



Ressource en eau thermale de la station d'Avène-les-Bains

Etat des lieux

Rapport final

BRGM/RP-61298-FR
juillet 2012



Ressource en eau thermique de la station d'Avène-les-Bains Etat des lieux

Rapport final

BRGM/RP-61298-FR
juillet 2012

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM PSP10LRO30

A. Calvet – C. Lamotte – E. Le Goff

Vérificateur :

Nom : **P. Vigouroux**

Date :

Approbateur :

Nom : **M. Audibert**

Date :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008



Mots clés : Eau thermominérale, source thermale, synthèse hydrogéologique, gestion ressource eau, qualité eau, périmètre protection, Avène-les-Bains.

En bibliographie ce rapport sera cité de la façon suivante :

Calvet A., Lamotte C., Le Goff E. (2012) – Ressource en eau thermale de la station d'Avène-les-Bains – Etat des lieux – Rapport final – Rap BRGM RP-61298-FR, 113p, 34 ill., 9 tab, 9 ann..

Synthèse

L'analyse de la ressource en eau thermale de la station d'Avène-les-Bains s'inscrit dans le cadre du programme intitulé « **Qualité de la ressource en eau thermale des stations du Languedoc-Roussillon** ». Ce programme, mené sur la période 2010 à 2013, est cofinancé par l'Union Européenne (FEDER), la Région Languedoc-Roussillon, le Conseil Général de l'Hérault et le BRGM. Il est mené en partenariat avec la Fédération Thermale et Climatique Languedoc-Roussillon (FTCLR).

L'état des lieux réalisé permet de préciser les points suivants :

- concernant les **connaissances du gisement hydrothermal**, les contextes globaux sont connus, l'amélioration de la connaissance de l'influence de la tectonique récente dans le secteur d'Avène, ainsi que l'étude des zones sensibles semble cependant importante pour mieux comprendre le fonctionnement du gisement hydrothermal et pouvoir garantir son intégrité ;
- concernant la connaissance du **fluide thermal**, la ressource à l'émergence est bien connue mais la provenance de la minéralisation est à approfondir. L'application de la chimie isotopique aux eaux thermales permettrait d'en apprendre plus sur les mélanges et l'origine des eaux thermales ;
- concernant la **mise en production du site et les équipements**, le site d'Avène bénéficie d'installations optimales permettant d'assurer la qualité de l'eau thermale ;
- concernant le **suivi d'exploitation et la maintenance**, un dispositif de procédures est défini et un responsable de la surveillance de la ressource a été désigné. La gestion des données du suivi est réalisée par un prestataire et par le Laboratoire de l'Eau, ce qui permet de contrôler le gisement ;
- concernant le **cadre réglementaire**, la source Sainte-Odile bénéficie d'une déclaration d'intérêt public et d'un périmètre de protection cependant une actualisation de ce dernier s'avère nécessaire car le forage actuellement exploité se trouve en dehors de ses limites.

Les pistes de progrès qu'il est recommandé de suivre pour renforcer la qualité de la ressource thermale d'Avène-Les-Bains concernent :

A **court terme** :

- la réalisation d'une étude chimique afin de localiser le secteur de l'impluvium des sources thermales, de caractériser le fonctionnement de l'hydrosystème et de quantifier les mélanges ;
- la mise en place d'un partenariat avec les acteurs locaux pour limiter les activités polluantes.

A **moyen terme** :

- l'amélioration des connaissances concernant l'incidence de la tectonique récente sur la géométrie des écoulements dans le secteur proche d'Avène ;
- la réflexion sur l'implantation d'un nouveau forage qui permettrait d'assurer l'alimentation des thermes ou de l'usine en cas d'avarie sur un des ouvrages existant.

Sommaire

1. Introduction	11
1.1. CADRE DU PROGRAMME REGIONAL THERMALISME	11
1.2. MODALITES D'INTERVENTION	11
2. La station thermale d'Avène-les-Bains.....	13
2.1. CONTEXTE GENERAL DU SECTEUR D'AVENE.....	13
2.1.1. Contexte géographique	13
2.1.2. Contexte climatique.....	13
2.1.3. Contexte géologique et hydrogéologique	17
2.2. L'ACTIVITE THERMALE DE LA STATION.....	28
2.2.1. Historique de l'activité thermale.....	28
2.2.2. Nature de l'activité thermale	28
2.2.3. Importance de l'activité thermale	29
3. La ressource en eau thermale de la station d'Avène-les-Bains.....	31
3.1. LE GISEMENT D'EAU THERMO-MINERALE	31
3.1.1. Approche théorique de la notion de gisement.....	31
3.1.2. L'état de la connaissance sur le gisement d'Avène-les-Bains.....	33
3.2. LE FLUIDE THERMAL	38
3.2.1. La ressource exploitée	38
3.2.2. Caractérisation physico-chimique de la ressource.....	39
3.2.3. Caractérisation isotopique de la ressource	40
3.3. LA MISE EN PRODUCTION – LES EQUIPEMENTS	42
3.3.1. Les captages existants.....	42
3.3.2. Les conditions de transport et de stockage	44
3.4. LE SUIVI D'EXPLOITATION – LA MAINTENANCE	45
3.4.1. Le suivi d'exploitation de la ressource	45
3.4.2. La maintenance des installations.....	55
3.4.3. La relation ressources / besoins	56
3.5. LE CADRE REGLEMENTAIRE	57
4. Conclusion	59

5. Eléments de bibliographie..... 61

Liste des illustrations

Illustration 1 : La station thermale d'Avène et les autres stations thermales de la région Languedoc-Roussillon.....	12
Illustration 2 : Carte de situation de la commune d'Avène.....	13
Illustration 3 : Carte de situation de la station météorologique de référence (Bédarieux).....	14
Illustration 4 : Variation annuelle des températures (station de Bédarieux).....	15
Illustration 5 : Cumul annuel des précipitations du secteur d'Avène-les-Bains.....	15
Illustration 6 : Moyenne mensuelle des précipitation et de la température.....	16
Illustration 7 : Schéma géologique structural de la Montagne Noire (Demange, 1999).....	17
Illustration 8 : Coupe géologique schématique régionale (Soula, et al., 2000).....	18
Illustration 9 : Coupe des nappes du versant nord modifié d'après (Gèze, 1949).....	19
Illustration 10 : Schéma structural de la région d'Avène (Extrait de la carte géologique de Camarès).....	20
Illustration 11 : Carte et coupe géologique des environs d'Avène-les-Bains (TARRABO, 2009).....	23
Illustration 12 : Localisation de l'aquifère d'Avène dans le contexte géologique local.....	25
Illustration 13 : Coupe transversale des Monts d'Orb.....	26
Illustration 14 : Inventaire des sources (et températures) autour du site thermal (Teissier, 2005).....	27
Illustration 15 : Evolution de l'activité thermale pour la période 2002 à 2011.....	29
Illustration 16 : Schéma de principe du circuit hydrominéral.....	32
Illustration 17 : Délimitation approximative de l'impluvium des eaux thermales d'Avène.....	34
Illustration 18 : Occupation des sols sur l'impluvium d'Avène (Corine Land Cover, 2006).....	35
Illustration 19 : Bloc stéréogramme des émergences d'Avène-les-Bains (Teissier, 2005).....	36
Illustration 20 : Sources et forages du secteur d'Avène (Vigouroux, et al., 2011).....	37
Illustration 21 : Emplacement des forages d'exploitation de l'eau thermale.....	38
Illustration 22 : Position des thermes et de l'usine de production par rapport aux forages.....	44
Illustration 23 : Conductivité et température du forage Sainte Odile (Données ANTEA).....	46
Illustration 24 : Débit et niveau du forage Sainte Odile (Données ANTEA).....	47
Illustration 25 : Conductivité et température du forage Valdorb (Données ANTEA).....	48
Illustration 26 : Débit et niveau du forage Valdorb (Données ANTEA).....	49
Illustration 27 : Conductivité et température de la source Sainte Odile (Données ANTEA).....	50
Illustration 28 : Débit de la source Sainte Odile (Données ANTEA).....	50
Illustration 29 : Valeurs du contrôle réglementaire pour le forage Sainte Odile (ARS).....	52

Illustration 30 : Valeurs du contrôle réglementaire pour le forage Valdorb (ARS)	53
Illustration 31 : Stabilité des eaux thermales d'Avène selon la méthodologie de l'AFSSA (Selas, 2012)	55
Illustration 32 : Périmètre de protection de la source Sainte Odile (Vigouroux, 1999)	57
Illustration 33 : Local de protection et périmètre sanitaire d'émergence du forage Sainte Odile	58
Illustration 34 : Local et clotûre de protection du forage Valdorb.....	58

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition physico-chimique des eaux d'Avène	39
Tableau 2 : Analyses des eaux du secteur d'Avène-les-Bains	40
Tableau 3 : Parts de mélanges estimées entre les eaux superficielles et profondes (De Marsily, et al., 2011)	41
Tableau 4 : Caractéristiques générales du forage Sainte Odile	43
Tableau 5 : Caractéristiques générales du forage Valdorb	43
Tableau 6 : Caractéristiques générales du forage Cresson	43
Tableau 7 : Instrumentation des forages d'exploitation et de la source Sainte Odile	45
Tableau 8 : Parts d'utilisation approximative de l'eau thermale issue	56
Tableau 9 : Autorisations d'exploiter l'eau minérale	57

Liste des annexes

Annexe 1 : Données météorologiques	65
Annexe 2 : Log géologique local	69
Annexe 3 : Les sources.....	75
Annexe 4 : Données de fracturation	79
Annexe 5 : Relation hydraulique des sources thermales avec l'Orb	83
Annexe 6 : Données isotopiques	87
Annexe 7 : Coupes techniques des forages	91
Annexe 8 : Autorisation d'exploitation du forage Valdorb	97
Annexe 9 : Autorisation d'exploitation du forage Sainte Odile.....	105

1. Introduction

1.1. CADRE DU PROGRAMME REGIONAL THERMALISME

L'analyse de la ressource en eau thermale de la station d'Avène s'inscrit dans le cadre du programme régional thermalisme intitulé « **Qualité de la ressource en eau thermale des stations du Languedoc-Roussillon** ». Ce programme, mené sur la période 2010 à 2013, est cofinancé par l'Union Européenne (FEDER), la Région Languedoc-Roussillon, le Conseil Général de l'Hérault et le BRGM. Il est mené en partenariat avec la Fédération Thermale et Climatique Languedoc-Roussillon (FTCLR).

Le programme est conduit par le Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon, dans le cadre des missions de service public du BRGM (projet PSP10LRO30). Il concerne les 13 stations thermales de la région (Illustration 1). L'équipe de projet BRGM est chargée, notamment, dans le cadre du programme, de réaliser un état des lieux sur la ressource thermale des sites qui le souhaitent. Le présent rapport correspond à l'état des lieux de la ressource en eau thermale d'Avène-les-Bains.

Le programme régional est axé autour des principaux thèmes suivants :

- sensibilisation des acteurs du thermalisme à la démarche qualité pour la ressource ;
- caractérisation des situations d'exploitation (état des lieux) ;
- assistance technique à la mise en œuvre et au soutien des actions qualité.

1.2. MODALITES D'INTERVENTION

Le programme régional thermalisme Languedoc-Roussillon a été initié en 2010, après signature des conventions de cofinancement entre le BRGM et l'Union Européenne d'une part (FEDER), et des conventions de partenariat avec la Région Languedoc-Roussillon et les Conseils Généraux des départements du Languedoc-Roussillon d'autre part.

Le programme intègre des actions d'information et de sensibilisation à la démarche qualité sur la ressource thermale. L'équipe de projet BRGM a pour mission, en outre, d'apporter, à la demande, l'**assistance technique** sollicitée par les sites thermaux sur les problématiques liées à leur ressource.

La première étape du programme concerne la réalisation, pour chaque station thermale (Illustration 1), d'un **état des lieux** critique des connaissances sur les gisements d'eau minérale et sur leurs exploitations. Les états des lieux sont établis dans le cadre d'une approche consensuelle avec les stations thermales. Le présent rapport concerne l'état des lieux réalisé pour la station thermale d'Avène-les-Bains.

Pour les chroniques de données compilées, la période de référence retenue a été étendue, dans toute la mesure du possible, à la dernière décennie soit la période 2002-2011.

Au-delà de l'analyse critique des données, l'expertise apportée à chaque site thermal a pour finalité d'apprécier, de manière prospective et en cohérence avec l'existant, les pistes de progrès à soutenir pour améliorer la qualité de la ressource thermale.

Les moyens mis en œuvre pour établir l'état des lieux de la station thermale d'Avène-les-Bains ont été les suivants :

- recherche bibliographique aussi exhaustive que possible à partir de nombreuses sources d'information et de documentation (ARS, BRGM, ingénierie, bibliothèques universitaires et scientifiques, etc.) ;
- analyse critique des informations disponibles et exploitation de la documentation existante ;
- visite du site thermal concerné, et observations de terrain ;
- réunions et discussions avec les responsables du Laboratoire de l'Eau de Pierre-Fabre Dermo-Cosmétique (PFDC). Le présent rapport est édité dans le cadre d'une approche consensuelle avec ses responsables, qui sont remerciés pour leur collaboration avec l'équipe de projet BRGM ;
- rédaction d'un rapport, incluant la formulation de recommandations et la proposition de pistes de progrès.

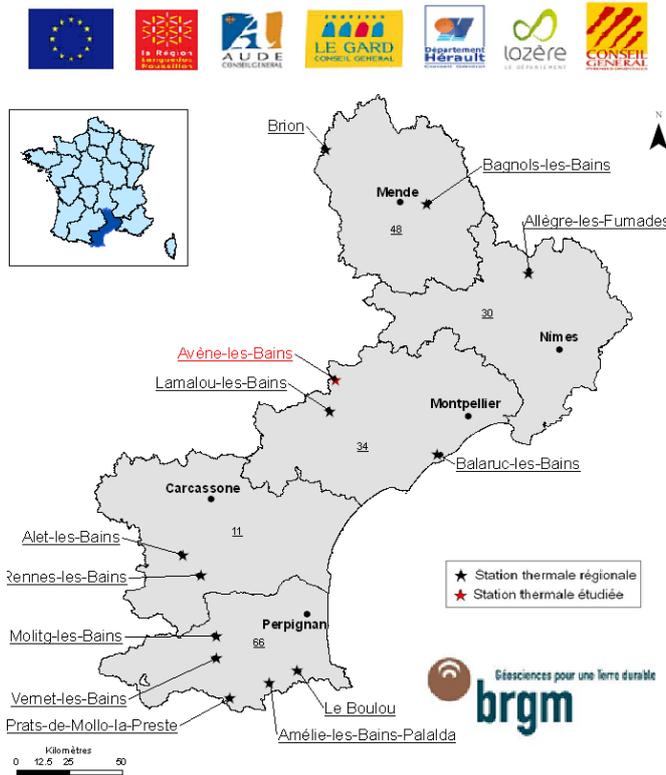


Illustration 1 : La station thermale d'Avène et les autres stations thermales de la région Languedoc-Roussillon

2. La station thermale d'Avène-les-Bains

2.1. CONTEXTE GENERAL DU SECTEUR D'AVENE

2.1.1. Contexte géographique

La commune d'Avène-les-Bains est située sur les rives de l'Orb, en aval du barrage dit d'Avène ou des Monts d'Orb, en bordure nord du département de l'Hérault. Le village se trouve à une cinquantaine de kilomètres de Montpellier dans les hauts cantons de l'Hérault (Illustration 2). Le relief aux environs appartient aux monts de l'Est de Lacaune, l'altitude de ces massifs varie entre 300 et 800 m.

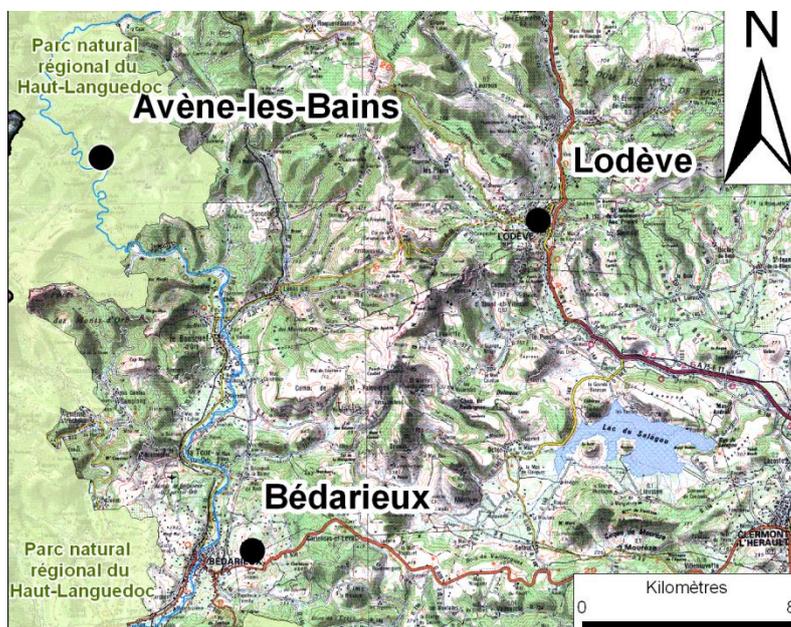


Illustration 2 : Carte de situation de la commune d'Avène

La commune compte 294 habitants (INSEE, 2006) et s'étend sur une superficie de 62.65km². Les activités liées à l'eau thermale sont situées sur les rives de l'Orb, à 350 m d'altitude au lieu-dit « les Bains d'Avène ». On y trouve les thermes, le Laboratoire de l'Eau et l'usine de produits dermo-cosmétiques du groupe Pierre Fabre.

2.1.2. Contexte climatique

Le climat d'Avène-les-Bains est de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs, des hivers doux et d'intenses épisodes pluvieux en période automnale.

En l'absence de station météorologique sur la commune d'Avène, les données utilisées pour caractériser le climat (précipitations et températures) proviennent de la station de

Bédarieux située à 16,8 km des Bains d'Avène (Illustration 3). Les données météorologiques de température et de pluviométrie compilées dans le cadre de l'état des lieux sont présentées en Annexe 1.

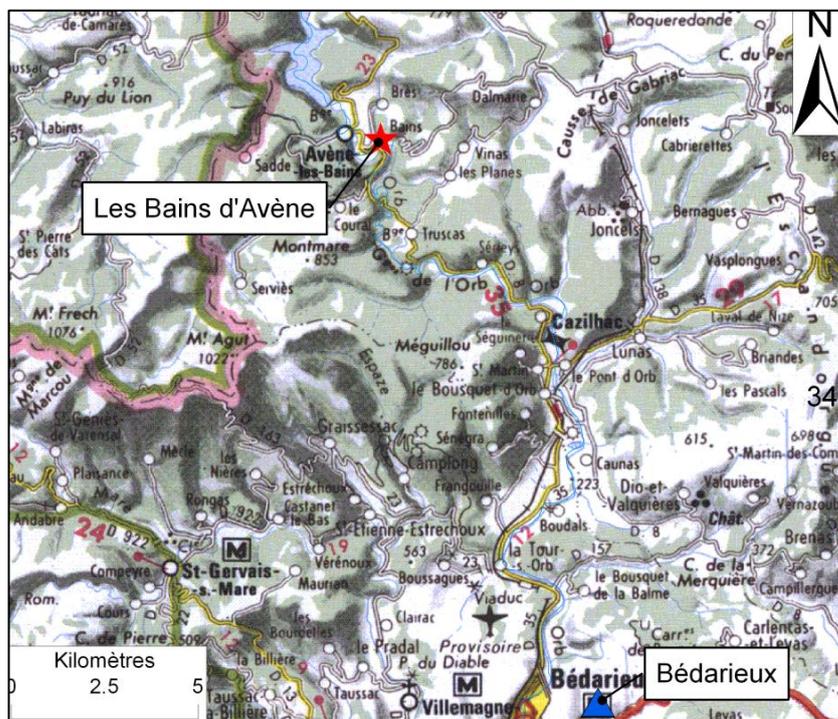


Illustration 3 : Carte de situation de la station météorologique de référence (Bédarieux)

L'évolution de la température annuelle dans le secteur d'Avène est étudiée pour la dernière décennie, sur la période 2002-2011 (Illustration 4). Les étés sont assez chauds (entre 20 et 25°C en moyenne) et les hivers relativement doux (température supérieure à 5°C). La température moyenne annuelle est d'environ 14°C, la température estivale oscille autour de 23°C et la température hivernale varie autour de 6°C. Pendant la saison thermale, d'avril à octobre, la température moyenne de l'air évolue entre 12 et 23°C.

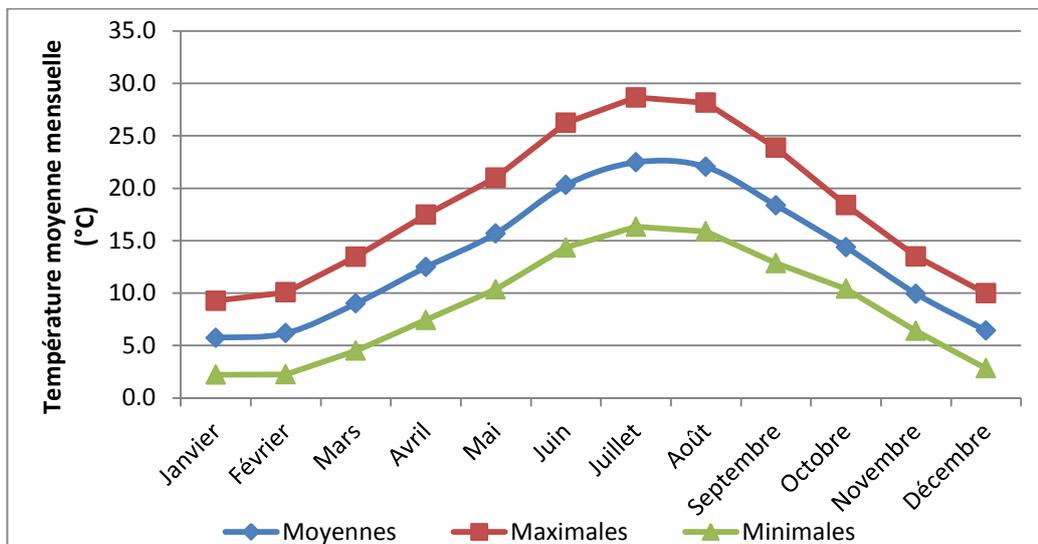


Illustration 4 : Variation annuelle des températures (station de Bédarieux) sur la période 2002-2011- Données Météo-France.

a) Analyse des précipitations

Les graphiques suivants (Illustration 5 et Illustration 6) permettent d'apprécier l'évolution de la pluviométrie dans le secteur d'Avène lors de ces dix dernières années. Les précipitations sont assez variables d'une année sur l'autre : elles oscillent entre 760 et 1300 mm/an. En moyenne, la lame d'eau précipitée se situe autour de 980 mm/an.

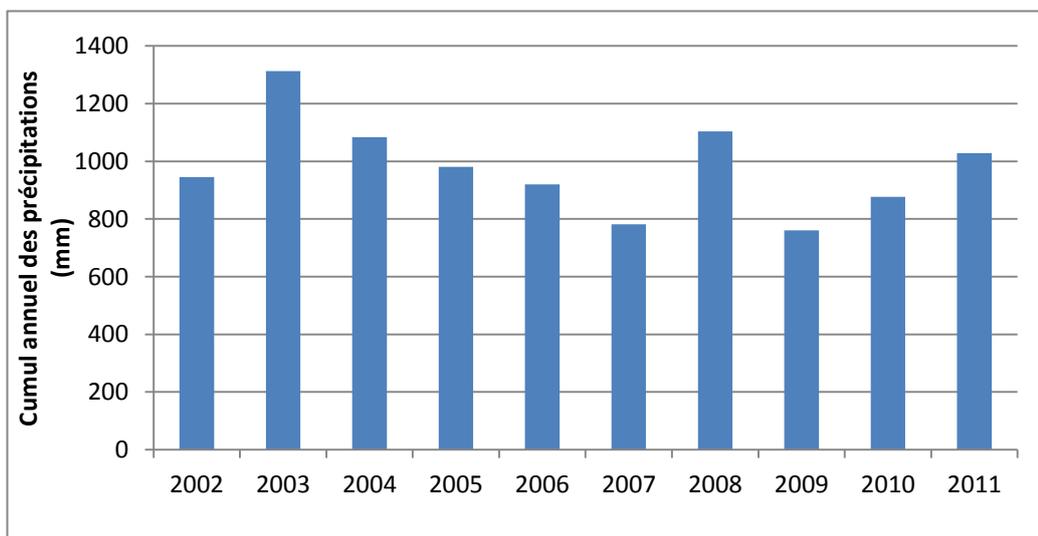


Illustration 5 : Cumul annuel des précipitations du secteur d'Avène-les-Bains Données Météo-France

La répartition des pluies au cours de l'année est hétérogène. En période estivale il y a très peu de précipitations (< 40 mm) et en automne les pluies sont abondantes et intenses (≈ 170 mm/octobre). Ces dernières sont dues aux épisodes cévenols, qui sont des évènements typiques de la région. Ils doivent leur formation aux masses d'air chaud et humide en provenance de la méditerranée qui se heurtent à des masses d'air plus froides sur les hauteurs des Cévennes.

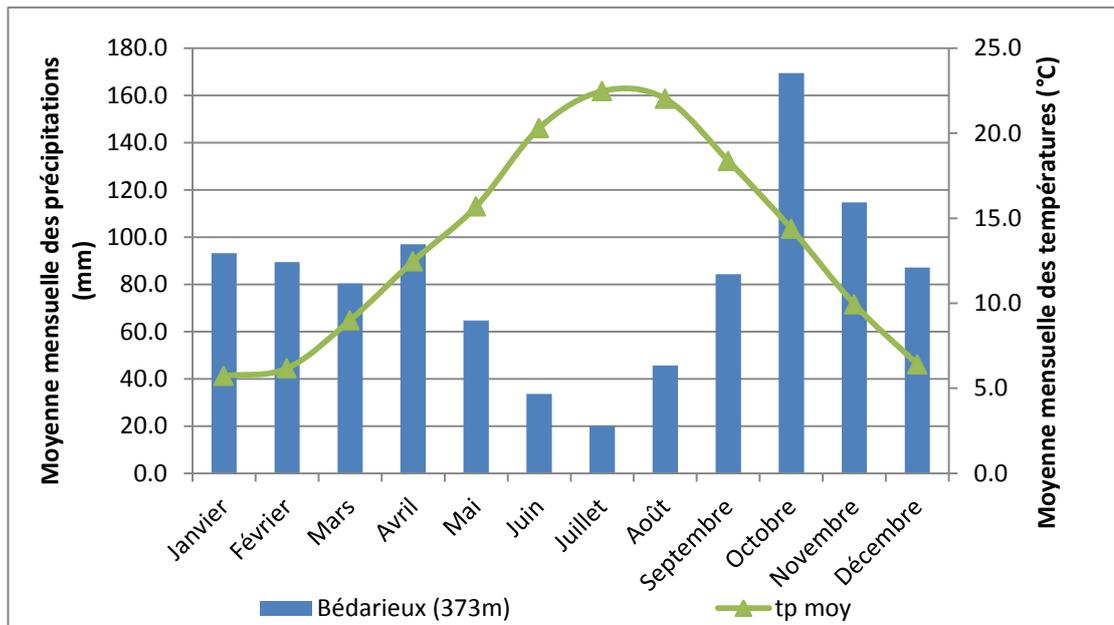


Illustration 6 : Moyenne mensuelle des précipitation et de la température dans le secteur d'Avène-les-Bains (période 2002-2011) Données Météo-France

2.1.3. Contexte géologique et hydrogéologique

a) Géologie régionale

Avène-les-Bains est situé à l'extrémité sud du Massif Central, au sein d'une entité géologique remarquable : la Montagne Noire. Cette entité, essentiellement affectée par la tectonique hercynienne, a fait l'objet de très nombreuses publications (Faure, et al., 2009), (Soula, et al., 2000), (Lescuyer, et al., 1987)... La Montagne Noire est divisée en trois grandes unités orientées ENE-WSW : le versant Sud, la zone axiale et le versant Nord où se trouve Avène-les-Bains (Illustration 7).

