d'alimentation de captages correspond à celle qui est donnée par Vernoux et al (2007b) pour le « bassin d'alimentation d'un captages ». Ainsi, pour ce qui concerne les eaux souterraines, les notions de « bassin d'alimentation de captages » et « d'aire d'alimentation de captages » seraient équivalentes.

Alluvions : sédiments des cours d'eau et des lacs, composés selon les régions traversées et la force du courant, de galets, de graviers et de sable.

Anticlinal : En géologie un synclinal est un pli dont la concavité est tournée vers le bas, le synclinal ayant lui la concavité vers le haut.

Aquifère : formation géologique, composée de roches perméables, comportant une zone saturée (c'est à dire une zone où l'eau occupe complètement les interstices des roches), et permettant l'écoulement significatif d'une nappe souterraine et le captage de quantités d'eau appréciables.

ARS : Une agence régionale de santé (ARS) est un établissement public administratif de l'État français chargé de la mise en œuvre de la politique de santé dans sa région.

Artésien : Qualifie un puits ou un forage exploitant une nappe captive, dans lequel l'eau s'élève naturellement, jusqu'au sol (jaillissement) ou non.

Banquette : Relief périglaciaire correspondant à un épisode de recul d'un glacier. L'inclinaison du relief est généralement perpendiculaire au front glaciaire.

Barbacanes : Dans un puits ou dans une galerie drainante, ouverture verticale étroite permettant le passage de l'eau de l'aquifère dans l'ouvrage de captage.

Bassin d'Alimentation d'un Captage (BAC) : Lieu des points de la surface du sol qui contribuent à l'alimentation du captage. Dans les cas simples, le bassin d'alimentation concerne un seul aquifère et correspond à la projection en surface de la portion de nappe alimentant le captage. Dans la pratique une surface étant rarement totalement ruisselante ou infiltrante, la zone située entre la crête topographique et la crête piézométrique devrait être prise en compte. Dans des cas plus complexes le bassin hydrogéologique prend en compte plusieurs aquifères. Le bassin d'alimentation du captage est toujours compris à l'intérieur du bassin hydrogéologique de l'aquifère principal mais il peut alors s'étendre au-delà de l'extension structurale de l'aquifère principal. Les zones attenantes (versants en bordure) caractérisées par des écoulements de sub-surface ou par du ruissellement diffus s'infiltrant

en partie, participent à l'alimentation du captage. La notion de bassin d'alimentation est ainsi étendue par rapport à son acception classique en intégrant les zones de bordures qui contribuent à l'apport de l'eau météorique sur les aires de recharge de l'aquifère. Tiré de Vernoux et al. (2007b).

Bassin hydrogéologique d'un aquifère ou bassin versant souterrain : Partie d'un aquifère, simple ou complexe dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent vers un même exutoire ou groupe d'exutoires ; il est délimité par une ligne de partage des eaux souterraines qui, à l'encontre de celle des bassins de surface peut être migrante ; c'est l'homologue souterrain d'un bassin versant pour les eaux de surface. Lorsque l'aquifère est en partie alimenté par l'infiltration d'un cours d'eau, seuls les secteurs du bassin versant de ce cours d'eau qui participent à l'alimentation de l'aquifère par l'infiltration directe des eaux météoriques ou après un court ruissellement diffus sont considérés dans le bassin hydrogéologique. Tiré de Vernoux et al. (2007b).

Bassin versant (BV) : Un bassin versant ou bassin hydrographique est une portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun : cours d'eau ou lac. Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte considérée à partir d'un exutoire, limitée par le contour à l'intérieur duquel se rassemblent les eaux précipitées qui s'écoulent vers cette sortie. De la même manière, on peut définir pour les eaux souterraines, un bassin versant hydrogéologique ou souterrain englobant les circulations des eaux prenant place dans le domaine souterrain.

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière, entre autres en charge des Services Géologiques Régionaux, de la Base de données du Sous-Sol, et du site internet InfoTerre

Captage : Un captage d'eau souterraine est le point où l'eau est captée ; il peut s'agir d'une source, d'un puits, d'un forage ou d'un groupe de puits ou forages (champ captant).

Champ captant : groupe de puits ou forages visant à capter l'eau souterraine.

Cluse : Une cluse ou clue est une vallée creusée perpendiculairement dans une montagne par une rivière.

Conductivité électrique : La conductivité électrique traduit la capacité d'une eau à conduire le courant électrique. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de mesure est le Siemens par cm (S/cm), souvent exprimée micro-siemens/cm ($\mu\text{S/cm}$) ou millisiemens (mS/cm). La conductivité électrique est proportionnelle à la quantité de sels minéraux dissous dans l'eau.

Cône de déjection : Un cône de déjection ou cône alluvial est un amas de débris transportés par un torrent au débouché d'une vallée ou en contrebas d'un versant ; il a une forme triangulaire conique. En montagne, les cônes de déjection sont alimentés par les crues et les laves torrentielles.

Connexion nappe / rivière : Les eaux souterraines sont en interaction avec les autres types de masses d'eau, eaux douces continentales (cours d'eau, zones humides, plans d'eau...) ou eaux marines en bordure littorale. Des échanges existent alors qui peuvent avoir lieu dans le sens nappe-rivière et parfois rivière-nappe et varier le long du cours d'eau ainsi qu'au cours de l'année en fonction des conditions hydrologiques.

Décadaires : Données météorologiques compilées sur un tiers de mois. Il y a trois décades par mois, nonobstant le nombre de jours du mois.

Dépression tectonique : En géomorphologie, une dépression est un creux topographique. En géologie, une dépression tectonique est donc un creux topographique résultant des mouvements tectoniques et non pas de l'érosion.

Etiage : Niveau de débit le plus faible atteint par un cours d'eau lors de son cycle annuel. En terme d'hydrologie, débit minimum d'un cours d'eau calculé sur un temps donné en période de basses eaux.

