



Schéma d'Aménagement
de Gestion des Eaux
du bassin de l'Arve



Rapport intermédiaire de Phase I
Version du 6 janvier 2014

ETUDE DES NAPPES STRATEGIQUES DES ALLUVIONS DE L'ARVE ET DU GIFFRE



Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	14
1.1. CONTEXTE GENERAL – NOTION D'AQUIFERE STRATEGIQUE.....	14
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE	15
2. CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE.....	16
2.1. LES GRANDS ENSEMBLES STRUCTURAUX	16
2.2. LE FACONNAGE DES VALLEES PAR LES GLACIERS	19
2.3. CONSEQUENCES HYDROGEOLOGIQUES	20
2.4. CAS PARTICULIER DES SILLONS GLACIAIRES	23
3. SYNTHESE DE L'ETAT DES CONNAISSANCES SUR LA GEOLOGIE ET L'HYDROGEOLOGIE DES ALLUVIONS DE L'ARVE ET DU GIFFRE.....	24
3.1. METHODOLOGIE	24
3.1.1. Découpage en entités géographiques cohérentes.....	24
3.1.2. Carte géologique	27
3.1.3. Données disponibles	27
3.1.4. Délimitation des ensembles aquifères	27
3.1.5. Représentation graphique pour la géophysique	28
3.1.6. Base de données bibliographie exhaustive	30
3.2. SYNTHESE DES CONNAISSANCES SUR CHAQUE ENTITE.....	31
3.2.1. Vallée du Giffre amont Sixt-Cirque du Fer à Cheval.....	31
3.2.2. Vallée du Giffre entre Samoëns et Taninges	34
3.2.1. Haute vallée de l'Arve secteur Tour-Argentière	41
3.2.2. Ombilic de Chamonix entre Les Houches et Chamonix	43
3.2.3. Ombilic de Servoz - Les Houches	47
3.2.4. Ombilic de Sallanches-Le Fayet.....	49
3.2.5. Vallée de l'Arve entre Sallanches et Cluses.....	56
3.2.6. Vallée de l'Arve entre Cluses et Vougy	57
3.2.7. Cône du Giffre Marignier	60

3.2.8.	Cône du Borne Saint-Pierre-en-Faucigny.....	67
3.2.9.	Vallée de l'Arve entre Vougy et Bonneville	76
3.2.10.	Vallée de l'Arve entre Bonneville et Contamine-sur-Arve	77
3.2.11.	Vallée de l'Arve entre Contamine-sur-Arve et Etrembières.....	78
3.2.12.	Vallée de l'Arve entre le verrou d'Etrembières et Gaillard.....	79
3.2.13.	Sillon profond Arve – Scientrier	83
3.2.14.	Sillons profonds Arve aval	89
3.2.15.	Sillon profond Menoge.....	95
3.2.16.	Hypothèses nouvelles sur le fonctionnement hydrogéologique de la basse vallée de l'Arve.....	97
3.3.	SYNTHESE GENERALE	102
3.4.	CONCLUSION GENERALE SUR LES RESSOURCES EXPLOITABLES DANS LES ALLUVIONS DES VALLEES	107
4.	AUTRES RESSOURCES AQUIFERES DU SAGE	108
4.1.	REFERENTIEL HYDROGEOLOGIQUE.....	108
4.1.1.	Référentiel hydrogéologique et masses d'eaux souterraines	108
4.1.2.	Harmonisation des référentiels hydrogéologiques et masses d'eaux.....	109
4.2.	DESCRIPTION DES RESSOURCES AQUIFERES HORS ALLUVIONS	112
4.2.1.	Bref cadrage méthodologique	112
4.2.2.	Formations cristallines des massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges	112
4.2.3.	Formations sédimentaires du haut bassin versant de l'Arve	113
4.2.4.	Calcaires et marnes secondaires du massif de Platé.....	113
4.2.5.	Calcaires et marnes du massif des Bornes et des Aravis	115

4.2.6.	Calcaires et marnes du massif du Chablais.....	117
4.2.7.	Formations variées tertiaires du domaine flysch des Voirons : nappe de Charriage de Gurnigel.....	119
4.2.8.	Calcaires Crétacés du Salève, de la Mandallaz et d'Age	119
4.2.9.	Formations glaciaires et molassiques de l'Albanais et du Bas-Chablais .	119
4.2.10.	Formations glaciaires et fluvio-glaciaires du bas-Chablais – terrasse de Thonon	120
4.2.11.	Formations glaciaires du Genevois.....	121
4.3.	CARTOGRAPHIE DES AUTRES RESSOURCES AQUIFERES	122
4.4.	CONCLUSIONS SUR LES RESSOURCES AQUIFERES DU SAGE MOBILISABLES EN COMPLEMENT DES ALLUVIONS.....	123
5.	INVENTAIRE DES PRELEVEMENTS	124
5.1.	COLLECTE DES DONNEES	124
5.1.1.	Base de données « Redevances » de l'Agence de l'Eau RM&C	124
5.1.2.	Bases de données institutionnelles.....	125
5.1.3.	Questionnaires envoyés aux communes	125
5.1.1.	Détail des questionnaires envoyés aux foreurs et aux entreprises d'installations géothermiques	126
5.2.	PRELEVEMENTS POUR L'AEP	131
5.2.1.	Base de données « Redevances » de l'Agence de l'Eau RM&C	131
5.2.2.	Base de données de l'ARS actualisée avec les RPQS 2011 des gestionnaires	131
5.3.	PRELEVEMENTS POUR L'INDUSTRIE	136
5.4.	PRELEVEMENTS AGRICOLES	136
5.4.1.	Méthode d'estimation	136
5.4.2.	Résultats pour l'irrigation.....	137
5.4.3.	Résultats pour l'élevage.....	138
5.5.	PRELEVEMENTS DES PARTICULIERS	139
5.5.1.	L'usage de l'eau	139
5.5.2.	Réponses des questionnaires aux communes	140

5.6.	PRELEVEMENTS COMMUNAUX	140
5.7.	CAS PARTICULIER DE LA GEOTHERMIE	141
5.7.1.	L'usage de la géothermie très basse énergie	141
5.7.2.	La réglementation	142
5.7.3.	Les risques environnementaux et sanitaires liés à l'usage de la géothermie 146	
5.7.4.	Les difficultés de recensement et de contrôle.....	148
5.7.5.	Inventaire pour l'aquathermie	149
5.7.6.	Conclusion sur la géothermie sur nappe et estimation du nombre réel d'ouvrages.....	151
5.7.7.	Inventaire pour les sondes géothermiques verticales	153
5.7.8.	Conclusion sur la géothermie sur SGV et estimation du nombre réel d'ouvrages.....	155
5.8.	SYNTHESE SUR LES OUVRAGES DE PRELEVEMENTS EN NAPPE	157
5.9.	CONCLUSION GENERALE SUR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE ET LA GEOTHERMIE 158	
5.10.	CARTOGRAPHIE DES POINTS DE PRELEVEMENT EN NAPPE ET DE GEOTHERMIE... 159	

6. ANALYSE QUANTITATIVE : BESOINS ACTUELS ET FUTURS ET EQUILIBRE DE LA RESSOURCE 160

6.1.	DETAIL DE L'EVOLUTION DES PRELEVEMENTS	160
6.1.1.	A l'échelle de la vallée de l'Arve	160
6.1.2.	Détail sur la basse vallée de l'Arve (AEP).....	161
6.1.3.	Détail sur l'Arve moyenne (AEP)	162
6.1.4.	Arve entre Bonneville et Cluses (AEP)	163
6.1.5.	Vallée du Giffre	164
6.1.1.	Vallée de l'Arve entre Cluses et Passy (AEP)	165
6.1.1.	Haute vallée de l'Arve Les Houches et Chamonix.....	165

6.2.	ESTIMATION DES BESOINS FUTURS	167
6.2.1.	Prélèvements pour l'AEP	167
6.2.2.	Prélèvements industriels.....	168
6.2.3.	Prélèvements agricoles	168
6.3.	EQUILIBRE QUANTITATIF.....	169
6.3.1.	Données piézométriques	169
6.3.2.	Suivi piézométrique sur la basse et moyenne vallée de l'Arve en aval de Cluses	171
6.3.3.	Suivi piézométrique sur l'Arve en amont de Cluses	175
6.4.	ADEQUATION BESOINS RESSOURCES.....	178
6.4.1.	Adéquation besoins ressources actuelle et future	178
6.4.1.	Synthèse des enjeux pour l'alimentation en eau potable	180
7.	CONCLUSION GENERALE DE PHASE I	181

Table des matières

<i>Figure 1 : Cadre structural des Alpes françaises nord-occidentales d'après la carte tectonique de la Suisse au 1/500 000 (Carte extraite de la notice de la carte géologique du BRGM 1/50 000 Feuille Annemasse, complétée)</i>	<i>17</i>
<i>Figure 2 : Coupe A - coupe géologique SE-NW en rive droite de la vallée de l'Arve amont entre Passy et Cluses (d'après J.L PAIRIS, extrait d'Aquifères et Eaux souterraines de la France).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 3 : Coupe B - coupe géologique SE-NW à travers les massifs des Aravis et des Bornes entre Megève et Bonneville (d'après B. DOUDOUX, extrait d'Aquifères et Eaux souterraines de la France)</i>	<i>18</i>
<i>Figure 4 : Coupe C - coupe géologique SE-NW entre le Haut-Giffre et les nappes de charriage du Chablais, en rive droite du Giffre (extrait de la carte géologique au 1/50 000 Samöens-Pas de Morgins).....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 5 : Coupe D - coupe géologique SE-NW entre le massif du Môle et des Voirons, en rive droite de l'Arve (R. PLANCHEREL, extrait de la notice de la carte géologique au 1/50 000 Annemasse).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 6 : Coupe E - coupe géologique SE-NW entre le massif des Bornes et le Salève (extrait de la carte géologique au 1/50 000 feuille Annecy-Bonneville)</i>	<i>19</i>
<i>Figure 7 : Carte géomorphologique très simplifiée (d'après G. NICOUD et S. COUTTERAND, complété)</i>	<i>20</i>
<i>Figure 8 : Schéma de remplissage d'un ombilic glaciaire (d'après G.NICOUD, complété)</i>	<i>21</i>
<i>Figure 9 : Schématisation des corps sédimentaires aquifères imbriqués dans les alluvions lacustres de la vallée de l'Arve (d'après G. MONTJUVENT et G. NICOUD)</i>	<i>22</i>
<i>Figure 10 : Schématisation du sillon de la Menoge (d'après C. ARMAND, extrait d'Aquifères et eaux souterraines de la France, complété)</i>	<i>23</i>
<i>Figure 11 : Zone de travail (alluvions de vallées et sillons profonds) découpée en 17 secteurs et indication des cartes géologiques du BRGM au 1/50 000 recoupant les alluvions</i>	<i>26</i>
<i>Figure 12 : Coupe géophysique simplifiée le long de la vallée du Giffre (CPGF 1971, n°966).....</i>	<i>31</i>
<i>Figure 13 : Localisation des points de mesures géophysiques dans le Haut-Giffre</i>	<i>32</i>
<i>Figure 14 : Panneau électrique P18 perpendiculaire à la vallée du Giffre (RDA, 2011).....</i>	<i>33</i>

<i>Figure 15 : Localisation des campagnes de géophysique réalisées sur le Giffre</i>	34
<i>Figure 16 : Cartes d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le Giffre (alluvions de surface)</i>	36
<i>Figure 17 : Coupe géophysique interprétative (CPGF 1971)</i>	37
<i>Figure 18 : Panneau électrique P10 (RDA, 2011)</i>	37
<i>Figure 19 : Cartes d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le Giffre (alluvions profondes)</i>	39
<i>Figure 20 : Panneaux électriques aux Chosalets (EHC, 2004)</i>	42
<i>Figure 21 : Mesures géophysiques à Servoz et leur interprétation (graviers profonds et de surface)</i>	47
<i>Figure 22 : Profils électriques à Servoz (CPGF 1980, complété)</i>	48
<i>Figure 23 : Carte illustrant les campagnes de géophysique réalisées entre Passy et Sallanches</i>	49
<i>Figure 24 : Détails de 3 profils électriques en amont de Sallanches (BEGG, 1967, complété) montrant la disparition progressive des graviers de l'ombilic vers le nord.</i>	51
<i>Figure 25 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur l'ombilic de Sallanches-Le Fayet (alluvions profondes)</i>	52
<i>Figure 26 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur l'ombilic de Sallanches-Le Fayet (alluvions profondes)</i>	53
<i>Figure 27 : Profil électrique P10 en aval du confluent avec le Giffre (BEGG , 1967)</i>	58
<i>Figure 28 : Panneau électrique P10 en bordure est du cône du Borne (RDA, 2005)</i>	59
<i>Figure 29 : Détail des investigations géophysiques sur le cône du Giffre</i>	60
<i>Figure 30 : Détail des investigations géophysiques sur le cône du Giffre (CPGF, 1970)</i>	61
<i>Figure 31 : Détail d'un panneau électrique passant par le forage de Pré-Paris (RDA, 2005)</i>	61
<i>Figure 32 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Giffre (alluvions de surface)</i>	63
<i>Figure 33 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Giffre (alluvions profondes)</i>	64
<i>Figure 34 : Détail des investigations géophysiques sur le cône du Borne</i>	68
<i>Figure 35 : Profil électrique dans le cône du Borne (BEGG, 1966)</i>	69
<i>Figure 36 : Profil électrique dans le cône du Borne (CPGF, 1997)</i>	69
<i>Figure 37 : Profil électrique dans le cône du Borne (RDA, 2006)</i>	70

<i>Figure 38 : Carte isopaque du mur de l'aquifère (RDA, 2006)</i>	<i>71</i>
<i>Figure 39 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Borne (alluvions de surface)</i>	<i>72</i>
<i>Figure 40 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Borne (alluvions profondes)</i>	<i>73</i>
<i>Figure 41 : Détail des investigations géophysiques sur la moyenne vallée de l'Arve en aval de Bonneville.....</i>	<i>84</i>
<i>Figure 42 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la moyenne vallée de l'Arve en aval de Bonneville (alluvions de surface).....</i>	<i>85</i>
<i>Figure 43 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la moyenne vallée de l'Arve en aval de Bonneville (alluvions profondes)</i>	<i>86</i>
<i>Figure 44 : Coupes géologiques schématiques des ouvrages de prélèvement dans le sillon de Scientrier</i>	<i>87</i>
<i>Figure 45 : Détail des investigations géophysiques sur la basse vallée de l'Arve</i>	<i>90</i>
<i>Figure 46 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la basse vallée de l'Arve (alluvions de surface).....</i>	<i>91</i>
<i>Figure 47 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la basse vallée de l'Arve (alluvions profondes)</i>	<i>91</i>
<i>Figure 48 : Profil sismique perpendiculaire à l'Arve à Annemasse (CGG, 1994).....</i>	<i>92</i>
<i>Figure 49 : Coupes géologiques schématiques des ouvrages de prélèvement dans le sillon de l'Arve à Arthaz-les Nants</i>	<i>93</i>
<i>Figure 50 : Corrélation O18 et deutérium sur 13 échantillons de la vallée de l'Arve (Campagne d'Avril-Juin 2002, complétée)</i>	<i>99</i>
<i>Figure 51 : Cartographie des zones les plus productives pour l'AEP.....</i>	<i>104</i>
<i>Figure 52 : Carte des entités hydrogéologiques de la BD LISA à l'échelle du SAGE</i>	<i>111</i>
<i>Figure 53 : Circulations karstiques dans le Massif de Platé (d'après Jean-Paul RAMPNOUX, 2002, extrait d'Aquifères et eaux souterraines de la France).....</i>	<i>115</i>
<i>Figure 54 : Coupe géologique synthétique du massif des Bornes (D'après DOUDOUX, extrait d'Aquifères et Eaux souterraines de la France)</i>	<i>115</i>
<i>Figure 55 : Circulations souterraines et émergences karstiques du massif des Bornes et Aravis</i>	

<i>(Rampnoux, 2006).....</i>	<i>116</i>
<i>Figure 56 : Situation de la nappe du Genevois (Source : GSDEC/Canton de Genève).....</i>	<i>121</i>
<i>Figure 57 : Coupe hydrogéologique simplifiée de la nappe du Genevois (Source : GESDEC/Canton de Genève)</i>	<i>122</i>
<i>Figure 58 : Comparaison par unité de gestion entre les volumes prélevés en 2011 dans les alluvions et les volumes prélevés hors alluvions (Source : rapports RPQS et Agence de l'Eau). 134</i>	
<i>Figure 59 : Carte des pompages en nappe pour l'AEP avec par unité de gestion la répartition en volumes par rapport aux ressources de versant.....</i>	<i>135</i>
<i>Figure 60 : Schéma de principe du PAC sur eau de nappe (BRGM)</i>	<i>141</i>
<i>Figure 61 : Schéma de principe des sondes et champs de sondes géothermiques (Source : geothermal-energy.ch)</i>	<i>142</i>
<i>Figure 62 : Impacts de l'usage de la géothermie sur les eaux souterraines (David BRETHAUT, GEOLEP)</i>	<i>147</i>
<i>Figure 63 : Répartition des PAC sur le territoire d'étude et localisation des ouvrages géoréférencés</i>	<i>150</i>
<i>Figure 64 : Répartition des SGV sur le territoire d'étude et localisation des ouvrages géoréférencés</i>	<i>154</i>
<i>Figure 65 : Recensement et répartition des sondes géothermiques dans le canton de Genève en janvier 2010.</i>	<i>155</i>
<i>Figure 66 : Evolution des prélèvements en nappe pour l'AEP et l'industrie (Source : Agence de l'Eau)</i>	<i>160</i>
<i>Figure 67 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour la basse vallée de l'Arve (Annamasse Agglomération)</i>	<i>161</i>
<i>Figure 68 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour la moyenne vallée de l'Arve (captages du SIE des Rocailles, Bonneville et Contamine-sur-Arve).....</i>	<i>162</i>
<i>Figure 69 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour le cône du Borne (CERF, SIE Saint-Pierre-Arenthon).....</i>	<i>162</i>
<i>Figure 70 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour le cône du Giffre à Marignier (Ville de Marignier)</i>	<i>163</i>

<i>Figure 71 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe (puits de Jumel et de Pressy à Cluses, puits des Valigons à Marnaz) et sur les autres ressources (Source de Nancy sur Cluses et source de la Bonnaz) pour l'Arve Moyenne dans la région de Cluses.....</i>	<i>164</i>
<i>Figure 72 : Evolution des prélèvements (versant) pour la vallée du Giffre en amont de Taninges.</i>	<i>164</i>
<i>Figure 73 : Evolution des prélèvements (nappe et versant) pour l'ombilic de Sallanches.</i>	<i>165</i>
<i>Figure 74 : Evolution des prélèvements (nappe et versant) pour l'ombilic de Chamonix.....</i>	<i>166</i>
<i>Figure 75 : Points de réseau de suivi quantitatif des aquifères du Conseil Général de la Haute-Savoie.....</i>	<i>170</i>
<i>Figure 76 : Suivi piézométrique du puits de Veyrier entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m3).....</i>	<i>171</i>
<i>Figure 77 : Suivi piézométrique du puits des Nants entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés (en milliers de m3).....</i>	<i>172</i>
<i>Figure 78 : Suivi piézométrique du puits de Scientrier entre 1992 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m3).....</i>	<i>173</i>
<i>Figure 79 : Suivi piézométrique du piézomètre de l'Autoroute (Passérier) entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m3)</i>	<i>174</i>
<i>Figure 80 : Suivi piézométrique du puits de Prés-Paris entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m3).....</i>	<i>175</i>
<i>Figure 81 : Suivi piézométrique du puits Jumel entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m3)</i>	<i>176</i>
<i>Figure 82 : Suivi piézométrique du puits de Clair Temps entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m3).....</i>	<i>176</i>

<i>Tableau 1 : Découpage par secteurs géographiques pour l'analyse hydrogéologique</i>	25
<i>Tableau 2 : Représentaion graphique des données de géophysique</i>	29
<i>Tableau 3 : Bilan de flux sur le cône du Borne (modèle RDA, 2006)</i>	74
<i>Tableau 4 : Résultats des essais de pompage sur les puits d'Arthaz-les Nants</i>	94
<i>Tableau 5 : Synthèse des zones les plus productives pour l'AEP</i>	103
<i>Tableau 6 : Masses d'eaux et entités hydrogéologiques LISA sur le territoire du SAGE Arve et Giffre (hors alluvions)</i>	110
<i>Tableau 7 : Synthèse des sous-systèmes karstiques du massif de Platé et du Haut-Giffre (d'après le BRGM)</i>	114
<i>Tableau 8 : Réponses positives des communes sur les ouvrages des particuliers</i>	127
<i>Tableau 9 : Résultats des enquêtes communales sur la géothermie</i>	128
<i>Tableau 10 : Résultats des enquêtes sur les prélèvements communaux</i>	128
<i>Tableau 11 : Résultats de l'enquête menée auprès des foreurs et entreprises d'installations géothermiques</i>	130
<i>Tableau 12 : Données de prélèvements (en m³) en 2011 par unité de distribution pompant dans les alluvions de l'Arve</i>	133
<i>Tableau 13 : Hypothèses pour estimer les besoins en eau pour l'irrigation</i>	137
<i>Tableau 14 : Estimation des consommations d'eau pour l'irrigation</i>	137
<i>Tableau 15 : Hypothèses pour estimer les besoins en eau pour l'élevage</i>	138
<i>Tableau 16 : Estimation des consommations d'eau pour l'irrigation</i>	138
<i>Tableau 17 : Synthèse des installations liées à la géothermie en Rhône-Alpes (source étude ADEME/BRGM 2012)</i>	151
<i>Tableau 18 : Estimation des besoins en eau futurs pour l'AEP (en m³/an)</i>	167
<i>Tableau 19 : Adéquation besoins/ressources actuelle et future</i>	179

<i>Coupe 1 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage des ombilics de la vallée de Chamonix</i>	<i>46</i>
<i>Coupe 2 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage de l'ombilic de Sallanches-Le Fayet</i>	<i>55</i>
<i>Coupe 3 : Coupe hydrogéologique transversale à la vallée de l'Arve entre Marignier et Marnaz</i>	<i>66</i>
<i>Coupe 4 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage du cône du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny</i>	<i>75</i>
<i>Coupe 5 : Coupe hydrogéologique interprétative entre Gaillard et Etrembières</i>	<i>81</i>
<i>Coupe 6 : Coupe hydrogéologique transversale à la vallée de l'Arve entre Scientrier et Contamine-sur-Arve</i>	<i>88</i>
<i>Coupe 7 : Coupe hydrogéologique du plateau d'Arthaz entre la zone de captage des Nants (Arve) et celle des Moulins (Menoge)(G. NICOUD, 2013)</i>	<i>101</i>

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1. CONTEXTE GENERAL – NOTION D'AQUIFERE STRATEGIQUE

Le SDAGE (Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux) Rhône Méditerranée 2010–2015, adopté par le Comité de bassin le 16 octobre 2009, a identifié les secteurs pour lesquels des actions relatives à l'équilibre quantitatif et qualitatif ont été définies dans le programme de mesure. Parmi ces secteurs, les aquifères stratégiques sont des secteurs destinés au strict usage d'alimentation en eau potable actuelle et future, secteurs qu'il convient de préserver pour les raisons suivantes :

- La qualité chimique de l'eau souterraine est conforme ou encore proche des critères de qualité des eaux distribuées tels que fixés dans la directive 98/83/CE ;
- La ressource est importante en quantité ;
- Le (ou les) aquifère(s) est bien situé par rapport aux zones de forte consommation (actuelles ou futures) pour des coûts d'exploitation acceptables.

On distingue dans les aquifères les ressources stratégiques actuelles et futures :

- Actuelles : zones d'ores et déjà fortement sollicitées, et dont la dégradation poserait des problèmes immédiats pour les populations qui en dépendent ;
- Futures : zones pas, ou faiblement sollicitées pour l'alimentation en eau potable, mais à forte potentialité. Elles sont préservées à ce jour du fait de leur faible vulnérabilité naturelle, ou de l'absence de pression humaine, mais sont à préserver en l'état pour la satisfaction des besoins futurs à moyen et long terme

Le SDAGE RM identifie la « nappe des alluvions de l'Arve et du Giffre » comme une ressource stratégique à préserver. Le SDAGE RM fixe un objectif d'atteinte du bon état de la nappe (masse d'eau souterraine FRDG309) en 2015. La masse d'eau a été découpée en deux entités distinctes, à savoir les alluvions de l'Arve et du Giffre, et les sillons de la basse vallée de l'Arve. La masse d'eau dans son ensemble, d'après les indicateurs, est aujourd'hui en bon état chimique et quantitatif. Le Programme De Mesures (PDM) du SDAGE identifie des mesures prioritaires à prendre en compte :

- Rechercher les sources de pollution locales ;
- Traiter les sites pollués à l'origine de la dégradation des eaux ;
- Délimiter les ressources faisant l'objet d'objectifs plus stricts et/ou préserver en vue de leur utilisation future pour l'AEP.

1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le SM3A – Syndicat Mixte de l'Aménagement de l'Arve et de ses Abords - est porteur du SAGE de l'Arve. Dans le cadre de cette démarche, le Syndicat mène à l'échelle de son territoire une étude spécifique sur les aquifères stratégiques des alluvions de l'Arve et du Giffre. La présente étude a pour but d'étayer le diagnostic avant la rédaction du SAGE.

L'étude des aquifères stratégiques des nappes des alluvions de l'Arve et du Giffre comprend les missions suivantes :

- Recueil et synthèse des éléments de données actuellement disponibles sur le fonctionnement quantitatif de la nappe, sur la qualité des eaux souterraines, sur les interactions entre la nappe, les cours d'eau et les milieux naturels associés, et sur les usages de la nappe ;
- Quantification des prélèvements actuels et estimation par type pour les besoins futurs dans l'emprise de la zone d'étude ;
- Pour les différents secteurs homogènes des vallées, diagnostic de la situation de la nappe en matière de potentialités quantitatives et de qualité des eaux, mais également en matière de sollicitation de la ressource. Ce diagnostic vise aussi à identifier les activités anthropiques de la plaine et les risques potentiels associés au regard de la pollution des eaux souterraines (vulnérabilité intrinsèque, activité potentiellement à risque) ;
- Cartographie des ressources aquifères principales des alluvions de l'Arve et du Giffre, à partir des informations et données existantes ;
- Proposition des recommandations pour la préservation de la nappe, et le cas échéant, préconisation des actions d'études complémentaires ou de suivi qui permettront de préciser le diagnostic pour les thématiques ou les secteurs pour lesquels les données actuellement disponibles seraient trop fragmentaires, imprécises ou anciennes.

2. CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE, GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

2.1. LES GRANDS ENSEMBLES STRUCTURAUX

L'Arve, qui se forme par les eaux de fonte de glaciers de la vallée de Chamonix, et se jette dans le Rhône à Genève après l'exutoire du Lac Léman, traverse plusieurs grandes unités structurales, avec d'amont en aval (Figure 1) :

- Les massifs cristallins du Mont-Blanc (granite) et des Aiguilles Rouges (gneiss) pour la Haute vallée de l'Arve entre Vallorcine et Servoz ;
- Une zone de transition constituée par la base de la couverture sédimentaire subalpine au contact du socle granitique, ici essentiellement du Lias schisteux à Domancy et tout le revers oriental de Saint-Gervais et Megève ;
- La traversée des massifs subalpins essentiellement calcaires avec en rive gauche le massif des Aravis et en rive droite le massif de Platé (défilé de Salanches-Magland) ;
- Depuis Cluses jusqu'à la région d'Annemasse, le cours de l'Arve suit la limite structurale entre les massifs subalpins calcaires en rive gauche (Bornes et Aravis) et les nappes de charriage du Chablais de nature marno-calcaire (d'affinité briançonnaises) en rive droite ;
- Tout le versant moins élevé dominant en rive gauche la Roche sur Foron est constitué par les grès molassiques d'âge Tertiaire, largement masqués par les formations morainiques glaciaires.
- Dans la région d'Annemasse, les grès molassiques forment le soubassement du massif des Voirons en rive droite de l'Arve. Les grès de la nappe de Gurniguel (nappes du Chablais) forment la partie sommitale. En rive gauche, les agglomérations d'Annemasse et Genève sont dominées par le chaînon du Salève, massif calcaire jurassien.

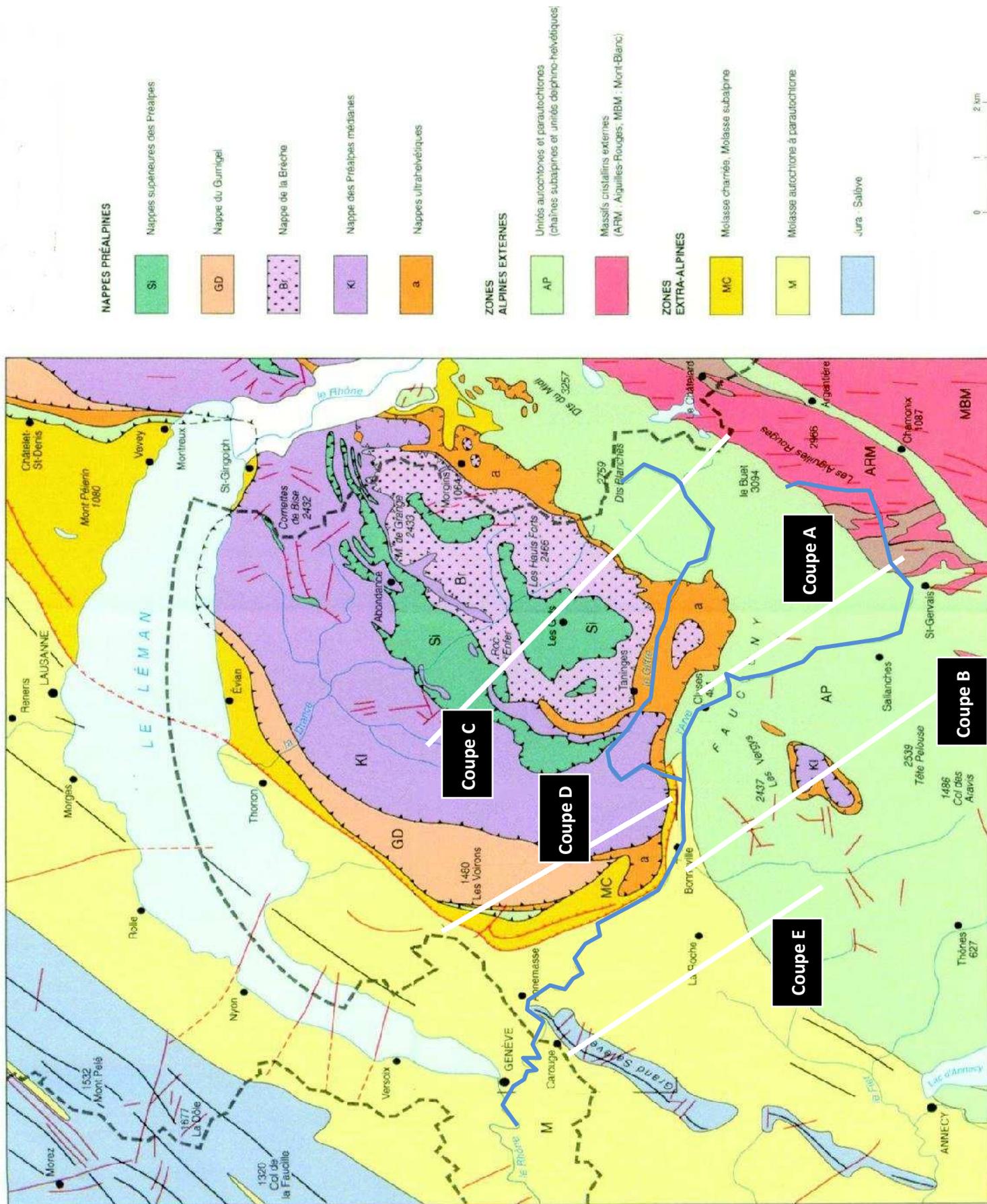
La vallée du Giffre prend naissance dans le massif calcaire du haut-Giffre, prolongement nord du massif calcaire de Platé, puis recoupe la partie sud des nappes du Chablais entre Samoëns et la confluence avec l'Arve à Marignier.

La localisation des coupes est précisée sur la Figure 1.

Les coupes géologiques au travers les différentes unités structurales (Figures 2 à 6) permettent de préciser la géométrie des formations géologiques à l'échelle générale de la vallée de l'Arve et de la vallée du Giffre.

Une description plus détaillée des différentes unités lithologiques du bassin-versant de l'Arve et du Giffre est proposée dans le chapitre 4 consacré à la description des autres ressources aquifères du SAGE (hors alluvions).

Figure 1 : Cadre structural des Alpes françaises nord-occidentales d'après la carte tectonique de la Suisse au 1/500 000 (Carte extraite de la notice de la carte géologique du BRGM 1/50 000 Feuille Annemasse, complétée)



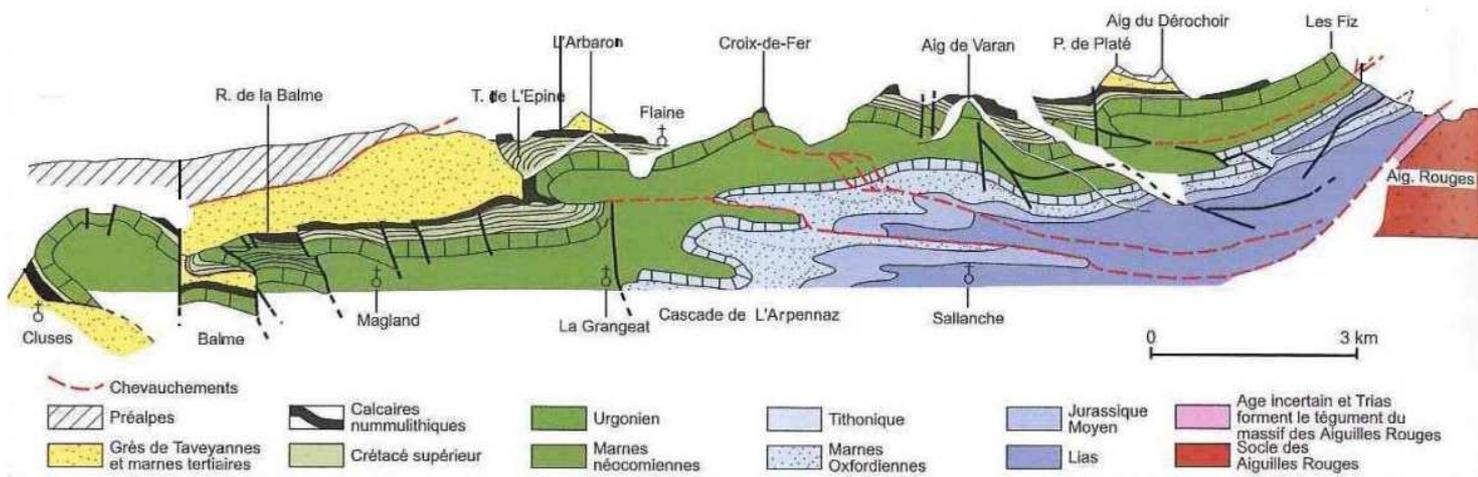


Figure 2 : Coupe A - coupe géologique SE-NW en rive droite de la vallée de l'Arve amont entre Passy et Cluses (d'après J.L PAIRIS, extrait d'Aquifères et Eaux souterraines de la France)

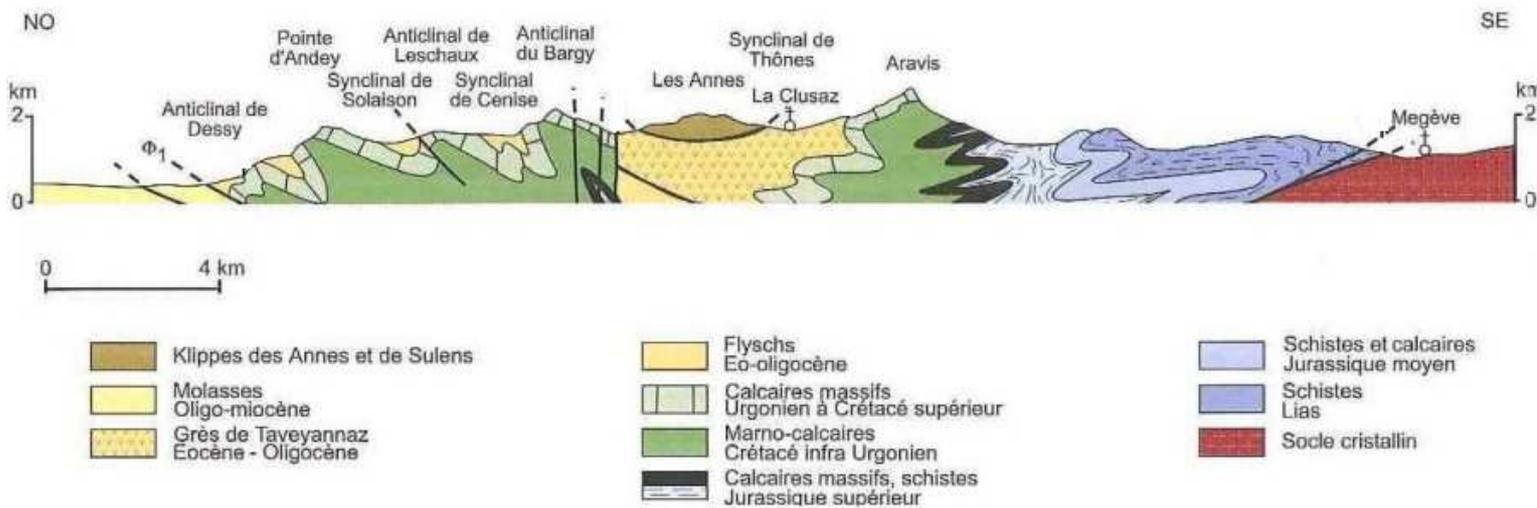


Figure 3 : Coupe B - coupe géologique SE-NW à travers les massifs des Aravis et des Bornes entre Megève et Bonneville (d'après B. DOUDOUX, extrait d'Aquifères et Eaux souterraines de la France)

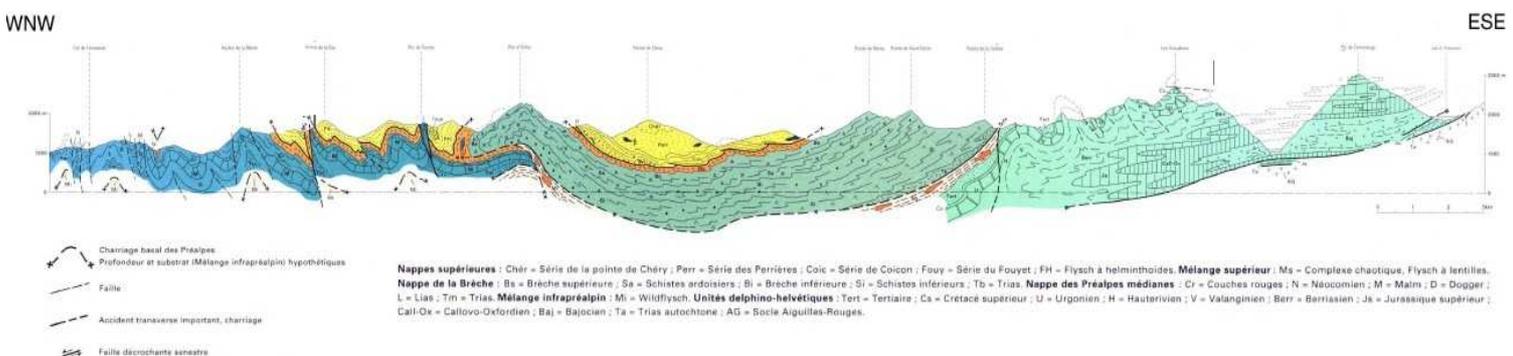


Figure 4 : Coupe C - coupe géologique SE-NW entre le Haut-Giffre et les nappes de charriage du Chablais, en rive droite du Giffre (extrait de la carte géologique au 1/50 000 Samöens-Pas de Morgins)

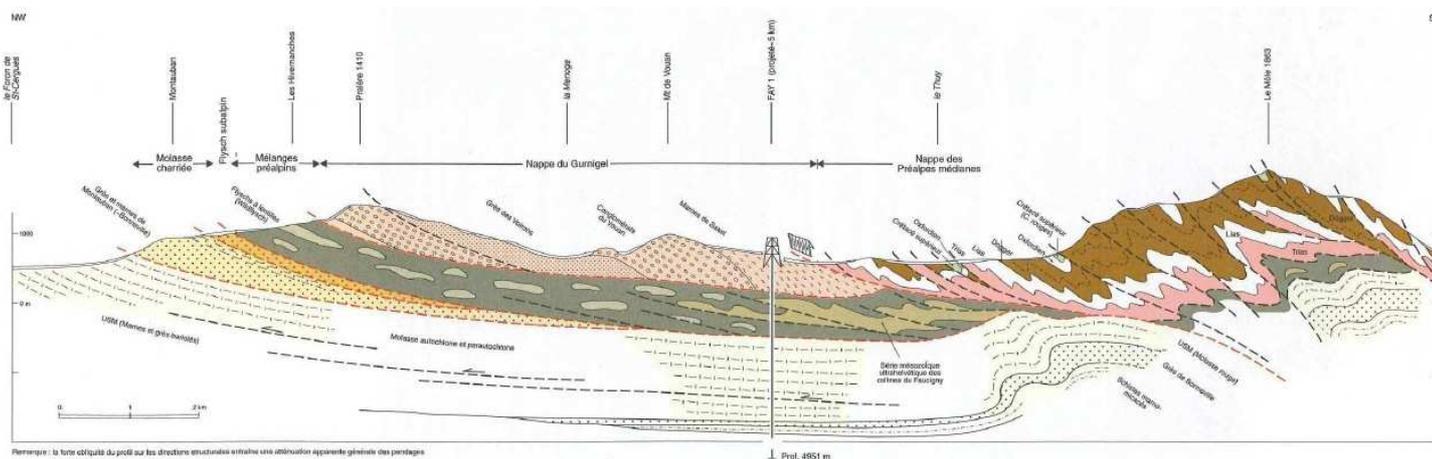


Figure 5 : Coupe D - coupe géologique SE-NW entre le massif du Môle et des Voiron, en rive droite de l'Arve (R. PLANCHEREL, extrait de la notice de la carte géologique au 1/50 000 Annemasse)

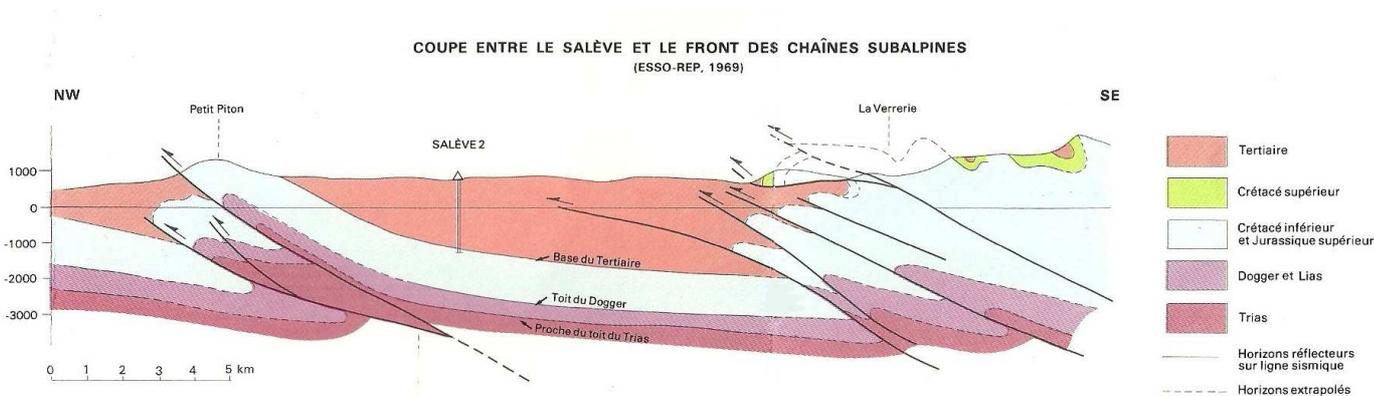


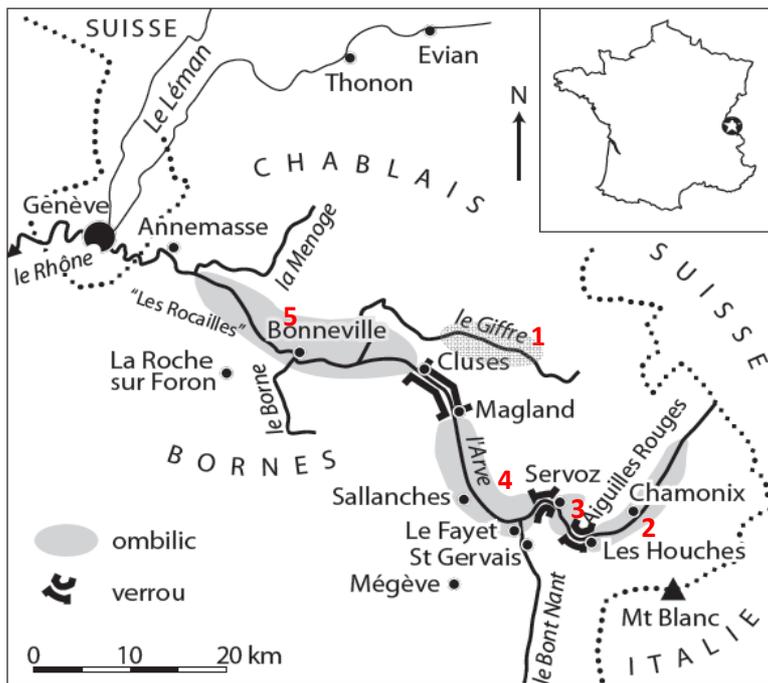
Figure 6 : Coupe E - coupe géologique SE-NW entre le massif des Bornes et le Salève (extrait de la carte géologique au 1/50 000 feuille Annecy-Bonneville)

2.2. LE FACONNAGE DES VALLEES PAR LES GLACIERS

Les alluvions des vallées de l'Arve et du Giffre sont fortement marquées par l'histoire géologique récente liée aux dernières avancées glaciaires ayant recouvert toute la région. Les glaciers ont d'abord surcreusé le substratum rocheux et ont élargi les vallées en certains points. On parle d'ombilic glaciaire pour définir ces zones élargies (ombilic de Cluses, ombilic de Sallanches...) qui s'opposent aux zones de resserrement des vallées ou verrou rocheux (verrou entre Cluses et Magland par exemple) où le terrain plus dur a été peu découpé.

Lors du retrait des glaciers en une succession d'étapes aujourd'hui bien connues, les surcreusements glaciaires se sont comblés d'alluvions dans des lacs alimentés par les eaux de fonte glaciaire et latéralement par les apports des rivières. Une fois les glaciers retirés en tête du bassin, le comblement se poursuit et devient fluvial avec les alluvions des rivières Arve et Giffre.

Au final, la première logique de découpage passe tout d'abord par les grands ombilics que sont :



1) L'ombilic du Giffre entre Tanninges et Sixt, au nord de la vallée de l'Arve

2) L'ombilic de Chamonix, limité à l'aval par le verrou des Houches

3) L'ombilic de Servoz, peu étendu, entre les verrous des Houches et de Servoz

4) L'ombilic de Sallanches-Le Fayet entre les verrous de Servoz et de Magland

5) L'ombilic de Cluses-Bonneville entre les verrous de Magland et d'Étrembières

Figure 7 : Carte géomorphologique très simplifiée (d'après G. NICOUUD et S. COUTTERAND, complété)

Cette mise en place séquentielle ne se traduit pas forcément dans la juxtaposition des différentes formations qui, à l'échelle locale, montrent souvent des reprises d'érosion et des comblements mettant au contact des formations d'âges significativement différents.

2.3. CONSEQUENCES HYDROGÉOLOGIQUES

Les formations aquifères de l'Arve et du Giffre sont conditionnées par les apports graveleux du comblement postglaciaire. Ce comblement se faisant en conditions lacustres, il existe une très forte hétérogénéité dans les formations des vallées en considérant les apports fluvio-glaciaires, glacio-lacustres et torrentiels.

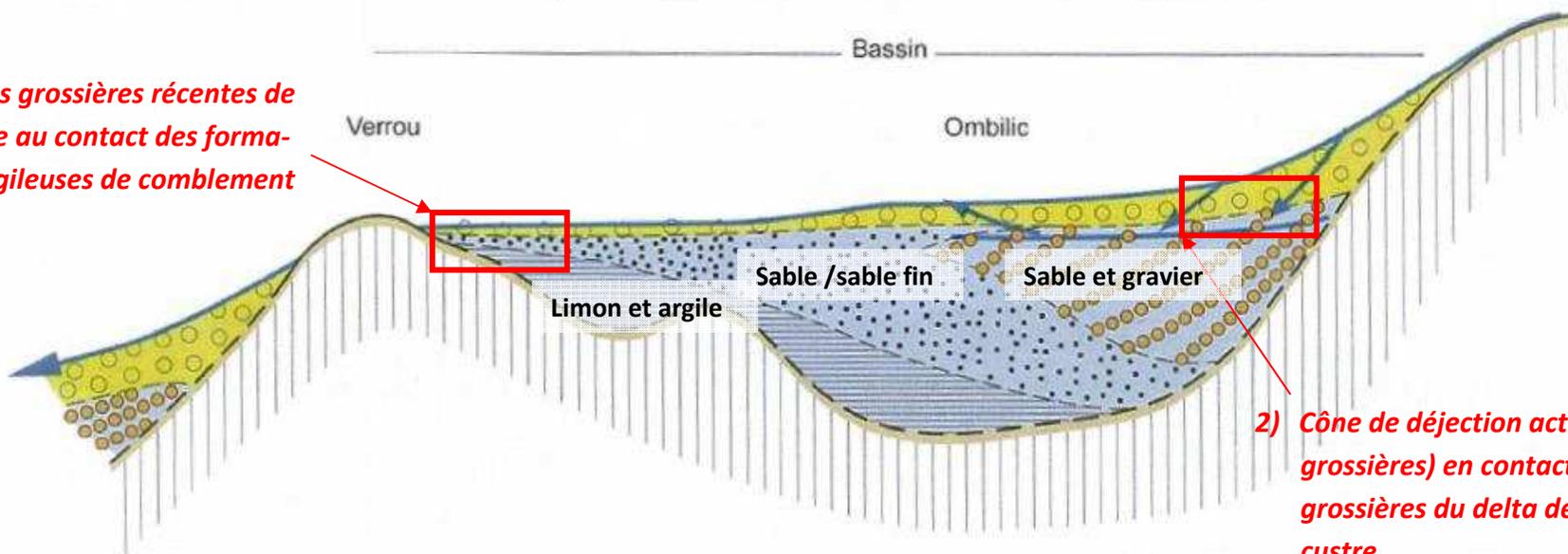
D'une manière générale, ce comblement suit un classement granulométrique :

- à l'échelle générale de la vallée, les formations sont plus grossières en partie amont proche des sources d'alimentation détritiques (bassin des Houches, de Sallanches-Le Fayet) ;
- à l'échelle locale, en considérant chaque ombilic occupé par un ancien lac, avec un granoclassement depuis la zone d'apport plus grossière, et une sédimentation progressivement plus fine vers l'aval (sables, puis limons et argiles). Ce schéma se répète à l'échelle locale par les apports des cours d'eau latéraux sous forme de delta imbriqués dans les formations lacustres (cône du Giffre à Marignier, cône du Borne à Saint-Pierre en Faucigny).

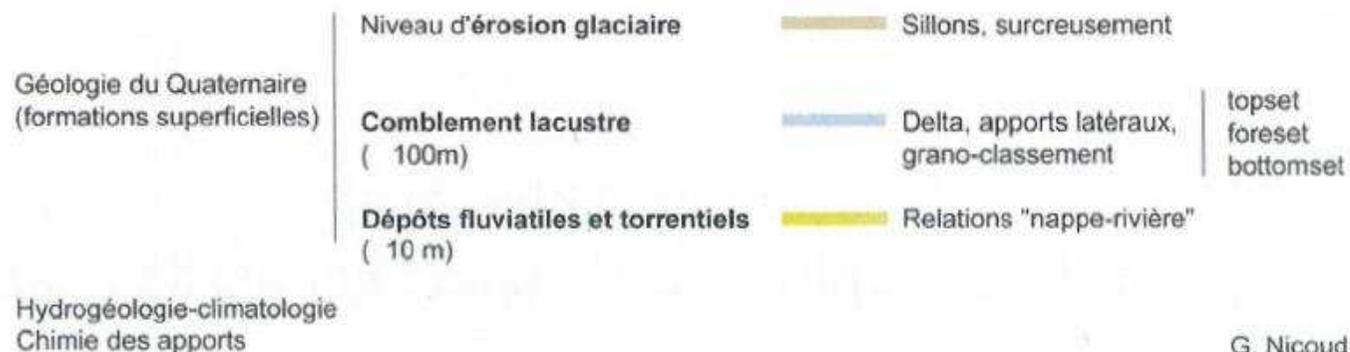
La Figure 8 en page suivante illustre le granoclassement dans le remplissage d'un ombilic postglaciaire et les superpositions avec les formations récentes des cours d'eau postérieurs au comblement.

Schéma du remplissage alluvial d'un ombilic glaciaire

1) Alluvions grossières récentes de la rivière au contact des formations argileuses de comblement lacustre



2) Cône de déjection actuel (alluvions grossières) en contact avec les alluvions grossières du delta de comblement lacustre



G. Nicoud 1996
LGHAM Université de Savoie
Chambéry

Figure 8 : Schéma de remplissage d'un ombilic glaciaire (d'après G.NICOUD, complété)

Les cônes de déjection des cours d'eau, comme le Giffre à Marignier ou le Borne à Saint-Pierre en Faucigny sont des formations grossières aquifères qui relayent généralement les anciens deltas imbriqués dans les formations lacustres. Les cônes de déjection sont souvent imbriqués dans les alluvions récentes de la vallée de l'Arve.

Les formations aquifères vont donc préférentiellement se concentrer au droit des cônes de déjection ou des alluvions récentes de l'Arve et du Giffre. En profondeur, les formations de delta imbriquées dans les alluvions lacustres présentent également un potentiel aquifère. Ces deltas sont en toute logique en continuité des cônes de déjection actuels en bordure de vallée.

Les alluvions récentes de l'Arve et du Giffre postérieures aux comblements lacustres sont réputées grossières. Elles sont présentes en continuité des deltas grossiers dans les vallées en amont (Chamonix, les Houches, Figure 8-2) ou au contraire en contact direct des formations argileuses de comblement lacustre loin de la source d'apport de sédiments grossiers (Figure 8-1). Les alluvions récentes de l'Arve dans la basse vallée, comme à Bonneville sont épaisses de quelques mètres au-dessus des silts et argiles lacustres.

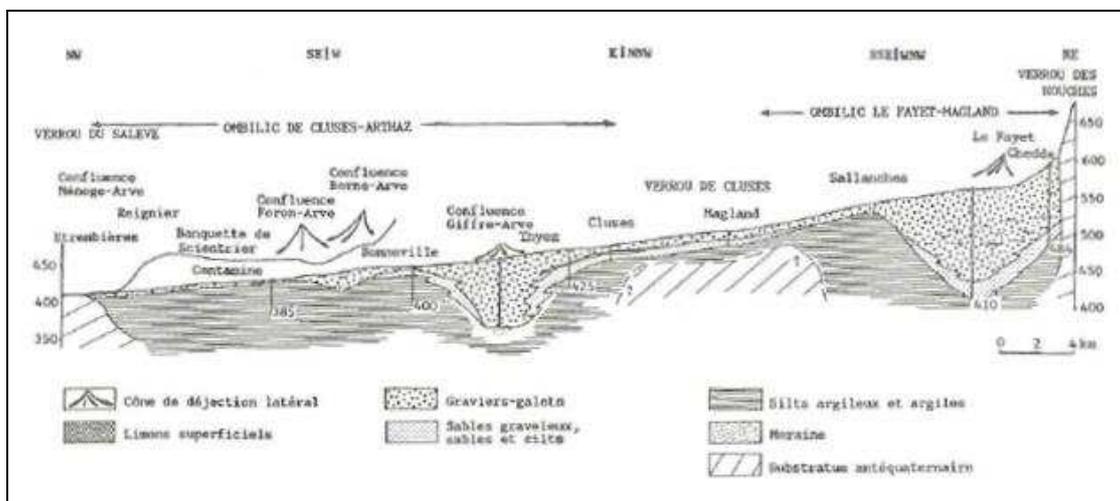


Figure 9 : Schématisation des corps sédimentaires aquifères imbriqués dans les alluvions lacustres de la vallée de l'Arve (d'après G. MONTJUVENT et G. NICLOUD)

2.4. CAS PARTICULIER DES SILLONS GLACIAIRES

Les sillons glaciaires se différencient des autres aquifères, car ils ne sont pas contemporains du comblement lacustre postglaciaire, mais sont liés à des dépôts graveleux plus anciens, datant probablement de l'interglaciaire Riss-Würm par analogie aux alluvions anciennes du Genevois. On parle de sillon, car les alluvions peuvent être encaissées dans le substratum rocheux, elles sont souvent limitées dans l'espace et recouvertes de moraines de fond (ou argile à blocs) déposées par les glaciers.

On retrouve ces formations très grossières dans la partie aval de la vallée sous la forme des « sillons » de l'Arve, de la Menoge reconnus historiquement par géophysique, puis par forage. Ils sont aujourd'hui exploités pour l'eau potable avec :

- Le sillon de l'Arve (ou Scientrier), exploité au niveau du forage AEP des SIE des Rocailles à Scientrier ;
- Les sillons d'Arthaz et de la Menoge exploités au niveau des forages d'Arthaz (puits des Nants, puits des Moulins).

Ces sillons ont principalement été reconnus par géophysique, et seuls les endroits où des sondages mécaniques ont recoupés des alluvions grossières sous la moraine de fond ont permis de les délimiter avec précision (zones des captages actuelles des Nants et de Scientrier). Le prolongement vers l'amont de ces sillons est encore hypothétique car il s'appuie sur des données géophysiques (très nombreuses), non confirmé par la réalisation de forages mécaniques profonds.

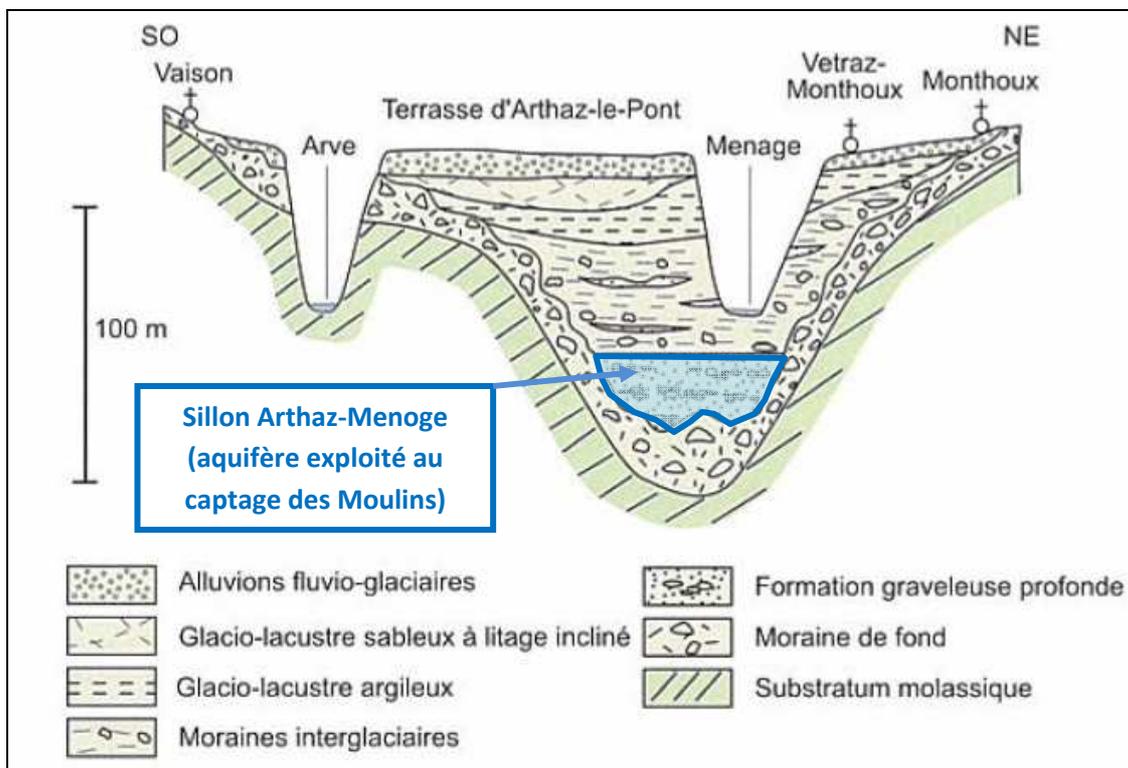


Figure 10 : Schématisation du sillon de la Menoge (d'après C. ARMAND, extrait d'Aquifères et eaux souterraines de la France, complété)

3. SYNTHÈSE DE L'ÉTAT DES CONNAISSANCES SUR LA GÉOLOGIE ET L'HYDROGÉOLOGIE DES ALLUVIONS DE L'ARVE ET DU GIFFRE

3.1. METHODOLOGIE

3.1.1. Découpage en entités géographiques cohérentes

Les vallées de l'Arve et du Giffre ont fait l'objet de nombreuses prospections hydrogéologiques, mais la vision d'ensemble des entités aquifères à l'échelle des deux vallées n'a jamais fait l'objet du travail de synthèse. Les données existantes sont parfois anciennes et très disparates en quantité et qualité. Ainsi, certains aquifères ou portions d'aquifères exploités pour l'AEP (basse vallée de l'Arve, cône du Borne) ont fait l'objet d'études détaillées, tandis que d'autres secteurs (haute vallée de l'Arve) n'ont pas le même niveau de connaissance. Le travail consiste donc à compiler ces données pour connaître :

- 1) Où se développent les formations aquifères (alluvions sableuses et graveleuses) et connaître leur limite d'extension latérale et en profondeur ;
- 2) Quelles sont les limites d'extension imperméables (moraines de fond, argiles lacustres) ou semi-perméables (moraines caillouteuses, sables fins ou limons) qui vont jouer le rôle de mur ou toit des aquifères ?
- 3) Quelles sont les modalités de recharge de l'aquifère (relation avec un cours d'eau, précipitations directes, drainance), quel est l'état de la nappe (libre ou captif) ?
- 4) Quels sont les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère (transmissivité, perméabilité, porosité), quelle est la piézométrie de la nappe (niveau d'eau, sens d'écoulement, gradient) ?

La disparité des données reflète bien la nature même de l'hydrogéologie locale : on ne parle pas d'un aquifère unique pour la vallée de l'Arve et du Giffre, mais bien d'une multitude d'ensembles aquifères, pour la plupart indépendants les uns des autres du point de vue des relations hydrogéologiques (cas des ombilics bien individualisés et/ou des cônes de déjection imbriqués dans le remplissage lacustre argileux, cas des sillons profonds de la basse vallée de l'Arve).

Pour réaliser l'analyse des connaissances sur l'hydrogéologie des ensembles aquifères, nous avons découpé les vallées de l'Arve et du Giffre en 17 secteurs géographiques (Tableau 1).