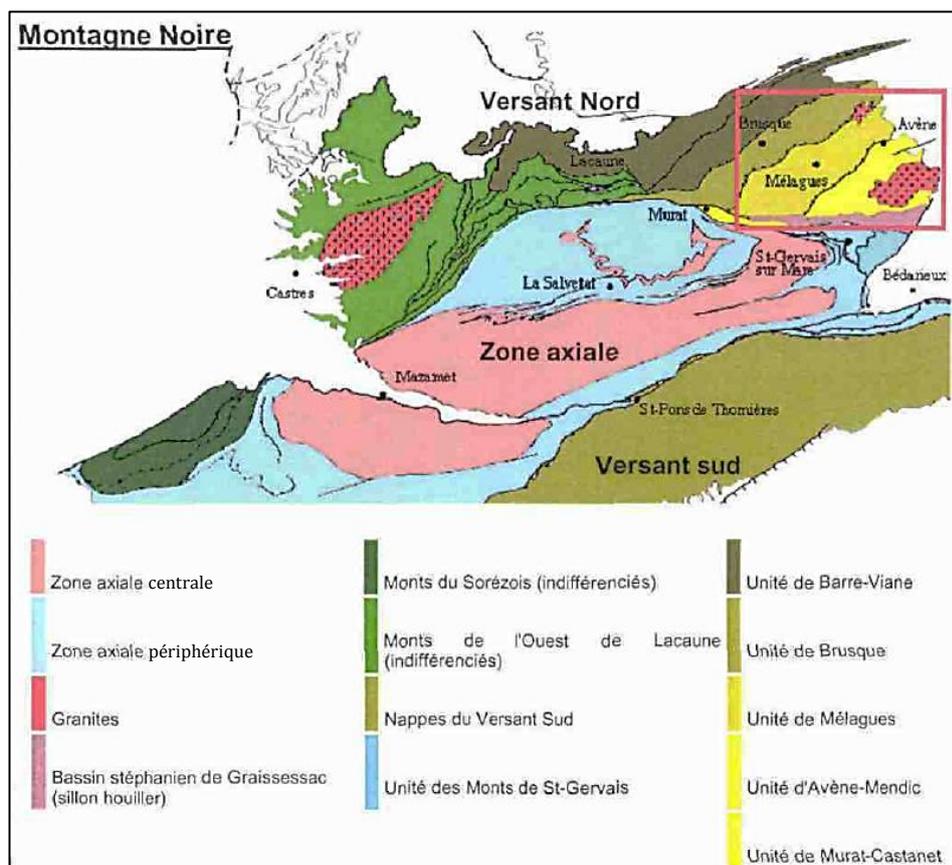


Illustration 7 : Schéma géologique structural de la Montagne Noire (Demange, 1999)

Le versant Sud est constitué de métasédiments d'âge Cambrien inférieur à Carbonifère moyen. Ces unités empilées les unes sur les autres, peu ou pas métamorphisées sont affectées par une déformation d'âge Viséen supérieur qui se traduit par des plissements et une schistosité subhorizontale. Ces formations ont été redéformées lors des phases tectoniques tardi-hercyniennes. On y trouve les unités de Fourme, Pardailhan, du Minervois, de Mont Peyroux, des Monts Faugères et les écaillés de Cabrières. Les unités du versant Sud présentent une orientation générale ENE-WSW à vergence Sud.

La zone axiale est délimitée des autres unités par la faille de Lacaune au nord et par la faille de Mazamet qui fait contact avec les nappes du versant Sud dans la partie basse. La zone axiale constitue un antiforme allongé ENE-WSW ayant subi un métamorphisme de haut degré. Elle est composée de migmatites, gneiss et granitoïdes anatectiques dont la mise en place se situe entre 333 et 318 Ma (Viséen à Carbonifère supérieur) (Faure, et al., 2009).

Le versant Nord est le domaine auquel se rattachent les unités d'Avène-Mendic et de Mélagues sur lesquelles est concentrée cette étude. On y trouve également les unités de Brusques, des Monts Merdelou, de Murasson-Mounès et de Barre. Les séries stratigraphiques du versant Nord sont datées du Cambrien inférieur à l'Ordovicien. Les unités du versant nord de la Montagne noire sont orientées NE-SW avec un pendage nord-ouest. Elles forment des écailles chevauchantes les unes sur les autres, du nord-ouest vers le sud-est. L'unité d'Avène-Mendic est intrudé par un granite, le granite de Mendic daté à 530 Ma (Cocherie, et al., 2005). Il provoque le soulèvement local des structures en anticlinal. Quelques intrusions volcaniques (tufs rhyolitiques) sont localisées à la limite Cambrien inférieur/supérieur dans l'unité d'Avène-Mendic.

A l'échelle régionale, la géométrie globale de la Montagne Noire est interprété en trois étapes distinctes selon (Soula, et al., 2000). La collision frontale hercynienne provoque des chevauchements à vergence sud (Illustration 8). Les critères de cisaillement issus de cette phase de déformation apparaissent N60 sénestres inverses à proximité de la zone d'étude (Guérangé-Lozes, et al., 1991). Ces empilements d'unités sont affectés par un soulèvement dû à la remontée diapirique centrée sur la zone axiale. La décompression associée à cette remontée provoque l'apparition de failles d'extension sur les versants Nord et Sud de la Montagne Noire.

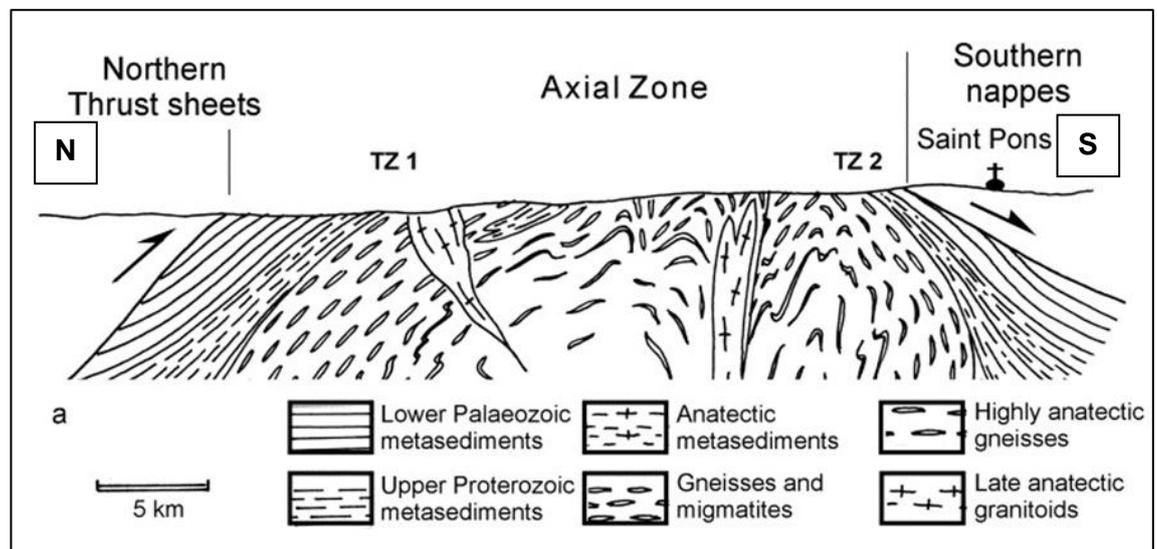


Illustration 8 : Coupe géologique schématisée régionale (Soula, et al., 2000)

Dans les environs de la zone d'étude, les terrains sont affectés par des décrochements majeurs carbonifères, de direction N120, N20 et N90 ayant joué en failles normales au Jurassique. Du côté oriental de la région d'Avène, les phases de la tectonique pyrénéo-provençale seraient responsables de fractures N160 et N40 ainsi qu'au jeu en faille inverse d'accidents anciens (Guérangé-Lozes, et al., 1991). L'étude de la fracturation récente (tectonique pyrénéenne) du versant Nord reste sommaire et pourrait renseigner sur d'hypothétiques réactivations de failles dans la région d'Avène.

b) Géologie locale

Avène-les-Bains se situe au sein du versant Nord de la Montagne Noire. Dans ce secteur, on rencontre plusieurs types de formations qui sont :

- **la nappe de Mélagues**, constituée de grès argilo-schisteux au faciès gréseux et vert (k_1) aussi appelés « formations de Marcory ». Il s'agit d'une série monoclinale présentant un fort pendage vers le nord-ouest. Cette unité est en contact avec la nappe d'Avène-Mendic par un accident chevauchant qui amène cette série du Cambrien inférieur au-dessus des dolomies d'Avène ;
- **la nappe d'Avène-Mendic** qui forme un anticlinal centré sur le granite de Mendic et qui présente un pendage relativement important (jusqu'à 70°) de part et d'autre de l'intrusion. On y trouve :
 - des dolomies calcaires et massives (k_2) du Cambrien inférieur présentant des niveaux sombres à stromatolithes, les « dolomies varvées » ; cinq de ces niveaux sont localisés dans le secteur d'étude ;
 - une formation détritique composée de schistes bleus, de grès fins et d'arkoses plus ou moins grossières, au contact de tufs rhyolitiques (roches volcaniques k_p), affleurant au sud d'Avène ;
 - des grès argilo-schisteux de la « formation de Marcory ».
- **des séries triasiques** (t) constituées d'argiles, dolomies et grès. Elles recouvrent en discordance les nappes d'Avène-Mendic et de Mélagues vers le nord-est ;
- **le sillon houiller de Graissessac** daté du Carbonifère supérieur. Il repose en discordance sur les nappes de Mélagues et d'Avène-Mendic vers le sud.

Une coupe schématique des nappes de Mélagues et Avène-Mendic est proposée par l'illustration 9.

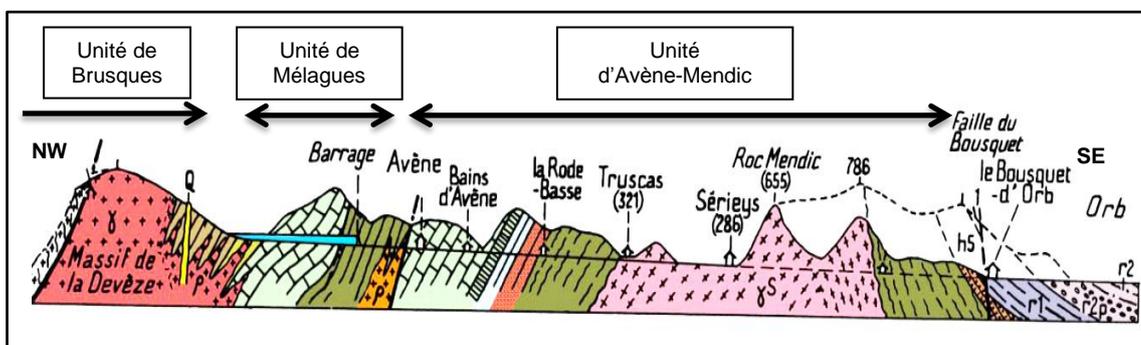


Illustration 9 : Coupe des nappes du versant nord modifié d'après (Gèze, 1949)

Le schéma structural de la zone d'étude est proposé par l'illustration 10 et la carte géologique détaillée par l'illustration 11.

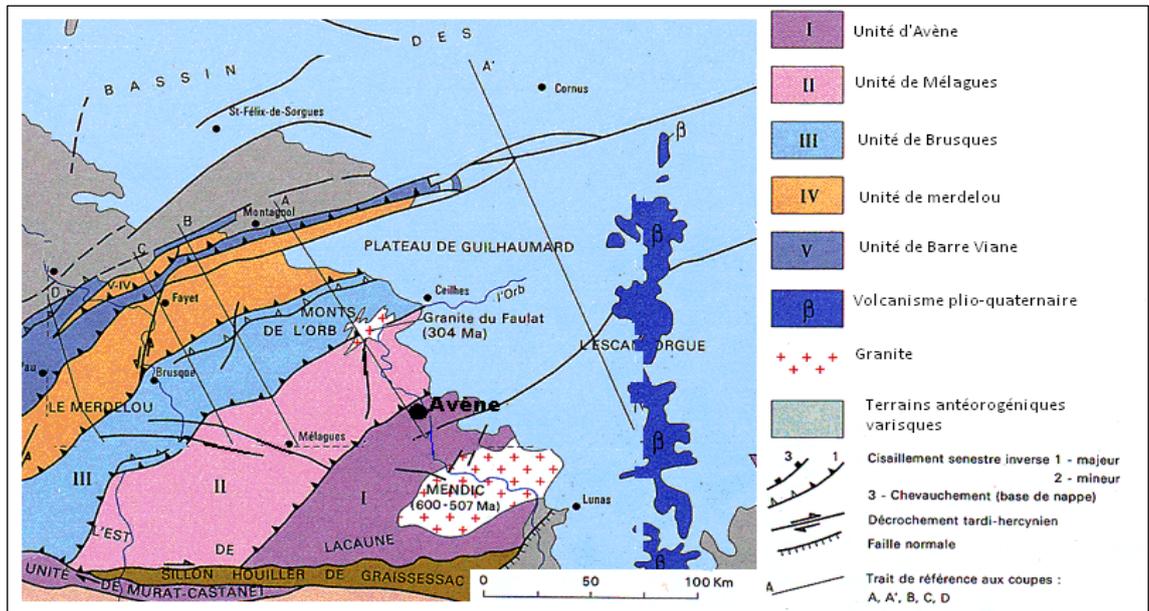


Illustration 10 : Schéma structural de la région d'Avène (Extrait de la carte géologique de Camarès)

Le détail des milieux de dépôt de l'ensemble dolomitique qui forme l'aquifère d'Avène est présenté en Annexe 2. La reconstitution de leur environnement d'origine montre qu'une sédimentation détritque s'est mise en place il y a 540 Ma menant à la formation gréso-schisteuse de Marcory (k_1). Celle-ci a subi une rupture de son bassin de sédimentation suite à un rifting qui a simultanément donné lieu à des passées volcano-sédimentaires (tufs rhyolitiques k_p). Les formations détritiques de Marcory ont ensuite été ennoyées par une plateforme carbonatée (dolomies calcaires k_{2a}) avec localement des zones d'émergence menant à l'établissement d'une plateforme interne peu profonde et la formation des bancs de dolomies à stromatolithes. Ensuite, il y a eu une nouvelle transgression marine avec dépôt d'une plateforme carbonatée profonde (dolomies massives du Cambrien moyen). Ces formations du versant Nord de la Montagne Noire ont ultérieurement émergé dès le Stéphanien, provoquant la karstification de la série calcaréo-dolomitique (De Marsily, et al., 2011).

L'ensemble des formations est affecté par une **déformation hétérogène importante**, liée à l'histoire tectonique hercynienne de la région comme on l'a vu au paragraphe précédent. Elle fait en particulier chevaucher l'unité de Mélagues sur l'unité d'Avène-Mendic au Carbonifère (Illustration 9 et Illustration 10). Cette déformation se caractérise cependant par une schistosité peu marquée. Elle est suivie par l'intrusion d'un granite tardi-hercynien (Faulat ~ 304 Ma) accompagné de son cortège filonien (rhyolithes). La mise en place de ces intrusions a probablement participé à la bréchification des roches aux épontes, permettant leur altération hydrothermale. Ainsi,

ces brèches ont joué, ou jouent encore le rôle de drains qui favoriseraient la circulation de fluides minéralisés (Vigouroux, et al., 2011).

Des dépôts minéralisés métallifères dans ces zones bréchiques sont principalement composés de blende, galène, pyrite, cuivre argentifère, chalcoppyrite et mispickel. Une étude complète de ces minéralisations de la série cambrienne a été réalisée par (Lescuyer, et al., 1986).

Une étude minéralogique (Vigouroux, et al., 2011) de lames minces des formations cambriennes a montré la variabilité granulométrique, de texture et de composition des roches. Dans certains niveaux, des microcavités et des fissures (vides et colmatées) ont été repérées au microscope, elles représentent donc potentiellement des lieux d'infiltration préférentielle des fluides.

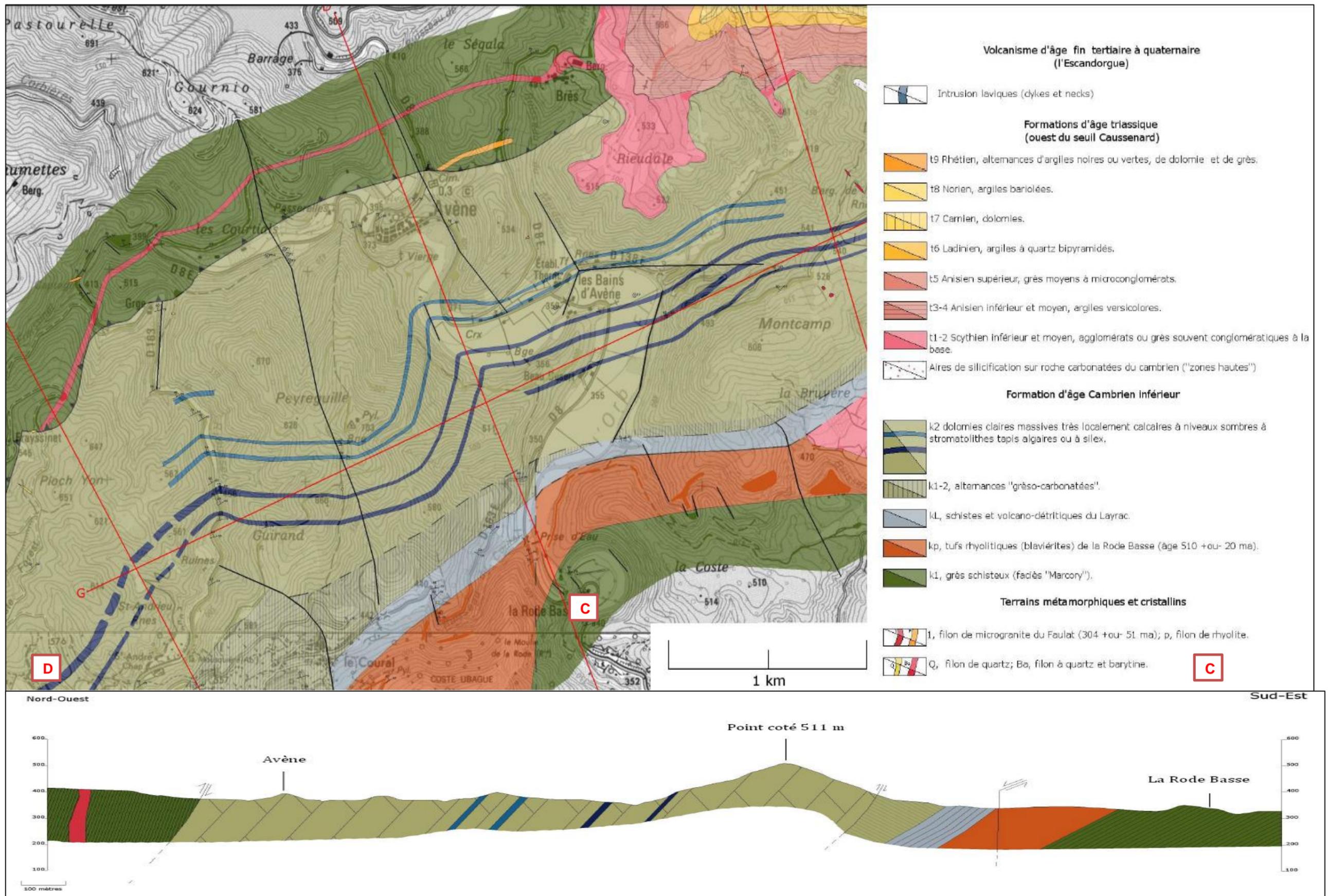


Illustration 11 : Carte et coupe géologique des environs d'Avène-les-Bains (TARRABO, 2009)

c) *Hydrogéologie régionale*

Les dolomies du Cambrien inférieur sur lesquelles est située la commune d'Avène-les-Bains, constituent un aquifère de type fissuré et karstique d'environ 900 m d'épaisseur s'étendant sur une vingtaine de km². Latéralement, cet aquifère est limité par des formations imperméables décrites précédemment au chapitre 2.1.3 (Illustration 12) :

- au nord-ouest les formations gréso-schisteuses de l'unité de Mélagues (k_1) ;
- au nord-est les niveaux argileux de la formation triasique (t) ;
- au sud par les tufs rhyolitiques et les formations volcano-détritiques (k_L et k_p).

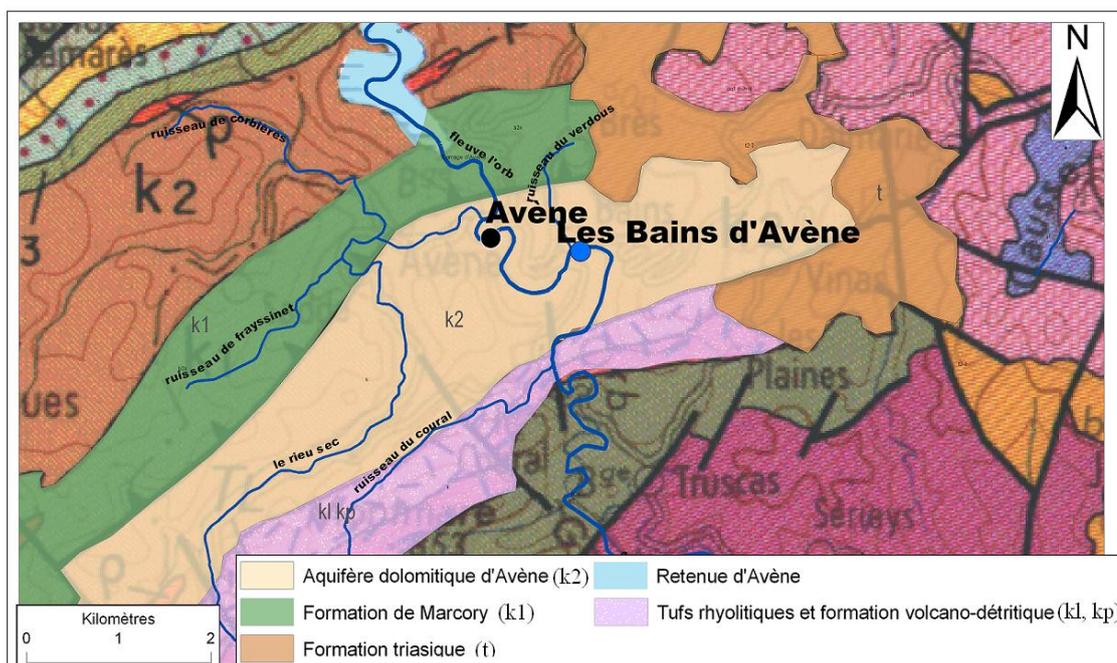


Illustration 12 : Localisation de l'aquifère d'Avène dans le contexte géologique local

L'aquifère est alimenté par l'infiltration des précipitations ainsi que par les pertes des cours d'eau. Par exemple, le rieu sec (affluent en rive droite de l'Orb) s'écoule sur les schistes (k_1) et les formations volcano-détritiques (k_p) puis disparaît lors du passage sur les formations dolomitiques (k_2) dans le secteur de Serviès. A son arrivée sur les formations métamorphiques (k_1), il coule à nouveau, alimenté par le ruisseau du Frayssinet.

En amont du site thermominéral se trouve la retenue du barrage d'Avène, barrage en voute béton qui s'appuie sur les « formations de Marcory ». En amont du barrage, on retrouve les dolomies cambriennes (k_2) de la nappe de Mélagues, identiques à celles de l'aquifère thermal d'Avène. Ces deux domaines hydrogéologiques sont isolés par les formations gréso-schisteuses des « grès de Marcory » (k_1) épaisses de plusieurs centaines de mètres à ce niveau (Illustration 13).

L'imperméabilité de cette puissante formation est attestée par l'existence d'une source dite des Douze-Fontaines (aujourd'hui noyée sous la retenue) dont le débit d'étiage était très élevé, 1440 m³/h (Teissier-2004). Cette source était la preuve de l'isolement hydraulique des deux systèmes dolomitiques, et donc de l'imperméabilité de la formation k1. Les tests hydrauliques effectués lors de la construction du barrage corroborent la mauvaise perméabilité de ces grès argileux (De Marsily, et al., 2011).

Il n'existe donc pas de relation hydraulique entre la retenue et les émergences thermales.

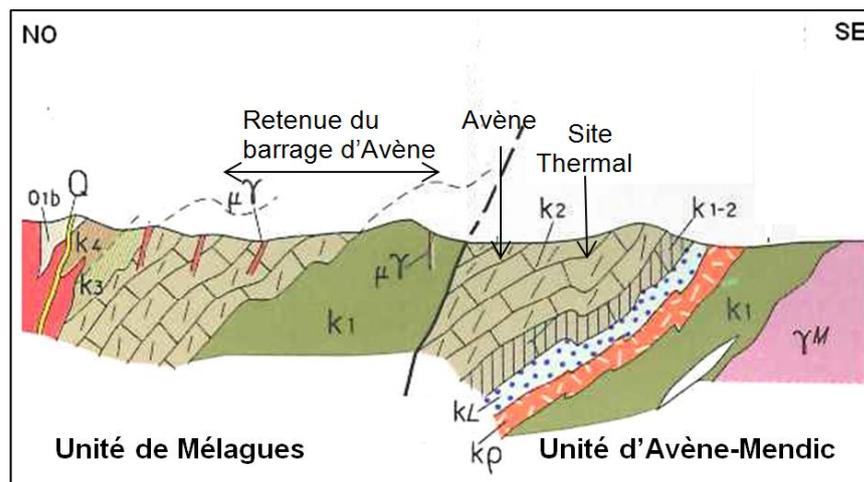


Illustration 13 : Coupe transversale des Monts d'Orb
(extrait de la carte géologique de Camarès)

d) Hydrogéologie locale

La série calcaréo-dolomitique cambrienne a été soumise à une érosion et une karstification depuis le Stéphanien, phénomènes favorisés par la fracturation issue de l'histoire tectonique régionale. La nappe d'Avène-Mendic est donc constituée d'un milieu très perméable, organisé en aquifère karstique présentant des fissures et des traces de dissolution jusqu'à 200 m de profondeur (De Marsily, et al., 2011). Cet aquifère est alimenté par les précipitations et les pertes des cours d'eau, et présente comme exutoire les sources situées sur son pourtour ainsi que le drainage par les rivières. Les émergences se font au contact des dolomies varvées, niveaux moins perméables, dans les alluvions de l'Orb.

L'aquifère karstique d'Avène est le siège de deux types de circulations (Berga-Sud, 1997) :

- Des circulations superficielles menant à l'émergence de sources froides (sources du Fraisier, les Douze, de Beau Désert, Gravezou, Lavoir, Moulin...). Ces eaux sont captées pour l'alimentation en eau potable des communes aux alentours : captages des Douze (Les Courtials), captage Beau Désert (Avène) ;

- Des circulations profondes participant à l'émergence de sources thermales à Avène qui se mélangent en différentes proportions avec des eaux plus superficielles.

Un plan de localisation de l'ensemble des sources émergentes autour du site est fourni par l'illustration 14. L'Annexe 3 indique l'ensemble des sources émergentes de l'aquifère karstique.

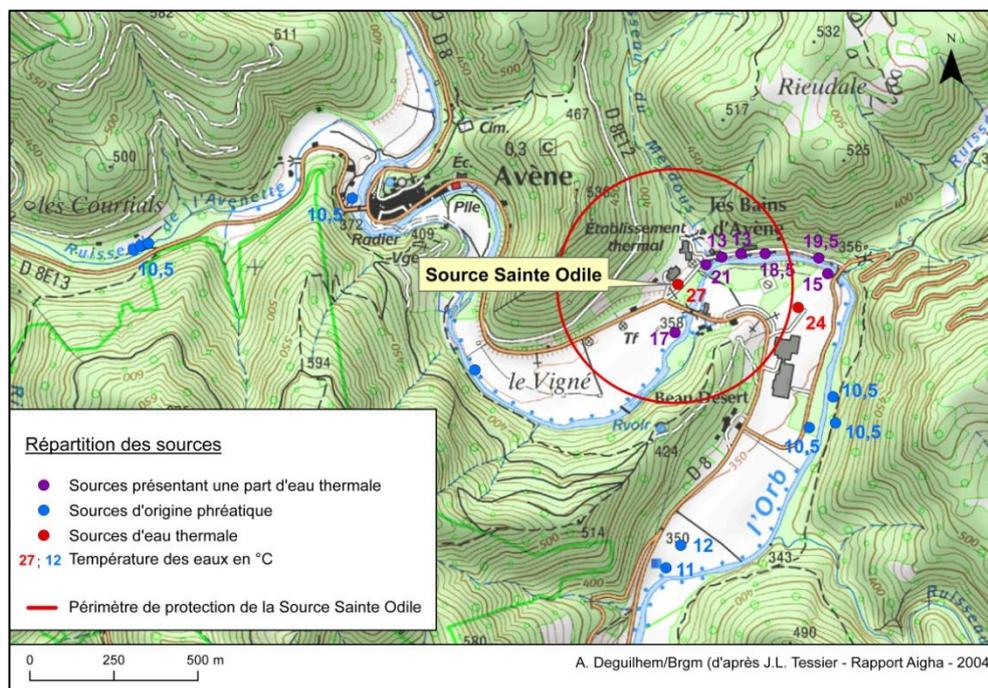


Illustration 14 : Inventaire des sources (et températures) autour du site thermal (Teissier, 2005)

Des traçages effectués dans des pertes situées au contact grès-schisteux/dolomies ont montré des circulations rapides (de l'ordre de 30 m/h) dans la partie supérieure de l'aquifère (Valat en décembre 1969 et mars 1997) ce qui caractérise un milieu fracturé. Le sud du massif dolomitique est drainé vers Saint Génès de Varsenal via les sources de Font Caude, Gravezou et Lavoir (Annexe 3) tandis que la partie nord est drainée vers la vallée de l'Orb, à proximité d'Avène via les sources du Fraisier et des Douze. Les traceurs n'ont pas été détectés dans la source thermique de Sainte Odile, ce qui ne l'exclut pas du système (seul un résultat positif a été obtenu).