ETP : Evapo-transpiration potentielle = quantité d'eau exprimée en mm qu'un sol et sa végétation peuvent retourner vers l'atmosphère lorsque la quantité d'eau n'est pas limitante.

Infiltration : phénomène du passage de l'eau (ou d'un autre fluide) à travers la surface du sol, de sa pénétration dans le sol et de son mouvement descendant dans la zone non saturée du sous-sol.

Jaugeage : Mesure ponctuelle d'un débit d'un cours d'eau ou d'une source.

Karst – karstifié – karstique : Se dit d'un matériau carbonaté (calcaire ou dolomitique) qui a subi une dissolution favorisant l'ouverture de conduits et le passage de l'eau. La karstification peut conduire à la formation d'avens et de grottes.

Log géologique ou lithostratigraphique : Un log géologique ou coupe stratigraphique est un outil de connaissance géologique très utilisé en stratigraphie et en sédimentologie. Il s'agit d'une représentation schématique de la succession des couches géologiques d'un terrain. Il peut être levé lors de la réalisation d'un forage de reconnaissance, ou par l'étude des affleurements.

Masse d'eau : La masse d'eau est un terme technique de la directive-cadre sur l'eau, traduit de l'anglais waterbody. Ce terme désigne une unité d'analyse servant à évaluer l'atteinte ou non des objectifs fixés par la DCE. C'est une partie de cours d'eau, de nappes d'eau souterraines, ou de plan d'eau. Ce qui différencie une masse d'eau d'une autre, c'est la possibilité ou non d'atteindre le même objectif. Cette possibilité dépend d'une part des types naturels auxquels elles appartiennent et d'autre part des pressions liées aux activités humaines qui s'exercent sur elles.

MES – Matières en suspension : Les matières en suspension (MES) correspondent à l'ensemble des matières solides insolubles visibles à l'œil nu et présentes dans un liquide. Plus une eau en contient, plus elle est dite turbide.

Molasse : Les molasses sont des formations de roches sédimentaires détritiques d'origine post-orogénique (après la création d'une montagne), qui s'accumulent dans des bassins périphériques des reliefs. Les molasses sont souvent des grès à ciment de calcaire argileux.

Nappe alluviale : Nappe d'eau souterraine développée dans les formations sédimentaires d'un cours d'eau dont le niveau piézométrique est étroitement lié au niveau de la rivière.

Nappe d'eau souterraine : Ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique (les interstices des roches sont reliées les uns aux autres).

Nappe phréatique : Nappe d'eau souterraine libre, peu profonde et accessible aux puits habituels.

NGF : Nivellement Général de la France.

Niveau piézométrique : Niveau d'eau rencontré dans les forages, rattaché à une cote d'altitude, à une date donnée. Ces niveaux sont mesurés dans des forages de petit diamètre (piézomètre) qui permettent le passage d'une sonde de mesure de niveau. L'ensemble des niveaux piézométriques d'une nappe constitue la surface piézométrique de la nappe.

Périmètres de protection : Des périmètres de protection de captage doivent être établis autour des captages d'eau destinée à la consommation humaine, en vue d'assurer la préservation de la ressource et sa qualité. L'objectif est de réduire les risques de pollutions ponctuelles et accidentelles de la ressource sur ces points précis. Les périmètres de protection de captage sont définis dans le code de la santé publique (article L-1321-2) et sont obligatoires depuis la loi sur l'eau du 03 janvier 1992. On différencie : le périmètre de protection immédiate visant la protection de l'ouvrage lui-même et qui doit être clôturé ; le périmètre de protection rapprochée sur lequel toute activité susceptible de provoquer une pollution est interdite ou est soumise à prescription ; le périmètre de protection éloignée, facultatif, qui correspond généralement à la zone d'alimentation du point de captage, voire à l'ensemble du bassin versant.

Perméabilité : Propriété d'un matériau à laisser passer l'eau. Normalement exprimée en m/s (c'est-à-dire en m/s/m²).

Pesticide : produits phytosanitaires. Ils sont utilisés pour lutter contre les organismes qui sont nuisibles à la santé ou qui s'attaquent aux ressources végétales ou animales nécessaires à l'alimentation : insecticides, fongicides, acaricides....

Piézométrie : voir niveau piézométrique

Piper (diagramme de) : Un diagramme de Piper est une représentation graphique de la chimie d'un ou plusieurs échantillons d'eau. Les anions et les cations sont représentés dans deux diagrammes ternaires distincts.

Potentiel hydrogéologique : potentiel d'exploitation d'une nappe d'eau souterraine (ou d'un aquifère).

Précipitations efficaces ou pluie efficace : quantité d'eau fournie par les précipitations qui reste disponible, à la surface du sol, après soustraction des pertes par évapotranspiration réelle (voire ruissellement).

Relation nappe / rivière : voir Connexion nappe / rivière

Ruissellement : ce terme désigne l'eau de pluie qui s'écoule à la surface du sol.

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

SEQ-Eau : Le Système d'évaluation de la Qualité de l'eau, ou SEQ-Eau, est un outil pour caractériser l'état physico-chimique des cours d'eau, utilisé par les services de l'État et les collectivités pour évaluer la qualité des eaux (de surface ou souterraines) en France. Il est utilisé depuis le début des années 2000 par tous les acteurs de l'eau.

STEP : STation d'ÉPuration des eaux usées. Installation permettant la dépollution des eaux usées urbaines domestiques. Après accord certaines entreprises peuvent se raccorder à ce réseau.

Synclinal : En géologie un synclinal est un pli dont la concavité est tournée vers le haut, l'anticlinal ayant lui la concavité vers le bas.

Tectonique : La tectonique est l'ensemble des mécanismes responsables des structures géologiques, telles les chaînes de montagnes ou les bassins sédimentaires. Elle est en relation avec la tectonique des plaques résultant de la dérive des continents et leurs collisions.