N°	Secteur géographique
1	Vallée du Giffre amont Sixt-Cirque du Fer à Cheval
2	Vallée du Giffre entre Samoëns et Taninges
3	Haute vallée de l'Arve secteur Tour-Argentière
4	Ombilic de Chamonix entre Les Houches et Chamonix
5	Ombilic de Servoz Les Houches
6	Ombilic de Sallanches-LeFayet
7	Vallée de l'Arve entre Sallanches et Cluses
8	Vallée de l'Arve entre Cluses et Vougy
9	Cône du Giffre Marignier
10	Cône du Borne Saint-Pierre-en-Faucigny
11	Vallée de l'Arve entre les cônes du Giffre et du Borne, entre Vougy et Bonneville
12	Vallée de l'Arve entre Bonneville et Contamine-sur-Arve
13	Vallée de l'Arve entre Contamine-sur-Arve et le verrou d'Etrembières
14	Vallée de l'Arve entre le verrou d'Etrembières et Gaillard frontière suisse
15	Sillon profond Arve - Scientrier
16	Sillon profond Menoge
17	Sillon profond Arve aval

Tableau 1 : Découpage par secteurs géographiques pour l'analyse hydrogéologique

Notons que ces 17 secteurs ne constituent pas systématiquement des ensembles aquifères cohérents, mais une maille de travail qui facilite l'analyse hydrogéologique. Chacune de ces mailles de travail :

- Peut déjà constituer un ensemble hydrogéologique cohérent sur la base des connaissances actuelles (cône du Borne, cône du Giffre) ou à priori cohérent (sillons profonds) ;
- Pour la plupart, leur découpage suit la logique de séparation en ombilics. Dans chacun d'entre eux, un ou plusieurs ensembles aquifères vont s'imbriquer dans des formations imperméables.

La limite du découpage s'est faite sur la cartographie des formations superficielles du fond de vallée, tirée des cartes géologiques au 1/50 000 du BRGM : formations alluviales récentes de fond de vallée (Fy), avec parfois associées à tout ou partie des terrasses plus anciennes en continuité des alluvions (terrasses fluvio-glaciaires, FGy). Sont également associés les cônes de déjection (Jz) actifs, c'est-à-dire ceux issus d'un cours d'eau à débit permanent.

La carte ci-dessous présente le découpage de la zone d'étude (alluvions de l'Arve et du Giffre, sillons profonds de la base vallée de l'Arve) et le découpage en 17 secteurs de travail.

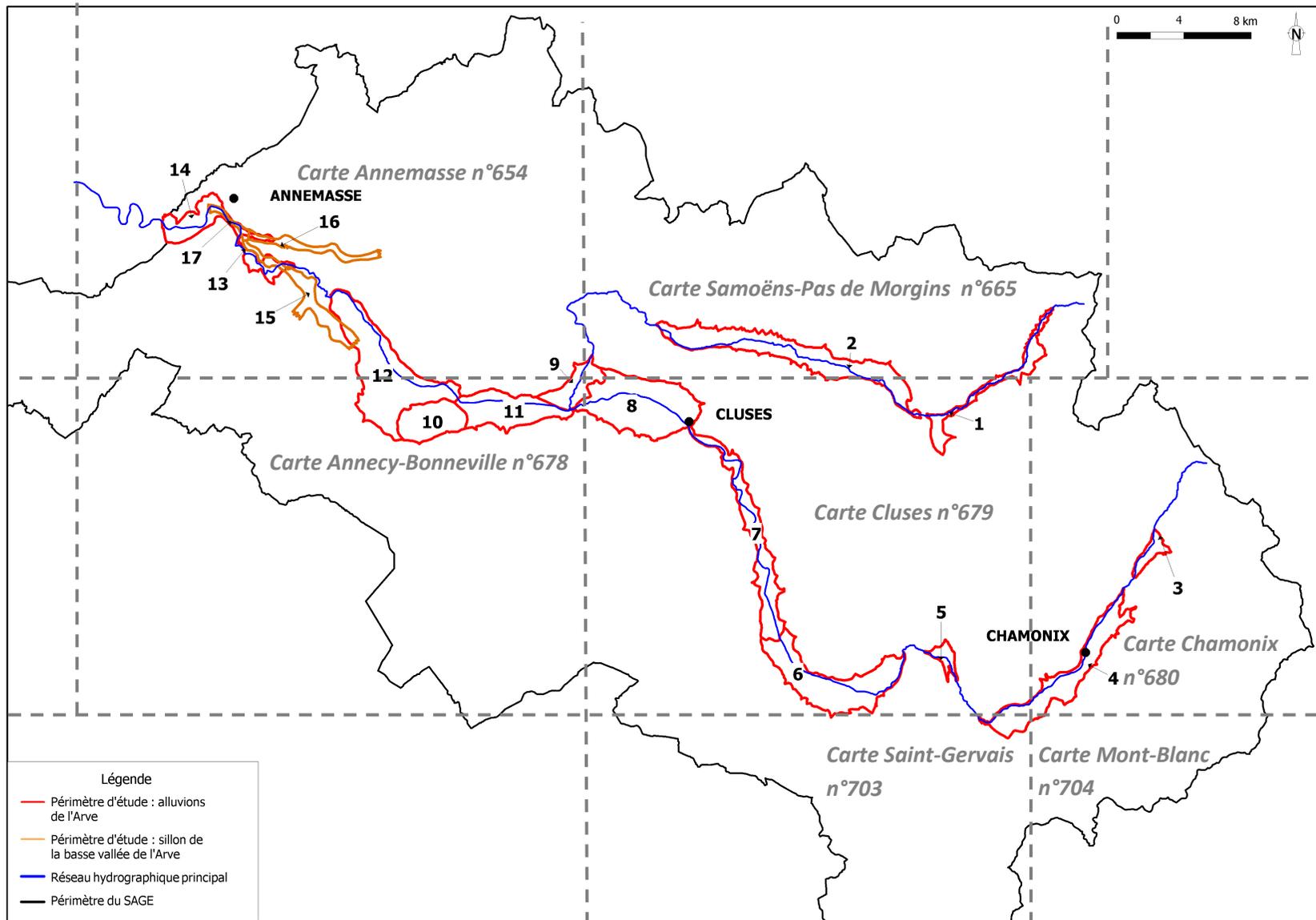


Figure 11 : Zone de travail (alluvions de vallées et sillons profonds) découpée en 17 secteurs et indication des cartes géologiques du BRGM au 1/50 000 recoupant les alluvions

3.1.2. Carte géologique

ATALS CARTOGRAPHIQUE :

CARTE N° 1 CARTE GEOLOGIQUE

Pour chacun des 17 secteurs pré-identifiés, sont représentés :

- Le fond cartographique géologique du BRGM au 1/50 000 ;
- Les forages de la BSS avec coupe géologique exploitable ;
- Les autres forages connus avec coupe géologique exploitable non référencés dans la BSS.

3.1.3. Données disponibles

Elles sont directement liées à l'historique des programmes départementaux de recherche en eau qui se sont succédés. De la fin des années 1960 jusqu'au début des années 1980, d'abord sous l'égide du Ministère de l'Agriculture, puis au niveau des services de l'Hydraulique de la Direction Départementale de l'Agriculture de la Haute-Savoie et enfin du Conseil Général de la Haute-Savoie (Régie Départementale d'Assistance), les vallées de l'Arve et du Giffre ont fait l'objet de campagnes de prospection par géophysique électrique quasi systématiques (rapports BEGG et CPGF). C'est à cette époque qu'ont été mis en évidence les sillons profonds de la basse vallée de l'Arve (thèse de Claude Armand - 1978) et le potentiel des cônes de déjection du Borne et du Giffre. Les exploitations d'eau potable qui ont suivi correspondent aux principaux captages structurants de la vallée aujourd'hui encore exploités, comme les puits d'Arthaz dans le sillon de l'Arve, le puits de Passeirier dans le cône du Borne, ou encore le puits de Prés-Paris dans le cône du Giffre à Marignier.

3.1.4. Délimitation des ensembles aquifères

La géométrie des formations sablo-graveleuses potentiellement aquifères est très complexe. Les caractéristiques hydrogéologiques résultantes sont très hétérogènes de par l'histoire géologique des différents dépôts qui se sont succédés dans le temps (avancées glacières, comblements lacustres, incisions fluviales, etc.).

Les mesures géophysiques (électriques et sismiques) étalonnées avec les forages disponibles permettent de dessiner les contours de ces formations et, dans une certaine mesure, de préciser leurs relations.

L'analyse a porté sur 1 435 sondages électriques (SE), 32 km de panneaux électriques (PE) et 4 km de profils sismiques. Par ailleurs, les données de près de 100 forages ainsi que de pompages d'essais disponibles ont été réinterprétées et synthétisées.

La prise en compte de ces résultats dans la synthèse réalisée dépend évidemment de la qualité de l'information disponible : on a à minima la localisation d'un SE ou d'un forage, mais pas l'interprétation ou la coupe, et on dispose au maximum de la courbe du SE, de la coupe et des mesures brutes du PE et du log du forage.

3.1.5. Représentation graphique pour la géophysique

L'interprétation des sondages électriques (SE) a été traduite en surface de façon schématique avec un code de couleur unique :

- Un point bleu foncé indique la présence d'un niveau résistant correspondant à des graviers profonds, c'est à dire situés sous une couverture conductrice et/ou sous des graviers superficiels lorsque la résistance transversale ($RT = \text{produit de l'épaisseur de la couche par sa résistivité électrique}$) dépasse $5000 \Omega\text{m}^2$;
- Un point jaune indique la présence d'un niveau moyennement résistant ($RT < 5000 \Omega\text{m}^2$) ;
- Un point rouge montre l'absence de graviers profonds.
- La présence de graviers superficiels avec une épaisseur significative est indiquée avec un point bleu clair lorsqu'il s'agit d'alluvions liées à des formations de versant, ou vert lorsqu'il s'agit d'alluvions fluviales liées au cours d'eau principal (Arve et Giffre/Menoge).

Note : le traitement des alluvions superficielles servira à la caractérisation de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères (Phase 2 de ce travail).

- Lorsque l'information n'est pas disponible (mais dont on connaît l'existence), le point de mesure apparaît en violet.

Les panneaux électriques (PE) ont été interprétés avec un code de couleur équivalent rapporté aux stations de mesures lorsqu'on en dispose, ou traduit sous la forme d'une trame sur l'emprise du panneau. Il s'agit évidemment d'une représentation pertinente à l'échelle de l'étude, mais qui peut masquer des hétérogénéités locales discernables seulement sur les profils originaux.

En ce qui concerne les profils sismiques (zone d'Annemasse-Arthaz), on a surligné en bleu les secteurs où un surcreusement significatif a été mis en évidence.

Les données de forage ont également été traitées avec ce même code de couleur rapporté, dans le cas de la présence de graviers aquifères à la masse graveleuse principale.

Les formations de couverture ont également fait l'objet d'un traitement. La protection passive des formations potentiellement aquifères a été traitée graphiquement par la superposition de trame : une trame hachurée rouge lorsqu'on observe une protection de la couche potentiellement aquifère profonde et une trame hachurée jaune lorsqu'il existe une couche argileuse protégeant l'aquifère profond. Ce traitement servira à la caractérisation de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères (Phase 2).

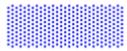
	Pas de graviers profonds
	Présence de graviers profonds
	Présence de graviers profonds moyennement résistants
	Présence de graviers superficiels liés au lit majeur de l'Arve ou du Giffre
	Présence de graviers superficiels liés aux bordures du versant
	Limite d'extension des graviers profonds
	Limites des argiles protégeant la nappe profonde (elles ne sont illustrées qu'à l'aplomb des graviers profonds)

Tableau 2 : Représentaion graphique des données de géophysique

3.1.6. Base de données bibliographie exhaustive

RAPPORT ANNEXE :

ANNEXE N° 1 : BIBLIOGRAPHIE

Chaque document consulté dans la cadre de cette étude a été référencé dans une base de données avec renseignement :

- De secteur géographique ou de l'aquifère concerné ;
- L'auteur du document, la source du document, sa date ;
- La ou les thématique(s) concernée(s) :
 - o A Captages AEP
 - o B Ressource en eau souterraine quantité
 - o C Ressource en eau souterraine qualité
 - o D Hydrologie, dynamique des rivières
 - o E Usages eaux souterraines hors AEP
 - o F Vulnérabilité, Source de pollutions occupation des sols – pressions
 - o G Document d'orientation et projets

3.2. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR CHAQUE ENTITÉ

3.2.1. Vallée du Giffre amont Sixt-Cirque du Fer à Cheval

Description géomorphologique sommaire

La haute vallée du Giffre est une structure glaciaire bordée par les calcaires du massif subalpin du Haut Giffre. Les calcaires sont composés de terrain datant du Jurassique inférieur et moyen au nord-est et du Jurassique supérieur au crétacé au sud-ouest (le verrou de Sixt est taillé dans les calcaires à faciès urgoniens). Des failles importantes affectent ce massif surtout en rive gauche du Giffre. Sur le bas des versants, ces formations calcaires sont la plupart du temps recouvertes par des terrains glaciaires et/ou des éboulis.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Les calcaires bordant la vallée sont largement karstifiés et donnent naissance à des sources importantes souvent captées pour l'alimentation en eau potable (voir carte en page suivante). On ne dispose pas de beaucoup d'information sur la structure des alluvions dans la vallée. Les mesures géophysiques de 1971 (CPGF n°966) indiquent cependant la présence de graviers "profonds" qui sont la plupart du temps surmontés par des niveaux sablo-graveleux superficiels. La figure ci-dessous illustre une coupe en long dans la vallée où on peut voir que l'épaisseur des alluvions graveleuses peut dépasser 30 m (SE 2107 au débouché du cirque du Fer à Cheval).

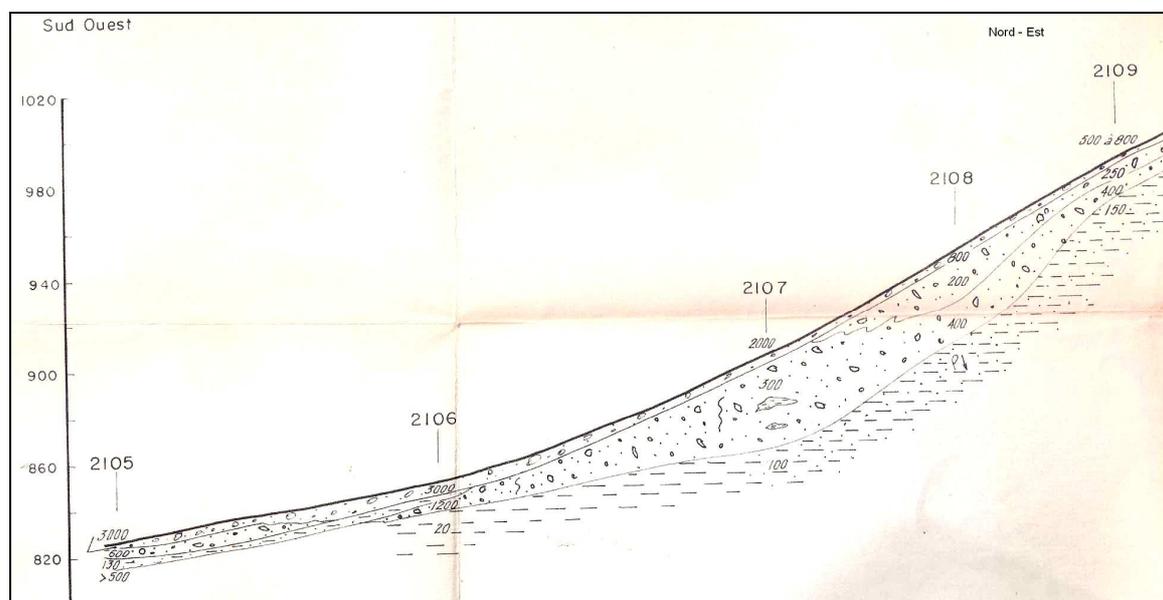


Figure 12 : Coupe géophysique simplifiée le long de la vallée du Giffre (CPGF 1971, n°966)

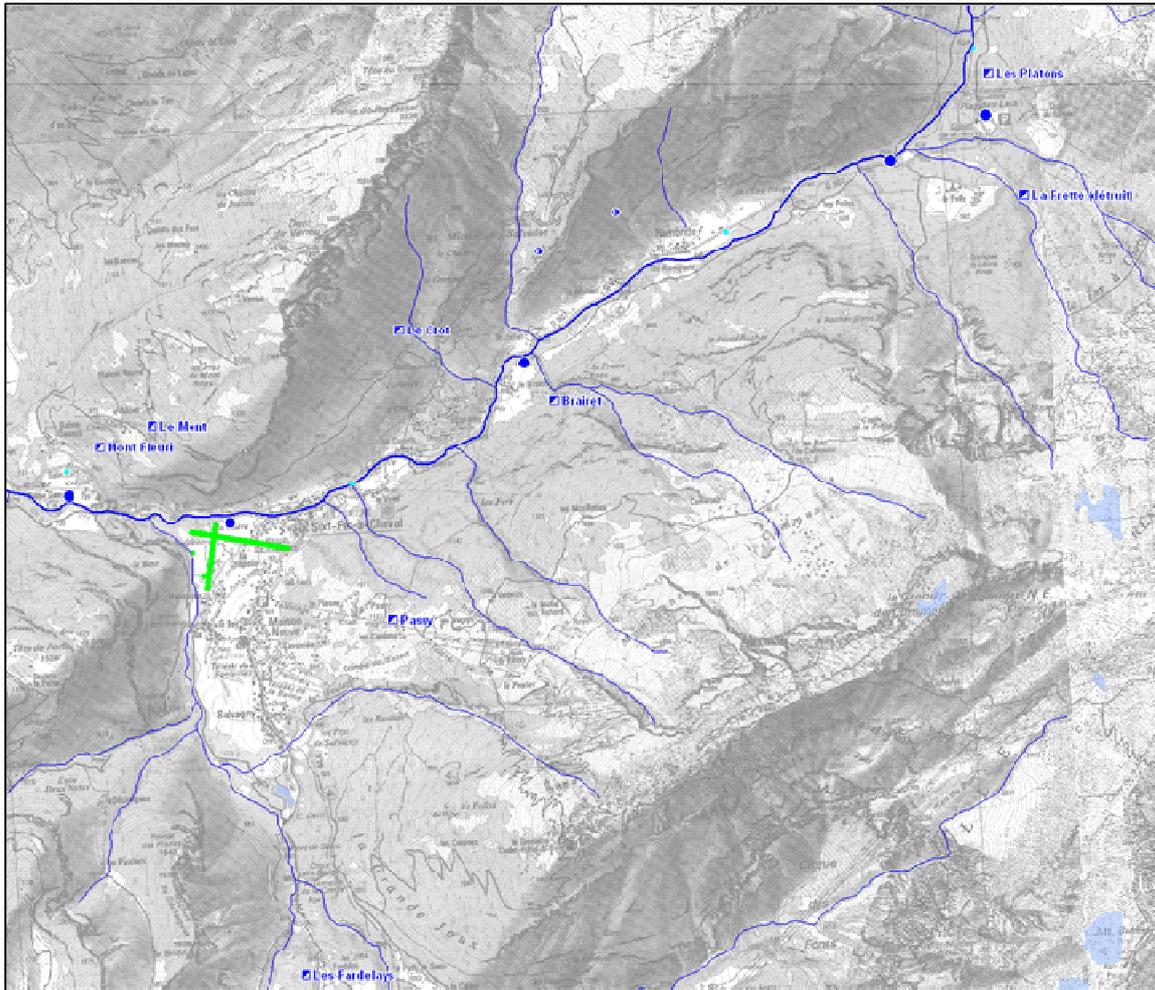


Figure 13 : Localisation des points de mesures géophysiques dans le Haut-Giffre

A l'amont du verrou de Sixt, on dispose de deux panneaux électriques réalisés dans le cadre de l'étude générale de la vallée par la RDA (en 2011 pour le SIMM du Haut Giffre). La figure en page suivante montre, à titre d'exemple, le P18.

On peut voir que l'épaisseur des alluvions sablo-graveleuses (en bleu et vert) est également de 30 à 40 m avec, semble-t-il, un premier niveau superficiel et un second plus profond.

On ne dispose pas d'information sur l'ombilic sud, mais, compte tenu d'un contexte similaire, la situation est probablement équivalente.

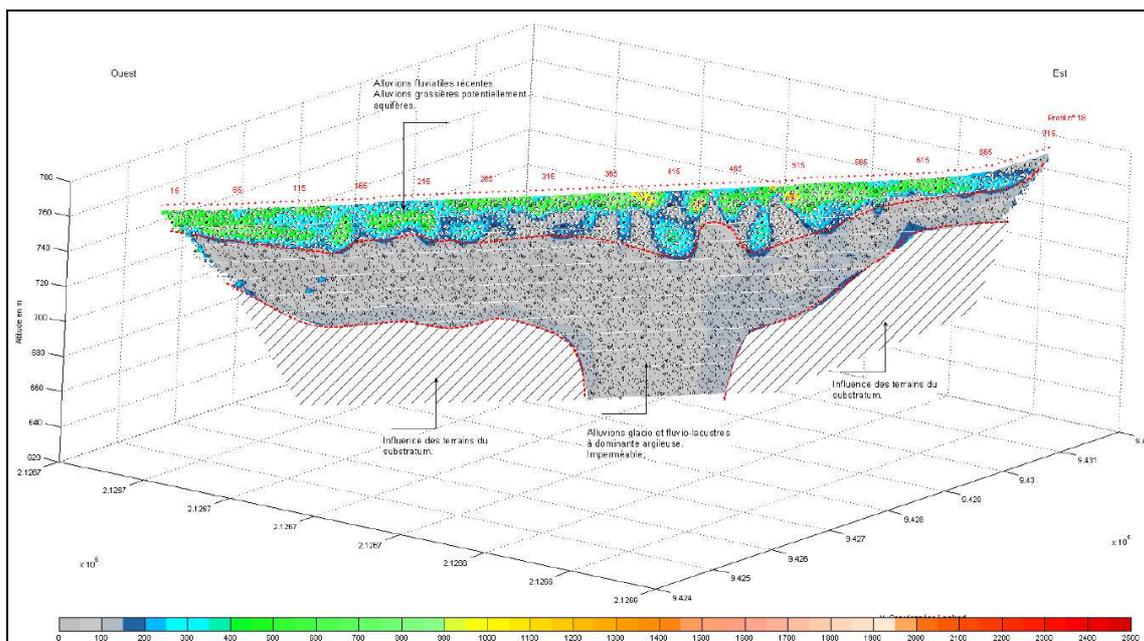


Figure 14 : Panneau électrique P18 perpendiculaire à la vallée du Giffre (RDA, 2011)

Recharge de l'aquifère

La recharge de l'aquifère (encore non reconnu) qui pourrait exister dans ces graviers est double :

- D'une part la réinfiltration locale du torrent du Giffre ou de ses affluents, car les mesures géophysiques ne montrent pas (à l'échelle des reconnaissances effectuées) de solution de continuité entre la rivière et les graviers fluvio-glaciaires associés,
- D'autre part, une alimentation souterraine par les éboulis bordant la vallée, eux-mêmes alimentés par les karsts du massif calcaire. Compte tenu des précipitations abondantes (pluie et neige) sur le bassin versant, ces alimentations peuvent être importantes et donc générer des ressources significatives.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Les alluvions fluvio-glaciaires du haut Giffre sont actuellement non exploitées. Les seules ressources pour l'AEP sont celles des sources de versant dont certaines sont très importantes (Les Platons, les Fardelays, Brairet). Une reconnaissance par forage pourrait être réalisée à l'aval de Sixt.

3.2.2. Vallée du Giffre entre Samoëns et Taninges

A la suite de l'évaluation réalisée dans le cadre du Contrat de Rivière (Gestion quantitative de la ressource en eau, ENVHYDRO, 2006), une reconnaissance détaillée de la vallée du Giffre à l'amont de Taninges a été réalisée par la RDA pour compléter la campagne de sondages électriques de 1971. Les deux cartes qui suivent montrent la localisation de ces mesures par sondages et panneaux électriques.

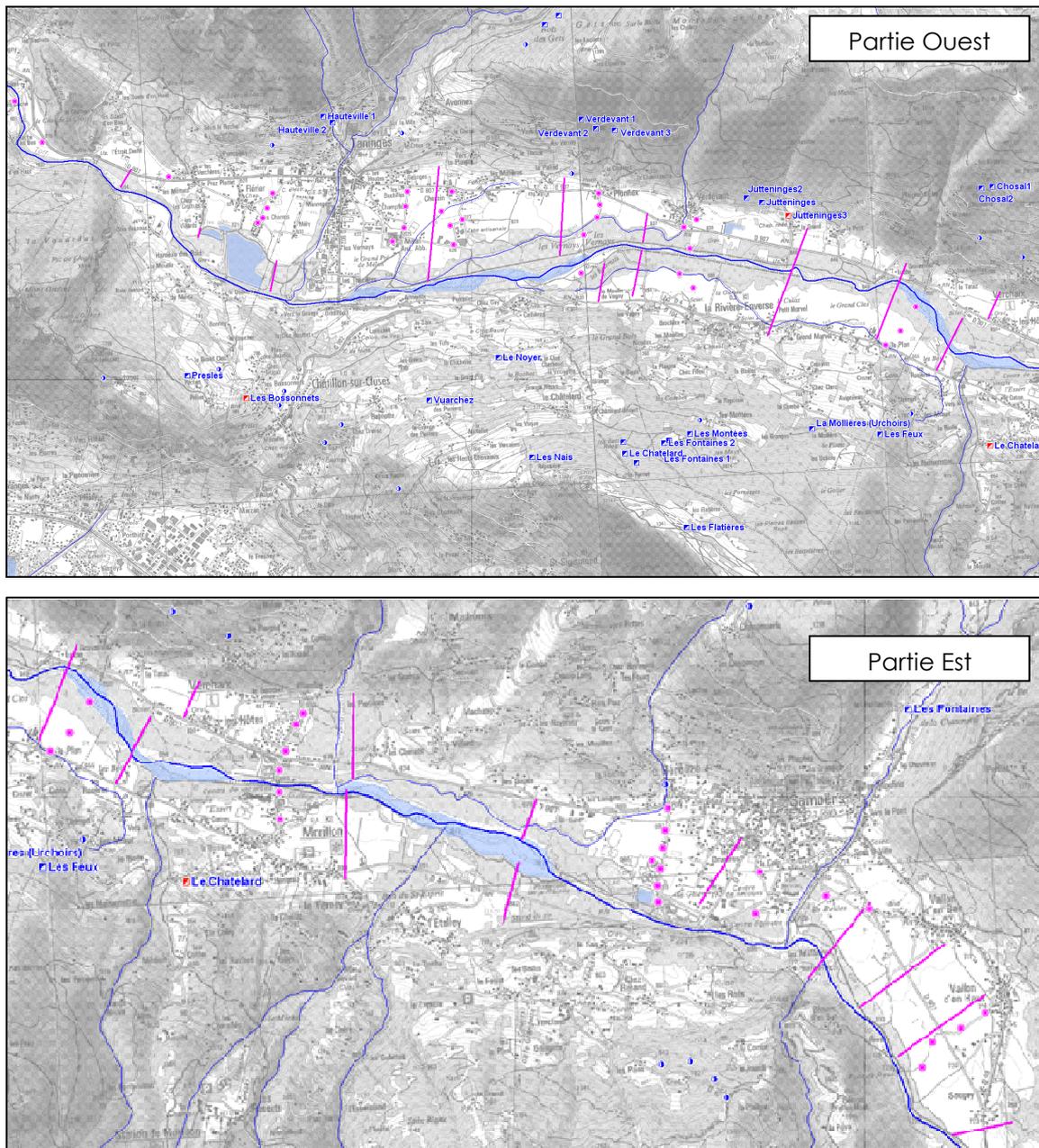


Figure 15 : Localisation des campagnes de géophysique réalisées sur le Giffre

Description géomorphologique sommaire

Contrairement au Haut Giffre qui se développe dans le domaine subalpin avec des terrains autochtones, la vallée du Giffre moyen est bordée par le massif du Chablais et résulte d'un empilement de nappes de charriage, provenant des domaines, Briançonnais et piémontais situés à l'Est du massif du Mont Blanc.

Ce contexte géologique se traduit dans la morphologie des versants abrupts au droit des zones calcaires et plus ouverts au droit des terrains marneux et/ou gréseux.

Cinq cours d'eau ont participé au comblement de cet ombilic glaciaire et développé des cônes de déjection potentiellement puissants :

- Le torrent du Foron, dont le cône de déjection topographiquement peu marqué, s'étend sur toute la largeur de la plaine à la hauteur de Taninges ;
- Le torrent de la Valentine, dont le cône de déjection est topographiquement bien individualisé et s'étend jusqu'au milieu de la plaine ;
- Le torrent du Vernay, face au torrent de la Valentine, dont le cône de déjection est également bien marqué topographiquement et sur lequel est construit le chef-lieu de Morillon ;
- Le torrent du Cleveux, dont le cône de déjection est topographiquement peu marqué, qui s'étend sur toute la largeur de la Plaine à la hauteur de Samoëns ;
- Le Giffre, dont le cône de déjection à l'aval de la Gorge des Tines, n'est pas topographiquement décelable, mais qui est probablement constitué par les dépôts de la plaine du Vallon.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Les dépôts fluviolacustres et glaciolacustres présentent une organisation caractéristique, déterminante dans l'identification des zones à fort potentiel de ressources en eau.

De façon générale, la nature des dépôts est en relation directe avec la distance qu'il existe entre le lieu considéré et la zone d'apports : passage d'un système deltaïque avec un granoclassement vertical (granulométrie décroissante de haut en bas) à un granoclassement horizontal (granulométrie décroissante avec l'éloignement de la zone d'apport). Cette dynamique de sédimentation permet de distinguer les alluvions grossières déposées près de la zone de delta (zone proximale), des alluvions argilo-limoneuses de fond de lac (zone distale).

En ce qui concerne les formations superficielles, on a distingué (comme sur le reste du domaine d'étude) les graviers relativement superficiels liés aux versants et donc assimilables aux cônes de déjection déjà cités (en bleu clair sur les cartes), des graviers qui, géométriquement, sont en relation avec le Giffre (en vert sur les cartes). Cette différenciation existe également sur les panneaux électriques (d'après l'interprétation de la RDA). Les deux cartes qui suivent illustrent la structure des formations aquifères avec une schématisation des résultats géophysiques.

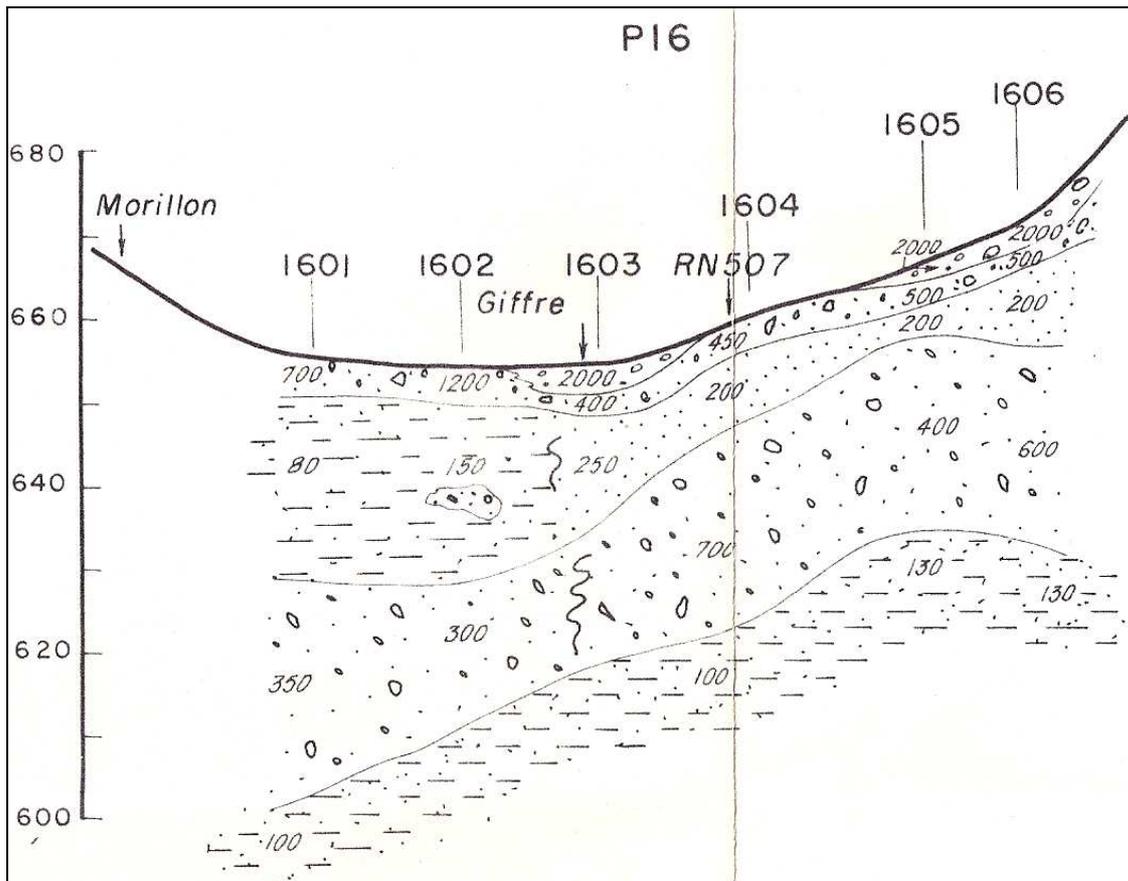


Figure 17 : Coupe géophysique interprétative (CPGF 1971)

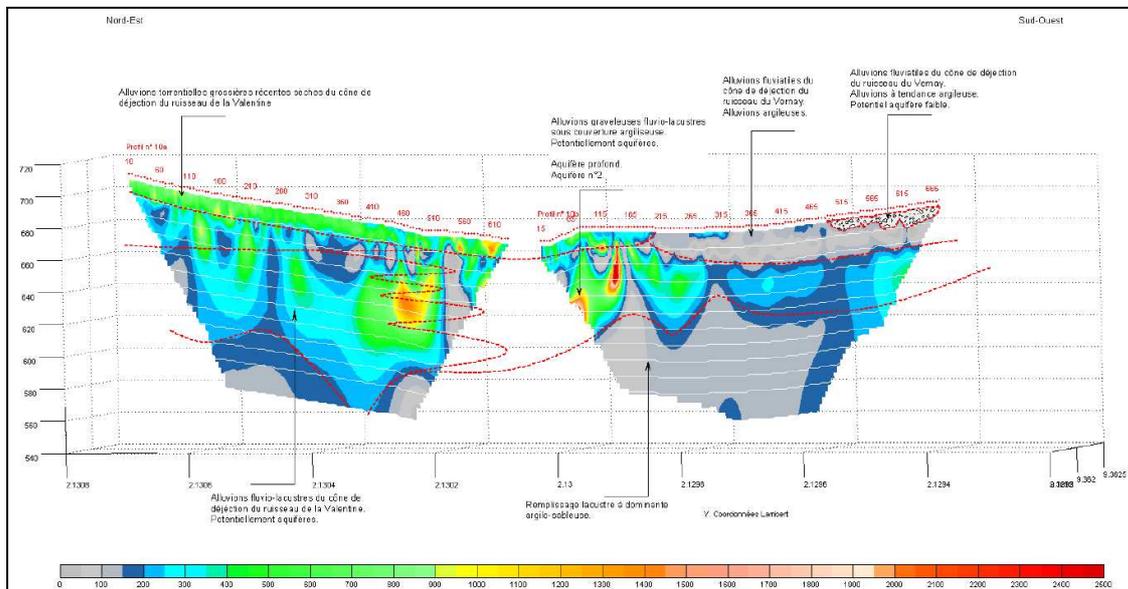


Figure 18 : Panneau électrique P10 (RDA, 2011)

Les SE 1604 à 1606 montrent la présence de graviers superficiels liés au versant et les SE 1601 à 1603, ceux liés au Giffre. On note par ailleurs la présence des graviers "profonds" sous une couverture argilo-sableuse sur l'ensemble du profil.

Le panneau électrique P10 montre la même chose avec plus de détail en ce qui concerne les formations superficielles, mais avec un schéma identique pour la/les formation(s) profonde(s).

Les cartes précédentes illustrent les résultats à l'échelle de la vallée pour les alluvions de surface. On voit bien se développer les graviers superficiels liés aux versants, mais limités au droit des cônes de déjection. Par contre, les alluvions superficielles liées au Giffre sont largement distribuées sur la plaine même si leur épaisseur (et donc leur potentiel aquifère) est limitée.

Plus intéressantes sont les formations graveleuses fluvioglaciales profondes. Les cartes en page suivante montrent leur extension avec une interpolation (arbitraire) entre les profils de mesures.

Ces cartes montrent que les formations graveleuses profondes existent sous la majeure partie de la plaine du Giffre. Pour le détail des épaisseurs et des résistivités (et donc du potentiel aquifère) on se reportera à l'étude de la RDA. Pour caractériser la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère, on a souligné les secteurs où la nappe profonde était protégée par une couche argilo-limoneuse (donc électriquement conductrice). Ce sont évidemment ces secteurs qui sont à prospecter en priorité pour la mise en évidence de nouvelle ressource pour l'alimentation en eau potable.

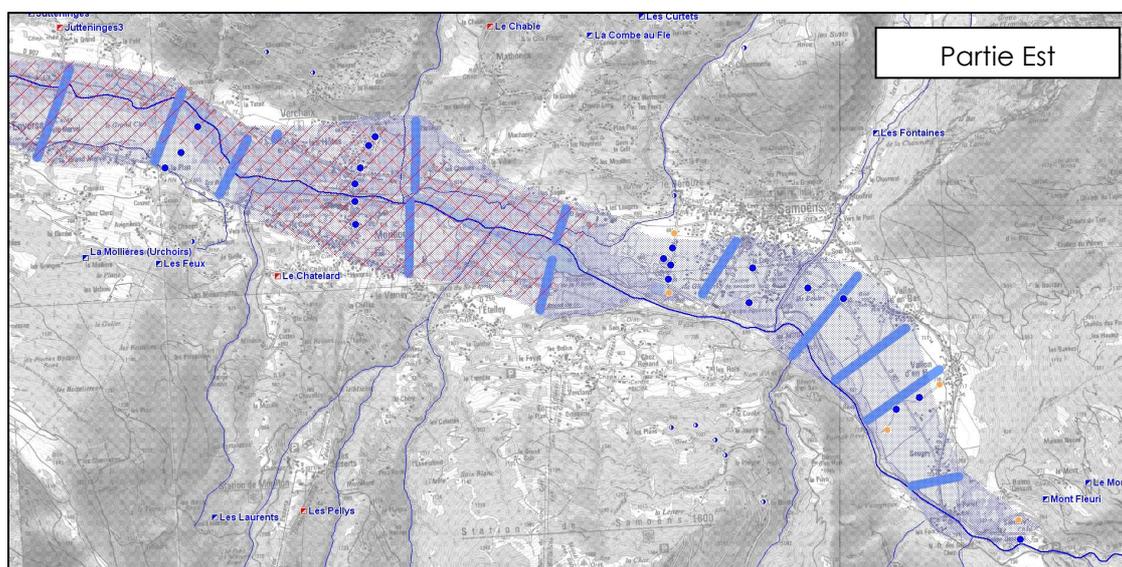
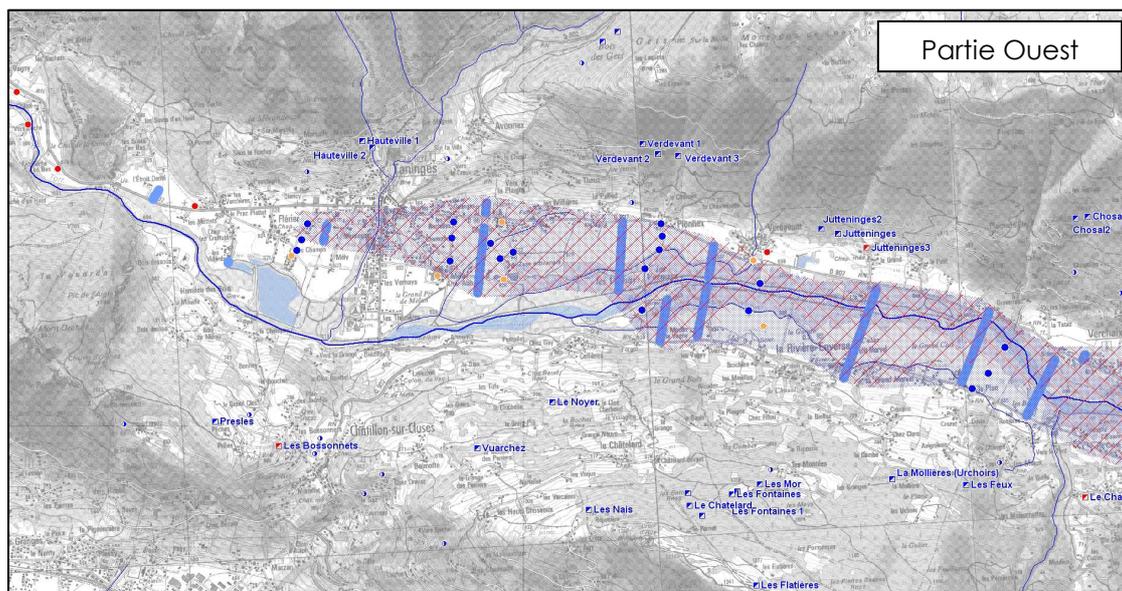


Figure 19 : Cartes d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le Giffre (alluvions profondes)

Recharge de l'aquifère

La ou les nappes qui existent potentiellement dans les graviers superficiels sont alimentées par l'impluvium et/ou des apports liés aux versants via les cônes d'éboulis. Les précipitations ne participent pas directement à l'alimentation de la nappe des graviers profonds. Celle-ci dépend essentiellement des cônes de déjection qui viennent s'imbriquer dans la structure principale. Il est possible également que des apports directs par le substratum participent à cette alimentation lorsque les calcaires karstifiés (essentiellement sur la bordure nord de la plaine) sont en position de le faire (par exemple le secteur entre Verchaix et Taninges en rive droite).

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Le potentiel le plus important est clairement dans la nappe des graviers profonds. On ne dispose pas encore de forages, mais les expériences dans des contextes similaires montrent que des débits considérables (d'un ordre de grandeur de 100 à 500 m³/h) peuvent être exploités dans ce type de formation. On doit cependant attirer l'attention sur la qualité de l'eau dans ce type d'aquifère confiné sous des niveaux argileux. Cette qualité dépend essentiellement de la circulation de l'eau et de l'alimentation aux limites. Dans les sillons quaternaires explorés (et pour certains exploités) dans le bassin lémanique, la qualité de l'eau varie significativement suivant la profondeur de la structure et la proximité des zones d'alimentation potentielle. Dans le secteur du Giffre, un autre paramètre, lié à la qualité des eaux provenant éventuellement du versant, peut également interférer avec localement des eaux chargées en évaporites. Une bande de terrains triasiques affleure entre les calcaires du Haut-Giffre et la nappe de charriage de la brèche. Cette bande est composée de cargneules et de dolomies, mais peut contenir également du gypse (risque d'apports d'eaux sulfatées).

3.2.1. Haute vallée de l'Arve secteur Tour-Argentière

Description géomorphologique sommaire

Il s'agit de l'ombilic formé par le village d'Argentière, limité vers l'aval par le verrou rocheux en aval de la Joux, où l'Arve incise le substratum granitique. Vers l'amont, en remontant le cours de l'Arve, la vallée s'élargit aux hameaux de Grassonnet (1190 m), des Chosalets (1210 m) et du village d'Argentière (1250 m), marqués par le glacis et l'accumulation de matériel détritique (glaciaire et torrentiel) au front du glacier d'Argentière. Latéralement, les granites sont masqués par les tabliers d'éboulis sur chacun des flancs de la vallée.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Le potentiel du secteur a été identifié en 1970 par 4 sondages électriques sur le secteur des Chosalets et de la Joux (étude CPGF n°932) avec la présence d'un niveau résistant (400–500 Ω .m) vers 20 m de profondeur. Depuis, les alluvions de l'ombilic sont exploitées pour l'AEP par deux forages à la Joux et aux Chosalets.

Le puits des Chosalets (Code BSS : 06805X0013) construit en 1976 est situé à proximité de l'Arve, en rive gauche, juste en aval du hameau éponyme. Après 4,90 m d'alluvions graveleuses récentes de l'Arve, le forage a traversé 13,90 m d'argiles litées, puis 6,40 m d'alluvions sablo-graveleuses aquifères contenant une nappe artésienne (débit d'artésianisme de 15 m³/h le jour de la foration). Une étude géophysique du bureau EHC en août 2005 confirme l'extension des graviers aquifères. Deux panneaux électriques ont été réalisés, l'un longeant l'Arve en rive droite au pied des Chosalets, centré sur le puits, l'autre sur la rive opposée, mais décalé vers le sud-est de la route et du pont reliant les Chamosets à Lioutre. Le panneau 1, calé à partir du forage AEP, montre bien l'extension de l'aquifère, surtout vers le sud-ouest, mais aussi vers le nord-est (anomalie résistante au franchissement du pont sur l'Arve). Les graviers qui contiennent la nappe captive présenteraient une épaisseur de 40 m. Le captage AEP actuel n'a donc vraisemblablement que partiellement traversé la formation (6,40 m). La couche d'argile reconnue par forage sous les alluvions récentes de l'Arve est également visible sur une bonne dizaine de mètres sur tout le profil. Le panneau 2, plus proche du versant, montre la disparition progressive de la couche argileuse vers le sud-sud-est et des alluvions aquifères sous-jacentes au profit de formation peu à moyennement résistantes.

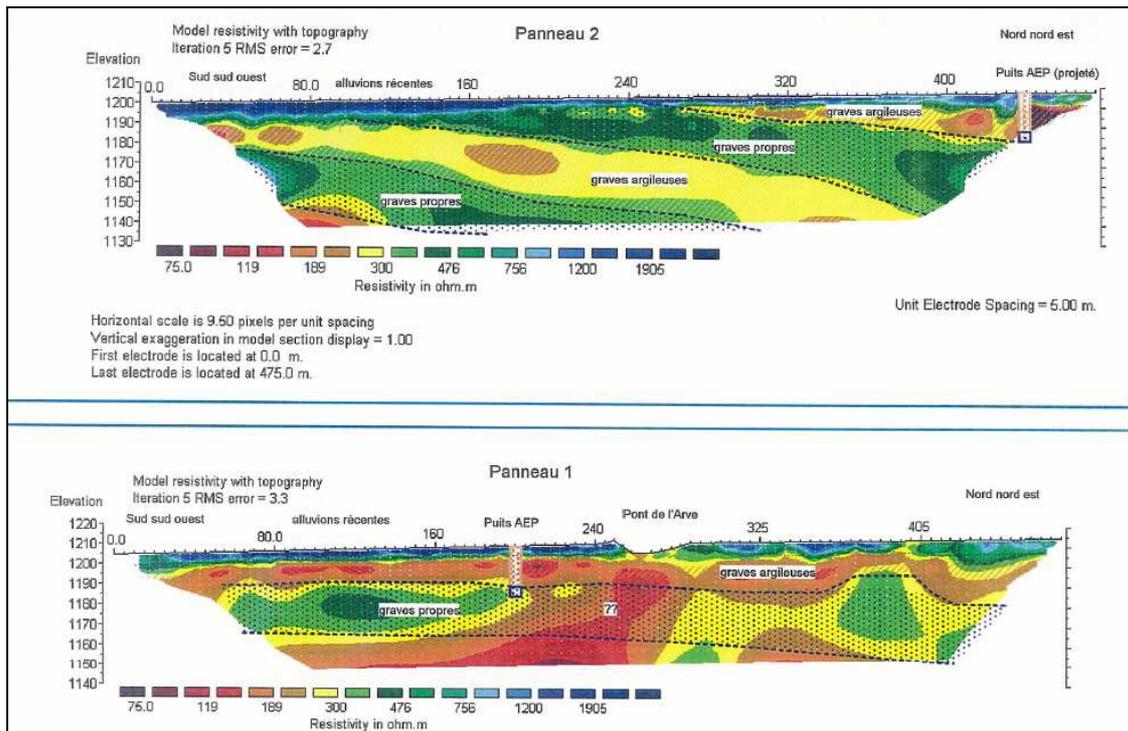


Figure 20 : Panneaux électriques aux Chosalets (EHC, 2004)

Le puits de la Joux (Code BSS : 06805X0014), situé dans la partie sud de l'ombilic au lieu-dit éponyme présente sensiblement la même coupe géologique : 2,20 m d'alluvions grossières de l'Arve, puis des argiles rubanées jusqu'à 17 m de profondeur formant le toit de l'aquifère sablo-graveleux reconnu jusqu'à 23,50 m. Le forage était artésien lors de sa création en août 1976 avec un débit jaillissant de 20 m³/h. Les essais de pompage de l'époque montrent un rabattement stabilisé proche de 10 m pour 32 m³/h pompés.

D'après les résultats de la géophysique (1970, 2005), l'aquifère semble homogène sur tout l'ombilic la Joux-les Chosalets. La partie amont sur Argentière n'a pas été reconnue. L'eau du forage présente un excès d'arsenic (+/- 20 µg/l), tout comme la source de la Joux plus en amont.

Recharge de l'aquifère

La nappe contenue dans les graviers profonds est captive sous une épaisse couche d'argile au Chosalets et à la Joux. Il n'y a donc pas de recharge par les précipitations directes au droit de ces deux sites. Les échanges avec l'Arve (drainage ou alimentation) n'ont jamais été étudiés. L'Arve qui recoupe faiblement la couverture argileuse (quelques mètres) ne présente pas ici un potentiel de réalimentation de l'aquifère en charge. On ne peut toutefois pas exclure des échanges Arve/aquifère profond dans d'autres secteurs de la plaine de moindre couverture argileuse (partie amont vers Argentière). Ce sont probablement les cônes de déjection des cours d'eau et les cônes d'éboulis latéralement à l'axe de la vallée ou directement le substratum granitique fracturé qui permettent cette réalimentation.

La fusion nivale et glaciaire doit participer majoritairement à la réalimentation de l'aquifère. Les alluvions grossières récentes de l'Arve épaisses de quelques mètres au-dessus des argiles litées, contiennent probablement la nappe d'accompagnement de l'Arve en étroite relation avec le cours d'eau.

Les pompages en nappe captive à la Joux et aux Chosalets ont pour effet de rabattre fortement la nappe dans ces secteurs. Il peut se produire des phénomènes échanges verticaux entre la nappe superficielle d'accompagnement de l'Arve et la nappe captive au droit des deux puits de captage.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

L'ombilic entre Chamonix et Argentière présente un potentiel intéressant : aquifère sablo-graveleux épais protégé par une épaisse couche d'argile. L'aquifère est actuellement exploité par deux forages (la Joux, les Chosalets) pour les besoins en eau potable de Chamonix.

Les alluvions récentes de l'Arve présentent peu d'intérêt du fait de leur faible épaisseur (quelques mètres tout au plus).

3.2.2. Ombilic de Chamonix entre Les Houches et Chamonix

Description géomorphologique sommaire

Ce secteur correspond au large ombilic de Chamonix, entre les gorges de l'Arve au Lavancher au nord et le resserrement de la vallée à l'ouest en aval des Houches.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

L'étude CPGF de 1970 identifie un potentiel aux Praz de Chamonix avec des résistivités très élevées en surface (alluvions sèches > 1000 Ω .m) et potentiellement aquifères à partir de 10 m de profondeur. Les gammes de résistivité s'étendent de 200 à 600 Ω .m. L'ensemble des formations est hétérogène, sans couverture argileuse protectrice.

Ce secteur aujourd'hui très urbanisé n'a jamais été exploité par forage pour l'AEP. Le forage référencé 06805X0063/F (4 sondes géothermiques verticales) montre 90 m de sables et de graviers aux Praz de Chamonix. Le forage référencé 06805X0063/F (une sonde géothermique verticale) montre un mélange de sable et graviers jusqu'à 89 m, puis 4 m de sable fin argileux. La coupe du forage 06805X0061/F décrit un mélange de gravier, sable, eau et argile jusqu'à 90 m. Même si les descriptions géologiques sont très insuffisantes, ces quelques sondages mettent en lumière l'importance du remplissage sédimentaire grossier (sable et graviers aquifères) aux Praz de Chamonix. Le substratum rocheux n'est jamais atteint à 90 m de profondeur.

Les forages de reconnaissance pour le centre sportif de Chamonix (25 m de profondeur) montrent des graviers et des sables productifs sur les 15 premiers mètres, puis des limons et des sables. Le niveau de nappe en foration se situe vers - 5 m/TN. Ce niveau serait exploité pour les besoins du centre sportif (forage 06805X0015).

Cette même étude met en avant une surépaisseur d'alluvions productives dans la partie aval de l'ombilic dans le secteur des Manquarts entre les Houches et Chamonix.

Des forages profonds ont été réalisés plus en amont aux Monquarts, en bordure rive gauche de l'Arve. Le forage référencé 06798X0020/MBC2 a traversé 132 m d'alluvions à dominante sableuse, avec des passées plus grossières et parfois argileuses. Entre 132 m et 163 m, le forage traverse des argiles silteuses avant d'atteindre le substratum schisteux reconnu jusqu'à 190 m de profondeur. Le second forage référencé 798X0020X0021/MBD2 situé plus au sud, bien que toujours dans l'axe de la vallée, a traversé les alluvions sableuses sur 98 m avant d'atteindre les schistes.

Les alluvions aquifères sont aujourd'hui exploitées pour les besoins en eau potable des Houches au niveau du puits de Clair Temps (BSS 07034X0008/F1), située en bordure rive gauche de l'Arve. Le forage de 65 m exploite les sables et graviers aquifères présents jusqu'à 52 m d'épaisseur. Les 13 derniers mètres de l'ouvrage (non captants) sont forés dans des matériaux sablo-argileux. La source des Roches située à hauteur de Clair Temps, dans les éboulis en pied de versant de la rive droite de l'Arve, est une source de débordement de la nappe alluviale, mise en charge localement par une couche d'argile en surface (Rapport BRGM R35992RH4S de septembre 1992). Son débit est très important (50 à 150 l/s), il s'agit d'un point de sortie de la nappe redrainée directement par l'Arve.

D'autres forages confirment l'épaisseur de ces alluvions : aux Bossons (une SGV à 60 m dans les sables et graviers, 06805X0056/F), à Taconnaz (une SGV à 95 m dans les sables et graviers). Les forages plus en aval au pied des remontées mécaniques des Houches sont réalisés dans les éboulis schisteux.

Recharge de l'aquifère

Le suivi piézométrique réalisé sur le forage de Clair Temps depuis 2004 par le Conseil Général de la Haute-Savoie (voir chapitre 6.3) montre des variations piézométriques importantes, corrélées à des pics estivaux de fonte glaciaire et sur les étiages hivernaux. Il y a donc une recharge à régime nivo-glaciaire de ces alluvions. L'Arve peut potentiellement alimenter réalimente les alluvions, mais elle semble plutôt en position basse donc drainante dans la partie aval entre Chamonix et les Houches. Dans la partie amont de l'ombilic, l'Arve et l'Arveyron peuvent réalimenter les alluvions dans l'ombilic des Praz. Les alluvions étant perméables en surface, les précipitations directes peuvent recharger l'aquifère (phénomène localement atténué du fait de l'imperméabilisation des terrains en zone urbaine).

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Il existe un réel potentiel du fait de l'importance du remplissage alluvionnaire aux Praz (très partiellement reconnu), à Chamonix, et aux Houches : plus de 100 m de remplissage sableux aux Marquisats, exploité plus en aval au niveau du puits AEP de Clair Temps. Cet ensemble aquifère est mal protégé en surface. Le détail de la géométrie des alluvions et leur continuité dans la vallée restent à préciser. Actuellement, c'est la qualité naturelle des eaux souterraines (présence de métaux en lien avec les filons métallifères dans le granite du Mont-Blanc) qui limite l'exploitation des aquifères.

3.2.3. Ombilic de Servoz - Les Houches

Description géomorphologique sommaire

Cet ombilic est très limité et resserré sur la commune de Servoz, entre les gorges de l'Arve en aval des Houches, les gorges de la Diosaz au nord, et les gorges de l'Arve en aval du village.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

La zone d'étude a été prospectée par sondages électriques (étude CPGF n°2108B, 1980). La prospection montre dans le replat marécageux au lieu-dit la Fontaine au sud-ouest du village des résistivités de 300 à 400 $\Omega.m$ à 30 m de profondeur, au-dessus de terrains peu résistants (argileux) et très résistants en surface (alluvions sèches). Ce replat, bien délimité entre le versant ouest et la crête de la Tour Saint-Michel, correspond vraisemblablement à un ancien tracé de l'Arve aujourd'hui comblé. Le forage 06798X0011/MBC réalisé au centre du replat met en évidence un remplissage de 31 m d'alluvions silteuses, donc peu productives au-dessus du substratum schisteux. Vers le nord, la géophysique montre de meilleures résistivités et donc potentiellement des alluvions plus grossières.

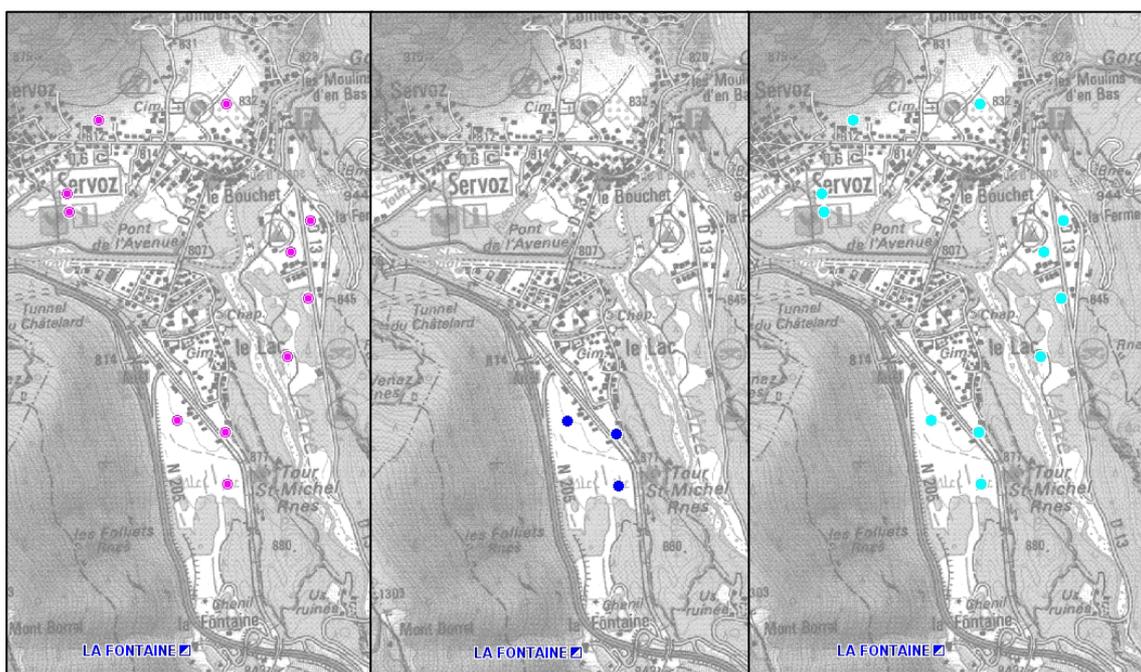


Figure 21 : Mesures géophysiques à Servoz et leur interprétation (graviers profonds et de surface)

Les sondages électriques au droit du village de Servoz ne mettent pas en évidence de niveau franchement graveleux saturé en eau en profondeur. Les résistivités sont assez faibles ($< 200 \Omega.m$). Cependant, le nombre de points et les profondeurs d'investigation sont limités. C'est dans les 20 premiers mètres de la vallée actuelle de l'Arve au sud de Servoz que l'on retrouve des résistivités pouvant correspondre à des graviers productifs. Le forage 06798X0019/MBD1, au sud des terrains de football, à proximité de l'Arve rive droite, a rencontré 25 m d'alluvions grossières, puis des niveaux argileux et franchement morainiques jusqu'au substratum schisteux reconnu à 29 m de profondeur.

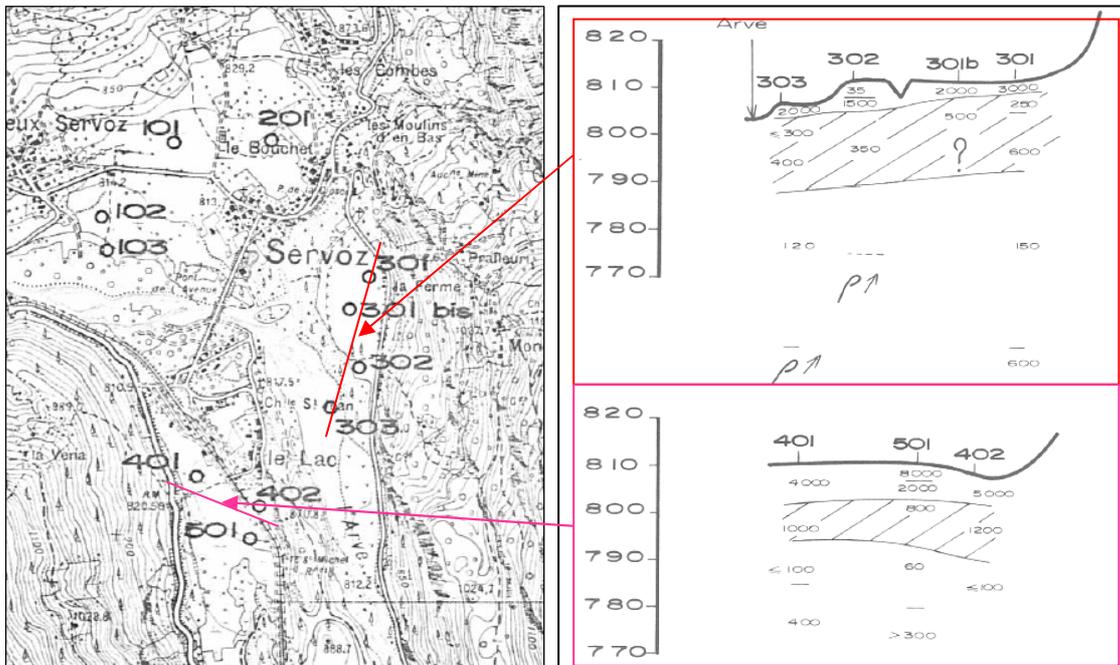


Figure 22 : Profils électriques à Servoz (CPGF 1980, complété)

Une partie du remplissage peut être occultée par le vaste glissement de terrain de Passy. Ce dernier peut également être à l'origine du lac de barrage formant cet ombilic. Tout comme les alluvions de l'Arve aux Houches, l'ombilic de Servoz est en contact direct avec des granites (granite de Servoz) et des schistes viséens avec de nombreux indices métallifères inventoriés par le BRGM (BSS et carte géologique au 1/50 000 de Cluses).

Recharge de l'aquifère

Les alluvions profondes, si elles sont productives, sont rechargées par les fractures du substratum et les précipitations directes (concentration du ruissellement de l'impluvium). Les alluvions dans la vallée actuelle de l'Arve sont probablement en relation avec les alluvions plus profondes dans la partie amont, à l'entrée de l'ombilic et avec la Diosaz qui peut réalimenter au niveau de son cône de déjection à Servoz.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

On distingue ici deux sites potentiellement aquifères :

- Le site des Fontaines, paléo-vallée de l'Arve remplie d'alluvions limoneuses peu productives, potentiellement plus productives au nord ;
- Les alluvions grossières de la vallée actuelle de l'Arve à Servoz potentiellement plus productives et réalimentées par l'Arve et la Diosaz.

Ces deux potentiels restent à confirmer par des investigations hydrogéologiques.

3.2.4. Ombilic de Sallanches-Le Fayet

Description géomorphologique sommaire

Il s'agit du vaste ombilic entre Passy - le Fayet et Sallanches, au pied des versants abrupts du massif du Mont-Blanc (granite) à l'est, et du Massif de Platé au nord (calcaire). Au sud, les glaciers quaternaires ont entaillé les terrains marneux du soubassement de la chaîne des Aravis à l'est (Sallanches, Cordon) et le nord du massif du Beaufortin (Domancy, Megève). L'ombilic a une forme de croissant : la vallée de l'Arve d'abord NE/SW entre Passy et le Fayet, s'oriente SE/NW à Domancy et prend une direction franchement vers le Nord après Sallanches en forme de défilé entaillé entre les Aravis et le massif de Platé.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

L'ombilic entre Chedde et Domancy a fait l'objet d'une prospection par sondages électriques en 1970 (étude CPGF n°932 secteur Chedde Domancy) et entre Domancy et Sallanches en 1967 (étude BEGG n°R183 en rive droite de l'Arve seulement) selon des profils perpendiculaires à l'axe de la vallée (figure ci-après).