L'émergence des eaux thermales dans le secteur des Bains d'Avène semble être liée à la présence simultanée des bancs de dolomies varvées avec l'intersection de failles N45 ; N130 et N80 (Annexe 4).

Une étude détaillée de la géologie à l'échelle locale et microscopique ainsi que l'amélioration des connaissances sur l'influence de la tectonique récente vis-à-vis de la fracturation à proximité d'Avène constituent une piste de progrès au titre d'une démarche qualité pour la ressource thermique afin de comprendre le rôle de ces déformations récentes dans la remontée d'eaux profondes thermales.

2.2. L'ACTIVITE THERMALE DE LA STATION

2.2.1. Historique de l'activité thermique

Les sources thermales d'Avène-les-bains ont été découvertes en 1736 et le premier établissement thermal à y être édifié a vu le jour en 1743. La source Sainte Odile a ensuite été reconnue d'utilité publique en 1874 pour ses propriétés dans le traitement des maladies de peau.

En 1990, un nouvel établissement thermal et une usine de production sont construits au lieu-dit « les bains d'Avène » par le groupe PFDC. L'exploitation des eaux de la source est arrêtée en 2002 et est remplacée par deux forages (Valdorb et Sainte Odile) qui captent en profondeur les eaux thermales afin d'assurer l'alimentation des thermes et de l'usine. Le débit de prélèvement total s'élève à 100 m³/h. En 2008, une nouvelle structure, le Laboratoire de l'Eau, est créée sur le site et a notamment pour mission d'améliorer la connaissance de l'hydrosystème minéral et de surveiller la qualité de la ressource en eau.

2.2.2. Nature de l'activité thermique

L'établissement thermal d'Avène-les-Bains est orienté dans le traitement des maladies de peau. La station est entièrement dédiée à la dermatologie avec le traitement de la dermatite atopique comme première indication de cure. Les autres indications thérapeutiques sont :

- eczémas ;
- psoriasis ;
- prurits et prurigos ;
- ichtyoses ;
- dermites séborrhéiques ;
- troubles de la cicatrisation et séquelles de brûlures ;
- affections des muqueuses bucco-linguales.

Les eaux d'Avène sont faiblement minéralisées (266 mg/l pour le captage Valdorb) et sont de type bicarbonaté calcique et magnésien, avec une forte teneur en silicates. Elles contiennent très peu de sodium mais une grande diversité d'oligo-éléments. Elles ont comme principales caractéristiques de diminuer les inflammations, atténuer les irritations et accélérer le processus de cicatrisation. Les deux tiers des patients de la station sont des enfants de moins de 15 ans, mais des adultes et seniors y sont également traités.

Les soins proposés sont des bains à l'eau thermale et des douches ainsi que des pulvérisations générales. Dans le cadre des affections des muqueuses bucco-linguales, des bains de bouche à l'eau thermale d'Avène ainsi que des pulvérisations buccales sont prescrites et des compresses sont appliquées sur les lésions.

En parallèle de l'activité thermale, le groupe PFDC a créé une gamme de produits de soins dermatologiques de la marque « Avène » à base de l'eau thermale qui est commercialisée dans le monde entier.

2.2.3. Importance de l'activité thermale

La station thermale est ouverte depuis le mois d'avril jusqu'au mois d'octobre. Elle reçoit autour de 2000 curistes par an et emploie une trentaine de personnes dans le centre de cure.

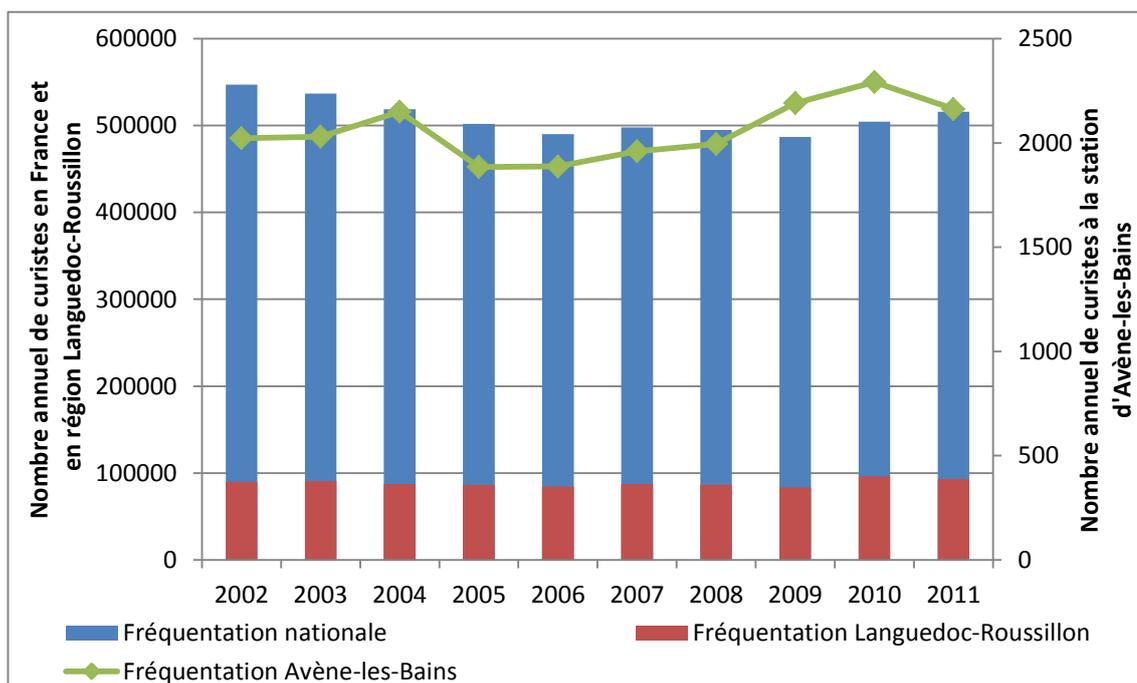


Illustration 15 : Evolution de l'activité thermale pour la période 2002 à 2011

L'illustration 15 permet de comparer l'importance de l'activité thermale de la station d'Avène-les-Bains par rapport à l'activité thermale de la région Languedoc-Roussillon d'une part, et de l'ensemble du territoire national d'autre part. La station thermale d'Avène-les-Bains se trouve en 61^{ème} position des stations thermales les plus fréquentées de France.

3. La ressource en eau thermale de la station d'Avène-les-Bains

3.1. LE GISEMENT D'EAU THERMO-MINERALE

3.1.1. Approche théorique de la notion de gisement

Le gisement d'eau minérale est défini comme étant l'ensemble de la structure géologique souterraine dans laquelle s'écoule le fluide thermal, depuis la zone d'alimentation jusqu'à la zone d'émergence, située au droit d'une zone géographique bien déterminée.

Dans un gisement d'eau thermale, on peut distinguer ainsi (Illustration 16) :

- **une aire d'alimentation où s'infiltrent les eaux de pluie** : il est maintenant reconnu que toutes les eaux minérales françaises ont une origine météorique et non juvénile (Blavoux, 1995) ;
- **un réseau d'infiltration et un réservoir en profondeur** : le réseau au travers duquel l'eau s'infiltré est généralement vaste en volume, mais la vitesse de circulation de l'eau y est lente. La Terre produisant de la chaleur selon un flux correspondant à la désintégration des radionucléides présents dans la croûte terrestre, elle contribue à réchauffer l'eau qui s'infiltré en profondeur. Ce flux de chaleur (de 1 à 2 microcalories par seconde et par centimètre carré en moyenne pour le globe) peut être localement plus fort dans les secteurs où se produit de l'activité magmatique en profondeur. Le gradient géothermique qui traduit ce flux est de l'ordre de **+3°C/100 m** en moyenne, ce qui permet d'estimer grossièrement la profondeur de l'eau qui s'infiltré depuis l'aire d'alimentation, en fonction de sa température. Lors de son transit en profondeur, l'eau acquiert également sa **minéralisation**, qui va dépendre de multiples paramètres affectant les interactions entre l'eau et la roche : conditions de température et de pression, nature des roches traversées, temps de contact, état d'équilibre de l'eau vis-à-vis des minéraux (sous-saturation, équilibre, sursaturation, etc...) ;
- **un axe de collecte et de drainage permettant la remontée de l'eau minérale** : selon la vitesse de remontée, les échanges avec le terrain encaissant sont variables. Cependant, l'expérience ayant montré que les pertes sont généralement faibles et que le régime est stationnaire, le législateur a instauré la stabilité en température comme une caractéristique essentielle des eaux minérales naturelles (Pouchan, 1995).
- Durant la phase de remontée, l'eau minérale est le siège de phénomènes physico-chimiques qui vont modifier son état initial (Gadalia, 1995) :
 - baisse de la pression qui va conduire à la détente des gaz présents dans l'eau, certains inertes du point de vue chimique (gaz rares, azote N₂) et d'autres, comme le gaz carbonique (CO₂) ou le sulfure d'hydrogène (H₂S), qui vont modifier les équilibres acido-basiques et/ou d'oxydoréduction ;

- oxydation, lors du contact avec l'atmosphère à l'émergence, ou par mélange avec des eaux superficielles plus riches en oxygène dissous ;
- variation de température, qui affecte les équilibres chimiques ;
- dissolution/précipitation de phases minérales, avec plusieurs origines possibles : l'eau profonde peut rencontrer en ascension des associations minérales nouvelles vis-à-vis desquelles elle peut-être sur ou sous-saturée, le dégazage de CO₂ peut entraîner une précipitation de carbonates, la baisse de température peut favoriser les dépôts de silice, etc... ;
- mélange avec des eaux plus superficielles.

Pour être complète, la connaissance d'un gisement d'eau minérale doit donc englober la connaissance de l'origine de l'eau et de sa minéralisation en profondeur, ainsi que de son parcours depuis les parties profondes jusqu'à l'émergence (Illustration 16).

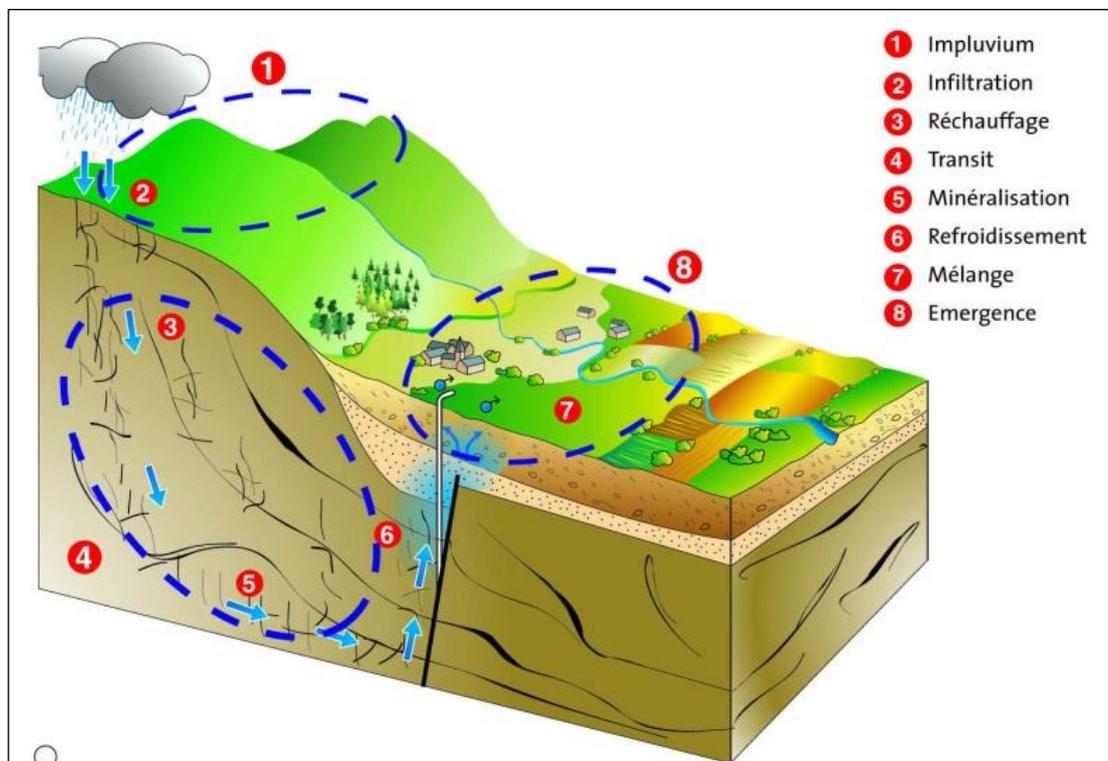


Illustration 16 : Schéma de principe du circuit hydrominéral

Associés à la notion de gisement, un certain nombre de concepts apparaissent qu'il est utile de définir :

- l'**âge de l'eau** est défini comme le temps de résidence entre la zone d'infiltration des pluies et l'émergence ;
- l'**émergence** est le point sur la surface du sol correspondant au prolongement de l'axe de circulation de l'eau, mettant en relation les horizons géologiques profonds et la surface. Soumises à de fortes températures et pressions dans le réservoir géothermal, les eaux remontent des profondeurs à la faveur de cet

axe, par un phénomène d'advection sous conditions thermo-artésiennes (Rayamahashay, 1996). La possibilité d'une montée rapide et d'émergence de l'eau implique cependant que **l'axe corresponde à une zone de fracturation ouverte**, le plus souvent lié à l'intersection d'au moins deux plans de faille ;

- la **température de l'eau à l'origine**, correspond à celle de l'aquifère profond faisant office de réservoir géothermal. Sa détermination a fait l'objet de recherches poussées ces dernières années, notamment dans le domaine de la géochimie, débouchant sur la caractérisation de « géothermomètres » (Pouchan, 1995). Un géothermomètre est un minéral ou une association de minéraux, permettant de déterminer la température ayant régné lors de leur formation. Le comportement d'un géothermomètre (dont la teneur au sein de l'eau thermale en son point d'émergence peut être déterminée par analyse), est contrôlé par le fait que la solubilité des minéraux et, par extension, les équilibres chimiques entre l'eau et sa roche encaissante, varient avec la température.

3.1.2. L'état de la connaissance sur le gisement d'Avène-les-Bains

a) *La zone de l'impluvium*

La localisation de l'impluvium est déduite à partir de la géologie, de l'hydrogéologie (cf. 2.1.3), de la topographie ainsi que du faciès chimique de l'eau. Les fortes teneurs en bicarbonates, calcium et magnésium de l'eau thermale permettent d'affirmer que sa zone d'infiltration est située sur les dolomies cambriennes de l'unité Avène-Mendic. L'impluvium est délimité par des traçages dans la partie superficielle de l'aquifère, et le reste du pourtour, par les lignes de crêtes entourant le contact avec des formations géologiques imperméables. Une distinction peut être faite à l'extrémité sud-ouest de l'impluvium : les circulations superficielles suivent une direction opposée à celle des sources thermales, prouvée par des traçages. Ces eaux sont cependant susceptibles de s'infiltrer vers la zone profonde de l'aquifère dolomitique, d'être drainées vers le Nord et participer à l'alimentation des sources thermales (Illustration 17). En considérant la totalité de l'impluvium supposé, ce dernier représente une superficie proche d'une quarantaine de km².

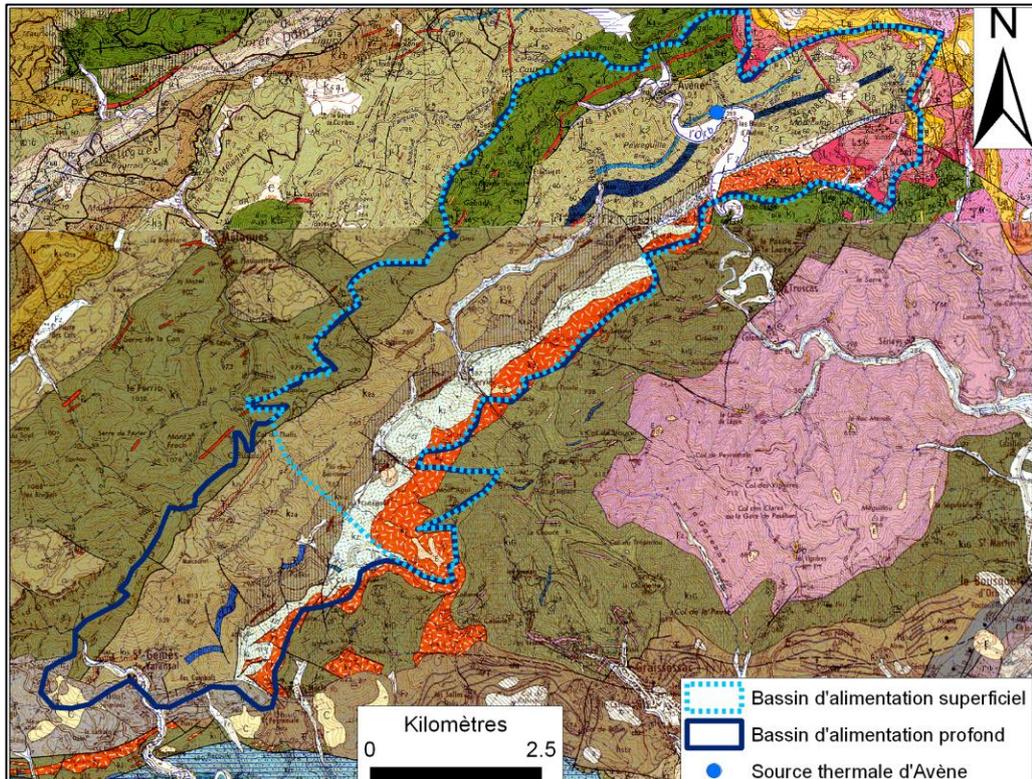


Illustration 17 : Délimitation approximative de l'impluvium des eaux thermales d'Avène

L'occupation des sols sur l'impluvium est présentée dans l'illustration 18. Les surfaces boisées occupent une superficie importante (environ 35 km²) qui créent une protection naturelle. Il existe peu d'activités potentiellement polluantes sur la surface d'infiltration des eaux thermales. Une petite activité agricole et quelques élevages sont cependant répartis sur le bassin. Les zones concernées par ces activités sont susceptibles de favoriser l'infiltration de polluants dans l'aquifère. Au même titre, la localisation des rejets des stations d'épuration d'Avène-Brès (70 EH¹) d'Avène (3500 EH¹) et de Serviès, du réseau routier, des habitations non raccordées au réseau d'assainissement et des quelques décharges sauvages sur l'impluvium des eaux thermales, peuvent être une source de pollution potentielle et nécessiteraient une surveillance afin de protéger, au mieux, la qualité de la ressource thermique.

¹ EH = Equivalent Habitants

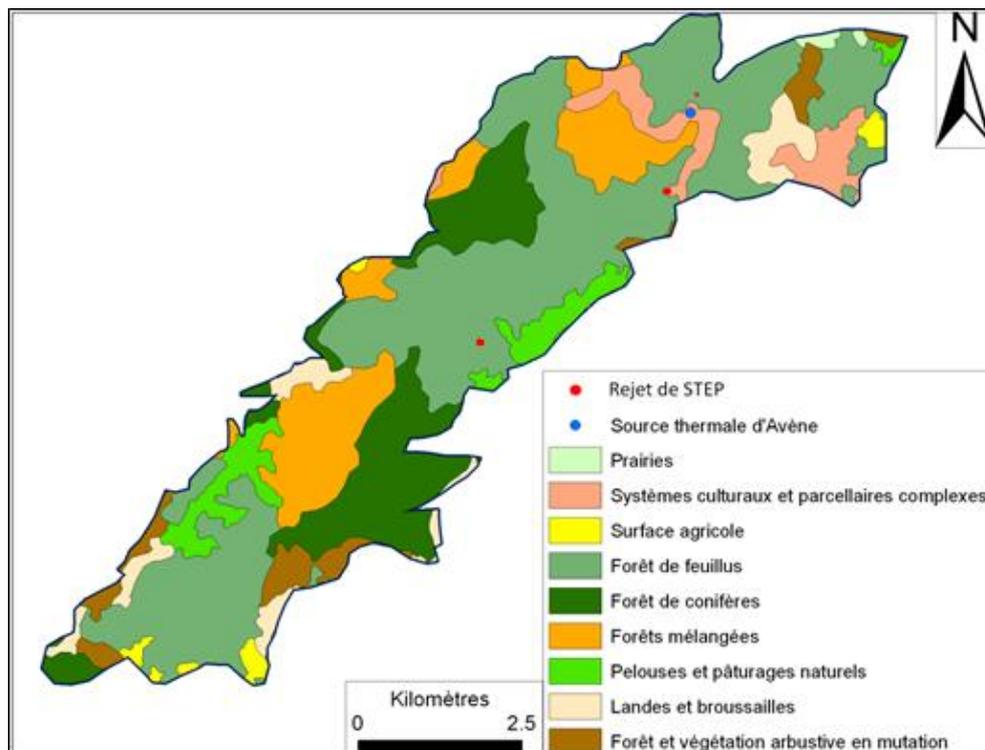


Illustration 18 : Occupation des sols sur l'impluvium d'Avène (Corine Land Cover, 2006)

Les contours de l'impluvium des eaux thermales d'Avène sont à affiner afin d'assurer la pérennisation de la qualité de la ressource thermique. Cette définition constitue une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource thermique d'Avène-les-Bains.

b) La zone de transit

La zone de transit a été caractérisée par plusieurs études chimiques (Berga-Sud, 2001), isotopiques (Teissier, 1989), (Aïgha, 2004) et hydrogéologiques (Teissier, 2005).

Par comparaison avec les eaux froides des dolomies cambriennes (par exemple les eaux prélevées à Courtials Cf. Tableau 2), le fluide thermal présente des eaux plus minéralisées avec des concentrations supérieures notamment en silice, sodium, potassium, fluor, baryum, lithium et arsenic. Il semble qu'au cours de sa descente, l'eau se trouve en contact avec le substratum des dolomies cambriennes, à savoir : des formations détritiques composées d'une alternance de schistes, de grès feldspathiques et d'arkoses ainsi que de tufs rhyolitiques riches en quartz et feldspaths, qui vont lui procurer sa signature géochimique particulière. C'est ce contact qui expliquerait l'enrichissement des eaux pour les éléments cités précédemment (De Marsily, et al., 2011). Cependant cette hypothèse reste à vérifier, d'autant plus que les concentrations de ces éléments sont relativement faibles au regard de ce qui serait attendu pour ce type de contact.

Les bancs de dolomies varvées, considérés comme imperméables, agissent comme une barrière hydraulique au sein de l'aquifère dolomitique, permettant la remontée du fluide profond vers la surface (Illustration 19). Au niveau des Bains d'Avène, les circulations hydrominérales empruntent probablement les cavités karstiques situées à la base de ces bancs stromatolithiques. Cependant, des bancs de dolomies varvées rencontrés lors des forages des deux ouvrages thermaux ont été décrits comme fissurés. Ce schéma reste donc à valider.

Les profondeurs de circulation estimées à partir du géothermomètre de la silice seraient comprises en 700 et 850 m et atteindraient une température de 45 à 55°C. Cependant, la présence de mélange entre des eaux thermales et superficielles est une limite à l'utilisation de ces géothermomètres. Les résultats obtenus à partir de cette méthode doivent être vraisemblablement remis en cause.

Le réservoir thermal est qualifié de « thermiquement homogène » (Renac, 2001). Des analyses isotopiques ont montré que les eaux du gisement hydrothermal avaient une origine météorique récente (plus jeune que la dernière période froide d'il y a 20 000 ans), d'infiltration locale (Chéry, 1994).

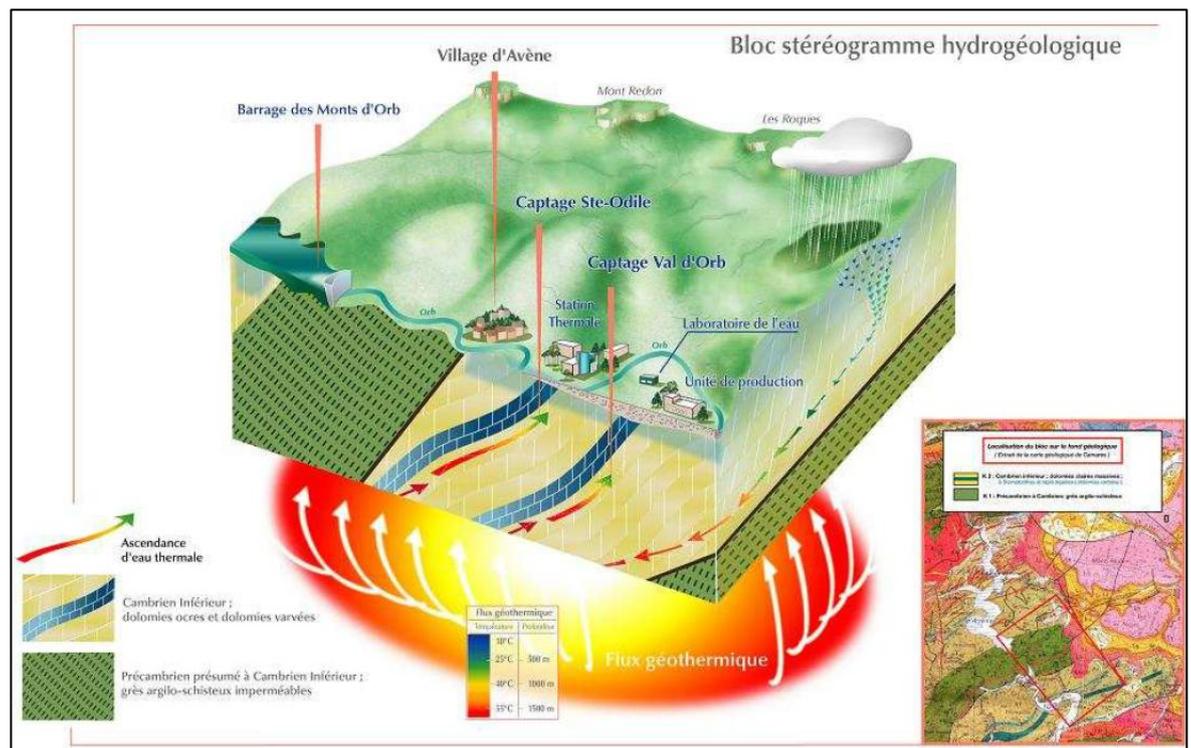


Illustration 19 : Bloc stéréogramme des émergences d'Avène-les-Bains (Teissier, 2005)

De nombreuses incertitudes persistent quant à la connaissance des modalités d'acquisition de la minéralisation du fluide thermal, de la profondeur du gisement, du temps de résidence en profondeur et de la vitesse de remontée des eaux.

c) La zone des émergences

Une vingtaine de sources naturelles ou de forages ont été répertoriées dans le secteur des Bains d'Avène. Parmi ces points, on distingue des émergences thermales, des émergences froides ainsi que des mélanges entre eau superficielle et fluide thermal (Illustration 20). Leur localisation est précisée dans l'Annexe 3. La nappe thermique des eaux minérales d'Avène est artésienne. Des problèmes de contamination ne sont pas à craindre immédiatement à l'exutoire mais une variation du niveau piézométrique de la nappe pourrait avoir des conséquences néfastes sur la qualité de l'eau thermale. Il est donc nécessaire de rester vigilant sur ce point sensible.

		Nom	X (L3)	Y (L3)	Tp (°C)
Source thermale	Source	Sainte Odile	662.26	161.98	27
Sources secondaires	Source	Cresson	662.26	161.85	19
	Forage	Cresson	662.25	161.84	17.6
	Source	Galabru	662.3	161.84	17.5
	Source	du pont	662.28	161.84	15.2
	Source	Marronnier	662.35	162.01	20
	Source	Modock	662.55	162.06	19
	Source	Cerisier	662.64	162.04	18
Sources phréatiques	Source	Beau Désert Amont	662.19	161.13	14.7
	Source	Charbonnier	662.72	161.61	12
	Source	Beau Désert Aval	662.19	161.13	12.2
	Source	Font Caude	653.25	153.9	15.9
	Source	Des Douzes	660.75	162.06	11
Forages thermaux (agrées)	Source	Le fraisier	661.28	162.2	9.8
	Forage	Sainte Odile	662.4	161.94	25.9
	Forage	Valdorb	662.62	161.9	21.3

Illustration 20 : Sources et forages du secteur d'Avène (Vigouroux, et al., 2011)

L'analyse des variations d'altitude du plan d'eau de la retenue du barrage d'Avène, du débit sortant du barrage, du débit de la source Sainte Odile et du niveau piézométrique du forage Valdorb n'a pas conduit à la mise en évidence d'une relation hydraulique entre les deux domaines du secteur du barrage et du site thermal (Berga-Sud, 2001). De ce fait, l'altitude du plan d'eau du barrage n'aurait aucune répercussion sur le débit naturel des sources thermales.