Tracage : méthode de mise en évidence des réseaux de drainage souterrains par injection d'eau marquée. Les techniques de marquage font appel à des colorants fluorescents (uranine, fluoresceine, rhodamine, pyranine etc.), à des spores lycopodium, ou encore à des composés chimiques tels que le chlorure de sodium.

Transmissivité : C'est un paramètre qui représente le débit d'eau pouvant s'écouler au travers de la formation aquifère. S'exprime en m²/s. Correspond au produit de la perméabilité et de l'épaisseur mouillée contribuant à l'écoulement. Permet d'apprécier le débit que peut capter un forage.

Turbidité : correspond à la mesure de la réduction de l'intensité lumineuse d'un rayon traversant l'eau contenant des matières en suspension. La turbidité est utilisée comme étant un effet de la présence de matières en suspension sur les caractéristiques physiques de l'eau.

Vulnérabilité intrinsèque : terme utilisé pour représenter les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques naturelles qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la contamination par les activités anthropiques. C'est une propriété générale, non mesurable et sans dimension.

Vulnérabilité spécifique : vulnérabilité d'un aquifère à un polluant particulier ou à un groupe de polluants. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque.

Zone non saturée : Zone du sous-sol comprise entre la surface du sol et la surface d'une nappe libre ; elle représente la zone d'infiltration de l'aquifère.

Zone saturée : Zone du sous-sol dans laquelle l'eau occupe complètement les interstices des roches, formant dans un aquifère, une nappe d'eau souterraine.

16. ANNEXE 3. Liste des captages de coteaux avec leur N° d'identification et leur commune d'implantation

ID BD : n° d'identification utilisé dans ce document

ID GAM : nouveau n° d'identification de GAM

INS Code : n° ARS

Nom du captage	ID BD	ID GAM	INS Code	Commune
AILLOUDS	119	191		SECHILIEUNE
AMODRU	4	143	20	(DOMENE) REVEL
ARCELLES	43	64	404	SEYSSINET PARISSET
ARTHAUD	54	63	810	SEYSSINS
BALME	80 à 83	99 à 102	1427	NOTRE DAME DE MESSAGE
BALMES	114	98	6999	NOYAREY
BASSE DU RESERVOIR	79	105	1184	MONT ST MARTIN
BEAUME	13	172	45	ST GEORGES DE COMMIIERS
BITS	99	65	2942	SECHILIEUNE
BLANCS	21	71	146	SECHILIEUNE
BOULAISE	112	104	6981	MONT ST MARTIN
BREDUIRE	89	91	1763	PROVEYSIEUX
BUISSONNIERE (/ CLOTS)	26	66	167	SECHILIEUNE
BURDET	64	188	1011	CLAIX
CHAPUIS	7	145	23	(DOMENE) REVEL
CHARBONNEAUX	55	59, 61, 62	811	SEYSSINS
CHATELARD	90	92	1764	PROVEYSIEUX
CHAUVETS	19	119	105	ST GEORGES DE COMMIIERS
CLOS	45	108	494	LE GUA
CLOS BENEY	25	116	150	SECHILIEUNE
COLOUR	77 et 78	76 et 77	1176	SAPPEY EN CHARTREUSE
COMBE JARDIN 1 à 4	62 et 109 à 111	7 à 10	1005 et 6910 à 6912	CLAIX
COMBES	113	103	6982	MONT ST MARTIN
CROZ INFERIEUR	117		7013	QUAIX EN CHARTREUSE
CROZ SUPERIEUR	94	183, 184	1779	QUAIX EN CHARTREUSE
CURT	5	144	21	(DOMENE) REVEL
ECHAILLON	44	40	493	LE GUA
ENGINEAUX	115	97	7001	NOYAREY
EYRARD (AMONT)	85	94	1523	NOYAREY
EYRARD (AVAL)	86	95	1523	NOYAREY
FELIX FAURE	53	39	501	VIF
FONT FROIDE	75	80	1174	(SAPPEY EN CHARTREUSE) SARCENAS
FONTAINE DU MULET	14	48	50	VAULNAVEYS LE BAS
FONTAINE GALANTE	120	190		CORENC (QUAIX?)
FONTANETTES	11	107	39	NOTRE DAME DE COMMIIERS
FONTENETTE	1	136, 137	17	(DOMENE) REVEL
FONTFROIDE BAS	69 à 74	147 à 154	1021	SAINT MARTIN D'URIAGE
FONTFROIDE HAUT	65 à 68	155 à 158	1020	SAINT MARTIN D'URIAGE
GARINS	41	85	341	SAINT BARTHELEMY DE SECHILIEUNE
GARRETIERES	60	11	1003	CLAIX
GIRAUD CARRIER	6	141, 142	22	(DOMENE) REVEL
GORGE	40	84	338	SAINT BARTHELEMY DE