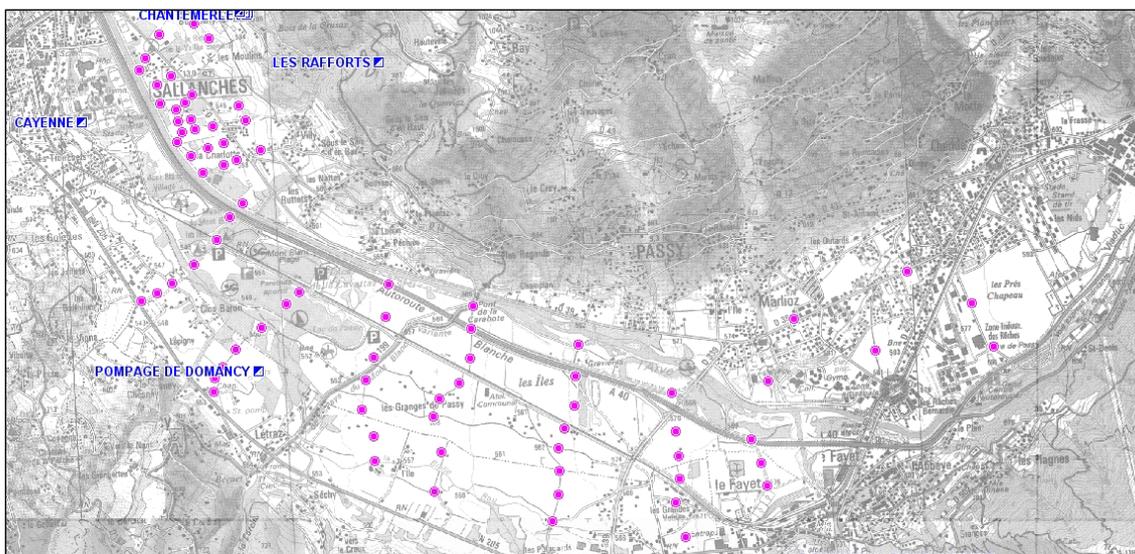


Figure 23 : Carte illustrant les campagnes de géophysique réalisées entre Passy et Sallanches

D'amont en aval, on retrouve :

- En aval de Chedde : des résistivités très fortes en surface (alluvions sèches), puis des résistivités de 400 Ω .m jusqu'à 60 à 70 m de profondeur, alluvions potentiellement aquifères au-dessus d'un substratum peu résistant (probablement argileux) ;
- Au nord du Fayet : sensiblement les mêmes valeurs avec une épaisseur d'alluvions résistantes (300 à 400 Ω .m, potentiellement aquifère) de l'ordre de 30 à 40 m ;
- A l'ouest du Fayet (les Granges de Passy) : sensiblement les mêmes valeurs avec une épaisseur d'alluvions résistantes (300 à 400 Ω .m, potentiellement aquifère) de l'ordre de 20 à 30 m ;
- A Domancy : réduction du niveau résistant à quelques mètres. On retrouve ainsi :
 - o Un niveau profond avec des résistivités entre 200 Ω .m (Arve) à 500 Ω .m (côté pied du massif de Platé). Ce niveau aurait 10 à 15 m de puissance avec un toit vers 20 à 25 m de profondeur (lieu-dit « la Charlotte ») et reposerait sur des formations très peu résistantes (45 Ω .m) argileuses imperméables (argiles lacustres ou substratum schisteux ?) ;
 - o Un niveau aquifère moyennement résistant en surface (alluvions récentes indifférenciées de l'Arve) ou très résistant (alluvions sèches) séparé du niveau profond par un niveau peu résistant d'une vingtaine de mètres (argiles) ;
- Le niveau résistant profond s'amenuit rapidement dans les autres profils en aval, les dernières formations résistantes étant préférentiellement contre le versant ouest (massif de Platé, influence des cônes de déjection ?). En amont de Saint-Martin on ne retrouve plus de formations résistantes profondes, simplement des formations résistantes en surface (300 Ω .m), au-dessus de formations peu résistantes (100 Ω .m) épaisses de 20 m, reposant elles-mêmes sur des formations très peu résistantes considérées comme un substratum argileux imperméable.

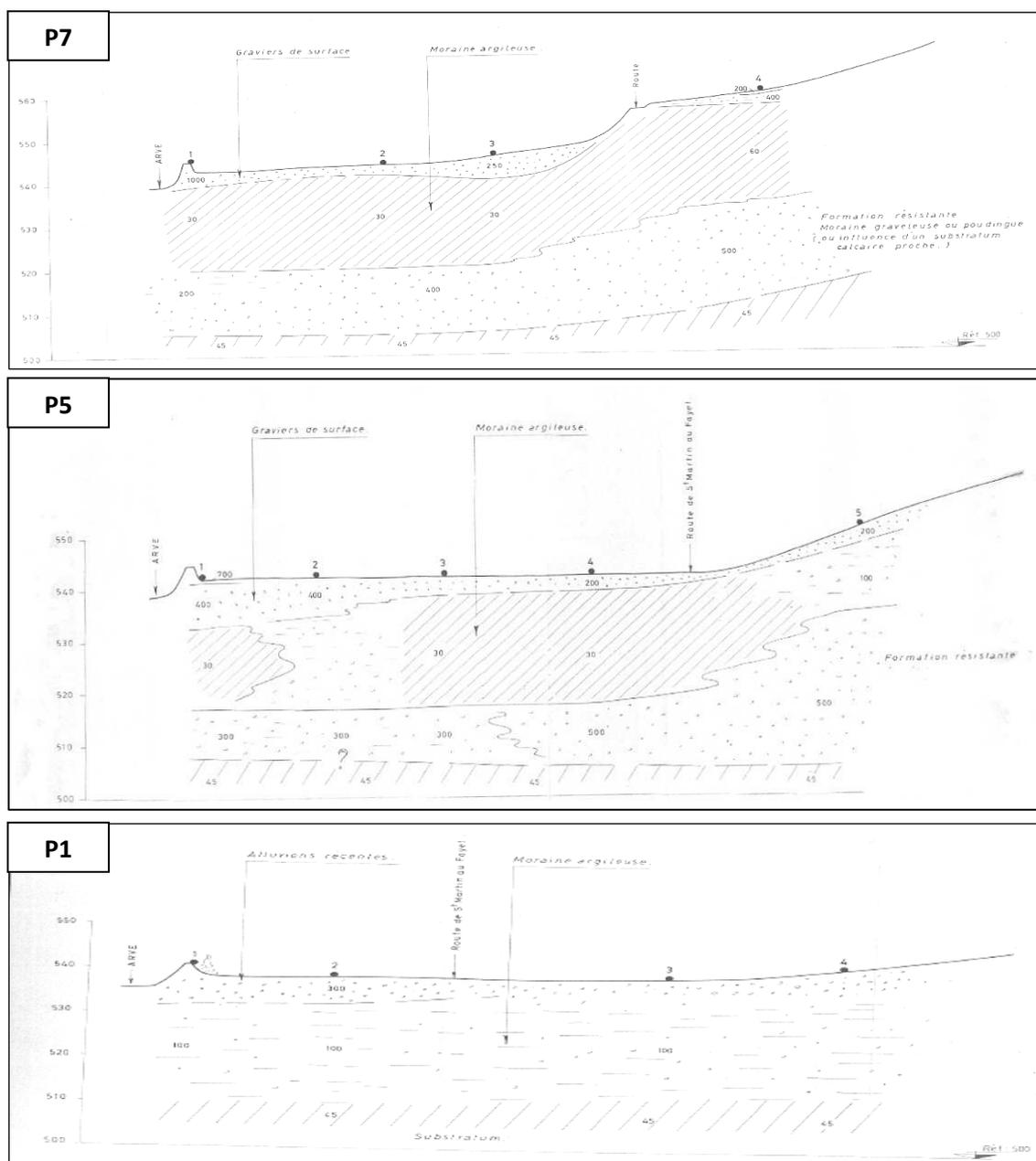


Figure 24 : Détails de 3 profils électriques en amont de Sallanches (BEGG, 1967, complété) montrant la disparition progressive des graviers de l'ombilic vers le nord.

Deux sondages de reconnaissance de la DDA ont permis de confirmer le potentiel aquifère de l'ombilic. Le forage 0679X0003/S1 à Chedde (Passy) traverse 110 m d'alluvions sablo-graveleuses, avec de rares passées argileuses. Le fond de l'ouvrage atteint des argiles noires reconnues sur 4 m. Les autres forages, y compris profonds (piézomètres de surveillance de l'usine SGL à Chedde) traversent tous les sables et graviers sans atteindre les argiles (forages de 25 à 50 m de profondeur). Le forage DDA 0679X0009/P1 à proximité du lac de Passy traverse 162 m de graviers et galets sableux, au-dessus d'une argile grisâtre.

Au final, nous avons donc une continuité dans les niveaux graveleux résistants épais à l'est, puis diminuant progressivement en forme de biseau vers l'ouest. On voit ici une dynamique de dépôt lacustre avec des matériaux deltaïques grossiers à l'est (apports des alluvions de l'Arve et du Bonnant), puis leur disparition progressive à l'ouest avec prédominance de matériaux fins distaux. Par l'analyse des résistivités transverses, les études CPGF et BEGG mettent en évidence deux axes de surcreusement ou potentiellement plus productifs :

- Un axe amont qui suit sensiblement le cours de l'Arve entre le Fayet et Passy ;
- Un second axe aval depuis le Fayet au pied du versant de Domancy selon le tracé du ruisseau de Biolle, qui retransverse la vallée vers le lac de Passy. On pourrait prolonger cet axe depuis les lacs de Passy vers le pied du versant de Platé, là où les meilleures résistivités ont été mises en évidence sur l'étude BEGG.

Le remplissage grossier de l'ombilic est dépourvu de couverture argileuse protectrice.

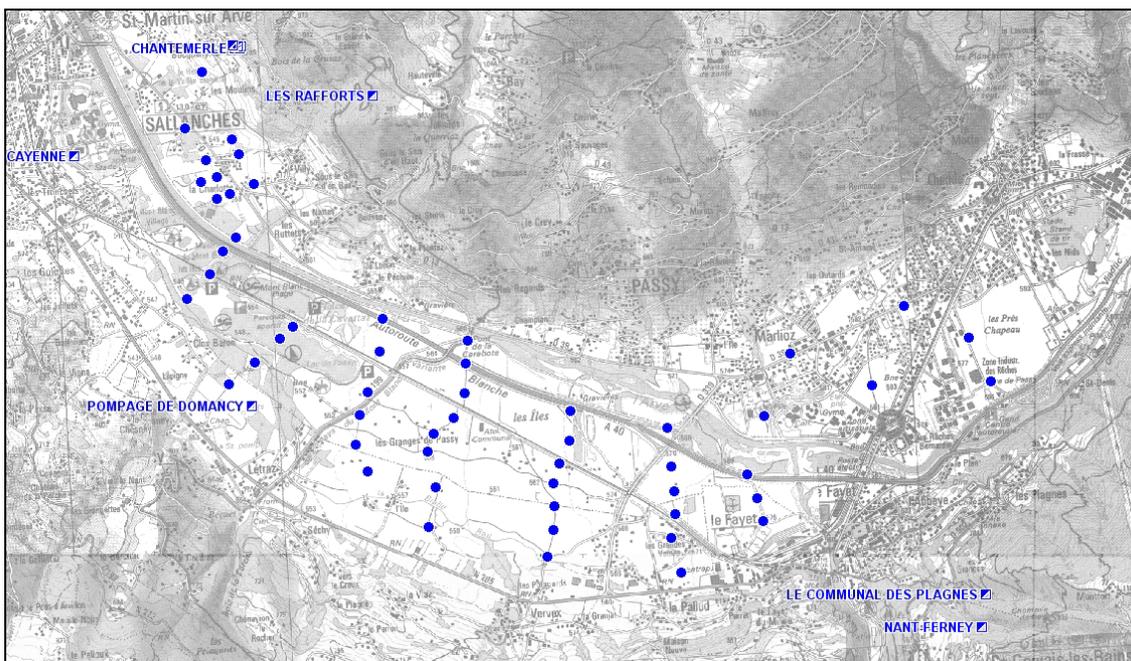


Figure 25 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur l'ombilic de Sallanches-Le Fayet (alluvions profondes)

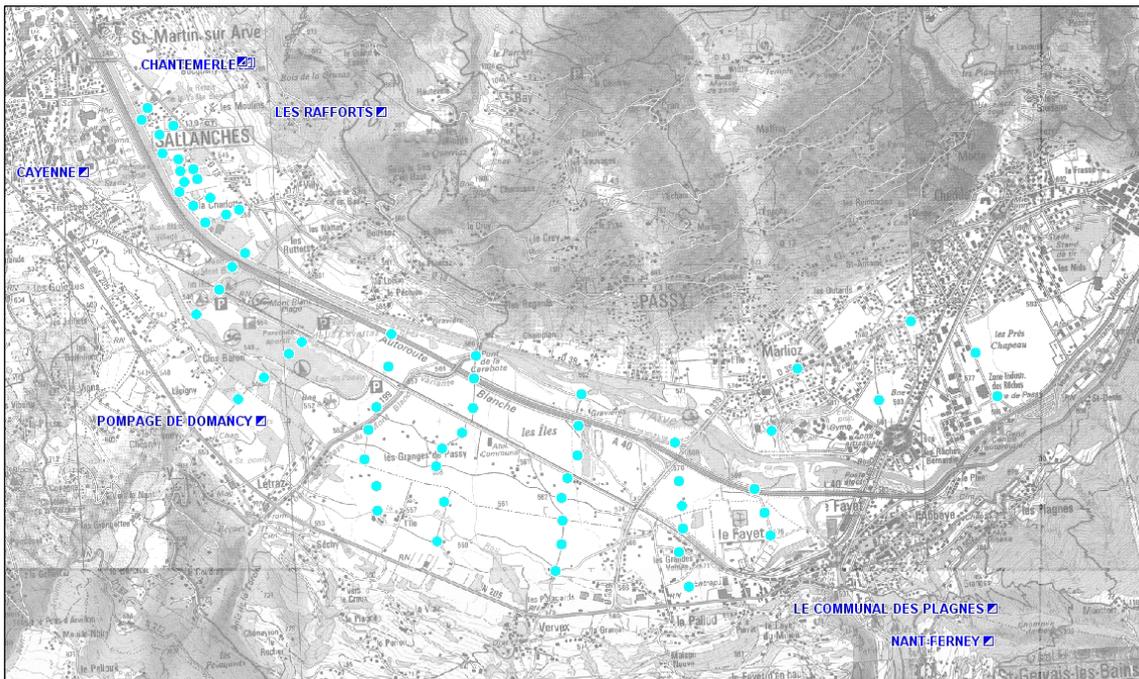


Figure 26 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur l'ombilic de Sallanches-Le Fayet (alluvions profondes)

La structure de la terminaison de l'aquifère, la partie rive gauche de l'Arve entre Sallanches et Domancy et les relations possibles avec les alluvions de l'Arve en aval de Sallanches n'ont pas été reconnues par géophysique ou sondages mécaniques.

Bien que potentiellement très productives, ces alluvions sont peu exploitées pour l'AEP du fait de l'excès de sulfate dans l'eau (semelle affleurante de gypse en bordure sud de la vallée, entre Le Fayet et Domancy).

Le puits de secours du SIE de Combloux et Domancy (06796X0001) au lieu-dit « Letraz » au pied du versant sud de l'ombilic a atteint les schistes à seulement 9 m de profondeur. La productivité est très bonne (débit spécifique : 123 m³/h/m) malgré les passées argileuses.

Vers l'aval, ce sont les alluvions probablement de surface qui sont exploitées. Dans les puits AEP de Cayenne (06796X0006/F) à Sallanches, en rive gauche de l'Arve, les alluvions sablo-graveleuses de l'Arve sont exploitées entre 8 et 12 m de profondeur (argiles à 12 m). La productivité est encore assez bonne (débit spécifique : 44 m³/h/m). L'aquifère est protégé par deux mètres d'argile en surface, mais l'eau est naturellement très sulfatée, en limite des normes de potabilité.

Au centre de Sallanches, quelques forages de reconnaissance jusqu'à 20 m montrent plusieurs niveaux graveleux bien individualisés entre des couches d'argile (Forage BSS 06796X0016/S1). Ce secteur peut être influencé par les apports détritiques du torrent de la Croix et du torrent de Sallanches en rive gauche, du torrent de Reninge en rive droite (30 m d'alluvions grossières reconnues au pont entre Sallanches et Saint-Martin).

Recharge de l'aquifère

La partie amont (Passy, Chedde) n'est pas cloisonnée par un niveau argileux en surface. Les précipitations directes et surtout les pertes des cours d'eau à l'entrée de l'ombilic (principalement l'Arve à Chedde, le Bonnant au Fayet, mais aussi les torrents latéraux descendants des Aravis, du Beaufortain et de Platé) sont les principales zones de recharge de l'aquifère. Latéralement, le substratum fracturé contribue également à cette recharge, comme le montre l'excès de sulfates liés au substratum gypseux en bordure sud de l'ombilic.

Vers l'aval de l'ombilic (Domancy, Sallanches), l'aquifère forme un biseau imbriqué dans des formations argileuses. La recharge doit être faible ou inexistante, mais il existe probablement des formations deltaïques à hauteur de Sallanches imbriquées dans les alluvions de l'Arve.

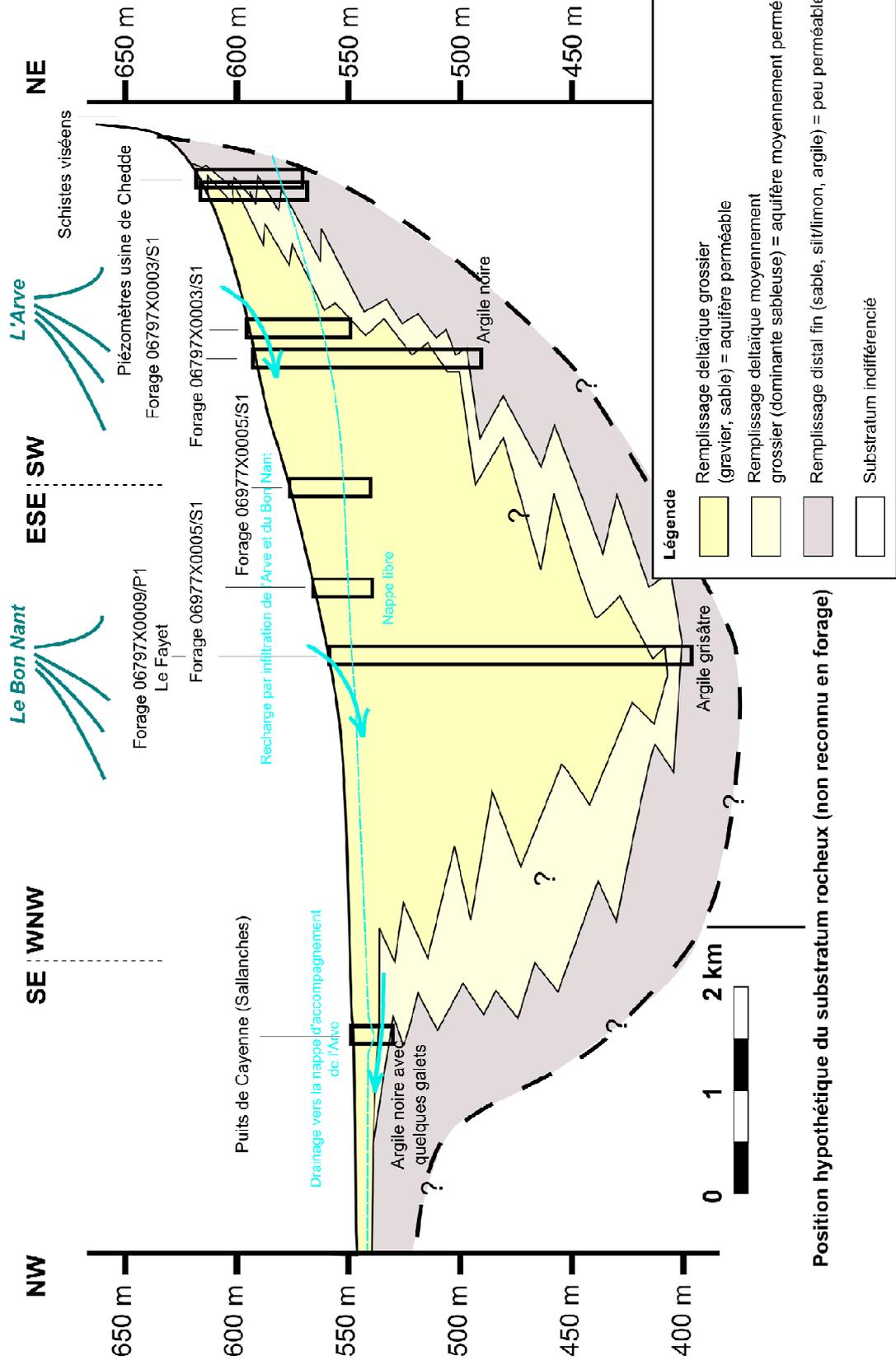
Les alluvions de surface sont probablement en relation étroite avec l'Arve qui est incisée et se trouve donc en position drainante, au moins de la partie aval de l'ombilic.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Il existe un réservoir aquifère très important entre Sallanches et Passy de par l'épaisseur des alluvions grossières (plus de 110 m à Chedde, 160 m au lac de Passy) et le potentiel de recharge en zone amont. Cet aquifère mal protégé est vulnérable aux pollutions de surface, surtout en partie amont. Mais c'est l'excès naturel de sulfates qui rend cette eau impropre à la consommation humaine. Dans la partie aval de l'aquifère (Domancy-Sallanches), les données sont insuffisantes, mais le potentiel reste intéressant de par les apports deltaïques latéraux.

Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage de l'ombilic de Sallanches-Le Fayet

(Coupe longitudinale selon l'axe de la vallée de l'Arve)



Coupe 2 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage de l'ombilic de Sallanches-Le Fayet

3.2.5. Vallée de l'Arve entre Sallanches et Cluses

Description géomorphologique sommaire

La vallée l'Arve se resserre en aval de Sallanches et Saint-Martin, encaissée et de largeur réduite entre le massif de Platé en rive droite, et le massif des Aravis en rive gauche, jusqu'au verrou rocheux de Cluses (défilé de Magland).

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Cette vallée n'a pas fait l'objet d'une prospection géophysique préalable. Ce sont les données de forages qui nous précisent la nature et la géométrie des aquifères. Les forages réalisés en 1970 par la DDA de part et d'autre des lacs de Saint-Martin montrent 14,5 m d'alluvions grossières, assez productives (débit spécifique 30 m³/h/m en F1, 36 m³/h/m en F2) au-dessus d'argiles molles bleu-noir. La rive gauche présente la même configuration (Puits Dynastar). Légèrement plus au nord, au droit de l'échangeur de Sallanches, les alluvions sont grossières sur 20 m. Les sables deviennent limoneux, voire argileux entre 20 et 30 m de profondeur (BSS 06792X0009).

Vers l'aval, les sondages de reconnaissance dans les zones élargies de Luzier, Vorzier, Gravin (Commune de Magland) montrent des mélanges de sable, graviers, avec des passées argileuses, voire parfois des éboulis calcaires à matrice limoneuse en bordure. L'ensemble des terrains à dominante sablo-graveleuse n'est pas en contact avec les argiles sous-jacentes aux profondeurs d'investigations (25 et 30 m). Seul le puits d'essai de la DDA (06792X0006/F2) situé au lieu-dit la Perrière ne traverse que 4 m d'alluvions au-dessus des argiles. Un autre forage de la DDA plus à l'ouest montre qu'il existe un niveau productif sous les argiles entre 10 et 17 m (nouveau niveau d'argile à 17 m). Les forages au nord de Magland confirment la très forte hétérogénéité des terrains, y compris pour des forages très proches (secteur de la Tour Noire, BSS 06792X0009/F).

Entre le verrou de la Balme et le verrou de Cluses, les forages de reconnaissance de l'échangeur de la Maladière traversent 15 m d'alluvions sablo-graveleuses.

Recharge de l'aquifère

Elle est fonction de la géométrie des corps aquifères, généralement sablo-graveleux depuis la surface. Ce sont donc préférentiellement les précipitations directes et les pertes des torrents latéraux qui alimentent les alluvions. L'Arve peut également participer à leur alimentation. On ne connaît pas de résurgences karstiques noyées dans les alluvions. Simplement, la source de Chez Party à Magland constitue l'exutoire karstique de tout le système de Flaine et des Carroz. Le point de base des écoulements est aujourd'hui le fond de la vallée, l'eau est drainée vers l'Arve. L'alimentation des niveaux aquifères moyennement profonds (sous une couche d'argile) pourrait être en relation avec le karst en bordure.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Ce potentiel est réel, mais mal connu. Les graviers aquifères se retrouvent souvent dès la surface du sol, il s'agit probablement des alluvions récentes de l'Arve, mais ils peuvent descendre jusqu'à 30 m sous un niveau argileux. L'influence des apports détritiques des torrents semble importante dans la dynamique du remplissage de la vallée.

3.2.6. Vallée de l'Arve entre Cluses et Vougy

Description géomorphologique sommaire

La vallée de l'Arve dessine ici un ombilic élargi entre le verrou rocheux de Cluses (entre la Montagne de Chevrans et les rochers de Huant) et le cône de déjection du Giffre à Marnaz. La bordure sud contre le massif des Bornes est modelée par les cônes de déjection du Foron du Reposoir et du torrent de Marnaz.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Ce secteur n'a pas fait l'objet d'une prospection géophysique systématique, mais seulement de quelques études dans des secteurs restreints (les Valignons). Les cartes des mesures géophysiques sont rattachées au chapitre 3.2.9 sur le cône du Giffre.

Les alluvions de l'Arve sont en amont du cône du Giffre suffisamment épaisses et productives pour être exploitées pour l'AEP dans 3 secteurs.

Au niveau du puits de Jumel, au sud de Cluses, les alluvions sont épaisses de 10,8 m, protégées par 4 m d'argiles limoneuses en surface. Des argiles sont reconnues au-delà de 15 m de profondeur.

Au niveau des captages de Pressy au nord-ouest de Cluses, dans le quartier de la Sardagne, 4 ouvrages captent les alluvions, avec trois horizons sablo-graveleux séparés par deux niveaux argilo-tourbeux respectivement entre 5,5 et 8,10 puis entre 16,2 et 21,5 m. A partir de 27 m, les alluvions sont de plus en plus limoneuses et passent à dépôts lacustres fins. Les niveaux aquifères sont les suivants

- Une nappe superficielle située vers 2 m ($k=1,6 \cdot 10^{-3}$ m/s), non captée ;
- Une nappe moyenne, en charge, dont le niveau piézométrique se situe vers 5 m/TN ($k=2 \cdot 10^{-3}$ m/s). Elle est captée par les 4 puits ;
- Une nappe inférieure artésienne, aujourd'hui non captée (ancien captage profond P4 ensablé, remplacé par un nouvel ouvrage). L'aquifère présente ici un faciès franchement sableux ($k=7 \cdot 10^{-4}$ m/s).

Au niveau du puits des Valignons sur la commune de Marnaz, deux ouvrages captent les alluvions. On a ici deux niveaux aquifères, séparés par une couche d'argiles, de tourbes et de sables limoneux entre 7 et 22 m/TN :

- Un niveau superficiel de sables et graviers correspondant aux alluvions récentes de l'Arve ;
- Un niveau plus profond entre 22 et 27 m de sables limoneux et graviers fins, exploité par les deux puits.

Dans le secteur des Valignons, une étude géophysique récente (RDA, 1999) précise la géométrie des alluvions. On notera simplement la présence de surépaisseur de graviers à proximité des Valignons, et surtout des argiles faiblement résistantes reconnues jusqu'à plus de 50 m de profondeur sous les alluvions (jusqu'à la côte 400m).

Les cônes du Foron du Reposoir et du torrent de Marnaz ont probablement des structures équivalentes à celle du cône du Borne plus à l'aval, mais elles ne sont pas connues. On peut s'attendre dans ces secteurs à des apports détritiques importants.

Les alluvions de la vallée de l'Arve à l'aval du confluent avec le Giffre sont peu épaisses (5 à 10 m de puissance). Le profil de sondage électrique P10 (étude BEGG 1966) dont un extrait au droit de l'échangeur de l'autoroute à l'amont de Pontchy fait l'objet de la figure ci-dessous :

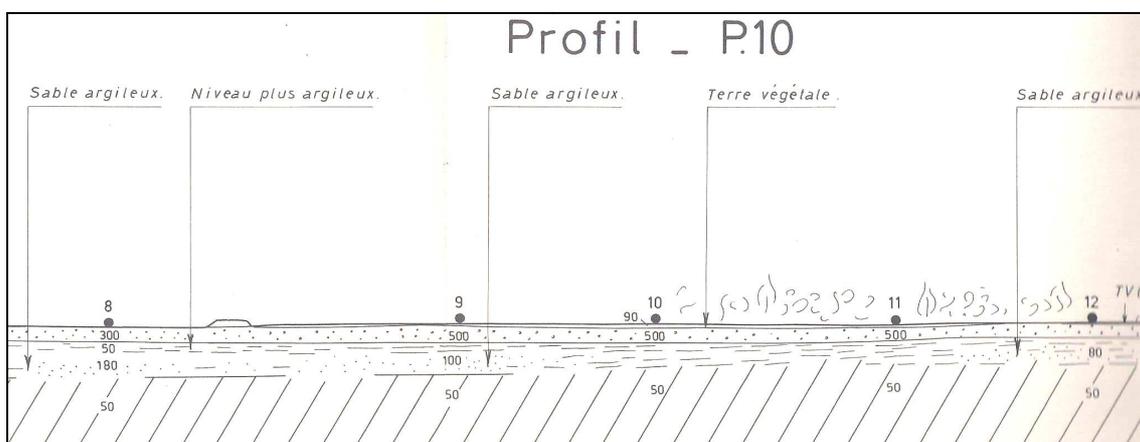


Figure 27 : Profil électrique P10 en aval du confluent avec le Giffre (BEGG , 1967)

La situation est équivalente jusqu'à l'intersection avec le cône du Borne au droit de Vorziers comme le confirme le panneau électrique P10 le plus à l'amont de l'étude RDA sur le cône du Borne.

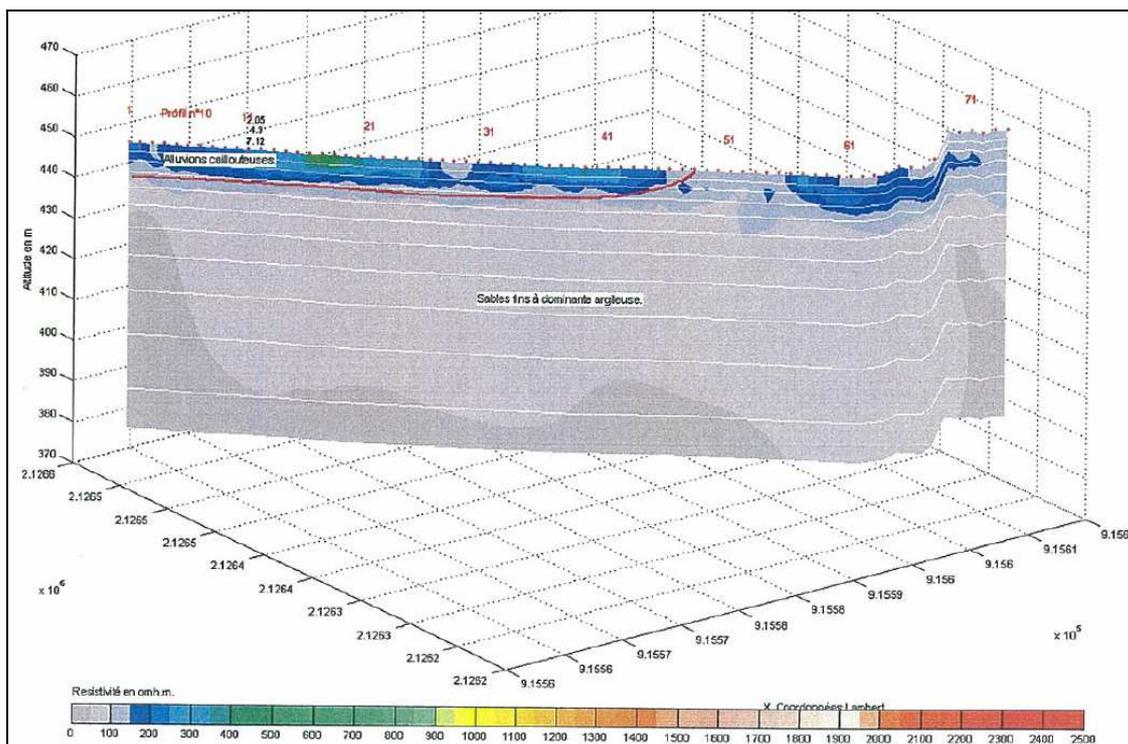


Figure 28 : Panneau électrique P10 en bordure est du cône du Borne (RDA, 2005)

Recharge de l'aquifère

Le captage de Jumel, très proche de l'Arve constitue un point de suivi piézométrique du réseau permanent du CG74. Les fluctuations piézométriques sont directement corrélables aux variations de débit de l'Arve (voir chapitre 6.3). L'ensemble des alluvions de l'ombilic de Cluses est alimenté par ruissellement diffus sur les bordures, et les pertes des ruisseaux dans les alluvions. L'Arve alimente probablement l'aquifère dans sa partie amont.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Le potentiel des alluvions superficielles de l'Arve dans ce secteur est faible et il ne semble pas possible de le développer (l'étude de la RDA dans le secteur des Valignons le confirme). Les niveaux aquifères exploités, bien que productifs, sont souvent liés à des alluvions assez fines, ce qui provoque des phénomènes d'ensablement. De plus, la nappe captive associée aux argiles tourbeuses provoque des précipitations de fer et de manganèse dans les puits de pompage (Pressy, Valignons) du fait des changements des conditions d'oxydoréduction, ayant pour conséquences un colmatage des crépines des puits. Localement, les graviers peuvent atteindre 30 m de profondeur, intercalés sous les argiles et sous l'influence des apports détritiques des cours d'eau latéraux. Le cône de Scionzier abrite sans doute des ressources intéressantes, mais le développement périurbain en limite maintenant l'intérêt. Par ailleurs ces ressources sont exploitées par l'industrie locale avec les risques associés sur la qualité de l'eau.

3.2.7. Cône du Giffre Marignier

Description géomorphologique sommaire

A son débouché sur la vallée de l'Arve, le Giffre a généré, pendant et après le retrait du glacier de l'Arve, un cône de déjection. La taille très importante de cette structure montre bien l'activité hydraulique pendant ces périodes et explique pour partie les dépôts graveleux "profonds" qui existent dans la vallée moyenne de la rivière.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

En dehors des études de 1970 et 1977 (CPGF n°942A et 1044) qui ont motivé la réalisation du forage de Pré Paris et dont une coupe représentative est illustrée sur la figure en page suivante, on dispose de mesures récentes effectuées par la RDA dans le cadre de l'étude pour la déviation de Marignier (2005) et les forages de reconnaissance géotechnique associés.

La carte ci-dessous montre la localisation de cette structure ainsi que les mesures géophysiques disponibles.

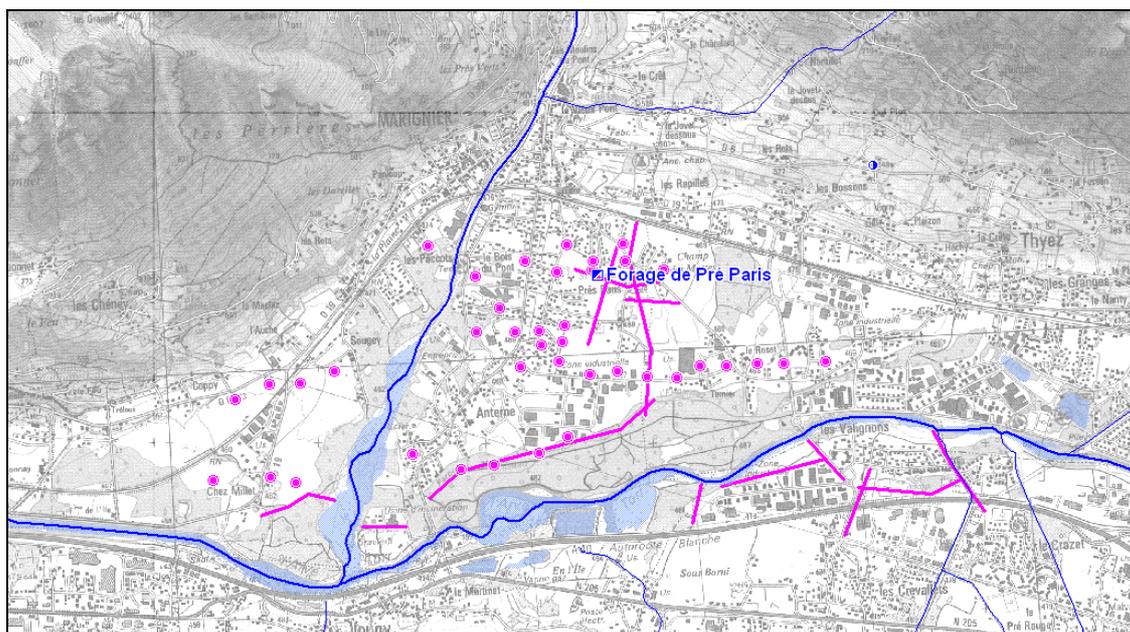


Figure 29 : Détail des investigations géophysiques sur le cône du Giffre

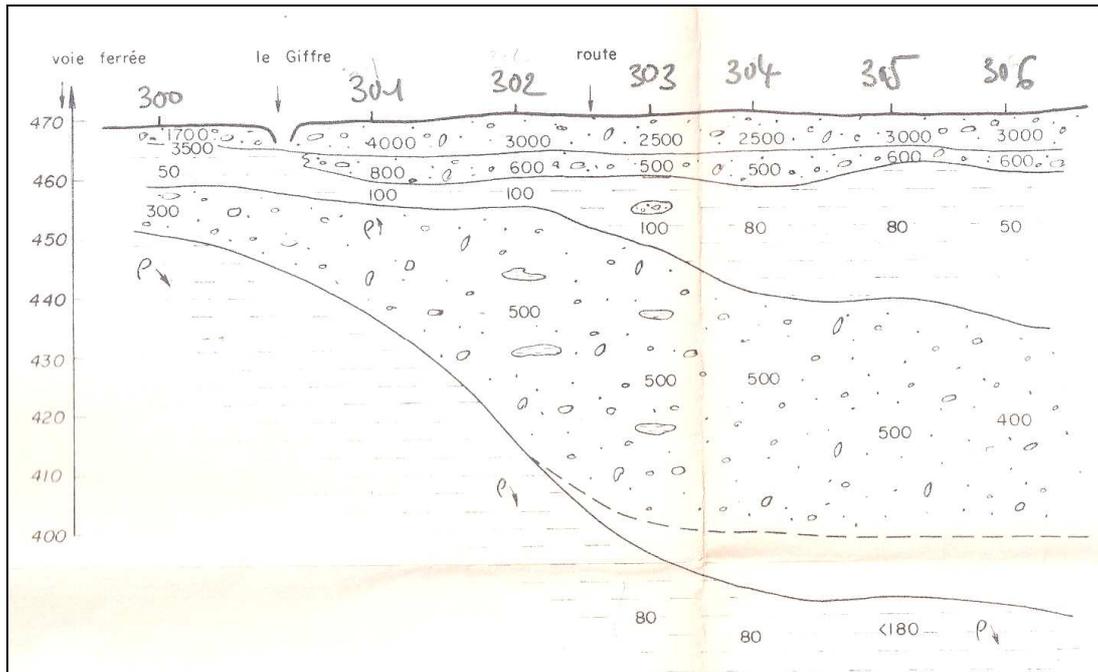


Figure 30 : Détail des investigations géophysiques sur le cône du Giffre (CPGF, 1970)

La figure ci-dessous montre les résultats interprétés par la RDA pour l'un de ses panneaux passant par le forage de Pré Paris.

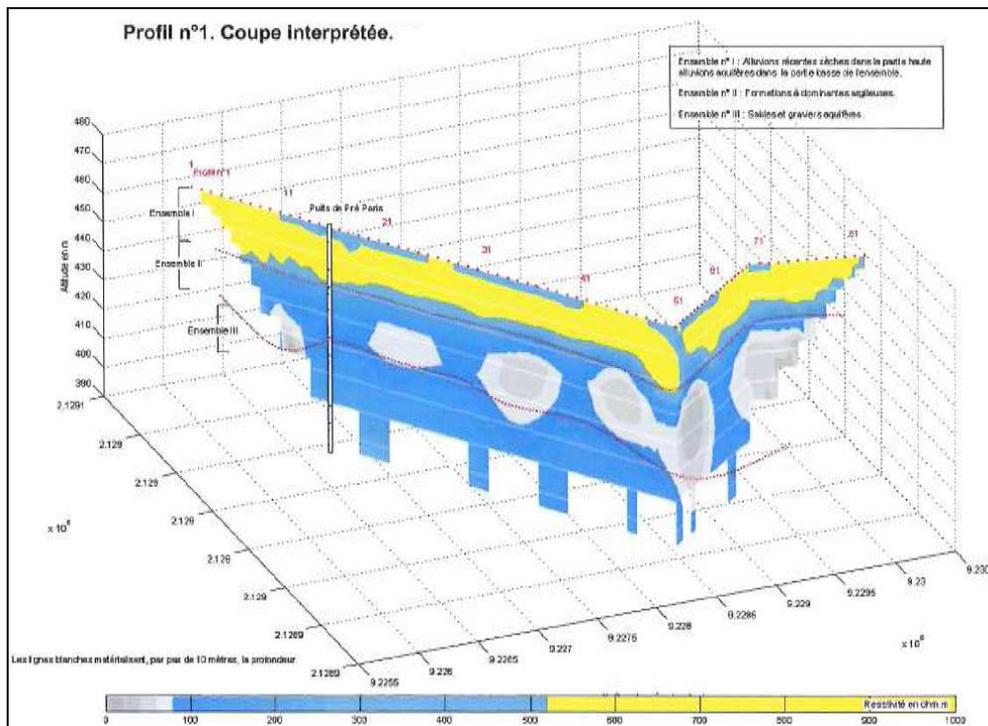


Figure 31 : Détail d'un panneau électrique passant par le forage de Pré-Paris (RDA, 2005)

Compte tenu du choix des plages de couleur pour les résistivités, il semblerait que la couche conductrice entre les graviers profonds et les formations graveleuses superficielles (terrains électriquement résistants) ne soit pas continue. En fait, des résistivités de l'ordre de $100 \pm 20 \Omega\text{m}$, ici regroupées avec dans la plage "bleue", traduisent des terrains à dominante argileuse dont la perméabilité est très faible.

Le cône de déjection ancien est actuellement recouvert par des formations argileuses et à proximité du cours actuel du Giffre par des alluvions "modernes". Globalement, la structure des formations quaternaires est relativement simple avec 4 couches (du bas vers le haut) :

- Reposant sur le substratum, un niveau à dominante argileuse attribué à du glaciaire ancien ou des dépôts glacio-lacustres;
- Un niveau sablo-graveleux épais avec une structure chenalisée et des variations de faciès rapides à la fois verticalement et horizontalement, typique d'une formation deltaïque ;
- Un niveau à dominante argilo-limoneuse continu mais d'épaisseur et de qualité variable correspondant à un/des stades lacustres ou glacio-lacustres. Les variations d'épaisseur sont probablement liées à des reprises d'érosion lors du dépôt de la/des couches graveleuses qui le surmonte ;
- Un niveau graveleux plus ou moins continu et d'épaisseur variable localement surmonté par des argiles.

L'extension du cône vers l'amont n'est pas connue, mais on peut supposer qu'il vient s'entourner dans le défilé du Giffre, probablement en rive gauche, car des affleurements de substratum anté-quaternaire sont visibles près du vieux pont de Marignier. Vers l'ouest, la carte géologique, les mesures de géophysique de 1971 et une étude ancienne pour la pisciculture de Copsy montrent que la limite suit sensiblement le cours actuel du Giffre. Vers l'est, la limite est plus approximative, car on ne dispose que d'un profil géophysique, l'essentiel des mesures étant concentré sur la zone hydrogéologiquement favorable (centrées sur le puits de Près paris). Vers l'aval, la liaison avec le système Arve n'est pas connue. L'Arve draine très probablement l'aquifère dans la continuité des alluvions récentes, en l'absence de sources en aval du cône. Dans le secteur des Valignons, les mesures géophysiques de la RDA (étude de 1999 pour la commune de Marnaz) n'ont pas décelé la présence de graviers profonds. Le secteur du cône de Vougy, dans l'axe de la structure deltaïque supposée, n'a pas été reconnu.

L'ensemble des résultats a été synthétisé sur la carte ci-après pour les formations superficielles et on peut voir que les graviers superficiels sont présents sur l'ensemble du cône. La nappe superficielle contenue dans ces graviers est d'ailleurs exploitée par de nombreux forages géothermiques pour des particuliers et des industriels sur la ZI d'Anterne où il existe localement des problèmes de contamination de cette nappe.

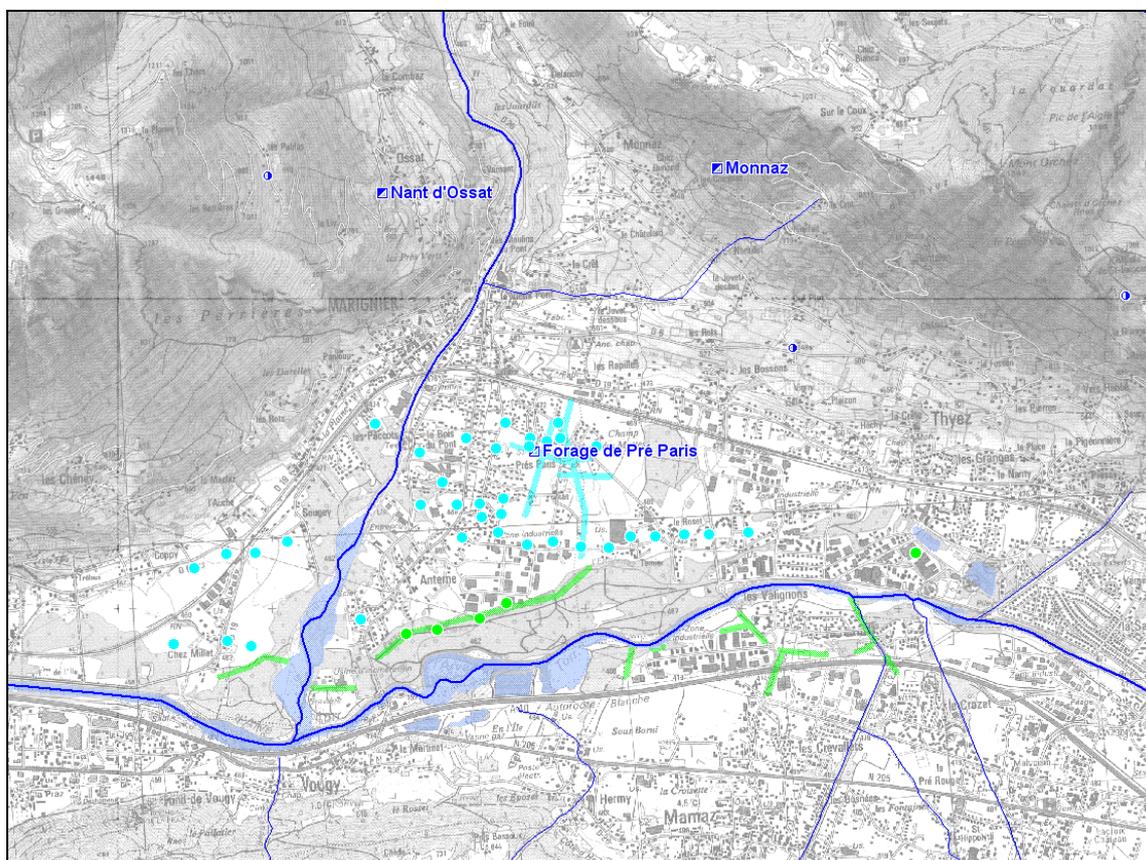


Figure 32 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Giffre (alluvions de surface)

La carte qui suit montre les résultats pour les formations profondes et on a reporté leurs limites supposées avec des terminaisons en "zigzag" lorsqu'elles sont non déterminées. On a également reporté, la zone où ces graviers profonds sont protégés par une couche argileuse. La seule exploitation de cette nappe profonde pour l'AEP est située à Pré-Paris où il existe 2 forages (datant de 1972) respectivement de 79 m de profondeur pour le forage n°1, et 30 m de profondeur pour le forage n°2. Le potentiel de la nappe profonde, établi à la suite des essais de pompage sur ces ouvrages, est très important avec des débits de l'ordre de 1000 m³/h suivant le rapport de B. Doudoux en 1972. Même si ce chiffre peut paraître élevé et demande à être confirmé par une étude globale de l'aquifère, il est clair que l'exploitation actuelle, entre 0,4 et 0,8 Mm³/an (soit en moyenne 45 à 90 m³/h) est largement en deçà du potentiel de la nappe (c.f. chapitre sur l'évolution piézométrique).

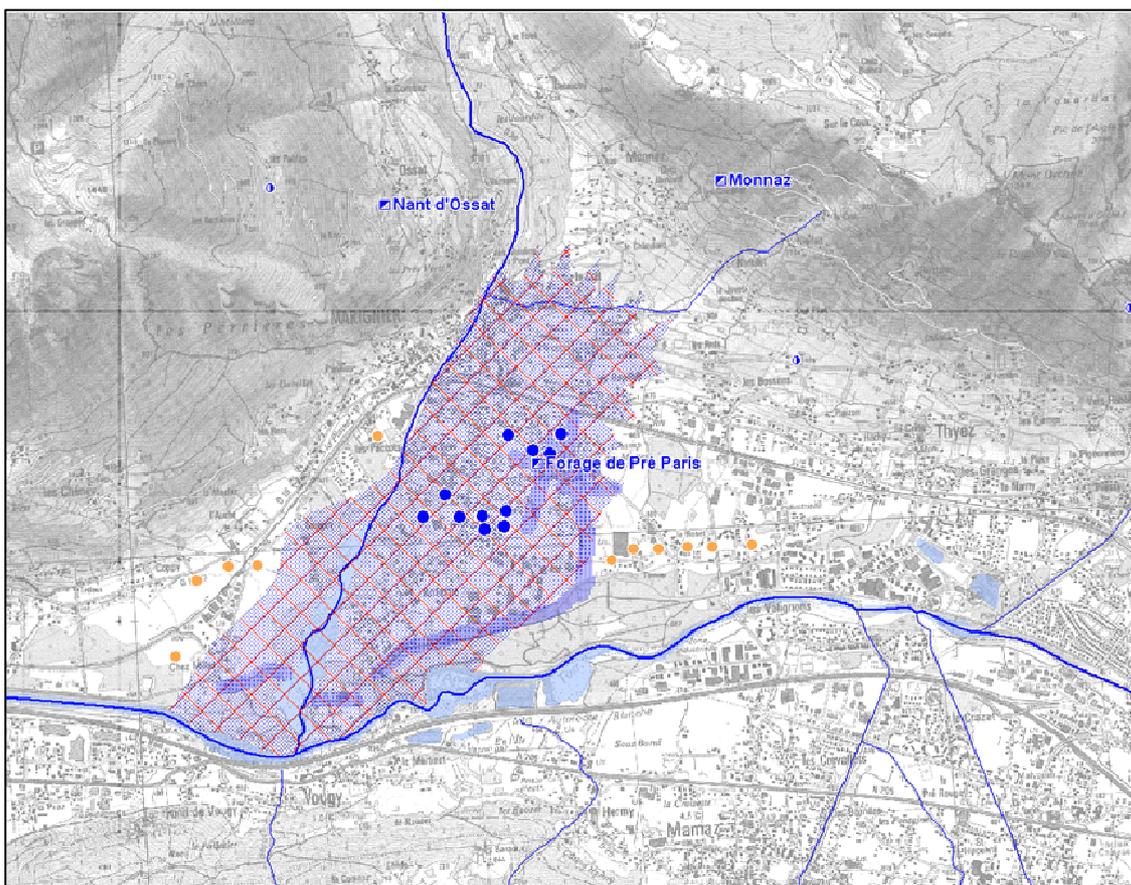


Figure 33 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Giffre (alluvions profondes)

Recharge de l'aquifère

Comme dans le cas de la nappe du Giffre amont, la recharge de l'aquifère superficiel est liée aux précipitations et aux coteaux lorsqu'une liaison avec le Giffre (et/ou l'Arve dans la partie aval) est possible. La recharge de l'aquifère profond est plus problématique et on en est réduit à faire plusieurs hypothèses, du moins au plus probable :

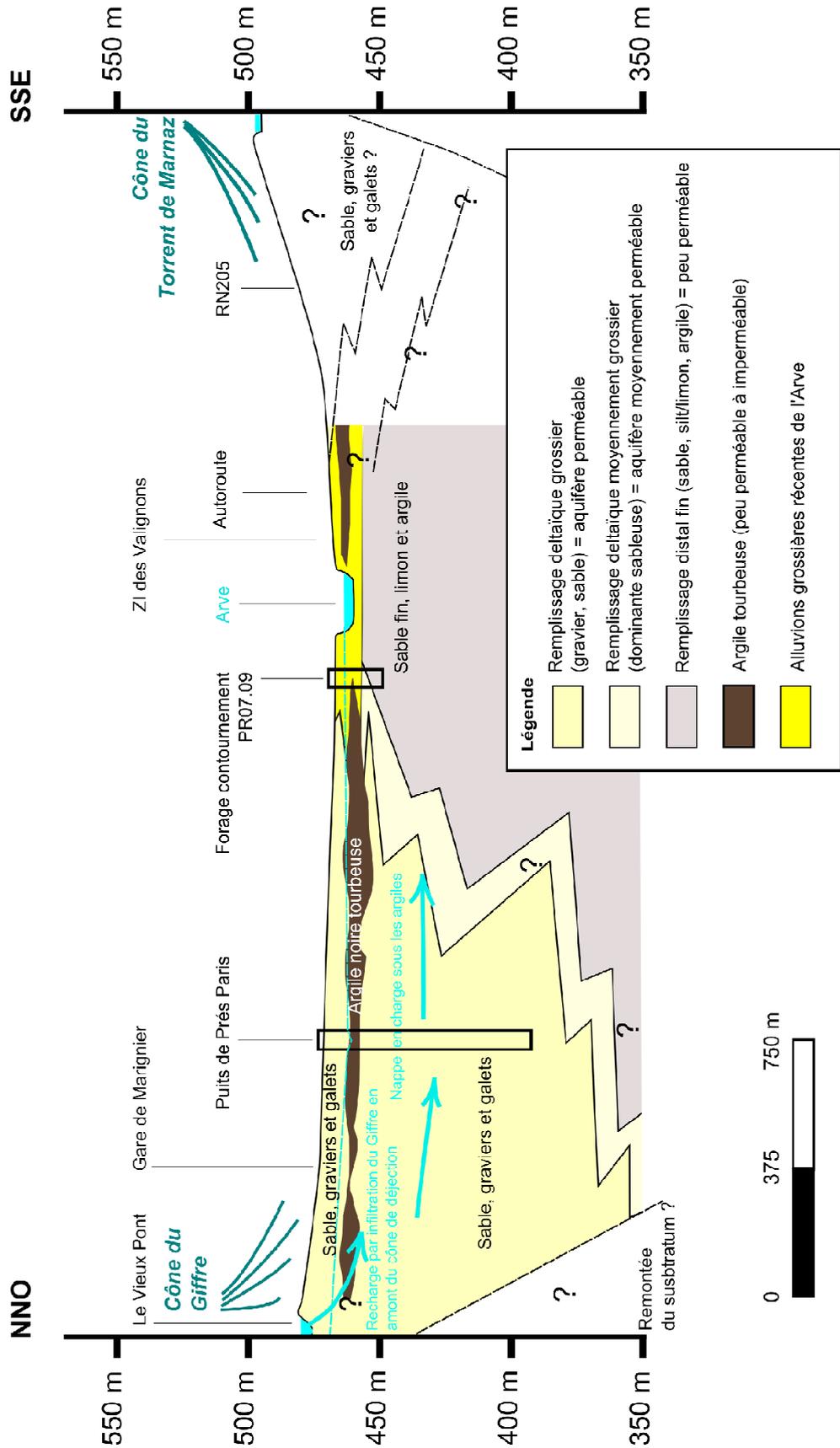
- Drainance à partir de la nappe superficielle à travers la couche "imperméable" : ce phénomène, qui existe dans le cas d'aquifère de dimension régionale, n'est pas à l'échelle de l'aquifère concerné (5 à 8 km²) ;
- Alimentation par les bordures (formations superficielles et substratum) avec lacune des niveaux imperméables liées aux terrains glacio-lacustres ;
- Alimentation par le Giffre et/ou son l'inféoflux dans la portion du cours compris entre Pont du Giffre et Mariginer.

En l'absence d'études hydrogéologiques détaillées sur le fonctionnement de cet aquifère, il n'est pas possible de trancher entre ces différentes hypothèses (qui éventuellement pourraient se cumuler avec d'autres...).

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Ce potentiel est important, mais ne pourra être précisé qu'à l'aide d'études hydrogéologiques avec réalisation d'un bilan global. L'analyse de l'évolution piézométrique montre que la courbe enveloppe des niveaux bas est stable sur les dernières années. Si on compare la cote actuelle (entre 460 et 462 m NGF) à celle des années 1972 (462 m NGF) et 1978 (464 m NGF en nappe haute), il n'y a pas d'évolution significative et l'exploitation actuelle n'impacte donc pas la nappe.

Coupe hydrogéologique transversale à la vallée de l'Arve entre Marignier et Marnaz



Coupe 3 : Coupe hydrogéologique transversale à la vallée de l'Arve entre Marignier et Marnaz

3.2.8. Cône du Borne Saint-Pierre-en-Faucigny

Ce secteur a fait l'objet de nombreuses études depuis les premières mesures électriques de BEGG en 1966 jusqu'aux dernières études géophysiques et hydrodynamiques de la RDA en 2005 et 2006. Les exemples de coupes géophysiques ci-après montrent l'évolution des techniques et de l'interprétation entre 1966 (extrait du profil 13 dans le secteur de Blandet), 1997 (extrait du profil 1 de l'étude CPGF C6114 dans le secteur du puits de Passeirier) et les panneaux de la RDA en 2005 (dans le secteur de Servaz).

Description géomorphologique sommaire

Le cône du Borne sensu stricto se développe entre Pontchy à l'est et Amancy à l'ouest. Dans son étude de 2005, la RDA le limite arbitrairement vers l'ouest au Foron des Fournet mais en réalité, il est intriqué dans les alluvions anciennes de l'Arve qui s'étendent vers le nord-ouest en direction de Scientrier. Vers le nord, sa limite est fixée arbitrairement à l'Arve, mais, comme dans le cas du cône du Giffre la liaison avec les alluvions plus ou moins superficielles de la vallée n'est pas clairement définie.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Les terrains aquifères sont principalement constitués de sables, graviers et galets parfois grossiers, provenant des apports du Borne et sédimentés à la fin du würm dans un lac progressivement comblé, occupant la vallée actuelle de l'Arve. Le mur de l'aquifère est constitué principalement par des sables fins à très fins, argileux gris noirs, saturés en eau, mais peu transmissifs. On peut noter qu'aucun forage profond n'a été réalisé pour reconnaître le substratum sous ces niveaux sablo-argileux et que l'existence de graviers fluvioglaciaires plus profonds ne peut pas être totalement exclue. La figure ci-après montre l'implantation des mesures géophysiques et des forages disponibles.

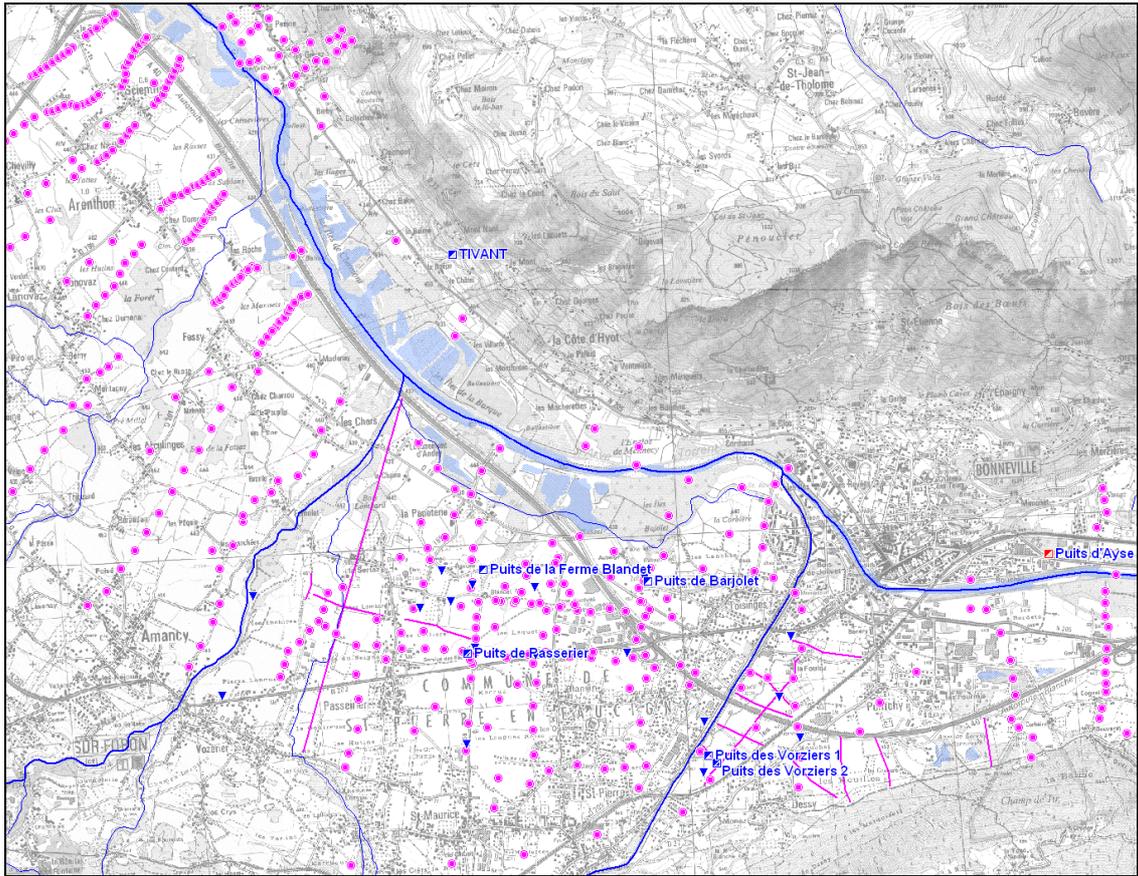


Figure 34 : Détail des investigations géophysiques sur le cône du Borne

La structure du réservoir aquifère est complexe avec plusieurs couches superposées de graviers et de niveaux plus ou moins sableux et argileux. Les coupes ci-après 3.2.10_B, C et D, issues des différentes études depuis celle de BEGG en 1966 illustrent cette complexité qui traduit la mise en place de ces formations en plusieurs étapes successives avec des remaniements liés aux reprises d'érosion.