Une relation hydraulique a cependant été mise en évidence (Berga-Sud, 2001) entre le niveau de l'Orb et le débit des sources thermales (Annexe 5). En effet le débit des sources Sainte Odile et du Cresson augmentent alors que le niveau de l'Orb s'élève (Berga-Sud, 2001). La montée du niveau de l'Orb provoque l'augmentation de la charge à l'exutoire des sources situées dans la rivière, ce qui entraîne une diminution de leur débit : la conservation du flux ascendant total va alors provoquer une augmentation du débit des deux sources thermales Sainte Odile et Cresson.

La relation des eaux thermales avec des eaux superficielles au niveau de la zone d'émergence peut représenter un point sensible car il s'agit d'un secteur où la ressource peut être vulnérable, il faudra donc être vigilant sur les activités se développant dans cette zone. Pour assurer la protection de la qualité de la nappe, le maintien de l'artésianisme constitue également un point de vigilance important. Il faut donc veiller à ne pas provoquer des inversions de gradients hydrauliques afin de préserver l'aquifère thermal des infiltrations d'eaux superficielles.

3.2. LE FLUIDE THERMAL

3.2.1. La ressource exploitée

Historiquement, les eaux thermales d'Avène étaient exploitées depuis la source Sainte Odile déclarée d'intérêt public le 23 novembre 1864. Celle-ci a été abandonnée en 2002 afin d'éviter des problèmes de qualité. Désormais l'eau thermale, exploitée par PFDC pour ses vertus curatives, est issue des forages Valdorb réalisé en 1993 et Sainte Odile réalisé en 2004 (Illustration 21). Ces deux ouvrages bénéficient d'une autorisation d'exploitation de l'eau minérale datant du 04 septembre 1998 et du 20 août 2007. Un troisième forage capte les eaux thermales mais n'a pas d'autorisation, il s'agit du forage Cresson utilisé pour des travaux d'entretien (réalisé en 1990).

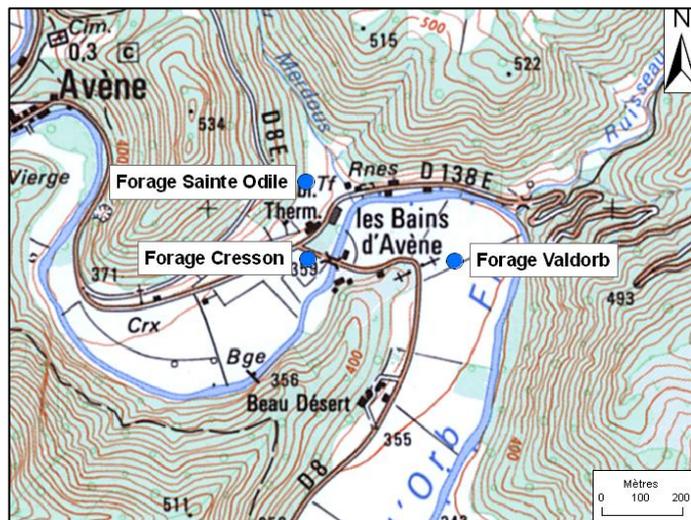


Illustration 21 : Emplacement des forages d'exploitation de l'eau thermale

Le forage Sainte Odile fournit des eaux considérées comme les plus représentatives du gisement thermal car il produit les eaux les plus chaudes et qui se rapprochent le plus des caractéristiques de la source Sainte Odile, qu'il recapte.

3.2.2. Caractérisation physico-chimique de la ressource

Le tableau suivant présente la composition physico-chimique de référence pour les eaux des deux forages en exploitation, ainsi que pour la source Saint Odile.

Lieu d'analyse	Source Sainte Odile	Forage Sainte Odile	Forage Valdorb
Date de l'autorisation	06/02/1987	20/08/2007	04/09/1998
T° C	25,4	25,9	21,3
pH	7,4	7,6	7,5
CE à 20°C (µS/cm)	337	349	475
HCO ₃ (mg/l)	218,4	230	271,5
Cl (mg/l)	5,8	<5	5,5
SO ₄ (mg/l)	12,4	14	24,9
NO ₃ (mg/l)	1,1	1,5	1,3
Ca (mg/l)	40,8	41	51,3
Mg (mg/l)	22,7	22	26,7
K (mg/l)	1	<1	0,5
Na (mg/l)	4,8	4,6	4,8
As (µg/l)	13	13	7

Tableau 1 : Composition physico-chimique des eaux d'Avène
(extrait des analyses de référence)

Les eaux thermales d'Avène ont un **faciès bicarbonaté calcique et magnésien**. Elles présentent une faible minéralisation (260 mg/l), une conductivité autour de 400 µS/cm et une bonne stabilité des paramètres physico-chimiques dans le temps. Les paramètres physico-chimiques sont suivis sur le long terme par le Laboratoire de l'Eau afin de contrôler l'impact des prélèvements sur le fonctionnement de l'aquifère. Ce suivi permet également de définir des limites d'alerte pour les éléments (Selas, 2012). Un bilan analytique des différents cours d'eau, forages et source sur la période 2010/2012 ont été réalisés afin de déterminer la stabilité de la ressource. Les résultats sont exposés dans la partie 3.4.1.

Le Tableau 2 est issu de l'étude de (De Marsily, et al., 2011), il regroupe les analyses d'eau du secteur réalisées en 2010 et met en évidence la minéralisation des sources thermales. Ces dernières sont plus riches notamment en silice et arsenic que les eaux du forage Courtials qui appartiennent au même aquifère mais qui ne subit pas d'influence thermale.

	<i>Sce. St Odile</i>	<i>F. St Odile</i>	<i>F. Cresson</i>	<i>F. Valdorb</i>	<i>F. Courtials 5</i>
	06/12/2010	08/12/2010	06/12/2010	08/12/2010	13/09/2010
Temp en °C	25,7	26,7	17,0	21,0	11,5
pH	7,85	7,80	7,75	7,65	7,65
Cond 20°C (µS/cm)	389	386	428	477	354
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	229	226	251	272	223
F ⁻	0,103	0,109	0,076	0,094	<0,05
Cl ⁻	6,0	6,0	6,1	6,2	5,9
NO ₂ ⁻	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,1
Br ⁻	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,1
NO ₃ ⁻	1,3	1,4	1,7	1,5	2,1
SO ₄ ⁻	12,2	12,3	16,3	26,5	5,7
Na ⁺	4,8	4,8	3,8	4,1	3,20
K ⁺	0,79	0,82	0,62	0,76	0,4
Mg ⁺⁺	21,9	21,4	25,7	27,7	19,9
Ca ⁺⁺	44,0	43,9	47,4	54,5	37,4
SiO ₂ (aq) (mg/L)	15,12	15,12	8,88	11,76	5,80
Arsenic (µg/L)	16,2	15,7	3,1	6,6	<2
Li ⁺	3,7	3,7	2,5	3,5	<2
Bore	8,9	8,8	9,0	10,5	5,4
Baryum	46,0	48,3	73,1	118,0	<10
Aluminium	4,0	4,3	4,1	4,3	

Tableau 2 : Analyses des eaux du secteur d'Avène-les-Bains
En jaune : Valeurs max ; En bleu : Valeurs min

Les eaux des sources thermales sont donc issues d'un tronc hydrothermal commun véhiculant des eaux anciennes puis d'une divergence en subsurface où l'on retrouve des intrusions d'eaux superficielles ou phréatiques froides (Teissier, 2001). L'analyse des corrélations hydrochimiques des sources thermales a montré que toutes les eaux ont le même faciès chimique mais que l'on peut distinguer parmi les émergences, deux groupes aux spécificités propres (Berga-Sud, 2001) :

- Le groupe Valdorb et la source Beau Désert amont ;
- Le groupe Source Sainte Odile et Cresson.

Ces spécificités et variabilités au niveau des sources s'expliquent par un mélange des deux groupes entre eux, ainsi qu'avec d'autres eaux. La modification des paramètres physiques de surface (pompage, niveau de l'Orb, marées terrestres, pression atmosphérique...) pouvant accentuer ces mélanges. La qualification de ces deux groupes spécifiques ainsi que la quantification des mélanges entre les eaux thermales profondes et les eaux superficielles froides nécessite cependant d'être approfondie. Cette caractérisation permettra d'apporter des éléments de compréhension sur le schéma conceptuel de fonctionnement hydro-géochimique du site thermal.

3.2.3. Caractérisation isotopique de la ressource

Plusieurs rapports (Chéry, 1994), (De Marsily, et al., 2011), (Tarrabo, 2009) présentent des interprétations et synthèses des mesures isotopiques réalisées sur les eaux d'Avène. Les analyses disponibles concernent les isotopes stables (oxygène 18 et

deutérium), le carbone 14 et le carbone 13, le soufre 34 et une chronique du tritium. Une compilation de toutes les données est proposée en Annexe 6.

a) **Les données Tritium**

Le tritium est un isotope rare à l'état naturel qui a envahi l'atmosphère suite aux premiers essais nucléaires en 1952. L'arrêt de ces essais nucléaires aériens en 1963 a marqué le début de son déclin atmosphérique. L'eau, par contact avec l'air ambiant acquiert la composition en tritium de l'atmosphère lors de son infiltration, ce qui permet par la suite d'estimer le temps de séjour des eaux thermales. Dans le cas d'Avène, la chronique des mesures tritium s'étend de 1989 à 2004 pour la source Sainte Odile. La difficulté d'interprétation des données du tritium résulte ici du mélange entre des eaux anciennes et récentes.

Dans le rapport de (De Marsily, et al., 2011), la possibilité d'une infiltration entre 1952 et 1963, pour les eaux émergentes en 2004 est exclue car elles ne présentent pas le « pic » de concentration caractéristique de cette période. L'hypothèse retenue serait donc que les eaux anciennes se soient infiltrées avant 1952 et ne contenaient donc pas de tritium. A partir de ces réflexions, (De Marsily, et al., 2011) a construit un modèle simple, afin de mieux comprendre le fonctionnement du système d'Avène et d'estimer les parts de mélange entre les deux pôles d'eaux pour chaque émergence.

	Source Sainte Odile	Source Cresson	Forage Valdorb
Eau profonde antérieure à 1951	66%	49%	76%
Eau superficielle jeune (mélange sur 20 ans)	34%	51%	24%

Tableau 3 : Parts de mélanges estimées entre les eaux superficielles et profondes (De Marsily, et al., 2011)

b) **Le carbone 14 et le carbone 13**

Le carbone 14 dissous dans les eaux souterraines, permet de dater leur temps de transit dans certaines conditions. Il s'agit d'un isotope radioactif ayant une période de demi-vie de 5730 ans. A partir de sa décroissance radioactive, l'époque d'infiltration des eaux peut être déterminée, à condition qu'une mesure de carbone 13 précise le mode d'introduction du carbone dans l'eau.

Dans le rapport sur l'interprétation des analyses du carbone 14 et du carbone 13 (Chéry, 1994) des eaux thermales d'Avène, la présence de mélange entre deux pôles d'eau est certifiée. La datation à partir du couple ^{13}C - ^{14}C est délicate car la présence, dans le sud de la France, de remontée de CO_2 d'origine profonde perturbe la signature isotopique naturelle des eaux. Il existe de plus, des phénomènes de dissolution de carbonate solide qui provoque des échanges isotopiques entre le carbone inorganique total dissous, les carbonates des dolomies et le CO_2 du sol.

c) L'oxygène 18 et le deutérium

Ces isotopes stables permettent généralement de préciser l'altitude de l'aire d'alimentation, ainsi que la nature et l'origine de l'eau. Dans le cas d'Avène, les données en ^{18}O et ^2H des eaux thermales sont proches de la composition isotopique des pluies sur l'aire d'alimentation. Les eaux thermales sont donc d'origine météorique certaine. Les données des isotopes stables n'ont cependant pas permis de déterminer l'altitude de recharge de l'impluvium.

d) Le Soufre 34

Les analyses des isotopes ^{34}S permettent généralement de connaître l'origine des sulfates dans les eaux. Les eaux thermales d'Avène n'ont été analysées qu'une seule fois pour cet élément. Les résultats ont conduit à émettre l'hypothèse d'une origine évaporitique permienne pour les sulfates. Cependant, vu l'insuffisance des données, cette hypothèse est émise avec précautions.

Les analyses isotopiques disponibles permettent d'affirmer la présence d'un mélange des eaux thermales entre une composante « ancienne » profonde et une composante « récente » superficielle. Cependant, dans la perspective d'une amélioration de la connaissance de la structure et le fonctionnement du gisement thermal d'Avène, une réactualisation des données isotopiques semble nécessaire. La connaissance du mode d'acquisition de la physico-chimie du fluide exploité en regard du contexte géologique local est également perfectible.

La mise en œuvre de nouveaux moyens de caractérisation (chimie isotopique notamment) pour perfectionner la connaissance du fonctionnement hydrothermal représente une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource thermale d'Avène-les-Bains.

3.3. LA MISE EN PRODUCTION – LES EQUIPEMENTS

3.3.1. Les captages existants

L'eau thermale d'Avène est exploitée par deux forages (Valdorb et Sainte Odile) ayant chacun reçu une déclaration d'autorisation d'exploiter l'eau minérale. On trouve sur le site un autre forage, Cresson, et deux sources thermales, Sainte Odile et Cresson, qui ne sont pas utilisés pour leurs propriétés thermales. Les trois principaux ouvrages sont :

- le **forage Sainte Odile**, réalisé en 2004, recapte les eaux de la source historique portant le même nom. Il atteint 87 m et recoupe les dolomies varvées de 51.5 à 70.3 m de profondeur. Le forage Sainte Odile est prévu pour alimenter les thermes, cependant il est surdimensionné afin de pouvoir alimenter l'usine de production si

un problème intervient sur le forage Valdorb. Le débit prélevé au niveau du forage Sainte Odile est détaillé dans la partie 4.3.5. Ce forage n'est pas artésien.

BSS	0961-7X-0243/FS01
X (L2e)	662 341
Y (L2e)	1 861 830
Z mNGF (IGN)	361.8

Tableau 4 : Caractéristiques générales du forage Sainte Odile

- le **forage Valdorb**, réalisé en 1993, alimente l'unité dermo-cosmétique et la buvette des thermes. Il atteint 179.80 m et recoupe les dolomies varvées de 100.75 à 168.80 m de profondeur, les venues d'eau thermale se font principalement entre 158 et 175 m (De Marsily, et al., 2011). Il est neutralisé jusqu'à 157 m par tubage et cimentation, puis crépiné au-delà. Le forage Valdorb a un débit de prélèvement autorisé de 80 m³/h, il est surdimensionné vis-à-vis des besoins de la chaîne de production et de la buvette afin de pouvoir alimenter les thermes en parallèle si un problème intervient sur le forage Sainte Odile. Il est équipé d'une pompe de type GRUNDFOS SP-77-4N immergée à 39 m de profondeur. La nappe alimentant ce forage est artésienne.

BSS	0961-7X-0235/ISTPE
X (L2e)	662 695
Y (L2e)	1 861 707
Z mNGF	355

Tableau 5 : Caractéristiques générales du forage Valdorb

- le **forage du Cresson** qui capte les eaux de la source portant le même nom a été réalisé en 1990 et n'a pas fait l'objet d'une demande d'autorisation d'exploiter l'eau thermale car il est localisé dans une zone susceptible d'être inondée. Il est utilisé pour l'arrosage à l'intérieur du périmètre de protection de la source Sainte Odile. Le forage est cimenté jusqu'à 20 m pour assurer une bonne consolidation et tubé en diamètre 309/324. De même entre 45 et 60 m, il est cimenté et tubé en diamètre 260/273 pour isoler la couche productrice des terrains supérieurs. Le niveau producteur d'eau thermale est situé entre 66 et 69 m où se trouve un conduit karstique.

BSS	0961-7X-0230/CRESSO
X (L2e)	662 335
Y (L2e)	1 861 657
Z mNGF	357

Tableau 6 : Caractéristiques générales du forage Cresson

Les coupes techniques des ouvrages sont présentées en Annexe 7.

3.3.2. Les conditions de transport et de stockage

En sortie de tête de forage, les eaux thermales du forage Sainte Odile sont amenées en surpression vers l'établissement thermal via une conduite en acier Inox (Z2CND17-12) résistante à l'oxydation. Cette canalisation non calorifugée est installée dans un caniveau afin de faciliter son accessibilité. Il existe une conduite de secours vers l'unité de production si un problème survient sur le forage Valdorb.

Le captage Valdorb est équipé d'une canalisation reliant l'établissement thermal. Cette canalisation est en acier inoxydable (88.9 mm de diamètre) et parcourt une distance de 389.6 mètres dans un caniveau sous le chemin. La reprise d'eau pour l'alimentation de l'usine se fait via une conduite en inox (60.3 mm de diamètre) de 95 m. Cette canalisation est calorifugée.

Une image satellite des bains d'Avène présentée en Illustration 22 permet de situer les thermes et l'usine de production par rapport aux forages.

Une boucle de sanitation par la canalisation de secours est prévue pour effectuer un nettoyage en place en cas de contamination bactérienne. Pour chaque forage, les eaux transitent par des cuves de disconnexion hydraulique pour éviter toute rétro-contamination. Il n'existe pas de cuves de stockage de l'eau thermale sur le site d'Avène. Aucun des forages n'est équipé d'un dispositif de nettoyage en place de la pompe et de la colonne d'exhaure.

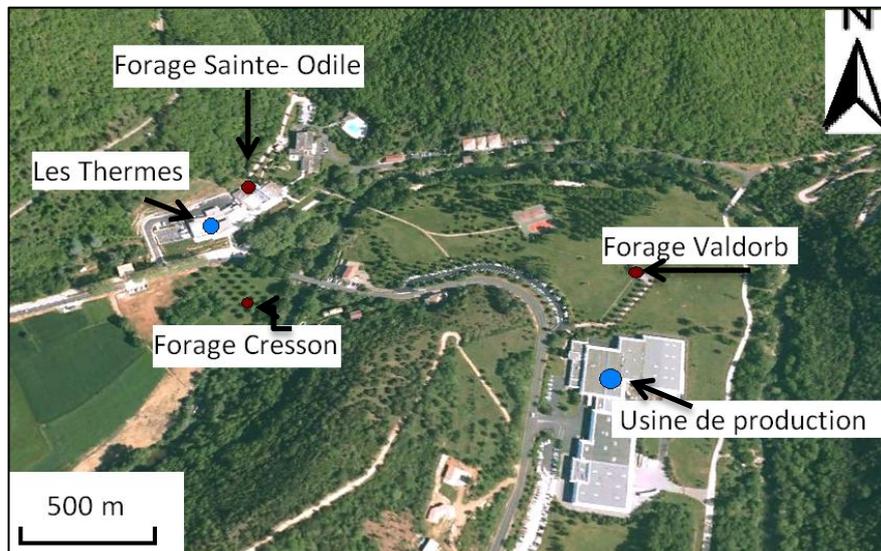


Illustration 22 : Position des thermes et de l'usine de production par rapport aux forages

3.4. LE SUIVI D'EXPLOITATION – LA MAINTENANCE

3.4.1. Le suivi d'exploitation de la ressource

Les forages sont équipés d'une instrumentation permettant le suivi des paramètres physico-chimiques de la ressource. On trouve comme dispositif de mesure en tête de forage des conductimètres, débitmètres, capteurs de pression et des sondes de température reliés à des centrales d'acquisition (Tableau 7).

Forage Sainte Odile	Forage Valdorb	Source Sainte Odile
<ul style="list-style-type: none"> • Conductimètre-thermomètre Yokogawa avec sonde toroïdale • Transmetteur de pression immergeable Endress + Hauser 0-40m • Débitmètre KROHNE variflux DN 100 • Capteur de pression Endress+ Hauser • Centrale d'acquisition phénix (NAPAC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Débitmètre KROHNE Optiflux 2000 • Conductimètre-thermomètre CLS21 • Conductimètre thermomètre Endress + Hauser Liquisys CLM 223 • Capteur de pression Endress + Hauser FMX 167 0-50m H₂O (18 m de profondeur) • Centrale d'acquisition IRIO (NAPAC) (pas de temps horaire) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sonde ENDRESS + Hauser CLS 21 • Analyseur de température PT 100 • Conductimètre Endress + Hauser Liquisys • Cellule Endress Hauser CPS 11D Memosens • Centrale d'acquisition TBC Minirack (NAPAC)

Tableau 7 : Instrumentation des forages d'exploitation et de la source Sainte Odile

a) **Données du suivi d'exploitation**

Le suivi d'exploitation des forages Valdorb et Sainte Odile, ainsi que le suivi de la source Sainte Odile est assuré par ANTEA. Ce prestataire assure une surveillance des paramètres et vérifie l'état de fonctionnement du matériel. Les rapports de suivi annuels sont disponibles au Laboratoire de l'Eau et un historique en a été réalisé par (Tarrabo, 2009).

• **Le forage Sainte Odile :**

Le suivi des paramètres d'exploitation du forage Sainte Odile est disponible sur la période 2005-2011. La conductivité du forage (Illustration 23) oscille aux alentours de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et reste stable depuis le début de sa mise en exploitation. Cependant on observe une légère chute (de 400 à 370 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de ce paramètre pour l'année 2007 qui fût l'une des plus sèches de la dernière décennie (Annexe 1). Ces deux informations sont contradictoires car les conditions climatologiques auraient dû favoriser l'apport d'eau profonde, plus minéralisée. Cette baisse annuelle est sans doute relative à un

mauvais étalonnage de la sonde de mesure. L'augmentation ponctuelle de la conductivité en fin 2009 est relative à un changement de l'instrumentation du forage.

La température du forage Sainte Odile (Illustration 23) est également disponible sur la période 2005-2011. Comme la conductivité, elle reste stable, et présente une légère augmentation lors des périodes estivales de l'ordre d'un degré pour l'année 2010 qui est la plus marquée. Cela peut traduire l'apport d'eau profonde présentant un caractère thermal plus prononcé. Ces très légères variations se retrouvent aux mêmes périodes dans le suivi de la conductivité et confortent l'hypothèse de diminution des apports d'eau superficielle, en période d'étiage, au niveau du forage Sainte-Odile. Les chutes de température en 2006 et 2008 sont relatives à un arrêt du pompage sur le forage tandis que l'augmentation, en janvier 2009, est certainement due à un dysfonctionnement de la sonde de mesure.

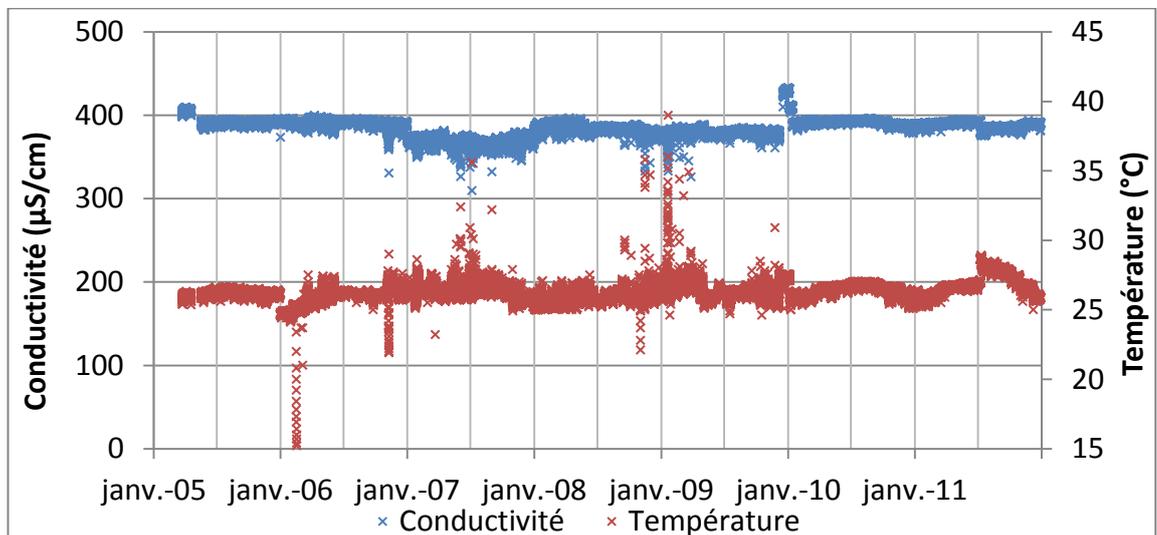


Illustration 23 : Conductivité et température du forage Sainte Odile (Données ANTEA)

Le forage Sainte-Odile est de plus en plus sollicité par les thermes depuis son accréditation en eau thermale. Le débit d'exploitation en début 2006 oscillait aux alentours de 45 m³/h et varie désormais aux alentours de 55 m³/h (Illustration 24). Malgré cette hausse de la sollicitation de l'aquifère, le niveau de la nappe reste stable, entre 8 et 11 m de profondeur. On observe depuis 2009, la volonté accrue du groupe PFDC de préserver la ressource thermale. Le débit d'exploitation de l'aquifère lors de la période de fermeture des thermes est diminué : entre les mois de novembre et février, le débit extrait n'est plus que d'une trentaine de mètres cubes. Ce ralentissement de production coïncide avec la période de recharge de la nappe (Illustration 24).

Les mesures de profondeur du niveau (entre 14 et 16 m) en fin d'année 2011 sont dues à des problèmes de sonde. En effet l'appareillage a été doublé avec une sonde autonome qui n'a pas montré ce genre de décrochements.

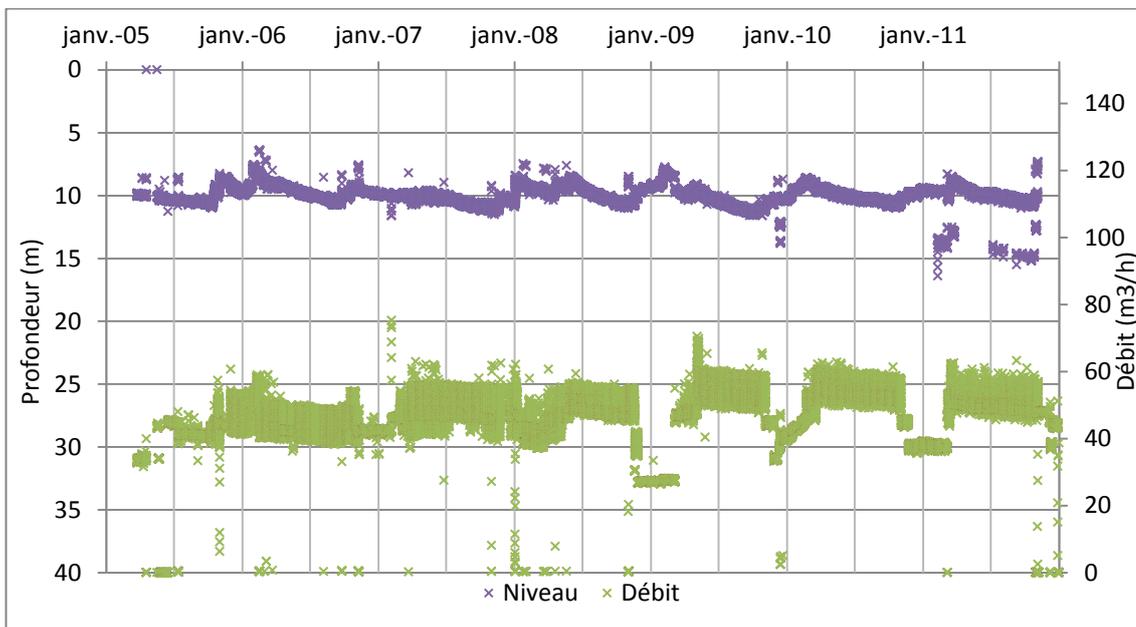


Illustration 24 : Débit et niveau du forage Sainte Odile (Données ANTEA)

• Le forage Valdorb :

La conductivité de ce forage (Illustration 25) est proche de $480 \mu\text{S}/\text{cm}$ et présente une légère augmentation constante depuis 2005. Sur cette année-là en particulier, la conductivité présente une hausse importante qui peut être relative à la mise en exploitation du forage Sainte Odile. Cela peut avoir eu pour conséquence de remobiliser les eaux profondes, plus minéralisées qui expliqueraient cette légère perturbation de la conductivité.

Concernant la température du forage Valdorb, on peut voir dans l'illustration 25 sa parfaite stabilité, autour de 21°C . Ce forage est soumis à de très faibles variations saisonnières qui font osciller la température de 0.3°C entre les périodes estivales et hivernales. L'observation de ce phénomène sur les deux forages d'exploitation semble confirmer la participation plus importante de la composante profonde des eaux thermales en période d'été.