				SECHILIEENNE
GRAND	9	159	26	(DOMENE) REVEL
GRANDE GORGE	3	134	19	(DOMENE) REVEL
GRANDS PRAS	22	72	147	SECHILIEENNE
GUTHINS	116	54	7003	ST PAUL DE VARCES
JAYERES	59	12, 13, 192 à 195	1002	CLAIX
JONIER	46	22	495	LE GUA
LA GORGE	17	146	52	VAULNAVEYS LE BAS
LE PLATRE	18	46	53	VAULNAVEYS LE BAS
LES MAILLS	32	56	288	SAINT EGREVE
LUITEL	97	170	2128	SECHILIEENNE
MAISON BLANCHE	58	14	1001	CLAIX
MATHIEU	57	57	813	SEYSSINS
MATHIEUX	24	69	149	SECHILIEENNE
MAUBOURG PIEZOMETRE	100	173	5212	ST PAUL DE VARCES
MERLIERE 1 à 4	49 à 52	35 à 38	498 à 500	VIF
MONT SEC NOUVEAU	95	171	2126	SECHILIEENNE
MONTENU	91	93	1766	PROVEYSIEUX
MOUSSES	87	55	1536	ST PAUL DE VARCES
MULET	15 et 16	49	51	VAULNAVEYS LE BAS
OURSIERE	10	106	38	NOTRE DAME DE COMMIIERS
PASSE RIVIERE	35	47	300	VAULNAVEYS LE BAS
PETITS AMIEUX PROJET	98	167	2621	LE GUA
PINEA	92	74	1769	SARCENAS
PLANET	8	138, 139, 140	24	(DOMENE) REVEL
PLATRES	42	86	342	SAINT BARTHELEMY DE SECHILIEENNE
PONT DE CLAIX 1 à 4	61, 106 à 108	15 à 18	1004, 6906 à 6908	CLAIX
PRE RIVOIRE DRAIN	118	20	7287	LA TRONCHE
PRE RIVOIRE GALERIE	34	21	294	LA TRONCHE
PRELENFREY (CHATELARD)	47	23	496	LE GUA
RIOUX	88	53	1537	ST PAUL DE VARCES
ROCHEPLAINE	33	117	289	ST EGREVE
RUISSEAU	56	58	812	SEYSSINS
RUISSET	76	79	1175	SAPPEY EN CHARTREUSE
SAGNES	48	24	497	MIRIBEL LANCHATRE

17. ANNEXE 4. Justification du tracé des Aires Probables d'Alimentation des Captages (APAC)

<p>LES MAILS Surface de l'APAC : 9531.04 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 92 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC principale correspond à la nappe alluviale de l'Isère en raison de la position géographique de l'ouvrage ainsi que de la piézométrie suggérant un apport d'eau depuis l'Est (le forage exploite les alluvions de l'Isère). Dans ce cas, l'APAC correspondrait à l'ensemble du bassin versant de l'Isère. En sus, les bassins versants topographiques des cours d'eau provenant de la Chartreuse (torrents du Tenaion et de La Vence) englobant des molasses d'âge tertiaire augmentent les dimensions de l'APAC.</p>
<p>ROCHEPLAINE Surface de l'APAC : 4.33 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 25 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>Les eaux émergent des formations urgoniennes karstifiées. L'APAC correspond à la barre calcaire urgonienne d'orientation Nord/Sud limité par une fracture d'orientation Est/Ouest. Plus au Nord, un traçage a pu mettre en évidence des circulations dirigées du Nord vers le Sud.</p>
<p>BREDUIRE Surface de l'APAC : 0.69 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur la topographie. Les faibles débits à la source ne permettent pas d'étendre l'APAC aux formations urgoniennes. La source émerge de formations calcaires fissurées.</p>
<p>CHATELARD Surface de l'APAC : 2.02 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 1 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur la topographie à l'Ouest alors qu'à l'Est, elle prend en compte le rôle des molasses qui pourraient s'avérer largement contributrices.</p>
<p>COMBES Surface de l'APAC : 2.81 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,09 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie essentiellement sur la topographie en raison du peu d'informations en possession et de fractures renseignées sur le secteur. Il n'est cependant pas impossible que des apports depuis le Nord puissent exister comme démontrés lors de traçages sur ce secteur.</p>
<p>BOULAISE Surface de l'APAC : 2.81 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,09 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie essentiellement sur la topographie en raison du peu d'informations en possession et de fractures renseignées sur le secteur. Il n'est cependant pas impossible que des apports depuis le Nord puissent exister comme démontrés lors de traçages sur ce secteur.</p>
<p>BASSE DU RESERVOIR Surface de l'APAC : 2.81 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,04 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie essentiellement sur la topographie en raison du peu d'informations en possession et de fractures renseignées sur le secteur. Il n'est cependant pas impossible que des apports depuis le Nord puissent exister comme démontrés lors de traçages sur ce secteur.</p>

<p>SEBELIN Surface de l'APAC : 0.69 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC prend en compte les axes de fractures affectant les formations calcaréo-marneuses qui permettent le drainage des eaux en direction de la source.</p>
<p>MONTENU Surface de l'APAC : 0.69 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 2 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC prend en compte les axes de fractures affectant les formations calcaréo-marneuses qui permettent le drainage des eaux en direction de la source.</p>
<p>PINEA Surface de l'APAC : 0.42 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC prend en compte les axes de fractures affectant les formations calcaréo-marneuses qui permettent le drainage des eaux en direction de la source.</p>
<p>CROZ INFERIEUR Surface de l'APAC : 1.12 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au BV topographique. Aucun axe de fracture n'est renseigné sur les cartes géologiques.</p>
<p>CROZ SUPERIEUR Surface de l'APAC : 1.12 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au BV topographique. Aucun axe de fracture n'est renseigné sur les cartes géologiques.</p>
<p>FONT-FROIDE Surface de l'APAC : 1.05 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 1,66 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC prend en compte les axes de fractures affectant les formations calcaréo-marneuses qui permettent le drainage des eaux en direction de la source mais également de la barre urgonienne alimentant ces formations marneuses.</p>
<p>RUISSET Surface de l'APAC : 0.64 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 2,33 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC prend en compte les fractures affectant les formations calcaréo-marneuses qui permettent le drainage des eaux en direction de la source mais également la barre urgonienne alimentant ces formations marneuses. Retenir la forte réactivité du débit avec les pluies.</p>
<p>COLOUR Surface de l'APAC : 0.62 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,6 l/s Débit de hautes eaux : 47 l/s</p>	<p>L'APAC prend en compte les fractures affectant les formations calcaréo-marneuses qui permettent le drainage des eaux en direction de la source mais également une partie de la barre urgonienne alimentant ces formations marneuses. Retenir la forte réactivité du débit avec les pluies.</p>