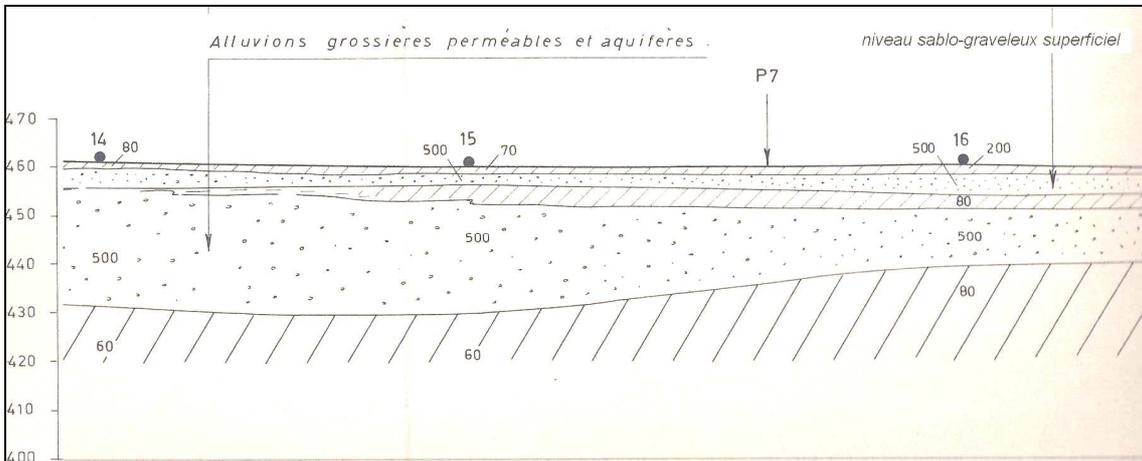


Figure 35 : Profil électrique dans le cône du Borne (BEGG, 1966)

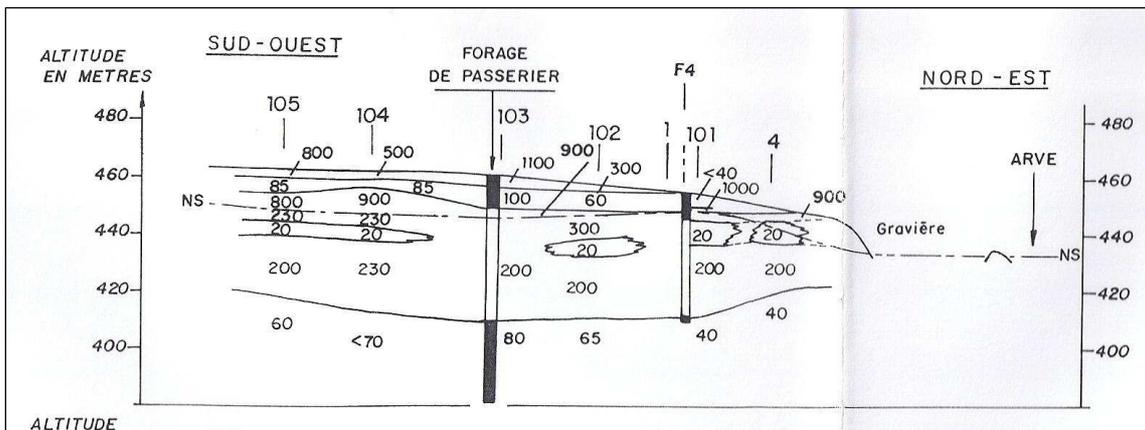


Figure 36 : Profil électrique dans le cône du Borne (CPGF, 1997)

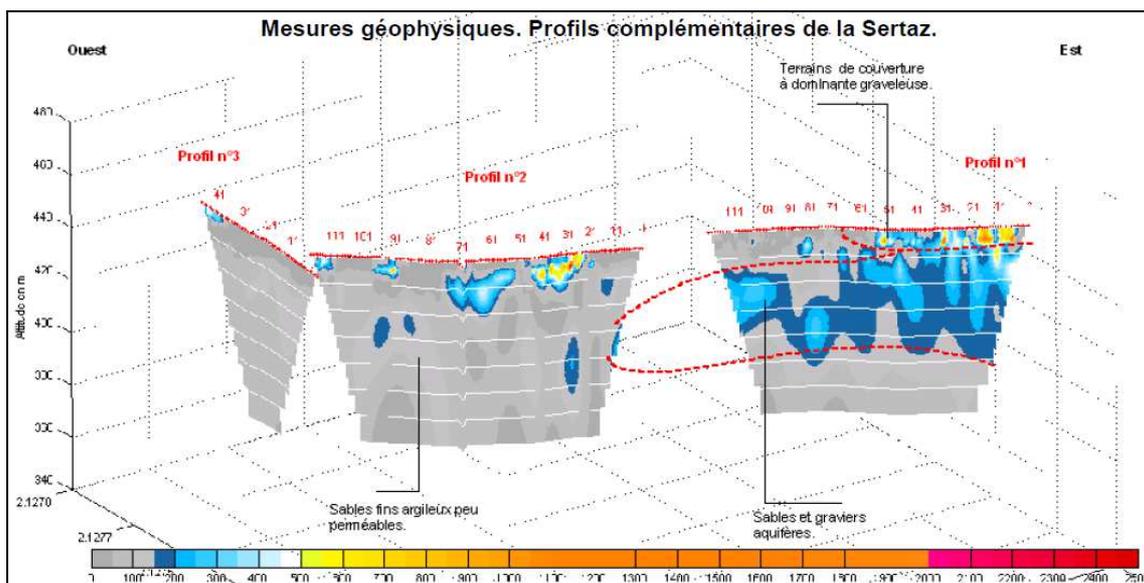


Figure 37 : Profil électrique dans le cône du Borne (RDA, 2006)

L'épaisseur de graviers cumulée maximale observée est proche de 60 mètres, au droit du chef-lieu de Saint Pierre en Faucigny, au sud du domaine d'étude. L'épaisseur diminue progressivement en direction du nord pour atteindre une dizaine de mètres en bordure de l'Arve. Cette profonde dépression s'étend également vers le nord-ouest jusqu'au secteur de Passeirier. Les coupes de forages et les mesures géophysiques indiquent ensuite, vers l'ouest, une remontée rapide des terrains à dominante argileuse, mur de l'aquifère. L'épaisseur de l'aquifère est proche d'une vingtaine de mètres seulement dans le secteur des Inchires et de Pierre-Longue en bordure du Foron. Vers l'est, une extension de la dépression atteint le secteur des Vorziers au sud de Bonneville, mais le mur remonte rapidement et n'apparaît plus qu'à une vingtaine de mètres de la surface du sol dans le secteur des Mouilles.

La figure en page suivante extraite du rapport RDA de 2006 montre l'épaisseur cumulée des alluvions sur la partie du cône ayant fait l'objet d'une modélisation numérique.

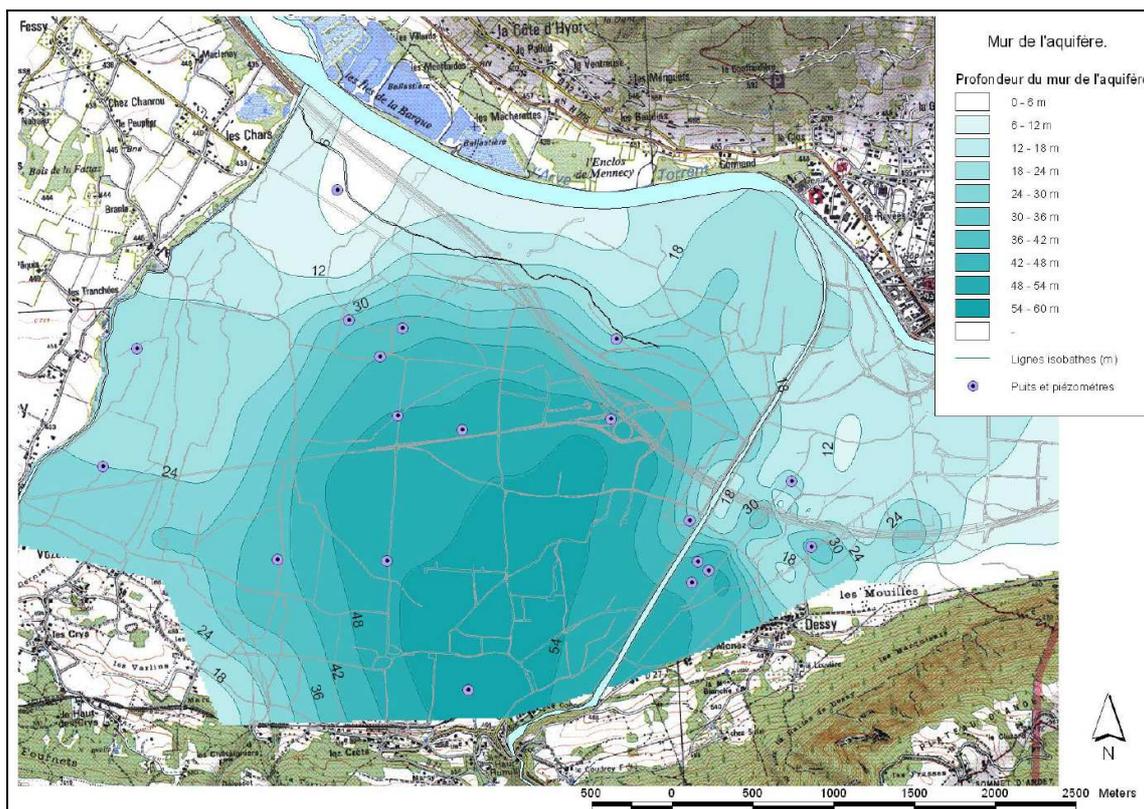


Figure 38 : Carte isopaque du mur de l'aquifère (RDA, 2006)

Des mesures géophysiques superficielles (électromagnétisme EM31) montrent que localement la couverture argileuse est restreinte et hétérogène. L'aquifère est relativement bien protégé à l'ouest par une couche franche d'argiles grises d'une épaisseur allant jusqu'à 7 m, provoquant d'ailleurs une mise en charge de l'aquifère en bordure du Foron. A l'est de Prémouchet et Foulaz, l'aquifère est également plutôt protégé. En revanche, les formations superficielles du cône de déjection du Borne proprement dit sont beaucoup plus sableuses et graveleuses. Les zones les plus potentiellement aquifères sont donc également les zones les plus vulnérables aux infiltrations de surface.

La transmissivité de la/les nappes est, dans les secteurs favorables, de l'ordre de $55 \pm 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Pour le calage de son modèle hydrodynamique, la RDA a retenu une plage de valeurs comprises entre 5 et $120 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Avec une vision plus globale, on a reporté, avec le code de couleur habituel, sur la carte en page suivante, les mesures traduisant l'existence de graviers superficiels liés soit à l'Arve soit au versant (ici essentiellement le Borne). Le site de Bajolet capte la nappe superficielle avec un débit compris entre $0,35 \text{ Mm}^3/\text{an}$ au début des années 2000 et $0,15$ à $0,23 \text{ Mm}^3/\text{an}$ actuellement.

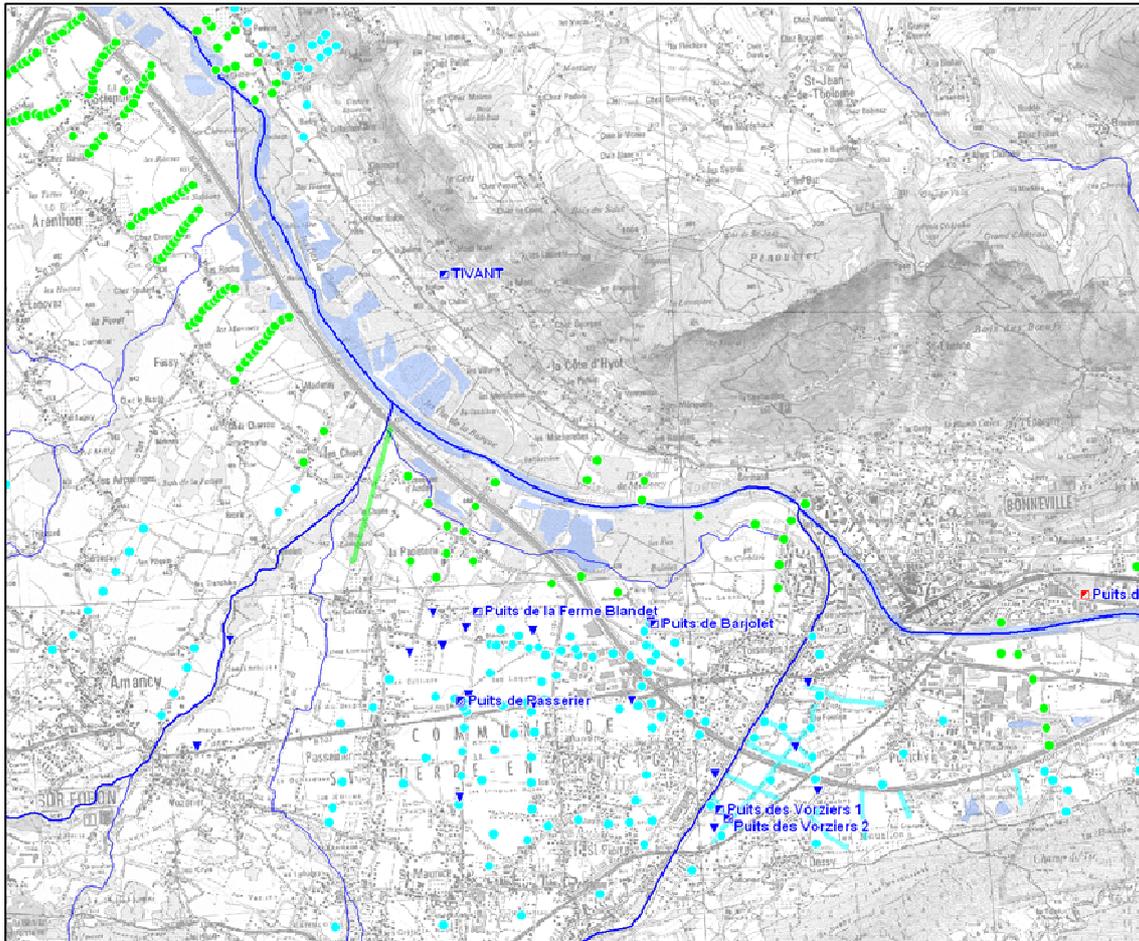


Figure 39 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Borne (alluvions de surface)

Les limites de la zone graveleuse attribuée à la nappe profonde sont illustrées sur la carte qui suit. A l'ouest du cône du Borne où ces graviers profonds liés au cône de déjection ont été identifiés par forage et par géophysique, on a prolongé la structure vers le nord-ouest en se fondant sur les mesures électriques (toujours confirmées jusqu'à présent) de BEGG 1966. On a cependant retenu une trame légèrement différente de celle de la structure profonde "Arve moyenne aval" entre Scientrier et Arthaz en tenant compte du fait qu'on ne dispose pas de forages pour valider cette hypothèse. L'axe principal de circulation, validé dans le secteur du Borne et hypothétique entre Amancy et Scientrier, a été matérialisé sur cette carte. En complément aux limites de la structure, définies à partir des sondages et panneaux électriques, on a reporté la couverture imperméable lorsqu'elle existe au toit des graviers profonds, en fait dans ce secteur sur toute la structure.

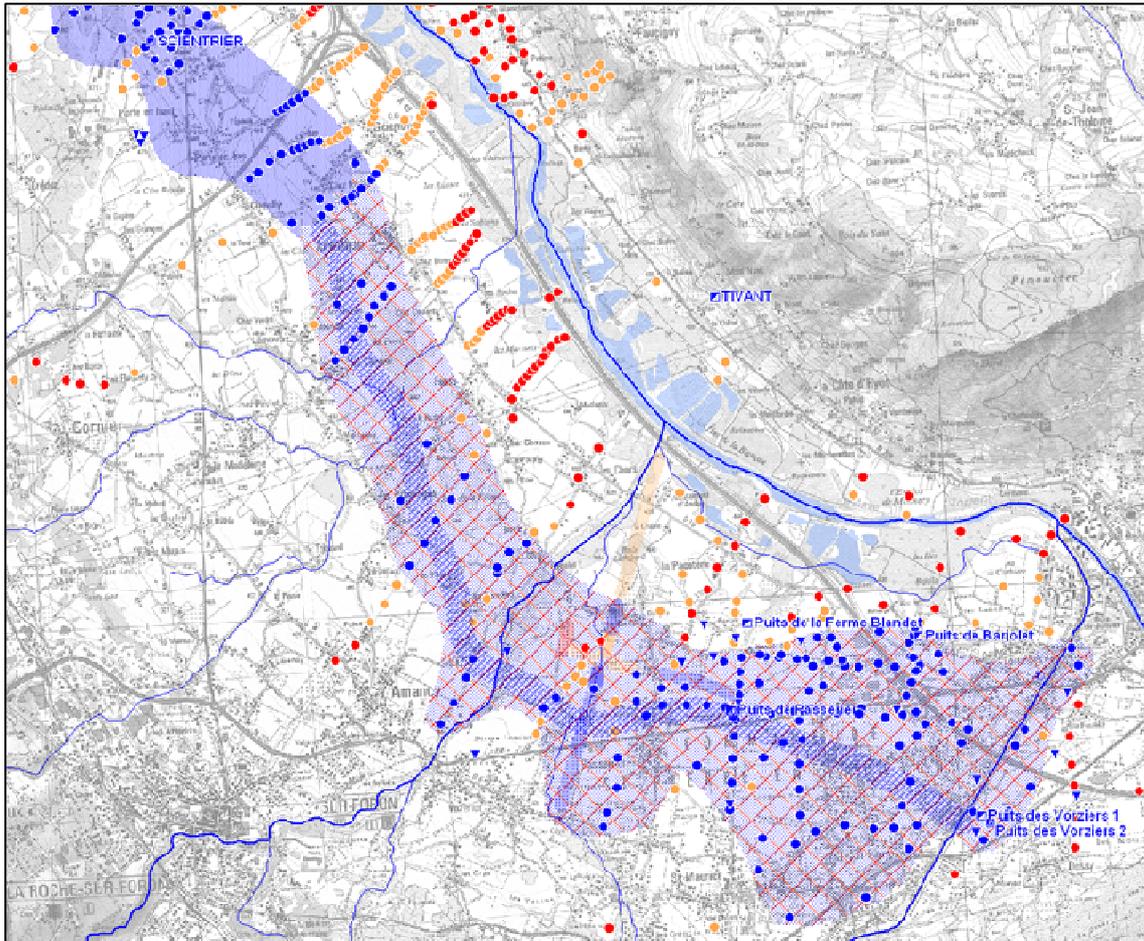


Figure 40 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur le cône du Borne (alluvions profondes)

Trois zones de captage exploitent ces graviers profonds sur le cône du Borne : le site de Passerieux avec un débit compris entre 1,3 et 2,2 Mm³/an (1,6 ± 0,1 Mm³/an de 2009 à 2011) et la Ferme Blandet en limite nord de la zone favorable avec un débit relativement modeste de 0,2 Mm³/an et le nouveau site de Vorziers pour la commune de Bonneville avec deux ouvrages avec un débit de 0.845 Mm³/an en 2011.

Recharge de l'aquifère

La recharge de l'aquifère superficiel est liée aux précipitations avec, lorsqu'une liaison avec l'Arve est possible, une participation de la rivière dans le cas d'un pompage sollicitant le front d'alimentation.

La RDA a réalisé un modèle numérique (sans différenciation entre l'aquifère supérieur et l'aquifère profond) sur le cône du Borne. Les calages effectués en basses et hautes eaux permettent de fixer des ordres de grandeur sur le flux qui circule. Le tableau ci-après reprend ces résultats :

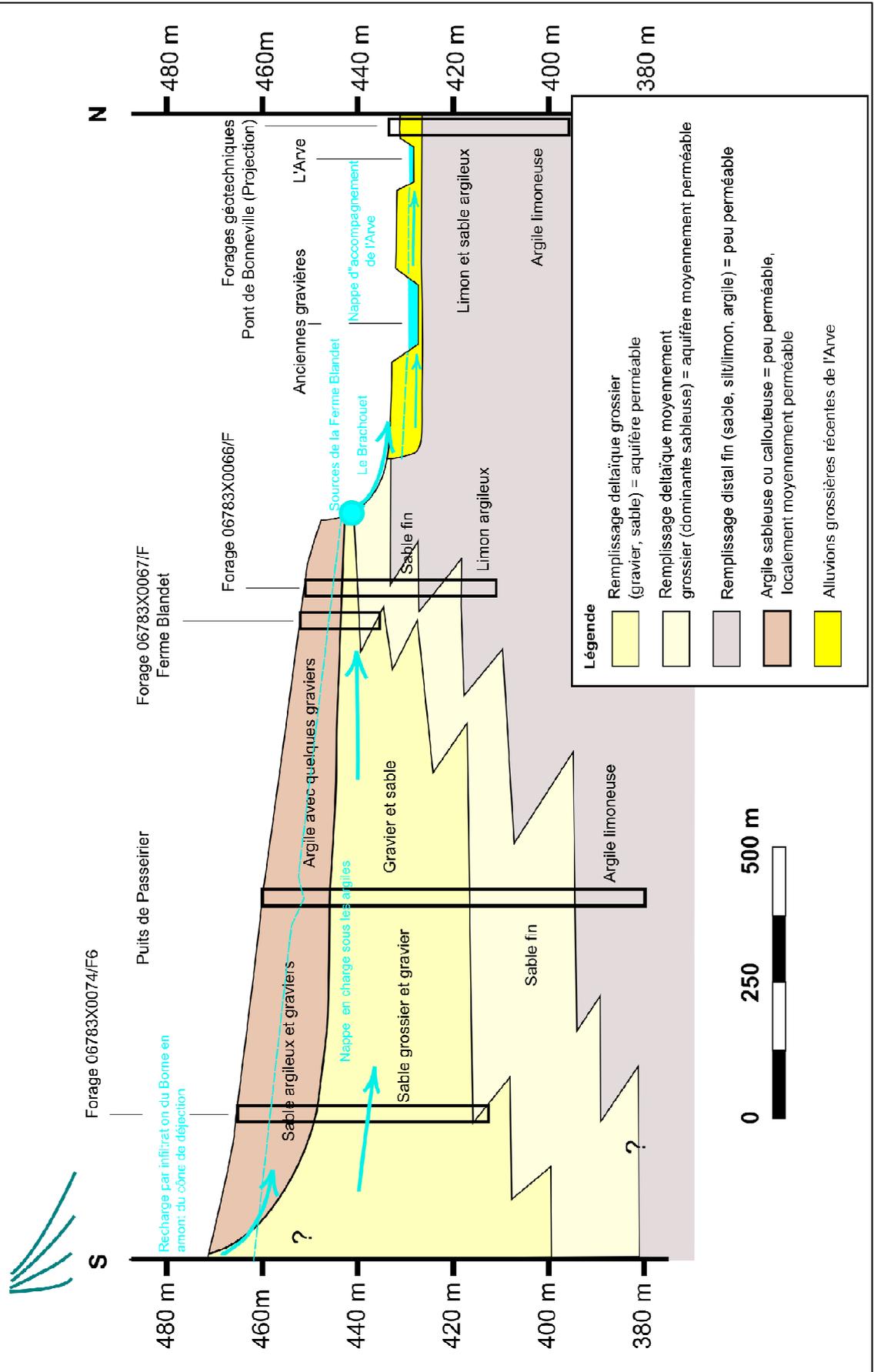
	Situation d'été		Situation hautes eaux		Ecart
	Litres/sec	Mm ³ /an	Litres/sec	Mm ³ /an	Mm ³ /an
Précipitation	37	1,166	45	1,419	0,2523
Apport souterrain Borne	490	15,45	575	18,13	2,681
Autres apports souterrains	185	5,834	230	7,253	1,419
Apport par le Foron	20	0,6307	35	1,104	0,4730
Prélèvements	- 80	- 2,523	- 60	- 1,892	- 0,6307
Sorties aux limites aval	- 675	- 21,40	- 770	- 24,28	- 2,996
Ecart sur le bilan	- 23	- 0,253	55	1,734	1,010

Tableau 3 : Bilan de flux sur le cône du Borne (modèle RDA, 2006)

On voit que les prélèvements dans le système représentent entre 8 et 12% des flux qui circulent soit un chiffre de l'ordre de grandeur de l'incertitude sur ces flux. On peut donc supposer à partir de ce bilan (réalisé sur un domaine restreint de la nappe) que l'impact de ces prélèvements par pompage sur l'évolution à long terme de la nappe sera négligeable. C'est d'ailleurs ce qu'on observe sur l'évolution de la piézométrie (cf. chapitre 6.3) avec une courbe enveloppe des minimas stable entre 444 et 444,5 NGF sur le piézomètre autoroute entre 2004 et 2011 alors que le niveau de la nappe était proche de 445 en 1969 au forage de Saint-Pierre et comprise entre 444 et 445 au forage de Passeirier en 1996.

Les sorties de la nappe sont constituées en bordure du cône entaillé par le lit de l'Arve, par les nombreuses sources en pied de talus (Sources du Bajolet, de la Ferme Blandet) drainées par le cours du Brachouet (143 l/s à l'été le 22/07/2003).

Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage du cône du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny



Coupe 4 : Coupe hydrogéologique interprétative du remplissage du cône du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Le potentiel de la nappe profonde sur le secteur du Borne est important et peut encore être développé comme le confirme la mise en exploitation des puits de Vorziers qui n'ont pas affecté l'équilibre général de l'aquifère. Les apports aux limites calculés avec le modèle numérique, même s'ils peuvent paraître élevés, laissent encore une marge significative. Une augmentation des prélèvements, encore possible compte tenu des hauteurs d'eau disponibles et des rabattements observés, ne se ferait qu'au détriment des sorties de la nappe vers l'aval (l'Arve et ses alluvions superficielles) ou les graviers profonds vers l'ouest sans impacts significatifs.

3.2.9. Vallée de l'Arve entre Vougy et Bonneville

Description géomorphologique sommaire

La vallée de l'Arve est resserrée entre Bonneville et Vougy et délimitée :

- A l'ouest par le cône de déjection du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny ;
- A l'est par le cône de déjection du Giffre à Marignier ;
- Au sud par le massif des Bornes (Pointe d'Andey, Mont Saxonnex) ;
- Au nord par le massif du Môle.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Seules les alluvions récentes de l'Arve sont aquifères. Elles sont épaisses de quelques mètres (en moyenne 5 m, localement un peu plus) et reposent directement sur les formations silteuses et argileuses de remplissage de la vallée. Les alluvions de l'Arve sont le plus souvent dépourvues d'une couverture argileuse,

Le secteur immédiatement amont de Bonneville a fait l'objet d'une prospection géophysique (BEGG 1966). Les 3 profils de sondages électriques recoupent transversalement la vallée et montrent une couche de terrains de fortes résistivités (alluvions récentes de l'Arve) peu épaisse recouvrant au moins 40 m de formations argileuses très faiblement résistantes. Quelques forages de reconnaissance confirment ce schéma. Le forage 06784X0007/S au sud-ouest de Bonneville dans la zone d'activité des Bordets (rive gauche de l'Arve) a traversé 10,7 m d'alluvions grossières de l'Arve entrecoupées de passées argileuses, puis 40 m d'argiles feuilletées à petits horizons sableux. Les forages de reconnaissance du Conseil Général pour la réalisation du nouveau pont de Bonneville ont traversé les limons sableux et les argiles lacustres sur 40 m de profondeur sous les alluvions récentes de l'Arve. Un puits AEP exploitait les alluvions vers 6 m de profondeur sur Bonneville en limite de la commune d'Ayze. Il n'existe pas de coupe géologique (puits d'Ayze, rapport Baptendier d'avril 1999). Ce forage très vulnérable aux pollutions, a été récemment abandonné au profit du nouveau forage des Vorziers sur le cône du Borne en rive droite. Le secteur du cône de la rivière Bronze au lieu-dit « le Thuet » doit présenter une surépaisseur de graviers. Il n'existe pas de forage référencé dans ce secteur permettant de confirmer cette hypothèse.

Note : le Bronze coulait par le passé dans les gorges de Cé (voir description dans l'Encyclopédie du Mont Saxonnex) qui débouche plus à l'est au niveau du Fond de Vougy. Les cônes de déjection du Bronze au Thuet et au Fond de Vougy n'ont pas fait l'objet de prospection hydrogéologique.

Recharge de l'aquifère

Les alluvions récentes de l'Arve sont alimentées par le ruissellement de bordure et les précipitations directes. L'Arve a probablement incisé et est en position drainante. Il n'existe pas de carte piézométrique.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Les alluvions récentes de l'Arve du fait de leur faible épaisseur et leur mauvaise protection vis-à-vis des pollutions, ne présentent pas d'intérêt majeur.

3.2.10. Vallée de l'Arve entre Bonneville et Contamine-sur-Arve

Description géomorphologique sommaire

L'Arve entre Bonneville et Contamine coule au pied du relief formé par le Môle et son prolongement vers le nord-ouest (la Côte d'Hyot, Faucigny). L'Arve est encaissée de quelques mètres par rapport aux formations morainiques de Scientrier, Arenthon et Amancy en rive gauche. La plaine alluviale actuelle s'étend sur environ 400 à 600 m de large entre la RD19 à l'ouest et la RD1205 à l'est.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Ne subsistent ici que les alluvions récentes de l'Arve, épaisses de quelques mètres, reposant directement sur des formations argileuses (argile lacustre post-glaciaire). De nature sablo-graveleuses, elles contiennent la nappe d'accompagnement de l'Arve. Les nombreux plans d'eaux situés dans le lit majeur de l'Arve sont issus de l'extraction de matériaux essentiellement destinés à la construction de l'autoroute blanche au début des années 1980. Certaines zones d'extraction ont été comblées de déchets (le plus souvent inertes). Ce secteur a fait l'objet de prospections par géophysique (sondages électriques) en particulier sur la rive gauche entre Scientrier et Amancy (recherche du Sillon profond de Scientrier : CPGF 1990) et en rive droite de l'Arve (CPGF 1933) à Contamine-sur-Arve. Ces campagnes montrent :

- L'absence de sillon aquifère profond en rive droite de l'Arve (Sillon de Scientrier reconnu seulement en rive gauche) ;

- De formations peu résistantes (très argileuses) sont présentes en profondeur ;
- Les alluvions récentes de l'Arve, résistantes, ne sont pas reconnues systématiquement (ou sont très peu épaisses).

On notera seulement sur la plupart des profils du secteur de Contamine-sur-Arve un niveau moyennement résistant (150 à 200 ohm.m) moyennement profond (10 à 30 m), mais non reconnu par forage. Les seuls forages profonds connus en rive droite de l'Arve sont ceux réalisés plus au sud par le CG74 dans le cadre des reconnaissances géologiques du nouveau pont de Bonneville. Ils montrent 6 m d'alluvions récentes sablo-graveleuses de l'Arve, puis des silts (limons) avec quelques graviers entre 6 et 22 m, puis des silts sans cailloux progressivement très argileux, jusqu'à 52 m de profondeur (base des forages). Les silts graveleux correspondent probablement aux niveaux moyennement résistants reconnus par géophysique. Ils sont faiblement aquifères.

Recharge de l'aquifère

Les alluvions récentes de l'Arve sont alimentées par le ruissellement de bordure et les précipitations directes (peu ou pas de protection argileuse en surface). L'Arve est probablement ici incisée et en position drainante. Il n'existe pas de carte piézométrique.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Les alluvions récentes de l'Arve du fait de leur faible épaisseur ne présentent pas d'intérêt majeur.

3.2.11. Vallée de l'Arve entre Contamine-sur-Arve et Etrembières

Description géomorphologique sommaire

En aval du Pont de Bellecombe, le cours de l'Arve s'encaisse dans les formations morainiques (au sens large) de l'Arve, délimitant ainsi en rive gauche le plateau de Reignier et en rive droite celui de Findrol, Nangy et Arthaz. Ce dernier est dessiné également au nord par l'entaille de la rivière Menoge, qui le sépare du plateau de Cranves-Sales.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

A l'exception des sillons glaciaires profonds d'Arthaz (zones de captages des Nants au sud et des Moulins au Nord) il n'existe pas d'aquifère exploité. Simplement, le plateau d'Arthaz montre des niveaux de graviers dans quelques forages.

Les alluvions récentes de l'Arve sont ici peu épaisses (quelques mètres) et s'y développe probablement une nappe d'accompagnement de l'Arve.

Recharge de l'aquifère

Il se fait principalement par échange avec l'Arve et par réalimentation sur les bordures (plateau d'Arthaz, plateau de Reignier).

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Les alluvions récentes de l'Arve du fait de leur faible épaisseur ne présentent pas d'intérêt majeur. Les formations des plateaux en bordure de l'Arve et de la Menoge peuvent être en relation avec les sillons glaciaires profonds.

3.2.12. Vallée de l'Arve entre le verrou d'Etrembières et Gaillard

Description géomorphologique sommaire

La vallée de l'Arve se resserre au niveau du verrou d'Etrembières entre le Petit-Salève au sud et la colline molassique de Vétraz-Monthoux au nord. Vers le sud-ouest, la vallée s'élargit sur environ 700 m sur les communes d'Annemasse, Gaillard et Etrembières, et se poursuit par des méandres de l'Arve vers l'aval sur le territoire suisse (hors zone d'étude). La plaine de Gaillard – Etrembières est dominée d'une vingtaine de mètres au nord par la terrasse supportant les centres-villes de Gaillard et Annemasse. La partie sud, les villes d'Etrembières et du Pas-de-l'Echelle sont collées aux flancs abrupts du massif de Salève et des vastes cônes d'éboulis en pied de versant.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

La plaine de Gaillard-Etrembières a fait l'objet d'une prospection par sondages électriques (CPGF, 1972), mais les données n'ont pas été retrouvées dans le cadre de cette étude. Des données de géophysique plus récentes sont exploitables dans le secteur de Brouaz.

Ce sont donc essentiellement les données de forages qui permettent d'évaluer la géométrie des aquifères.

A l'est, les forages de reconnaissance de l'autoroute blanche nous permettent de dresser une coupe en travers de la vallée. La terrasse de Gaillard présente une ossature de limons et sables fins, à très rares galets, reconnus jusqu'à plus de 20 m de profondeur (Gly, dépôt glacio-lacustre selon la carte géologique d'Annemasse). Seuls 4 m d'alluvions grossières recouvrent la terrasse. La géométrie de l'interface gravier de surface/limons montre un pendage vers la vallée du Foron genevois plus au Nord.

Dans la plaine de Gaillard 15 à 20 m en contrebas, on retrouve des alluvions grossières récentes de l'Arve, peu épaisses, au maximum sur 4 à 6 m. Ces alluvions recouvrent les mêmes limons sableux de la terrasse de Gaillard. Simplement, sur un des forages plus profonds (S5, et S5 bis à hauteur de l'usine Bayer), des sables et graviers ont été reconnus de manière quasi continue sur 30 m de profondeur, excepté une passée de limons sableux entre 4 et 6 m de profondeur. Immédiatement au nord, un panneau électrique montre la présence d'un niveau résistant ponctuel vers 30 m de profondeur (toit de la formation à 370 m).

Le reste du panneau confirme le schéma reconnu au droit de l'autoroute : niveau très peu résistant épais attribué à des limons et argiles, niveau résistant en surface correspondant aux alluvions grossières récentes de l'Arve. Ce sont des sables fins qui sont reconnus entre 5 et 25 m un peu plus à l'ouest à hauteur de l'échangeur autoroutier d'Etrembières (S7).

Dans le secteur d'Annemasse, les données sont rares. Seuls les forages récents pour la géothermie de la ZAC Etoile dans le quartier de la gare nous montrent 35 m de sables et graviers. Les quelques autres forages à Annemasse confirment la présence continue du gravier. La terrasse d'Annemasse serait une large structure deltaïque issue du cours ancien du chenal fluvioglaciaire du Foron.

Vers l'Ouest, la nappe du Genevois est connue et exploitée en limite avec la frontière suisse au niveau du puits AEP de Chenevières (Gaillard) et des deux puits AEP de Veyrier. La coupe géologique du puits de Chenevières (pas de coupes géologiques aux puits de Veyrier), et les coupes géologiques de 3 autres forages profonds, atteignant une profondeur comprise entre 35 et 40 m, permettent de dresser une lithologie homogène sur le secteur, avec du haut vers le bas :

- Les alluvions grossières récentes de l'Arve, peu épaisses ;
- Une argile bleue, parfois caillouteuse, de 4 à 8 m d'épaisseur ;
- Une couche de transition argilo-graveleuse de quelques mètres d'épaisseur tout au plus ;
- Des alluvions sablo-graveleuses saturées en eau et épaisses d'environ 20 m ;
- Une argile bleue, parfois avec galets, reconnue sur quelques mètres au maximum sur tous les forages.

Les alluvions sablo-graveleuses sont clairement identifiées comme étant l'aquifère de la nappe du Genevois, avec un toit entre 370 et 375 m (15 à 20 sous le TN) protégée des alluvions récentes de surface par la couche d'argile bleue. Le mur est constitué d'une seconde couche d'argile. Vers le sud-est, la terrasse fluvioglacière de Bossey (notée Glya – glacio-lacustre de Bossey-Pas de l'Echelle) qui surplombe d'environ 25 m la vallée, est traversée par le forage BSS 0645X0001 uniquement dans des matériaux sablo-graveleux secs. L'absence de forage et de géophysique ne permet pas dans ce secteur d'appréhender la continuité géométrique entre l'aquifère de la nappe du Genevois et le pied du versant du Salève.

Notons que la nappe du Genevois, bien que protégée sous une couche d'argile, n'est pas captive, son niveau statique se situe proche ou en dessous du toit de l'aquifère (vers 370 m, soit 20 m/TN au puits de Chenevières).

Le puits du Pas de l'Echelle est en réalité un puits peu profond (4,6 m) qui capte les eaux du pied de la terrasse de Bossey-Pas de l'Echelle vers 395 m d'altitude au lieu-dit Pralet. Selon la connaissance du site (voir Rapport de Jean-Paul Rampoux du 02/02/1983), ce ne sont pas les eaux de la nappe des alluvions superficielles de l'Arve qui sont captées ici, mais bien des venues d'eaux du versant issues de la terrasse graveleuse et/ou des éboulis au pied du Salève.

Recharge de l'aquifère

Les alluvions grossières récentes, peu épaisses, dépourvues de protection argileuse sont au contact direct des précipitations et du ruissellement diffus des terrasses. Le lit de l'Arve est probablement incisé dans ses alluvions, donc préférentiellement en position drainante, n'excluant pas une recharge des alluvions de surface en condition de hautes eaux.

Suite à la baisse généralisée de son niveau piézométrique dans les années 1970, la nappe du Genevois est aujourd'hui réalimentée artificiellement depuis la station de réalimentation de Vessy (Suisse) mise en service en 1980. L'eau est pompée dans l'Arve et réinjectée, après traitement, directement dans l'aquifère.

La recharge naturelle de la nappe du Genevois dans la plaine de Gaillard ou plus au nord n'est pas connue en l'absence :

- De certitudes sur le prolongement de la nappe du Genevois plus au nord (quelques indices, pas de données suffisantes) ou sa continuité avec les sillons profonds de la basse vallée de l'Arve ;
- De données de forages en bordure du Salève.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Les alluvions récentes de surface ont un potentiel restreint du fait de leur faible épaisseur. Cependant, elles sont perméables et probablement bien alimentées, en lien direct avec l'Arve. Elles satisfont des usages domestiques ou l'arrosage pour l'irrigation (maraîchage).

L'aquifère de la nappe du Genevois présente un potentiel connu et bien identifié. Se pose le problème de l'existence de niveaux de graviers profonds dans la plaine de Gaillard-Etrembières et de leur continuité amont (delta d'Annemasse, sillon de la basse vallée de l'Arve) et aval (nappe du Genevois exploitée au puits de Chenevières).

3.2.13. Sillon profond Arve – Scientrier

Description géomorphologique sommaire

La vallée de l'Arve s'étend sur une largeur de près de 2 km entre les collines du Faucigny au nord et un glacis en pente douce qui vient s'appuyer au sud sur la molasse le long d'une ligne La Roche sur Foron - Reignier. Le lit mineur de l'Arve est largement occupé par des gravières surtout en rive gauche entre la rivière et l'autoroute, mais les mesures géophysiques montrent que ces alluvions superficielles et peu épaisses se poursuivent jusqu'à une cote proche de 445 ± 5 m NGF en direction du versant.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

La carte ci-après donne l'implantation des mesures disponibles dans ce secteur. Sur la carte suivante ont été matérialisés les sondages électriques qui montrent la présence de graviers superficiels liés au lit de l'Arve. En rive droite, la région de Contamine-sur-Arve a fait l'objet d'une étude détaillée (CPGF n°4180B de 1993) qui montre que les alluvions sont peu épaisses et donc d'un potentiel limité (voir chapitre 3.2.13).

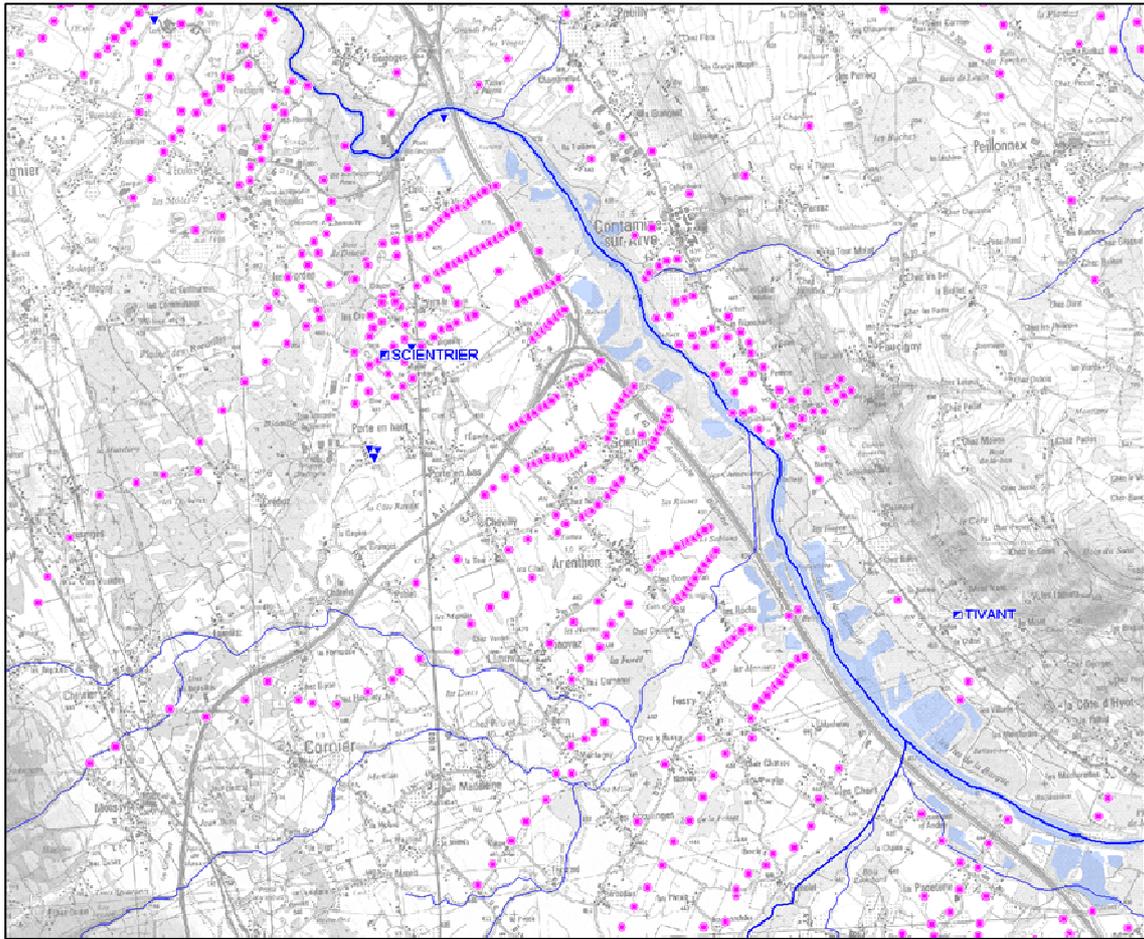


Figure 41 : Détail des investigations géophysiques sur la moyenne vallée de l'Arve en aval de Bonneville

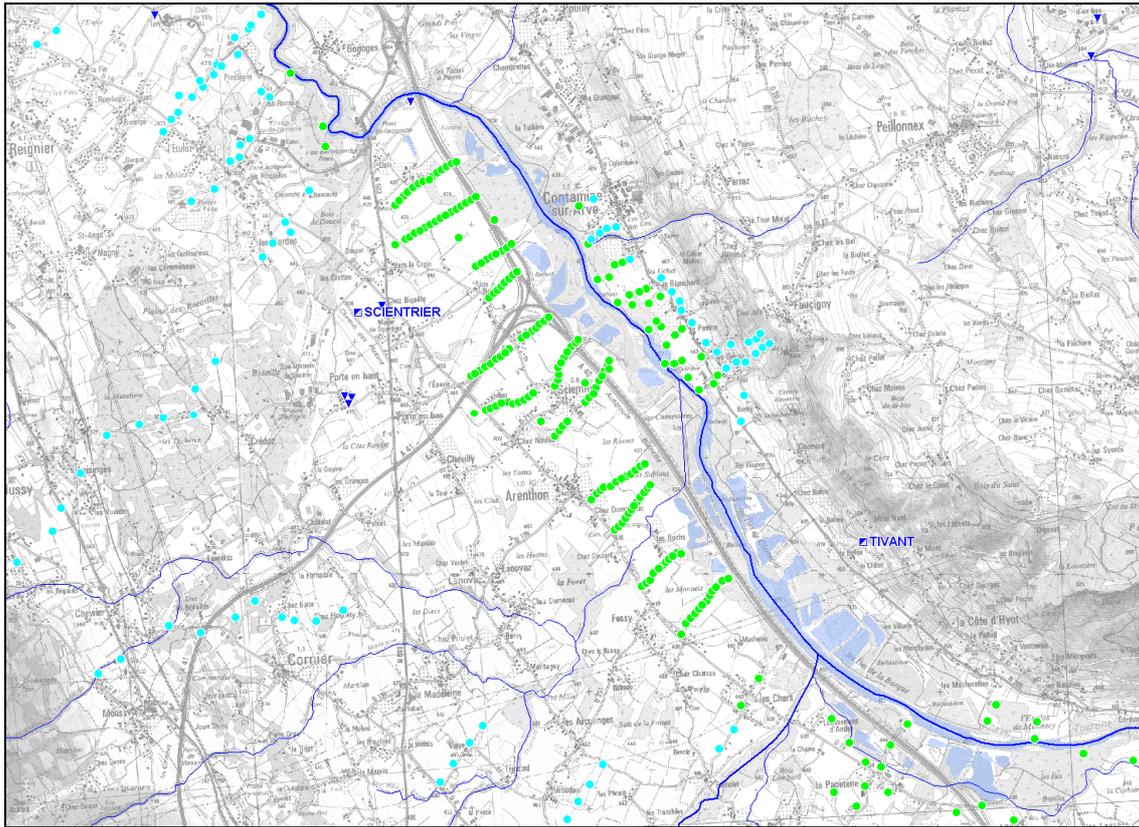


Figure 42 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la moyenne vallée de l'Arve en aval de Bonneville (alluvions de surface)

Ces alluvions superficielles ne sont pas exploitées pour l'AEP. Par contre les alluvions profondes dont les contours sont illustrés sur la carte en page suivante sont exploitées par le Syndicat des Rocailles sur le site de Scientrier.

La nappe contenue dans ces alluvions profondes (qui ont été attribuées à l'interstade Riss/Würm par Rampnoux en 1984) se prolonge au sud, mais la continuité vers le cône du Borne n'est pas démontrée. Dans tous les cas de figure, la mise en place de graviers aquifères est antérieure aux derniers stades d'avancée du glacier dans la vallée de l'Arve (stades des Rocailles), glacier qui a déposé une moraine au-dessus de alluvions.

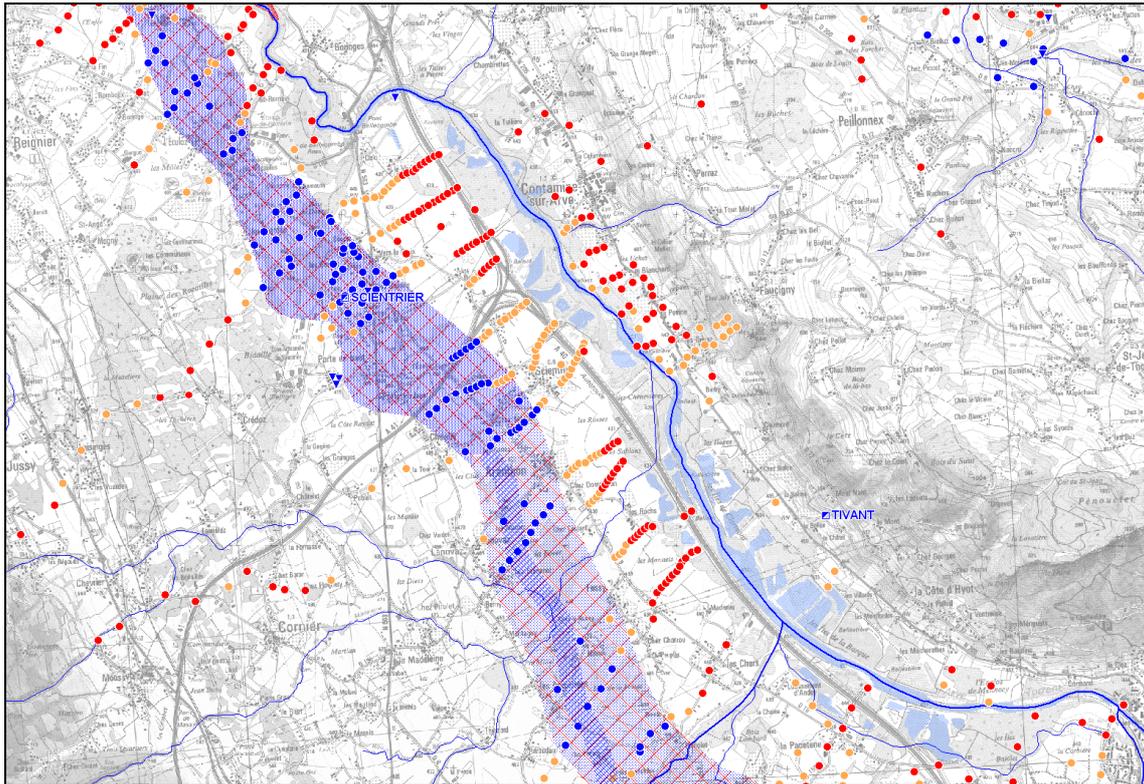


Figure 43 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la moyenne vallée de l'Arve en aval de Bonneville (alluvions profondes)

La zone de Scientrier comporte 3 forages d'une profondeur de 57 à 70 m captant les graviers profonds entre 35 et 67 m de profondeur avec un niveau statique initial proche de -19 m en 1984 (environ 446 m NGF). La figure ci-après illustre de façon schématique la coupe hydrogéologique de ces trois ouvrages.

On peut voir que les forages n°2 et n°3 montrent la présence de graviers superficiels probablement liés à des épandages fluvio-glaciaires récents alors que les graviers profonds sont surmontés d'une épaisse couche de moraine argileuse avec un faciès d'argile à blocs très différent de celui des formations finement limoneuses caractéristiques des remplissages glacio-lacustres.

Les essais de débit réalisés lors de la réception des ouvrages avec des débits compris entre 290 et 450 m³/h ont donné des perméabilités de 0,6 à 0,9.10⁻³ m/s (transmissivité de 20 à 30.10⁻³ m²/s).

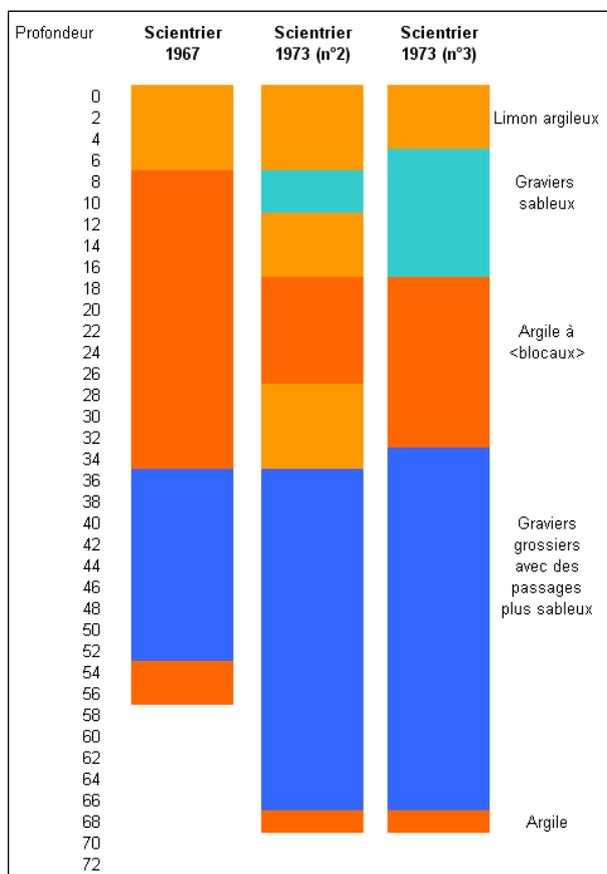


Figure 44 : Coupes géologiques schématiques des ouvrages de prélèvement dans le sillon de Scientrier

Recharge de l'aquifère

Compte tenu de la structure géologique, l'alimentation directe par l'impluvium n'est pas possible et seule une alimentation par l'amont ou par la bordure ouest est envisageable, à la faveur d'une ou de discontinuités de la moraine ou son incision par les cours d'eaux. Cette recharge n'a jamais été étudiée. Des hypothèses sont proposées dans le chapitre 3.2.16.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

L'exploitation actuelle de la zone de Bidailles à Scientrier est de l'ordre de 1,9 Mm³/an. Elle était proche de 3 Mm³/an au début des années 2000 avec comme conséquence une baisse dramatique du niveau de la nappe dont le niveau statique se situe actuellement 15 m sous celui de 1984 (cf. chapitre sur l'évolution piézométrique). Compte tenu des conditions climatiques de ces deux dernières années, la diminution des prélèvements (cf. chapitre sur les prélèvements AEP) ne s'est pas traduite par une remontée de la nappe et il est possible que les prélèvements soient encore trop importants. Seules une étude globale et une évaluation fiable du gradient amont de la nappe et des transmissivités moyennes dans l'aquifère permettront de fixer cette limite d'exploitation.

3.2.14. Sillons profonds Arve aval

Depuis l'étude BEGG de 1966 qui a mis en évidence l'existence du sillon profond de l'Arve, plusieurs études géophysiques et hydrogéologiques ont été réalisées, depuis Claude Armand (thèse de 1978) à Nicolas Coppo (diplôme de Master en 2003 avec le SIVMAA). De 1970 à 1975, CPGF a réalisé de nombreux sondages électriques complémentaires (9 études, c.f. bibliographie) dont l'interprétation a été intégrée dans une synthèse en 1990 (CPGF n°3588). Une campagne de sismique réflexion (CGG 1994) et de forages (HYDROFORAGE 1995) complète ces reconnaissances.

Description géomorphologique sommaire

La basse vallée de l'Arve est limitée à l'ouest par le verrou du Salève en rive gauche et en rive droite par la retombée du massif des Voirons qui constitue également la bordure nord de la vallée de la Menoge, principal affluent de l'Arve dans la partie terminale de son cours.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Sur le substratum ante-quadernaire ici constitué par la molasse tertiaire (imperméable), on trouve un ensemble de terrains glaciaires et fluvioglaciaires dont la structure est complexe en raison des stades successifs d'érosion et d'alluvionnement liés aux phases d'avancement et de retrait des glaciers de l'Arve et, dans la basse vallée, du Rhône dans les 30 000 dernières années.

La coupe schématique issue de la thèse d'Armand (c.f. chapitre 2.4) illustre cette complexité. On peut néanmoins retenir l'organisation suivante tout en sachant que ce schéma est cohérent à l'échelle de la centaine de mètres, mais peu présenter des variations significatives à une échelle plus petite.

Du haut en bas (on parle de position stratigraphique et non de topographie) on trouve :

- les alluvions récentes, actuelles ou subactuelles limitées essentiellement au lit mineur avec localement des méandres emboîtés. Localement et quelquefois en continuité, on trouve des épanchements fluvi-glaciaires remaniant les moraines latérales du glacier de l'Arve. On peut sans doute inclure dans cet ensemble la formation dite "des Rocailles" qui se développe de Cornier à Boringe et qui a été interprétée comme un éboulement de calcaires Urgonien des Bornes remobilisé par le glacier de l'Arve sous la forme d'une récurrence morainique

- Un ensemble de formations glaciaires et/ou fluvio-glaciaires anciennes comprenant de haut en bas :
 - o Des alluvions fluvio-glaciaires d'épanchement plus ou moins rattachées aux cônes fluvio-glaciaires latéraux (terrasses d'Arthaz par exemple) ;
 - o Des alluvions glacio-lacustres plus ou moins sableuses ou argileuses liées à des conditions de sédimentation particulières (lac de barrage par exemple) ;
 - o Un ensemble de moraines argileuses franches ;
 - o Une moraine dite de fond au contact du substratum.

A ce schéma général, il faut ajouter un élément fondamental : le sillon de surcreusement de l'Arve (et celui de la Menoge). Ces structures ont une extension latérale limitée (quelques centaines de mètres), entaillent souvent le substratum et ne sont que localement en contact avec les niveaux fluvio-glaciaires superficiels ou profonds.

On dispose de nombreux forages qui traduisent bien cette organisation et sa complexité. La carte ci-dessous montre l'implantation des mesures géophysiques et des forages disponibles.

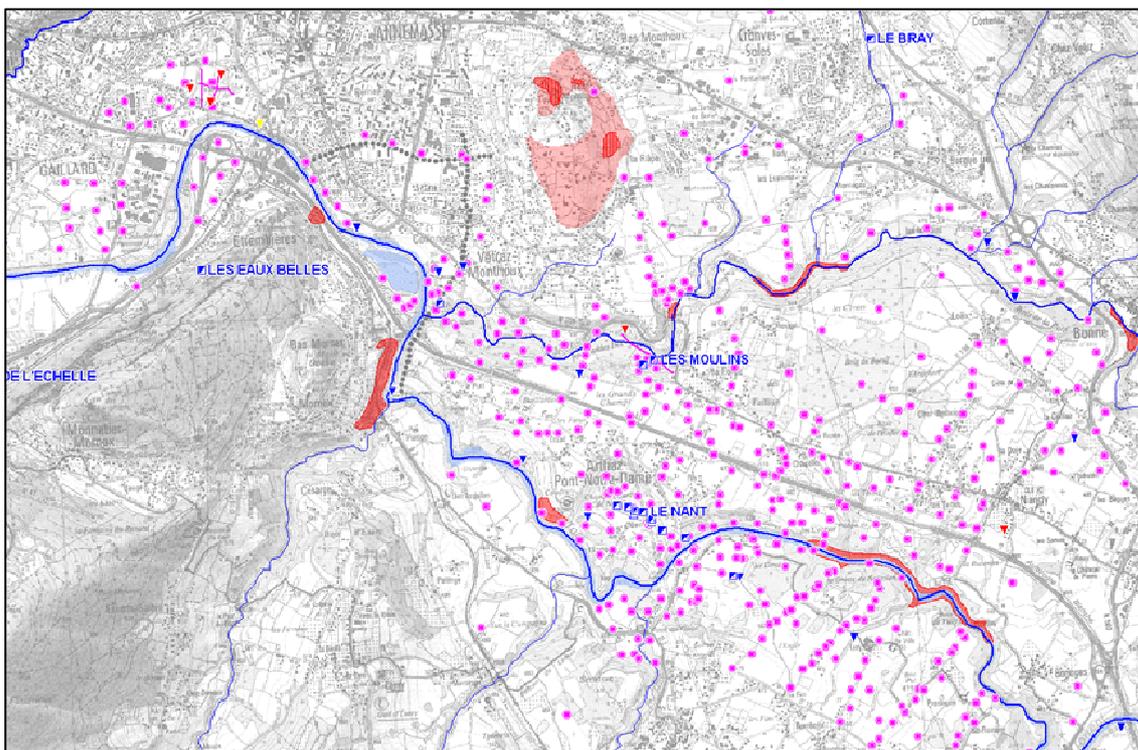


Figure 45 : Détail des investigations géophysiques sur la basse vallée de l'Arve

La carte ci-après, montre la répartition des alluvions superficielles et en particulier celles de l'Arve, et la carte suivante la répartition des alluvions profondes dans le même secteur.

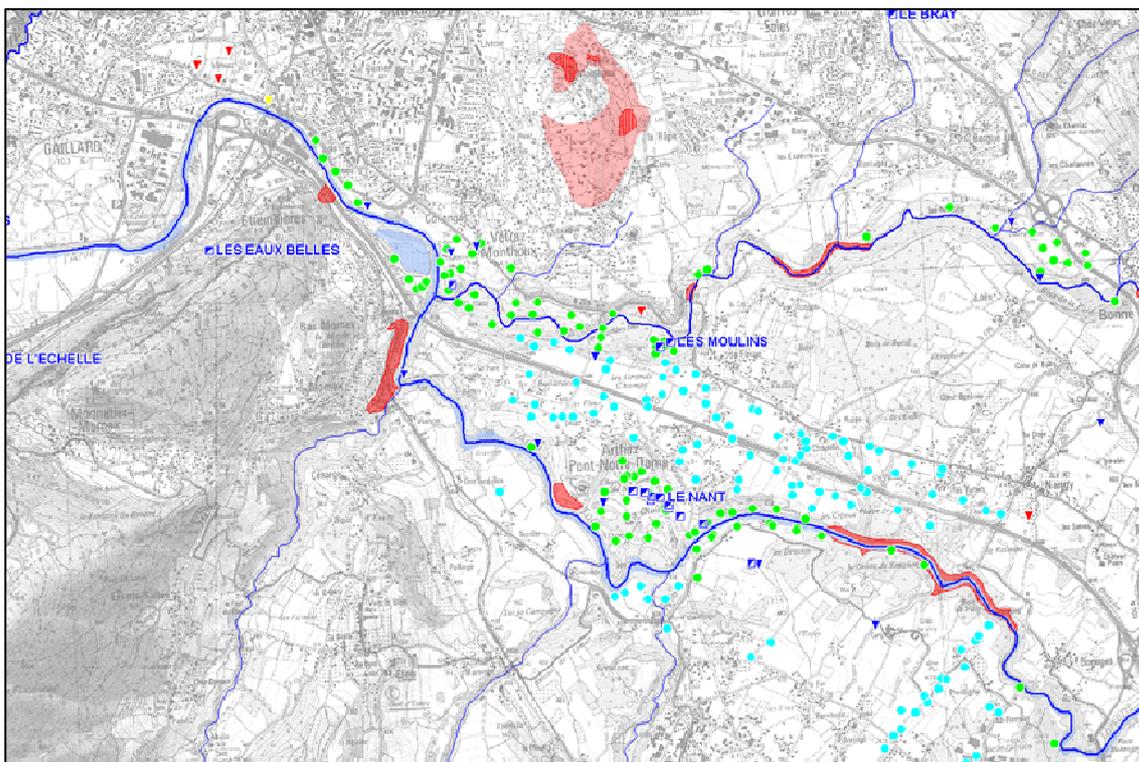


Figure 46 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la basse vallée de l'Arve (alluvions de surface)

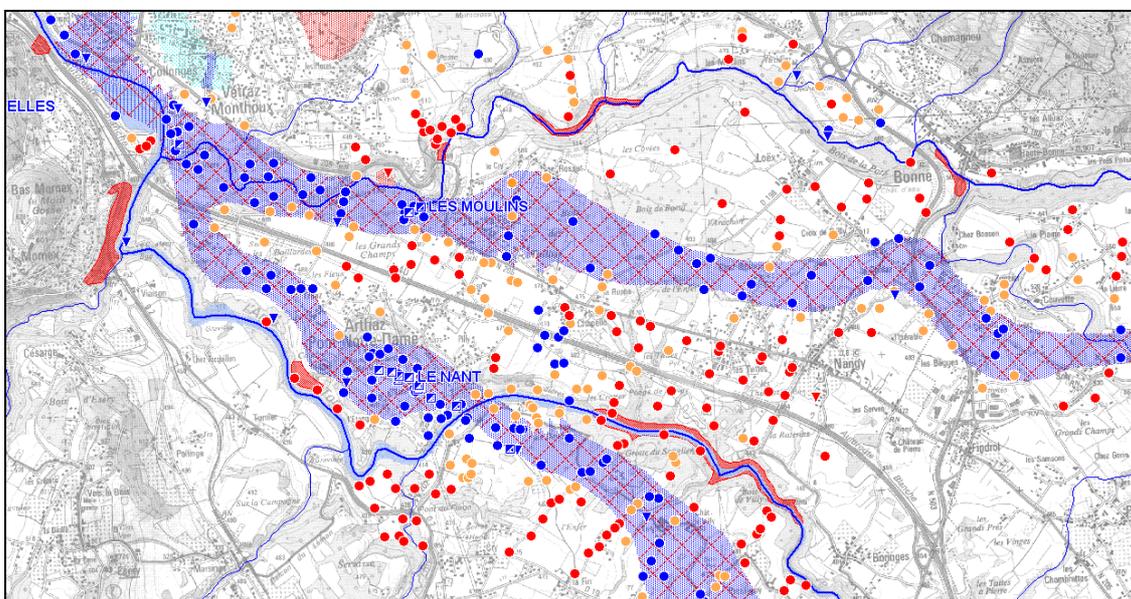


Figure 47 : Carte d'interprétation des campagnes de géophysique réalisées sur la basse vallée de l'Arve (alluvions profondes)

Le problème de la terminaison aval de ce sillon et de sa relation avec la nappe du Genevois reste posé. On dispose de données sismiques haute résolution qui montrent l'existence d'une zone surcreusée dans le secteur du Perrier à Annemasse. La figure ci-après montre, à titre d'exemple, un extrait du profil 94AN02 avec l'interprétation donnée par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG mission 1002535 de 1994).

