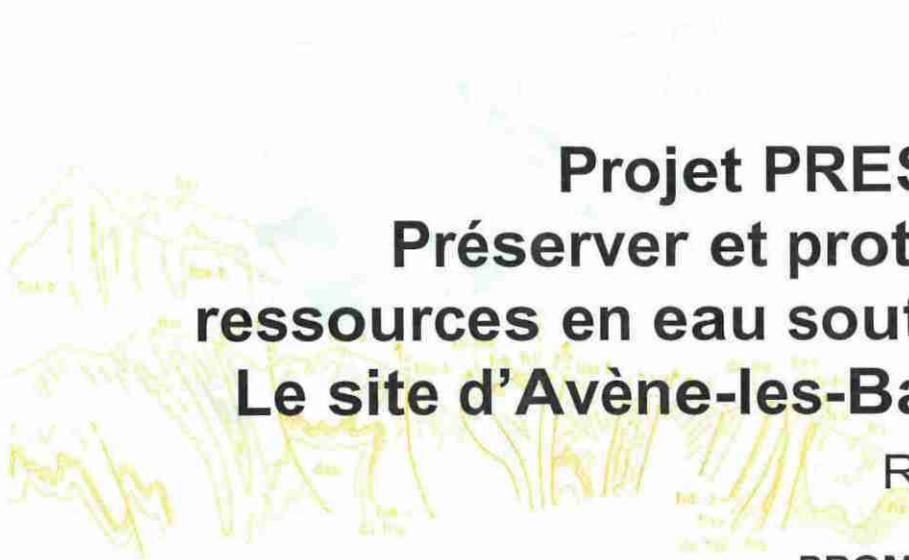




Document public



# Projet PRESCRIRE. Préserver et protéger les ressources en eau souterraine. Le site d'Avène-les-Bains (34)

Rapport final

BRGM/RP-59441-FR  
Avril 2011



**Datar**



Géosciences pour une Terre durable  
**brgm**  
BRGM





# Projet PRESCRIRE. Préserver et protéger les ressources en eau souterraine. Le site d'Avène-les-Bains (34)

Rapport final

BRGM/RP-59441-FR  
Avril 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2011 PSP08AUV10



P. Vigouroux - E. Le Goff - A. Deguilhem  
Avec la collaboration de  
S. Leconte



Datar

### Vérificateur :

Nom : A. Blum

Date : 23 février 2011

Signature :

### Approbateur :

Nom : P. Rocher

Date : 28 février 2011

Signature :

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 souterraine - Protection - Qualité - Ressource - Géologie - Avène-les-Bains - Hérault

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Vigouroux P., Le Goff E., Deguilhem A.**, avec la collaboration de Leconte S. (2011) – Projet PRESCRIRE. Préserver et protéger les ressources en eau souterraine. Le site d'Avène-les-Bains (34). Rapport final. BRGM/RP-59441-FR, 59 pages, 25 illustrations, 4 annexes.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Le projet PRESCRIRE, mis en œuvre à l'initiative du Commissariat à l'Aménagement, au Développement et à la Protection du Massif Central (DATAR), en relation avec les Agences de l'Eau Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée & Corse, ainsi qu'avec le Conseil Régional de Bourgogne, est conduit par le Service Géologique Régional Auvergne du BRGM dans le cadre de ses missions de Service public.

Le projet PRESCRIRE, inscrit dans la logique de la Directive Cadre sur l'Eau, a pour objet de mener une réflexion sur les notions de **préservation de la qualité des ressources en eau souterraine** et de **protection des gisements**. Orienté sur une vingtaine d'études de cas (appelés sites « test »), le projet vise à l'édition, en fin de projet, d'un guide méthodologique sur ce sujet.

Chaque site « test » est partenaire du projet au sens technique et financier. Il apporte, selon ses propres caractéristiques, une composante à la réflexion qui est menée. L'objectif est de montrer et faire comprendre par l'exemple (celui du site « test » étudié) l'importance relative de telle ou telle action lorsqu'il est question de préserver la qualité des ressources et de protéger les gisements.

Le présent rapport concerne le site « test » d'Avène-les-Bains (34) pour lequel la composante majeure apportée à la réflexion menée est la caractérisation du contexte géologique à l'échelle locale, à l'aide, en particulier, de l'étude de lames minces.

Une connaissance approfondie du contexte géologique local d'un site est un élément important pour calibrer les mesures à prendre pour protéger ce site. Les propriétés intrinsèques (texture et minéralogie) des roches qui composent le site comptent parmi les éléments d'appréciation de la géologie. L'analyse par microscope optique de lames minces est un outil pertinent pour mieux comprendre les caractéristiques des formations d'un secteur.