<p>COLOUR Surface de l'APAC : 0.62 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,3 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC prend en compte les fractures affectant les formations calcaréo-marneuses. Ces fractures permettent le drainage des eaux en direction de la source mais également la barre urgonienne alimentant ces formations marneuses. Retenir la forte réactivité du débit avec les pluies.</p>
<p>PRE RIVOIRE DRAIN Surface de l'APAC : 1.35 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au BV topographique du captage en raison du peu d'informations en possession. Les circulations d'eau souterraine transitent au travers de formations quaternaires<.</p>
<p>PRE RIVOIRE GALERIE Surface de l'APAC : 1.35 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au BV topographique du captage en raison du peu d'informations en possession. Les circulations d'eau souterraine transitent au travers de formations quaternaires.</p>
<p>FONTAINE GALANTE Surface de l'APAC : 2.48 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 89 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond aux calcaires plissés fracturée et karstifiés de l'Écoutoux au Mont St Eynard étendus aux formations quaternaires.</p>
<p>EYRARD AVAL Surface de l'APAC : 1.39 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,43 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'étend au complexe urgonien en intégrant la faille Nord/Sud contributrice. Les eaux ont probablement une origine karstique éloignée drainée par une faille d'orientation Nord/Sud.</p>
<p>EYRARD AMONT Surface de l'APAC : 1.39 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'étend au complexe urgonien en intégrant la faille Nord/Sud contributrice. Les eaux ont probablement une origine karstique éloignée drainée par une faille d'orientation Nord/Sud.</p>
<p>BALMES Surface de l'APAC : 8.62 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 1,67 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'étend au complexe urgonien karstique. Elle engloberait le réseau du gouffre Berger, bien que les traçages mettent en évidence des circulations en direction de Sassenage. Il n'est pas exclu que des circulations en direction du Nord puissent aussi exister.</p>
<p>THOUVIÈRE Surface de l'APAC : 8.62 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 8 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'étend au complexe urgonien karstique. Elle engloberait le réseau du gouffre Berger, bien que les traçages mettent en évidence des circulations en direction de Sassenage. Il n'est pas exclu que des circulations en direction du Nord puissent aussi exister.</p>

<p>ENGINEAUX Surface de l'APAC : 8.62 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'étend au complexe urgonien karstique. Elle engloberait le réseau du gouffre Berger, bien que les traçages mettent en évidence des circulations en direction de Sassenage. Il n'est pas exclu que des circulations en direction du Nord puissent aussi exister.</p>
<p>ARCELLES Surface de l'APAC : 2.31 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 16 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur le PPE ; les eaux auraient pour origine les formations calcaires fissurés de l'Urgonien.</p>
<p>ARTHAUD Surface de l'APAC : 3.03 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 14 l/s Débit de hautes eaux : 30 l/s</p>	<p>L'APAC s'appuie sur le PPE du captage des ARCELLES ; elle comprend donc l'APAC du captage et se prolonge au Sud en s'appuyant sur la topographie.</p>
<p>RUISSEAU Surface de l'APAC : 5.06 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 6 l/s Débit de hautes eaux : 11 l/s</p>	<p>L'APAC comprend celle des ARTHAUD et est étendue aux captages sur des bases topographiques. La partie Sud est susceptible d'alimenter le captage. Il s'agit du bassin versant du ruisseau du Bessay. Ce cours d'eau pourrait se situer dans une zone fracturée favorable aux écoulements. Une faille située plus à l'Ouest suit le même axe que le cours d'eau.</p>
<p>MATHIEU Surface de l'APAC : 5.06 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,64 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC comprend celle des ARTHAUD et est étendue aux captages sur des bases topographiques. La partie Sud est susceptible d'alimenter le captage. Il s'agit du bassin versant du ruisseau du Bessay. Ce cours d'eau pourrait se situer dans une zone fracturée favorable aux écoulements. Une faille située plus à l'Ouest suit le même axe que le cours d'eau.</p>
<p>CHARBONNEAUX Surface de l'APAC : 5.06 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 3 l/s Débit de hautes eaux : 10 l/s</p>	<p>L'APAC comprend celle des ARTHAUD et est étendue aux captages sur des bases topographiques. La partie Sud est susceptible d'alimenter le captage. Il s'agit du bassin versant du ruisseau du Bessay. Ce cours d'eau pourrait se situer dans une zone fracturée favorable aux écoulements. Une faille située plus à l'Ouest suit le même axe que le cours d'eau.</p>
<p>BURDET Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 5,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur la topographie et est limitée à l'Ouest à la crête topographique du pic St Michel. Les écoulements karstiques dans les formations urgoniennes situées à l'Ouest de cette crête auraient des directions d'écoulements en direction du Nord et de l'Est. L'APAC inclut le PPE du rapport hydrogéologique.</p>
<p>COMBE JARDIN 1 Surface de l'APAC : 3.15 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE des captages de Pont de Claix en étendant cette aire à la crête topographique de calcaires urgoniens.</p>