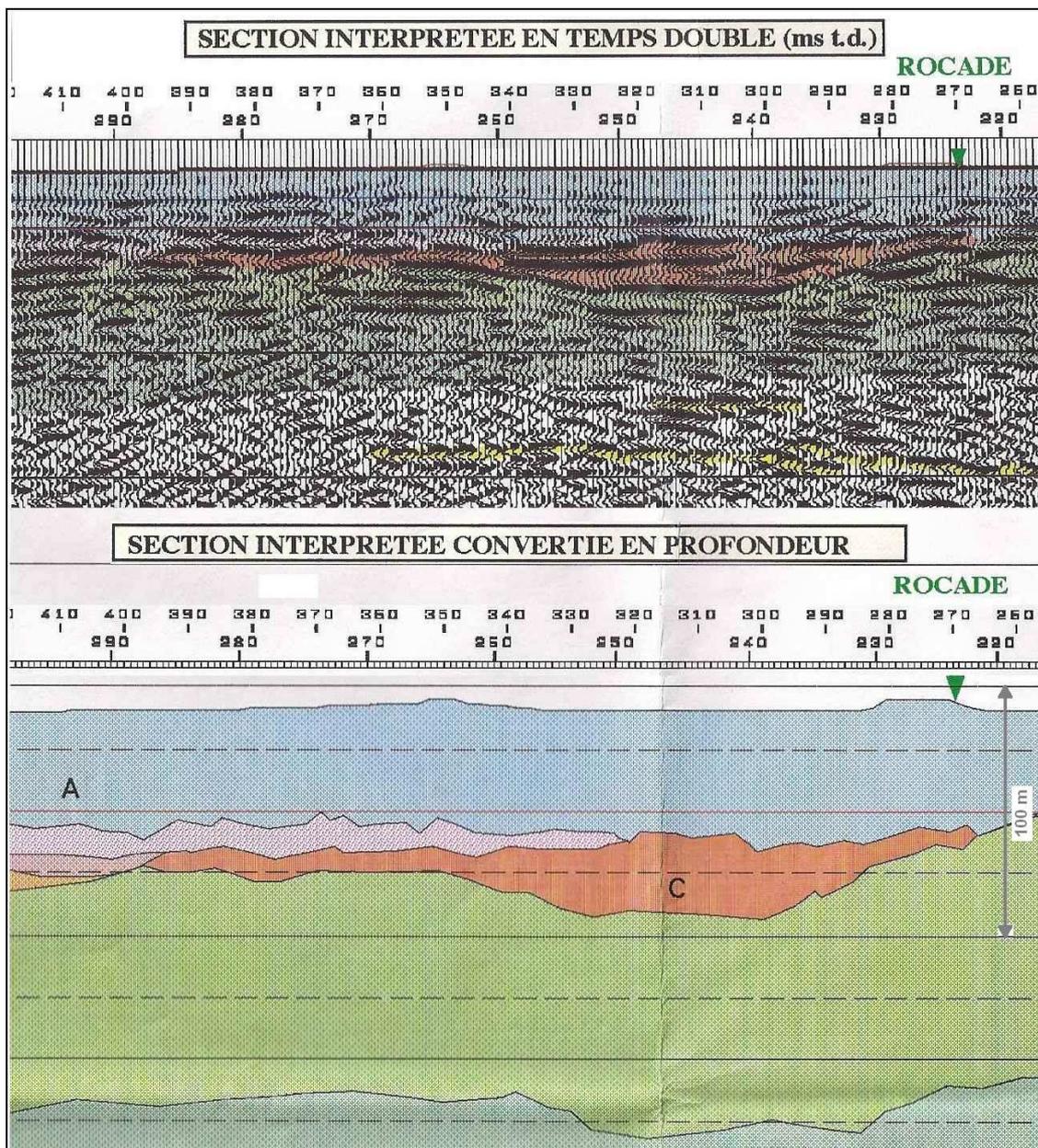


Figure 48 : Profil sismique perpendiculaire à l'Arve à Annemasse (CGG, 1994)

Le terrain identifié comme "C" correspondrait à une zone surcreusée dans la molasse (en vert) sous des formations glaciaires et fluvio-glaciaires plus récentes (en bleu et rose).

Le prolongement (hypothétique) du sillon de l'Arve vers le nord passerait alors à l'est de la vallée de l'Arve. On ne dispose de la géométrie précise de la nappe profonde qu'au droit des forages disponibles. La figure qui suit illustre les coupes simplifiées de plusieurs forages et puits sur la zone de captage du Nant à Arthaz.

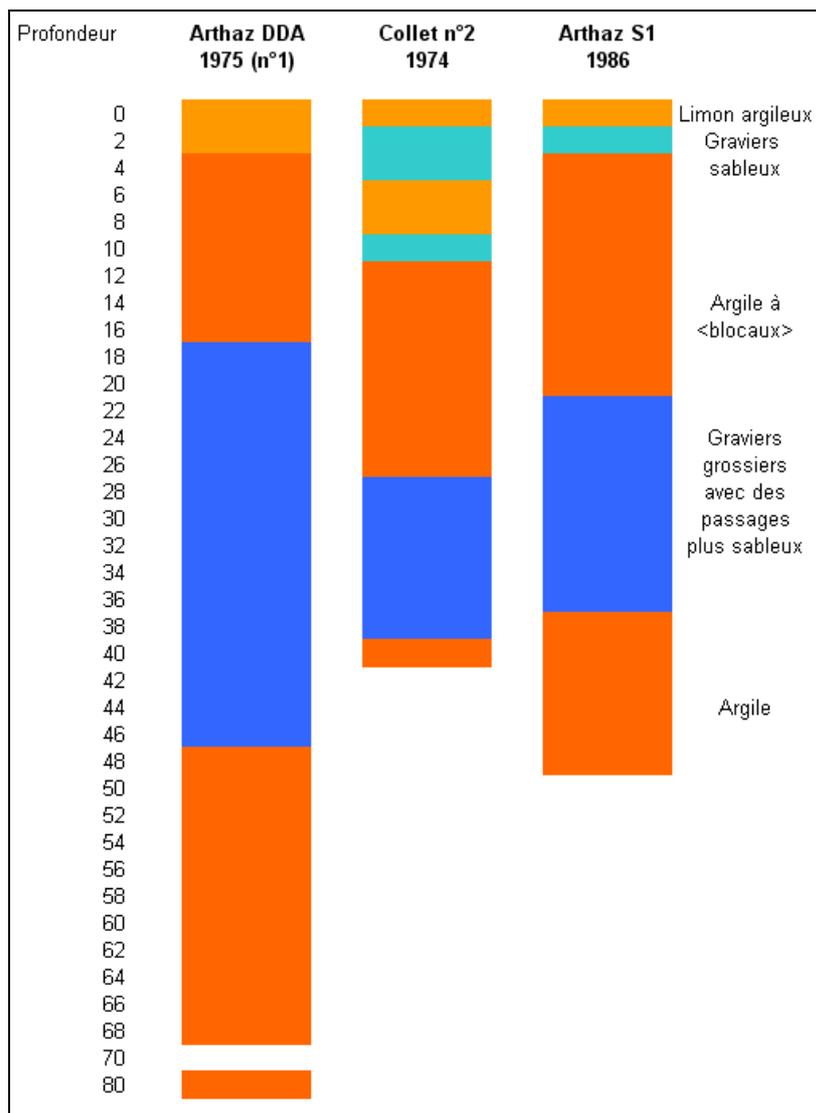


Figure 49 : Coupes géologiques schématisées des ouvrages de prélèvement dans le sillon de l'Arve à Arthaz-les Nants

Plusieurs essais de pompages ont été réalisés sur ces ouvrages. Le tableau ci-après résume les résultats de ces essais :

Ouvrages et année de réalisation	Epaisseur aquifère	Débit testé (m ³ /h)	Perméabilité (en 10 ⁻³ m/s)
Collet n°2 (1974)	12,5 m	200	1,7
Collet n°3 (1974)	> 18 m	420	2,1
Collet n°4 (1974)	> 31 m	405	1,0
Cinquin n°4 (1986)	10 m	280	0,40
Cinquin n°5 (1986)	18 m	420	0,75
DDAF n°1 (1975)	30 m	760	0,40

Tableau 4 : Résultats des essais de pompage sur les puits d'Arthaz-les Nants

Les transmissivités sont élevées avec des valeurs comprises en 10 et 30 10⁻² m²/s qui se traduisent par des débits de pompage et des prélèvements importants. Ils sont de l'ordre de 2,8 Mm³/an ces dernières années (2,785 Mm³ en 2010).

Depuis 2004, les niveaux moyens haut et bas varient entre 416 et 406 m NGF sur le puits d'Arthaz suivi par le département 74, ce qui correspond à des profondeurs de nappe comprises entre 10 et 20 m. En 1977, la profondeur du niveau de la nappe était comprise entre 10 et 12 m et en 1986 entre 13 et 15 m. En 1989, il a été relevé des profondeurs de niveaux pseudo-statiques et dynamiques en hautes eaux (mai 1989) à 13 et 15 m et en basses eaux (septembre 1989) à 15 et 20 m.

Il ne semble donc pas qu'il y ait d'évolution significative sur les 20 dernières années.

Recharge de l'aquifère

La problématique liée à la recharge de l'aquifère est similaire à celle de la structure profonde dans le secteur de Scientrier (chapitre 3.2.15). La recharge doit se faire par l'amont ou latéralement. Des hypothèses de recharges sont proposées dans le chapitre 3.2.16.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Le potentiel du sillon de l'Arve au droit des captages du Nant semble avoir atteint son maximum (ou est proche de son maximum). Seule une étude hydrogéologique globale de la nappe profonde pourra fixer ces limites.

3.2.15. Sillon profond Menoge

Description géomorphologique sommaire

La structure du sillon profond de la Menoge est similaire à celle du sillon de l'Arve dans un contexte géologique équivalent.

Etat des connaissances sur la géométrie des aquifères et leur fonctionnement

Les cartes proposées pour le sillon de l'Arve aux Nants illustrent également la structure du Sillon Arthaz-Menoge, qui trouverait son origine soit au débouché de la vallée de la Menoge mais les quelques mesures géophysiques dont on dispose ne permettent pas de conclure, soit plus à l'est encore dans la zone comprise entre La Tour et Fillings. Nous n'avons pas pour le moment inclus ce secteur dans l'analyse des données, mais une première approche géophysique montre que cette liaison est éventuellement possible.

Deux ouvrages existent sur la zone de captage des Moulins : l'ouvrage initial réalisé en 1975 et un puits plus récent de 1990. Le forage de 1975 pourrait être remplacé en 2013. La coupe hydrogéologique est proche de celle des forages du Nant avec une épaisseur d'aquifère de 30 m et des caractéristiques hydrodynamiques équivalentes sinon meilleures avec un débit testé pendant 10 jours à 1100 m³/h donnant une perméabilité de 30 10⁻² m²/s.

Le puits des Moulins ne fait pas partie du réseau du département 74, mais en 2007 alors que la nappe d'Arthaz était au plus bas (cf. chapitre sur la piézométrie), la cote moyenne de la nappe profonde de la Menoge était à 412,4 m NGF avec un minimum à 406,3 m NGF (janvier 2007) et un maximum à 416,1 m NGF (octobre 2007).

Le débit d'exploitation sur le site des Moulins est compris entre 0,5 et 0,8 Mm³/an. Il était de 1,2 à 1,4 Mm³/an dans le milieu des années 2000.

Recharge de l'aquifère

La problématique liée à la recharge de l'aquifère est similaire à celle de la structure de l'Arve, mais il n'y a pas de prélèvement à l'amont de la structure. L'interprétation des essais de longue durée (rapport CPGF n°1501A 1976) montre une stabilisation à moyen terme du rabattement pour un débit de 800 m³/h.

Conclusion sur le potentiel quantitatif de l'aquifère

Le potentiel sur la zone des Moulins est plus important que l'exploitation actuelle. Une analyse détaillée de l'évolution piézométrique en fonction de la pluviométrie et des débits prélevés à une fréquence mensuelle permettrait probablement de préciser ce potentiel.

3.2.16. Hypothèses nouvelles sur le fonctionnement hydrogéologique de la basse vallée de l'Arve

Le fonctionnement hydrogéologique des sillons profonds de la basse vallée de l'Arve pose aujourd'hui question. Cette zone concentre en effet des enjeux importants (voir conclusions générales de ce rapport), car ces sillons surexploités à Scientrier, et en limite d'exploitation aux Nants (possibilité d'augmenter le débit de pompage au puits des Moulins ?) représentent l'essentiel des ressources en eau des collectivités de la basse vallée de l'Arve (proche de 40 % pour Annemasse Agglomération, quasiment la totalité pour le Syndicat des Eaux des Rocailles avec le puits de Scientrier).

La géophysique montre une structure graveleuse profonde continue selon deux axes ou sillons :

- Le sillon de l'Arve qui pourrait débiter au niveau du cône du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny et qui passerait par la zone de captage de Scientrier, puis par celle des Nants ;
- Le sillon de la Menoge qui en l'état de connaissance pourrait prendre naissance sur le plateau de Loëx ou plus en amont. Son tracé est hypothétique, seule la zone de captage des Moulins en rive gauche de la Menoge a fait l'objet de forage d'exploitation pour l'AEP.

Les relations entre les différentes zones de captage des sillons ne sont pas établies du point de vue hydrogéologique, car seul aujourd'hui les données de géophysique permettent de prolonger les sillons au-delà des zones de captages. Les forages de reconnaissance qui permettraient de déterminer la géométrie complexe de ces sillons sous les placages morainiques, sont insuffisants. Les forages sont assez nombreux dans la zone de captage des Nants, mais guère au-delà. Quelques forages existent plus à l'ouest, mais les profondeurs d'investigation ne dépassent pas les alluvions de surface au-dessous des placages morainiques. En amont du captage des Nants, dans le sillon de la Menoge mis en évidence par la géophysique, deux forages le long de la Menoge et son affluent le Foron de Fillinges montrent l'existence de formations graveleuses profondes.

De même, les investigations dans la zone de captage de Scientrier se limitent au champ captant lui-même à l'intérieur de son périmètre de protection immédiate (3 forages anciens et un nouveau puits réalisé en 2012).

Entre les secteurs de Scientrier et des Nants, les alluvions sont probablement moins perméables comme le montre l'échec du forage du Château de Villy (perméabilité assez faible des alluvions de l'ordre de 10^{-5} m/s). L'hypothèse de la relation entre le captage de Scientrier et la zone des nants reste donc à étudier.

Entre le secteur de Scientrier et le cône du Borne plus au sud, il existe une zone de méconnaissance de la géométrie des formations sous la moraine. Il s'agit précisément de toute la partie sud entre le champ captant de Scientrier et la rivière Foron (de la Roche-sur-Foron), soit entre les communes d'Arenthon et Amancy. En l'absence de forages profonds, la géométrie des formations graveleuses profondes ne peut être confirmée.

Plus au sud, il semble par ailleurs que la continuité vers le nord-ouest du cône du Borne soit relayée par le même type de structure au niveau du Foron de la Roche. Quelques forages dans ce secteur (en aval de la Roche sur-Foron) montrent des formations deltaïques grossières en surface. En revanche, ces deux formations (cône du Borne et cône du Foron) sont postérieures au passage du glacier de l'Arve et donc théoriquement postérieures aux moraines qui recouvrent le sillon de Scientrier plus au Nord. Les alluvions deltaïques du Borne et du Foron se sont déposées dans le lac de comblement post-glacière et on imagine difficilement dans ces conditions une érosion de la moraine qui mettrait en contact ces alluvions deltaïques avec les alluvions du sillon de Scientrier. En revanche, les cours d'eau actuels ont pu entailler ces formations jusqu'au niveau de base des écoulements formé par l'Arve.

Cet argument est confirmé par des analyses isotopiques réalisées par Nicolas Coppo sur différents points des sillons, des principales rivières et de quelques sources en bordure du plateau d'Arthaz. Les résultats des analyses isotopiques sont présentés sous forme d'un diagramme binaire avec le $\delta^{2}\text{H}$ fonction du $\delta^{18}\text{O}$. On voit sur le graphique que l'ensemble des points s'alignent sur une droite qui correspond à la droite des précipitations mondiales. En effet, le rapport $\delta^{2}\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ est toujours constant. Il est acquis au moment de précipitations et n'évolue plus lors du cycle hydrogéologique (à de rares d'exceptions prêt pour de très fortes évaporations et/ou des changements de phases). Ensuite, la valeur absolue de $\delta^{18}\text{O}$ et de $\delta^{2}\text{H}$ est fonction de la température de l'eau au moment des précipitations et donc de l'altitude du bassin-versant. Les valeurs sont d'autant plus faibles que la température de l'atmosphère est froide au moment des précipitations et donc que le bassin versant est élevé en altitude.

Le graphique montre que la signature isotopique des eaux du puits de Scientrier est très différente des eaux de la rivière Borne, mais très proche des eaux du Foron de Reignier et du Foron de la Roche. Ces deux rivières ont un bassin-versant assez similaire en altitude (respectivement 540 m et 500 m en moyenne), limité aux molasses de l'arrière-pays Rochois, tandis que le Borne possède un bassin remontant beaucoup plus haut dans le massif des Bornes (950 m en moyenne). L'Arve présente également une signature très différente, alimentée pour partie par les eaux de fonte des glaciers du Mont-Blanc (altitude moyenne du bassin-versant de 1080 m). Ces mesures suggèrent que l'alimentation du sillon de Scientrier est indépendante du cône du Borne et dépendante d'une alimentation locale sur la bordure ouest. Il pourrait s'agir des pertes rivières locales qui entaillent la moraine ou d'une alimentation diffuse en bordure de la banquette de Scientrier.

CORRELATION ^{18}O / ^2H sur 13 ECHANTILLONS de la BASSE VALLEE de L'ARVE

Graphique N°2

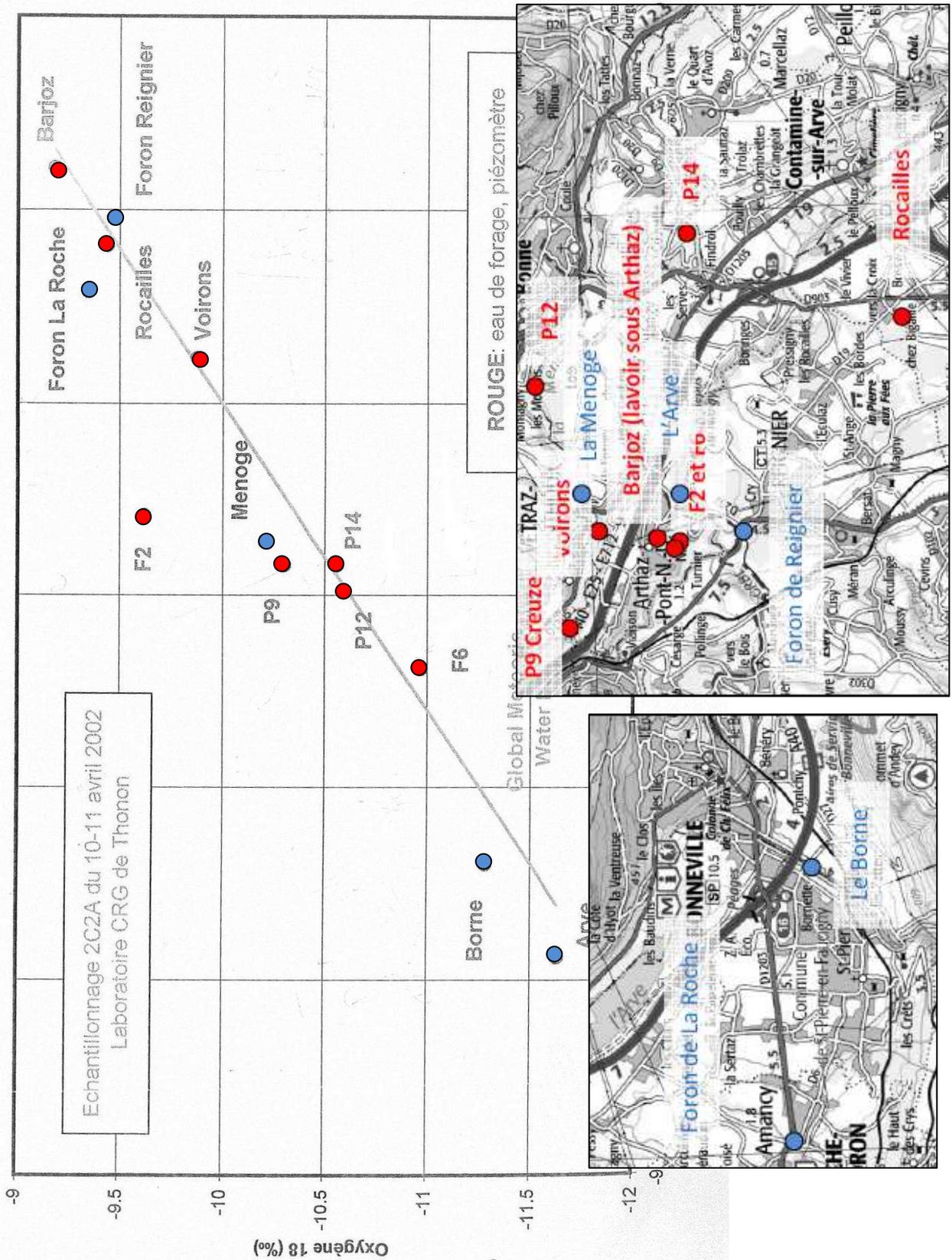


Figure 50 : Corrélation O_{18} et deutérium sur 13 échantillons de la vallée de l'Arve (Campagne d'Avril-Juin 2002, d'après N. COPPO, complété)

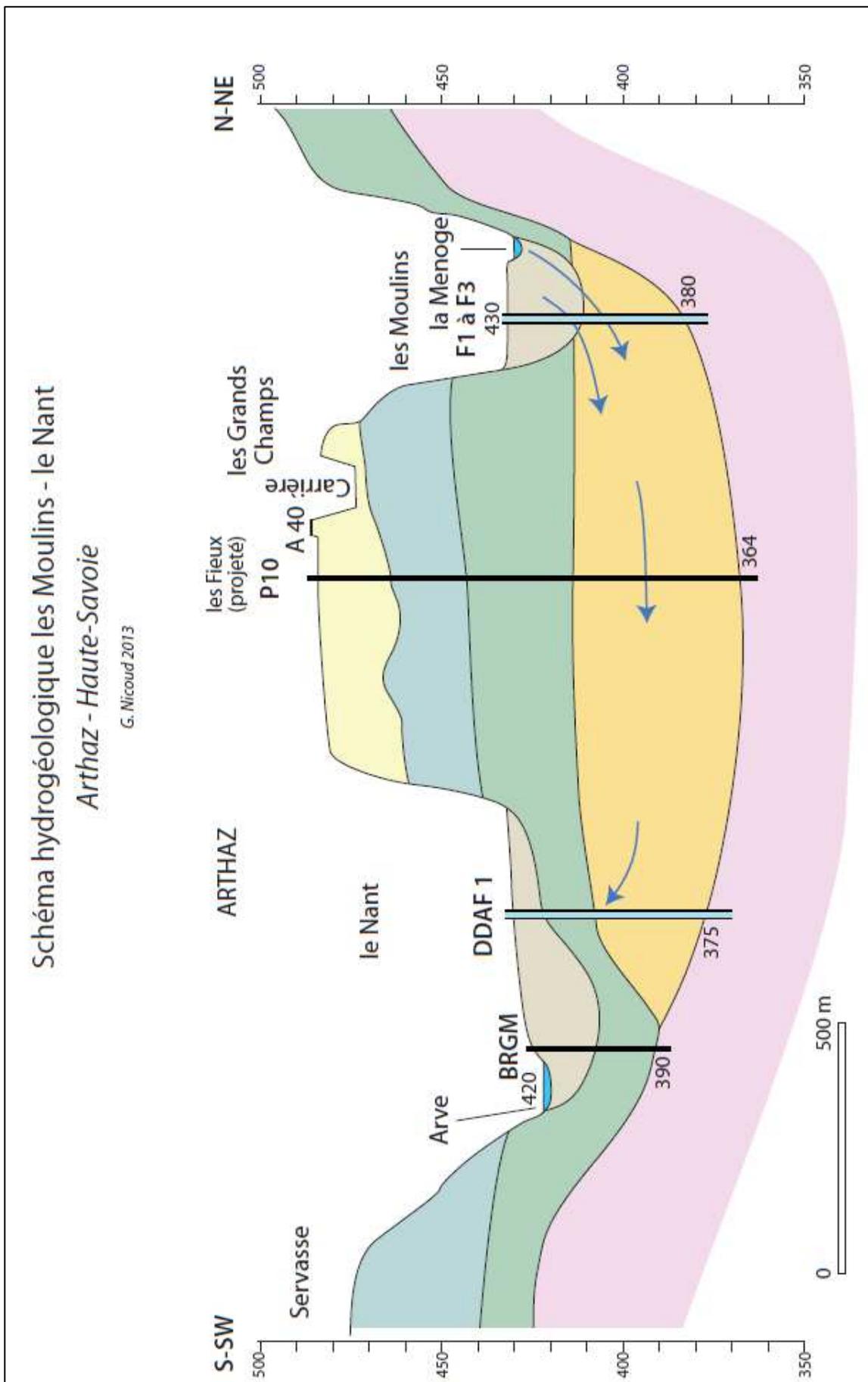
Ces mêmes mesures dans les forages d'Arthaz sont plus difficiles à interpréter. On voit très bien que l'Arve a une signature très différente, mais pas la Menoge qui est assez proche des puits d'Arthaz. On a cependant une dispersion entre les valeurs des différents puits ce qui suggère un mélange de plusieurs types d'eaux. La signature isotopique de la Menoge est assez proche de celle du Puits de la Creuze (puits de secours en aval du puits des Moulins). Le faciès chimique des eaux de ce captage est cependant assez différent des eaux de la Menoge. Dans ce secteur, une recharge (non étudiée) est également possible par le karst du Salève.

Les forages P12 et P14 (P12 déchetterie de Bonne, forage situé plus en amont en bordure de la Menoge, P14 forage en bordure du Foron de Fillinges, affluent de la Menoge et dont le bassin-versant est assez comparable en altitude moyenne à celui de la Menoge) ont une signature proche de la Menoge. Le puits des Moulins et le puits des Nants P2 ont des signatures un peu plus locales, mais assez proches. Il s'agit probablement d'un mélange d'eau, mais avec une dominante d'alimentation par la Menoge et une moindre contribution du plateau d'Arthaz. Ces mesures laissent donc supposer une connexion entre la zone de captage des Moulins et la zone de captage des Nants et une alimentation majoritaire par la Menoge. Les taux élevés de sulfates, mais du même ordre de grandeur aux Nants et aux Moulins (80 à 120 mg/l) confortent cette hypothèse, car les sulfates proviennent des semelles de gypse du Trais dans la vallée du Foron de Fillinges, affluent de la Menoge en amont d'Arthaz. Potentiellement, la Menoge plus haute que le niveau dynamique aux Moulins et aux Nants, peut réalimenter la zone de captage. La Menoge aurait ainsi suffisamment entaillée la couverture morainique pour permettre cette recharge. Le puits P6, le plus en bordure du champ captant des Nants, en bordure de l'Arve, semble être influencée par cette dernière.

Ces dernières hypothèses restent à vérifier en confortant la connaissance sur la chimie des Eaux, la géométrie des formations graveleuses aux Nants (Quid de la prolongation du sillon de la Menoge en amont ?)

Note : il manque dans cette campagne un point de mesure sur le puits de Passeirier pour montrer la dépendance du Borne dans l'alimentation de son cône de déjection.

Du point de vue de la géométrie des formations graveleuses aquifères, il est primordial d'aller au-delà de seules données de géophysique, en particulier pour connaître la zone de réalimentation des puits de Scientrier en amont et latéralement (secteur non reconnu par forages : la plaine des Rocailles au sud et à l'ouest des puits de Scientrier, banquette glaciaire au sud de captages sur les communes d'Arenthon et Amancy, selon les hypothèses du sillon dessiné grâce à la géophysique).



Coupe 7 : Coupe hydrogéologique du plateau d'Arthaz entre la zone de captage des Nants (Arve) et celle des Moulins (Menoge)(G. NICLOUD, 2013)

3.3. SYNTHÈSE GÉNÉRALE

L'étude des remplissages graveleux des ombilics et sillons profonds des vallées de l'Arve et du Giffre permet de distinguer les grands ensembles aquifères exploitables pour l'AEP, à savoir :

- Les sillons profonds de la basse vallée de l'Arve (aquifère profond) aquifères intrinsèquement bien protégés, mais dont la réalimentation pose aujourd'hui question ;
- Les vastes cônes de déjections du Giffre et du Borne (aquifères moyennement profonds), très productifs, constituant une réserve d'eau très importante. Il existe un cloisonnement dans ces aquifères améliorant leur protection. La recharge (hypothèse à vérifier) se fait en lien direct avec les bordures de vallées et les pertes des cours d'eau à l'entrée des cônes ;
- Les remplissages deltaïques des ombilics, surtout en amont de Cluses, du fait du granoclassement des alluvions à l'échelle de la vallée, avec des épaisseurs d'alluvions grossières parfois considérables, mais aussi une qualité naturelle médiocre des eaux rendant difficile son exploitation pour l'usage d'eau potable à proximité du massif du Mont-Blanc (filons métallifères, contact gypseux entre le socle granitique et la couverture sédimentaire). Ce même schéma de remplissage se retrouve dans la vallée du Giffre, mais son contexte de non dégradation naturelle de la qualité de l'eau laisse entrevoir un fort potentiel pour l'exploitation future de l'aquifère.
- Les alluvions récentes de l'Arve se réduisent à quelques mètres au-dessus des formations argileuses de comblement lacustre sur la basse vallée de l'Arve. Elles ne sont exploitées pour l'AEP que là où leur épaisseur est suffisante, comme à Cluses ou à Sallanches. L'incision de l'Arve contribue à diminuer la tranche d'eau exploitable dans les alluvions. Ces alluvions mal protégées sont très sensibles aux pollutions.

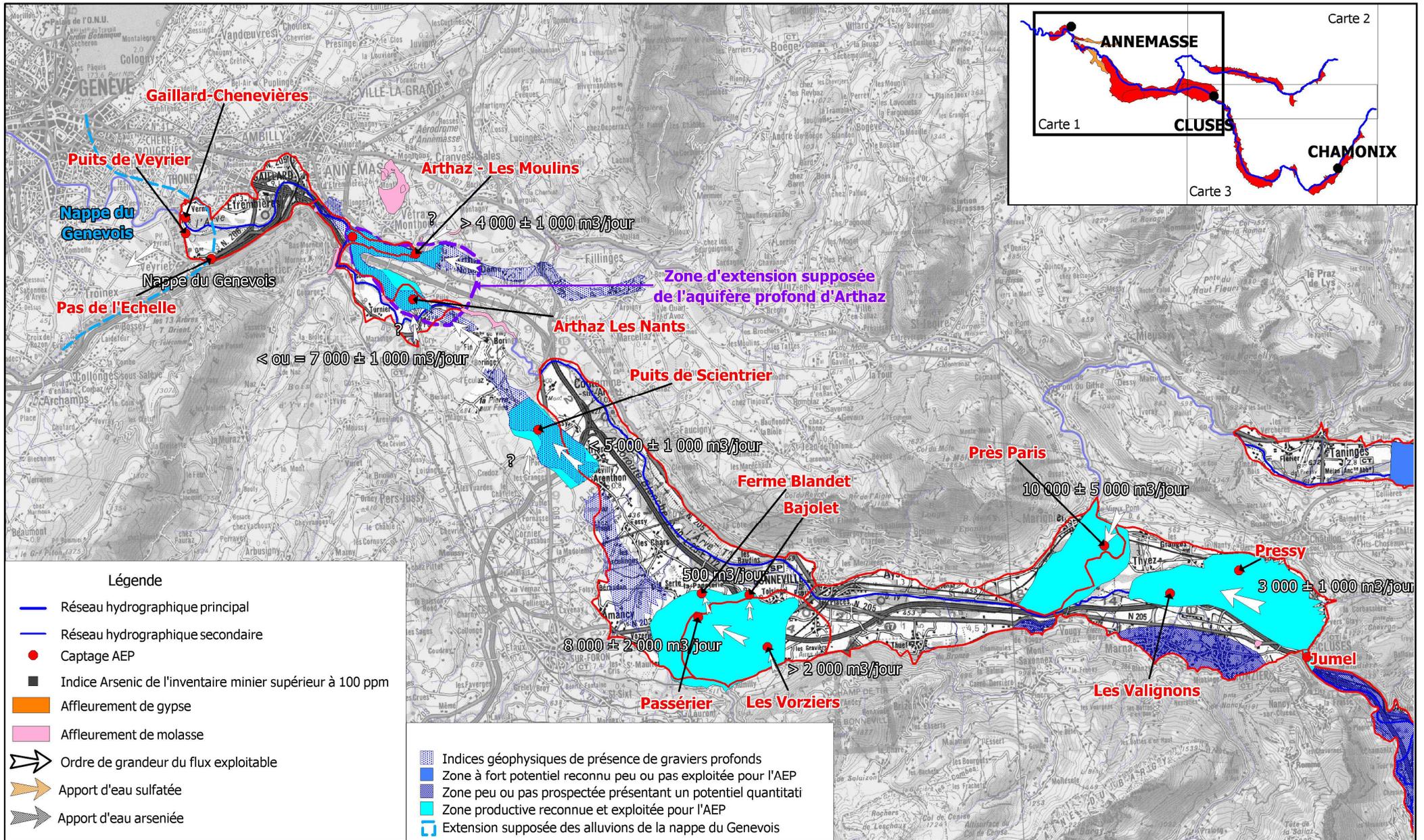
Le tableau qui suit présente de manière synthétique les zones de plus forte productivité dans chacun des secteurs de travail, exploitées ou exploitables pour l'alimentation en eau potable des collectivités. Les cartes qui suivent et le tableau de synthèse illustrent l'état de connaissance sur l'extension des aquifères des vallées de l'Arve et du Giffre. Sur ces cartes la productivité connue ou potentielle des nappes a été représentée. On distingue ainsi :

- Les zones productives et exploitées pour l'AEP ;
- Les zones à fort potentiel reconnu peu ou pas exploitées pour l'AEP ;
- Les zones peu ou pas prospectées présentant un potentiel quantitatif ;
- Les indices géophysiques de présence de graviers profonds (prolongement hypothétiques de sillons en amont de la basse vallée de l'Arve).

Sur ces mêmes cartes, sont présentés les potentiels journaliers des captages (le plus souvent estimés en ordre de grandeur) et les apports naturels de sulfate et d'arsenic (Chamonix, Passy) qui limitent les exploitations des alluvions pour l'AEP.

n°	Nom du secteur	Secteurs productifs	Géométrie	Protection de surface	Exploitation actuelle	Potentiel quantitatif	Incertitudes
1	Vallée du Giffre amont Sixt-Cirque du Fer à Cheval	La Chapelle à Sixt	Une vingtaine de mètres d'alluvions potentiellement productives en surface	Faible ou inexistante	AEP des collectivités locales et neige de culture uniquement sur les sources de versant	Important mais au détriment direct des écoulements superficiels	Pas de reconnaissance par forages
2	Vallée du Giffre entre Samoëns et Taninges	Ombilic entre Sixt et Morillon	Surépaisseur des graviers potentiellement aquifères (100 m d'après la géophysique en amont de Samoëns)	Faible ou inexistante	AEP des collectivités locales et neige de culture sur les sources de versant Quelques PAC doublé PRI	Potentiellement très important. A préciser après les travaux de forages prévus en 2013	Attente forages de reconnaissances et pompages d'essais Conditions aval non connues (liaison avec la vallée de la Menoge aval ?)
		Ombilic entre Morillon et Taninges	Alluvions grossières en amont viennent en biseau s'imbriquer dans les formations argileuses qui les séparent des alluvions récentes du Giffre	Bonne pour l'aquifère profond, faible ou inexistante pour les alluvions de surface		Bon potentiel, diminuant vers Taninges (alluvions de surface uniquement) A préciser après les travaux de forages prévus en 2013	
		Ombilic entre Morillon et Taninges	Disparition de l'aquifère profond à Taninges, une dizaine de mètres d'alluvions récentes, surépaisseur au cône du Foron	Faible ou inexistante		Moindre potentiel (alluvions récentes du Giffre)	
3	Ombilic de Chamonix entre Les Houches et Chamonix	Ombilic des Praz et de Chamonix	Alluvions sablo-graveleuses > +/- 90 m aux Praz, +/- 25 m au centre de Chamonix	Faible ou inexistante	Géothermie, essentiellement SGV	A confirmer, pas de données de pompages d'essais	Extension de l'aquifère, productivité, recharge
		Ombilic les Houches-Chamonix	Alluvions sablo-graveleuses sur 190 m	Faible ou inexistante	Puits de Clair Temps (AEP Les Houches)	Fort potentiel	Extension de l'aquifère à préciser, relation avec l'Arve
4	Haute vallée de l'Arve secteur Tour-Argentière	Ombilic de La Joux - Les Chosalets	Alluvions sablo-graveleuses +/- 40 m	Nappe captive, protégée sous 10 à 15 m d'argile	Puits des Chosalets et puits de la Joux (AEP de Chamonix)	Bon potentiel	Limites amont de l'aquifère, recharge
5	Ombilic de Servoz Les Houches	Ombilic de Servoz (à l'est)	20 m d'alluvions, probablement connectées avec l'Arve et la Diosaz	Nappe probablement libre, faible protection de surface	Non	Potentiel à confirmer	Extension latérale des alluvions, productivité (pas d'essais de pompage)h hydrochimie liée à la dégradation naturelle des eaux (au contact de filons métallifères)
		Ombilic des Fontaines (à l'ouest)	Alluvions silteuses	Peu productif	Non	Peu productif, à confirmer au nord	Secteur nord à prospecter
6	Ombilic de Sallanches-Le Fayet	Ensemble de l'ombilic	Alluvions sablo-graveleuses, épaisses de 110 m à Chedde et 160 m au lac de Passy	Pas de protection en amont de Domancy, alluvions productives s'amoindrissent en forme de biseau dans des formations argileuses	Puits AEP de Cayenne (Sallanches en dilution avec les ressources gravitaires) Puits AEP de Domancy (Secours) Pompages industriels (Dynamstar) et géothermie	Très fort potentiel quantitatif du fait de l'importance de la réserve et de la bonne recharge des alluvions, mais problèmes qualitatifs (excès de sulfates)	Recharge, piézométrie, géométrie de la terminaison de l'aquifère à Sallanches et en rive gauche de l'Arve, relations avec le cône du Borne, hydrochimie liée à la dégradation naturelle des eaux (sulfates, métaux)
7	Vallée de l'Arve entre Sallanches et Cluses	Ensemble de la vallée	Alluvions sablo-graveleuses localement épaisses (> 30 m, substratum argileux non atteint)	Très variable, certaines niveaux aquifères sont reconnus en profondeur sous une couche d'argile	NON	Bon potentiel à priori, à confirmer	Potentiel à confirmer : géométrie des alluvions, pompages d'essais
8	Vallée de l'Arve entre Cluses et Bonneville	Alluvions récentes de l'Arve	Alluvions sablo-graveleuses peu épaisses (10 m), localement plus (20 à 25 m)	Généralement absente, ou peu épaisse, certains niveaux sont cloisonnés par une couche d'argile assez porche de la surface	Puits de la Jumel, puits de Dessy (AEP Cluses) Puits des Valignons (AEP Marnaz) Usage industriels, géothermie	Bon potentiel à priori (relation avec l'Arve), peut être avec le cône du Giffre (à confirmer)	Géométrie détaillée des alluvions dans l'ombilic de Cluses, piézométrie
9	Cône du Giffre Marignier	Alluvions profondes sur le "cône de Marignier" -	Epaisseur d'alluvions fluvioglaciers profondes comprise entre 30 et 90 m - Alluvions superficielles 5 à 15 m	Nappe profonde protégée par plus de 20 m de terrain argileux - Nappe superficielle sans protection	Forages de Pré Paris (commune de Marignier et Thiez) Alluvions superficielles usage domestiques et quelques PAC PRI industrielles	Très fort potentiel quantitatif (test de pompage à 9000 m3/jour)	Extension vers l'est reconnue partiellement problème potentiel de qualité lié à la multiplications des PAC
10	Cône du Borne Saint-Pierre-en-Faucigny	Aquifère multicouche lié à l'ancien cône de déjection du Borne	Schématiquement 2 niveaux aquifères avec 20 à 40 m d'épaisseur cumulée	Couche profonde bien protégée par un niveau argileux de 5 à 10 m de puissance	Forages de Passérier (SIVU du CERF) Puits de Bajot (commune de St. Pierre en F.) Puits de la Ferme Blandet (SIE Arenthon St. Pierre en F.)	Potentiel important compris entre 500 et 750 m3/h suivant les évaluations	Réalimentation par le Borne et impact de l'urbanisation
11	Vallée de l'Arve entre les cônes du Giffre et du Borne, entre Vougy et Bonneville	Alluvions récentes de l'Arve	Alluvions sablo-graveleuses limitées à quelques mètres, localement plus (10 m) au dessus des alluvions argileuses de comblement lacustre	Généralement absente, ou peu épaisse	Usage industriels, géothermie. Puits AEP d'Ayze abandonné car trop vulnérable aux pollutions	Potentiel à confirmer, l'Arve semble en position drainante	Limite de la bande alluviale, piézométrie, relations avec l'Arve, limite et relations avec la terminaison du cône du Borne
12	Vallée de l'Arve entre Bonneville et Contamine-sur-Arve	Alluvions récentes de l'Arve	Alluvions sablo-graveleuses limitées à quelques mètres, localement plus (10 m) au dessus des alluvions argileuses de comblement lacustre	Généralement absente, ou peu épaisse	Usage industriels, géothermie	Potentiel à confirmer, l'Arve semble en position drainante. Recharge possible par le versant en rive droite dans le secteur de Contamine-sur-Arve	Limite de la bande alluviale, piézométrie, relations avec l'Arve, alimentation de versant
13	Vallée de l'Arve entre Contamine-sur-Arve et le verrou d'Etrembières	Alluvions récentes de l'Arve	Alluvions sablo-graveleuses limitées à la bande alluviale (quelques mètres), substratum molassique sub-affleurant	Généralement absente, ou peu épaisse	Usage industriels, géothermie	En relation avec l'Arve, réserve faible; mais réalimentation par l'Arve probable (zones de méandres)	Limite de la bande alluviale, piézométrie, relations avec l'Arve, alimentation de versant
14	Vallée de l'Arve entre le verrou d'Etrembières et Gaillard frontière suisse	Alluvions récentes de l'Arve	Alluvions sablo-graveleuses peu épaisses, alluvions profondes probables (continuité nappe du genevois ?)	Généralement absente, ou peu épaisse au dessus des alluvions récentes en surface	Usage industriels, agricole (maraîchage)	Réalimentation probable par les terrasses d'Annemasse. Le puits du Pas de l'échelle est directement réalimenté par des venues karstiques du Petit Salève masqué par les éboulis.	Géométrie profonde des alluvions, relation avec la nappe du Genevois
					Puits de Chenevières (nappe du Genevois ???, Annemasse Agglo)		
					Puits de Veyrier (nappe de Genevois, Annemasse Agglo)		
					Puits du Pas de l'échelle (SIE des Rocailles)		
15	Sillon profond Arve - Scientrier	Alluvions fluvioglaciers "anciennes"	Epaisseur d'alluvions fluvioglaciers profondes comprise entre 20 et 60 m - Alluvions superficielles 1 à 5 m	Protection faible avec 2 à 3 m de niveaux argileux plus ou moins continus au toit des graviers profonds	Puits du SIE des Rocailles	Déjà surexploité actuellement	Reste à définir le volume prélevable sur cette ressource
16	Sillon profond Menoge	Alluvions fluvioglaciers "anciennes"	Epaisseur d'alluvions fluvioglaciers profondes comprise entre 20 et 60 m - Alluvions superficielles 1 à 5 m	Bonne protection avec 10 à 15 m d'argile glaciaire	Puits des Moulins pour Annemasse Agglo	Réalimentation par l'amont. Potentiel réel à préciser mais probablement compatible avec l'exploitation actuelle mais inférieure au débit autorisé	Reste à définir le volume prélevable sur cette ressource
17	Sillon profond Arve aval	Alluvions fluvioglaciers "anciennes"	Epaisseur d'alluvions fluvioglaciers profondes comprise entre 20 et 40 m	Bonne protection avec 10 à 20 m d'argile glaciaire	Puits des Nants pour Annemasse Agglo	Réalimentation par l'amont. Potentiel réel à préciser mais probablement inférieure à l'exploitation actuelle et surtout au débit autorisé	Reste à définir le volume prélevable sur cette ressource compte tenu des prélèvements à l'amont

Tableau 5 : Synthèse des zones les plus productives pour l'AEP



Etude des nappes stratégiques des alluvions de l'Arve et du Giffre

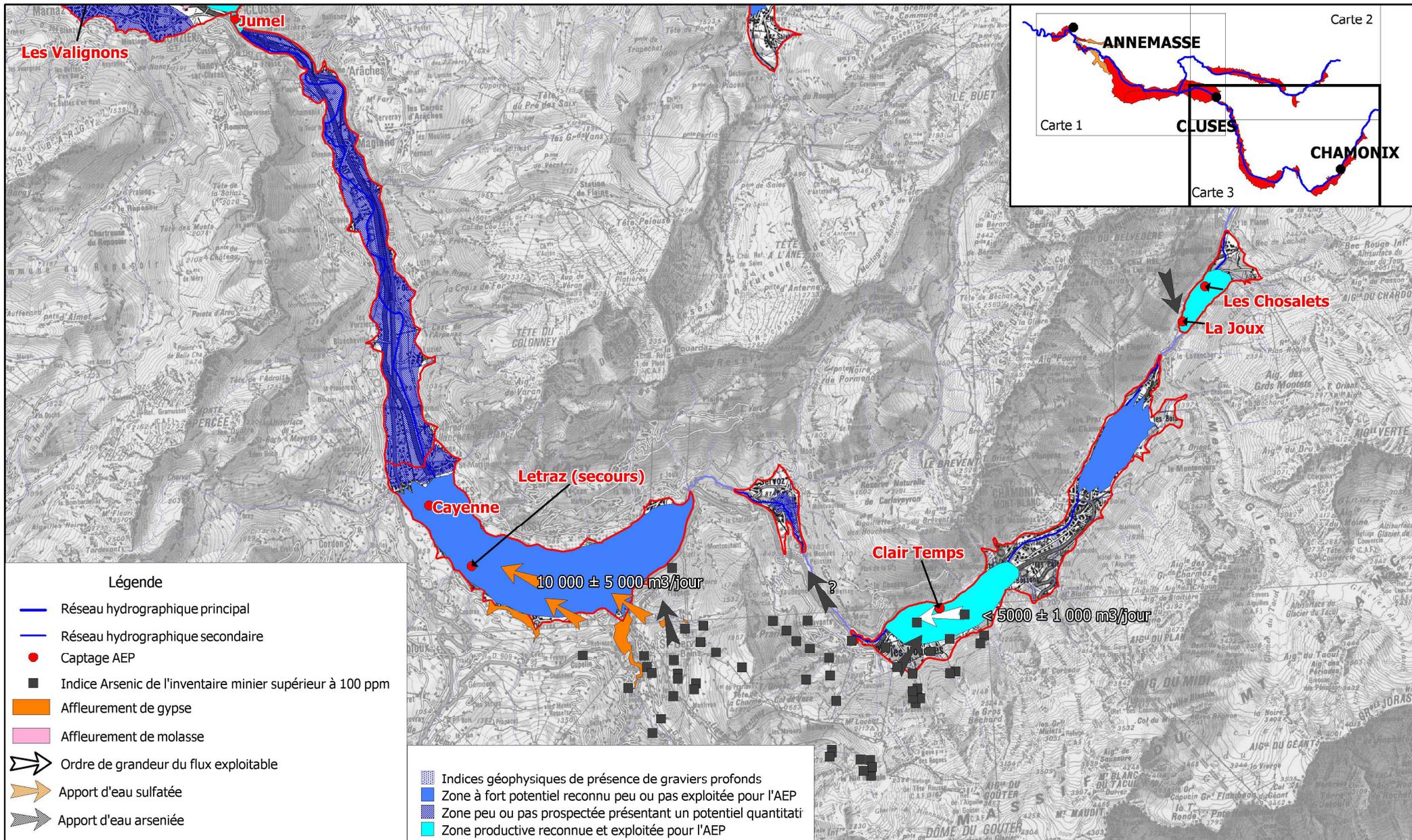
CEETCE120926

Echelle : 1/100 000 en A3

Figure 51 Carte-1- Cartographie des zones productives

0 2 4 km





Etude des nappes stratégiques des alluvions de l'Arve et du Giffre

CEETCE120926

Echelle : 1/100 000 en A3

Figure 51 Carte-3- Cartographie des zones productives

0 2 4 km



Schéma d'Aménagement
de Gestion des Eaux
du Bassin de l'Arve

SCA
Société d'Aménagement
et de Construction
Associative

3.4. CONCLUSION GENERALE SUR LES RESSOURCES EXPLOITABLES DANS LES ALLUVIONS DES VALLEES

On ne parle pas, sur les vallées de l'Arve et du Giffre, d'une nappe continue dans les alluvions, mais d'un ensemble de nappes assez complexe, les aquifères n'étant pas toujours en relation les uns avec les autres.

En tête des vallées, on retrouve des épaisseurs très importantes de graviers et sables très perméables, avec peu d'argile en surface. Les versants en bordure et les rivières qui circulent sur ces matériaux grossiers permettent d'alimenter directement les nappes, tout comme les pluies en surface. La réserve en eau y est très importante et la recharge annuelle de la nappe est très bonne. Ces aquifères sont cependant exploités très partiellement en amont de Sallanches (Sallanches, Domancy, Les Houches) du fait d'une qualité naturelle de l'eau dégradée (arsenic, sulfates) limitant leur distribution pour l'eau potable. Ces éléments sont liés à la nature des roches entourant les alluvions (granite, gypse). Les alluvions grossières du Giffre entre Taninges et Samöens, n'ont encore pas été testées par des forages et des pompages d'essai, mais sont très prometteuses pour être exploitées par un puits d'eau potable dans un futur proche.

Les deux gros cônes de déjection du Giffre à Marignier et du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny constituent également de très gros réservoirs formés de sables et graviers profonds, et bien alimentés par les rivières dont une partie du débit se perd en pied de versant. Ils sont parfois protégés par une couche d'argile intercalée dans les alluvions grossières. Malgré la forte densification de l'urbanisme, ces deux zones constituent des aquifères bien exploités, y compris par des communes en dehors de la vallée (puits de Passeirier à Saint-Pierre, exploité par le SYRE, Syndicat mixte de Ressource en Eau de la région de Saint-Pierre-en-Faucigny).

Les alluvions récentes de l'Arve, c'est dire la bande d'alluvions du lit majeur de l'Arve, large de quelques centaines de mètres, est constituée d'alluvions grossières (sable et gravier) où se développe la nappe d'accompagnement de l'Arve. Les alluvions sont peu épaisses (+/- 5 m) et reposant sur des argiles. De plus, l'incision du lit de l'Arve a provoqué une baisse généralisée du niveau de base des écoulements, c'est-à-dire que l'Arve en position basse, draine la nappe et diminue la tranche d'eau exploitable dans les alluvions. Seuls les puits de Cluses et de Marnaz sont exploités dans la nappe d'accompagnement de l'Arve, car les alluvions sont un peu plus épaisses, et protégées par une couche d'argile en surface. Le puits d'Ayze dépourvu de protection en surface dans des alluvions peu épaisses a été abandonné.

Les sillons profonds de la basse vallée de l'Arve, sont des aquifères complexes, constitués de sillons incisés dans le substratum rocheux, remplis de graviers et protégés en surface par une épaisse couche d'argile. Ces aquifères exploités à Scientrier (Chez Bidaille, SIE des Rocailles) et à Arthaz (Puits des nants côté Arve pour Annemasse Agglomération, puits des Moulins côté Menoge) sont fortement sollicités par les pompages pour l'eau potable, et il se pose actuellement le problème de la réalimentation par les pluies où les rivières. En effet, on voit ces dernières années une baisse continue du niveau de la nappe à Scientrier et on est probablement dans la même situation dans les puits des Nants.

4. AUTRES RESSOURCES AQUIFERES DU SAGE

4.1. REFERENTIEL HYDROGEOLOGIQUE

4.1.1. Référentiel hydrogéologique et masses d'eaux souterraines

La BDRHF (Base de Données sur le Référentiel Hydrogéologique Français) est le catalogue des aquifères définis sous le terme d' « entités hydrogéologiques », complétées par des fiches d'identité et de caractérisation de chacune d'elles. Les résultats de la première étape constituent la version V1 du référentiel. Chaque entité hydrogéologique est représentative d'une unité de fonctionnement du milieu souterrain.

La version 1 de la BDRHF présente des imperfections, notamment du fait qu'il n'y a pas superposition en 3D des aquifères et que chaque entité est considérée perméable. De plus, il n'existe pas systématiquement de concordance avec le référentiel des masses d'eaux souterraines qui répond à des objectifs différents.

En effet, la Directive européenne 2000/60/CE du 22 décembre 2000, dite Directive Cadre sur l'Eau (DCE) établit un cadre pour une politique communautaire de l'eau. Elle formule des règles pour la gestion et la protection des eaux par district hydrographique du point de vue qualitatif et quantitatif. Dans la mise en œuvre de cette directive, il est demandé à chaque district d'établir un état des lieux de sa ressource en eau. A été introduit le concept de "masses d'eaux" ou des "groupes de masses d'eaux" superficielles, souterraines et littorales. Une masse d'eau est un tronçon de cours d'eau, un lac, un étang, une portion d'eau côtière ou tout ou partie d'un ou plusieurs aquifères d'une taille suffisante, présentant des caractéristiques physiques, biologiques et/ou physico-chimiques homogènes. Chaque masse d'eau est avant tout une maille de travail à l'échelle de laquelle s'effectuent l'évaluation du milieu, la réalisation des réseaux de mesures et les actions de gestion. Les masses d'eaux souterraines correspondent à des entités physiques homogènes déterminées sur des critères hydrogéologiques. Elles correspondent en général aux grands ensembles aquifères. Elles ne correspondent pas toujours aux aquifères définis dans la BDRHF (référentiel hydrogéologique français) et s'en distinguent généralement par :

- Des ensembles hydrogéologiques plus grands pouvant regrouper plusieurs aquifères de la BDRHF-V1 ;
- La prise en compte des niveaux de profondeur des masses, qui au contraire de la BDRHF-V1, permet de superposer plusieurs aquifères (aquifères captifs par exemple). Cette notion de profondeur et de superposition d'aquifères est corrigée dans le nouveau référentiel hydrogéologique.

4.1.2. Harmonisation des référentiels hydrogéologiques et masses d'eaux

La délimitation des masses d'eau souterraine du bassin Rhône-Méditerranée en vue de l'élaboration de l'état des lieux a été achevée en 2004. Consécutivement à cette délimitation, les masses d'eau souterraine ont fait l'objet d'une caractérisation plus poussée en vue de la préparation du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) pour la période 2010-2015. Ce nouveau découpage va de pair avec l'évolution récente du référentiel hydrogéologique français sur lequel s'appuie le découpage initial en masses d'eaux. On est en effet passé de la première base de données BDRHF-V1, à la seconde base de données nommée BD LISA (Base de Données sur les Limites des Systèmes Aquifères). Cette deuxième version BD-LISA, a été achevée en 2010 à l'échelle nationale, sa construction ayant débutée en 2006 ; elle a été confiée au BRGM par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM). Le nouveau référentiel découpe le territoire national (y compris les DOM-TOM) en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non), délimitées à 3 niveaux de détail (national, régional et local) suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale.

La révision récente du référentiel des masses d'eaux souterraines du bassin Rhône-Méditerranée en 2012 s'est appuyée sur la BD LISA, si bien qu'il existe aujourd'hui une cohérence entre les entités hydrogéologiques de la BD LISA et les masses d'eaux souterraines. Ces dernières sont constituées d'un assemblage cohérent des entités de la BD LISA.

Les entités hydrogéologiques et les masses d'eaux qui font aujourd'hui référence pour la vallée de l'Arve sont présentées dans le tableau en page suivante.

Masses d'eaux souterraines	Entité BD LISA
FRDG403 - Domaine plissé socle – bassin versant de l'Arve	E6A Formations Cristallines des massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges
	E6 Formations sédimentaires du haut Bassin-versant de l'Arve
FRDG112 – Calcaires et marnes des Aravis	E5A Calcaires et marnes jurassiques et Crétacés des bornes occidentales
	E5B Grès Oligocènes et calcaires liasiques du synclinal de Thônes
	E5C Calcaires et marnes Jurassiques et Crétacés de la chaîne des Aravis
FRDG408 – Domaine plissé du Chablais et du Faucigny – bassin versant Arve et Dranse	543C2 Formations variées du domaine piémontais-ligure : nappes des Gets, de la Simme, des Dranses et Ultrahelvétique
	543C3 Formations secondaires et tertiaires du domaine briançonnais : nappes de charriage des Préalpes médianes et Ultrahelvétique ouest
	543C4 Formations variées secondaires et tertiaires du domaine pré-piémontais : nappe de charriage de la Brèche
	543C5 Formations variées tertiaires du domaine flysch des Voirons : nappe de Charriage de Gurnigel
	543C6 Calcaires et marnes secondaires du massif de Platé
FRDG511 Formations variées de l'Avant-Pays savoyard dans BV du Rhône	542 B Formations glaciaires et mollassiques de l'Albanais et du Bas-Chablais
	E4A Calcaires Crétacés du Salève, de la Mandallaz et d'Age
FRDG517 Domaine sédimentaire du Genevois (molasses et formations quaternaires)	177B Formations glaciaires du Genevois

Tableau 6 : Masses d'eaux et entités hydrogéologiques LISA sur le territoire du SAGE de l'Arve (hors alluvions de l'Arve)

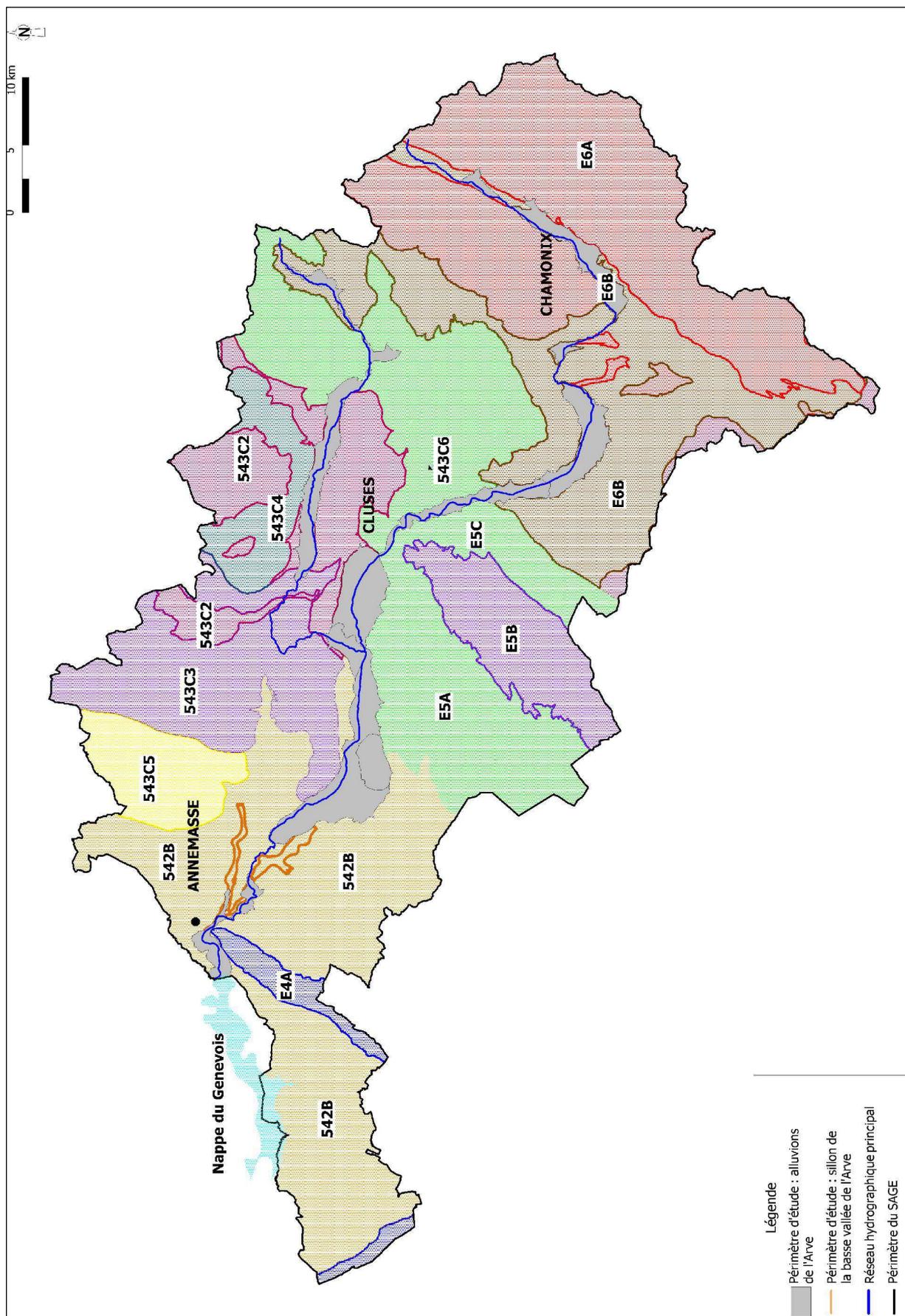


Figure 52 : Carte des entités hydrogéologiques de la BD LISA à l'échelle du SAGE

4.2. DESCRIPTION DES RESSOURCES AQUIFERES HORS ALLUVIONS

4.2.1. Bref cadrage méthodologique

La description des ressources aquifères du territoire du SAGE hors alluvions reprend le découpage des entités hydrogéologiques, le plus exhaustif et le plus cohérent à l'échelle des bassins versants de l'Arve et du Giffre. Sur chacune de ses entités, sont précisées les limites hydrogéologiques rattachées aux bassins versants et une description hydrogéologique sommaire en fonction de la typologie des aquifères. **Il ne s'agit pas ici d'une synthèse hydrogéologique exhaustive des ressources aquifères, mais d'une vision d'ensemble des ressources en eau exploitées pour l'AEP ou potentiellement mobilisables en complément des alluvions de l'Arve et du Giffre.**

4.2.2. Formations cristallines des massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges

Les massifs cristallins granitiques (Mont-Blanc) ou gneissiques (Aiguilles Rouges) sont des aquifères perméables en grand. Leur perméabilité est liée uniquement aux fractures du massif (failles, diaclases) à l'origine de nombreuses sources permanentes. La recharge se fait directement par les précipitations dans la zone de décompression du massif (là où les fractures sont ouvertes). Les émergences se trouvent le plus souvent en fond de vallée à la faveur d'un niveau de couverture imperméable (terrains morainiques, schistes), parfois relayées par les cônes d'éboulis. Ce sont surtout l'importance des fractures et leur degré d'ouverture qui vont conditionner les vitesses de circulation et les débits d'émergence. On ne peut pas parler de nappe généralisée, mais de niveau de saturation en eau du massif, sachant que les fractures ne sont pas forcément reliées entre elles.