Pour le site d'Avène-les-Bains, l'analyse des lames minces a permis de préciser pour le contexte géologique local les points clé suivants :

- Faciès pour la plupart carbonatés, tantôt micritiques tantôt sparitiques, avec présence de grains de quartz détritiques. L'observation montre la grande variabilité des roches en terme de granulométrie, de texture et de composition ;
- Présence de fissures ou de microcavités, soit vides soit colmatées par la cristallisation secondaire de carbonates, d'hydroxydes et de quartz, en conséquence présence de niveaux où les fluides vont préférentiellement s'infiltrer et circuler.

L'exemple du site « test » d'Avène-les-Bains permet de conclure que l'analyse de détail des caractéristiques intrinsèques des formations géologiques est un outil pertinent pour renforcer de manière significative la connaissance d'un gisement. Un tel outil mérite d'être retenu au titre des finalités méthodologiques du projet PRESCRIRE.



# Sommaire

<b>1. Avant-propos : le projet PRESCRIRE .....</b>	<b>9</b>
1.1. CONTEXTE GENERAL DU PROJET.....	9
1.2. CONTEXTE PARTENARIAL DU PROJET .....	9
1.3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU PROJET.....	10
1.4. APPROCHE THEORIQUE DE LA NOTION DE PROTECTION .....	11
1.5. ETUDE DU SITE « TEST » : MODALITES PRATIQUES .....	12
<b>2. Le site d'Avène-les-Bains.....</b>	<b>13</b>
2.1. PRESENTATION GENERALE DU SITE D'AVENE-LES-BAINS .....	13
2.1.1. Contexte géographique.....	13
2.1.2. Contexte économique .....	14
2.2. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....	15
2.2.1. Contexte géologique .....	15
2.2.2. Contexte hydrogéologique et circuit hydrominéral.....	17
2.3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL .....	24
2.3.1. Données générales sur le secteur de l'impluvium.....	24
2.3.2. Données générales au voisinage de la station thermale.....	24
2.4. COMMUNICATION/SENSIBILISATION .....	26
2.5. ASPECT REGLEMENTAIRE .....	26
2.5.1. Au niveau de l'impluvium.....	26
2.5.2. Au niveau des émergences.....	30
<b>3. Apport spécifique du site « test » étudié au projet PRESCRIRE .....</b>	<b>33</b>
3.1. NOTION D'APPORT SPECIFIQUE.....	33
3.2. APPORT SPECIFIQUE DU SITE D'AVENE-LES-BAINS .....	34
3.3. DONNEES ACQUISES SUR LE SITE.....	35
3.4. APPORT DU SITE « TEST » ETUDIE A LA REFLEXION GLOBALE .....	42
<b>4. Conclusion .....</b>	<b>43</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte de situation du territoire couvert par le projet PRESCRIRE .....	10
Illustration 2 : Schéma d'un gisement d'eau souterraine .....	11
Illustration 3 : Localisation de la commune d'Avène-les-Bains .....	13
Illustration 4 : Carte de situation des différentes activités du groupe Pierre Fabre Dermo-Cosmétique à Avène-les-Bains .....	14
Illustration 5 : Schéma géologique structural de la Montagne Noire .....	15
Illustration 6 : Contexte géologique de la région d'Avène-les-Bains (Tarabbo, 2009) .....	16
Illustration 7 : Coupe géologique du secteur d'Avène-les-Bains (Tarabbo, 2009) .....	16
Illustration 8 : Délimitation de l'impluvium du circuit hydrominéral d'Avène .....	17
Illustration 9 : Proportion de mélange eau ancienne/eau récente pour diverses sources (d'après le rapport BRGM 89LRO791PR) .....	18
Illustration 10 : Sources et forages du secteur d'Avène .....	19
Illustration 11 : Situation des émergences aux alentours de la station thermique .....	20
Illustration 12 : Physico-chimie des fluides exploités à Avène-les-Bains dans le diagramme de Piper .....	21
Illustration 13 : Composition physico-chimique des eaux d'Avène (extraits des analyses de référence).....	22
Illustration 14 : Lieux d'analyses réalisées par le Pôle d'Excellence Rurale .....	23
Illustration 15 : Occupation du sol sur le secteur de l'impluvium .....	24
Illustration 16 : Occupation du sol sur le secteur d'Avène (Tarabbo 2009) .....	25
Illustration 17 : Zones de protection réglementaire dans le secteur de l'impluvium d'Avène-les-Bains .....	27
Illustration 18 : Carte des zones de délimitation du patrimoine naturel dans le secteur d'Avène-les-Bains .....	27
Illustration 19 : Périmètres de protection de captages AEP du secteur de l'impluvium .....	30
Illustration 20 : Situation administrative de la source historique et des forages exploités.....	31
Illustration 21 : Carte de situation des périmètres de protection des ouvrages exploités du site d'Avène-les-Bains .....	31
Illustration 22 : Exemples d'images d'observation de lames minces au microscope polarisant .....	36
Illustration 23 : Carte de localisation des lames minces sur fond géologique harmonisé .....	37
Illustration 24 : Exemples d'images d'observation de lames minces à la loupe binoculaire .....	40
Illustration 25 : Séquence géologique cambrienne d'Avène-Mendic.....	41