<p>COMBE JARDIN 2 Surface de l'APAC : 3.15 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE des captages de Pont de Claix en étendant cette aire à la crête topographique de calcaires urgoniens.</p>
<p>COMBE JARDIN 3 Surface de l'APAC : 3.15 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE des captages de Pont de Claix en étendant cette aire à la crête topographique de calcaires urgoniens.</p>
<p>COMBE JARDIN 4 Surface de l'APAC : 3.15 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE des captages de Pont de Claix en étendant cette aire à la crête topographique de calcaires urgoniens.</p>
<p>PONT DE CLAIX 1 Surface de l'APAC : 3.15 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE des captages de Pont de Claix en étendant cette aire à la crête topographique de calcaires urgoniens.</p>
<p>PONT DE CLAIX 2 Surface de l'APAC : 6.03 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur les PPE de Garretières, Maison Blanche et Jayères étendus à la limite de crête topographique à l'Ouest. Une contribution depuis les formations urgoniennes au Sud a également été prise en considération, puisque des circulations karstiques en direction du Nord peuvent exister comme il est prouvé dans les faciès urgonien de Grande Roche.</p>
<p>PONT DE CLAIX 3 Surface de l'APAC : 6.03 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur les PPE de Garretières, Maison Blanche et Jayères étendus à la limite de crête topographique à l'Ouest. Une contribution depuis les formations urgoniennes au Sud a également été prise en considération, puisque des circulations karstiques en direction du Nord peuvent exister comme il est prouvé dans les faciès urgonien de Grande Roche.</p>
<p>PONT DE CLAIX 4 Surface de l'APAC : 6.03 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur les PPE de Garretières, Maison Blanche et Jayères étendus à la limite de crête topographique à l'Ouest. Une contribution depuis les formations urgoniennes au Sud a également été prise en considération, puisque des circulations karstiques en direction du Nord peuvent exister comme il est prouvé dans les faciès urgonien de Grande Roche.</p>

<p>GARRETIERES Surface de l'APAC : 4.51 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 3 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur les PPE de Garretières, Maison Blanche et Jayères étendus à la limite de crête topographique à l'Ouest. Une contribution depuis les formations urgoniennes au Sud a également été prise en considération, puisque des circulations karstiques en direction du Nord peuvent exister comme il est prouvé dans les faciès urgonien de Grande Roche.</p>
<p>JAYERES Surface de l'APAC : 4.51 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 6 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur les PPE de Garretières, Maison Blanche et Jayères étendus à la limite de crête topographique à l'Ouest. Une contribution depuis les formations urgoniennes au Sud a également été prise en considération, puisque des circulations karstiques en direction du Nord peuvent exister comme il est prouvé dans les faciès urgonien de Grande Roche.</p>
<p>MAISON BLANCHE Surface de l'APAC : 4.5 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 4 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur les PPE de Garretières, Maison Blanche et Jayères étendus à la limite de crête topographique à l'Ouest. Une contribution depuis les formations urgoniennes au Sud a également été prise en considération, puisque des circulations karstiques en direction du Nord peuvent exister comme il est prouvé dans les faciès urgoniens de Grande Roche.</p>
<p>SAVOYERES Surface de l'APAC : 0.47 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC s'appuie sur le PPE prolongé à la crête topographique de calcaires urgoniens.</p>
<p>MOUSSES Surface de l'APAC : 1.44 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 15 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base en partie sur la topographie mais principalement sur les axes de fracturations mis en évidence par la carte géologique. Il est en effet possible que l'origine des eaux soit principalement due à des axes de fractures Est/Ouest.</p>
<p>MAUBOURG PIEZOMETRE Surface de l'APAC : 0.81 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC est orientée en direction des formations jurassiques situées au Sud-Est du captage. En raison de la localisation géographique de l'ouvrage, au pied d'un cône d'éboulis, il est envisageable que l'alimentation de la nappe dans ce secteur se fasse en très grande majorité depuis les formations carbonatées au travers des cônes d'éboulis.</p>
<p>GUTHINS Surface de l'APAC : 1.97 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : (moyen) Débit d'étiage : 1,17 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se développe en partie sur le bassin versant de l'Echarine mais également plus au Nord en prenant en considération l'axe de fracture Est-Ouest pouvant alimenter les captages. La crête topographique constitue la limite Ouest.</p>
<p>RIOUX Surface de l'APAC : 1.97 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : (moyen) Débit d'étiage : 0,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se développe en partie sur le bassin versant de l'Echarine mais également plus au Nord en prenant en considération l'axe de fracture Est-Ouest pouvant alimenter les captages. La crête topographique constitue la limite Ouest.</p>

<p>ECHAILLON Surface de l'APAC : 15.21 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 44,6 l/s Débit de hautes eaux : 119 l/s</p>	<p>L'APAC se base principalement sur l'APAC de l'étude de vulnérabilité de 2014 mais également sur les récents traçages de 2016 mettant en jeu une alimentation depuis le Sud. Cette limite Sud peut être largement étendue plus au Sud. L'APAC prend donc en compte</p>
<p>JONIER Surface de l'APAC : 5.65 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 5,99. l/s Débit de hautes eaux : 50 l/s</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE étendu à l'Ouest à la limite de crête topographique constitué de calcaires urgoniens.</p>
<p>CLOS Surface de l'APAC : 13.17 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,34 l/s Débit de hautes eaux : 1,42 l/s</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE étendu à l'Ouest à la limite de crête topographique constitué de calcaires urgoniens.</p>
<p>PRELENFREY (CHATELARD) Surface de l'APAC : 5.65 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 1,1 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE étendu à l'Ouest à la limite de crête topographique.</p>
<p>SAGNES Surface de l'APAC : 0.95 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,035 l/s Débit de hautes eaux : 0,45 l/s</p>	<p>L'APAC comprend le PPE et se limite à l'Ouest à la crête topographique.</p>
<p>MERLIERE 1 Surface de l'APAC : 0.39 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,14 l/s Débit de hautes eaux : 0,58 l/s</p>	<p>L'APAC correspond principalement à la zone où affleurent les éboulis. Cette aire a été délimitée sur des critères topographiques en raison du peu d'informations en possession.</p>
<p>MERLIERE2 Surface de l'APAC : 0.39 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond principalement à la zone où affleurent les éboulis. Cette aire a été délimitée sur des critères topographiques en raison du peu d'informations en possession.</p>
<p>MERLIERE3 Surface de l'APAC : 0.2 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'alimentation de se captage serait principalement dictée par des ruissellements de surface mais aussi par des fractures affectant les formations jurassiques. Aucun axe de fracture n'a cependant été mise en évidence au niveau du captage. L'APAC correspond donc au BV topographique du captage.</p>