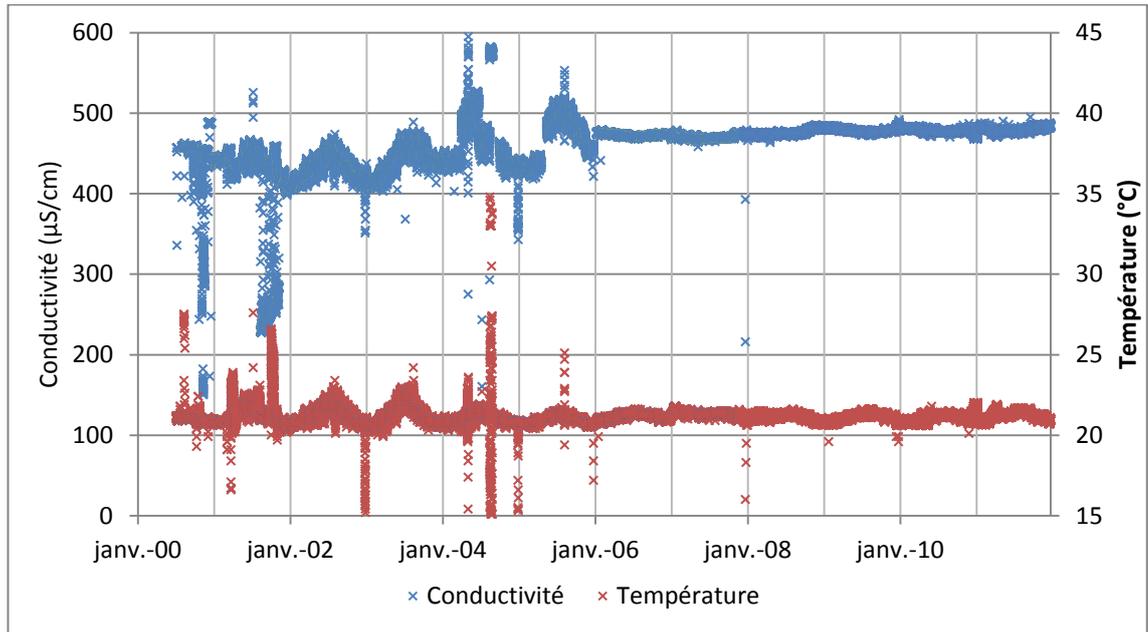


Illustration 25 : Conductivité et température du forage Valdorb (Données ANTEA)

Le forage Valdorb est exploité au débit moyen de 55 m³/h, avec une légère diminution depuis le début de l'année 2011 (Illustration 26). Comme pour le forage Sainte-Odile, il y a une diminution de la sollicitation du gisement thermal en période de fermeture avec un débit inférieur à 50 m³/h. Le niveau du forage varie entre 10 et 15 m de profondeur et présente une hausse d'environ 1 m en 2011. Cette amélioration est certainement la cause d'une diminution du débit d'exploitation, conjuguée également avec une forte pluviosité cette année-là (Annexe 1).

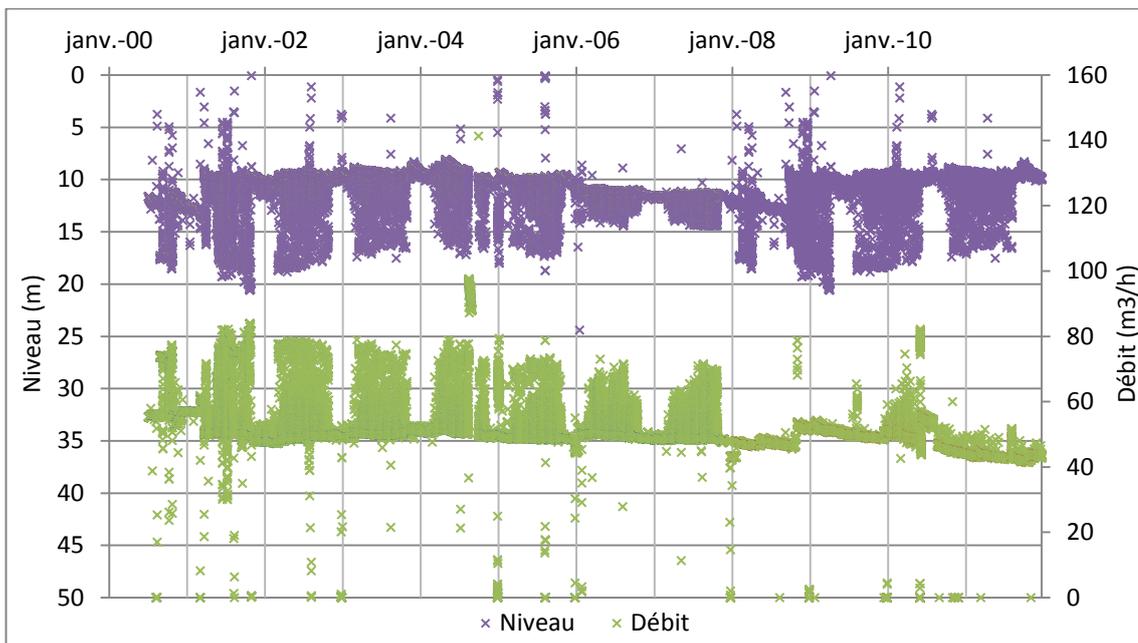


Illustration 26 : Débit et niveau du forage Valdorb (Données ANTEA)

• La source Sainte-Odile:

Les études antérieures sur le fonctionnement de la source Sainte-Odile ont montré sa relation avec les eaux de surface et l'apparition d'une pollution bactérienne après de fortes pluies. Les données du suivi de la source ont été récupérées pour la période 2003-2011. Dans l'illustration 27, la conductivité varie autour de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mais présente deux fortes augmentations ponctuelles relatives au changement des sondes.

La température de la source Sainte Odile est assez stable depuis 2003, autour de 25°C, mais présente quelques variations importantes au début de la chronique. Cette baisse des températures est due à un dysfonctionnement probable de la sonde car on ne retrouve pas cette perturbation pour les autres paramètres (conductivité notamment). La température de la source Sainte-Odile est proche de 25° et l'on n'observe pas d'incidence de la mise en exploitation du forage Sainte Odile sur son fonctionnement thermique.

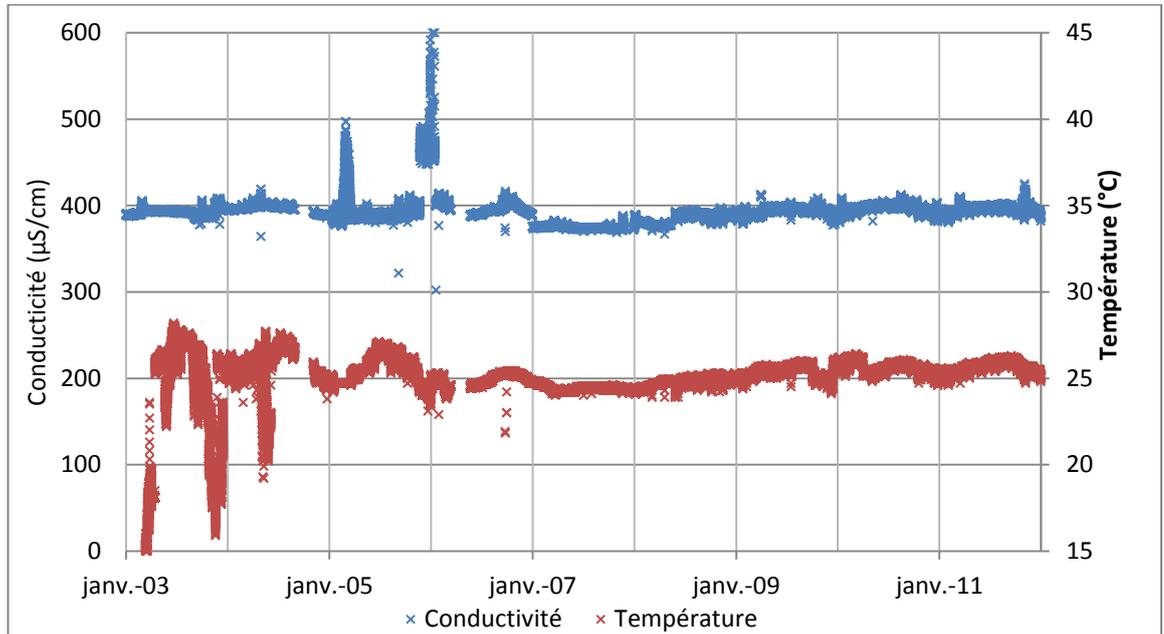


Illustration 27 : Conductivité et température de la source Sainte Odile (Données ANTEA)

Concernant le débit naturel de la source Sainte Odile, celui-ci varie entre 18 et 22 m^3/h en conditions climatiques et d'exploitation normales. Lors de fortes précipitations, le débit de la source peut atteindre 140 m^3/h (Illustration 28).

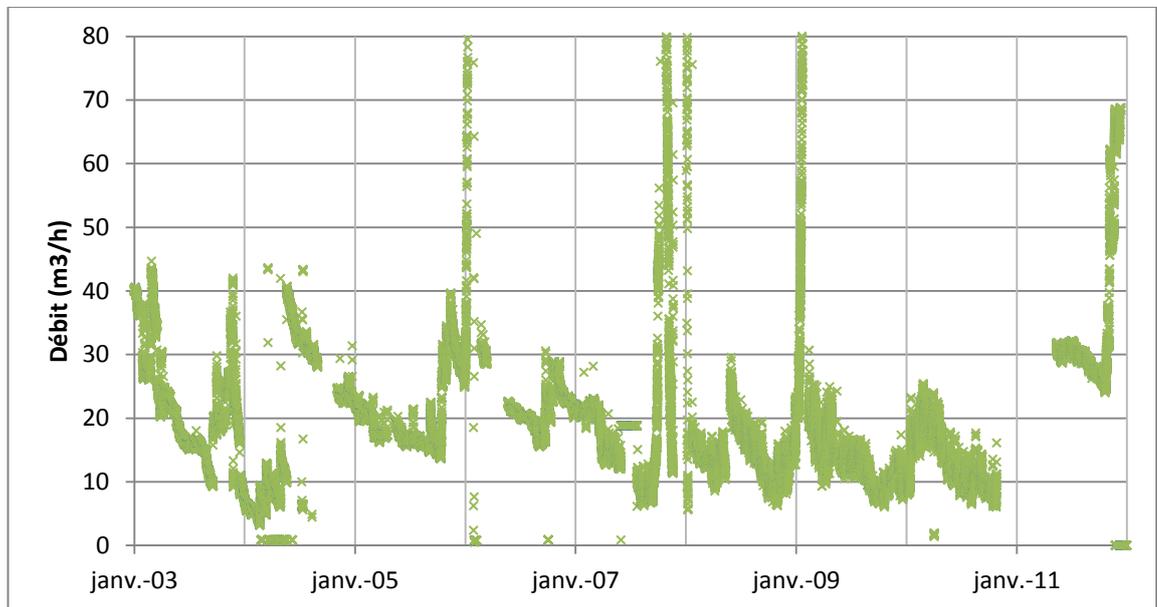


Illustration 28 : Débit de la source Sainte Odile (Données ANTEA)

b) Données du contrôle réglementaire :

Un contrôle réglementaire sur la qualité physico-chimique des eaux thermales d'Avène est effectué par l'Agence Régionale de Santé (ARS) quatre fois par an. Les principaux paramètres mesurés sont la température, le pH, la conductivité, les bicarbonates, le magnésium, le calcium, les nitrates et les paramètres microbiologiques.

Les données de ces analyses ont été récupérées pour les dix dernières années pour le forage Valdorb (Illustration 30). Le forage Sainte Odile ayant reçu l'autorisation d'exploiter plus tard, ses données d'analyses ne sont disponibles que depuis 2009 (Illustration 29).

Pour les quatre dernières années, les paramètres du forage Saine Odile sont parfaitement stables et ne sortent qu'exceptionnellement des limites imposées par l'arrêté d'autorisation d'exploiter ($\pm 10\%$).

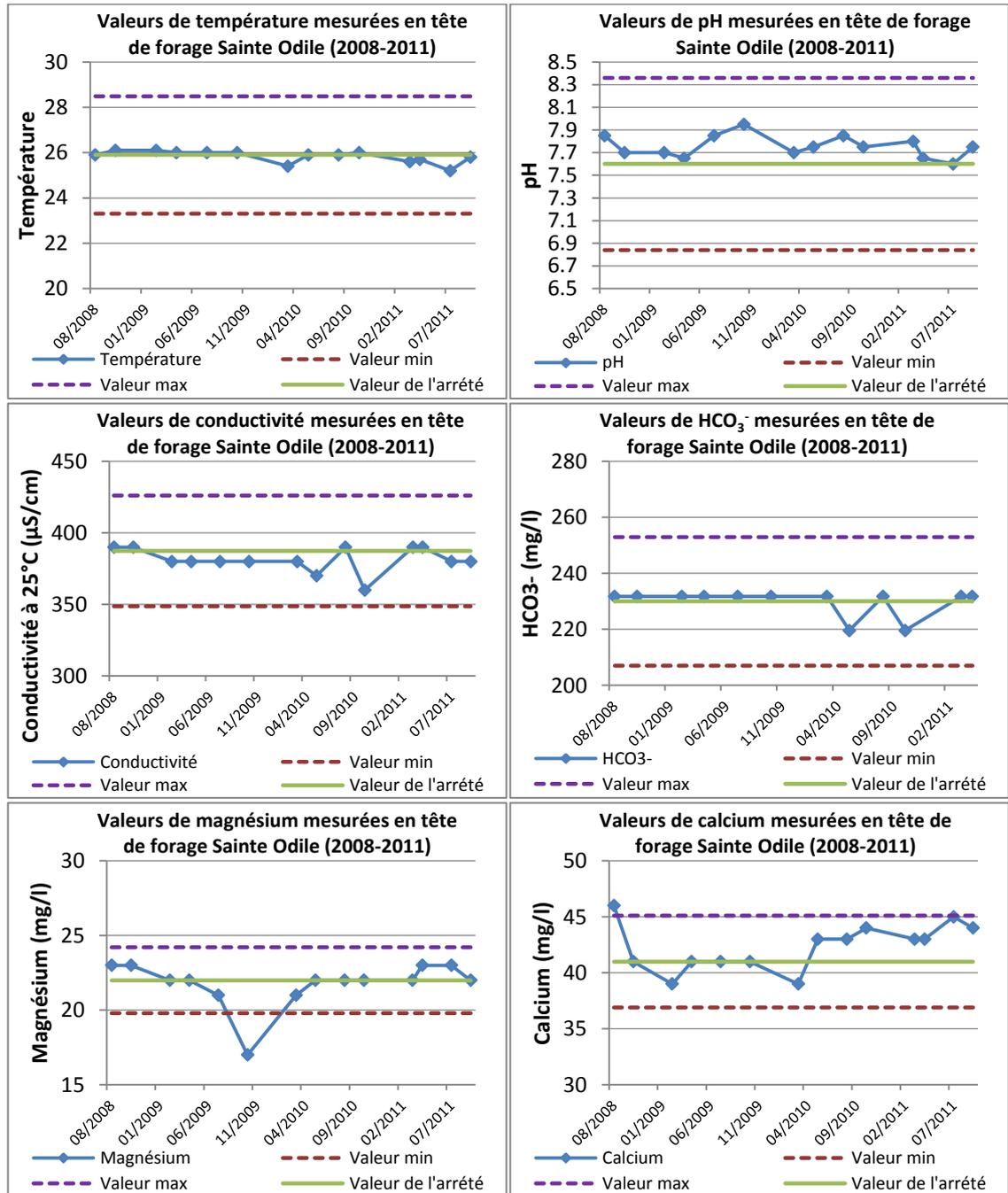


Illustration 29 : Valeurs du contrôle réglementaire pour le forage Sainte Odile (ARS)²

² Les valeurs min et max correspondent à ± 10 % de la valeur du paramètre concerné figurant dans l'autorisation d'exploiter l'eau thermale.

Pour le forage Valdorb le constat est identique que pour Sainte Odile : les paramètres présentent une excellente stabilité. Les valeurs ne dépassent les limites imposées par l'arrêté que ponctuellement. On remarque que les teneurs en magnésium et calcium ont tendance à se situer au-dessus de la valeur de référence.

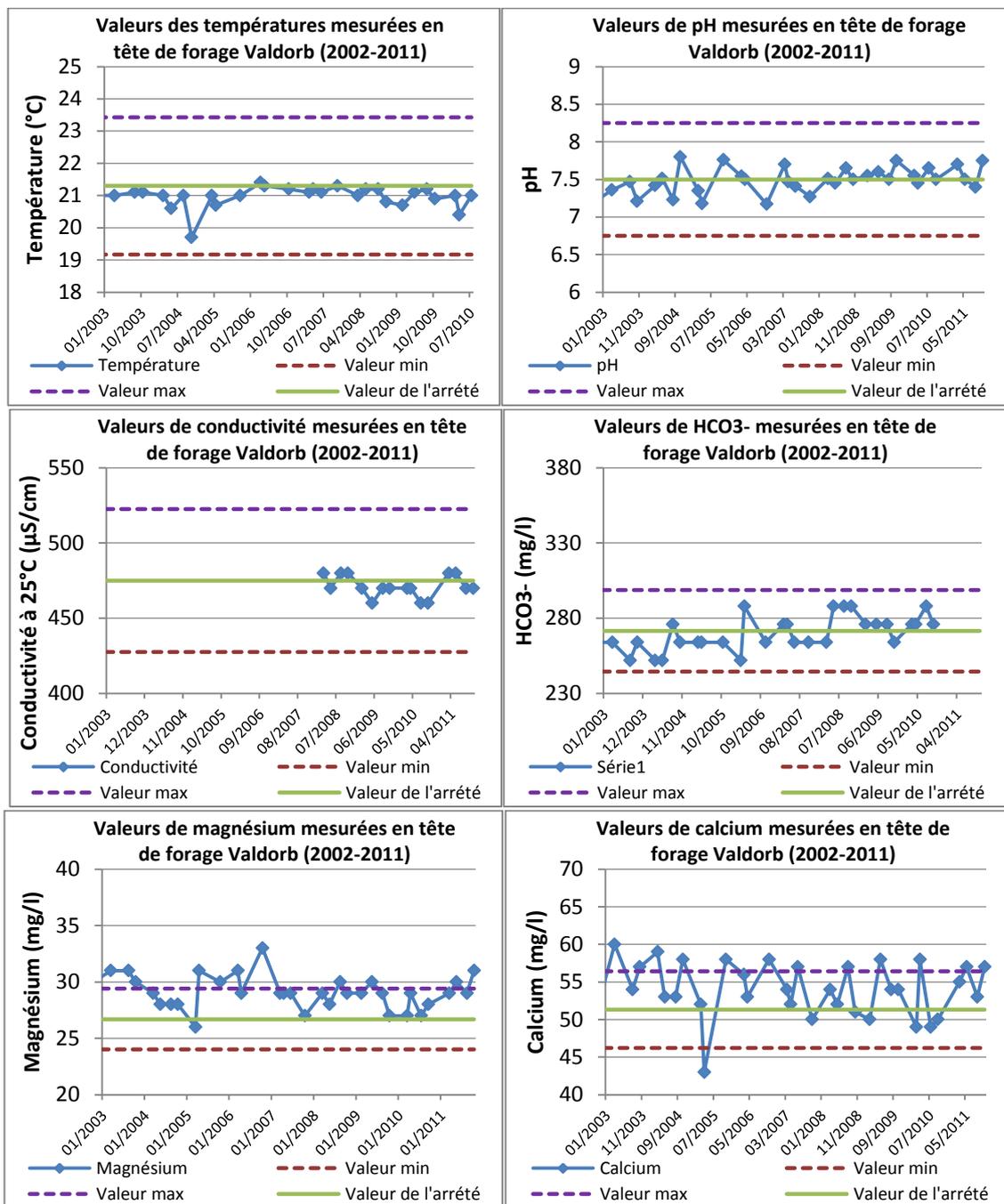


Illustration 30 : Valeurs du contrôle réglementaire pour le forage Valdorb (ARS)

En plus des contrôles ponctuels réalisés par l'ARS, le Laboratoire de l'Eau analyse quotidiennement les eaux du forage Sainte Odile et Valdorb, et hebdomadairement les eaux de la source Sainte Odile et du forage Cresson. Il édite chaque semestre un rapport sur le suivi de la ressource thermale indiquant les coefficients de variation de chaque paramètre de la ressource. Cette étude menée depuis deux ans sur le site d'Avène montre pour le forage Sainte Odile une stabilité correcte des éléments majeurs ($CV_r < 5\%$) et une faible disparité au niveau des oligo-éléments (CV_r compris entre 2 et 10%). Le forage Valdorb présente les mêmes coefficients que la source Sainte Odile, qui sont très faibles, les oligo-éléments comme l'arsenic et les fluorures se trouvant proches de la limite de quantification, cela entraîne une plus forte variabilité analytique (CV_r compris entre 9 et 10%). Dans le cas du forage Cresson, les coefficients de variation sont faibles, même dans le cas des oligo-éléments.

En complément de la méthode traditionnelle d'estimation de la stabilité ($\pm 10\%$ de variation par rapport aux caractéristiques mentionnées dans l'arrêté d'exploitation), une méthodologie décrite par (AFSSA, 2008) est appliquée aux eaux thermales d'Avène. Cette méthode évoque des recommandations sur la considération de l'incertitude des paramètres analysés, afin de ne pas incriminer une variation à l'hydrosystème qui serait en fait liée à la méthode d'analyse. Les résultats exposés dans l'illustration 31 sont issus des travaux réalisés au Laboratoire de l'Eau (Selas, 2012).

La stabilité est calculée à partir de la formule :

$$S = \frac{2 * Cv}{Ip}$$

Avec :

- Cv = coefficient de variation exprimé en %
- Ip = coefficient d'incertitude analytique du laboratoire pour le paramètre considéré au niveau de concentration mesurée

Si le critère $S > 2$, alors le paramètre étudié présente une instabilité marquée, ou une dérive au cours du temps. Dans le cas contraire, le paramètre est stable, ce qui signifie que l'incertitude analytique explique au moins la moitié de la variation observée.

L'incertitude analytique des paramètres mesurés au Laboratoire de l'Eau doit être certifiée prochainement par un laboratoire d'accréditation. La certification de ces données pourra conforter la précision de ces résultats. Néanmoins, la ressource thermale apparaît parfaitement stable car la grande majorité des paramètres ont un critère S calculé inférieur à 2.

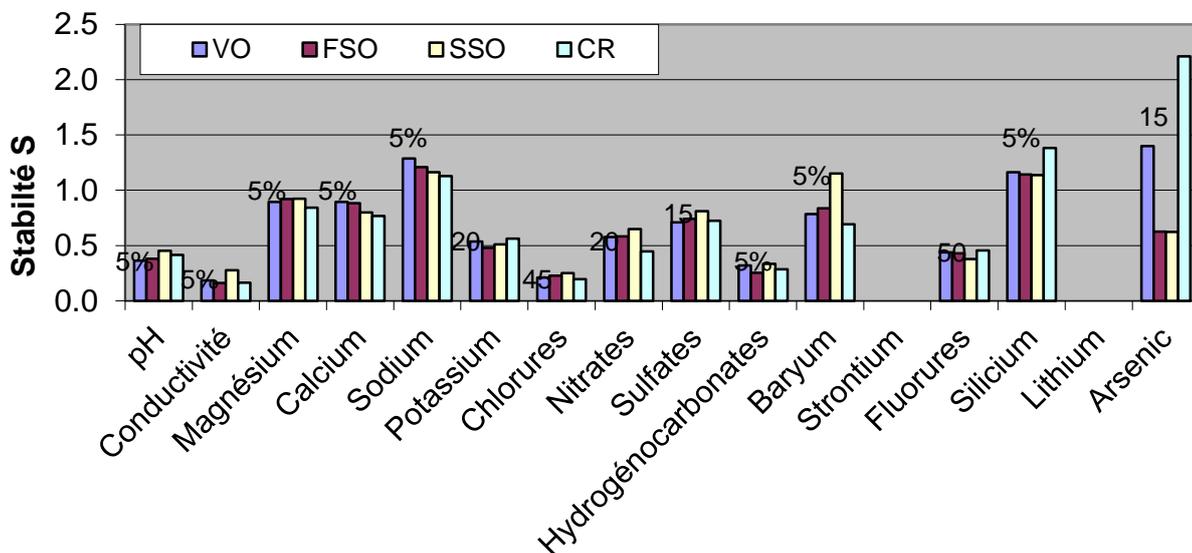


Illustration 31 : Stabilité des eaux thermales d'Avène selon la méthodologie de l'AFSSA (Selas, 2012)³

c) La bactériologie des eaux

Selon le contrôle réglementaire (analyses ARS), les forages d'exploitation sont exempts de toute contamination bactérienne par des germes pathogènes, excepté les eaux de la source Sainte Odile. Celles-ci ne sont plus utilisées depuis 2005 à cause de contaminations épisodiques provenant d'une relation avec des eaux d'origine superficielle lors de fortes pluies (> 4 mm/h).

3.4.2. La maintenance des installations

La maintenance des installations est généralement effectuée durant les périodes de fermeture de l'usine ou des thermes. Il existe un plan de maintenance pour l'usine (instruction EVE/T27/301/019.63) et pour les thermes (carnet sanitaire des thermes). De plus un document qualité (COS 003072) permet d'anticiper les opérations de maintenance à réaliser. Les comptes rendus sont disponibles au service technique. Pour les opérations nécessitant une intervention sur les ouvrages d'exploitation, la responsabilité des opérations est généralement attribuée à un prestataire (ANTEA).

Le cycle de changement des pompes est programmé tous les six ans. Le forage Valdorb a fait l'objet d'une maintenance en 2011 (Antéa, 2012) avec la mise en place d'une nouvelle pompe. Les observations faites lors des dernières maintenances sur les

³ VO = Forage Valdorb ; FSO = Forage Sainte Odile ; SSO = Source Sainte Odile ; CR = Forage Cresson

deux forages d'exploitation sont le dépôt d'un biofilm de couleur ocre sur les colonnes d'exhaure du forage Sainte-Odile et Valdorb. Les tubes de forage sont régulièrement contrôlés et ne présentent pas de traces de corrosion ou d'incrustation.

Les procédures de maintenance semblent correctement appliquées sur le site thermal d'Avène. Cette politique de maintenance de la qualité de la ressource couplée avec la valorisation du suivi des paramètres d'exploitation est un atout majeur pour s'assurer de la pérennité de la ressource thermale d'Avène.

3.4.3. La relation ressources / besoins

Les besoins en eau thermale ont évolué depuis le début de l'exploitation des Bains-d'Avène. L'accroissement du nombre de curistes et le développement de l'unité dermo-cosmétique ont amené les thermes à consommer d'avantage d'eau thermale. Les deux ouvrages d'exploitation sont surdimensionnés afin de pouvoir alimenter les deux unités en cas de problème sur l'un d'eux. Ce surdimensionnement provoque la nécessité d'exploiter en permanence (débit $\approx 50 \text{ m}^3/\text{h}$) chaque forage afin de limiter le développement de biofilm dans les canalisations. Cependant, pour ne pas « surexploiter » l'aquifère, une baisse du débit prélevé ($\approx 40 \text{ m}^3/\text{h}$) est réalisée sur les captages lors de la fermeture annuelle des thermes (Selas, 2012).

Forage	Débit autorisé	Débit prélevé	Unité de production	Thermes	Buvette des thermes	Rejet à l'Orb
Valdorb	80 m ³ /h	40~50 m ³ /h	22 m ³ /h		14 m ³ /h	10 m ³ /h
Sainte Odile	70 m ³ /h	55 m ³ /h		45 m ³ /h		10 m ³ /h

Tableau 8 : Parts d'utilisation approximative de l'eau thermale issue des forages Valdorb et Sainte Odile (Tarrabo, 2009).

Lors de la période d'ouverture des thermes et de l'unité dermo-cosmétique, les besoins en eau thermale se situent aux alentours de 80 m³/h, le débit d'exploitation des deux forages étant de 100 m³/h, le rejet des eaux thermales dans l'Orb varie autour de 20 m³/h. Afin de sécuriser le mieux possible l'alimentation des thermes et de l'usine dermo-cosmétique, la mise en place d'un nouveau forage avec un débit d'exploitation proche de 25 m³/h qui servirait en cas de problème sur Valdorb ou Sainte Odile est à envisager. Une réflexion est actuellement en cours sur ce projet.

La gestion des données du suivi d'exploitation, le suivi de ces mesures par un prestataire et l'existence d'un plan de maintenance des installations est un atout majeur du site d'Avène. Cela montre la volonté de PFDC de s'engager dans une démarche qualité de la ressource pour le fonctionnement durable de son activité thermale.