## Liste des annexes

Annexe 1	Eléments de bibliographie.....	45
Annexe 2	Analyses réalisées par le Pôle d'Excellence Rurale.....	49
Annexe 3	Périmètre de protection demandé par J.-L. Teissier en mars 2000 pour la source Valdorb .....	53
Annexe 4	Références de la localisation des lames minces .....	57



# 1. Avant-propos : le projet PRESCRIRE

## 1.1. CONTEXTE GENERAL DU PROJET

Le projet PRESCRIRE (Protection des Ressources en Eaux Souterraines Connaissances et Recherches sur les Impluviums au Regard des Enjeux pour l'alimentation en eau potable et des retombées économiques dans le massif central) a pour objet de mener une réflexion sur les notions de préservation de la qualité des ressources en eau souterraine et de protection des gisements afin d'apporter des éléments d'appréciation quant aux actions à engager pour maintenir le bon état qualitatif de ressources en eau souterraine non altérées par des pollutions anthropiques.

Ce projet s'inscrit dans la logique de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) pour ce qui concerne le maintien du bon état des ressources en eau souterraine.

Le projet PRESCRIRE, qui se déroule sur la période 2010 à 2013, est orienté sur des études de cas (une vingtaine au total). Il vise à l'édition, en fin de projet, d'un guide méthodologique à usage des acteurs (exploitants, décideurs) en charge de promouvoir le développement durable de l'exploitation de ressources en eau souterraine de qualité.

## 1.2. CONTEXTE PARTENARIAL DU PROJET

Le projet PRESCRIRE a été initié par le Commissariat à l'Aménagement, au Développement et à la Protection du Massif Central (DATAR), en relation avec les Agences de l'Eau Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée & Corse, ainsi qu'avec le Conseil Régional de Bourgogne. Il est mis en œuvre par le Service Géologique Régional Auvergne du BRGM, qui participe au financement du projet dans le cadre de ses missions de Service public (Projet PSP08AUV10).

Outre ces partenariats institutionnels, le projet PRESCRIRE a proposé aux nombreux gestionnaires de sites à enjeu « eau souterraine » du Massif Central de s'engager dans la réflexion menée.

Plusieurs sites ont été volontaires pour apporter leur contribution à la démarche, dont le site d'Avène-les-Bains, du groupe Pierre-Fabre Dermo-Cosmétique, qui constitue ainsi un partenaire à part entière du projet PRESCRIRE.

Chaque partenaire est sollicité pour apporter, selon les caractéristiques de son site, une composante majeure à la réflexion sur les notions de préservation de la ressource et de protection des gisements. Pour chaque site étudié, la réflexion est axée sur un thème technique spécifique, propre au contexte local.

Le projet vise à montrer et à faire comprendre par l'exemple (celui du site « test » étudié) pourquoi telle ou telle action engagée est importante à prendre en compte lorsque l'on veut agir pour préserver la qualité des ressources et protéger les gisements.

L'objectif du projet est de tirer parti de chacun des 20 cas étudiés que constituent les sites partenaires et de valoriser, en fin de projet, toutes les réflexions issues de ces études de cas afin de consolider, dans un guide méthodologique, l'expérience acquise.

Pour le site d'Avène-les-Bains, la composante majeure apportée à la réflexion menée par le projet PRESCRIRE a été la caractérisation du contexte géologique à l'échelle locale, à l'aide, en particulier, de l'étude de lames minces que le gestionnaire du site d'Avène-les-Bains a mis à disposition de l'équipe de projet.

### 1.3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU PROJET

Le projet PRESCRIRE concerne l'ensemble du Massif Central (au sens géologique du terme). Les entités suivantes sont ainsi impliquées, pour tout ou partie, dans le projet (cf. illustration 1) :

- 4 Agences de l'Eau : Adour-Garonne, Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée & Corse et Seine-Normandie ;
- 6 régions administratives : Auvergne, Bourgogne, Languedoc-Roussillon, Limousin, Midi-Pyrénées et Rhône-Alpes ;
- 22 départements : Allier, Ardèche, Aude, Aveyron, Cantal, Corrèze, Côte-d'Or, Creuse, Gard, Haute-Loire, Haute-Vienne, Hérault, Loire, Lot, Lozère, Nièvre, Puy-de-Dôme, Rhône, Saône-et-Loire, Tarn, Tarn-et-Garonne et Yonne.