<p>MERLIERE 4 Surface de l'APAC : 0.2 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'alimentation de ce captage serait principalement dictée par des ruissellements de surface mais aussi par des fractures affectant les formations jurassiques. Aucun axe de fracture n'a cependant été mise en évidence au niveau du captage. L'APAC correspond donc au BV topographique du captage.</p>
<p>FELIX FAURE Surface de l'APAC : 1.39 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au BV topographique. Néanmoins, il n'est pas exclu qu'une contribution depuis le compartiment Est de la crête topographique puisse alimenter le captage à travers un vaste axe de fracture Est /Ouest.</p>
<p>FONTANETTES Surface de l'APAC : 4.46 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,86 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base principalement sur la topographie mais prend en compte les failles Est/Ouest pouvant être contributrices.</p>
<p>OURSIERE Surface de l'APAC : 4.46 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,9 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base principalement sur la topographie mais prend en compte les failles Est/Ouest pouvant être contributrices.</p>
<p>CHAUVETS Surface de l'APAC : 5.97 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 15,8 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base principalement sur la topographie mais prend en compte les failles Est/Ouest pouvant être contributrices.</p>
<p>BEAUME Surface de l'APAC : 5.97 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 4,2 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base principalement sur la topographie mais prend en compte les failles Est/Ouest pouvant être contributrices.</p>
<p>SERT GIROD Surface de l'APAC : 5.97 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 1,6 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base principalement sur la topographie mais prend en compte les failles Est/Ouest pouvant être contributrices.</p>
<p>BALME Surface de l'APAC : 0.92 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 1,67 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur des caractéristiques topographiques. Peu d'informations sont disponibles sur ce point et il est difficile d'en dire plus.</p>

BALME Surface de l'APAC : 0.92 km ² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné	L'APAC se base sur des caractéristiques topographiques. Peu d'informations sont disponibles sur ce point et il est difficile d'en dire plus.
BALME Surface de l'APAC : 0.92 km ² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné	L'APAC se base sur des caractéristiques topographiques. Peu d'informations sont disponibles sur ce point et il est difficile d'en dire plus.
BALME Surface de l'APAC : 0.92 km ² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné	L'APAC se base sur des caractéristiques topographiques. Peu d'informations sont disponibles sur ce point et il est difficile d'en dire plus.
PLATRES Surface de l'APAC : 0.39 km ² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,05 l/s Débit de hautes eaux : 0,7 l/s	L'APAC se base sur la topographie en incluant les micaschistes affleurant dans le secteur.
LE PLATRE Surface de l'APAC : 0.4 km ² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 1,4 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné	L'APAC se base sur la topographie en incluant les micaschistes affleurant dans le secteur.
GARINS Surface de l'APAC : 0.39 km ² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,2 l/s Débit de hautes eaux : 1,5 l/s	L'APAC se base sur la topographie en incluant les micaschistes affleurant dans le secteur.
GORGE Surface de l'APAC : 10.07 km ² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné	Le captage est principalement alimenté par le complexe du Lias situé au Sud. La grande majorité de ce complexe a été pris comme APAC en incluant le système de faille contributrice.
VIGNES Surface de l'APAC : 10.83 km ² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 5,4 l/s Débit de hautes eaux : 12 l/s	Les eaux du captage proviendraient du complexe amphibolitique situé à l'Est. Ce grand ensemble faillé selon des directions Est/Ouest constituerait donc l'APAC du captage.

<p>MONT SEC NOUVEAU Surface de l'APAC : 0.14 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC paraît être limitée au vu de la position géographique du puits. Etant donné que les caractéristiques de ce puits (profondeur, hauteur captée) ne nous ont pas été transmises, il est difficile de définir une APAC. L'APAC est donc basée sur la géologie en incluant les deux failles de la carte géologique et en limitant cette aire à la crête topographique à l'Est. Retenir la forte réactivité du débit avec les pluies.</p>
<p>THIEBAUDS ECOLE Surface de l'APAC : 1.05 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,03 l/s Débit de hautes eaux : 0,45 l/s</p>	<p>L'alimentation de cette source est principalement liée à l'axe de fracture NNE/ SSO, L'APAC considère donc cet axe et la limite topographique en amont.</p>
<p>THIEBAUDS Surface de l'APAC : 1.05 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 1,4 l/s Débit de hautes eaux : 5,0 l/s</p>	<p>L'alimentation de cette source est principalement liée à l'axe de fracture NNE/ SSO, L'APAC considère donc cet axe et la limite topographique en amont.</p>
<p>MATHIEUX Surface de l'APAC : 1.05 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,9 l/s Débit de hautes eaux : 2,5 l/s</p>	<p>L'alimentation de cette source est principalement liée à l'axe de fracture NNE/ SSO, L'APAC considère donc cet axe et la limite topographique en amont.</p>
<p>CLOS BENEY Surface de l'APAC : 0.43 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 2,5 l/s Débit de hautes eaux : 5,0 l/s</p>	<p>L'alimentation de cette source est principalement liée à l'axe de fracture NNE/ SSO, L'APAC considère donc cet axe et la limite topographique en amont.</p>
<p>AILLOUDS Surface de l'APAC : 1.15 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au flanc Ouest du Bois de L'Oeilly. L'eau aurait pour origine des circulations dans les fractures affectant les micaschistes.</p>
<p>GRANDS PRAS Surface de l'APAC : 1.15 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 1,2 l/s Débit de hautes eaux : 3,3 l/s</p>	<p>L'APAC correspond au flanc Ouest du Bois de L'Oeilly. L'eau aurait pour origine des circulations dans les fractures affectant les micaschistes.</p>
<p>BLANCS Surface de l'APAC : 0.55 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 1,0 l/s Débit de hautes eaux : 3,3 l/s</p>	<p>L'alimentation de ce captage aurait principalement pour origine l'axe de fracturation important Nord Sud, L'APAC a donc été étendue jusqu'au Pic de L'Oeilly en considérant une alimentation depuis la fracture.</p>