3.5. LE CADRE REGLEMENTAIRE

La source Sainte Odile bénéficie d'une déclaration d'intérêt public datant du 23 Novembre 1864 et d'une déclaration de périmètre de protection du 18 Février 1992. Ce périmètre représente un cercle centré sur la source ayant une superficie de 38 ha 48 a (Illustration 32).

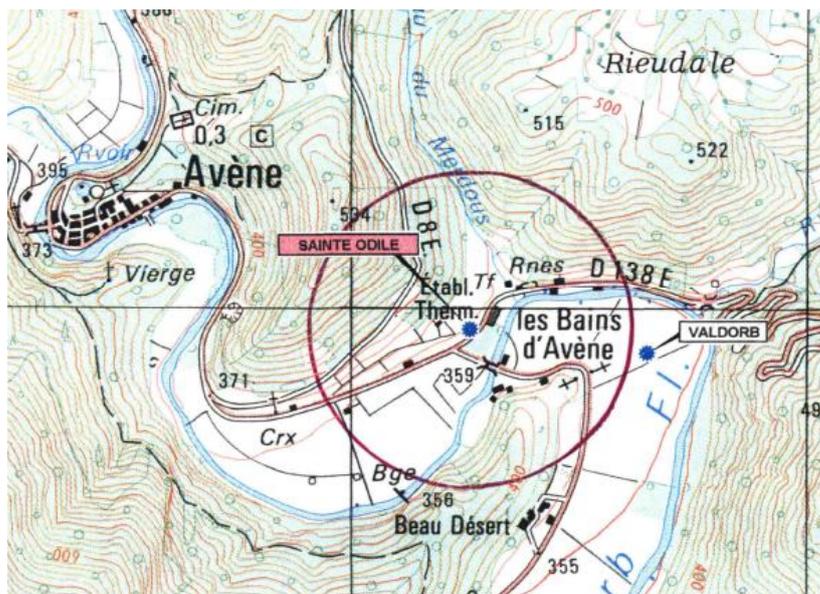


Illustration 32 : Périmètre de protection de la source Sainte Odile (Vigouroux, 1999)

Le forage Valdorb est en dehors du périmètre. Ce dernier a été établi selon des critères arbitraires et sans justification hydrogéologique. Dans le but d'assurer une protection optimale de la ressource au niveau de son émergence, la redéfinition du périmètre de protection avec des arguments scientifiques solides est nécessaire.

Le site d'Avène-les-Bains a bénéficié de plusieurs autorisations d'exploiter l'eau thermale depuis 1864, elles sont répertoriées dans le Tableau 9.

Indice BSS	Ouvrage	Date	Autorisation
09617X0202	Source Sainte Odile	23/11/1864	DIP
		06/02/1987	Autorisation d'exploiter
09617X0216	Forage Valdorb	04/09/1998	Autorisation d'exploiter
09617X0243	Forage Sainte Odile	20/08/2007	Autorisation d'exploiter

Tableau 9 : Autorisations d'exploiter l'eau minérale

Les autorisations d'exploiter les deux forages sont exposées en Annexe 8 et Annexe 9.

Les deux ouvrages d'exploitation sont protégés par des périmètres sanitaires d'émergence aux normes (Illustration 33 et Illustration 34). Pour les deux sites d'exploitation, une clôture de 2 m de haut empêche l'accès aux abords immédiats du captage. Des abris verrouillés protègent la tête de forage et abritent l'instrumentation nécessaire au suivi de la ressource. De plus, la mise en place de caméras de surveillance sur le bâtiment de Valdorb représente un outil de protection supplémentaire.

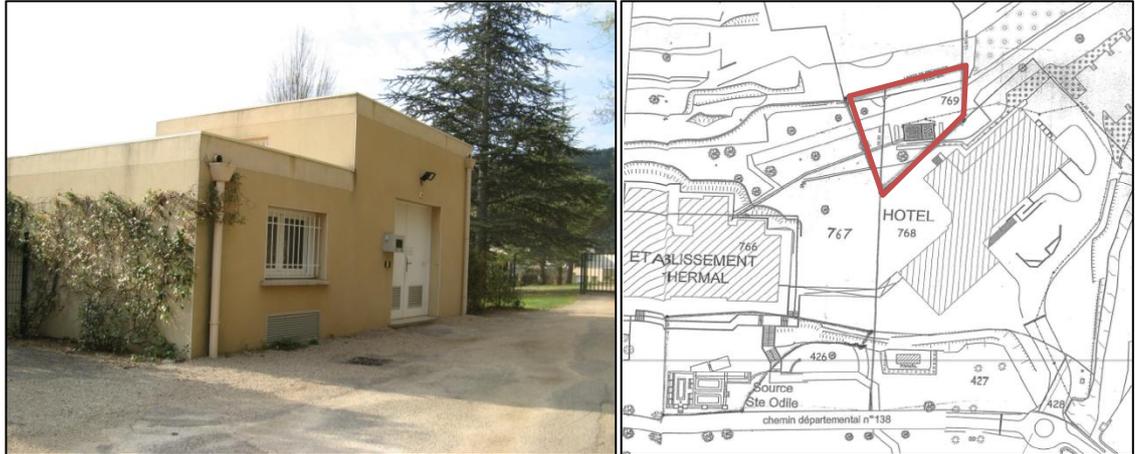


Illustration 33 : Local de protection et périmètre sanitaire d'émergence du forage Sainte Odile



Illustration 34 : Local et clôture de protection du forage Valdorb

L'actualisation des limites du périmètre de protection établies au titre de la DIP existante constitue une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource thermale d'Avène-les-Bains.

4. Conclusion

L'état des lieux de la station thermale d'Avène-les-Bains a permis d'analyser les situations existantes pour l'ensemble des domaines qui caractérisent la ressource. Ces aspects sont les suivants :

- concernant les **connaissances du gisement hydrothermal**, les contextes géologique et hydrogéologique globaux sont connus. Cependant, l'amélioration de la connaissance de l'influence de la tectonique récente dans le secteur d'Avène afin d'améliorer la compréhension des circulations et des remontées des fluides profonds représente une piste de progrès au titre de la démarche qualité pour la ressource thermale d'Avène-les-Bains. De plus, une meilleure caractérisation des limites de l'impluvium, et l'analyse détaillée des activités potentiellement polluantes implantées sur la surface d'infiltration sont nécessaires afin de garantir l'intégrité du gisement. Des partenariats avec les acteurs locaux, et notamment ceux susceptibles d'avoir une influence néfaste sur la qualité de la ressource thermale, sont à envisager afin de pérenniser la qualité de la ressource thermale ;
- concernant la connaissance du **fluide thermal**, la ressource au niveau des émergences est bien connue et continue de faire l'objet de recherches sur la provenance de ces propriétés thermales. Cependant une grande partie du circuit hydrothermal reste insuffisamment caractérisée, et notamment les modalités d'acquisition de la minéralisation. La mise en œuvre de nouveaux moyens de caractérisation par application de la chimie isotopique sur les eaux thermales d'Avène permettrait d'approfondir les connaissances sur la structure et le fonctionnement du circuit hydrothermal et de renseigner sur la profondeur du gisement, le temps de résidence de l'eau en profondeur et sur sa vitesse de remontée. La quantification des mélanges entre les deux pôles, superficiel et profond, ainsi que la qualification de chacun d'eux est importante pour appréhender le fonctionnement du gisement hydrothermal d'Avène et garantir, par la suite, une exploitation optimale du site;
- concernant la **mise en production du site et les équipements**, le site d'Avène bénéficie d'ouvrages d'exploitation et d'installations performantes permettant d'assurer la qualité de l'eau thermale. L'entretien du local de la source Sainte Odile, et la valorisation de ses eaux thermales pourraient cependant représenter un plus pour la station d'Avène. De plus, les projets d'agrandissement de l'usine de produits dermo-cosmétiques vont nécessiter un débit plus important et la question de la sécurité d'approvisionnement des installations va probablement être soulevée rapidement. Une réflexion sur l'emplacement susceptible de présenter un bon potentiel d'exploitation est à engager, pour y implanter un forage de secours afin d'assurer l'alimentation des thermes et de l'usine si l'un des deux ouvrages actuellement en service présente une avarie. Un des autres aspects à valoriser pour le site d'Avène correspond à la gestion des flux excédentaires pompés dans l'aquifère et actuellement déversés dans l'Orb ;
- concernant le **suivi d'exploitation et la maintenance**, un dispositif de procédures est défini et un responsable de la surveillance de la ressource a été désigné pour assurer le bon fonctionnement du site d'exploitation. Le suivi réglementaire est

réalisé par l'ARS, le suivi des paramètres de l'exploitation étant géré par un prestataire et par le Laboratoire de l'Eau, permettant de surveiller le gisement et d'en assurer une exploitation respectueuse. Cette démarche montre la volonté qu'a l'exploitant de faire perdurer son activité thermale ;

- concernant le **cadre réglementaire**, la source Sainte-Odile bénéficie d'une déclaration d'intérêt public et d'un périmètre de protection. La réactualisation des limites du périmètre de protection sur des critères hydrogéologiques solides s'avère nécessaire car le forage Valdorb, actuellement exploité, se trouve en dehors des limites actuelles. Concernant les arrêtés d'autorisation d'exploiter les forages, le site d'Avène est aux normes.

A **court terme** les pistes de progrès qu'il est recommandé de suivre pour renforcer la qualité de la ressource thermale d'Avène-Les-Bains concernent :

- la réalisation d'un projet de recherche, qui s'appuiera sur l'étude géochimique, pour l'élaboration d'un modèle conceptuel du fonctionnement du gisement d'Avène-les-Bains ;
- la mise en place d'un partenariat avec les acteurs locaux situés sur la zone d'impluvium pour limiter les activités polluantes, notamment autour de la zone d'émergence des sources.

A **moyen terme** les principales pistes de progrès sont :

- l'amélioration des connaissances concernant l'incidence de la tectonique récente sur la géométrie des écoulements dans le secteur proche d'Avène ;
- la réflexion sur l'implantation d'un nouveau forage, à partir des données acquises, qui permettrait d'assurer l'alimentation des thermes ou de l'usine en cas d'avarie sur un des ouvrages existant ;
- l'actualisation des limites du périmètre de protection.

5. Eléments de bibliographie

AFSSA – 2008 – Lignes directrices pour l'évaluation des eaux minérales naturelles au regard de la sécurité sanitaire [Rapport].

ANTEA – 2012 – Forage Valdorb - Mise en place d'une nouvelle pompe et inspection vidéo du forage – [Rapport de fin de travaux] - A 65531 /A.

BERGA-SUD – 1997 – Compte rendu des travaux de forage et de l'essai par pompage Vulnérabilité de la ressource. Incidence du captage - [Rapport] - 34/019 W 97107.

BERGA-SUD – 2001 – De l'influence du débit de l'Orb et de l'altitude du plan d'eau de la retenue du barrage d'Avène sur le débit de la source Sainte Odile [Rapport] - 34/019 BC 01 124.

BERGA-SUD – 2001 – Essai de mise en évidence d'une relation hydraulique éventuelle entre le domaine géologique de la retenue du barrage d'Avène et le Site thermominéral [Rapport] - 34/019 AV 01 066.

BERGA-SUD - 1997 – Forage des Douze. Compte rendu des travaux de forage et de l'essai par pompage. Vulnérabilité de la ressource. Incidence du captage. [Rapport]. - 34/019 W 97107.

BERGA-SUD – 2001 – Site thermominéral d'Avène - Synthèse des notes d'activités 6 et 7, du rapport BRPG GEO-ETUDES (06/11) et de la note hydrogéologique associée. [Rapport] - p. 6. - 34/019AY01079.

BLAVOUX. B. – 1995 – Apport des techniques isotopiques à la connaissance des gisements d'eau minérale [Article]. - [s.l.] : La Houille Blanche, . - pp. 51-58. - 2-3.

CHERY. L. – 1994 – Interprétation des résultats des analyses isotopiques des sources d'Avène-les-Bains [Rapport] / BRPG-GEO-ETUDES. - p. 28. - HYDR/N/94/180.

COCHERIE. A [et al.] – 2005 – U-Pb Zircons evidence for the early Ordovician Intrusion of metagranites in the late Protérozoic Canaveilles Group of the Pyrennees and the Montagne Noire [Article]. - [s.l.] : Bulletin de la société géologique de France,

DE MARSILY. G. et COMBES. P. – 2011 – Réflexions sur le système hydrothermal d'Avène-les-Bains [Rapport].

DEMANGE. M. – 1999 – Evolution tectonique de la montagne noire : un modèle en transpression [Publication] / Académie des sciences. - [s.l.] : Editions scientifiques et médicale Elsevier SAS - p. 823 à 933.

FAURE M [et al.] – 2009 – Middle Carboniferous crustal melting in the Variscan Belt: New insights from U-Th-Pb monazite and U-Pb zircons ages of the Montagne Noire Axial Zone (southern French Massif Central) [Article]. - [s.l.]: Gondwana Research.

GADALIA. A. – 1995 – Chimie de la minéralisation [Rapport]. - [s.l.] : La Houille Blanche, - pp. 62-69. - 2-3.

GEZE. B. – 1949 – Etude géologique de la montagne noire et des Cévennes méridionales [Ouvrage].

GUERANGE-LOZES. J. et GUERANGE. B. – 1991 – Notice explicative de la feuille Camarès à 1/50 000 [Ouvrage]. - [s.l.] : BRGM,

LESCUYER. J-L. et GIOT. D. – 1986 – Les minéralisations Pb, Zn de Montagne Noire et leurs relations avec leur encaissant Cambrien carbonaté sur quelques exemples du versant nord (La Rabasse, Brusque, Lardenas, Peux, Les Comtes) et du versant sud (Bibaud, Tête Rousse) [Ouvrage]. - [s.l.] : BRGM. - 86 SGN 166 GEO.

POUCHAN. P. – 1995 – L'émergence thermominérale [Article]. - [s.l.] : La Houille Blanche, - pp. 46-50. - 2-3.

RAYAMAHASHAY. B-C. – 1996 – Geochemistry for hydrologists [Article]. - [s.l.] : Technip,. - p. 190.

RENAC. C. – 2001 – Géothermomètre de la silice et mélange des eaux - Site thermominéral d'Avène. [Rapport].

SELAS. B. – 2012 – Suivi de la ressource thermale et du réseau hydrographique [Rapport]. - [s.l.] : Laboratoire de l'Eau.

SOULA J-C [et al.] – 2000 - Thrust-related, diapiric, and extensional doming in a frontal orogenic wedge: example of the Montagne Noire, Southern French Hercynian Belt [Revue]. - [s.l.] : Journal of Structural Geology.

TARRABO. G. – 2009 – Audit qualité pour la ressource en eau minérale et thermale [Rapport] / Laboratoire de l'Eau.

TARRABO. G. – 2009 – Géologie de l'unité d'Avène-Mendic [Rapport] / Laboratoire de l'Eau

TEISSIER. J-L. – 2005 – L'eau thermominérale d'Avène-les-Bains - Son indépendance hydraulique par rapport aux eaux superficielles et aux eaux souterraines phréatiques [Rapport] / A.I.G.H.A.

TEISSIER. J-L. - 2004 – Station thermale d'Avène-les-Bains - Hypothèses pouvant être émises quant à la source d'arsenic dans l'eau thermale de la source Sainte Odile et Mesure des teneurs tritium dans les eaux (Campagne 2004) Analyse synthétique des résultats [Rapport]. - [s.l.] : AIGHA

TEISSIER. J-L. – 2001 – Gisement d'eau thermominérale d'Avène-les-Bains - Analyses isotopiques au tritium. [Rapport] / GEOPROSPECT.

TEISSIER. J-L. – 1989 – Station thermale d'Avène-les-Bains - Source sainte Odile - Demande en fixation d'un périmètre de protection - Etude hydrogéologique du gisement thermal [Rapport] / BRGM. - p. 20. - 89 LRO 791 PR.

VIGOUROUX P. [et al.] – 2011 – Projet PRESCRIRE - Préserver et protéger les ressources en eau souterraine - Le site d'Avène-les-Bains (34) [Rapport] / BRGM. - RP-59441-FR.

VIGOUROUX P. – 2005 – Guide qualité pour la ressource en eau minérale et thermale Collection scientifique et technique du BRGM.

VIGOUROUX P. – 1999 – Atlas des périmètres de protection des sources d'eau minérale [Rapport] / BRGM. - RR-40466-F.

Annexe 1

Données météorologiques

Moyenne mensuelle des températures journalières pour la station de Bédarioux**Minimales (°C)**

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moyenne
janvier	2.5	1.3	3	2.3	2.1	4.3	4.1	1.3	0.2	1.1	2.2
février	5.1	0.8	2	-0.1	1.2	4.2	3.6	2.1	0.6	3	2.3
mars	6.4	4.8	3.6	2.5	4.6	5.3	4.8	5	3.4	4.6	4.5
avril	8	6.7	6.6	6.7	7.8	8.9	7.1	7.4	6.7	8.5	7.4
mai	9.3	10.8	9	10	10.5	11.4	10.5	12.2	9.5	10.4	10.4
juin	14.1	16.9	14.1	15.1	13.8	13.8	14.4	14.5	13.7	13	14.3
juillet	15.4	17.5	16.1	16.7	18.6	15.3	15	16.3	17.5	14.8	16.3
août	15.3	18.5	15.9	15.1	15.7	15.2	15.3	16.8	15.8	15.2	15.9
septembre	12.2	12.7	13	13.1	14.7	12.4	11.2	12.9	12.1	14.3	12.9
octobre	10.1	9	11.3	12.3	12.3	9.9	9.2	10.2	9.2	10.6	10.4
novembre	7.3	6.2	5	4.5	7.8	4.7	5.8	7.9	5.6	9.1	6.4
décembre	4.9	3.7	3.4	-0.4	2.8	2.6	2.2	2.8	1.7	4.6	2.8

Maximales (°C)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moyenne
janvier	11	8.2	9.6	9.6	8.5	11.9	11.9	8.9	6	7	9.3
février	12	8.2	11.1	7	9.6	12.4	12.5	10	7.7	10.2	10.1
mars	15.3	15.5	12.7	12.9	13.3	13.8	12.7	15	11	12.4	13.5
avril	17.5	16.9	15.8	16.5	18.2	20.9	16	15.9	17.9	19.1	17.5
mai	19.7	22.3	20.6	22.2	21.7	20.7	20.3	22.4	17.9	22.4	21.0
juin	26.5	30.8	26.7	28.4	27.4	25	24.7	26.7	23.1	23.1	26.2
juillet	27.7	31.3	28.2	29.2	33.3	26.9	27.8	28.5	28.6	25	28.7
août	26.9	34.3	27.2	27.2	25.4	27	27.8	30.2	27.6	27.9	28.2
septembre	22.3	24	23.7	24.2	24.1	23.7	23.2	25.2	22.8	25.4	23.9
octobre	19.1	16.3	19	18	20.4	17.8	18.1	19.1	16.2	19.9	18.4
novembre	14.9	14.4	12.9	13	16	11.7	11.9	13.9	11.7	14.6	13.5
décembre	11.1	10.4	10.7	8.1	11.6	10.8	8.4	8.9	8.1	11.7	10.0

Moyennes (°C)

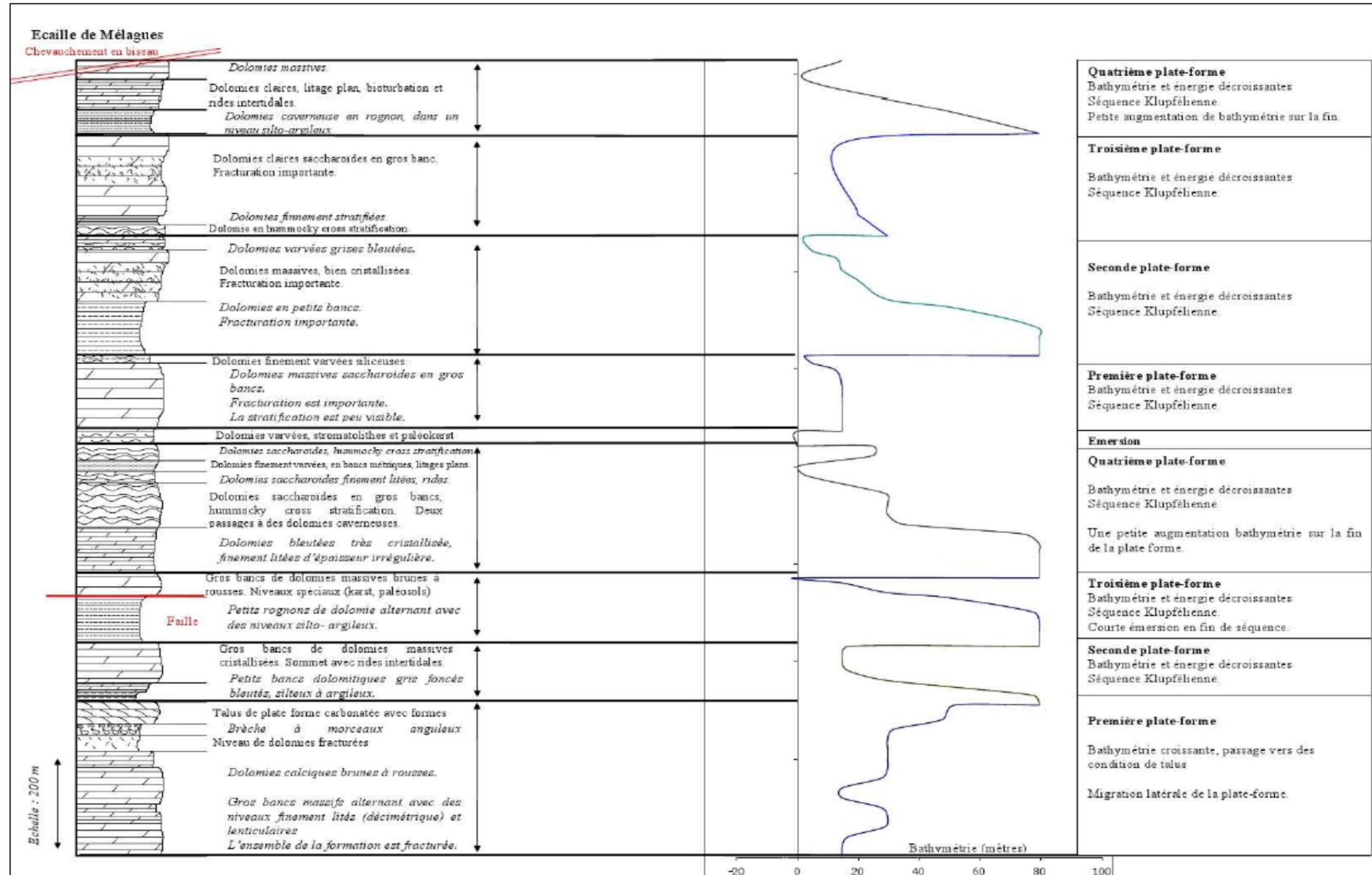
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moyenne
janvier	6.7	4.7	6.3	5.9	5.3	8.1	8	5.1	3.1	4.1	5.7
février	8.6	4.5	6.6	3.4	5.4	8.3	8	6.1	4.2	6.6	6.2
mars	10.9	10.2	8.2	7.7	9	9.5	8.8	10	7.2	8.5	9.0
avril	12.8	11.8	11.2	11.6	13	14.9	11.6	11.7	12.3	13.8	12.5
mai	14.5	16.5	14.8	16.1	16.1	16.1	15.4	17.3	13.7	16.4	15.7
juin	20.3	23.9	20.4	21.8	20.6	19.4	19.5	20.6	18.4	18.1	20.3
juillet	21.5	24.4	22.1	22.9	26	21.1	21.4	22.4	23	19.9	22.5
août	21.1	26.4	21.6	21.2	20.6	21.1	21.5	23.5	21.7	21.6	22.0
septembre	17.2	18.4	18.3	18.7	19.4	18.1	17.2	19	17.5	19.9	18.4
octobre	14.6	12.6	15.2	15.2	16.3	13.8	13.6	14.6	12.7	15.2	14.4
novembre	11.1	10.3	8.9	8.8	11.9	8.2	8.9	10.9	8.6	11.8	9.9
décembre	8	7	7.1	3.9	7.2	6.7	5.3	5.9	4.9	8.1	6.4

**Précipitations mensuelles à la station de Bédarieux (mm/mois)
(Données Météo-France)**

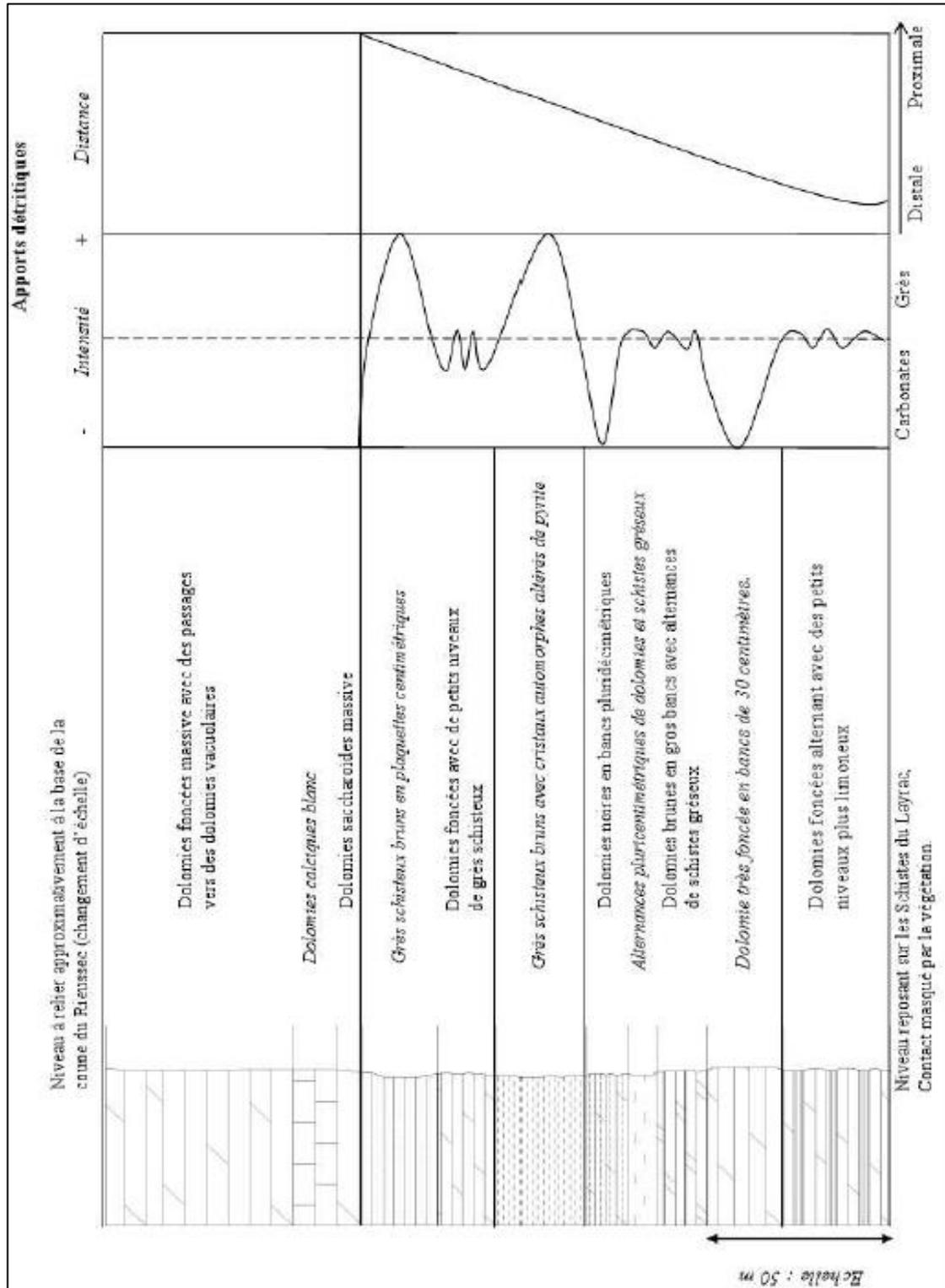
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Moyenne
janvier	34.6	21.6	76.6	10.2	306.4	23.8	211	72	127.8	48.6	93.3
février	29.8	236.6	97.2	46.4	34.6	73.2	58.4	114.6	171.9	31.7	89.4
mars	43.8	34.8	204.4	42.6	57.6	21.8	34.8	21.8	88.8	253	80.3
avril	132.8	69.2	233.2	69.4	18	110.6	107.4	185	10.4	34.2	97.0
mai	65.8	49.6	35.6	34.8	19	93.8	184.2	49.8	96.6	17.8	64.7
juin	54.2	4.6	10.4	48.7	10.2	29.8	62	22	42.2	51.8	33.6
juillet	17.6	21.4	5.4	4.4	20.8	16.6	50.2	13.2	7.3	42.1	19.9
août	68.8	20.6	109.4	28.2	42.4	21.4	17.2	33.3	19.3	95	45.6
septembre	43.6	127.6	99.8	157.6	199.4	56	45.2	29.6	53.8	30.2	84.3
octobre	172.8	140	121	390	162.8	224.6	55	164.4	115.7	148.8	169.5
novembre	115	352.8	8.4	139.2	19.4	56.8	105.8	30.3	50.4	268.8	114.7
décembre	166.4	234.2	82.2	9.4	29.8	53	172.8	24.9	92.6	6	87.1
Total	945.2	1313	1084	980.9	920.4	781.4	1104	760.9	876.8	1028	