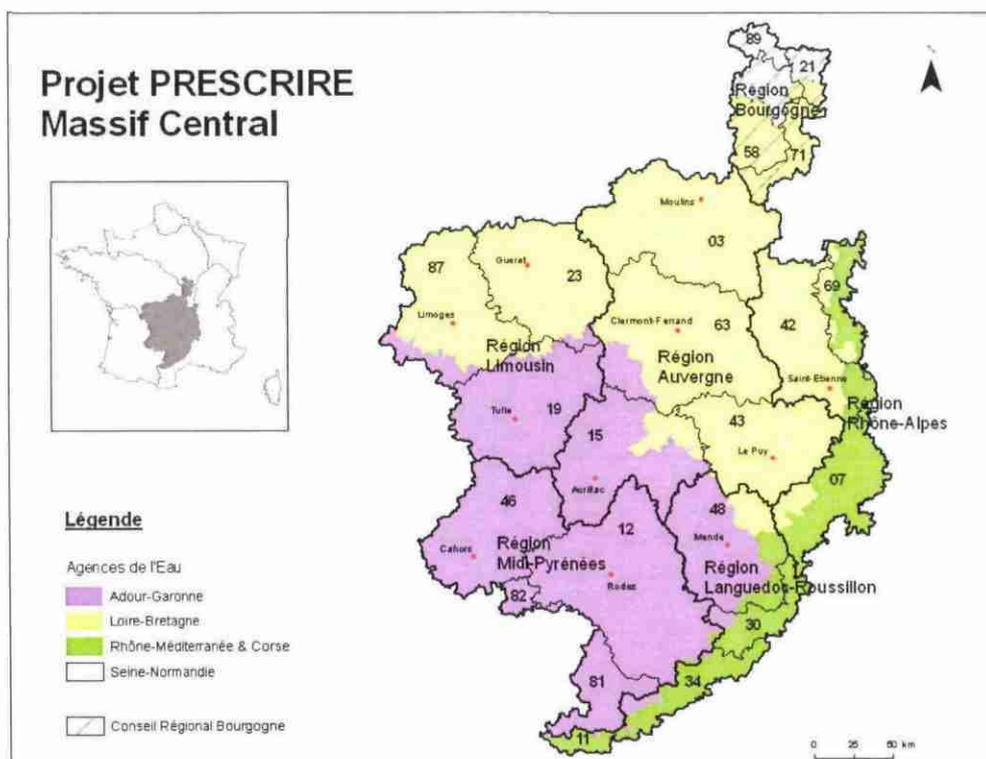


Illustration 1 : Carte de situation du territoire couvert par le projet PRESCRIRE

## 1.4. APPROCHE THEORIQUE DE LA NOTION DE PROTECTION

Les notions de préservation de la qualité d'une eau souterraine et de protection d'un gisement nécessitent de préciser d'une part le concept de gisement et d'autre part le principe de cycle d'une eau souterraine.

Un gisement d'eau souterraine est constitué par 3 secteurs distincts :

- l'impluvium, secteur où l'eau de pluie entre dans le système ;
- la zone de transit, secteur parcouru par l'eau qui s'est infiltrée, en souterrain, entre l'impluvium et la zone où cette eau est captée pour être utilisée ;
- la zone d'émergence, secteur de captage de l'eau souterraine pour un usage donné.

La figure présentée par l'illustration 2 ci-après permet de visualiser cette notion de gisement. Le cycle d'une eau souterraine est le circuit suivi par la molécule d'eau de pluie depuis l'impluvium jusqu'à la zone d'émergence, en passant par la zone de transit.