Le débit des sources peut varier fortement au cours de l'année. Bien que vulnérables aux pollutions, elles restent la principale ressource aquifère pour l'AEP des communes (Vallorcine, Chamonix, Les Houches). Deux sources au débit important émergent dans la vallée depuis le massif des Aiguilles-Rouges au golf de Chamonix : Sources des Tines (source arséniée, entre 20 à 25 mg /l) et source à la base du cône d'avalanche de la Flégère. Leur débit varie entre 20 et 240 l/s (voir bibliographie, LHOMME D. et al., 1996).

Naturellement, ces eaux peuvent présenter un excès d'arsenic lié à l'existence de filons métallifères dans le granite et les gneiss les rendant impropres à la consommation (Excès d'Arsenic à la source de la Joux à Chamonix, utilisées en dilution d'autres ressources). Ces excès se retrouvent également dans les alluvions au contact des massifs cristallins (Puits de la Joux).

4.2.3. Formations sédimentaires du haut bassin versant de l'Arve

Cet ensemble regroupe la base de la couverture sédimentaire subalpine décollée du socle (massifs du mont-Blanc et des Aiguilles Rouges) ou en forme de tégument accolé aux massifs cristallins. On retrouve ainsi à la base une semelle gypseuse du Trias, puis une épaisse série de schistes et marnes du Lias, qui constituent :

- la zone déprimée entre le massif du Mont-Blanc à l'est et le massif des Aravis à l'ouest (Mont Joly, Megève, Combloux, Passy) largement érodé par les glaciers (ombilic de Sallanches) ;
- la zone surélevée entre le massif de Platé et le massif des Aiguilles rouges (Mont Buet) et le soubassement du massif du Haut-Giffre (cirque du fer à Cheval) plus au nord.

Les schistes sont constitués principalement d'argile et sont intrinsèquement imperméables. Des circulations d'eaux peuvent se développer dans des réseaux de fissures ou dans les horizons d'altération superficiels. Les débits des sources sont généralement très faibles, rarement économiquement exploitables.

Les gypses, formant une étroite bande entre les schistes et le socle cristallin, sont très solubles si bien que s'y développent des aquifères perméables en grand, voire localement karstiques. Les sources issues du gypse sont toujours séléniteuses (excès de sulfate dû à la dissolution du gypse) et impropres à la consommation humaine. En bordure sud de la plaine de Sallanches-le Fayet, les terrains gypseux affleurent si bien que l'eau contenue dans les alluvions de l'ombilic présente un excès de sulfates : 400 à 600 mg/l dans la partie amont de l'ombilic, proche ou légèrement supérieure aux limites de qualité (250 mg/l) au puits de Cayenne à Sallanches.

4.2.4. Calcaires et marnes secondaires du massif de Platé

Les massifs de Platé et du Haut-Giffre sont constitués d'une carapace de calcaires karstifiés avec par ordre d'importance décroissante les calcaires massifs de l'Urgonien, les calcaires néocrétacés, les calcaires tithoniques.

La karstification atteint son ampleur maximum au sein du puissant ensemble urgonien auquel on peut rajouter les calcaires du nummulitique sur le massif de Platé. Entre ces deux formations, les grès verts de l'Albien sont trop minces et trop fracturés pour constituer un écran total à la pénétration des eaux en profondeur. Ce niveau peut toutefois constituer un écran intermédiaire facilitant les écoulements privilégiés en son toit et l'apparition d'émergence à la base du Crétacé supérieur (quelques sources issues de ces formations sont exploitées en amont de Flaine).

Au sein de ces calcaires, plusieurs systèmes karstiques essentiellement binaires se sont développés, débutant par des surfaces de lapiaz, des dolines et des gouffres. Ces formes de reliefs sont particulièrement bien développées dans le synclinal de Flaine et dans le Désert de Platé (plus grand massif de Lapiaz d'Europe). On y distingue 6 sous bassins versant karstiques (tableau 7).

Code BD LISA	Sous-bassin karstique	Lithologie	Principales émergences	Débit des émergences	Surface du bassin
543C6A	Jean Bernard – Vallon de la Chambre	Urgonien	Emergence du gouffre Jean Bernard (06557X0057/SCE – Samoëns)	-	14 km ²
543C6B	Bassin de Flaine	Urgonien	Source de Magland au lieu-dit « Chez Party » (06792X0073/SCE – Magland)	1000 l/s (moyenne)	19 km ²
543C6C	Vallon de Gers	Urgonien	Emergence de la Scierie (06793X0043/SCE – Samoëns), Source du Vivier (06794X0021/SCE – Sixt Fer à Cheval)	-	7 km ²
543C6D	Combe des Foges	Sénonien	Emergence des Déchargeux (06794X0009/SCE – Sixt Fer à Cheval)	200 l/s	3 km ²
543C6E	Vallon de Sales	Urgonien	Emergence de Sales/Trénant (06794X0012/SCE – Sixt Fer à Cheval)	-	16 km ²
543C6F	Forts de Platé	Urgonien	Charbonnière ou Emergence de Praz-Coutant (06797X0024/S208C – Passy), Source de Passy	-	12 km ²

Tableau 7 : Synthèse des sous-systèmes karstiques du massif de Platé et du Haut-Giffre (d'après le BRGM)

Le plus gros bassin versant karstique est constitué par le bassin de Flaine dont l'unique émergence connue est la source de Chez Party à Magland dans la vallée de l'Arve (plus grosse source de Haute-Savoie, débit moyen de 1 m³/s, varie entre 0,3 et 10 m³/s). Cette source n'est pas exploitée pour l'AEP.

Les grès de Taveyannaz et les flyschs à olistostromes au-dessus des calcaires dans la bordure nord-ouest du massif empêchent les écoulements vers le karst. Ils donnent naissance à une multitude de sources de faible débit toutes exploitées pour l'AEP à Arâches-la-Frasse et à Flaine, du fait du fort déficit d'écoulement sur le karst plus au sud.

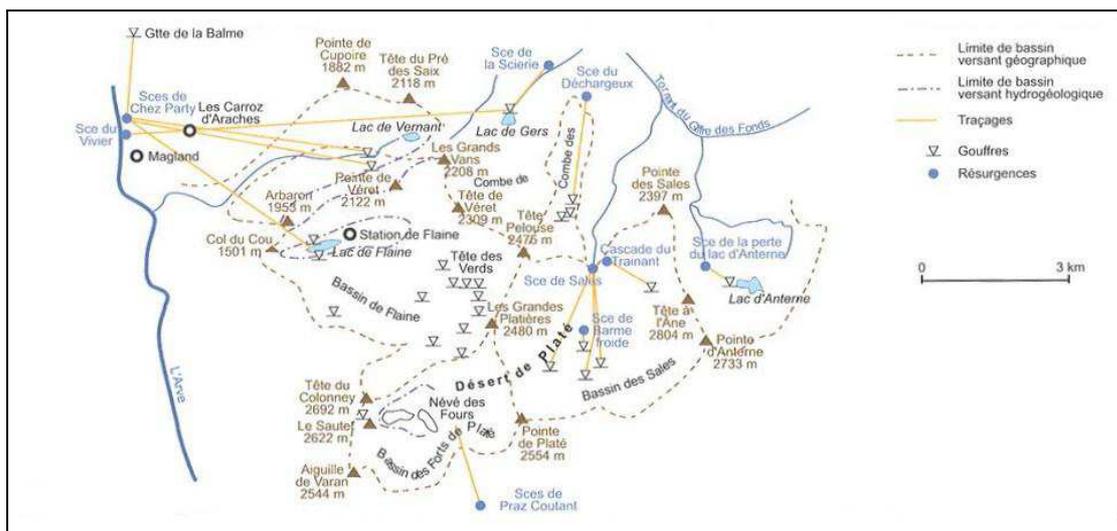


Figure 53 : Circulations karstiques dans le Massif de Platé (d'après Jean-Paul RAMPNOUX, 2002, extrait d'Aquifères et eaux souterraines de la France)

Le karst est également très développé dans les calcaires urgoniens du Haut-Giffre au-dessus de Samoëns, parcouru par des conduits profonds (Montagne du Criou au dessus de Samoëns) :

- le gouffre Jean Bernard avec un dénivelé de 1602 m (réseau spéléologique resté pendant longtemps le plus profond au monde) ;
- le gouffre Mirola et un dénivelé de 1733 m.

4.2.5. Calcaires et marnes du massif des Bornes et des Aravis

On regroupe ici l'ensemble du massif des Bornes et des Aravis appartenant aux massifs subalpins.

Les aquifères se développent essentiellement par karstification dans les épaisses séries calcaires du Tithonique, du Valanginien et de l'Urgonien. Quant aux calcaires du Crétacé supérieur et du Nummulitique, ils constituent des aquifères limités, souvent en relation plus ou moins directe par le jeu de failles avec ceux de l'Urgonien.

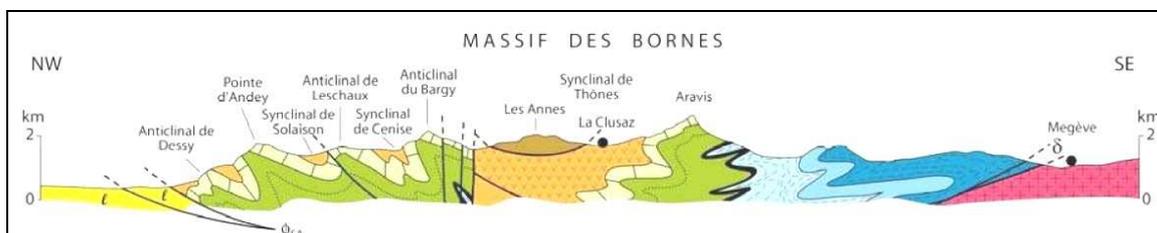


Figure 54 : Coupe géologique synthétique du massif des Bornes (D'après DOUDOUX, extrait d'Aquifères et Eaux souterraines de la France)

Les principaux éléments de description sont repris des synthèses récentes réalisées par Jean-Paul Rampnoux (2006, 2008) complétant les travaux plus anciens de Michel Lepillier (1980) et Paul-Henri Mondain (1991) sur le karst du massif des Bornes.

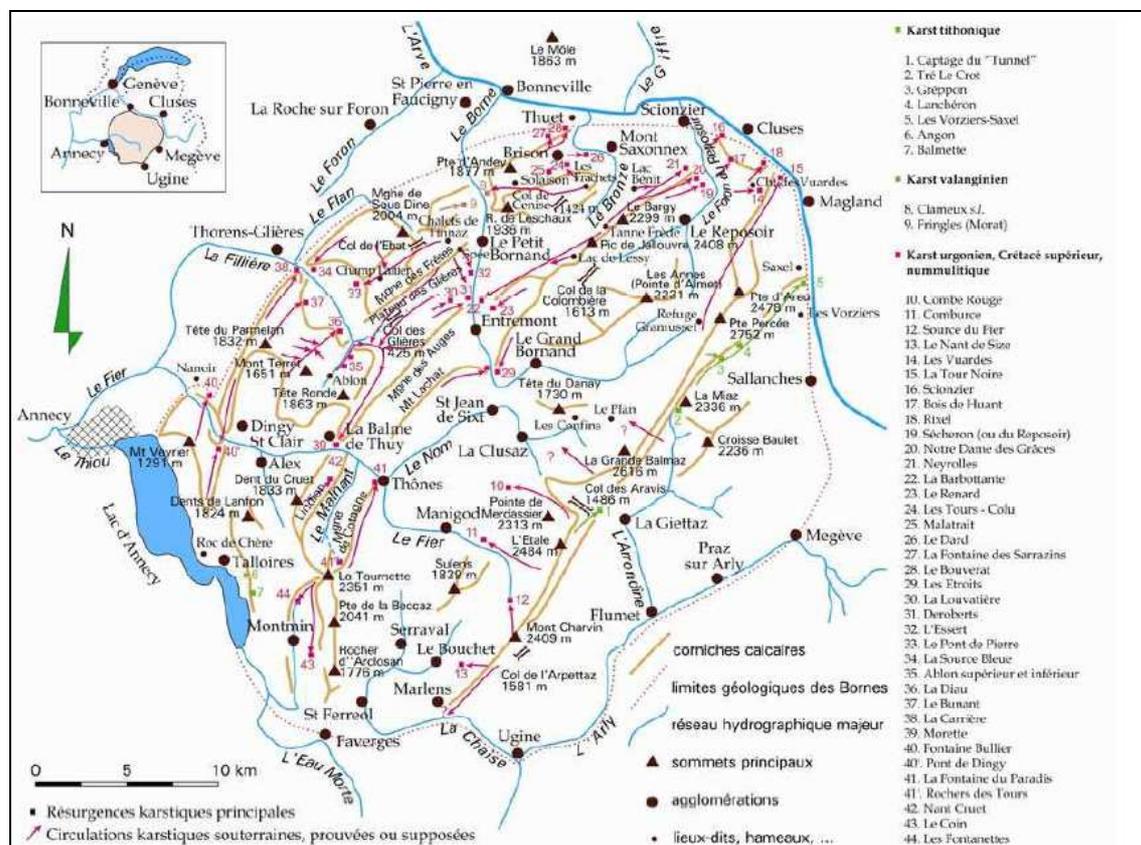


Figure 55 : Circulations souterraines et émergences karstiques du massif des Bornes et Aravis (Rampnoux, 2006).

Calcaires et marnes Jurassiques et Crétacés de la chaîne des Aravis

Dans la chaîne des Aravis, les calcaires urgoniens dessinent un monoclin plongeant au nord-ouest sous les flyschs et les klippen du synclinal de Thônes. Les circulations karstiques se font en fonction de cette déformation générale avec, au nord-ouest, quelques sources au contact des formations imperméables et au nord au contact des alluvions de la vallée de l'Arve (résurgences de la Tour Noire entre Magland et Cluses dans le karst de l'Urgonien).

Les calcaires thitoniques à faciès pélagiques, peu karstifiés présentent des réseaux karstiques étroits, la fracturation l'emportant sur la dissolution. Ce sont des aquifères bien contraints aux affleurements limités à des corniches comprises entre un mur et un toit imperméables. Dans ces calcaires sont localisés, pour l'essentiel, au rebord oriental de la chaîne des Aravis dessinant des plis couchés affleurants depuis le pied du Mont Charvin au Sud, jusqu'aux hameaux des Vorziers et de Saxel de la vallée de l'Arve au Nord. Par suite d'un plongement axial des couches en cette direction, le drainage souterrain, corroboré par des traçages, est à l'origine d'émergences étagées depuis le col des Aravis jusqu'au niveau des alluvions de l'Arve au hameau de Saxel (en rive gauche de l'Arve).

Calcaires et marnes jurassiques et Crétacés des bornes occidentales

Les Bornes occidentales comprennent :

- A l'est la vaste dépression marno-gréseuse du Reposoir-Grand-Bornand ;
- A l'ouest les chaînons calcaires occidentaux avec au Nord la Chaîne du Bargy (Pic de Jalouvre), au nord-est la Montagne de Sous-Dine drainés par le Foron du Reposoir et par le Borne. Le massif des Bornes sensu stricto se situe en rive gauche de la rivière Borne (plateau des Glières, massif du Parmelan).

Dans l'Urgonien, les systèmes sont multiples avec leurs émergences principales dans le flanc des vallées. Ainsi, dans le massif du Bargy, une diffluence axiale (traçage de la Tanne Frède) existe, en hautes eaux, entre le système des émergences orientales du Sècheron, de Notre Dame des Grâces et de Neyrolles appartenant au bassin versant de rive gauche du Foron du Reposoir et celui de l'émergence occidentale de la Barbotante appartenant au bassin versant de rive droite du Borne. Le karst ne se développe dans les calcaires du Valanginien que dans la partie aval de la vallée du Borne en rive droite (source de Clameux).

Grès Oligocènes et calcaires liasiques du synclinal de Thônes

Le vaste synclinal de Thônes est occupé par les grès oligocènes et des flysch à lentilles, surmontés par un lambeau des nappes de charriage du Chablais (klippe des Annes, klippe de Sulens) rattaché aux unités des Préalpes médianes et formé essentiellement de couches argilo-calcaires du Jurassique inférieur et d'une semelle d'argilites triasiques. Ces formations sont intrinsèquement peu aquifères. Le réseau de fractures donne naissance à des sources de faible débit.

4.2.6. Calcaires et marnes du massif du Chablais

Les nappes des Préalpes du Chablais constituent un empilement complexe de différents terrains sédimentaires d'origine piémontaise et charriés vers le Nord-Ouest au front de la chaîne alpine. Leur comportement aquifère varie en fonction de l'empilement de ces unités et de leur nature pétrographique.

Formations variées secondaires et tertiaires du domaine pré-piémontais : nappe de charriage de la Brèche

La nappe de la brèche forme l'ossature de la partie méridionale du massif de Chablais, sous forme d'une vasque synclinale entre Taninges et les Gets (elle s'étend au-delà dans les vallées de Morzine et d'Abondance jusqu'à la frontière suisse). Elle constitue une succession stratigraphique presque complète du Trias supérieur à l'Eocène inférieur avec des épisodes brèchiques (conglomérats à éléments anguleux) qui la caractérisent.

Dans le détail, les subdivisions dans la nappe sont fonction des apports détritiques qui se traduisent par des variations entre des niveaux de schistes et des niveaux de brèches. Ces derniers forment l'ossature des reliefs saillants dominant la rive gauche du Giffre entre Taninges et Samoëns (Pic du Marcellly, Pointe de Chamossière).

Les formes karstiques en surface sont peu marquées bien que la dissolution soit facilitée par la nature calcaire et dolomitique de la brèche. La karstification est surtout rendue difficile par l'existence de niveaux de schistes intercalés dans la brèche. Ce sont les fractures dans les niveaux de brèche inférieure et de brèche supérieure qui permettent une circulation rapide de l'eau donnant naissance à des sources parfois de débit significatif.

La commune de Taninges et sa station de ski du Praz-de-Lys sont alimentées par des sources issues des assises de la brèche inférieure (2 captages) et de la brèche supérieure (3 captages).

Formations secondaires et tertiaires du domaine Briançonnais : nappes de charriage des Préalpes médianes

La nappe des Préalpes médianes, d'affinité Briançonnaise, est une série de terrain à dominante calcaire allant du Trias à l'Eocène, fortement plissé en anticlinaux et synclinaux, plus ou moins déversés vers le nord-ouest. La nappe est chevauchée vers l'est par la nappe de la brèche. Elle affleure surtout à l'ouest du massif du Chablais dans le bassin versant de la Risse et forme du sud vers le Nord la montagne du Môle et plus à l'est le Mont Orchez, la Montagne des Brasses et la montagne d'Hirmentaz. A l'image de la nappe de la brèche, l'eau va circuler dans le réseau de fissures bien développé, comme pour la source d'Ossat à Marignier dans les contreforts du Môle, (débit de la source compris entre 10 et 20 l/s, exploitée pour l'eau potable), et localement dans un réseau karstique franchement développé (Grottes de Megevette), surtout dans la partie nord en dehors du bassin versant de l'Arve (captage AEP au nord d'Hirmentaz alimentant Bellevaux, karst très développé sur la Montagne de Niffion).

Formations variées du domaine piémontais-ligure : nappes des Gets, de la Simme, des Dranses et Ultrahelvétique

Ces terrains sont souvent regroupés sous le terme générique de « nappes supérieures », car elles recouvrent les nappes de la brèche et des Préalpes médianes. Il s'agit essentiellement de flysch du Crétacé, c'est-à-dire une alternance des bancs peu épais de marnes ou de calcaires et de grès. Les ressources aquifères sont très limitées dans ces terrains en l'absence d'effet capacitif. Les aquifères se limitent à des petites circulations d'eaux au sein des fractures des flyschs qui donnent naissance à une multitude de sources, mais toujours de très faible débit et variable dans le temps. C'est pourtant une des seules ressources de la commune des Gets (dont la population touristique peut atteindre 16 000 personnes en hiver) avec un débit d'étiage des sources qui peut descendre en dessous de 500 m³/j. La commune des Gets, après plusieurs années de pénuries d'eau, possède aujourd'hui un forage de secours dans les alluvions fluvioglaciaires à Essert-Romand (vallée de la Dranse).

La nappe ultrahelvétique regroupe un ensemble hétérogène d'écaillés de terrains de toutes origines à la base du massif et se retrouve à l'affleurement en périphérie du massif. Le comportement de ces terrains est semblable à celui du flysch : perméabilité de fracture limitée à des sources de faible débit.

4.2.7. Formations variées tertiaires du domaine flysch des Voirons : nappe de Charriage de Gurnigel

La nappe de Gurnigel, charriée sur la molasse subalpine en avant du massif du Chablais, est constituée essentiellement de flyschs gréseux et de grès siliceux (grès des Voirons). Les ressources aquifères se limitent à des sources dont le débit est très faible, qui varie en fonction de l'importance de l'altération et de la fracturation des grès. Il s'agit cependant de la ressource principale en eau potable des communes en périphérie du massif des Voirons. Ces nombreuses sources sont exploitées dans toute la Vallée Verte (Saxel, Boège) et comme ressource d'appoint pour le SIE des Eaux des Voirons (Source de la Follaz à Bons-en-Chablais) ou pour Annemasse Agglomération (captages de Lucinges : les Pralets, Granges de Boège, Granges Bartou, les Crottes ; captages de Saint-Cergues : Servette, Rive, Gouille Noire).

4.2.8. Calcaires Crétacés du Salève, de la Mandallaz et d'Age

La chaîne calcaire du Salève, rattaché aux unités jurassiennes, constitue un ensemble essentiellement calcaire et très karstifié. Les calcaires urgoniens qui constituent la carapace du massif, reposant sur les marno-calcaires de l'Hauterivien, sont épais d'environ 200 m. Le principal exutoire du réseau karstique dans la partie nord du chaînon est la source des Eaux belles à Etrembières avec un débit d'étiage de 8 l/s. Elle est captée pour l'AEP à hauteur de 1,5 Mm³ en 2011, soit environ 25 % des besoins d'Annemasse Agglomération.

4.2.9. Formations glaciaires et molassiques de l'Albanais et du Bas-Chablais

Sont regroupées ici la molasse peu perméable et les formations morainiques sensu stricto (argiles à blocs, imperméables) qui affleurent largement en placage au-dessus de la molasse. Ces formations ne sont pas économiquement exploitables dans le territoire du SAGE, mais constituent parfois la seule ressource exploitable pour l'eau potable en pays molassique : multiplication de captages de très faible débit dans le genevois en bordure occidentale du Salève et sur le revers oriental du Salève (collines du pays Rochois).

A l'échelle locale, d'autres formations en placages discontinus peuvent constituer de petits aquifères exploitables. Dans la vallée de l'Arve sont associées des terrasses de Kame, c'est-à-dire des alluvions graveleuses apportées par des cours d'eau latéraux venant buter contre le glacier.

On retrouve ces formations aujourd'hui perchées associées aux moraines latérales soulignant les stades de retrait dans la moyenne vallée de l'Arve. Certaines de ces formations sont suffisamment importantes pour donner naissance à des sources ou des terrasses exploitées pour l'AEP (Sources d'Amancy, captages de Pers-Jussy, forages de Contamine-sur-Arve,...).

4.2.10. Formations glaciaires et fluvio-glaciaires du bas-Chablais – terrasses de Thonon

Ce vaste ensemble intéresse surtout le système de terrasses aquifères de la région de Thonon-les-Bains. Sur le territoire du SAGE de l'Arve, on notera simplement le tracé des paléos-chenaux fluvio-glaciaires, qui sont les résidus de chenaux de fonte du glacier rhodanien, (le débit des cours d'eau qui passe actuellement étant sans commune mesure par rapport à l'incision de ces chenaux, et ne peut expliquer leur creusement).

Deux chenaux intéressent directement l'AEP d'Annemasse agglomération.

Le chenal du Foron genevois qui passe à Bons-en-Chablais, Machilly, Saint-Cergues et Juvigny. Il n'existe pas de remplissage fluvioglaciaire du chenal, mais un remplissage essentiellement palustre (argile, tourbes). Seules les confluences avec les torrents descendant du massif des Voirons ont permis un apport détritique suffisant pour constituer de petits aquifères exploités pour l'AEP :

- La confluence avec le ruisseau de Lethaz, au niveau des puits de Près Chaleur à Saint-Cergues (67 000 m³ en 2011) ;
- La confluence avec le torrent de la Chandouze au puits de Juvigny (44 000 m³ en 2011).

Dans le chenal de Cranves-Sales où coule la rivière Nussance entre le centre-bourg et les Voirons, des alluvions fluvioglaciaires sont exploitées au puits de Bray (103 000 m³ en 2011).

4.2.11. Formations glaciaires du Genevois

Les formations graveleuses interglaciaires qui se développent dans tout le genevois sont le siège d'une nappe qui s'étend à la fois en Suisse (50 km² environ) et en France (10 km²). L'aquifère se présente comme un vaste sillon de 1 à 3 km de large sur près de 14 km de long. L'épaisseur de la couche aquifère est comprise entre quelques mètres sur les bordures à plus de 70 m dans la zone la plus profonde. Le réservoir est constitué de graviers et de galets fluvioglaciers datés de l'interglaciaire Riss-Würm et généralement qualifiés « d'alluvions anciennes ». La nappe est libre, l'épaisseur de la zone saturée est de 10 à 40 mètres. La nappe se situe à environ 50 à 90 mètres de profondeur et est relativement bien protégée des atteintes extérieures par des couches de moraine très peu perméables. L'eau y est d'excellente qualité, bien qu'un peu chargée en calcium.

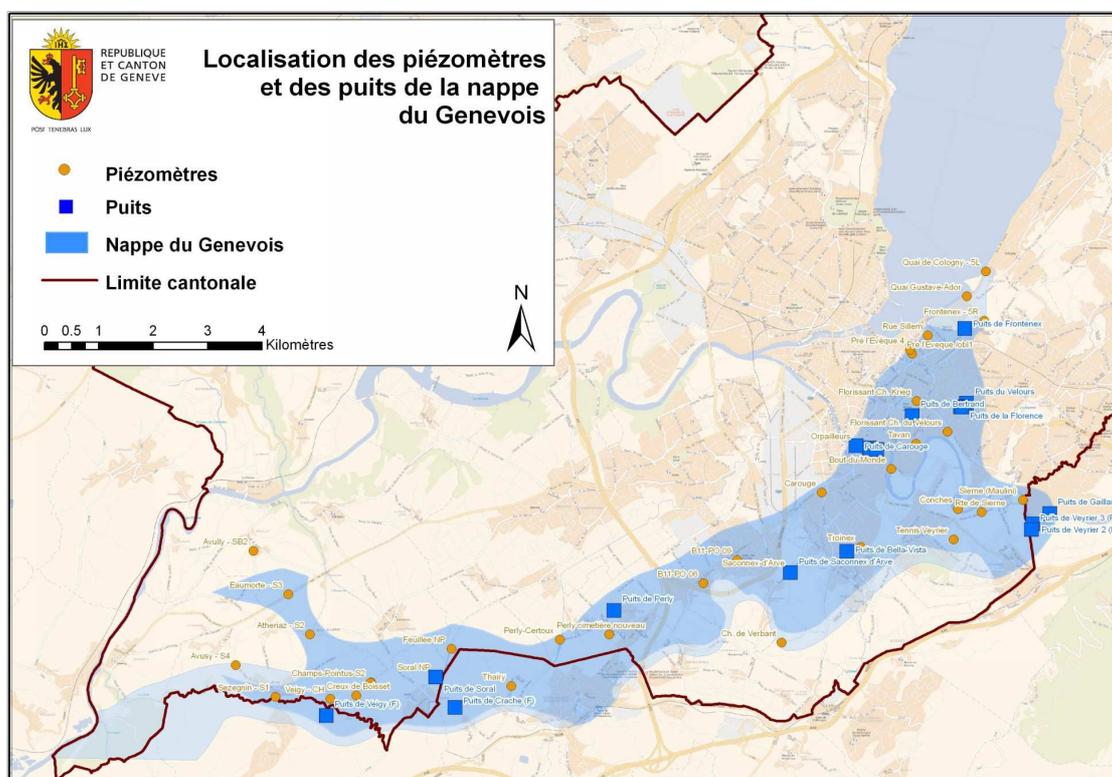


Figure 56 : Situation de la nappe du Genevois (Source : GSDEC/Canton de Genève)

La nappe du Genevois constitue la réserve en eau potable souterraine la plus importante du canton de Genève. Transfrontalière, elle est exploitée par 5 puits en Haute-Savoie sur le territoire du SAGE (puits de Chenevières et les puits de Veyrier pour Annemasse agglomération, puits de Veigy, puits de Crache), et 10 puits sur le canton par SIG: les Services Industriels de Genève (SIG).

Elle est naturellement alimentée par l'infiltration directe des eaux de surface et par l'infiltration à travers le lit de l'Arve, et artificiellement réalimentée par une station située à Vessy.

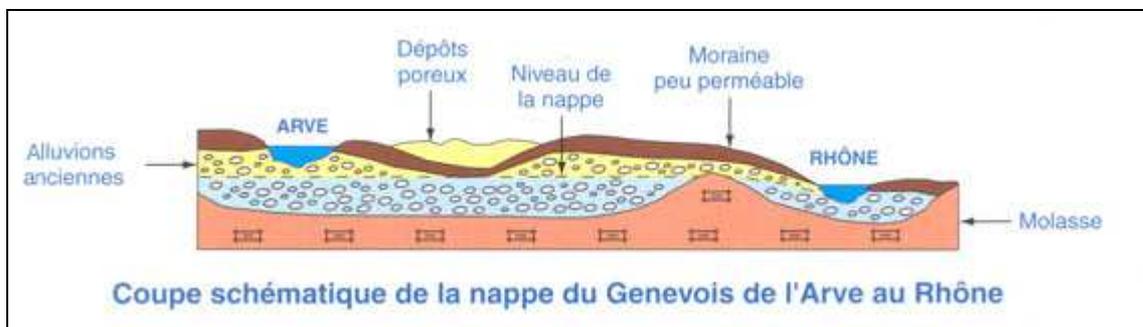


Figure 57 : Coupe hydrogéologique simplifiée de la nappe du Genevois (Source : GESDEC/Canton de Genève)

La réserve totale d'eau utilisable est estimée à environ 16.8 millions de m³ pour une situation normale. Les prélèvements représentent environ 15 millions de m³ par an.

Les niveaux de la nappe sont suivis périodiquement par le service de géologie, sols et déchets du canton de Genève grâce à la gestion d'une quarantaine de piézomètres répartis sur l'ensemble de la superficie de la nappe.

4.3. CARTOGRAPHIE DES AUTRES RESSOURCES AQUIFERES

ATLAS CARTOGRAPHIQUE :

CARTE N° 2 CARTOGRAPHIE DES AUTRES RESSOURCES AQUIFERES DU SAGE

Chaque entité hydrogéologique est représentée par son contour dans le BD LISA. Sont également représentés :

- Les captages d'eaux potables (sources ou puits) ;
- Les principales émergences connues : sources karstiques, sources référencées dans la BSS ;
- Les zones karstifiées ;
- Les semelles de terrain triasiques (présence de cargneules et gypse) ;
- Les résultats des essais de traçages et les principales pertes des réseaux karstiques (dolines, gouffres, avens).

4.4. CONCLUSIONS SUR LES RESSOURCES AQUIFERES DU SAGE MOBILISABLES EN COMPLEMENT DES ALLUVIONS.

Les ressources aquifères hors alluvions sont assez diverses à l'échelle du territoire du SAGE, mais inégalement réparties en quantité, qualité et disponibilité pour les populations.

Les sources dans les massifs granitiques sont très dépendantes de la fracturation du rocher, mais sont généralement de bon débit, car bien réalimentées par les précipitations et les eaux de fontes (neiges, glaciers). Au contact des filons métallifères, ces sources sont parfois chargées en arsenic (Les Houches, Servoz, Chamonix).

Les massifs calcaires (Borne, Aravis, Platé Haut-Giffre, Salève) sont dominés par les phénomènes de karstification, c'est-à-dire la dissolution du calcaire par les eaux de pluie et la fonte de la neige en altitude, qui ont pour conséquence des ressources en eau quasi inexistantes sur les plateaux calcaires (station de Flaine) où l'eau s'infiltre rapidement et ressort dans les vallées dans quelques résurgences à gros débit (source de Chez Party à Magland). Ces sources ne sont pas toujours utilisées car l'eau n'est naturellement pas filtrée avec une très forte vulnérabilité aux pollutions. Les traitements de l'eau avant distribution sont assez lourds et coûteux. Ces résurgences karstiques peuvent constituer une ressource majeure, comme par exemple, la source des Eaux Belles à Etrembières, issue du karst du Salève, qui fournit 25% de l'alimentation en eau potable de l'agglomération annemassienne.

Les autres ressources sont très diverses, mais généralement de débit assez faible. La bordure nord de la vallée du Giffre, rattachée aux calcaires et marnes du Chablais présentent localement des réseaux karstiques et plus généralement des sources de débit moyen, mais suffisants pour les besoins en eau des collectivités. Localement, en fonction de la nature des roches, ces ressources sont encore plus faibles et on voit une multiplication de sources de versants de petit débit (Massif de Voirons, Arâches, les Gets, Taninges zone de schistes du bassin de Sallanches...), mais qui sont souvent les seules exploitables par les collectivités pour l'eau potable. D'autres ressources sont encore plus médiocres en quantité dans les pays molassiques, soit tout le relief de collines de l'arrière-pays Rochois entre le Salève et les Bornes, et l'arrière-pays genevois sur le revers ouest du Salève. La molasse est peu aquifère ; elle est généralement recouverte par des moraines glaciaires imperméables. Les sources y sont nombreuses mais les débits sont insignifiants. On notera que ce territoire correspond à une zone de forte demande en eau potable avec des bassins de population en forte croissance entre Saint-Julien-en-Genevois, Annemasse, Reignier et la Roche-sur-Foron.

La multiplication des sources de faible débit pose les problèmes de la disponibilité de la ressource en étiage hivernal sur les versants (lors des pics de fréquentation touristique) et les étiages estivaux dans les basses vallées (étiage de 2003).

Les seules ressources alluviales autres que les alluvions de l'Arve et du Giffre, sont constituées, par :

- Des petites nappes alluviales sur les vallées affluentes ;
- La nappe du Genevois, ressource majeure pour l'AEP, mais à gestion stricte des volumes prélevés avec le Canton de Genève. Cette nappe est réalimentée artificiellement par les eaux traitées de l'Arve pour compenser le déficit quantitatif observé à la fin des années 1970.

5. INVENTAIRE DES PRELEVEMENTS

5.1. COLLECTE DES DONNEES

La collecte des données a pour objectifs, tout usage confondu, et de la manière le plus exhaustive possible :

- De recenser les ouvrages existants (forages, puits) ;
- D'estimer les prélèvements en nappe ;
- D'évaluer l'importance de la géothermie sur le territoire de l'étude (avec ou sans prélèvement).

5.1.1. Base de données « Redevances » de l'Agence de l'Eau RM&C

Cette base contient les volumes annuels déclarés par les préleveurs à l'Agence de l'Eau qui sont soumis à redevance. Elle constitue, une première approche, du recensement général des prélèvements à l'échelle des vallées de l'Arve et du Giffre.

Jusqu'en 2007, seuls les préleveurs dont les volumes captés annuellement étaient supérieurs au seuil de 30 000 m³/an payaient une redevance. Toutefois, le fichier « redevances » recense également des préleveurs non redevables : de 1987 à 2007, plus de la moitié des déclarations figurant dans le fichier de l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée & Corse sont inférieures à 30 000 m³. Depuis 2008, les seuils de redevance ont été abaissés de 30 000 à 10 000 m³/an. La base de données est structurée de la manière suivante :

Chaque prélèvement est identifié par un code et caractérisé par les données suivantes :

- Localisation, identification et caractérisation de l'ouvrage de prélèvement ;
- Type de ressource exploitée (eaux superficielles ou souterraines et libellé du domaine hydrogéologique) ;
- Maître d'ouvrage (nom) ;
- Volume capté, sa détermination et usage de l'eau (irrigation, AEP, industrielle...).

En 2008, la base de données a adopté une nouvelle nomenclature pour se mettre en conformité avec la LEMA. Désormais, le nom du maître d'ouvrage est complété par son code SIREN et SIRET, les noms et codes d'usage ont changé, le type de milieu a été complété par le libellé du domaine hydrogéologique. La nouvelle structure détaille beaucoup moins les différents usages de l'eau (il n'est plus possible de connaître le type d'irrigation, ni l'usage des prélèvements industriels).

Note importante : certains usages sont exonérés. Il s'agit des exhaures d'eaux de mines dont l'activité a cessé, des travaux souterrains, du drainage pour le maintien à sec des bâtiments et ouvrages, de l'aquaculture, **de la géothermie**, de la lutte antigel des cultures ou du prélèvement dans le cadre d'une prescription administrative (préservation d'écosystèmes aquatiques, réalimentation des milieux naturels...).

5.1.2. Bases de données institutionnelles

En complément de la base de données de l'agence de l'Eau relative aux redevances, le recensement des ouvrages et prélèvements s'est basé sur les organismes détenteurs de la donnée sur les forages et les prélèvements à l'échelle du territoire :

- Pour l'AEP : consultation de l'ARS74 et des syndicats ou communes en régie directe pour les captages d'eau potable. Les chiffres des prélèvements sont ceux des RPQS (rapport annuel sur le prix et la Qualité du Service de l'eau) de l'année 2011 ;
- La consultation de la banque de données du sous-sol du BRGM (BSS), pour les forages ;
- Les archives de la Police de l'Eau à la DDT de Haute-Savoie à Annecy, où sont rassemblés tous les dossiers de déclaration d'ouvrages au titre de la Loi sur l'Eau, mais aussi récemment les déclarations de forage au titre du Code Minier (Guichet unique de la DDT qui centralise toutes les déclarations de forage) ;
- Les archives de la DREAL Haute-Savoie pour les prélèvements des industriels (base GEREPE, ICPE uniquement) ;
- La consultation de rapports hydrogéologiques et d'archives internes faisant mention d'ouvrages de prélèvements.

5.1.3. Questionnaires envoyés aux communes

Un questionnaire type a été envoyé aux 41 communes concernées par les alluvions de l'Arve et du Giffre, avec 3 thématiques :

- L'estimation des ouvrages et prélèvements des particuliers sachant que les ouvrages de prélèvement des particuliers sont soumis à déclaration en Mairie depuis le 1er janvier 2009 au titre du décret n°2008-652 du 2 juillet 2008, dont les modalités de contrôle ont été précisées dans l'arrêté du 17 décembre 2008.
- L'estimation des ouvrages géothermiques (pompes à chaleur en nappe, ou sondes géothermiques verticales) ;
- Les prélèvements liés aux besoins des communes (arrosage, nettoyage, agrément...).

Sur les 41 communes à qui ont été adressé le questionnaire, **30** nous ont répondu, soit un taux de retours environ 73%. Les données sont souvent informelles et difficiles à exploiter. Les réponses au questionnaire sont présentées suivant les 3 thématiques (tableau page suivante).

5.1.1. Détail des questionnaires envoyés aux foreurs et aux entreprises d'installations géothermiques

Sur les 17 entreprises contactées, 2 ont accepté de nous fournir des données (cf. tableau page précédente). Le peu de retours s'explique en effet de part la confidentialité des données et d'autre part par la charge de travail.

La SARL Tervalor, basée à Naves-Parmelan, a accepté de synthétiser ses données sous forme de linéaires de forages réalisés par commune. Malheureusement, les données fournies sous cette forme ne permettent pas de distinguer les forages géothermiques des autres types de forage, ni de savoir s'il s'agit de forages pour PAC en nappe ou de SGV. Les données n'ont donc pu être exploitées.

En outre, la société Delavoët nous a fourni des données largement exploitables qui ont été recoupées et/ou ajoutées à la synthèse globale.

	Aquifères	Commune	Déclaration particuliers	Estimation exhaustive nb d'ouvrages	Infos usages	Infos prélèvements	Infos profondeur ouvrages	Infos profondeur eau	Remarques
1	Alluvions	AMANCY	1	NON	NON	NON, mais certainement faibles	NON	2 à 3 m	
2	Alluvions + sillons	ARTHAZ-PONT-NOTRE-DAME	1	45	Arrosage jardin (1/4), remplissage piscine	Marâchages principalement	14 à 18 m	1 à 3 m	Probablement des PAC chez les particuliers
3	Alluvions	CHAMONIX-MONT-BLANC	7 forages depuis 2009	> 7	PAC, domestique et AEP	NON	10 à 30 m	NON	
4	Alluvions	LA RIVIERE-ENVERSE	5 dont 1 PAC	NON	NON	NON	NON	NON	
5	Alluvions	PASSY	11	5 à 10 en plus	NON	NON	6 à 12 m	6 à 12 m	Les puits sont essentiellement dans des granges dans la plaine et très peu utilisées.
6	Alluvions	SAINT-PIERRE-EN-FAUCIGNY	1	NON	NON	NON	NON	NON	La déclaration concerne un forage de prélèvement et un forage de réinjection autorisés par DDEA
7	Alluvions + sillons	SCIENTRIER	1	NON	Arrosage jardins, AEP, piscine et autres non connus	NON	NON	NON	
8	Alluvions	THYEZ	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
9	Alluvions	VERCHAIX	1	Non	Géothermie	> 4 000 m3/an	5 m	NON	
10	Alluvions	VOUGY	OUI	Non	Alimentation en eau des bêtes	NON	NON	NON	Probabilité de puits dans les fermes, PAC pour chauffage du groupe scolaire) - Prélèvements communaux pour arrosage terrain de foot, environ 50 m3/j)

Tableau 8 : Réponses positives des communes sur les ouvrages des particuliers

	Aquifères	Communes	Infos PAC nappe	Infos SGV	Infos débits prélèvement/réinjection	Remarques
1	Alluvions	CHAMONIX-MONT-BLANC	3 PAC en nappe déclarées	NON	1 PAC nappe à 7 100 m ³ /an	Sur les 3 PAC déclarées, 2 rejets en nappe et un en milieu superficiel
2	Alluvions	LA RIVIERE-ENVERSE	1 PAC	NON	NON	15 m de profondeur
3	Alluvions	MONNETIER-MORNEX	OUI	8 forages à 100 m de profondeur	NON	La commune dispose de SGV: 8 forages
4	Alluvions	SAINT-PIERRE-EN-FAUCIGNY	> 2	NON	NON	La déclaration concerne un forage de prélèvement et un forage de réinjection autorisés par la DDEA
5	Alluvions	SERVOZ	> 4	NON	NON	Ces deux dernières années, au moins 4 permis de chauffage géothermique
6	Alluvions	SIXT-FER-A-CHEVAL	1	2	NON	
7	Alluvions	VOUGY	OUI	NON	NON	

Tableau 9 : Résultats des enquêtes communales sur la géothermie

	Aquifères	Communes	Infos prélèvements communaux	Remarques
1	Alluvions	AMANCY	OUI	
2	Alluvions	ANNEMASSE	Oui, puits pour arrosage, 1 500 m ³ en 2010	Déclaré dans le fichier Agence de l'Eau
3	Alluvions	MARNAZ	3 pompes à 22 m de profondeur	
4	Alluvions	PASSY	Oui, puits avec pompe pour espace vert et nettoyage véhicule	
5	Alluvions	THYEZ	OUI	Prélèvement communal pour arrosage et remplissage d'un miroir d'eau de moins de 1 000 m ³ /an
6	Alluvions	VOUGY	OUI	Prélèvements communaux pour arrosage terrain de foot (environ 50 m ³ /j)

Tableau 10 : Résultats des enquêtes sur les prélèvements communaux

	Foreur	Coordonnées foreur	CP	Tél	Fax	Adresse électronique	Réponse	Collaboration	Justification
1	ACRO BTP	29 Clos Baz	74700 SALLANCHES	04.50.58.56.02/0 6 89 98 10 55	04 50 58 57 04	jbaud@acro-btp.fr contact@acro-btp.fr	OUI	NON	
2	ECO'ALTERNATIVE	251 route de la Serraz – ZI de la Plaise	73 370 LE BOUR- GET DU LAC	0 820 820 149	04 79 25 08 92	<a href="mailto:ser-
vice.clientele@ecoalte
rnative.com">ser- vice.clientele@ecoalte rnative.com	NON	NON	
3	EQUATERRE	6, rue Euro	74 960 MEYTHET	04.50.67.18.61	04 50 67 64 08	<a href="mailto:equa-
terre.74@wanadoo.fr">equa- terre.74@wanadoo.fr	NON	NON	
4	FONDASOL	58, avenue Bruyères	69150 Décines Charpieu	04.72.37.68.88		lyon@fondasol.fr	OUI	NON	Sans suite
5	FTS (Société du groupe FORASOL – Suisse) - Bernard ROTURIER	ZI les Dragiers – 112 impasse Louis Armand	74800 LA ROCHE SUR FORON	04 50 25 48 72	04 50 25 19 28	info@forasol.com	OUI	NON	N'a pas travaillé dans le secteur
6	GEOFORAGE	255, rue Jean Morin	74800 La Roche sur Foron	04.50.07.88.49/0 6 98 00 91 15		-	OUI	NON	Faute de temps
7	GEOTEC	Parc de Calvi - 463, rue Arti- sanat	74 330 Poisy	04.50.24.32.81		<a href="mailto:agence-
annecy@geotec-
sa.com">agence- annecy@geotec- sa.com	OUI	NON	Forages géo- techniques essentielle- ment
8	Groupement GEO- LITHE/FOREXSOL	181 rue des Bécasses – Cédex 112 F	38920 CROLLES	04 76 92 22 22	04 76 92 22 23 06 70 00 75 80	<a href="mailto:con-
tact@geolithe.com">con- tact@geolithe.com ; claire.bonin@geolithe.com	OUI	NON	Ne fais pas de géothermie
9	HYDROFORAGE	Route de Ge- nève - ZA Planchon	01 510 Virieu le Grand	04.79.87.84.09	04 79 87 81 58	<a href="mailto:hydro-
forage@orange.fr">hydro- forage@orange.fr	OUI	NON	
10	MANNFOR SARL	Chante Merle	74370 PRINGY	09.71.51.59.24/0 4 50 46 17 21/06 75 98 18 58		bohn@mannfor.eu	NON	NON	
11	PAC Energie sarl	rue de l'artisa- nat 95	39220 LES ROUSSES			info@vionnetsa.com	OUI	NON	N'a pas travaillé dans le secteur

	Foreur	Coordonnées foreur	CP	Tél	Fax	Adresse électronique	Réception questionnaire	Réponse	Collaboration	Justification
12	Régionale de forages	1 rue des Chate-lardes	38150 BOUGE CHAMBALUD	04 74 84 09 20		-	NON	NON	NON	
13	SARL Delavoet et Fils	ZA les Tattes	7430 NANGY	04.50.36.22.52	04 50 36 23 99	sarl.delavoet@wanadoo.fr	OUI	OUI	OUI	Forages PAC en nappe
14	SARL Gaïatherm Forages	ZA Pré Millet - 680 rue A. Bergès	38330 MONT-BONNOT SAINT-MARTIN	04.76.52.41.20		nicole.plotto@imsrn.com	NON	OUI	NON	
15	SARL TER-VALOR	36, chemin du Crêt Martian	74370 Naves Parmelan	04.50.60.65.61	04 50 60 60 59	contact@tervalor.fr	OUI	OUI	OUI	
16	SONDALP	16, rue Aqueduc	69210 Lentilly	04.78.48.06.34		m.bosse@sondalp.fr ; m.jourdren@sondalp.fr	NON	NON	NON	
17	Xeotherme	16 quai Sophie Durand	38300 Bourgoin Jallieu	04.74.43.49.40		-	NON	NON	NON	

Tableau 11 : Résultats de l'enquête menée auprès des foreurs et entreprises d'installations géothermiques

5.2. PRELEVEMENTS POUR L'AEP

Les prélèvements pour l'AEP ont été estimés avec le recoupement des données suivantes :

- « Redevances » de l'Agence de l'Eau RM&C ;
- De l'ARS de Haute-Savoie ;
- Des différents gestionnaires d'eau, à travers les rapports sur le prix et la qualité du service annuel (RPQS, chiffres de 2011).

5.2.1. Base de données « Redevances » de l'Agence de l'Eau RM&C

Après corrélation des différentes sources d'information, il est important de signaler que les données « Redevances » de l'Agence de l'Eau sont incomplètes et comportent des erreurs :

- de regroupement entre ressources gravitaires et prélèvements en nappe sous une même appellation. Ces regroupements ne sont pas systématiquement les mêmes d'une année à l'autre ;
- des erreurs sur la dénomination de ressources, qui ne sont pas toujours les mêmes d'une année à l'autre.

5.2.2. Base de données de l'ARS actualisée avec les RPQS 2011 des gestionnaires

La synthèse a été réalisée à partir des captages dans les alluvions de la vallée de l'Arve. Elle concerne les captages prélevant l'eau des alluvions uniquement, soit 20 ouvrages ou groupes d'ouvrages. A chacun de ces captages ou groupes de captages correspond une unité de gestion, c'est-à-dire un syndicat ou une commune en régie directe (13 unités de gestion recensées). Les communes adhérentes aux syndicats ne sont pas nécessairement toutes implantées en fond de vallée (exemple : la Roche-sur-Foron adhérente du CERF, ou certaines communes périphériques d'Annemasse Agglomération), et certaines communes ne prélèvent pas directement dans les alluvions de l'Arve (Maugland, Passy). Des ouvrages ont récemment été abandonnés (Puits d'Ayze) ou ne sont utilisés qu'en secours (puits de Domancy), ou en période de pointe touristique (Puits de Clair Temps aux Houches). **Toutes les communes exploitant les alluvions ont un complément avec des ressources gravitaires en bordure de vallée.** Les alluvions de la vallée du Giffre n'ont pour le moment pas fait l'objet d'exploitation pour l'usage d'eau potable. L'ensemble des ressources gravitaires suffisent actuellement aux besoins des communes.

La synthèse des données des RPQS de 2011 nous permet de connaître les volumes exploités par ressource : puits dans les alluvions, mais aussi la part et l'origine des autres ressources (gravitaires, ou prélèvement dans de petites nappes), ainsi que les ventes d'eaux entre unités de gestion.

Le tableau qui suit présente de manière synthétique les données relatives aux syndicats ou régies prélevant dans les alluvions, les échanges d'eaux entre syndicats, et les prélèvements complémentaires hors alluvions.

Aquifère	Nom du champ captant	Maître d'ouvrage	Population desservie	Volume total prélevé en nappes fin 2011	Hors alluvions			Echanges d'eau		
					Nom de l'ouvrage	Volume prélevé alluvions (m³) fin 2011	Volume schtré	Vente	Volume vendu	Acheteur
Nappe du Genevois	Puits de Veyrier	Puits de Chenevières (Gaillard)	80 280	1 444 077	185 546			361 044	SIEC (Voivons)	
				21 051	1 500 898					
	Puits d'Arthaz - Menoge	Annemasse Agglomération	80 280	824 588	102 831					
				2 552 646	67 518	168 389	SIEC (Rocaille)			
Alluvions / Salève	Puits du Pas de l'Échelle	SIEC des Rocailles	19 555	216 871	346 076			112 488	Commune d'Arthaz	
				1 535 875	54 289					
	Puits de Passerier	SIVU du CERF	13 364	789 728	20 855			168 309	Annemasse Aglop	
				2 205 111	25 316	0		4 728	Commune de Cornier	
Cône du Borne	Puits de Bajolet	Saint-Pierre-en-Faucigny	2 205	225 111	70 777					
				21 601	75 631	0				
	Puits de la Ferme Blandet	SIEP Aventhon et Saint-Pierre-en-Faucigny	211	21 601	137 417	0				
				845 051	100 992	4 880				
	Puits de Vozrier-de-Dessy	Commune de Bonneville	11 623	845 051	11 613	148 113				
					4 992	148 113	0			
	Puits d'Ayze	Puits abandonnés	Puits abandonnés	11 623	4 127	976				
					976	976				
	Alluvions récentes de l'Arve	Forages des Valignons	Ville de Marnaz	5 208	278 574	23 701	0		0	
					725 587	136 689	0		0	
Cône du Giffre	Puits de la Jumel	Ville de Cluses	17 468	668 509	245 142					
				6 324	55 480	0				
	Captages de Pressy	Ville de Marignier	6 324	668 509	41 975	341 197	0			
					323 700	323 700	0			
	Puits de Sallanches dits de "Cayenne"	Ville de Sallanches	16 216	1116 000	222 800	222 800	0			
					99 900	222 800	0			
	Puits de Domancy dit de "Letraz"	SIE Combloux - Domancy - Demi-Quartier	Puits de secours	16 216	45 300	45 300	0			
					6 300	6 300	0			
	Alluvions récentes de l'Arve	Puits de Clair temps	Commune des Houches	3 142	404 147	26 996				
					3 142	39 858	0			
Puits de le Joux		Ville de Chamonix	32 430	?	129 065					
				117 330	162 922	0				
Puits des Chosalets		Ville de Chamonix	32 430	117 330	54 635	123 472	0			
					79 378	1 862 040	0			

Tableau 12 : Données de prélèvements (en m³) en 2011 par unité de distribution pompant dans les alluvions de l'Arve

Au total, ce sont 9,1 millions de m³ prélevés dans les nappes de l'Arve en 2011 pour les besoins en eau potable des collectivités (hors nappe du Genevois). Ces prélèvements couvrent un peu plus de la moitié des besoins des collectivités. Les autres ressources (essentiellement gravitaires sur les versants) assurent le complément (8 millions de m³ en 2011) et la nappe du Genevois pour Annemasse Agglomération (1,4 millions de m³ en 2011). Ce chiffre ne prend en compte que les communes utilisant une partie de leur besoin en eau potable dans les alluvions de l'Arve et du Giffre. (Les autres communes ou syndicats utilisent uniquement des ressources de versant ou des puits).

Note : l'eau du puits de Cayenne (très sulfatée) est diluée avec les ressources gravitaires avant distribution en eau potable de la ville de Sallanches. Le chiffre correspond à la déclaration Agence de 2010 (116 800 m³ en 2010). Les chiffres pour le Syndicat des Rocailles sont ceux de 2010 (pas de RPQS en 2011).

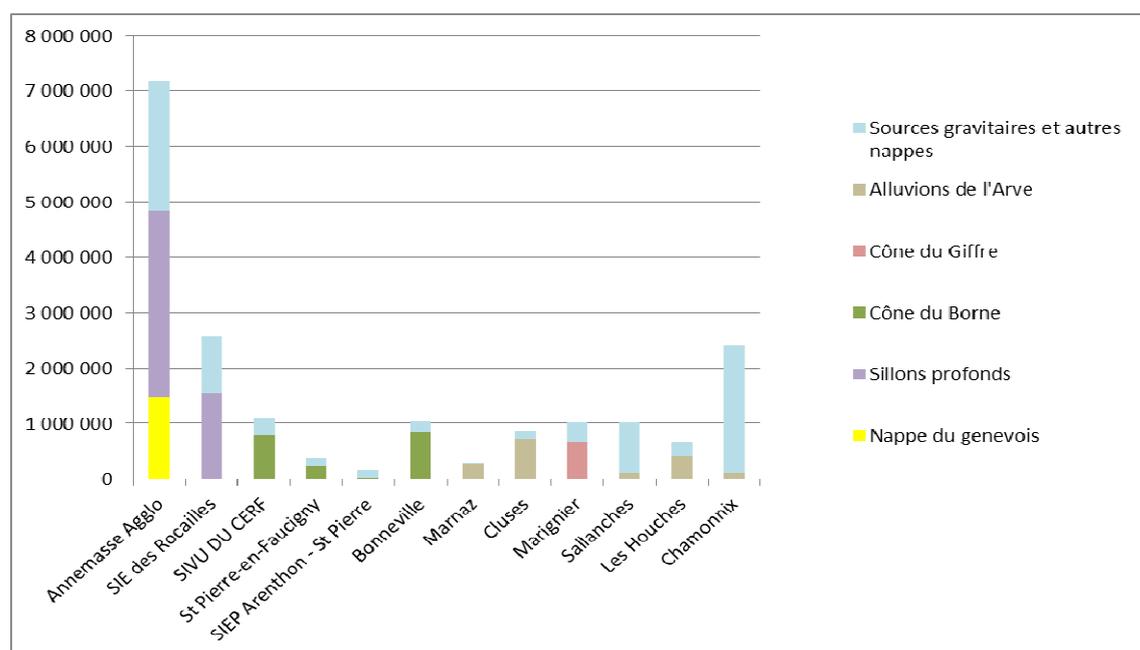


Figure 58 : Comparaison par unité de gestion entre les volumes prélevés en 2011 dans les alluvions et les volumes prélevés hors alluvions (Source : rapports RPQS et Agence de l'Eau)

La figure page suivante présente la répartition spatiale :

- Des unités de gestion prélevant dans les alluvions ;
- Des volumes d'eau potable produits et des populations desservies ;
- De la part de chacune des ressources en eau potable en alluvions (nappe du Genevois, sillons profonds, cône du Borne, cône du Giffre, alluvions de l'Arve) et des autres sources gravitaires et nappes de vallées affluentes de l'Arve.

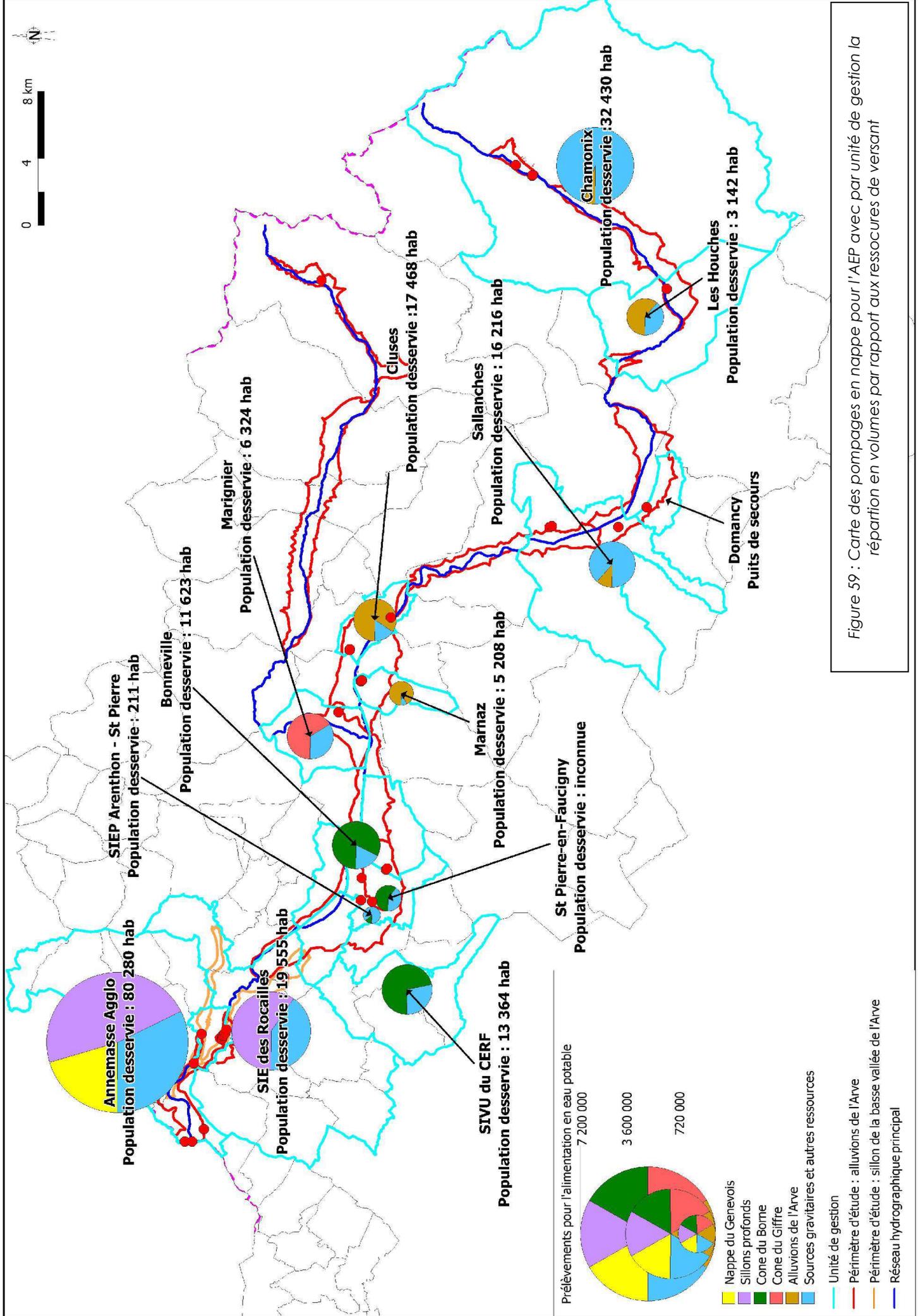


Figure 59 : Carte des pompages en nappe pour l'AEP avec par unité de gestion la répartition en volumes par rapport aux ressources de versant

5.3. PRELEVEMENTS POUR L'INDUSTRIE

Les données concernant les prélèvements industriels sont issues :

- Des déclarations GEREP (déclarations annuelles des émissions polluantes et des déchets par les établissements industriels, élevages, stations d'épuration urbaines, sites d'extraction minière), fournies par la DREAL (cf. tableaux page suivante).
- Des données de redevances de l'Agence de l'Eau RM&C ;
- Des données du SIVOM de Cluses qui a recensé les industries sur son territoire, en 2011.

L'ensemble de ces données indique 48 sites de prélèvements industriels avec un volume annuel de l'ordre de près de 700 000 m³ en 2010 (année avec le plus de données disponibles), soit environ 6 % du volume prélevé pour l'eau potable dans les nappes.

5.4. PRELEVEMENTS AGRICOLES

5.4.1. Méthode d'estimation

Il n'existe pas de données relatives aux prélèvements pour l'agriculture, à l'exception des déclarations au titre de la Loi sur l'Eau (aucune recensée pour l'agriculture) et des prélèvements soumis à redevance (une seule déclaration en 2007 et 2008, service des espaces verts de la ville d'Annemasse, 8000 m³/an). Pour se donner une image de l'impact des prélèvements, nous avons réalisé une estimation sur la base des besoins en eau pour l'agriculture.

Note importante : il ne s'agit pas spécifiquement de prélèvements en nappe, le détail de cette information n'étant pas connu par ailleurs (ouvrages, volumes). Les prélèvements peuvent se faire sur des sources en bordure des alluvions ou directement par le biais du réseau d'eau potable. L'évaluation des besoins en eau pour l'agriculture permet simplement de se donner une idée de l'importance des besoins par rapport aux autres prélèvements.

Les données proviennent de l'enquête auprès de la Chambre d'agriculture concernant les différents besoins en eau (irrigation, traitements...) des grands types de culture (viticulture, arboriculture, maraîchage, grande culture, prairie) et les besoins en eau (abreuvement, traite, transformation...) des différents types d'élevage (ovin, caprin, bovin).

Les surfaces cultivées et le nombre de têtes de bétail sont les données du Registre Parcellaire Graphique de 2011 (déclaration au titre de la Politique Agricole Commune ou PAC) à l'échelle communale. Cela concerne donc des communes pour partie dans les alluvions et pour partie sur le versant. Dans la basse vallée de l'Arve, l'essentiel des activités agricoles est concentré en fond de vallée.

Dans la partie amont, et dans toute la vallée du Giffre, les données sont fondamentalement extrapolées pour partie sur les versants.