Annexe 2

Logs géologiques



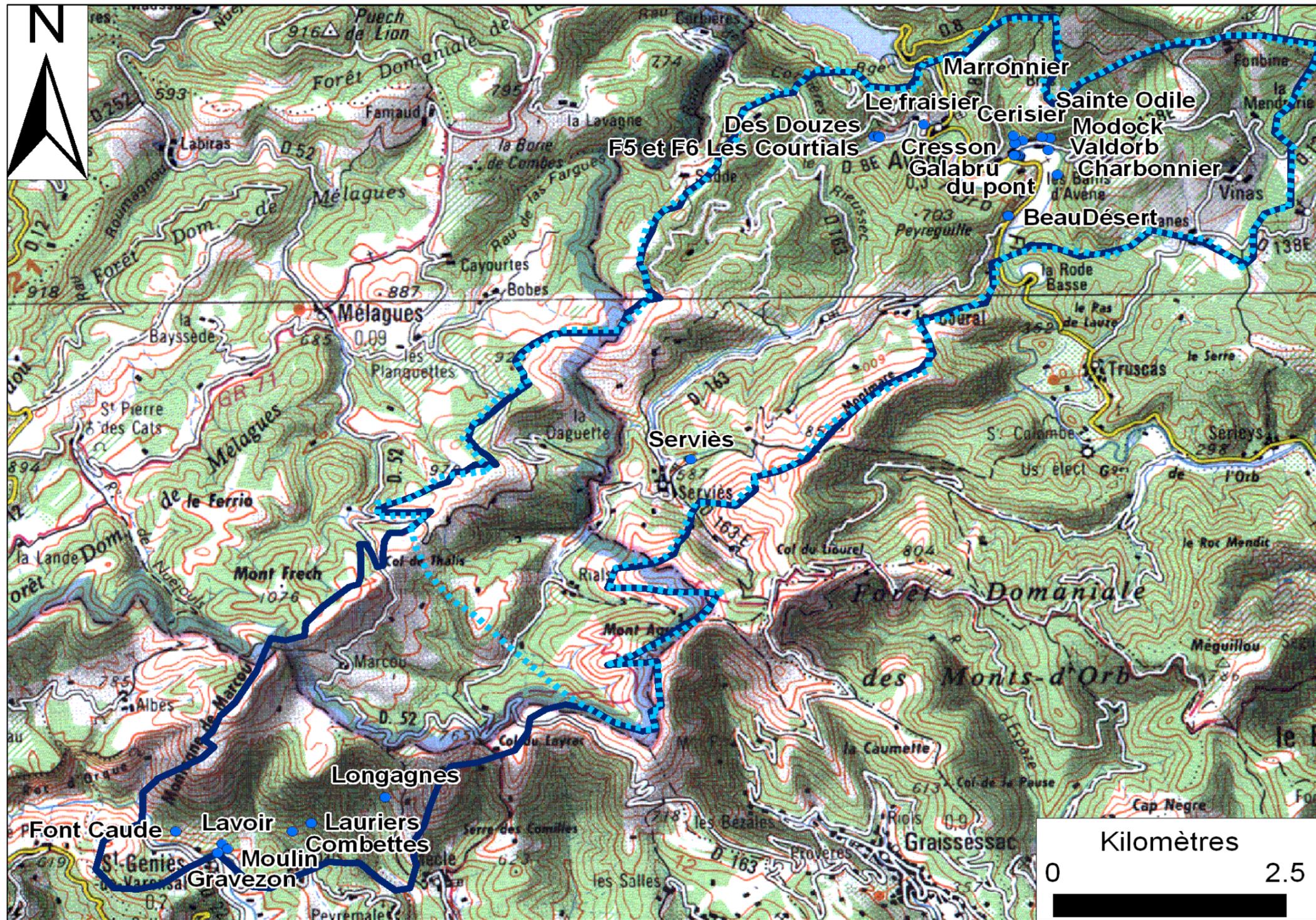
Log stratigraphique des formations carbonatées de l'unité d'Avène-Mendic (coupe le long de la route de Serviès à Avène) d'après (G. Tarrabo, 2009).



Log stratigraphique des alternances gréso-carbonatées de l'unité d'Avène-Mendic (coupe le long de la route à la sortie de Serviès) (Tarrabo, 2009).

Annexe 3

Les sources



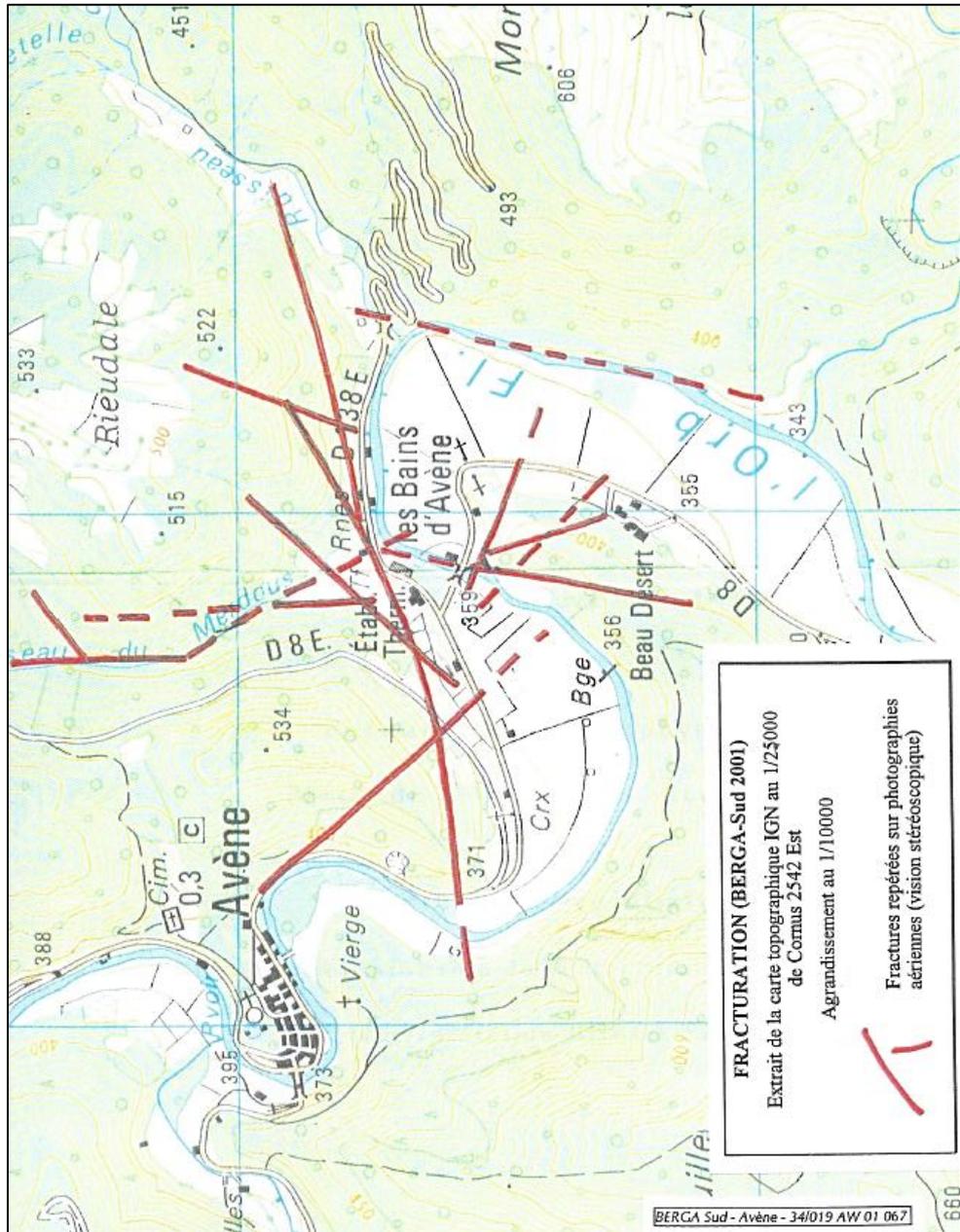
Plan de localisation des sources et forages sur l'impluvium des sources thermales

	Nom	Q (l/s)
Source	Font Caude	210
Source	Des Douzes	100
Source	Le fraisier	100
Source	Gravezon	200
Source	Moulin	
Source	Lavoir	4
Source	Combettes	1
Source	Lauriers	2.5
Source	Longagnes	
Source	BeauDesert Aval	<2,7
Source	BeauDesert Amont	<2,7
Source	Marronnier	<2,7
Source	Sainte Odile	27.8
Source	Charbonnier	
Source	Cerisier	<2,7
Source	Galabru	<2,7
Source	du pont	<2,7
Source	Modock	<2,7
Source	Servies	
Source	Cresson	55.5
Forage	F5 Les Courtials	8.3
Forage	F6 Les Courtials	8.3
Forage	Sainte Odile	13.8
Forage	Cresson	8.3
Forage	Valdorb	13.8

Débit d'exploitation des forages et débit naturel moyen des sources

Annexe 4

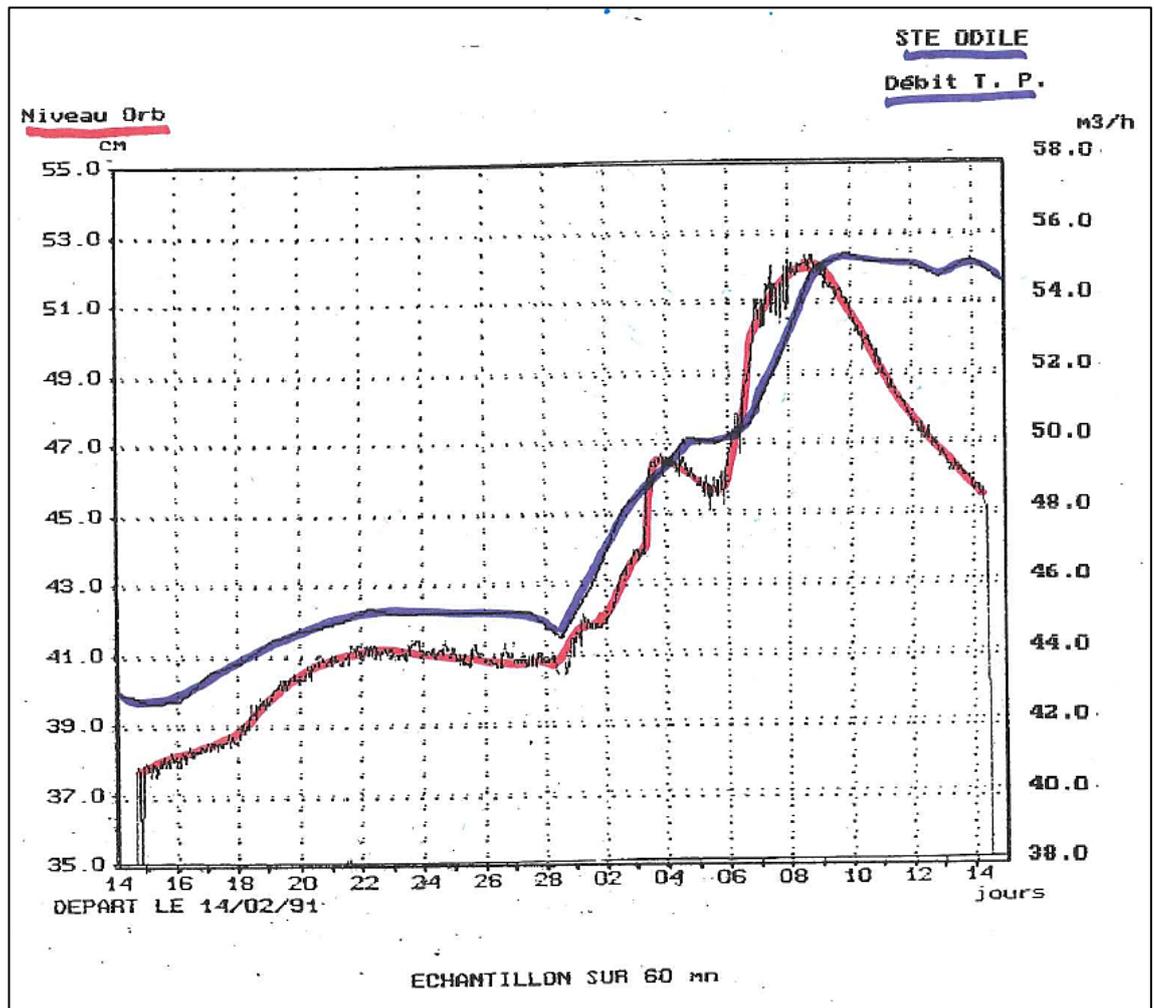
Données de fracturation



Carte de fracturation des Bains d'Avène (Berga-Sud, 2001)

Annexe 5

Relation hydraulique des sources thermales avec l'Orb



Influence du débit de l'Orb sur le débit de la source Sainte Odile (Berga-Sud, 2001).

Annexe 6

Données isotopiques

Désignation	Date de prélèvement	3H en UT	Données
Source Sainte Odile	janv-89	14 ± 2	Rapport Qualité de G. Tarrabo
Source Sainte Odile	20/04/1989	11 ± 3	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Source Sainte Odile	12/07/1991	9 ± 2	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Source Sainte Odile	12/05/1993	8 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Source Sainte Odile	09/12/1993	10 ± 2	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Source Sainte Odile	11/07/2001	4 ± 1	Rapport Aigha - 2004
Source Sainte Odile	27/01/2004	3,2 ± 0,8	Centre de recherches Géodynamiques de l'université Pierre et Marie Curie de Thonon
Forage Sainte Odile	27/01/2004	4 ± 0,9	Centre de recherches Géodynamiques de l'université Pierre et Marie Curie de Thonon
Forage Valdorb	01/02/1993	5 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Forage Valdorb	12/05/1993	5 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Forage Valdorb	06/06/1993	4 ± 1	Rapport qualité G. Tarrabo
Forage Valdorb (Q=75 m3/h)	16/06/1993	3 ± 1	Rapport qualité G. Tarrabo
Forage Valdorb (Q=100 m3/h)	02/07/1993	5 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Forage Valdorb	09/12/1993	3 ± 1	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Forage Valdorb	11/07/2001	2,9 ± 0,8	Rapport Aigha - 2004
Forage Valdorb	27/01/2004	2,4 ± 0,6	Centre de recherches Géodynamiques de l'université Pierre et Marie Curie de Thonon
Orb	12/07/1991	12 ± 2	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Orb	12/05/1993	8 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Orb	09/12/1993	11 ± 1	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Orb	11/07/2001	5 ± 1	Rapport Aigha - 2004
Orb	27/01/2004	4 ± 1	Rapport Aigha - 2004
Eau souterraine phréatique	27/01/2004	6 ± 1	Centre de recherches Géodynamiques de l'université Pierre et Marie Curie de Thonon
Source du Cresson	20/04/1989	17 ± 3	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Source du Cresson	12/07/1991	13 ± 2	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Source du Cresson	12/05/1993	14 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Source du Cresson	27/01/2004	6 ± 1	Centre de recherches Géodynamiques de l'université Pierre et Marie Curie de Thonon
Forage Cresson	11/07/2001	5,6 ± 0,9	Rapport Aigha - 2004
Forage du Cresson	12/07/1991	13 ± 2	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Forage du Cresson	27/01/2004	6 ± 1	Rapport qualité G. Tarrabo
Source du Pont	12/07/1991	17 ± 3	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Source du Maronnier	20/04/1989	14 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Source du Maronnier	12/07/1991	14 ± 3	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Beau Désert Amont	20/04/1989	3 ± 1	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Beau Désert Amont	12/05/1993	6 ± 2	Rapport qualité G. Tarrabo
Beau Désert Amont	12/07/1991	3 ± 1	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
Beau Désert Aval	20/04/1989	5 ± 1	Rapport Berga Sud N°34/019 AU 01 062
AEP Courtials	27/01/2004	6 ± 1	Rapport qualité G. Tarrabo

Synthèse des analyses tritium autour du site des Bains d'Avène

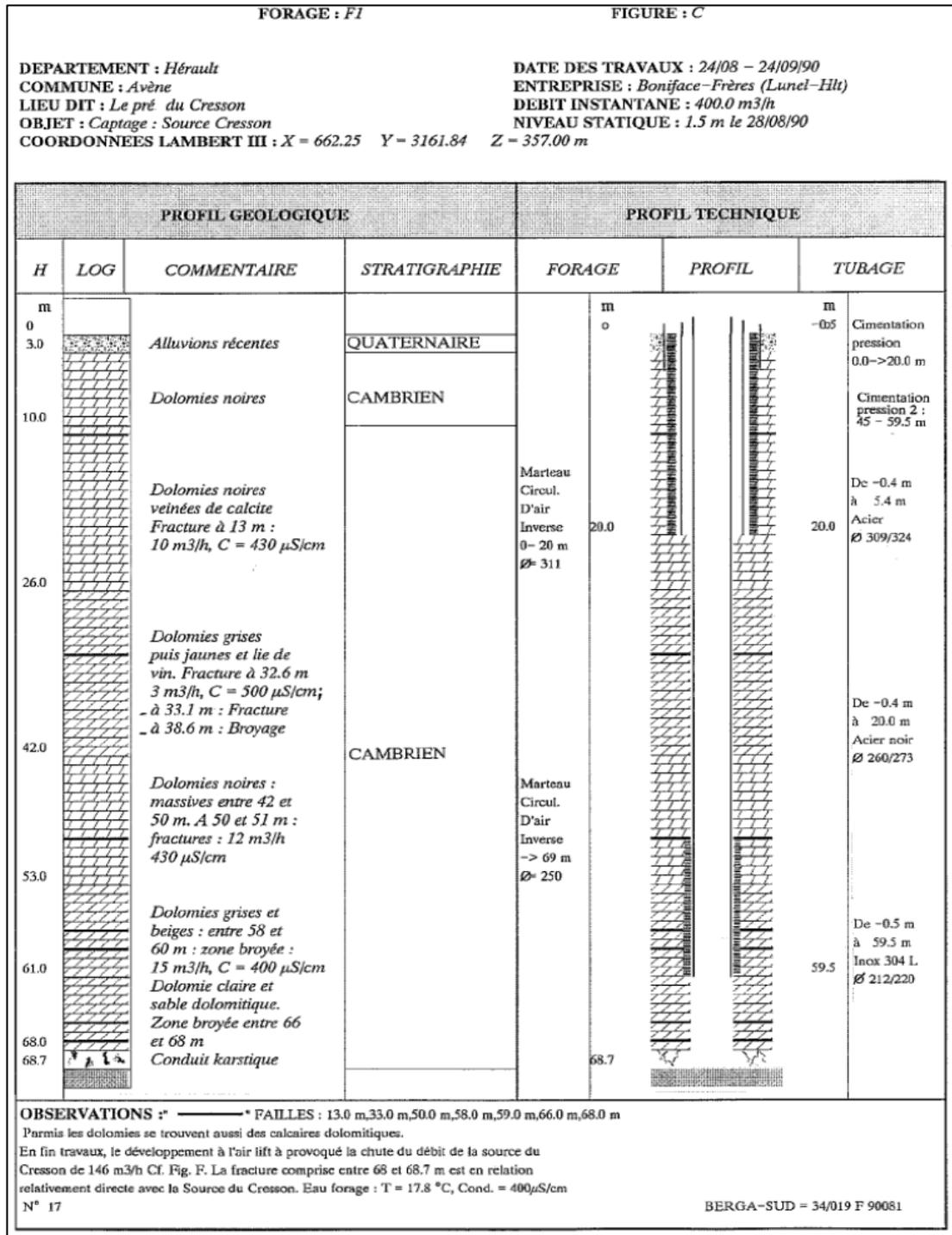
Point	Date	delta 18O SMOW	delta 2H SMOW
Source beau désert aval	20/04/1989	-6.9	-34.7
Source du Cresson	20/04/1989	-6.9	-35.7
Source du Maronnier	20/04/1989	-6.8	-35
Source Sainte Odile	20/04/1989	-7.2	-34.8
Source du pont	20/04/1989	-6.8	-35.8

Point	Date	delta 34S CDT (SO4)	Activité 14 C en %	Age conventionnel en année BP	$\delta^{13}C$ ‰ vs PDB
Source Sainte Odile	09/12/1993	7	50.6 ± 0.3	5470 ± 50	-12.6
Forage Valdorb	09/12/1993	9.3	55.7 ± 0.4	4710 ± 60	-12.9
Orb	09/12/1993	3.9			

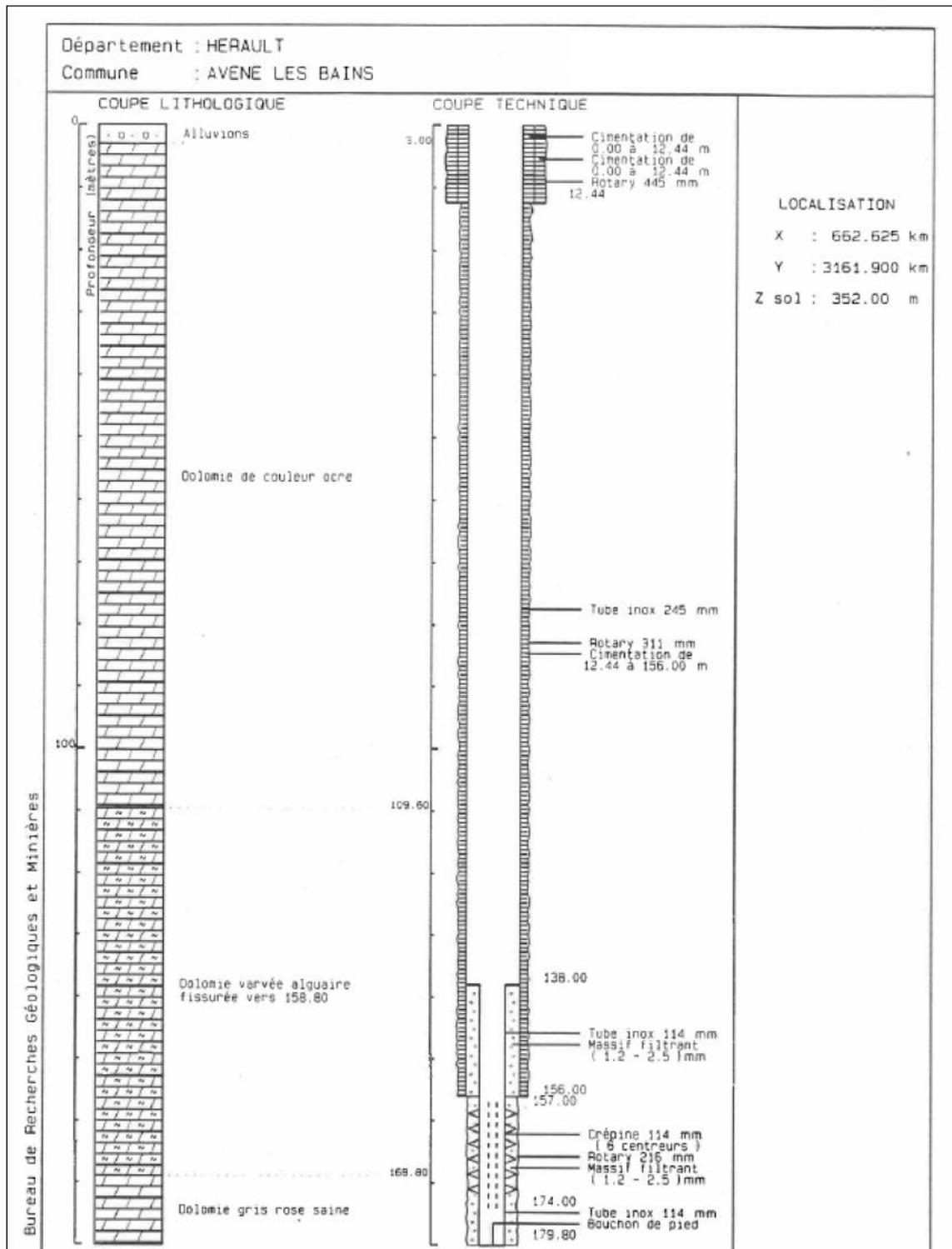
Analyses isotopiques du rapport BRGM HYDR/N/94/180 (L. Chéry)

Annexe 7

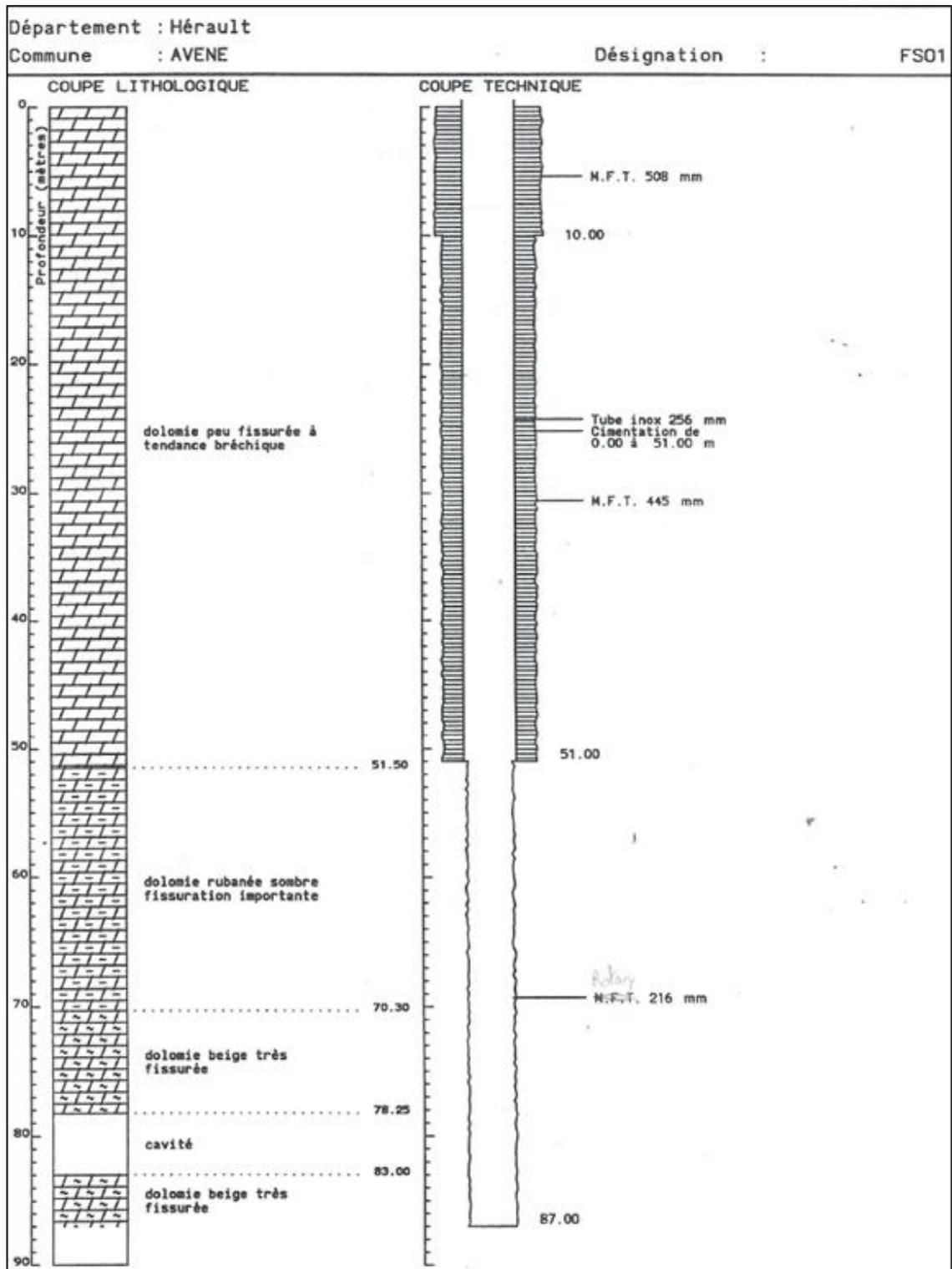
Coupes techniques des forages



Coupe technique forage Cresson (Berga-Sud)



Coupe technique du forage Valdorb



Coupe technique Forage Sainte Odile

Annexe 8

Autorisation d'exploitation du forage Valdorb

MINISTRE DE L'EMPLOI
ET DE LA SOLIDARITE

REPUBLIQUE FRANÇAISE

1502

copie

ARRÊTÉ

accordant l'autorisation d'exploiter, en tant qu'eau minérale naturelle, à l'émergence et après transport à distance, l'eau du captage "Valdorb" situé sur la commune d'Avène-les-Bains (Hérault).