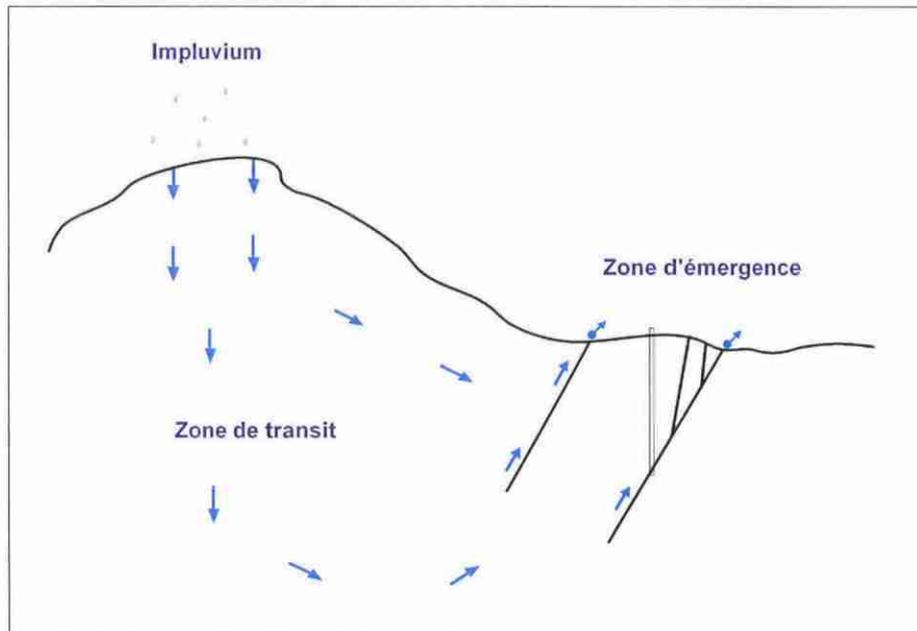


Illustration 2 : Schéma d'un gisement d'eau souterraine

Cette illustration n'est qu'un schéma et chacun des 3 secteurs ainsi représentés est nécessairement à relativiser d'un site à l'autre.

Il convient de relativiser, en particulier, la zone de transit selon que l'on est en présence d'une eau à minéralisation marquée, témoin de circulations longues et/ou profondes, ou d'une eau peu minéralisée, témoin de circulations rapides et/ou sub-superficielles. Pour les sites d'eau minérale, on parlera de circuit hydrominéral et pour les sites d'Alimentation en Eau Potable (AEP), on parlera tout simplement de circuit hydrogéologique.

Le raisonnement quant à la protection d'un gisement pourra être sensiblement distinct selon que l'on est en présence d'une zone de transit profonde ou plus superficielle. Cependant, quel que soit le cas, la préservation de la qualité de l'eau et la protection

d'un gisement en un site donné nécessite de s'intéresser à l'ensemble du circuit que parcourt l'eau.

### **1.5. ETUDE DU SITE « TEST » : MODALITES PRATIQUES**

Selon les dispositions retenues par le comité de pilotage du projet, le partenariat d'un site « test » avec le projet PRESCRIRE est acté par la signature d'une convention entre ce site et le BRGM, pour le compte du projet. La première étape de ce partenariat est une réunion de démarrage de l'étude du site concerné.

Pour Avène-les-Bains, la réunion de démarrage du projet a permis de préciser, fin 2010, l'axe d'investigation spécifique à valoriser localement pour abonder la réflexion engagée par le projet. Comme cela a été précisé précédemment, il s'est agi de caractériser l'importance de l'étude de lames minces pour la compréhension du contexte géologique local.

Suite à la réunion de cadrage évoquée ci-dessus, les actions suivantes ont été entreprises pour l'étude du site « test » d'Avène-les-Bains :

- compilation et synthèse de l'ensemble des données disponibles concernant les divers domaines en lien avec le projet (géologie, hydrogéologie, occupation du sol, environnement, sensibilisation, réglementation) ;
- mission de terrain pour la caractérisation des différents horizons géologiques, le positionnement relatif des lames-minces et l'appréciation géologique locale dans le contexte géomorphologique du site ;
- étude des lames minces et calage des observations réalisées au microscope avec l'approche terrain et la cartographique existante. Rédaction du compte-rendu technique sur ces investigations ;
- rédaction du rapport d'étude du site d'Avène-les-Bains et présentation de l'analyse du site en réunion de restitution des résultats, notamment ceux liés à l'étude des lames minces.

Le présent rapport constitue le produit livré de l'étude du site d'Avène-les-Bains réalisée dans le cadre du projet PRESCRIRE.

Après cet avant-propos, dont l'objectif est de préciser le contexte de réalisation de l'étude du site d'Avène-les-Bains, les deux chapitres qui suivent sont, avant une conclusion générale, une présentation des données disponibles pour qualifier le site d'Avène-les-Bains quant à la préservation de la ressource et la protection du gisement, puis une présentation des apports spécifiques du site d'Avène-les-Bains au projet, compte tenu des investigations complémentaires qui ont pu être réalisées.

## 2. Le site d'Avène-les-Bains

### 2.1. PRESENTATION GENERALE DU SITE D'AVENE-LES-BAINS

#### 2.1.1. Contexte géographique

La commune d'Avène-les-Bains est située dans la partie sud du Massif Central, en région Languedoc-Roussillon et plus précisément au Nord-Ouest du département de l'Hérault (cf. illustration 3).