5.4.2. Résultats pour l'irrigation

Les hypothèses de travail pour l'irrigation issues des échanges avec la Chambre d'Agriculture des deux Savoie sont les suivantes :

Hypothèses sur l'irrigation	Il n'y a pas d'irrigation sur les parcelles viticoles et céréalières hors maïs Moyenne savoyarde : irrigation sur 5% de la superficie en maïs, 80% en arboriculture, 70% maraîchage. On considère pour la vallée de l'Arve l'absence d'irrigation pour la prairie (1% sur prairie en Savoie).
Hypothèses sur la production de vin	Estimation à 80 hl par hectare de vigne (moyenne savoyarde)
Hypothèses sur le ratio maraîchage plein champ/ sous serre	Estimation sur la base de la moyenne savoyarde (80% plein champ, 20% sous serre)

Tableau 13 : Hypothèses pour estimer les besoins en eau pour l'irrigation

L'estimation en fonction des besoins en eau en fonction des surfaces déclarées est la suivante :

Type de culture	Surface concernée (en ha)	Estimation des besoins (en m ³ /an)
Viticulture	18	445
Arboriculture	18	20 353
Maraîchage	89	385 527
Grande culture	3104 (dont 189 en maïs)	25 988
Prairie	13 497	0
TOTAL	16 726	432 313

Tableau 14 : Estimation des consommations d'eau pour l'irrigation

Les estimations pour l'irrigation montrent un besoin en eau de l'ordre de 450 000 m³ d'eau par an. L'irrigation des grandes cultures semble assez rare, voire inexistante : la surface est moindre et les besoins finalement limités. Le chiffre paraît le plus réaliste pour le maraîchage, réputé grand consommateur d'eau, malgré la faible surface cultivée (89 ha). Les besoins en eau pour le maraîchage représentent plus de la moitié des besoins estimés de l'irrigation (89 % des besoins en irrigation).

5.4.3. Résultats pour l'élevage

Les hypothèses de travail pour l'élevage issues des échanges avec la Chambre d'Agriculture des deux Savoie sont les suivantes :

Hypothèses sur l'estive	2/3 de l'année passée à l'étable Base de l'estimation faite par la CA 73/74
Hypothèse sur la transhumance	Pas de transhumance pour les ovins (nombre de bêtes constant dans l'année)
Hypothèses sur la transformation du lait	Pas de transformation laitière pour les ovins (pas de bêtes laitières) Transformation laitière (bovins) essentiellement en coopérative

Tableau 15 : Hypothèses pour estimer les besoins en eau pour l'élevage

L'estimation en fonction des besoins en eau (abreuvement, lavage, transformation) en fonction du nombre de têtes est la suivante :

Type de culture	Nombre de têtes	Estimation des besoins (en m ³ /an)
Ovins	2 441	6 327
Caprins	995	995
Bovins	10 113 (dont 3 012 laitières)	258 387
TOTAL	21 162	265 619

Tableau 16 : Estimation des consommations d'eau pour l'irrigation

Ce chiffre n'intègre pas les eaux de lavage et de transformation du lait.

5.5. PRELEVEMENTS DES PARTICULIERS

5.5.1. L'usage de l'eau

On parle ici des prélèvements uniquement domestiques, dans le sens de la Loi sur l'Eau, c'est-à-dire inférieurs à 1 000 m³/an. Ces prélèvements regroupent différents usages, mais qui sont pour l'essentiel :

- L'agrément (fontaine, bassin) ;
- L'arrosage (pelouse, jardin) ;
- Le remplissage des piscines ;
- Dans de plus rares cas, l'usage d'eau potable (eaux ménagères, à la marge eaux de consommation).

Les installations géothermiques sur nappe sont rarement utilisées par les particuliers. Elles sont plutôt réservées aux plus gros bâtiments (logements collectifs, bâtiments communautaires). De plus, compte tenu des débits en jeu, la géothermie sur nappe ne rentre pas dans le champ d'application des prélèvements domestiques.

Les ouvrages de prélèvement des particuliers sont soumis à déclaration depuis le 1er janvier 2009.

Le décret n°2008-652 du 2 juillet 2008, relatif à la déclaration des dispositifs de prélèvements, puits ou forages réalisés à des fins d'usage domestique de l'eau et à leur contrôle, ainsi qu'à celui des installations privatives de distribution d'eau potable, repris dans le code général des collectivités territoriales stipule que :

« Tout prélèvement, puits ou forage réalisé à des fins d'usage domestique de l'eau fait l'objet d'une déclaration auprès du maire de la commune concernée. Ces informations sont tenues à disposition, notamment, des agents des services publics d'eau potable et d'assainissement. En outre, un dispositif de contrôle est prévu par l'article L.2224-12. En cas d'utilisation d'une autre ressource en eau par l'abonné, le règlement de service prévoit la possibilité pour les agents du service d'eau potable d'accéder aux propriétés privées pour procéder au contrôle des installations intérieures de distribution d'eau potable et des ouvrages de prélèvement, puits ou forages. »

Les modalités du contrôle ont été précisées dans l'arrêté du 17 décembre 2008 fixant les éléments à fournir dans le cadre de la déclaration en mairie de tout prélèvement, puits ou forage réalisés à des fins d'usage domestique de l'eau. Cela concerne les prélèvements inférieurs à 1 000 m³/an, qui ne sont donc pas soumis au code de l'environnement (Loi sur l'Eau). Cela concerne donc tous les ouvrages réalisés après le 01/01/2009.

5.5.2. Réponses des questionnaires aux communes

10 communes sur 41, soit un quart des communes concernées, ont enregistré des déclarations d'ouvrages (entre 1 et 11 ouvrages par commune), mais toutes s'accordent à dire que l'information n'est pas exhaustive. Au final, 24 ouvrages particuliers ont été déclarés. Le nombre d'ouvrages total est bien évidemment supérieur, mais reste difficile à estimer. Sur la base des informations orales collectées auprès des différents interlocuteurs, **un chiffre supérieur à 100 ouvrages est retenu pour l'ensemble de la zone d'étude.**

Certaines communes ont proposé une estimation des ouvrages sur leur territoire, comme Arthaz-Notre-Dame, qui évalue, par extrapolation ou par connaissance du contexte local, à environ 45 le nombre d'ouvrages domestiques. Ces ouvrages sont généralement voués à l'arrosage de jardins, au remplissage de piscine, à l'alimentation en eau du bétail, à la géothermie et à l'AEP. Les informations recueillies semblent indiquer des profondeurs d'ouvrage inférieures à 30 m, avec un niveau de nappe globalement situé entre 1 et 3 m. Les prélèvements effectués sur ces ouvrages ne sont pas connus.

Concernant la géothermie, les données collectées au niveau communal sont faibles : seulement 7 communes sur 41 (soit 6%) ont répondu positivement sur la connaissance d'ouvrages géothermiques sur leur territoire. Ces données sont très incomplètes par rapport à ce qui a pu être recensé en déclaration par la Police de l'Eau. Un volet spécifique sur cette thématique est présenté par la suite (voir le volet spécifique à la géothermie).

5.6. PRELEVEMENTS COMMUNAUX

Les réponses collectées auprès des communes sur leurs propres prélèvements sont peu exploitables. On sait toutefois que les communes ont souvent recours à des puits pour leurs propres besoins (arrosage des terrains de sport, espaces verts, eaux de lavage...).

On recense 6 prélèvements en nappe pour les usages communaux, chiffre largement sous-estimé. On peut supposer que les espaces verts sont arrosés à l'aide des puits communaux, à plus forte raison les terrains de sport qui disposent presque systématiquement d'un puits d'arrosage. Dans les zones de lavage et d'entretien des véhicules communaux, l'eau est souvent prélevée en nappe.

5.7. CAS PARTICULIER DE LA GEOTHERMIE

5.7.1. L'usage de la géothermie très basse énergie

On parle ici de **géothermie très basse énergie**, c'est-à-dire de la **géothermie superficielle du proche sous-sol nécessitant l'utilisation d'une pompe à chaleur (PAC)**.

Cet usage est en fort développement depuis plusieurs années. La ressource géothermique est exploitée de deux manières, soit par PAC sur eau de nappe, soit par PAC sur sondes géothermiques verticales.

La PAC sur eau de nappe (aquathermie) consiste à réaliser un doublet de forages en nappe avec un puits de pompage et un puits de rejet. Il existe un équilibre quantitatif si l'intégralité du débit puisé est rejetée dans la même nappe, même si très localement la piézométrie est perturbée. Parfois, à cause du risque de recyclage des eaux en pompage, les eaux sont directement rejetées dans le réseau de surface (eau pluviale ou cours d'eau). L'incidence principale des PAC sur nappe se fait sur le plan thermique avec une eau rejetée plus froide en hiver (4 à 5°C) et plus chaude en été si la PAC est utilisée pour la climatisation.

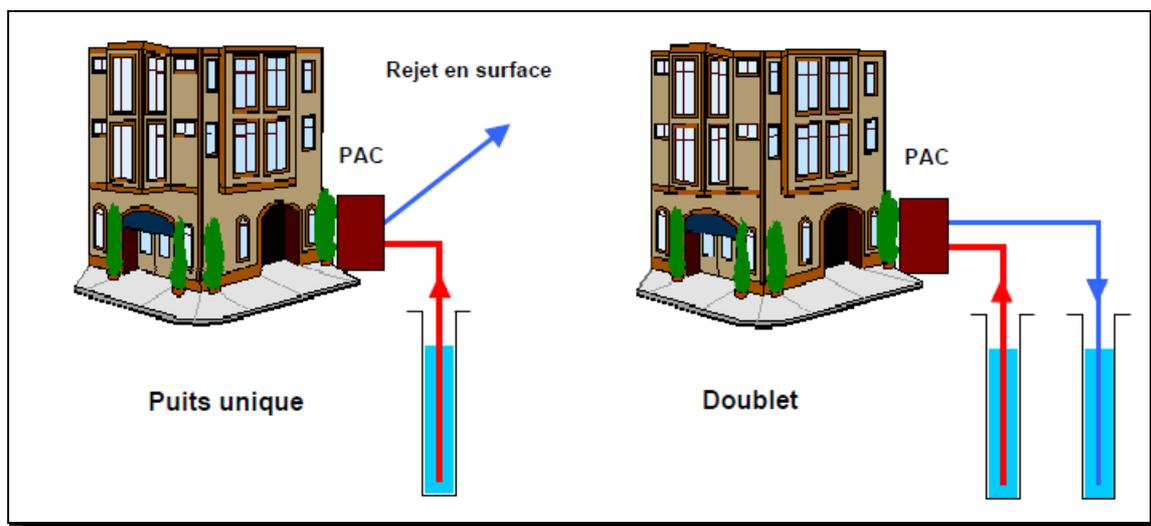


Figure 60 : Schéma de principe du PAC sur eau de nappe (BRGM)

La PAC sur sondes géothermiques verticales (SGV) consiste à utiliser un échangeur thermique via un forage profond (100 m) pour extraire les calories ou les frigories du sol en profondeur. L'eau n'est pas indispensable dans le processus, même si elle tend à l'améliorer. C'est la chaleur profonde du flux géothermique terrestre (en moyenne 4°C/100m) qui est utilisée ici. L'énergie récupérée est fonction de la nature du terrain (en moyenne 30 à 50 W/ml).

Suivant l'importance de l'installation, une ou plusieurs sondes peuvent être installées. On parle de champ de sondes géothermiques quand leur nombre devient important (cas des gros bâtiments).

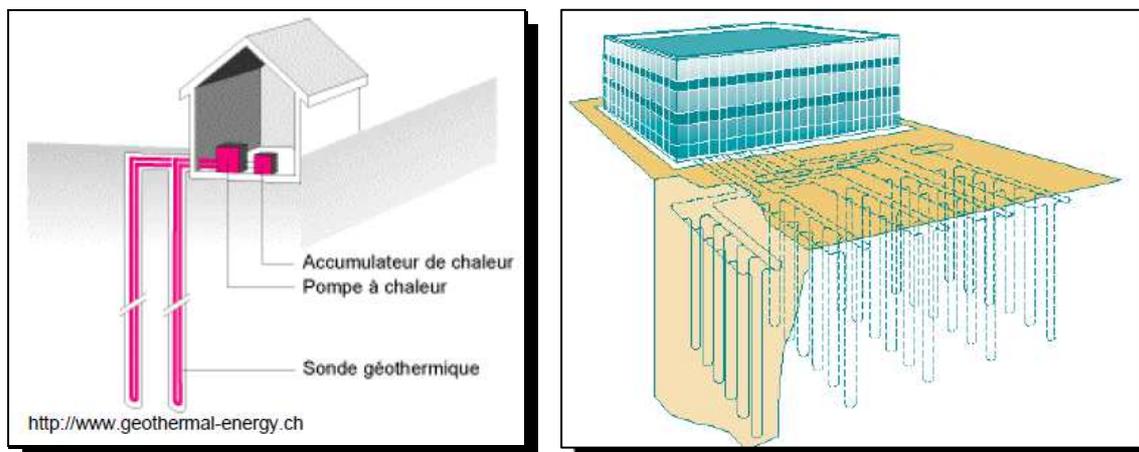


Figure 61 : Schéma de principe des sondes et champs de sondes géothermiques (Source : [geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch))

5.7.2. La réglementation

Le code Minier

Le Décret n°78-498 du 28 mars 1978 fixe les règles de recherches et d'exploitation des gîtes géothermiques qui sont divisés en trois catégories :

- Gîte à haute température (eaux à plus de 150°C) ;
- Gîte à basse température (eaux à moins de 150°C) ;
- Gîte de minime importance (cas particulier du précédent) : si la profondeur des forages est inférieure à 100 m et le débit calorifique maximal possible, calculé par rapport à une température de 20°C est inférieur à 200 thermies par heure (soit 232 kW) (1 thermie = 106 calories = 4,18 106 Joule = 1,163 kWh).

La recherche et l'exploitation de gîtes géothermiques à haute température sont soumises à la réglementation minière générale et notamment à l'obtention d'un permis exclusif de recherche par arrêté ministériel ou d'une concession par décret en Conseil d'Etat (Code Minier, titres II et III, et décret n°95-427 du 19/04/1995).

La recherche et l'exploitation de gîtes géothermiques à basse température sont soumises à l'obtention d'un permis de recherche ou d'exploitation minière, par la préfecture (code Minier, articles 98 à 103, et décret n°78-498 du 28 mars 1978).

Dans les deux cas précédents, l'exploitation de l'installation est soumise à la législation minière et, en application du décret n°95-696 du 9 mai 1995, l'autorisation minière vaut autorisation au titre du Code de l'Environnement (Loi sur l'Eau).

La recherche et l'exploitation de gîtes de minime importance, cas particulier des gîtes de basses températures (profondeurs des forages inférieures à 100 m, puissance de PAC inférieure à 232 kW) n'est pas soumis à l'obtention d'un permis de recherche ou d'exploitation délivré par la préfecture.

Les pompes à chaleur sur nappe et les sondes géothermiques verticales sont le plus souvent inférieures à 100 m pour ne pas tomber sous le coup d'une autorisation au titre du Code Minier et ainsi rester dans le cas de la minime importance, sans avoir à obtenir d'autorisation au titre du code minier. Ces forages ont pour seule contrainte une déclaration de principe au titre de l'article 131 du Code minier applicable à tout forage de plus de 10 m :

- Tout forage de plus de 10 m doit être déclaré à la DREAL au moins un mois avant le début des travaux ;
- Dans le cas contraire, la responsabilité conjointe foreur/maitre d'ouvrage pourra être engagée en cas de pollution avérée ;
- Les coupes lithologiques et techniques des forages doivent être déposées en fin de travaux au BRGM (Banque de données du Sous-Sol).

Le code de l'environnement

Les installations, ouvrages, travaux et activités (IOTA) réalisés à des fins non domestiques par toute personne physique ou morale, publique ou privée et entraînant :

- Des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non ;
- Des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants ;
- Une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux (impact sur le milieu aquatique ou marin) ;

sont soumis à la réglementation dite « loi sur l'Eau » depuis 1996 (Loi sur l'Eau de 1992, puis LEMA = Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de décembre 2006, Code de l'Environnement articles L214-1 à L214-6). Selon les rubriques et les seuils définis par le décret n°881 du 17/07/06, il est obligatoire de déposer un dossier soumis soit à déclaration, soit à autorisation préfectorale, en fonction de l'importance du projet.

Pour la géothermie, les rubriques concernées sont celles applicables aux forages d'eaux, ainsi qu'aux prélèvements et rejets en nappe : tout sondage, piézomètre, puits ou forage exécuté pour un usage non domestique est soumis à formalité au titre de la Loi sur l'Eau, ainsi généralement que le pompage en nappe et le rejet d'eau. Les rubriques susceptibles d'être concernées par la géothermie sont les suivantes :

Rubrique 1.1.1.0. : Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique (< 1000 m³/an), exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement des cours d'eau : DECLARATION.

Rubrique 1.1.2.0. : Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant :

- < 10 000 m³/an (NEANT) ;
- 10 000 m³/an et < 200 000 m³/an (DECLARATION) ;
- 200 000 m³/an (AUTORISATION).

Rubrique 1.2.1.0. : Prélèvements, installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe :

- D'une capacité totale maximale supérieure ou égale à 1000 m³/heure ou à 5% du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'un canal ou du plan d'eau (AUTORISATION) ;
- D'une capacité totale maximale comprise entre 400 et 1000 m³/heure ou entre 2 et 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau (DECLARATION).

Le débit de référence du cours d'eau s'entend comme le débit moyen mensuel sec de récurrence cinq ans : QMNA5.

Rubrique 5.1.1.0. : Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie, l'exhaure des mines et carrières ou lors des travaux de génie civil, la capacité totale de réinjection étant :

- < 8 m³/h (NEANT) ;
- 8 m³/h et < 80 m³/h (DECLARATION) ;
- 80 m³/h (AUTORISATION).

L'arrêté du 11 septembre 2003 fixe les prescriptions générales applicables aux forages, sondages, forage soumis à la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature Loi sur l'eau. Cet arrêté définit également les contraintes pour la réalisation des forages vis-à-vis des risques environnementaux avec entre autres :

- Forage à réaliser à plus de 200 m des décharges, 35 m des bâtiments d'élevage, des ouvrages d'assainissement et des stockages d'hydrocarbures ;
- Règles pour la cimentation des ouvrages, la réalisation des têtes ;
- Règles pour l'abandon et le comblement des ouvrages.

La rubrique 1.1.1.0. s'applique ainsi à tous les forages destinés à effectuer des prélèvements d'eau souterraine non domestiques (soit supérieurs à 1000 m³/an), aux sondages et forages de reconnaissance effectués dans le cadre de recherche d'eau, y compris ceux infructueux, aux forages effectués pour un rabattement de nappe dans le cadre d'un chantier de génie civil et aux forages effectués au titre de la surveillance quantitative ou qualitative des eaux souterraines (piézomètres).

La rubrique 1.1.1.0. ne concerne donc pas les forages de reconnaissance géotechniques, les forages effectués dans le cadre de l'exploitation de gîtes géothermiques de la recherche ou de l'exploitation minières, ceux relatifs au stockage souterrain de gaz, hydrocarbures et produits chimiques, les forages destinés aux prélèvements nécessaires au fonctionnement des ICPE, à la surveillance de leurs effets et au traitement des sols contaminés par ces installations et les forages effectués dans le cadre de la surveillance et de la dépollution des sites et sols pollués.

Les forages géothermiques (au sens strict ainsi que ceux pour le chauffage ou la climatisation de l'habitat individuel se développant actuellement) ne sont pas concernés. Cela concerne entre autres les sondes géothermiques verticales des particuliers.

Cas particulier des installations classées (Code de l'Environnement)

Dans le cas d'un ouvrage de prélèvement ou de surveillance réalisé dans une ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement), la procédure des installations classées prévaut sur la procédure Loi sur l'eau, excepté dans le cas d'une installation classée relevant du régime déclaratif lorsque le forage et/ou prélèvement en nappe sert pas au fonctionnement de l'ouvrage ou de l'activité pour laquelle elle est classée. Dans ce cas, le forage de prélèvement relève du régime de la loi sur l'Eau. Le forage lui-même n'est pas soumis au régime des ICPE.

En revanche, le fonctionnement d'une pompe à chaleur est soumis au régime des ICPE. Pour les installations de réfrigération ou compression fonctionnant à des pressions effectives supérieures à 105 Pa (mais ne comprimant pas ou n'utilisant pas des fluides inflammables ou toxiques), la rubrique 2920 prévoit un régime d'autorisation si la puissance absorbée est supérieure à 10 MW (Décret 2010-1700 du 30 décembre 2010 qui a grandement rehaussé les anciens seuils de classement, de très nombreuses installations ne sont plus concernées par cette rubrique). Des réglementations spécifiques concernent l'utilisation des fluides frigorigènes.

5.7.3. Les risques environnementaux et sanitaires liés à l'usage de la géothermie

L'énergie géothermique est présentée comme une ressource « propre ». Cependant, à l'échelle locale des projets, plusieurs constatations s'imposent :

1) La mise en œuvre des forages d'exploitation peut être une source de pollution directe si le forage est mal réalisé, que ce soit pour les PAC sur nappe et sur SGV par :

- Mauvaise étanchéification de la tête de forage dans un aquifère (il existe pourtant des contraintes fortes dans l'Arrêté du 11 septembre 2003) ;
- Mauvaise étanchéification de la SGV (les règles de l'art imposent l'utilisation d'un mélange ciment et bentonite) ;
- Utilisation de boues ou de fluides de forages ;
- Fluide de flexibles ou d'hydrocarbures ;
- Mise en communication de niveaux aquifères distincts et non séparés dans le forage (surtout pour les SGV) ;
- Contamination croisée par des polluants de surface, conséquence de la mise en communication de deux niveaux aquifères ou d'une mauvaise étanchéité du forage en surface ;
- Fuite de liquide caloporteur (glycolène) en cas de détérioration d'une SGV dans un aquifère.

Note : le glycolène est un alcool qui peut avoir des conséquences sur la qualité des eaux de la nappe, mais qui est biodégradable. **Des inhibiteurs de corrosion, des produits antitartres, des bactéricides et des fongicides sont souvent rajoutés au glycolène. Ces additifs constituent des polluants en puissance.**

2) Il n'existe pas d'impact quantitatif et qualitatif des SGV dans les aquifères, l'effet barrière créé très localement dans le cas d'une SGV ou dans champ de SGV est négligeable. **Par contre, le doublet pompage et rejet dans le cas d'une PAC sur eau de nappe modifie :**

- Localement la piézométrie de la nappe (dépression piézométrique au point de captage, dôme piézométrique au point de rejet) ;
- Localement, la température de la nappe par formation d'un panache thermique froid ou chaud suivant l'utilisation hiver/été de la PAC ;

En milieu urbain dense, toutes ces perturbations locales doivent être prises en compte vis à vis de la tenue des bâtiments et du risque de tassement différentiel.

Le phénomène de modification de la température est équivalent dans le cas de l'utilisation de la nappe pour les besoins industriels en refroidissement de procès, avec rejet d'eau réchauffée dans la nappe. La réglementation ne fixe aucun seuil à ne pas dépasser pour les écarts thermiques entre pompage et rejets ou plus généralement en termes d'impacts sur le réchauffement de la nappe. La multiplication des climatisations estivales sur eau de nappe et des processus de refroidissement industriels dans un même secteur peuvent entraîner un réchauffement généralisé de la nappe (cas par exemple du quartier de la Part-Dieu à Lyon).

Pour les PAC sur eau de nappe, l'équilibre quantitatif est la plupart du temps respecté lorsque l'intégralité du débit soutiré à la nappe dans le puits de pompage lui est restituée au niveau du puits de rejet. Dans de rares cas, le débit est évacué dans le milieu hydraulique superficiel.

3) La PAC fonctionne avec un fluide frigorigène (ou réfrigérant) au même titre que les organes de production de froid (climatisation, congélateur, réfrigérateur, etc...). Ce fluide est présent en phase liquide et va s'évaporer à une faible température sous pression atmosphérique. Les fluides frigorigènes contiennent des HFC (HydroFluoroCarbones) qui peuvent avoir des conséquences en cas de déversement en surface et transfert vers la nappe. Les CFC (ChloroFluoroCarbones) et les HCFC (Hydro ChloroFluoroCarbones), qui ont des conséquences sur la couche d'Ozone, sont aujourd'hui interdits.

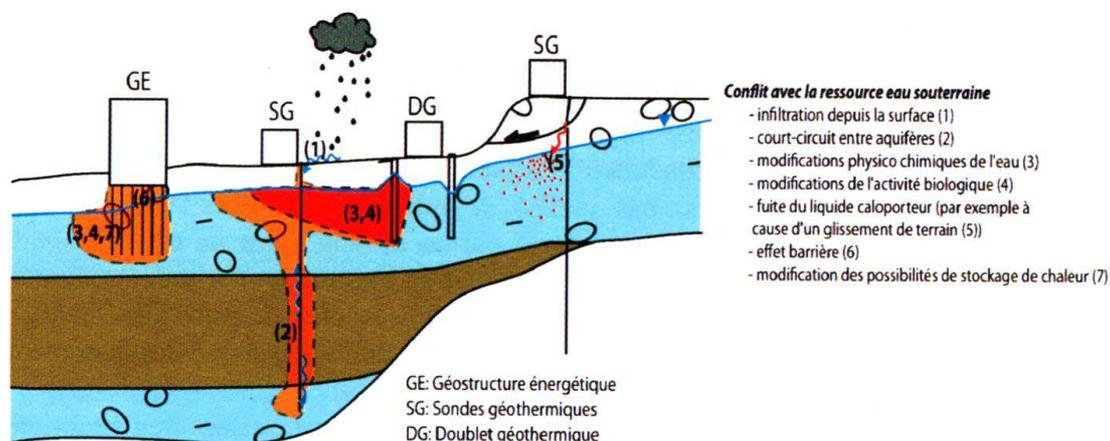


Figure 62 : Impacts de l'usage de la géothermie sur les eaux souterraines (David BRETHAUT, GEOLEP)

A l'échelle globale d'un aquifère, les conséquences peuvent être importantes quant à la perturbation thermique et piézométrique de la nappe, et surtout le risque de contamination de l'aquifère.

A plus forte raison, ce risque doit absolument être pris en compte pour la protection des aquifères exploités pour les besoins en eau potable. L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) se positionne en ce sens sur les risques sanitaires liés à l'exploitation des énergies renouvelables (extrait de l'article du 25 octobre 2011 publié sur le site internet géothermie Perspectives)

Saisie par la Direction générale de la santé (DGS), l'ANSES a mené une étude d'évaluation des risques sanitaires liés à l'installation, l'exploitation, la maintenance et l'abandon des énergies renouvelables, dans les périmètres de protection des captages (PPC). En ce qui concerne la géothermie, l'Anses indique que les risques dépendent essentiellement du type de système mis en œuvre. Dans le cas d'un système horizontal, le rapport souligne que « la fragilisation du milieu due à la réalisation des travaux est limitée en raison de leur faible ampleur et de leur courte durée ». A l'inverse, les opérations de forage pour les systèmes verticaux peuvent fréquemment rencontrer la nappe sous-jacente et aboutir à une pollution des eaux par les boues et hydrocarbures employés.

L'agence recommande donc, en fonction des risques de contaminations liés aux différents PPC (PPI : Périmètre de Protection Immédiate ; PPR : Périmètre de Protection Rapprochée ; PPE : Périmètre de Protection Eloignée), l'instauration ou non de dispositifs d'exploitation des énergies renouvelables. Ainsi, l'installation de tous ces systèmes dans les PPI devrait être interdite en raison notamment de leur très grande proximité avec les ouvrages de captages. Pour les PPR, le risque lié à l'installation de systèmes géothermiques horizontaux est jugé négligeable, faible ou modéré en fonction de la vulnérabilité de la nappe, ces systèmes étant peu profonds. Le risque est jugé négligeable en présence d'une nappe captive, mais élevé dans le cas d'une nappe libre. Cette dernière ne garantissant pas une étanchéité suffisante entre la sonde et le sol.

5.7.4. Les difficultés de recensement et de contrôle

Actuellement, le cadre juridique pour la géothermie est mal adapté à l'ampleur du phénomène :

- Pour l'aquathermie, le régime est souvent celui de la déclaration (rubriques 1.1.1.0, 1.1.20 et 5.1.1.0.), l'ensemble des données est centralisé par la Police de l'Eau. Simplement, les PAC sur nappe antérieures à la loi sur l'Eau n'y figurent pas, en l'absence de procédure de régularisation.
- Pour les sondes géothermiques verticales, systématiquement inférieures à 100 m de profondeur, la seule réglementation qui prévaut est la déclaration préalable et la DREAL.

Les déclarations en Mairie prêtent à confusion avec la réglementation précédente (usage particulier <1000 m³/an). Elle n'est pourtant pas concernée par l'usage géothermique sur nappe compte tenu des débits trop forts nécessaires à ce type d'installation.

Une fois la déclaration (ou l'autorisation) réalisée (lorsqu'elle est réalisée), il n'existe aucune certitude sur la réalisation de l'ouvrage ni sur la mise en œuvre effective de la PAC et des prélèvements, et encore moins de contrôles sur le terrain. L'absence d'encadrement de la profession de foreur entraîne certaines entreprises peu scrupuleuses à construire des ouvrages à bas coût, ne tenant pas compte des bonnes pratiques respectueuses de l'environnement. Le caractère invisible de la réalisation incite souvent les personnes désireuses de faire un forage à choisir la prestation la moins chère, au détriment de la qualité. Dans le même temps, les entreprises sérieuses ont des difficultés à faire reconnaître leur compétence. Il existe des outils contractuels de reconnaissance des foreurs (labels, chartes...), mais leur caractère volontaire et l'absence de contrôle les rendent insuffisants au regard de l'enjeu. Enfin, les foreurs sérieux déclarent les ouvrages au titre du Code Minier, ce que ne font pas les autres : l'absence de déclaration nuit à la bonne connaissance des ouvrages, des prélèvements et à leurs contrôles. On peut rajouter à cela la connaissance géologique des aquifères qui présente une très forte complexité dans la vallée de l'Arve. Le non-respect de la réglementation en termes de déclarations des coupes géologiques au BRGM ou les mauvaises descriptions des terrains rencontrés (dans les rares cas de déclarations des coupes de forage) entraîne une perte d'information importante.

5.7.5. Inventaire pour l'aquathermie

Méthodologie

Les prélèvements d'eau et les rejets en nappe font l'objet des déclarations préalables à la Police de l'Eau, sans certitude sur la réalisation de l'ouvrage ni sur la mise en œuvre effective de la PAC et des prélèvements, en l'absence de mécanisme de contrôle. Les autres ouvrages et prélèvements sont ceux :

- Anciens, antérieurs à la procédure Loi sur l'Eau ;
- Récents ou anciens, mais n'ayant pas l'objet d'une déclaration à la Police de l'Eau et/ou au BRGM.

Résultats

Au total, 86 références d'ouvrages de pompe à chaleur en nappe ont été recensées. Les sources sont différentes et des recoupements ont pu être faits parmi les données brutes suivantes :

- 49 ouvrages ont été tirés des déclarations de la Police de l'Eau à la DDT;
- 18 ouvrages proviennent des données de l'entreprise de forage Delavoët ;
- 20 ouvrages ont été recensés par les enquêtes communales ;
- 6 références dans la BSS.

La disparité des sources de données et notamment l'absence parfois de géolocalisation (5 références non géoréférencées dans la base DDT, auxquels s'ajoutent les 20 PAC de l'enquête auprès des communes) ne permet systématiquement de recouper les informations, et par conséquent :

- De distinguer d'autres doublons d'ouvrages ;
- De savoir si la PAC comporte un seul ouvrage ou s'il s'agit d'un doublet de forages (avec rejet en nappe également).
- De savoir si les ouvrages ont été réellement créés

Sur 30 dossiers de pompes à chaleur en nappe déclarées au service Police de l'Eau de la DDT (correspondant à environ 49 ouvrages), seulement deux dossiers de fin de travaux et/ou un arrêté d'autorisation valident leur existence. A titre informatif, les 2 PAC validées ont été réalisées pour Bois Energie à Annemasse. En toute vraisemblance, les projets ne sont pas abandonnés, mais font souvent l'objet d'une simple déclaration au titre de la rubrique 1.1.10, pour la réalisation des forages et des pompages d'essais, mais pas de déclaration ultérieure pour les prélèvements (obligatoires au-delà de 10 000 m³/an) et de rejet en nappe (obligatoire pour un rejet en nappe supérieur à 8 m³/h). Les deux rapports de fin de travaux sont présents dans les données consultées. Ils mentionnent un débit envisagé de 60 m³/h chacun. Pour les autres ouvrages, les débits envisagés sont compris entre 2 et 70 m³/h.

La carte ci-après présente une répartition des pompes à chaleur en nappe géoréférencées dans la zone d'étude. Les communes où le nombre de pompes à chaleur est le plus important sont Taninges (17 ouvrages), Samoëns et les Houches, avec respectivement 6 et 5 ouvrages déclarés.

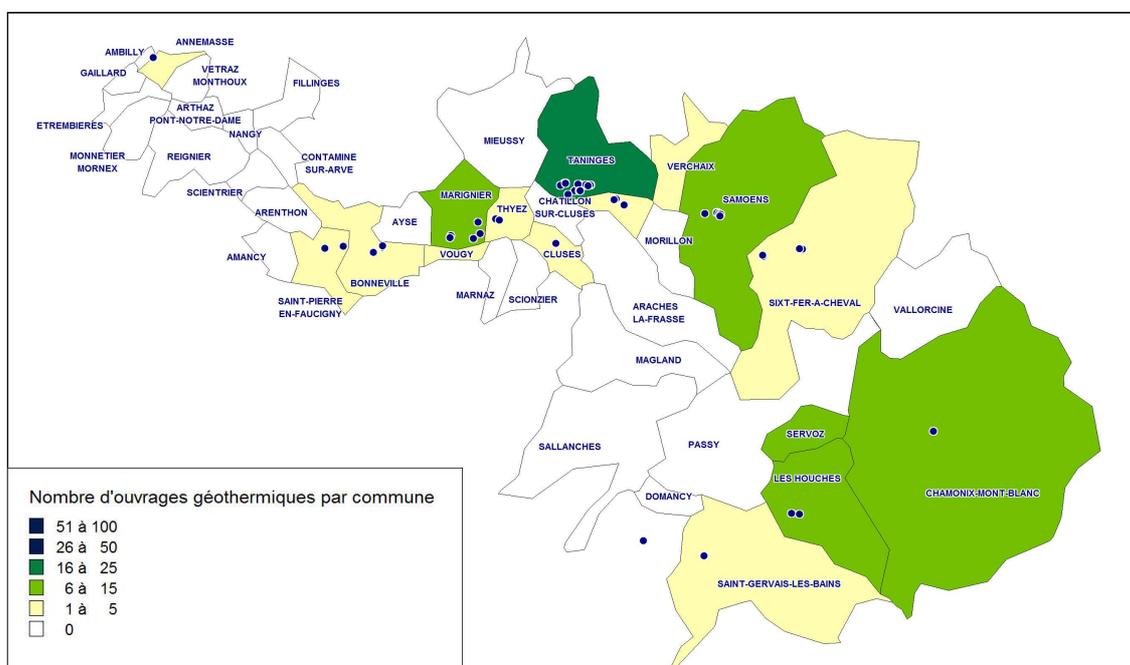


Figure 63 : Répartition des PAC sur le territoire d'étude et localisation des ouvrages géoréférencés

A titre comparatif, l'étude « Inventaire du potentiel géothermique Rhône-Alpes - Etat des lieux et étude du potentiel », réalisée par l'ADEME et le BRGM et parue en mars 2012, présente un recensement des ouvrages géothermiques en Rhône-Alpes sur la base des données de la BSS, de l'AERM&C, de l'AFPG (Association Française des Professionnels de la Géothermie), et de fabricants de pompes à chaleur.

L'étude ADEME/BRGM a estimé à 10, le nombre de doublets géothermiques sur nappe en Haute-Savoie (soit en théorie 20 ouvrages si on considère des rejets en nappe), et donc bien moins que ce que notre enquête a permis de recensé sur les seules vallées de l'Arve et du Giffre (cf. tableau ci-après extrait de l'étude de mars 2012).

Nos échanges avec l'ADEME ont confirmé la difficulté d'appréhender le recensement des ouvrages et, dans le cas des PAC en nappe, les débits de prélèvements.

Département	PAC-SUR-AQUIFERE	CHAMP-DE-SONDES	SONDE	Non spécifié	TOTAL
Ain	13	7	15	6	41
Drôme	18	1	1	8	28
Isère	<u>30</u>	5	8	5	48
Loire	2	2	<u>48</u>	14	66
Rhône	<u>186</u>	1	<u>36</u>	31	<u>254</u>
Ardèche	2	0	1	1	4
Savoie	14	6	<u>25</u>	34	79
Haute-Savoie	10	<u>40</u>	<u>52</u>	10	<u>112</u>
TOTAL	275	62	186	109	632

Tableau 17 : Synthèse des installations liées à la géothermie en Rhône-Alpes (source étude ADEME/BRGM 2012)

5.7.6. Conclusion sur la géothermie sur nappe et estimation du nombre réel d'ouvrages

Il est difficile de proposer une estimation précise sur le nombre d'ouvrages réellement en place à l'échelle des alluvions de la vallée de l'Arve et du Giffre du fait d'un recensement non exhaustif. Cependant, on peut estimer par une approche qualitative, l'ordre de grandeur du nombre d'ouvrages à l'échelle du territoire d'une part et d'autre part leur probabilité de répartition spatiale.

Estimation à l'échelle du territoire

86 ouvrages ou groupes d'ouvrages ont été recensés. A l'échelle de la vallée, on peut estimer le nombre d'installations recensées entre 30 et 50 % des ouvrages réellement existants. **Un nombre d'installations compris entre 150 et 200 installations paraît réaliste pour les alluvions de l'Arve et du Giffre**, même si ce chiffre reste encore très discutable. En effet, la mise en place des pompes à chaleur sur nappe n'est pas un fait récent. Il y a eu une première vague d'installation à la fin des années 1970 et début des années 1980 (probablement suite aux chocs pétroliers).

Durant les années 1980, 1990, ce mode de chauffage ou de climatisation est resté relativement confidentiel. Une nouvelle vague d'installation est apparue au milieu des années 2000 suite à la démocratisation des énergies renouvelables, dont la géothermie.

Répartition spatiale

Le premier critère de sélection pour l'existence d'une PAC sur eau de nappe, c'est la disponibilité de la ressource en eau. La zone d'étude (zone de travail) a d'ores et déjà été calée sur les alluvions de l'Arve et du Giffre. A minima, les alluvions récentes et superficielles de l'Arve et du Giffre sont présentes sur tout le territoire. Bien que peu épaisses, elles satisfont aux besoins des particuliers (débit des forages généralement compris entre 1 et 2 m³/h).

Dans certains secteurs, l'accès à la ressource est plus difficile, comme pour les sillons profonds, car d'une part la nappe est profonde et d'autre part, la connaissance préalable de la géométrie du sillon est nécessaire, ce qui implique probablement une phase de reconnaissance géologique et/ou géophysique. Pour les plus grosses installations (bâtiments communautaires, bâtiments tertiaires), les débits sont rapidement importants, à minima 15 à 20 m³/h, y compris pour les systèmes de rafraîchissement direct sur eau de nappe (freecooling).

Ce sont les bordures de la basse vallée de l'Arve où la présence d'un aquifère profond n'est pas systématique, où de fait on va recenser le moins d'installation, malgré l'importance de l'urbanisation : Arenthon, Scientrier, Reignier en rive gauche, agglomération annemassienne et proche périphérie. On notera comme installation importante celle du nouveau quartier de l'étoile à côté de la gare d'Annemasse (forage de 35 m exploitant la nappe du Foron, hors zone d'étude).

A l'opposé, ce sont dans les secteurs densément peuplés entre Bonneville et Cluses, que l'on a la plus forte probabilité de retrouver des PAC sur eau de nappe. Le chiffre paraît encore faible au regard de ce qui a pu être recensé dans la vallée du Giffre. Des secteurs comme Sallanches et Passy où aucune PAC sur nappe n'a été recensée doivent présenter ce type d'installation (des pompages industriels y sont par ailleurs présents).

Pour les particuliers, l'âge du bâtiment n'est pas un critère pertinent, l'installation géothermie sur nappe peut être ancienne (années 70/80) ou très récente (après 2005) pour une habitation neuve ou en rénovation. Le critère économique joue du fait de l'existence de crédits d'impôt. A ce titre, le centre des impôts de Bonneville a été interrogé sur le recensement de ces crédits. Il n'existe pas de base de données. Le crédit d'impôt regroupe plusieurs types de travaux d'amélioration de l'habitat, dont la géothermie, mais aussi les travaux d'isolation, ce qui rend impossible un recensement pour la seule géothermie.

Les bâtiments communautaires (mairie, gymnases, vestiaires...) sont les plus anciens à être équipés. Les nouveaux bâtiments communautaires le sont encore aujourd'hui, tout comme les bâtiments tertiaires (bureaux, EHPAD, cliniques...) où la solution de géothermie sur nappe est systématiquement étudiée dans les phases de conception par un « BET fluide ». Le recensement paraît faible, en particulier pour les bâtiments communautaires.

Pour les logements collectifs privés, le choix d'une géothermie sur nappe ne s'impose pas, les logements étant destinés à la vente. Pour les bâtiments collectifs de type HLM, ce critère est discutable et le recours à la géothermie sur nappe est plus démocratisé.

Pour les très gros bâtiments (usines, centres commerciaux), les besoins de chauffage souvent très importants demandent de très gros débits souvent incompatibles avec la capacité de la nappe.

Enfin le critère place peut également jouer : un doublet de forages fonctionne si les deux ouvrages sont suffisamment éloignés l'un de l'autre, car dans le cas contraire, il existe un risque de recyclage thermique entre le pompage et le rejet et par conséquent une diminution du rendement de l'installation. L'éloignement est fonction du débit pompage/rejet, mais aussi de caractéristiques de l'aquifère (gradient de nappe, transmissivité). Pour cette raison, les PAC sur eau de nappe sont exclues des centres urbains anciens ou très denses par manque de place, mais aussi à cause des tassements différentiels en pompage (rabattement de la nappe) qui peuvent déstabiliser les bâtiments, et du risque d'inondation des sous-sols dans la zone de rejet. Enfin, dans un secteur où il existe déjà une ou plusieurs PAC sur nappe, il est parfois difficile de mettre en place une nouvelle installation, du fait du risque de recyclage thermique à proximité d'un puits de pompage ou de rejet déjà en place. Ces précautions ne sont hélas pas systématiquement respectées.

5.7.7. Inventaire pour les sondes géothermiques verticales

La Préfecture de Haute-Savoie a mis en place un guichet unique pour les déclarations de forages, qui sont toutes centralisées à la DDT, à la fois pour les ouvrages destinés aux prélèvements en nappe (rubrique 1.1.1.0 de la Loi sur l'Eau), mais aussi pour les autres ouvrages dont la profondeur est supérieure à 10 m (Obligation au titre du Code Minier) comprenant les sondes géothermiques verticales.

Le développement des SGV était suspecté comme un phénomène important. L'inventaire des déclarations centralisées à la DDT, les données de la BSS, des communes, de l'entreprise de forage Delavoët et du SIVOM du Giffre montrent que ce ne sont pas moins de **495 sondes géothermiques verticales qui ont pu être recensées à l'échelle de la zone d'étude. Ce chiffre est particulièrement éloquent, car les déclarations sont souvent récentes (2009 à 2012)**. Nous rappelons que pour une maison individuelle, il y en a généralement deux sondes géothermiques verticales, certains gros bâtiments jusqu'à 10 sondes. Dix-huit installations (sondes ou groupe de sondes) n'ont pas pu être localisées précisément.

L'étude ADEME/BRGM de 2012 proposait un chiffre de 92 ouvrages (sonde + champ de sondes), auquel peuvent s'ajouter 10 ouvrages indifférenciés, soit **une centaine de sondes géothermiques pour tout le département de la Haute-Savoie**.

Les remarques sur les difficultés d'inventaire sont les mêmes que pour les pompes à chaleur en nappe. La carte ci-après présente le nombre de SGV par communes et montre les ouvrages pour lesquels une géolocalisation était disponible (16 installations n'ont pas pu être localisées précisément).

Trois communes sont particulièrement concernées par le phénomène :

- Chamonix, avec 83 SGV ;
- Saint-Gervais-les-Bains, avec 60 SGV ;
- Les Houches, avec 41 SGV.

Les communes de Sallanches, Samoëns, Cluses et Régnier se positionnent derrière avec moins de 25 SGV.

A titre comparatif, une carte du Canton de Genève faisant état des lieux du recensement des SGV en 2010 est présentée en page suivante. La réglementation en terme de déclaration d'ouvrage type SGV, l'application de cette réglementation et la centralisation des données ont permis un inventaire fiable et l'établissement d'une carte particulièrement bien renseignée qui laisse supposer que le nombre d'ouvrages côté français est bien supérieur. Il paraît notamment peu probable qu'une commune telle qu'Annemasse dispose de moins de 5 ouvrages.

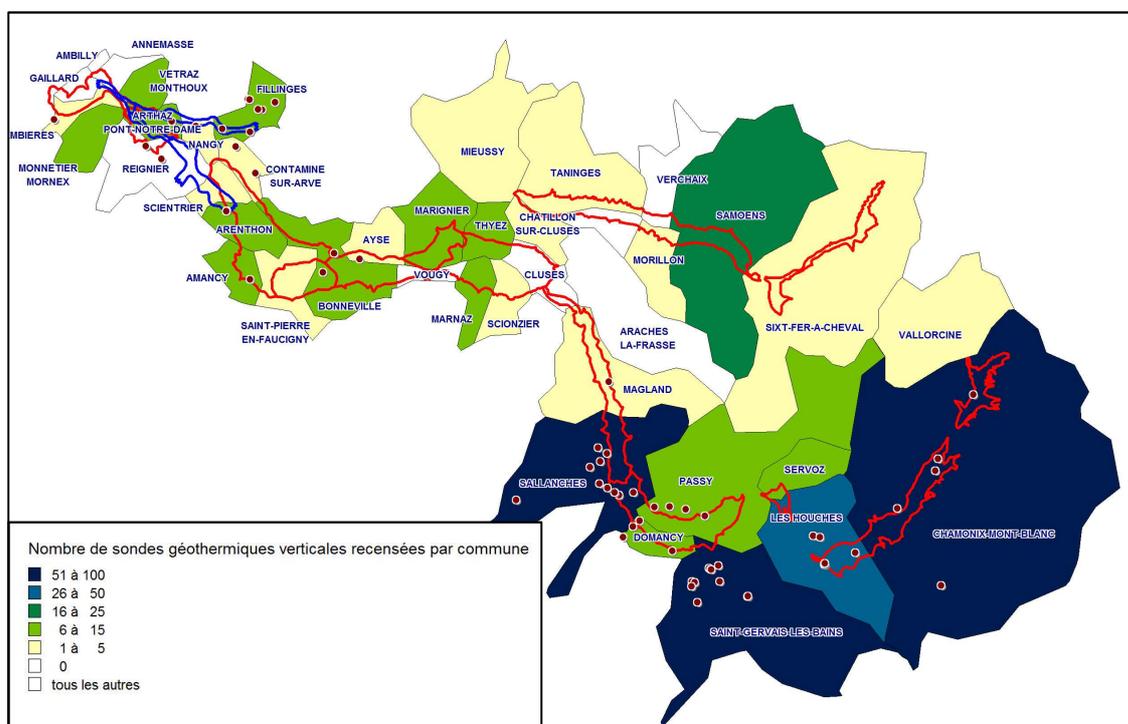


Figure 64 : Répartition des SGV sur le territoire d'étude et localisation des ouvrages géoréférencés

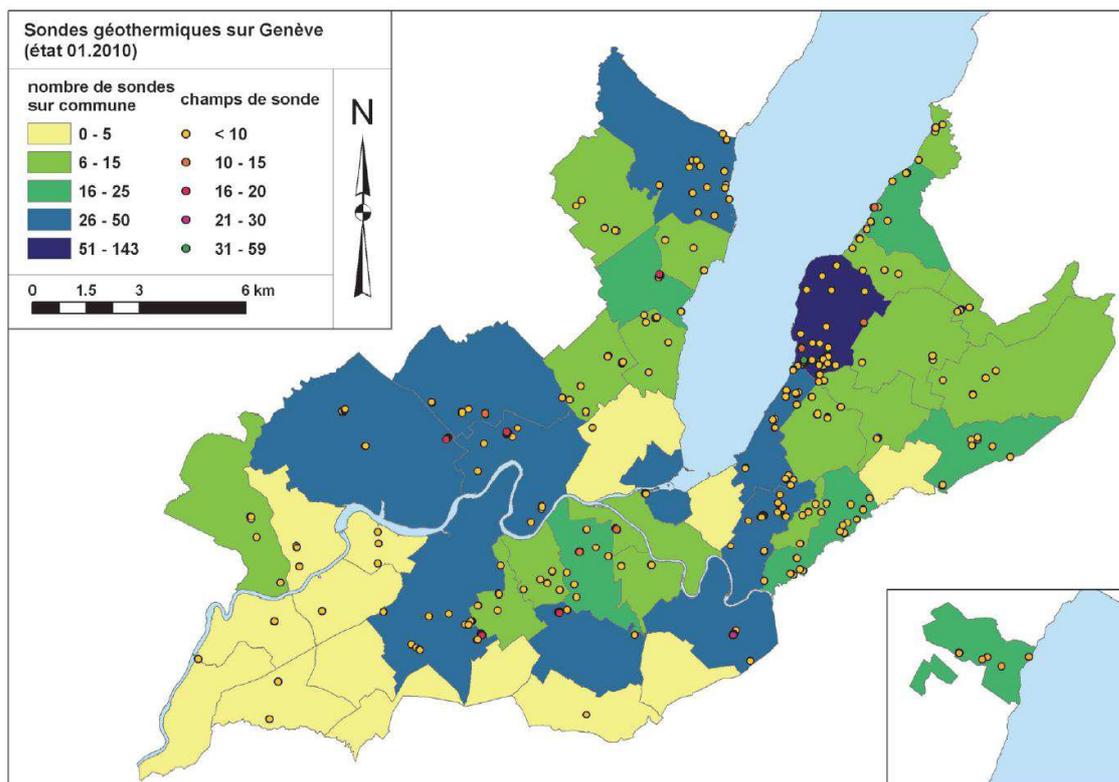


Figure 65 : Recensement et répartition des sondes géothermiques dans le canton de Genève en janvier 2010.

5.7.8. Conclusion sur la géothermie sur SGV et estimation du nombre réel d'ouvrages

Estimation à l'échelle du territoire

495 SGV ont été recensées représentant environ 250 installations de géothermie (avec une ou plusieurs SGV). Contrairement à la géothermie sur eau de nappe, les SGV sont un dispositif assez récent. La grande majorité des déclarations de forage datent d'entre 2009 et 2012. Le nombre d'installations de PAC sur SGV est en croissance exponentielle depuis 2005. Le recensement réalisé dans le canton de Genève montre les écarts probables entre les deux territoires avec un tissu urbain continu. On voit très bien le déficit d'information dans le secteur d'Annemasse. Malgré cela, le chiffre du recensement paraît plus solide que pour les PAC sur eau de nappe. Sur la base des déclarations récentes et de la forte croissance de ce type d'installation pour les particuliers, on estime entre 60 et 70 % la fiabilité du recensement. **Ainsi en 2012, 700 à 800 SGV pourraient être recensées à l'échelle de la vallée, soit environ 350 à 400 installations de géothermie (avec une ou plusieurs sondes). Comme pour les PAC sur eau de nappe, ce chiffre est soumis à cautions. La principale mise en garde quant au chiffre annoncé est la croissance rapide de ces installations.**

Aussi, on peut s'attendre ces prochaines années à environ 200 nouvelles sondes par an soit une centaine de nouvelles installations géothermiques à minima. Ce chiffre est susceptible d'être encore à la hausse malgré la diminution des besoins de chauffage (Réglementation thermique RT 2012, applicable au premier janvier 2013 pour les nouveaux bâtiments).

Répartition spatiale

L'accès à la ressource aquifère n'a aucun intérêt, puisque l'eau n'est pas nécessaire pour le fonctionnement des échangeurs thermiques des SGV.

La géothermie sur SGV se développe principalement pour le marché des particuliers (au détriment des PAC sur eau de nappe). Les forages sont réalisés rapidement (100 m par jour), avec un marché très concurrentiel, à un prix abordable pour le particulier (coût du forage équipé 60 à 80 k€ HT/ml, 1 à 2 ml de forage par m² chauffé)

Le marché qui était principalement réservé aux particuliers devient ouvert pour des champs de sondes de petits bâtiments collectifs, communautaires ou tertiaires (champ de 5 à 10 sondes). On peut s'attendre à un fort développement de cette technique pour de plus gros bâtiments dans les prochaines années (champ de plusieurs dizaines de sondes). Bien que souvent plus coûteuses pour les plus gros bâtiments, les SGV sont moins contraignantes que les PAC sur eau de nappe en terme d'autorisation, d'entretien et de disponibilité de la ressource.

Le critère de la place disponible va jouer énormément. Par rapport à une PAC sur eau de nappe qui nécessite un puits de pompage et puits de rejet quel que soit le débit sollicité, les plus gros bâtiments vont devoir multiplier les SGV. Cette technique est donc difficile dans les centres urbains denses. Les autres critères de spatialisation sont très discutables. On notera simplement dans l'analyse des déclarations des SGV à la DDT, une plus forte concentration des installations est observable aux Houches à Chamonix et à Saint-Gervais. Les déclarations montrent qu'il s'agit la plupart du temps :

- Principalement d'une ou deux entreprises de forage implantées localement (Geoforage à la Roche-sur-Foron, Accro BTP à Sallanches) ;
- De forages regroupés par quartier avec parfois avec l'intervention sur des sites très proches (dans une même rue, dans un même hameau) ;
- D'installations souvent importantes (5 à 8 sondes) correspondant vraisemblablement à de grosses habitations ou de petits bâtiments collectifs.

Ces indications laissent supposer un critère économique et commercial fort dans ces secteurs avec :

- Du démarchage commercial par les entreprises implantées localement ou par des intermédiaires (information transmise par l'ONEMA) ;
- Un standing dans le type d'habitation dans des secteurs à forte valeur ajoutée touristique ;

5.8. SYNTHÈSE SUR LES OUVRAGES DE PRÉLEVEMENTS EN NAPPE

L'estimation des prélèvements a été synthétisée sous forme d'une base de données (au format de l'Agence de l'eau). Cette base distingue 6 types de prélèvements :

- Eau potable ;
- Industriels ;
- Géothermiques (PAC en nappe) ;
- Agricoles liés à l'irrigation ;
- Agricoles liés à l'élevage ;
- Domestiques et communaux.

5.9. CONCLUSION GENERALE SUR LES PRELEVEMENTS EN NAPPE ET LA GEOTHERMIE

Les principales pressions sur les alluvions de l'Arve sont les prélèvements en nappe pour l'eau potable (les alluvions du Giffre ne sont encore pas exploitées, mais le seront probablement dans un futur proche). Le volume prélevé chaque année est de l'ordre de 9 millions de m³ dans les nappes pour les besoins des collectivités de la vallée ou en limite (La Roche-sur-Foron, Annemasse Agglomération et le Syndicat des Rocailles). La majeure partie des collectivités dans la vallée utilise l'eau des alluvions, mais sont toujours obligées d'avoir un complément avec l'eau des autres ressources sur les versants. D'autres communes, en particulier dans la moyenne et haute vallée de l'Arve, sont majoritairement ou exclusivement alimentées en eau potable par des ressources de versant.

L'usage industriel de l'eau de la nappe est bien présent, mais ne rentre pas en concurrence directe avec l'usage eau potable, puisqu'il ne représente que 6 % des prélèvements d'eau potable en 2011 (tendance à la baisse ces 10 dernières années). Il en est de même pour l'usage agricole difficile à recenser, mais estimé du même ordre de grandeur en volume. Les pratiques culturales dans la vallée ne sont pas très consommatrices d'eau, excepté pour le maraîchage bien identifié dans deux secteurs (Arthaz, Gaillard). Les besoins en eau pour l'élevage bovin représentent l'autre moitié des prélèvements agricoles, mais une part de cette eau provient directement du réseau d'eau potable ou de sources en bordure de vallée. Seules les grosses unités de transformation du lait sont susceptibles de consommer un peu plus d'eau pour le lavage (eau généralement prise sur le réseau d'eau potable).

Les prélèvements des particuliers, via des puits domestiques, sont nombreux à l'échelle de toute la vallée, mais là encore négligeables en ordre de grandeur des prélèvements, limités à de l'arrosage de jardin ou le remplissage de piscines.

L'autre phénomène majeur sur les alluvions, est le développement de la géothermie, à la fois l'aquathermie, c'est-à-dire l'utilisation d'une pompe à chaleur sur eau de nappe, ou la géothermie sur sondes, la pompe à chaleur fonctionnant par échange de calories avec le terrain via des forages profonds nommés sondes géothermiques verticales.

Le problème n'est pas tellement l'impact sur la quantité d'eau, car dans le cas des pompes à chaleur sur nappe, l'eau est prélevée dans un puits de pompage et elle est rejetée dans la nappe via un puits de rejet. Dans le cas des sondes géothermiques verticales, il n'y a pas de prélèvement d'eau. C'est la qualité des eaux qui est menacée. Pour l'aquathermie, il existe un risque de dégradation locale de la température de l'eau, mais ce phénomène est probablement encore assez limité dans la vallée. Le principal problème est la conception des forages, qui mal réalisés constituent un vecteur de transfert de pollution entre la surface et les nappes en profondeur. Ce phénomène est particulièrement accablant pour les sondes géothermiques verticales en pleine expansion ces dernières années. L'absence de démarches administratives contraignantes, de contrôle sur le terrain et d'encadrement de la profession de foreur entraîne certaines entreprises peu scrupuleuses à construire des ouvrages à bas coût, ne tenant pas compte des bonnes pratiques respectueuses de l'environnement. Le caractère invisible de la réalisation incite souvent les personnes désireuses de faire un forage à choisir la prestation la moins chère, au détriment de la qualité. Dans le même temps, les entreprises sérieuses ont des difficultés à faire reconnaître leur compétence.

5.10. CARTOGRAPHIE DES POINTS DE PRELEVEMENT EN NAPPE ET DE GEOTHERMIE

ATLAS CARTOGRAPHIQUE :

CARTE N° 3 CARTOGRAPHIE DES POINTS DE PRELEVEMENT EN NAPPE ET DE GEOTHERMIE

A l'échelle des vallées de l'Arve et du Giffre, ont été représentés sur le fond IGN au 1/25 000 :

- Les zones d'occupation du sous-sol à partir de la fusion des POS et des PLU de toutes les communes de la zone d'étude, avec :
 - o 1) Les zones urbaines denses (centre-ville urbain)
 - o 2) Les zones urbaines moyennement denses (zones pavillonnaires ou urbaines moins denses ou mixtes) ;
 - o 3) Les zones urbaines peu denses (hameaux isolés) ;
 - o 4) Les zones industrielles et zones d'activité économique au sens large (et les zones mixtes activités/habitats) ;
 - o 5) Les zones de loisirs et d'équipements collectifs et sportifs.
 - o 6) Les zones agricoles
 - o 7) Les zones naturelles
- Les points de prélèvements en nappe connus répartis selon les usages (AEP, industrie, agricole, communaux, domestiques, géothermie sur nappe) ;
- Les sondes géothermiques verticales.

6. ANALYSE QUANTITATIVE : BESOINS ACTUELS ET FUTURS ET EQUILIBRE DE LA RESSOURCE

6.1. DETAIL DE L'EVOLUTION DES PRELEVEMENTS

6.1.1. A l'échelle de la vallée de l'Arve

Les prélèvements dans les alluvions sont en proportion principalement ceux pour l'AEP. Les prélèvements annuels sont de l'ordre de 10 millions de m³. Ce chiffre varie de +/- 15 à 20 % selon les années. Toutes les collectivités ayant une partie de leur ressource hors alluvions (essentiellement via sources sur les versants en bordure), on peut supposer que les prélèvements en nappe sont fonction de la disponibilité en eau de ces ressources très sensibles aux variations de pluviométrie, mais également économiquement plus rentables à exploiter (gravitaire) par rapport aux pompages en nappe qui consomment de l'électricité.

Entre 2000 et 2010, il n'y a pas tendance à l'augmentation (peut être une légère tendance à la diminution, à confirmer). Durant cette même période, la population des collectivités qui prélèvent l'eau potable dans les alluvions a augmenté de 13 % passant de 168 904 en 1999 à 190 751 en 2009 (source : INSEE). Les secteurs de la basse vallée présentent une augmentation significative de la population (15 % pour Annemasse Agglomération, 31 % pour le SIE des Rocailles, 18 % pour le CERF). A titre de comparaison, le chiffre pour l'ensemble du SAGE est de 15 % avec une augmentation de 29 % pour le secteur du Genevois.

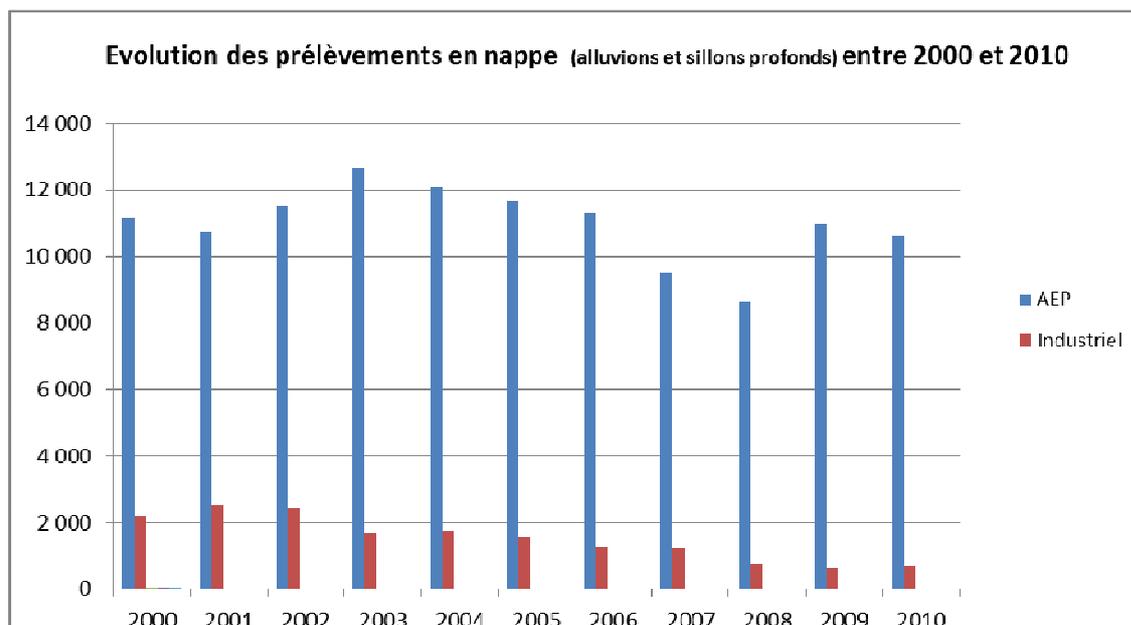


Figure 66 : Evolution des prélèvements en nappe pour l'AEP et l'industrie (Source : Agence de l'Eau)

Les prélèvements industriels déclarés sont en nette diminution sur la période, passant de 2,5 Mm3 en 2011 à moins de 700 000 en 2010. Les prélèvements pour l'industrie qui représentaient 16 % des prélèvements en nappe en 2000, n'en représentent plus que 6 % aujourd'hui.

6.1.2. Détail sur la basse vallée de l'Arve (AEP)

Les données pour les prélèvements en eau potable (zone aval Bonneville) sont présentées entre 1987 à 2009 (sources : redevance Agence et syndicats). Les besoins sont ceux d'Annemasse agglomération et du SIE des Rocailles.