LA MINISTRE DE L'EMPLOI ET DE LA SOLIDARITE,

- VU l'article 1^{er} de l'ordonnance royale du 18 juin 1823 portant règlement sur la police des eaux minérales,
- VU l'article L 751 du Code de la Santé Publique ;
- VU le décret du 28 janvier 1860 modifié, portant règlement d'administration publique sur la surveillance des sources et des établissements d'eaux minérales naturelles ;
- VU le décret n° 57-404 du 28 mars 1957 portant règlement d'administration publique sur la police et la surveillance des eaux minérales ;
- VU les demandes en date des 3 octobre 1994 et 17 mars 1995 présentées par Monsieur Olivier LASSERE, directeur général de la société Pierre Fabre Dermo-Cosmétique - dont le siège social est au 45, place Abel-Gance, 92654 Boulogne cedex - à l'effet d'obtenir l'autorisation d'exploiter en tant qu'eau minérale naturelle, à l'émergence et après transport à distance, l'eau du captage "Valdorb" situé à Avène-les-Bains (Hérault) ;
- VU les rapports et avis du Directeur Régional de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement, en date du 9 janvier et du 21 août 1995 ;
- VU les avis du Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales de l'Hérault, en date du 20 janvier et 29 novembre 1995 ;
- VU les avis émis par le Conseil Départemental d'Hygiène de l'Hérault, en date du 26 janvier et 26 octobre 1995 ;
- VU les avis du Préfet de l'Hérault, en date du 22 mars et 6 décembre 1995 ;

- VU les analyses réglementaires effectuées par le Laboratoire National des Etudes Hydrologiques et Thermales sur des échantillons prélevés les 3 février, 7 juillet et 24 juillet 1997 ;
- VU l'avis de l'Académie Nationale de Médecine au cours de la séance du 21 avril 1998 ;
- Sur la proposition du Directeur Général de la Santé,

ARRETE :

Article 1^{er} :

Est autorisée, dans les conditions légales et réglementaires, ainsi que dans les conditions particulières, définies aux articles suivants, l'exploitation, en tant qu'eau minérale naturelle, de l'eau du captage "Valdorb" situé sur la commune d'Avène-les-Bains (Hérault).

Les coordonnées Lambert (zone III) et l'altitude du captage "Valdorb" sont les suivantes :

X = 662,62 Y = 3161,90 Z = 352,85 NGF

Article 2 :

L'eau minérale naturelle de ce captage peut être exploitée :

- à l'émergence,
- après transport à distance.

Article 3 :

Sont retenus, comme caractéristiques de l'eau minérale naturelle du captage "Valdorb", les éléments figurant dans les résultats des analyses pratiquées par le Laboratoire National des Etudes Hydrologiques et Thermales sur les échantillons prélevés à l'émergence le 7 juillet 1997, portés dans le tableau ci-après.

Les caractéristiques physico-chimiques essentielles de cette eau ne doivent pas s'écarter de plus de 10 % des indications mentionnées dans le tableau.

Article 4 :

Le débit d'exploitation autorisé pour ce captage a été fixé à 80 m³/h.

Source d'Avène-les-Bains (34)		Valdorb	
Point de prélèvement		émergence	
Date du prélèvement du L.N.E.H.T.		07/07/97	
Température		21.3	
pH		7.5	
Conductivité à 20°C en µS/cm		475	
Alcalinité en ml N/10		44.5	
SiO ₂ (Silice) en mg/l		10.6	
CO ₂ libre en mg/l		14	
Carbone Organique Total en mg/l		0.1	
Résidu sec 180°C en mg/l		266	
Résidu sulfaté en mg/l		353	
Anions en mg/l		mg/l	meq/l
HCO ₃ ⁻ Hydrogénocarbonates		271.5	4.450
SO ₄ ⁻ Sulfates		24.9	0.518
Cl ⁻ Chlorures		5.5	0.155
NO ₃ ⁻ Nitrates		1.3	0.021
NO ₂ ⁻ Nitrites		0.03	0.001
F ⁻ Fluorures		0.06	0.003
PO ₄ ⁻ Phosphates		< 0.1	
<i>Total anions</i>			5.148
Cations en mg/l			
Ca ⁺⁺ Calcium		51.3	2.560
Mg ⁺⁺ Magnésium		26.7	2.196
K ⁺ Potassium		0.5	0.013
Na ⁺ Sodium		4.8	0.209
Li ⁺ Lithium		< 0.1	
Fe ⁺⁺ Fer		< 0,005	
Mn ⁺⁺ Manganèse		< 0,001	
Sr ⁺⁺ Strontium		< 0.1	
NH ₄ ⁺ Ammonium		< 0,03	
<i>Total cations</i>			4.977
Traces en µg/l			
Al Aluminium		< 3	
As Arsenic		7	
B Bore		< 200	
Cd Cadmium		< 1	
Cr Chrome		< 1	
Cu Cuivre		< 5	
Pb Plomb		< 10	
Se Sélénium		< 10	
Zn Zinc		< 5	

Article 5 :

L'exploitation de l'eau minérale naturelle du captage "Valdorb" se fait par un forage rencontrant les couches suivantes :

- de 0 m à 10,60 m : alluvions et blocs de dolomie,
- de 10,60 m à 100,75 m : dolomie ocre,
- de 100,75 m à 168,80 m : dolomie grise rosée à ocre varvée algaire avec une zone fissurée recoupée entre 158 m et 162 m de profondeur, partiellement remplie par un sable limoneux, induré, rouge de 161,25 m à 163,15 m de profondeur,
- de 168 m à 200,10 m : dolomie gris-rose.

Le forage a été réalisé de la façon suivante :

- de 0 m à 12,44 m : foration de 445 mm de diamètre, avec pose d'un tubage en acier de 344 mm de diamètre intérieur, avec cimentation de l'extrados,
- de 12,44 m à 158 m : foration de 311 mm de diamètre, avec pose d'un tubage en acier inoxydable de 244,5 mm de diamètre,
- de 158 m à 180 m : foration de 215,9 mm de diamètre, avec pose d'une colonne crépinée en acier inoxydable de 114,3 mm de diamètre et mise en place, en circulation inverse d'un massif filtrant de gravier siliceux, calibré entre 1,2 mm et 2,5 mm.

Un local technique abrite la tête du forage. Sa tête est équipée d'un débit-mètre, d'une sonde conductimétrique et thermométrique et de mesure de l'oxygène dissous. L'ensemble de ces informations est enregistré en permanence.

Article 6 :

Le périmètre sanitaire d'émergence est constitué par la parcelle n°141 section E d'une superficie de 1,245 ha.

Le périmètre sanitaire d'émergence doit être maintenu constamment en état de propreté. A l'intérieur de ce périmètre sont interdits l'entreposage de substances polluantes et tous actes et travaux de nature à compromettre la pureté de l'eau. Seules sont tolérées les activités nécessaires à l'entretien du captage.

Article 7 :

La canalisation de transport de l'eau minérale naturelle du captage "Valdorb" jusqu'à l'usine de cosmétique (atelier d'embouteillage), comporte à son départ une cuve de disconnexion hydraulique située dans le local de captage. Cette cuve est réalisée en acier inoxydable de 2,30 m de hauteur et de 1,5 m de diamètre et comporte latéralement une surverse pour le débit de trop-plein d'évacuation de l'eau.

Cette cuve dispose dans sa partie haute, l'arrivée de l'eau (conduite en acier inoxydable de 80 mm de diamètre), un disque de rupture, un trou d'homme muni d'une porte étanche et d'un filtre-évent bactérien, ainsi qu'un dispositif automatique d'arrêt de la pompe du forage.

- 5 -

La prise d'eau pour l'alimentation de l'usine se fait en fond de cuve, la circulation étant assurée par une pompe de reprise stérilisable à la vapeur.

La conduite, d'une longueur totale de 95 mètres, est en acier inoxydable de 60,3 mm de diamètre.

Le transport de l'eau minérale naturelle du captage "Valdorb" jusqu'à l'établissement thermal s'effectue par une canalisation en acier inoxydable de 88,9 mm de diamètre et de longueur totale de 389,60 mètres.

Article 8 :

Toute modification dans l'exploitation et toute variation dans les caractéristiques physico-chimiques de l'eau en dehors des limites indiquées aux précédents articles doivent être portées à la connaissance du Préfet.

Article 9 :

Des robinets doivent permettre d'effectuer les prélèvements prévus par la réglementation.

Article 10 :

L'autorisation sus-indiquée est accordée pour trente ans à partir de la date d'effet du présent arrêté.

Deux ans au moins avant l'expiration de ce délai, le titulaire devra, s'il entend continuer l'exploitation, solliciter une nouvelle autorisation.

Article 11 :

Le Directeur Général de la Santé est chargé de l'exécution du présent arrêté dont mention sera publiée au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 04 SEP. 1996

Pour le Ministre et par délégation
Pour le Préfet de l'Ariège

Arrêté d'autorisation d'exploiter du forage Valdorb

Annexe 9

Autorisation d'exploitation du forage Sainte Odile



PREFECTURE DE LA REGION
LANGUEDOC-ROUSSILLON
PREFECTURE DE L'HERAULT

Direction des Relations avec les Collectivités Locales
Bureau de l'Environnement
DRCL / 3 – IP-07/Autorisation forage/ Ste ODILE
Affaire traitée par Mme I. PIEDECAUSA
Téléphone : 04.67.61.62.56
Télécopie : 04.67.02.25.46
Mél : isabelle.piedecausa@herault.pref.gouv.fr

Montpellier, le 13 sep. 2007

Lettre recommandée avec avis de réception
N°1059 9469 0FR

Monsieur,

J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint, une copie conforme de l'arrêté préfectoral n° 2007-I-1666 du 20 août 2007, vous autorisant à exploiter l'eau minérale du forage Sainte ODILE sur la commune d'AVENE.

Je vous serais obligé de bien vouloir veiller à la stricte application des prescriptions contenues dans cet arrêté.

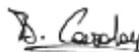
S'agissant notamment de l'information des tiers, je vous transmets un extrait de cette décision que vous devez afficher en permanence de façon visible dans votre installation.

Par ailleurs, je vous précise, d'une part, que ce même extrait sera affiché à la mairie d'AVENE pendant une durée minimum d'un mois et d'autre part, qu'une copie de l'arrêté y sera déposée pour y être consultée par les tiers.

Enfin, cet arrêté est publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de l'Hérault, conformément aux dispositions de l'article R. 1322-8 du code de la santé publique.

Je vous prie de croire, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Pour le Préfet et par délégation
le Chef de Bureau,


Brigitte CARDON

Monsieur Jean Louis LAFURIE
Hôtel Val d'Orb
Le Bousquet d'Orb
34260 AVENE LES BAINS



Ministère du Travail, des Relations sociales et de la Solidarité
Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports

PREFECTURE DE L'HERAULT

**Direction départementale
des affaires sanitaires et sociales**

Le Préfet de la région Languedoc-Roussillon
Préfet de l'Hérault
Chevalier de la Légion d'Honneur
Commandeur de l'Ordre National du Mérite

ARRETE N° 2007 - I - 1666

OBJET : Société Pierre Fabre Dermo-Cosmétique à AVENE
Autorisation d'exploiter l'eau minérale naturelle du Forage Sainte-Odile

- VU le Code de la santé publique, notamment les articles L. 1322-1 et suivants et R. 1322-1 et suivants ;
- VU le décret du 23 novembre 1874 déclarant d'intérêt public la source d'eau minérale qui alimente l'établissement thermal d'Avène ;
- VU le décret du 18 février 1992 instituant un périmètre de protection défini par un cercle de 350 m de rayon autour de ladite source ;
- VU le décret n° 2007-49 du 11 janvier 2007 relatif à la sécurité sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine, notamment son article 8 ;
- VU l'arrêté ministériel du 6 février 1987 modifié accordant l'autorisation d'exploiter à l'émergence et après transport, en tant qu'eau minérale naturelle, l'eau de la source "Sainte-Odile" située à Avène-les-Bains ;
- VU l'avis émis par l'Académie Nationale de Médecine au cours de sa séance du 20 janvier 1987 ;
- VU la demande présentée le 24 mai 2005 par le Directeur de la société Pierre Fabre Dermo-Cosmétique en vue d'être autorisé à recapter par forage l'eau de la source Sainte-Odile ;
- VU le rapport, avec avis favorable, du Directeur régional de l'industrie, de la recherche et de l'environnement ;
- VU l'avis favorable émis par le Conseil départemental d'hygiène le 24 novembre 2005 ;
- VU l'avis favorable émis par le Directeur départemental des affaires sanitaires et sociales le 26 juillet 2006 ;
- VU l'avis favorable émis par le préfet de l'Hérault le 30 août 2006 ;
- VU la transmission du ministre de la Santé et des Solidarités en date du 7 février 2007 ;

CONSIDERANT que les caractéristiques principales de l'eau recaptée par le forage objet du présent arrêté sont identiques à celles de la Source Sainte-Odile précédemment autorisée et non utilisée depuis plus de trois années consécutives ;

CONSIDERANT que la demande du 24 mai 2005 visée ci-dessus, en cours d'instruction par le ministre chargé de la santé à la date de publication du décret du 11 janvier 2007, relève des dispositions de l'article 8 -II-1° de ce décret ;

SUR proposition de M. le Secrétaire général de la préfecture de l'Hérault ;

Toute correspondance doit être adressée impersonnellement au Directeur départemental des affaires sanitaires et sociales de l'Hérault
28 - Parc-Club du Millénaire - 1025, rue Henri Becquerel - CS 30001 - 34067 Montpellier Cedex 2 - Tél : 04 67 07 20 07 - Fax : 04 67 07 20 08
Site Internet : www.languedoc-roussillon.santé.gouv.fr
Ouverture au public : du lundi au jeudi : 8h30 - 12h ; 13h - 16h30 - Le vendredi : 8h30 - 12h ; 13h - 16h

ARRETE**ARTICLE 1^{er} - AUTORISATION**

Le Directeur de la Société Pierre Fabre Dermo-Cosmétique, ci-après dénommé l'exploitant, est autorisé à exploiter, dans les conditions légales et réglementaires fixées par le code de la santé publique, ainsi que dans les conditions particulières définies dans le présent arrêté, l'eau minérale naturelle du Forage Sainte-Odile situé sur la commune d'Avène (Hérault).

Les coordonnées de ce forage sont les suivantes :

- lieu-dit "les Bains d'Avène", parcelle cadastrée section E n° 769,
- coordonnées Lambert III : X = 662,405 Y = 3161,940 Z = 365 m.

ARTICLE 2 - CONDITIONS DE L'AUTORISATION

L'exploitation du Forage Sainte-Odile est autorisée au débit maximum de 70 m³/heure.

Le forage, d'une profondeur de 87 m, présente les caractéristiques indiquées à l'annexe I jointe au présent arrêté.

Les caractéristiques de l'eau du forage Sainte-Odile sont celles indiquées à l'annexe II jointe au présent arrêté.

L'eau minérale du Forage Sainte-Odile peut être exploitée, après transport, dans l'établissement des Thèmes d'Avène en substitution à celle de la Source Sainte-Odile et aux mêmes fins thérapeutiques.

Elle ne doit subir aucun traitement.

Son conditionnement en tant que denrée alimentaire et sa distribution en buvette publique ne sont pas autorisés.

Son utilisation en mélange avec une eau provenant d'un autre captage n'est pas autorisée.

La réutilisation d'une eau minérale naturelle recyclée dans un établissement thermal à des fins thérapeutiques est interdite, sauf dans les bains collectifs.

ARTICLE 3 - PROTECTION

Les installations destinées à l'exploitation de l'eau minérale naturelle sont conçues, réalisées et entretenues de façon à éviter toute possibilité de contamination ou de modification des caractéristiques essentielles de l'eau telle qu'elle se présente à l'émergence.

Elles comportent des dispositifs adéquats de suivi quantitatif et qualitatif de l'eau, permanent et enregistré.

Outre la protection assurée par le périmètre de protection de la source Sainte-Odile établi par le décret du 18 février 1992 visé ci-dessus, il est institué autour du forage un périmètre sanitaire d'émergence implanté sur les parcelles N° 767 et 769, dont l'exploitant doit conserver la maîtrise foncière, conformément au plan annexé au présent arrêté (annexe III). Ce périmètre doit être clôturé et maintenu constamment en état de propreté.

A l'intérieur de ce périmètre sont interdits l'entreposage de substances polluantes et tous actes et travaux de nature à compromettre la pureté de l'eau. Seules sont tolérées les activités nécessaires à l'entretien du captage.

Les ouvrages et le local de protection du captage doivent être maintenus tels que décrits dans le dossier de la demande. Une cuve de disconnexion est notamment intercalée entre le tubage d'exhaure de la pompe et la canalisation de transport.

Les prescriptions relatives à la protection de la Source Sainte-Odile, notamment celles instaurées aux articles 5 et 7 de l'arrêté ministériel du 6 février 1987, restent applicables.

Le transport de l'eau minérale naturelle du Forage Sainte-Odile jusqu'à l'établissement thermal s'effectue au moyen de la pompe d'exhaure installée dans le forage et par une canalisation étanche en acier inoxydable de diamètre 104 mm et de 51 m de longueur, doublée d'une canalisation de secours et installée dans un cariveau de protection visitable.

Les installations destinées à l'exploitation de l'eau minérale naturelle sont conçues, réalisées et entretenues de façon à éviter toute possibilité de contamination ou de modification des caractéristiques essentielles de l'eau telle qu'elle se présente à l'émergence. Elles comportent des dispositifs adéquats de suivi quantitatif et qualitatif de l'eau, permanent et enregistré.

Les conditions d'exploitation satisfont aux exigences de l'hygiène et ne doivent pas porter atteinte à la santé. En outre, l'exploitant doit utiliser des matériaux en contact avec l'eau minérale naturelle compatibles avec sa composition, de manière à empêcher toute altération chimique, physico-chimique, microbiologique et organoleptique de la qualité de l'eau telle qu'elle se présente à l'émergence.

Les produits utilisés pour le nettoyage et la désinfection des installations sont composés de constituants qui répondent aux conditions fixées par l'article R. 1321-54 du code de la santé publique. Leur utilisation ne doit pas présenter un danger pour la santé humaine ou entraîner une modification de la composition de l'eau.

L'évacuation des eaux utilisées pour le nettoyage et le rinçage des installations ne doit pas porter atteinte à la santé des personnes et à l'environnement ou constituer une source d'insalubrité.

Le réseau de distribution en eau minérale naturelle est spécifique et identifié par rapport aux autres réseaux de distribution en eau, notamment par rapport :

- au réseau public d'eau de consommation,
- au réseau d'amenée de l'eau minérale de la Source Valdorb.

Toute interconnexion entre ces réseaux est interdite.

ARTICLE 4 - SURVEILLANCE

La surveillance incombe à l'exploitant et comprend toute opération de vérification du respect des dispositions législatives et réglementaires relatives aux eaux minérales naturelles.

L'exploitant veille à ce que toutes les étapes de la production et de la distribution de l'eau minérale naturelle sous sa responsabilité soient conformes aux règles d'hygiène. Il applique des procédures permanentes d'analyse des dangers et de maîtrise des points critiques fondées sur les principes suivants :

1° Identifier tout danger qu'il y a lieu de prévenir, d'éliminer ou de ramener à un niveau acceptable ;

2° Identifier les points critiques aux niveaux desquels une surveillance est indispensable pour prévenir ou éliminer un danger ou pour le ramener à un niveau acceptable ;

3° Etablir, aux points critiques de surveillance, les limites qui différencient l'acceptabilité de l'inacceptabilité pour la prévention, l'élimination ou la réduction des dangers identifiés ;

4° Etablir et appliquer des procédures de surveillance efficaces des points critiques ;

5° Etablir les actions correctives à mettre en oeuvre lorsque la surveillance révèle qu'un point critique n'est pas maîtrisé ;

6° Etablir des procédures exécutées périodiquement pour vérifier l'efficacité des mesures mentionnées aux 1° à 5° ;

7° Etablir des documents et des dossiers adaptés à la nature et à la taille de l'exploitation pour prouver l'application effective des mesures mentionnées aux 1° à 6°.

L'exploitant adapte la procédure à la suite de chaque modification du produit, du procédé ou de l'une des étapes de la production.

Le programme d'analyses de surveillance est défini par l'exploitant en fonction des dangers identifiés selon les principes énoncés ci-dessus.

Les prélèvements et les analyses de surveillance sont réalisés par le laboratoire interne de l'exploitant ou par tout autre laboratoire agréé ou accrédité.

L'activité de prélèvement par un agent du laboratoire interne doit être incluse dans le domaine d'application du système de gestion de la qualité mis en place par l'exploitant.

Les résultats de ces analyses de surveillance sont transmis au préfet (DDASS) par courrier électronique sous la forme de tableaux récapitulatifs mensuels.

L'exploitant porte immédiatement à la connaissance du préfet tout incident pouvant avoir des conséquences pour la santé publique, concernant notamment la ressource en eau et les modalités de son aménagement, les conditions de transport de l'eau et de sa conservation jusqu'au point d'usage, ainsi que les mesures prises pour y remédier.

L'exploitant réalise au point de captage la mesure en continu et l'archivage des données relatives à :

- la température,
- la conductivité,
- l'oxygène dissous,
- la pression,
- le débit de pompage.

Il effectue également un suivi des caractéristiques physicochimiques de l'aquifère thermo-minéral sur la Source Sainte-Odile ainsi que sur tout autre ouvrage utile à ce suivi.

ARTICLE 5 - CONTRÔLE SANITAIRE

L'exploitant est soumis en outre à un contrôle sanitaire établi conformément aux dispositions de la réglementation en vigueur (Article R. 1322-44-2 du code de la santé publique, Arrêté ministériel du 19 juin 2000).

Ce contrôle doit pouvoir être effectué à tout moment aux points de prélèvement suivants :

- à l'émergence, dans le local abritant la tête du forage,
- à chaque point d'usage dans l'établissement thermal.

L'exploitant est tenu de déclarer au laboratoire chargé du contrôle l'origine de l'eau alimentant l'établissement au moment de chaque prélèvement.

Les analyses effectuées dans le cadre de ce contrôle doivent être réalisées par un laboratoire agréé par le ministère chargé de la santé. Les frais des prélèvements et des analyses de contrôle sont à la charge de l'exploitant.

ARTICLE 6 - INFORMATION ET GESTION DES SITUATIONS DE NON-CONFORMITE

Le responsable de l'établissement thermal affiche les éléments d'information des curistes et du personnel amené à intervenir dans l'établissement, portant notamment sur :

- 1° *les qualités thérapeutiques de l'eau minérale naturelle utilisée et ses éventuelles restrictions d'usage,*
- 2° *les caractéristiques essentielles de l'eau,*
- 3° *la date du dernier contrôle sanitaire et les résultats des analyses.*

L'exploitant transmet au préfet un bilan synthétique annuel comprenant notamment un tableau des résultats d'analyses ainsi que toute information sur la qualité de l'eau minérale naturelle, sur les durées d'utilisation de chaque source d'eau minérale et les volumes utilisés, sur le fonctionnement de l'aquifère et du système d'exploitation, notamment la surveillance, les travaux et les dysfonctionnements.

Il indique également les modifications des procédures de surveillance, mentionnées à l'article R. 1322-29 du code de la santé publique, prévues pour l'année suivante.

Les documents établis à l'occasion de la surveillance effectuée par l'exploitant sont tenus à la disposition des agents des administrations chargés des contrôles sur le lieu des établissements pendant une période de trois ans. Ils indiquent les références du laboratoire habilité à effectuer, en application de l'article R. 1322-44 du code de la santé publique, les analyses de surveillance.

Lorsque les limites de qualité de l'eau minérale naturelle fixées par la réglementation en vigueur ne sont pas respectées, l'exploitant est tenu :

- 1° *d'en informer immédiatement le préfet ;*
- 2° *de prendre sans délai toute mesure nécessaire pour que l'eau non conforme ne puisse être distribuée dans des postes de soins thermaux et de procéder à une information immédiate des curistes, assortie des conseils adaptés ;*
- 3° *d'effectuer immédiatement une enquête afin de déterminer la cause du dépassement des limites de qualité et de porter sans délai à la connaissance du préfet les constatations et les conclusions de l'enquête ;*
- 4° *d'informer le préfet des mesures prises pour supprimer la cause du dépassement des limites de qualité.*

L'utilisation de l'eau minérale naturelle ne peut être reprise tant que la qualité de l'eau n'est pas redevenue conforme aux critères de qualité fixés par la réglementation en vigueur.

ARTICLE 7 - RECOLEMENT

Dès la notification du présent arrêté, l'exploitant transmet au préfet tous les éléments de vérification de la conformité des éléments sur la base desquels la présente autorisation a été accordée, notamment les analyses d'échantillons de vérification de la qualité de l'eau, permettant de procéder au récolement des installations, conformément aux dispositions de l'arrêté ministériel pris en application de l'article R. 1322-9 du code de la santé publique.

La distribution de l'eau au public ne sera définitivement autorisée qu'à compter de la réception par l'exploitant du procès-verbal constatant la conformité des installations et de la qualité de l'eau.

ARTICLE 8 - PEREMPTION, RECOURS

En l'absence de mise en service des installations dans un délai de 5 ans à compter de la notification du présent arrêté ou lorsque l'exploitation a été interrompue pendant plus de 3 années consécutives, la présente autorisation est réputée caduque.

Tout recours contre le présent arrêté doit être formé dans le délai de deux mois à partir de sa notification au demandeur. A l'égard des tiers, ce délai court à compter de la publication de la décision au recueil des actes administratifs du département de l'Hérault. Outre les recours gracieux, les recours pour excès de pouvoir doivent être formés devant le Tribunal Administratif de Montpellier.

ARTICLE 9 - MODIFICATIONS

Tout projet de modification des installations et des conditions d'exploitation mentionnées dans le présent arrêté doit faire l'objet d'une déclaration préalable au préfet, conformément aux dispositions des articles R. 1322-12 et suivants du code de la santé publique.

La consultation d'un hydrogéologue agréé est obligatoire lorsque les modifications demandées concernent le débit d'exploitation.

Le changement du nom de la source, du propriétaire ou de l'exploitant, sans modification des conditions d'exploitation, fait l'objet d'une déclaration au préfet.

ARTICLE 10 - SANCTIONS

L'inobservation des prescriptions du présent arrêté peut donner lieu à l'application des dispositions de l'article L 1332-2 du code de la santé publique.

ARTICLE 11 - NOTIFICATION, EXECUTION

Le Secrétaire général de la préfecture de l'Hérault, le Sous-Préfet de Lodève, le Maire de la commune d'Avène, le Directeur départemental des affaires sanitaires et sociales et les autres chefs de services compétents, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera notifié à l'exploitant dans la forme administrative et publié au recueil des actes administratifs.

Fait à Montpellier, le 20 AOUT 2007

LE PREFET,

Par le Préfet et par son Secrétaire

Jean-Pierre COUSSE



copie conforme à l'original

Le Chef de Bureau,


B. Carotay

Annexe II

Caractéristiques de l'eau minérale naturelle du
FORAGE SAINTE-ODILE à Avène

Point de prélèvement : Date du prélèvement :	Emergence 10 /05 /2007
Température	25.9 °C
pH	7.6
Conductivité à 20°C	349 µS/cm
Alcalinité	38 ml/1 N/10
Silice SiO2	14 mg/l
Anhydride carbonique libre CO2	9 mg/l
Carbone organique total C	<0,5 mg/l
Résidu sec à 180°C	210 mg/l
Résidu sulfaté	230 mg/l
Anions (mg/l)	
Hydrogénocarbonates HCO3	230
Sulfates SO4	14
Chlorures Cl	<5
Cyanures totaux CN	<0.01
Nitrates NO3	1.5
Nitrites NO2	<0.05
Fluorures F	<0.2
Phosphates PO4	<0.05
Cations (mg/l)	
Calcium Ca	41
Magnésium Mg	22
Potassium K	<1
Sodium Na	4.6
Lithium Li	<0.02
Fer Fe	<0.02
Manganèse Mn	<0.005
Strontium Sr	0.088
Ammonium NH4	<0.05
Traces (µg/l)	
Aluminium Al	<10
Arsenic As	13
Baryum Ba	50
Bore B	<10
Cadmium Cd	<1
Chrome Cr	<10
Cuivre Cu	<20
Mercure Hg	<0.3
Nickel Ni	<10
Plomb Pb	<5
Sélénium Se	<5
Zinc Zn	<20

Arrêté d'autorisation d'exploiter du forage Sainte-Odile



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain - BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Languedoc-Roussillon
1039 rue de Pinville
34000 Montpellier - France
Tél. : 04 67 15 79 80