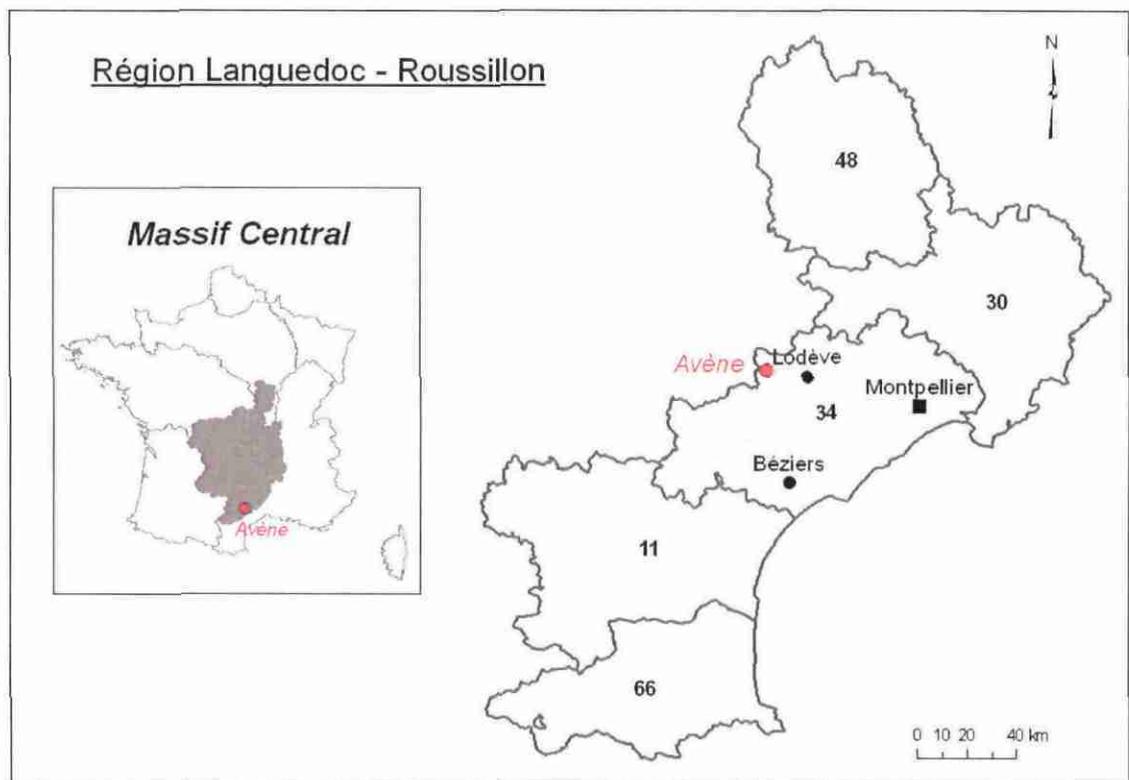


Illustration 3 : Localisation de la commune d'Avène-les-Bains

Situé à une cinquantaine de km de Montpellier, dans les Hauts cantons de l'Hérault, le village d'Avène-les-Bains est rattaché à la communauté de communes d'Avène, Orb et Gravezon.

La commune d'Avène-les-Bains compte 294 habitants (valeur 2006) pour une superficie de 62,65 km<sup>2</sup> (soit 4,7 habitants par km<sup>2</sup>). Les activités liées à l'eau souterraine sont situées sur les rives de l'Orb à 350 m d'altitude, dans un secteur qui bénéficie d'un climat tempéré de type méditerranéen.

### 2.1.2. Contexte économique

Les activités industrielles du groupe Pierre Fabre à Avène-les-Bains sont constituées par un établissement thermal et par une unité de fabrication de produits dermo-cosmétiques.

L'activité liée à l'eau souterraine est ancienne si l'on se réfère à la source historique du nom de Sainte Odile, découverte en 1736, qui a été reconnue pour ses vertus dermatologiques. Les premiers thermes ont été construits en 1743, ils ont été remplacés en 1990 par un autre établissement qui fut agrandi en 2004.

Depuis 1975 le groupe pharmaceutique Pierre Fabre est le gestionnaire et le propriétaire du site d'Avène-les-Bains, dédié à la dermatologie.

Toutes les activités du site d'Avène-les-Bains sont situées au lieu-dit « *Les Bains d'Avène* », il s'agit des thermes, du Laboratoire de l'Eau et du centre de production de produits dermo-cosmétiques (cf. illustration 4).

La station thermale reçoit 2 300 curistes chaque année entre avril et fin octobre. La production de produits dermo-cosmétiques, élaborés à base d'eau thermale, s'élevait à 60 millions d'unités pour l'année 2009.