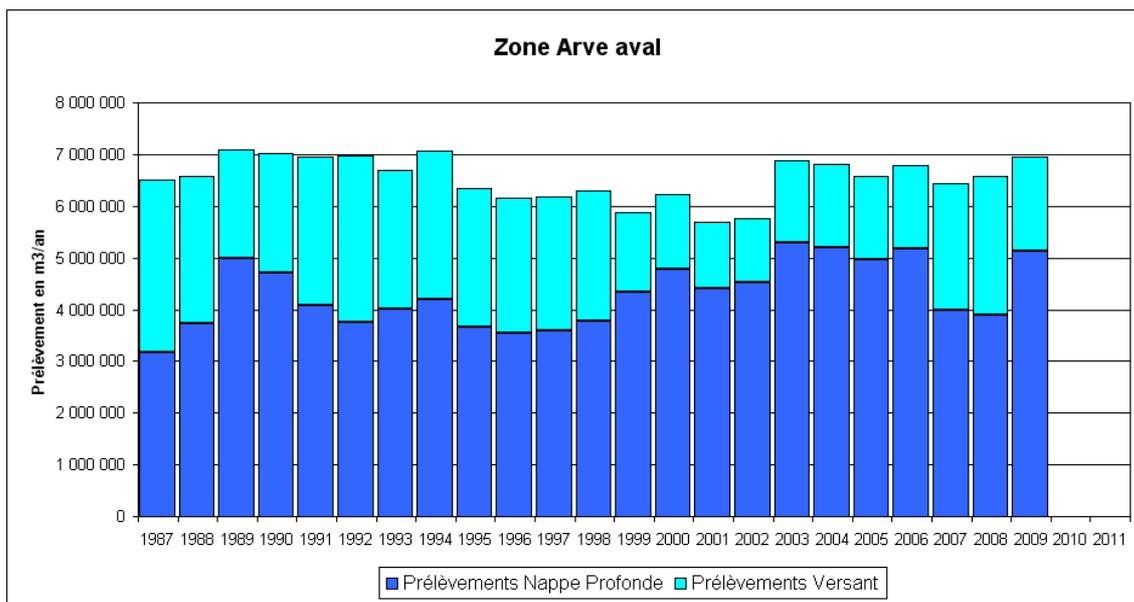


Figure 67 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour la basse vallée de l'Arve (Annemasse Agglomération)

6.1.3. Détail sur l'Arve moyenne (AEP)

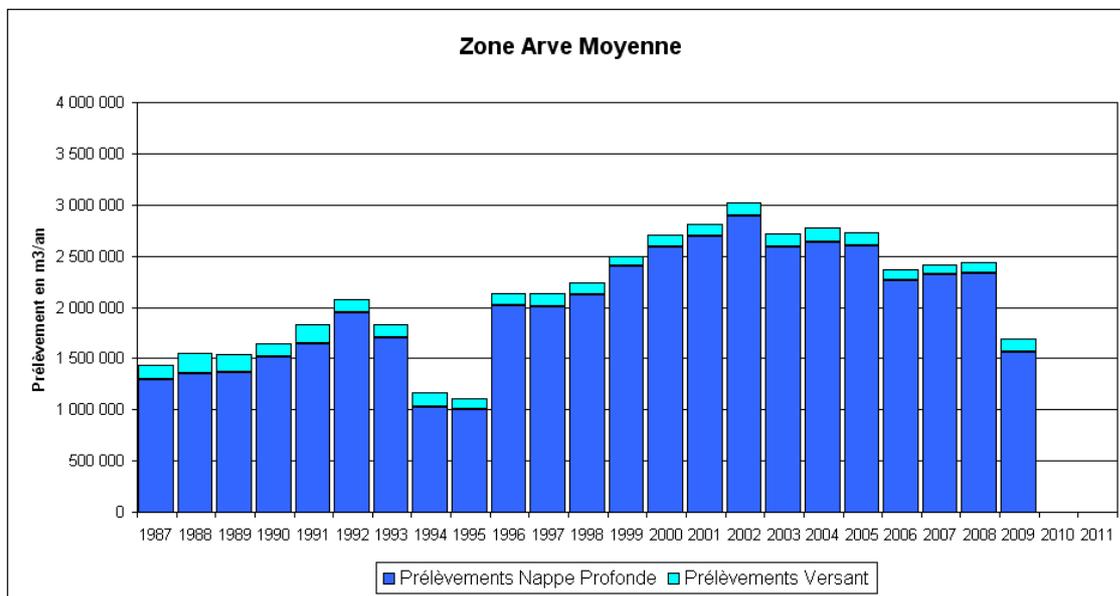


Figure 68 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour la moyenne vallée de l'Arve (captages du SIE des Rocailles, Bonneville et Contamine-sur-Arve)

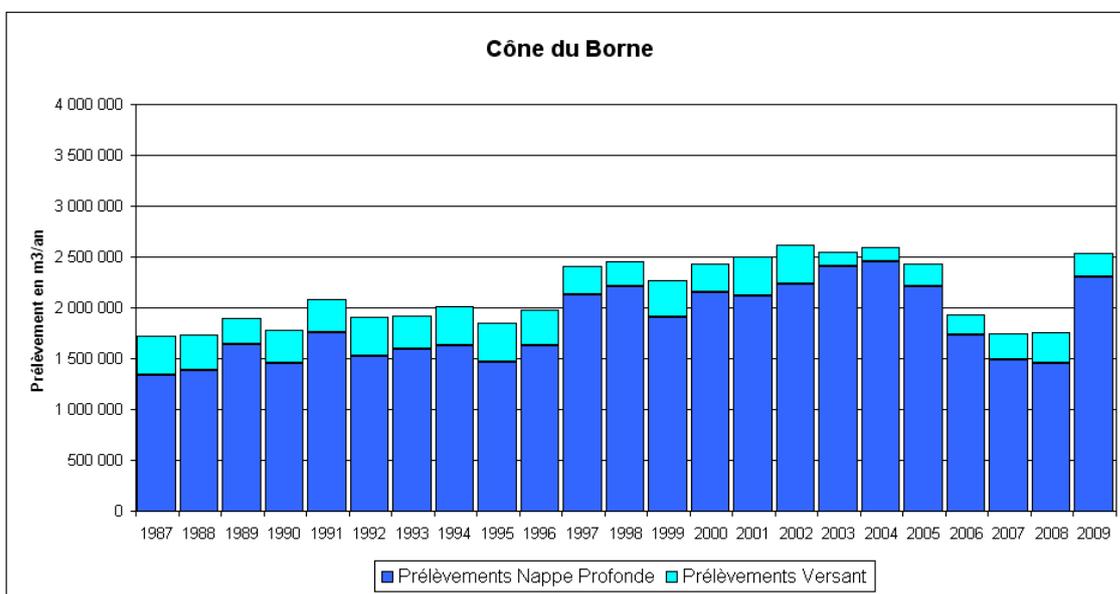


Figure 69 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour le cône du Borne (CERF, SIE Saint-Pierre-Arenthon)

6.1.4. Arve entre Bonneville et Cluses (AEP)

Sur le cône du Giffre à Marignier, on dispose depuis 1996 des prélèvements dans la nappe profonde qui représentent entre 0,5 et 0,75 Mm³/an, alors que les versants sont sollicités pour un volume équivalent.

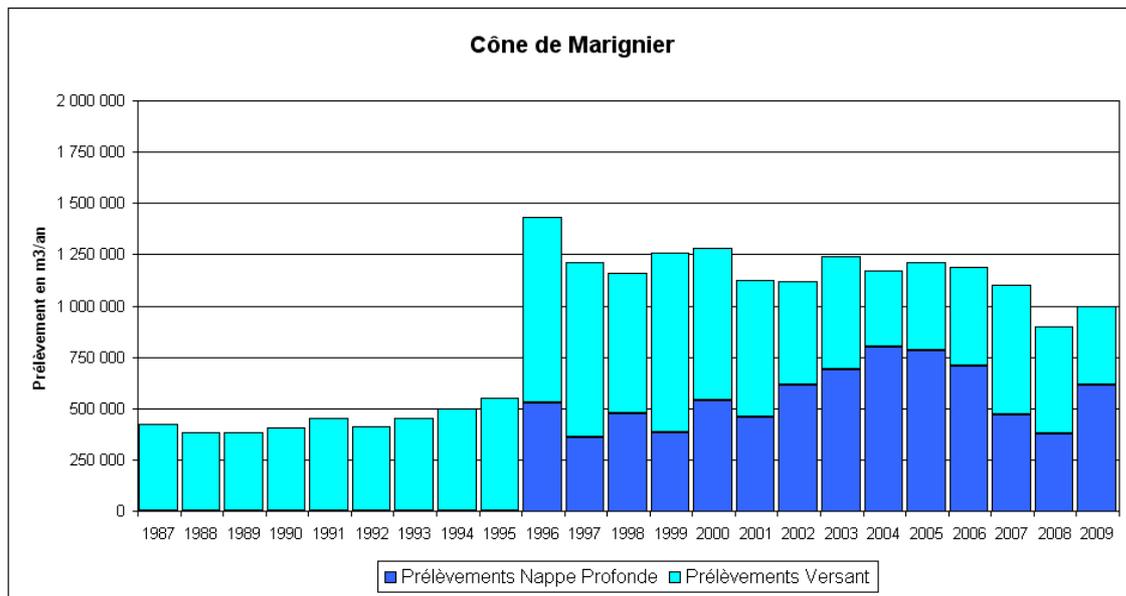


Figure 70 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe et sur les autres ressources (versant) pour le cône du Giffre à Marignier (Ville de Marignier)

Les villes de Cluses et Marnaz prélèvent leur eau potable dans les alluvions de l'Arve aux puits de Jumel et de Pressy (Cluses) et aux puits des Valignons (Marnaz). Le total des prélèvements en nappe est de l'ordre de de 400 000 m³/an, chiffre qui a plus que doublé en 2008, 2009 et 2010 (environ 1 400 000 m³/an), principalement par augmentation des prélèvements aux puits de Pressy (passant de 300 000 m³ à 800 000 m³/an).

Les besoins en eau potable sont complétés par deux principales ressources de versant, les sources de Nancy-sur-Cluses et de la Bonnaz. Les prélèvements de versant de l'ordre de 350 000 à 500 000 m³ par an entre 1988 et 2010, ce sont réduits considérablement depuis 2008, principalement au niveau de la source de la Bonnaz. Malgré ces compensations entre ressources, on note une augmentation générale des prélèvements ces 3 dernières années.

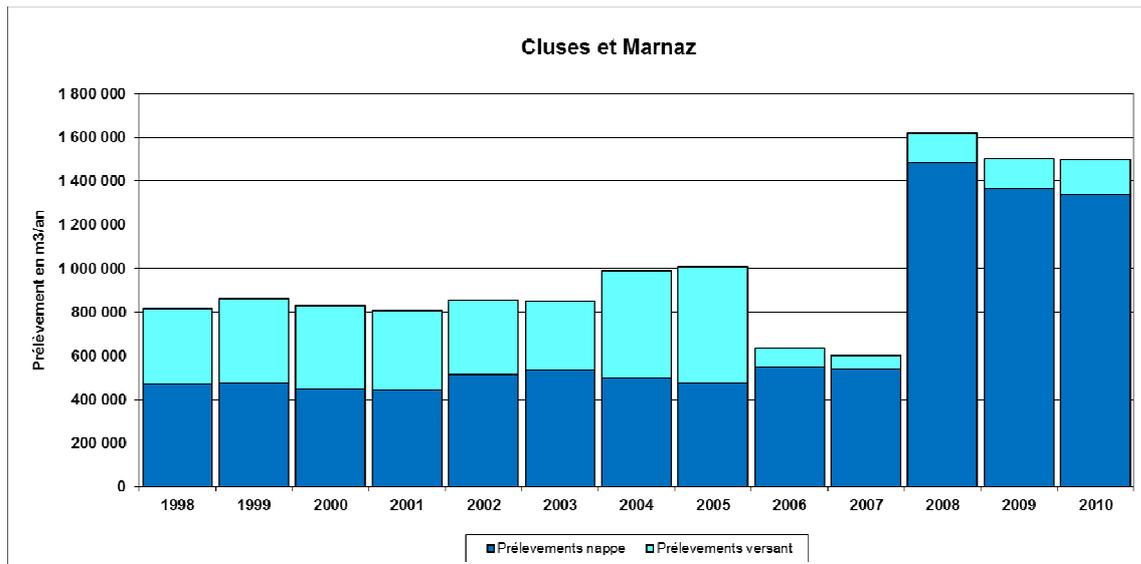


Figure 71 : Evolution pour l'eau potable des prélèvements en nappe (puits de Jumel et de Pressy à Cluses, puits des Valigons à Marnaz) et sur les autres ressources (Source de Nancy sur Cluses et source de la Bonnaz) pour l'Arve Moyenne dans la région de Cluses

6.1.5. Vallée du Giffre

Sur la vallée du Giffre, tous les prélèvements à l'amont du cône du Giffre sont liés au versant avec des chiffres compris entre 1,5 et 2,0 Mm³/an.

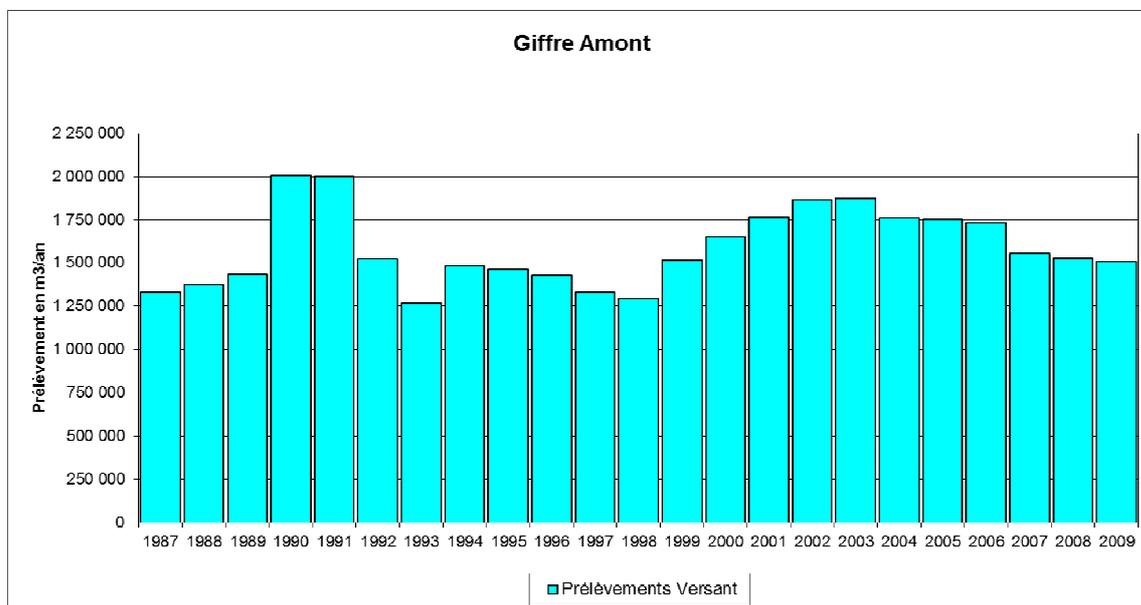


Figure 72 : Evolution des prélèvements (versant) pour la vallée du Giffre en amont de Taninges.

6.1.1. Vallée de l'Arve entre Cluses et Passy (AEP)

Il s'agit des besoins de la ville de Sallanches qui pompe la nappe des alluvions de l'Arve aux puits de Cayenne. L'eau étant très sulfatée (supérieure aux limites de qualité pour l'eau potable), les pompages en nappe inférieurs à 200 000m³/an sont largement dilués à l'aide des sources de versant (captages de Doran, Nantcruy, Trépas, Chante-merle, Rafforts, le Fayet, Luzier) pour un total de +/- 900 000 m³/an. On ne note pas d'évolution particulière.

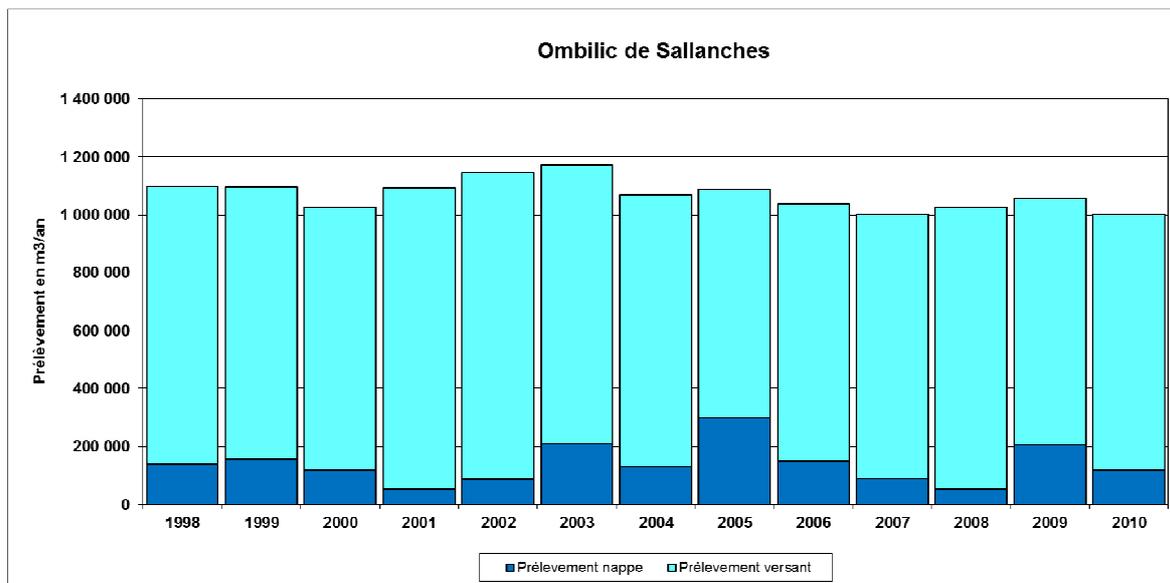


Figure 73 : Evolution des prélèvements (nappe et versant) pour l'ombilic de Sallanches.

6.1.1. Haute vallée de l'Arve Les Houches et Chamonix

La ressource en eau potable est majoritairement exploitée via les sources en pied de versant et des prises d'eaux en surface. A Chamonix, le puits de Chosalets était exploité entre 1998 et 2007. à hauteur de +/- 250 000 m³/an. Entre 2008 et 2010, ce chiffre est réduit de moitié. Le chiffre donné par l'Agence de l'Eau d'avant 2008 est peut-être la somme des pompages aux Chosalets et à la Joux, ce dernier puits n'apparaissant pas sur le fichier des prélèvements. On a le même problème avec les prélèvements aux Houches au puits de Clair Temps dont le prélèvement est différencié dans la base de l'Agence depuis 2006 (en moyenne 400 000 m³/an, débit très variable car l'eau présente un excès d'Arsenic). Le complément sur les sources gravitaires sont de l'ordre de 250 000 m³/an (également très variable). Sur le graphique l'augmentation des prélèvements en nappe s'explique par la prise en compte des prélèvements à Clair Temps depuis 2006. On note une augmentation sensible des prélèvements en 2008 et 2009 de

l'ordre de 20%.

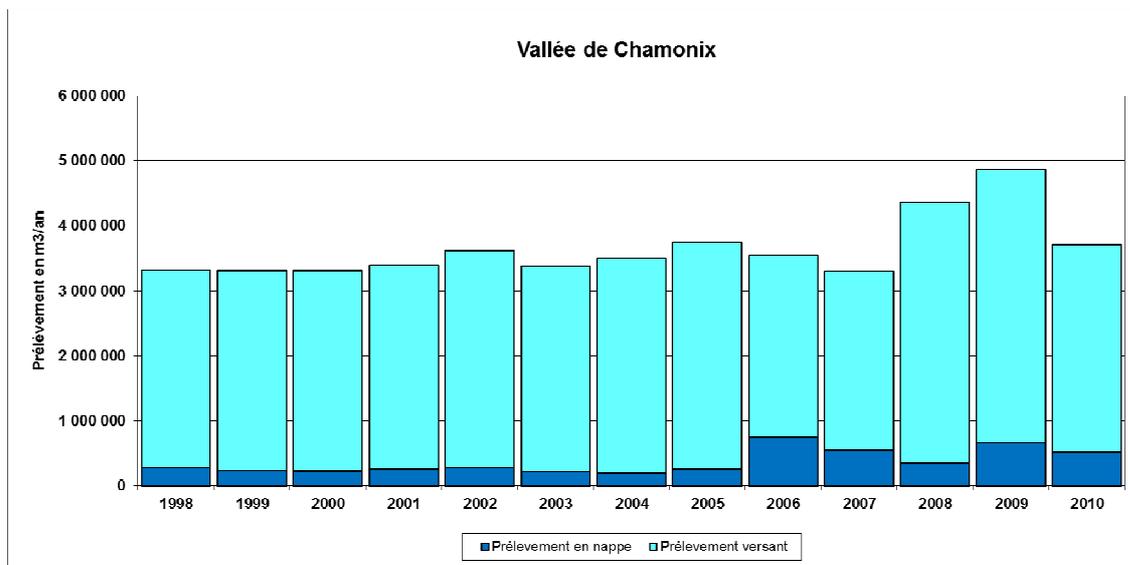


Figure 74 : Evolution des prélèvements (nappe et versant) pour l'ombilic de Chamonix

6.2. ESTIMATION DES BESOINS FUTURS

6.2.1. Prélèvements pour l'AEP

Les prélèvements sont estimés sur la base :

- Des prélèvements moyens actuels observés ;
- De l'évolution de la population, selon les tendances observées ces dernières années (Source INSSE : évolution de la population 1999-2009).

Le tableau ci-après présente une estimation des volumes totaux des unités de gestion qui pompent pour partie dans les alluvions pour les horizons 2020, 2030 et 2050.

Unité de gestion	Volume prélevé 2011	Volume prélevé 2011 alluvions	Population desservie en 2011	Croissance retenue sur 10 ans	Estimation besoins 2020	Estimation besoins 2030	Estimation besoins 2040	Estimation besoins 2050	Débit annuel autorisé DUP
Annemasse Agglo	7 156 776	4 842 362	80 280	15%	8 230 292	9 464 836	10 884 562	12 517 246	25 915 000
SIE des Rocailles	2 577 334	1 535 875	19 555	20%	3 092 801	3 711 361	4 453 633	5 344 360	3 796 000
SIVU du CERF	1 102 296	789 728	13 364	20%	1 322 755	1 587 306	1 904 767	2 285 721	1 277 500
Saint-Pierre-en-Faucigny	373 224	225 111	5 860	20%	447 869	537 443	644 931	773 917	730 000
SIÉP Arenthon et Saint-Pierre-en-Faucigny	159 018	21 601	211	20%	190 822	228 986	274 783	329 740	365 000
Commune de Bonneville	1 028 234	845 051	11 623	15%	1 182 469	1 359 839	1 563 815	1 798 388	1 387 000
Ville de Marnaz	302 275	278 574	5 208	15%	347 616	399 759	459 722	528 681	1 095 000
Ville de Cluses	862 276	725 587	17 468	5%	905 390	950 659	998 192	1 048 102	2 263 000
Ville de Marignier	1 011 106	668 509	6 324	15%	1 162 772	1 337 188	1 537 766	1 768 431	2 190 000
Ville de Sallanches	1 007 700	116 000	16 216	12%	1 128 624	1 264 059	1 415 746	1 585 635	1 927 200
Commune des Houches	661 447	404 147	3 142	10%	727 592	800 351	880 386	968 425	2 190 000
Ville de Chamonix	2 418 896	117 330	32 430	5%	2 539 841	2 666 833	2 800 174	2 940 183	3 504 000
TOTAL	18 660 582	10 569 875	211 681	15%	21 278 842	24 308 620	27 818 479	31 888 828	46 639 700

Tableau 18 : Estimation des besoins en eau futurs pour l'AEP (en m3/an)

Les plus fortes croissances de populations sont attendues dans la basse vallée de l'Arve (pôle agglomération annemassienne et SIE des Rocailles). Selon ces hypothèses, les besoins du Syndicat des Rocailles devraient doubler d'ici à 2050.

Les volumes autorisés au niveau des DUP des captages dans les alluvions permettent en théorie aux collectivités de pourvoir aux besoins à moyen et long termes en eau potable avec les seules ressources aquifères des alluvions. **Ce chiffre ne correspond en rien à la réalité physique des débits réellement exploitables dans les alluvions sans compromettre la ressource. Les chiffres sont donnés en débit horaire et en débit journalier. Ils ne s'appuient pas sur une recherche d'équilibre quantitatif entre les prélèvements et la recharge des aquifères, mais sont simplement une extrapolation des pompages d'essai réalisés lors de la mise en service des captages.** Les chiffres sont aberrants pour Annemasse Agglomération. Par contre, la DUP du puits de Scientrier par le SIE des Rocailles permet à peine de couvrir les besoins à l'horizon 2030. On sait que la situation actuelle est d'ores et déjà déficitaire pour ces deux zones de captages.

6.2.2. Prélèvements industriels

Ces prélèvements sont en déclin depuis 10 ans. L'activité de décolletage qui est la principale activité industrielle de la vallée est en mutation et les procédés industriels tendent à être moins consommateurs d'eau. Les prélèvements industriels sont difficilement estimables à long terme (horizon 2030 et 2050). A moyen terme (horizon 2020), on peut compter sur une stabilisation des prélèvements au niveau actuel (700 000 m³/an), sachant que ce chiffre ne représente que 6 % des besoins totaux. **Même en estimant une croissance de l'activité industrielle dans la vallée, ces chiffres sont d'un ordre de grandeur inférieur à ceux de l'AEP.**

6.2.3. Prélèvements agricoles

Ils sont du même ordre de grandeur que les prélèvements industriels. On suppose une stabilisation de ces prélèvements sur le long terme.

6.3. EQUILIBRE QUANTITATIF

L'évolution est évidemment liée à la localisation des zones de consommation et à l'évolution démographique. Elle n'est pas sans conséquence sur l'évolution piézométrique.

6.3.1. Données piézométriques

Les données sur l'évolution piézométrique des aquifères sont issues des suivis réalisés depuis par le Conseil Général sur 19 points d'eaux (piézomètres ou sources) répartis sur tout le département dans différents types d'aquifères.

Sept points de suivi concernent la basse et moyenne vallée de l'Arve : puits de Veyrier (nappe du Genevois), puits d'Arthaz (Sillon des Nant), puits de Scientrier (Sillon de Scientrier), piézomètre autoroute (Passeirier, cône du Borne), puits de Pré-Paris (Cône du Giffre). Deux ouvrages concernent les alluvions récentes de l'Arve en amont de Cluses : puits de la Jumel à Cluses et puits de Clair Temps aux Houches.

Il n'existe pas d'autres suivis quantitatifs dans la base ADES. Le puits de Scientrier bénéficie d'une chronique longue de mesure remontant à 1987.

La figure ci-dessous montre le détail de la localisation des points de contrôle piézométrique dans les différents aquifères exploités pour la basse et moyenne vallée de l'Arve.

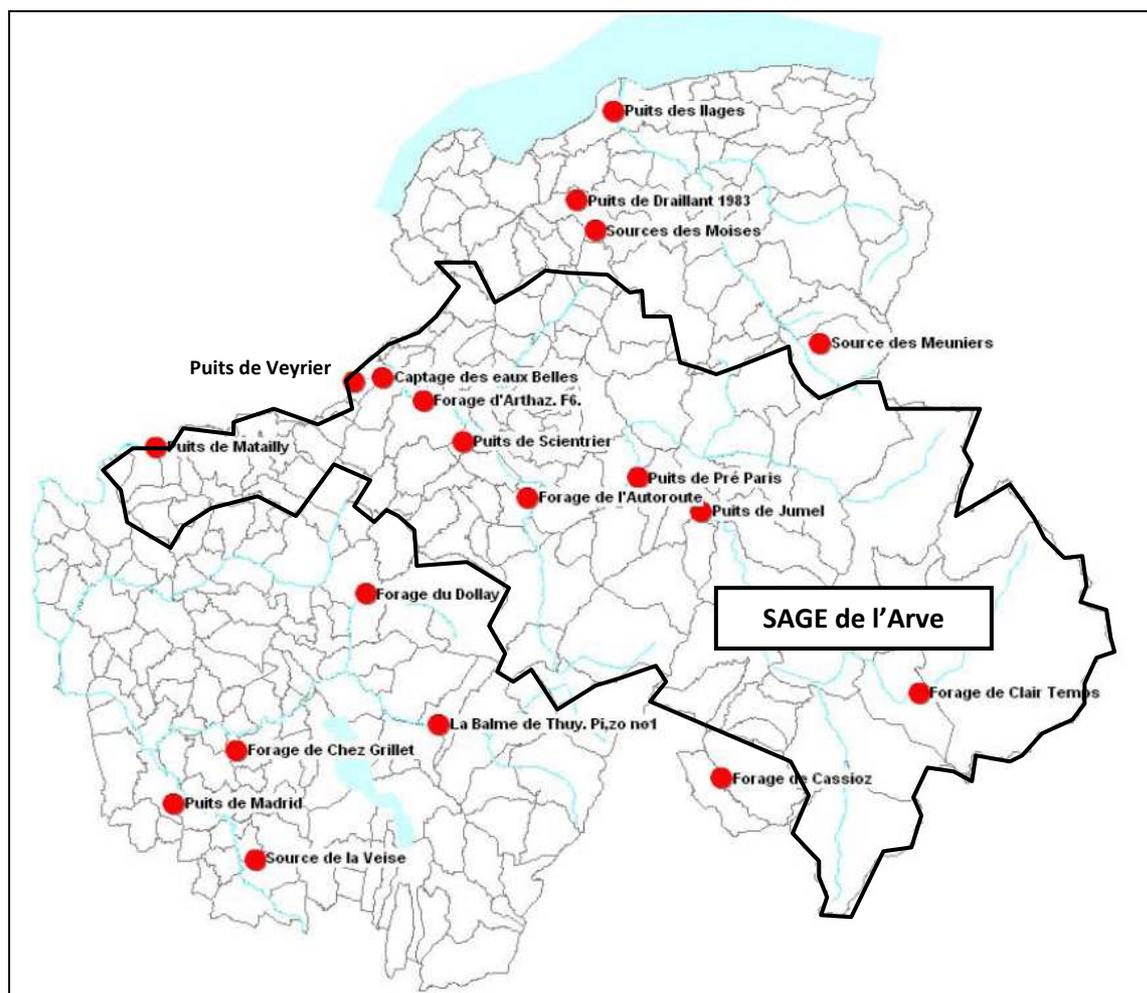


Figure 75 : Points de réseau de suivi quantitatif des aquifères du Conseil Général de la Haute-Savoie

Note : le captage des Eaux Belles (Résurgence karstique du massif du Salève utilisée par Annemasse Agglomération) et le puits de Matalilly (nappe d'accompagnement du Rhône) sont deux autres points de suivi dans le territoire du SAGE, mais ne concernent pas le territoire d'étude.

6.3.2. Suivi piézométrique sur la basse et moyenne vallée de l'Arve en aval de Cluses

Tout à l'aval, le niveau de la nappe dans le puits de Veyrier est contrôlé par la réalimentation artificielle dans la nappe du Genevois. Le niveau reste donc relativement stable avec une amplitude annuelle proche de 3 m et des différences entre les niveaux dynamiques et pseudostatiques de l'ordre de 0,5 m. Les prélèvements sont stables sur la même période (1,5 Mm³ en moyenne).

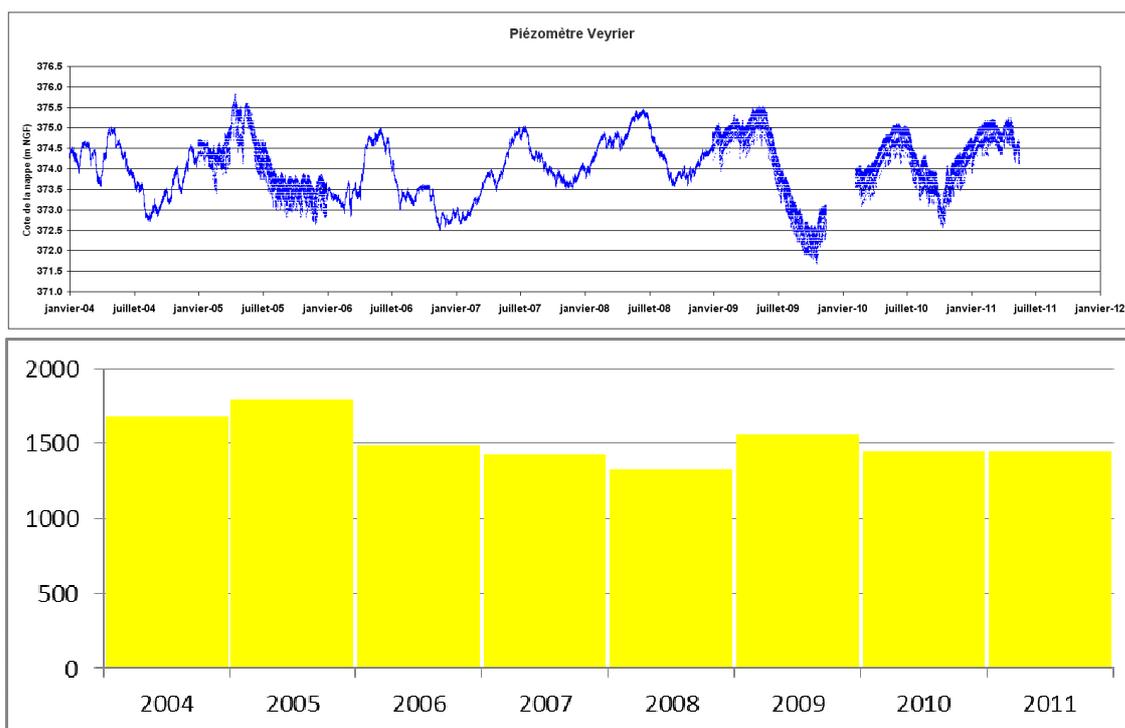


Figure 76 : Suivi piézométrique du puits de Veyrier entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m³)

Dans la partie aval de la vallée, au droit des captages du Nant à Arthaz, les variations de niveau sont essentiellement liées à l'évolution pluriannuelle des prélèvements. On remarque depuis le début de l'année 2011 un accroissement de l'écart entre le niveau dynamique et le niveau pseudo statique qui, avec les niveaux bas atteints en hiver 2006 et 2007 traduisent une situation de stress de la nappe.

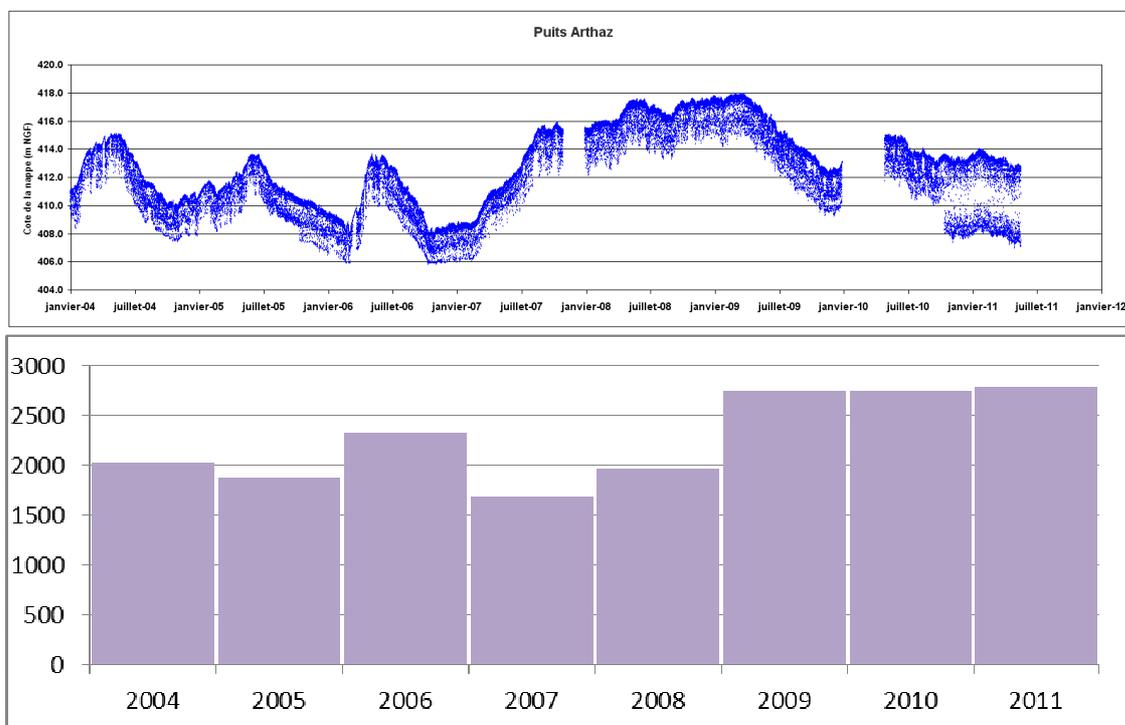


Figure 77 : Suivi piézométrique du puits des Nants entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés (en milliers de m³)

Ce n'est pas le cas sur le secteur de Scientrier qui montre depuis plusieurs années une évolution préoccupante malgré une baisse des prélèvements entre 2006 et 2008. La mise en perspective depuis 20 ans montre à l'évidence que les prélèvements dépassent les possibilités de l'aquifère et l'évolution depuis 2010 est à cet égard significative.

Note : pas de données de prélèvement pour 1992, 1993. Le chiffre pour 2007 est anormalement bas (base de données des prélèvements déclarés à l'Agence de l'Eau).

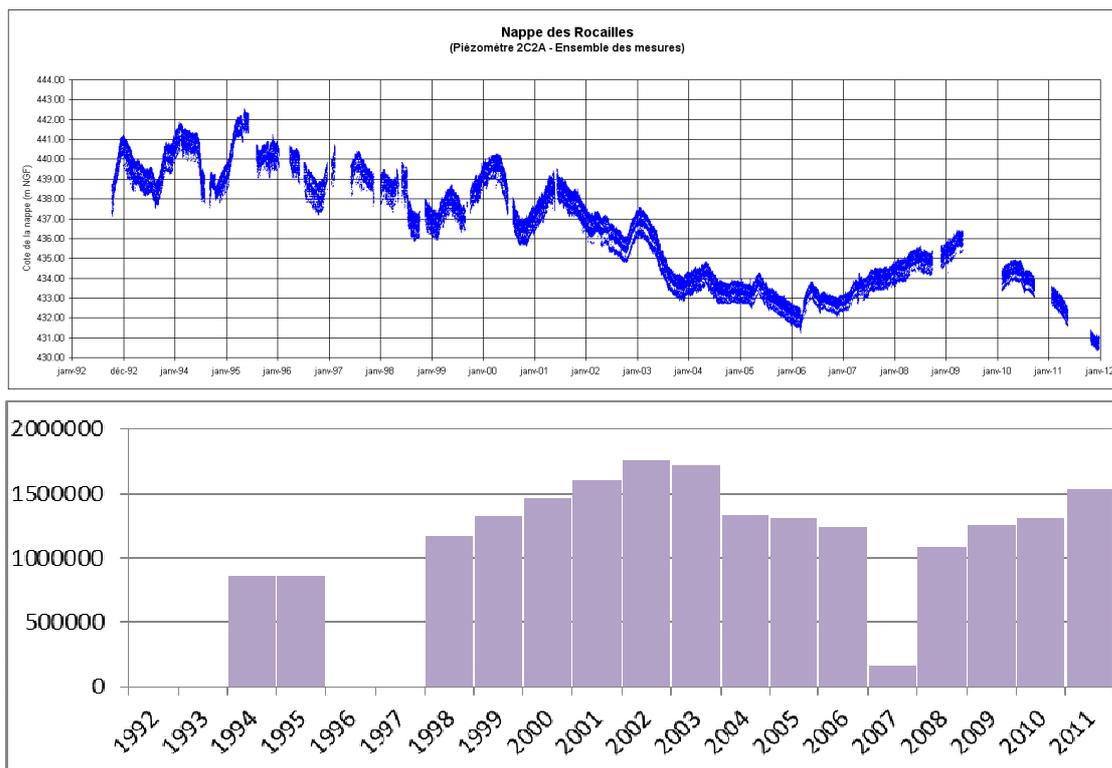


Figure 78 : Suivi piézométrique du puits de Scientrier entre 1992 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m3)

Dans la partie amont des aquifères, sur le cône du Borne et de Marignier, la dynamique de l'aquifère reste encore relativement naturelle avec une amplitude des variations piézométriques relativement faible (environ 3 m à Passérier et à Pré Paris) et pas d'évolution significative dans la courbe enveloppe des minimums ce qui traduit une exploitation compatible avec les possibilités locales de l'aquifère.

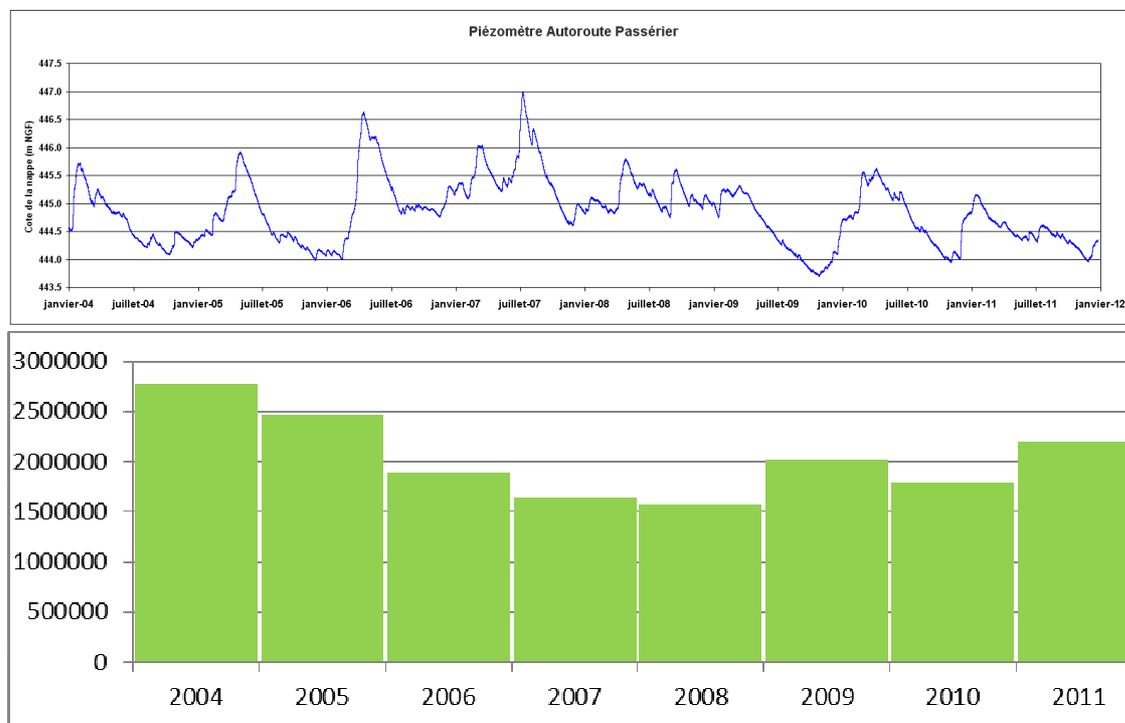


Figure 79 : Suivi piézométrique du piézomètre de l'Autoroute (Passérier) entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m³)

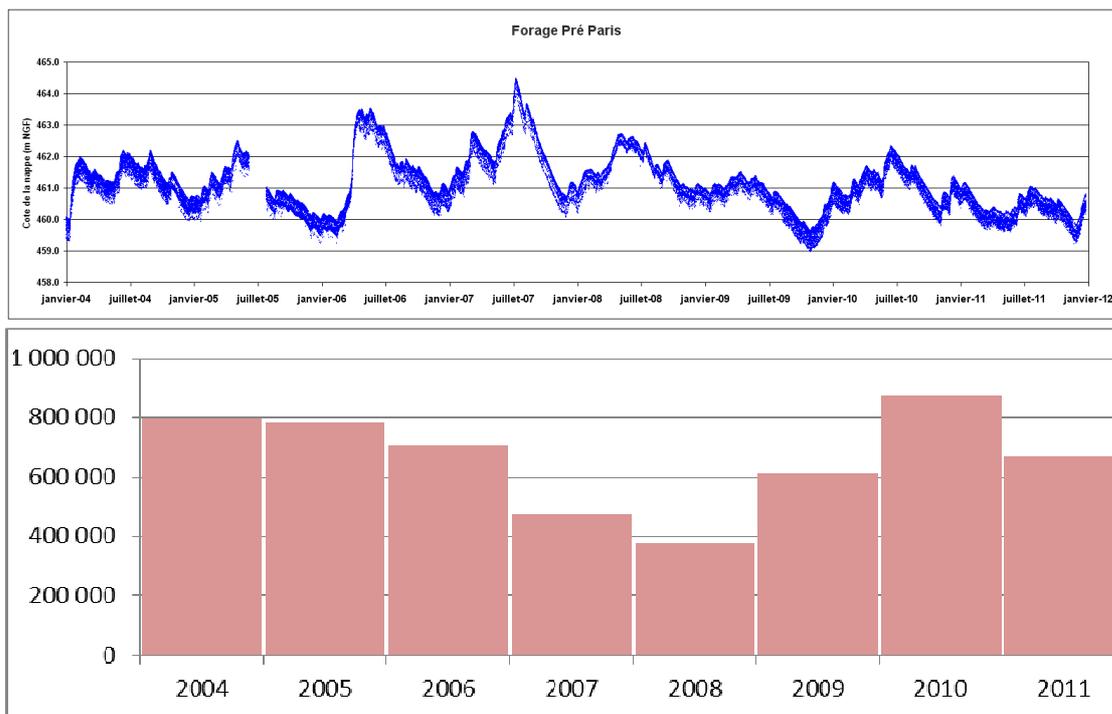


Figure 80 : Suivi piézométrique du puits de Prés-Paris entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m³)

6.3.3. Suivi piézométrique sur l'Arve en amont de Cluses

Dans la partie amont le suivi se fait au niveau du puits Jumel dans les alluvions récentes de l'Arve en bordure de cette dernière, et dans le puits de Clair-Temps aux Houches, généralement en bordure de l'Arve, mais dans une surépaisseur de graviers aquifères. Ils montrent tous deux un même régime nivo-glaciaire, calé sur les périodes de fonte estivale (hautes eaux en juin, juillet et août) et d'étiage hivernal (décembre, janvier). On a donc très clairement une réalimentation des alluvions par les eaux de l'Arve qui présente ce régime nivo-glaciaire, ce qui est cohérent à l'échelle générale de la vallée de l'Arve en amont de Cluses, dont le remplissage deltaïque est en contact direct avec les cours d'eau en surface.

Seule la haute vallée de l'Arve en amont de Chamonix (la Joux- les Chosalets) montre un aquifère captif sous une couche d'argile, et pourrait présenter un régime de recharge différent (pas de données de suivi piézométrique).

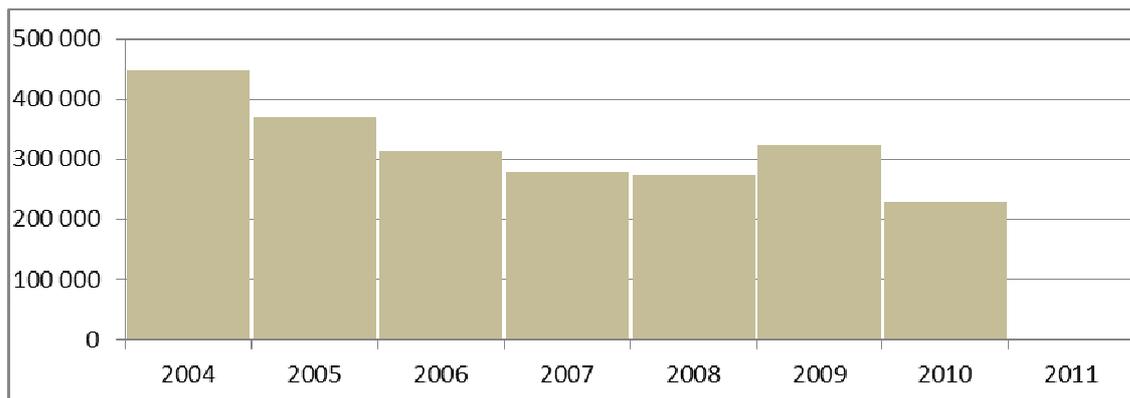
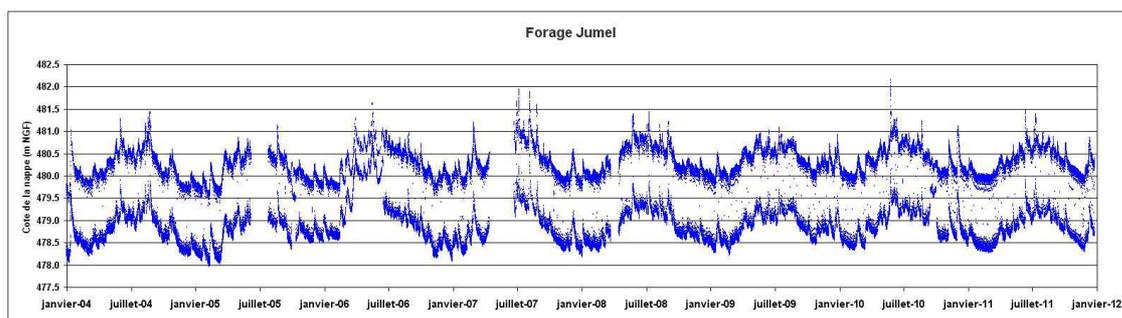


Figure 81 : Suivi piézométrique du puits Jumel entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m³)

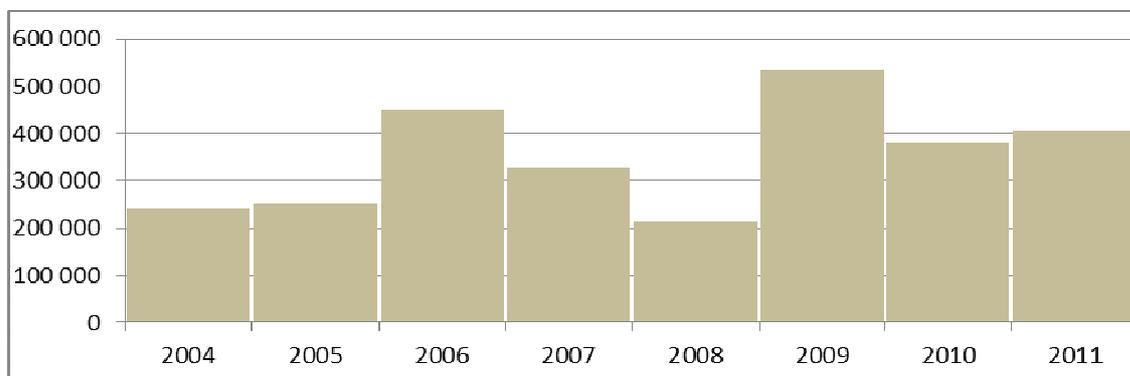
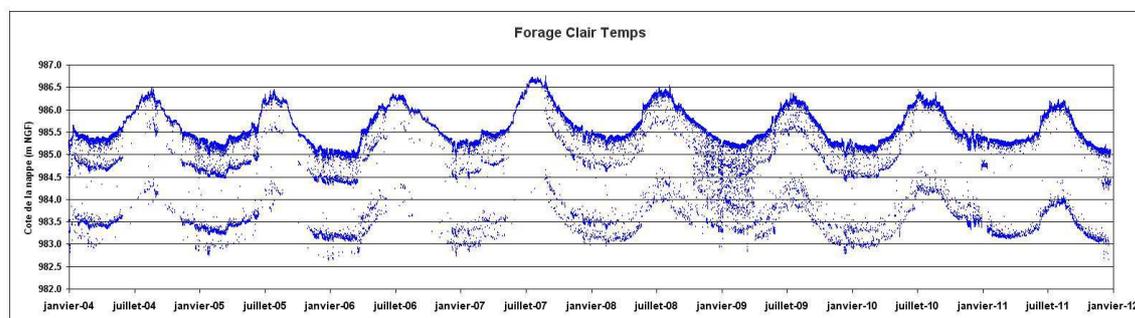


Figure 82 : Suivi piézométrique du puits de Clair Temps entre 2004 et 2011 et comparaison aux volumes prélevés sur la même période (en milliers de m³)

6.4. ADEQUATION BESOINS RESSOURCES

Comme préalable à la détermination des aquifères stratégiques, il est nécessaire de comprendre :

- 1) Si les ressources actuelles dans les alluvions sont suffisantes pour pourvoir aux besoins des collectivités à moyen ou long terme qui pompent dans les nappes.
- 2) Si des ressources aquifères peu ou pas exploitées sont susceptibles de pourvoir aux besoins d'autres collectivités limitrophes suffisamment proches de ces ressources.

6.4.1. Adéquation besoins ressources actuelle et future

Le tableau en page suivante présente les résultats de l'analyse qui en prend en compte :

- Les prélèvements actuels et la situation d'équilibre par rapport à la recharge annuelle dans chaque zone de captage (ou potentiellement à capter) ;
- La situation à court, moyen et long terme si les prélèvements suivent l'évolution de la population ;
- Les autres ressources mobilisables en alluvions et hors alluvions ;
- Les zones à enjeux, c'est dire celles qui posent actuellement problème et celles qui en poseront à moyen ou long terme avec un déficit dans l'approvisionnement en eau potable si rien ne change dans la gestion des prélèvements

Secteurs alluvions productives	Prélèvements actuels	UGE	Situation actuelle	Ressource/recharge	Situation à moyen terme (horizon 2020)	Situation à long terme (horizons 2030-2050)	Autres ressources mobilisables alluvions	Autres ressources mobilisables	Enjeux
Sillons profonds Basse vallée de l'Arve	Puits d'Arthaz (Les nants et Menoge)	Annemasse Agglo	En limite d'exploitation	Modalités de la recharge non connue, mais actuellement insuffisante	Déficitaire	Déficitaire	Non, excepté recherche d'un équilibre entre les pompages des Nants, Arthaz-Menoge et Scientrier	Nappe du genevois (actuellement à l'équilibre). Pas d'autres ressources majeures en bordure, excepté Lac Léman (interconnexion avec Genève)	Recharge des sillons à étudier Equilibre quantitatif à rechercher entre les 3 zones de prélèvement Besoin d'une autre ressource complémentaire inexistante dans les alluvions et hors alluvions
	Puits de Scientrier	SIE des Rocailles	Surexploitation		Déficitaire	Très déficitaire		Contexte géologique très défavorable (molasse)	
Cône du Giffre	Près Paris	Marignier	Prélèvements en dessous du potentiel	Recharge par les coteaux et les pertes du Giffre	Excédentaire	Excédentaire	2 ressources assez proches (distantes d'environ 12 km), dans le bassin de population Bonneville-Cluses	Sources de versant déjà mobilisées (source d'Ossat)	Préservation de la ressource (urbanisation) étude de sa recharge
Cône du Borne	Puis de Passerier	SIVU du CERF	En dessous du potentiel, malgré le nouveau forage des Vorziers	Recharge par les coteaux et les pertes du Borne	Excédentaire	A l'équilibre ?		Sources de versant déjà exploitées	Préservation de la ressource (urbanisation) étude de sa recharge, de la protection de l'aquifère et de son fonctionnement
	Puits de la ferme Blandet	SIEP Arenthon							
	Puits du Bajolet	Saint-Pierre							
	Puits des Vorziers de Dessy	Bonneville							
Alluvions de l'Arve entre Cluses et Bonneville	Puits des alignons	Marnaz	Probablement en limite d'exploitation, ressource vulnérable	Recharge par les coteaux et par l'Arve (drainage par l'Arve en aval)	Déficitaire	Déficitaire	Cône du Giffre Eventuellement Cônes de Scionzier et Marnaz ?	Sources de versant déjà mobilisées	Aquifère au potentiel limité, avec urbanisation dense. Besoin de préserver la ressource Eventuellement, prospection du cône du Foron à Scionzier (secteur déjà très urbanisé)
	Puits de Pressy	Cluses							
	Puits de Jumel								
Vallée du Giffre en amont de Tainings	Pas de prélèvement	-	Bon potentiel (forages tests à venir)	Recharge par les coteaux et les pertes du Giffre (et le karst ?)	Excédentaire	Excédentaire	Cône du Giffre	Sources de versant déjà mobilisées	Vérification du potentiel de la nappe et sa qualité, préservation de la ressource (urbanisation)
Vallée de l'Arve entre Cluses et Sallanches	Pas de prélèvement		Potentiel à définir (non reconnu)	Recharge par les coteaux (et le karst ?)	Excédentaire	Excédentaire	Pas d'autre ressource	Sources de versant déjà mobilisées	Vérification de l'extension des alluvions, le potentiel de la nappe et sa qualité, et sa recharge
Alluvions de l'Arve - Ombilic de Sallanches Le Fayet	Puits de Cayenne	Sallanches	Gros potentiel, peu exploité (sulfates, arsenic)	Recharge par les coteaux et les pertes du Giffre et des torrents latéraux (Bonnant, Sallanches)	Probablement à l'équilibre	Probablement déficitaire	Ombilic de Sallanches-Le Fayet ? Alluvions de l'Arve entre Sallanches et Cluses ?	Sources de versant déjà exploitées (avec étiage hivernal) Autres source karstique (Chez Party ?)	Besoin d'une ressource complémentaire à moyen terme. Etude de la qualité de l'eau dans l'ombilic (en aval de Sallanches)/ou traitement de l'eau Eventuellement, étude du potentiel des alluvions de l'Arve entre Sallanches et le Fayet ou en amont (cône du torrent de Sallanches, cône du Bonnant)
	Puits de Domancy	Domancy							
Alluvions de l'Arve Chamonix les Houches	Puits de Clair Temps	Les Houches	Bon potentiel (problème arsenic aux Houches)	Nivo-glaciaire	Probablement à l'équilibre	A l'équilibre ?	Alluvions de l'Arve dans l'ombilic Chamonix ? Alluvions de l'Arve à Servoz (fort risque de contamination par les métaux)	Sources liées à la recharge nivo-glaciaire, déjà exploitée. Le problème se pose pour les étiages hivernaux (lors des pics de fréquentation touristique). Eau de fonte des glaciers abondante	Gestion des variations de population, ressource nivo-glaciaire semblent suffire. La qualité des eaux des ombilic limite leur exploitation (Contexte plus favorable en amont de Chamonix)
	Puits des Chosalets	Chamonix	Bon potentiel (non étudié à Chamonix)						
	Puits de la Joux								

Tableau 19 : Adéquation besoins/ressources actuelle et future

6.4.1. Synthèse des enjeux pour l'alimentation en eau potable

La principale zone à enjeux est la basse vallée de l'Arve avec les pompages d'Annemasse Agglomération aux Nants en limite d'exploitation et les pompages de SIE des Rocailles à Scientrier déjà en surexploitation. Ce bassin de population majeur (100 000 personnes) s'étendant au-delà des limites de la vallée de l'Arve et présente une forte croissance de la population (15 à 20% ces 10 dernières années) avec l'attractivité de Genève, et de surcroît pas de solutions de ressources alternatives pour l'AEP en dehors des alluvions. Les sources de versant qui viennent déjà compléter les besoins sont toutes exploitées. Ces ressources de versant sont vulnérables aux étiages sévères comme celui de 2003 et aux pollutions. L'enjeu à court terme est de comprendre la réalimentation de sillons et l'équilibre quantitatif à trouver entre ces ressources.

Le cône du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny tout comme le cône du Giffre à Marignier constituent de très bons aquifères, bien rechargés. Ce sont les châteaux d'eau de toutes les communes situées sur le secteur entre la Roche sur Foron (en bordure de la vallée) et les communes du fond de vallée de Bonneville à Cluses. Ces deux cônes de déjection ne sont encore pas exploités au maximum de leur capacité et seront donc destinés à être exploités à long terme et ce malgré l'urbanisation galopante sur ces deux secteurs. Ce sera là un enjeu fort pour la protection des aquifères à long terme. Les villes de Cluses et de Marnaz qui pompent directement dans les alluvions de l'Arve avec une ressource en eau vulnérable.

La vallée du Giffre en amont de Sallanches, encore bien préservée de l'urbanisation constitue une ressource stratégique par excellence car elle n'a encore pas été sollicitée pour l'eau potable et les premières reconnaissances par méthodes géophysiques sont très prometteuses. Si les pompages d'essais confirment la productivité de l'aquifère et la qualité de l'eau de la nappe, cette ressource permettra de pourvoir en eau potable toute la vallée du Giffre et au-delà, des communes limitrophes hors alluvions qui sont aujourd'hui en situation déficitaire (Arâches, Flaine), voir si besoin la région de Cluses. En revanche, cette ressource ne pourra pas solutionner les problèmes de la basse vallée de l'Arve trop éloignée.

En amont de Cluses, les ressources en eau sont extrêmement importantes, mais l'eau est impropre à la consommation humaine à cause d'excès naturels de sulfates et d'arsenic qui s'expliquent par le contact avec les roches du substratum rocheux, respectivement aux Houches et à Servoz (filons métallifères dans le granite) et en bordure sud de l'ombilic de Sallanches-Le Fayet (gypse). La situation en terme d'accès à la ressource est un peu différente car les sources du versant sont ici plus abondantes, en particulier à Chamonix qui ne semble pas présenter de problèmes particuliers malgré l'importance des variations saisonnières de population. La situation est légitimement plus problématique entre les Houches et Sallanches où l'absence d'une ressource en eau potable exploitable dans les alluvions risque de poser des problèmes à moyen ou long terme pour l'approvisionnement en eau potable. Le traitement des sulfates et de l'arsenic est extrêmement coûteux avec l'utilisation de stations de filtrations ultra-performantes. Des solutions à la marge restent à étudier dans des secteurs de l'ombilic qui pourraient être déconnectés des zones d'apport des sulfates et de l'arsenic, peut-être en amont de Sallanches (cône du torrent de Sallanches) ou en aval dans le défilé de Magland.

7. CONCLUSION GENERALE DE PHASE I

Le travail de synthèse sur la géologie et l'hydrogéologie à partir de toutes les données bibliographiques a permis de faire un bilan des connaissances à l'échelle globale des vallées de l'Arve et du Giffre qui n'existait pas auparavant.

Ce travail met en exergue la complexité du fonctionnement hydrogéologique de ces vallées qui ne constituent pas un ensemble hydrogéologique homogène (une seule nappe), mais un ensemble très complexe d'aquifères et de nappes pas forcément en relation entre elles, héritage de l'histoire glaciaire de la vallée. Les campagnes de géophysique des années 60, 70 et 80 avaient permis d'une part d'identifier les zones les plus productives que sont encore aujourd'hui les zones de captages de collectivités dans les alluvions, mais aussi des collectivités en bordure qui ne disposaient pas de ressources suffisantes (Annemasse agglomération, SIE des Rocailles, la Roche-sur-Foron) et qui avaient déjà anticipé ce problème il y a plus de 30 ans. Actuellement, la croissance galopante de l'urbanisation dans la basse vallée de l'Arve montre la limite de l'exploitation de ces zones de captage qui sont aujourd'hui pompées au-delà de leur capacité naturelle de renouvellement par les pluies et les rivières. Il est donc nécessaire d'avoir une vision hydrogéologique nouvelle avec nécessairement des investigations à mener pour répondre aux enjeux suivants :

- La connaissance de l'alimentation des ressources de la basse vallée de l'Arve (sillons d'Arthaz et sillon de Scientrier) déjà surexploitées. Au-delà de cela, il est primordial de rechercher un équilibre entre ces ressources où se concentrent la population et les déficits quantitatifs.
- La connaissance du fonctionnement hydrogéologique des cônes du Borne à Saint-Pierre-en-Faucigny (ce dernier déjà bien connu) et surtout du cône du Giffre pour assurer leur protection, car ces ressources ont un réel potentiel pour le futur mais sont vulnérables dans un contexte urbain et industriel dense.
- La préservation de l'urbanisation de la vallée du Giffre en amont de Taninges qui n'est encore pas exploitée et va très certainement constituer une ressource stratégique pour les communes de la vallée et au-delà.
- A la marge, dans la moyenne et haute vallée de l'Arve, les aquifères présentent en excès naturel de sulfates et d'arsenic qui rendent impropre l'eau pour la consommation humaine. La recherche de quelques secteurs aquifères encore épargnés entre Passy et Magland peut être envisagée.

Au final, malgré des précipitations abondantes à l'échelle de la vallée, la ressource en eau est très inégalement répartie sur le territoire par rapport aux bassins de population.

La qualité des eaux sera un second enjeu avec l'industrie en basse et moyenne vallée de l'Arve et la multiplication des sondes géothermiques pour les particuliers. L'étude fait ressortir l'ampleur de la géothermie sur sondes pour les particuliers (forage profonds) à l'échelle de la vallée et ses conséquences sanitaires dramatiques s'il n'est pas mis en place rapidement un processus de contrôle.

Tous ces enjeux vont permettre de définir les actions à mener sur la connaissance et la protection des ressources aquifères des alluvions de l'Arve et pour le SAGE.



Schéma d'Aménagement
de Gestion des Eaux
du bassin de l'Arve



SAGE ARVE - SM3A - 300 Chemin des Prés Moulin - 74800 Saint-Pierre-en-Faucigny
Siège social SM3A - 56 Place de l'Hôtel de Ville 74130 BONNEVILLE
Tél. : 04 50 25 60 14 - Fax : 04 50 25 67 30 - sm3a@riviere-arve.org