<p>BUISSONNIERE Surface de l'APAC : 2.72 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 0,1 l/s Débit de hautes eaux : 1,6 l/s</p>	<p>L'APAC se développe à l'Est sur les amphibolites. Une fracture Est/Ouest serait probablement à l'origine de cette source. On notera que cette aire d'alimentation s'appuie en grande partie sur le PPE. Retenir la forte réactivité du débit avec les pluies.</p>
<p>BITS Surface de l'APAC : 2.72 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 2,5 l/s Débit de hautes eaux : 4 l/s</p>	<p>L'APAC se développe à l'Est sur les amphibolites. Une fracture Est/Ouest serait probablement à l'origine de cette source. On notera que cette aire d'alimentation s'appuie en grande partie sur le PPE.</p>
<p>LUITEL Surface de l'APAC : 0.41 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au versant proximal du captage englobant les lacés de la route.</p>
<p>MULET Surface de l'APAC : 1.09 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 10,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC aurait pour principale origine des écoulements depuis le Pic de l'Oeilly. Des écoulements depuis la faille située à l'Est des captages sont également possibles. L'APAC s'appuie sur le PPE.</p>
<p>MULET Surface de l'APAC : 1.09 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : non renseigné Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC aurait pour principale origine des écoulements depuis le Pic de l'Oeilly. Des écoulements depuis la faille située à l'Est des captages sont également possibles. L'APAC s'appuie sur le PPE.</p>
<p>FONTAINE MULET Surface de l'APAC : 1.09 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 0,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC aurait pour principale origine des écoulements depuis le Pic de l'Oeilly. Des écoulements depuis la faille située à l'Est des captages sont également possibles. L'APAC s'appuie sur le PPE.</p>
<p>LA GORGE Surface de l'APAC : 0.8 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 1 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond à la zone située au Sud du captage.</p>
<p>PASSE RIVIERE Surface de l'APAC : 24.08 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : moyenne Débit d'étiage : 13,9 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC correspond au bassin versant des deux cours d'eau passant au voisinage du captage de Passe Rivière. Ce captage sollicite les alluvions qui seraient alimentées par ces deux rivières.</p>

<p>FONTFROIDE BAS Surface de l'APAC : 4.14 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 4,15 l/s Débit de hautes eaux : 15 l/s</p>	<p>L'APAC s'appuie principalement sur la topographie et inclut le lac qui serait susceptible d'alimenter l'APAC. Cette aire inclut l'APAC des captages de Fontfroide Haute. Retenir la forte réactivité du débit avec les pluies.</p>
<p>FONTFROIDE HAUTE Surface de l'APAC : 1.73 km² Degré de fiabilité : forte Réactivité attendue : forte Débit d'étiage : 10 l/s Débit de hautes eaux : 30 l/s</p>	<p>L'APAC s'appuie principalement sur la topographie. Les conductivités moyennes observées à Fontfroide Haute et Fontfroide Bas sont sensiblement différentes. Retenir la forte réactivité du débit avec les pluies.</p>
<p>GRAND Surface de l'APAC : 5.63 km² Degré de fiabilité : moyenne Réactivité attendue : (moyen) Débit d'étiage : 2,8 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>
<p>CHAPUIS Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 1,3 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>
<p>CURT Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 0,15 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>
<p>AMODRU Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 5,9 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>
<p>GIRAUD CARRIER Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 0,5 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>
<p>FONTENETTE Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 4 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>

<p>SOLLIER Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 5,6 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>
<p>PLANET Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 5,2 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>
<p>GRANDE GORGE Surface de l'APAC : 1.57 km² Degré de fiabilité : faible Réactivité attendue : faible Débit d'étiage : 8 l/s Débit de hautes eaux : non renseigné</p>	<p>L'APAC se base sur le PPE et inclut la fracture d'orientation Nord-Sud mise en évidence sur la carte géologique et pouvant se prolonger plus au Nord.</p>

18. ANNEXE 5. Origine des données SIG utilisées pour la détermination de la vulnérabilité extrinsèque des APAC

L'origine des données SIG utilisées pour la détermination de la vulnérabilité extrinsèques des APAC est indiquée au tableau suivant (avec leurs sources et date de mise à jour associées).

Données	Nom de la couche	Source	Date de mise à jour
Sites et sol pollués	Basol_p_r82	DREAL Rhône Alpes	17/01/2017
Site ICPE	lcpe_dreal_entree_p_r84	DREAL Rhône Alpes	16/03/2017
Sortie STEP	n_rejet_step_coll_p_038	DDT 38	20/02/2017
Cours d'eau	Cours_d_eau	BD Carthage	2015
Chemin forestier	Forest_desserte_voirie	GAM	2016
Route secondaire	Routes_secondaires	GAM	2016
Voie ferrée	TRONCON_VOIE_FERREE	IGN	06/07/2016
Autoroute/nationale/départementale	TRONCON_ROUTE	IGN	06/07/2016
Cultures	RPG	Agence de services et de paiement	04/09/2014
Zone urbanisée	l_tache_urbaine_2015_038	DDT38	15/03/2016
Domaine skiable	ortho photos	Délimitation sur ortho photos	Novembre 2015
Zone inondable	n_tri_ra2012_inondable_s_r82	GAM	2012
Zone NATURA 2000	N2000ZPS_RA et N2000SIC_RA	DREAL Rhône Alpes	Février 2017
ENS/Réserves naturelles/arrêté Biotope	synthese_contrainte_env_com_2016_metro	GAM	2016
Parc naturel régional	N_enp_pnr_s_r82	DREAL Rhône Alpes	25/11/2016

Ces données ont été obtenues sur des plateformes publiques de mise à disposition ou bien en contactant les services de l'état susceptibles de les fournir.