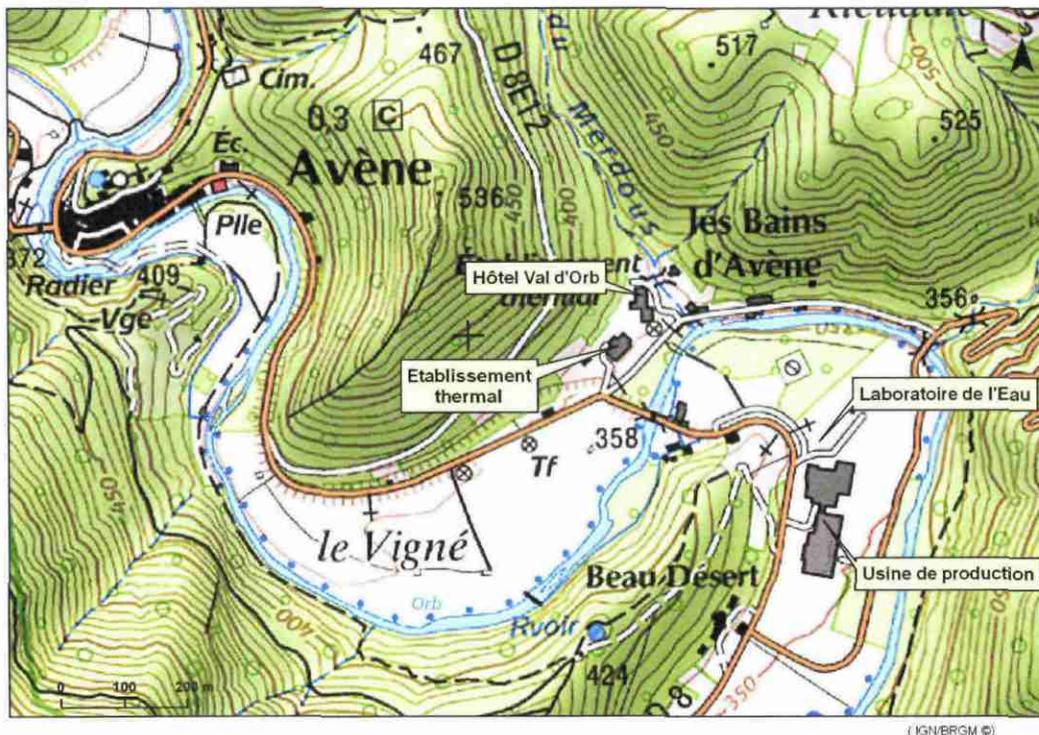


Illustration 4 : Carte de situation des différentes activités du groupe Pierre Fabre Dermo-Cosmétique à Avène-les-Bains

## 2.2. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

### 2.2.1. Contexte géologique

Le contexte géologique d'Avène-les-Bains est relativement bien connu à l'échelle régionale et a fait l'objet de plusieurs études (cf. Lescuyer J.L. et Giot D - annexe 1). La commune est située sur le versant nord de la Montagne Noire, à l'extrémité sud du Massif Central. Ce versant constitue une unité géologique formée par une série de nappes qui se chevauchent les unes les autres, on parle de chevauchement en « écaillés » (cf. illustration 5).

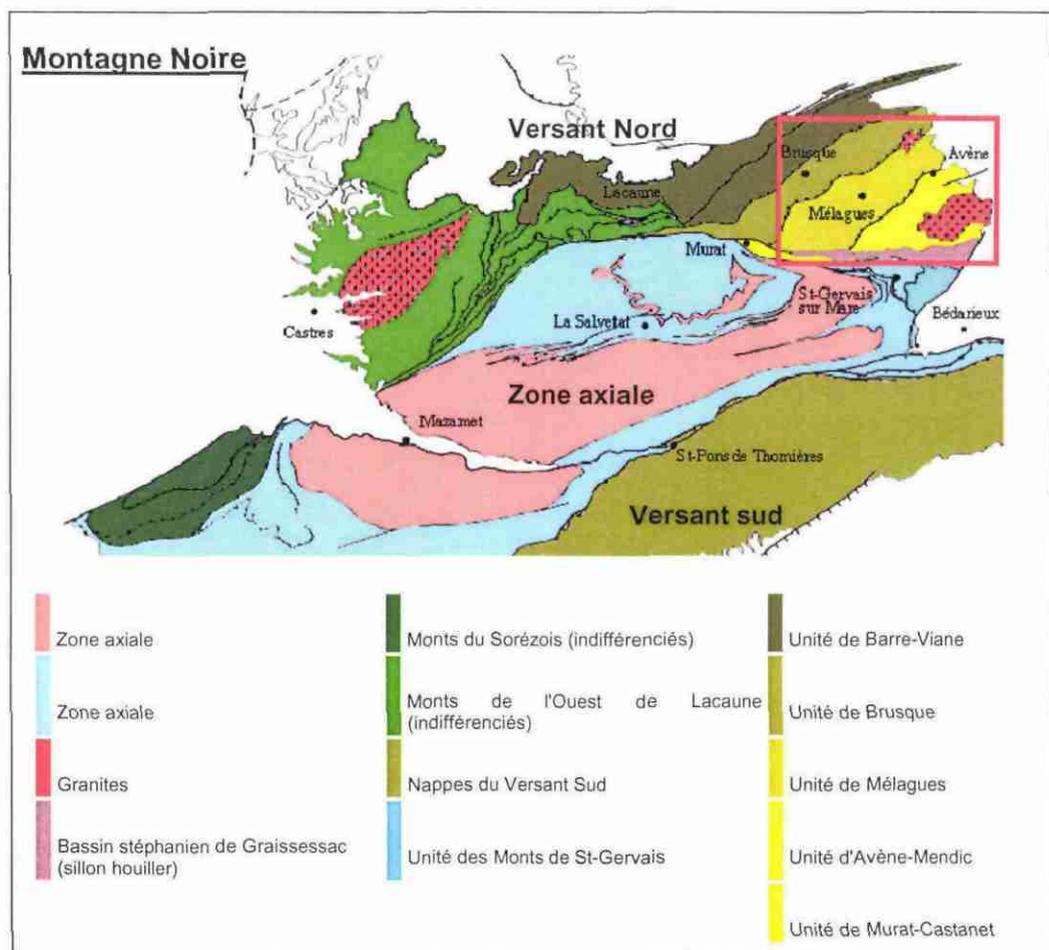


Illustration 5 : Schéma géologique structural de la Montagne Noire  
(Tormo d'après Demange, 1997)

Le site d'Avène-les-Bains se trouve à la limite du chevauchement de la nappe d'Avène-Mendic par la nappe de Mélagues. Ces entités sont recouvertes en discordance par un sillon houiller au Sud et par des séries triasiques au Nord-Est.

La nappe de Mélagues (série monoclinale à pendage fort) se compose de grès argilo-schisteux datés du Cambrien inférieur. Cette formation imperméable, au faciès gréseux et vert, est appelée formation de Marcory.

La nappe d'Avène-Mendic est un anticlinal (pendage variable : 40° à 70°) centré sur le granite de Mendic. Les roches qui la composent sont des dolomies claires et massives qui proviennent d'une plate-forme carbonatée formée dans des conditions chaudes à tropicales au Cambrien inférieur. Ces roches comportent des niveaux plus sombres à stromatolithes, on parle de dolomies rubanées ou « varvées ». Cinq bancs de dolomies « varvées » ont été identifiés dans le secteur du site d'Avène-les-Bains. On peut noter également la présence de tufs rhyolitiques (roches volcaniques) au Sud d'Avène-les-Bains. La zone étudiée présente une fracturation hétérogène importante, due aux nombreux événements tectoniques qui ont affecté la région (orogénèse hercynienne). Les illustrations 6 et 7 présentent le contexte géologique aux alentours du site d'exploitation de l'eau minérale d'Avène-les-Bains.

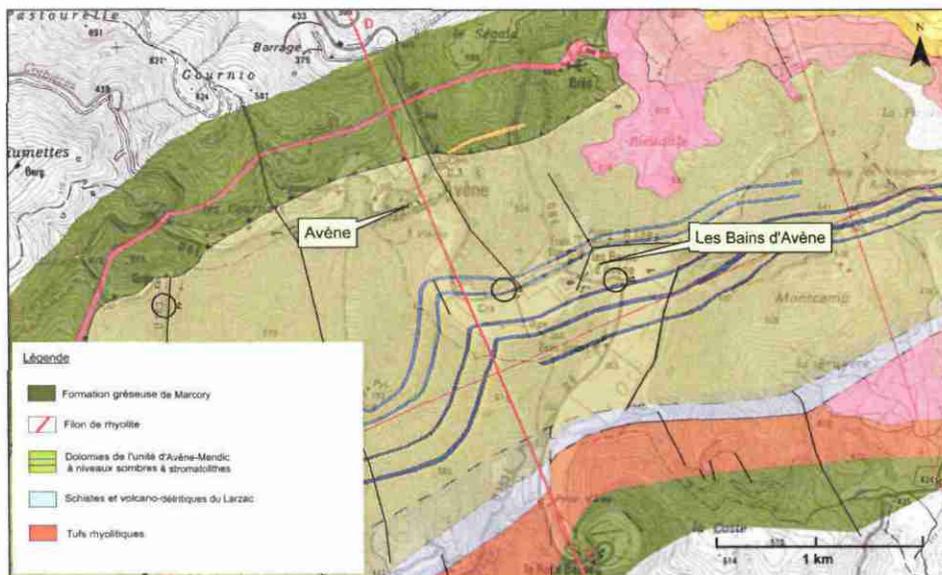


Illustration 6 : Contexte géologique de la région d'Avène-les-Bains (Tarabbo, 2009)

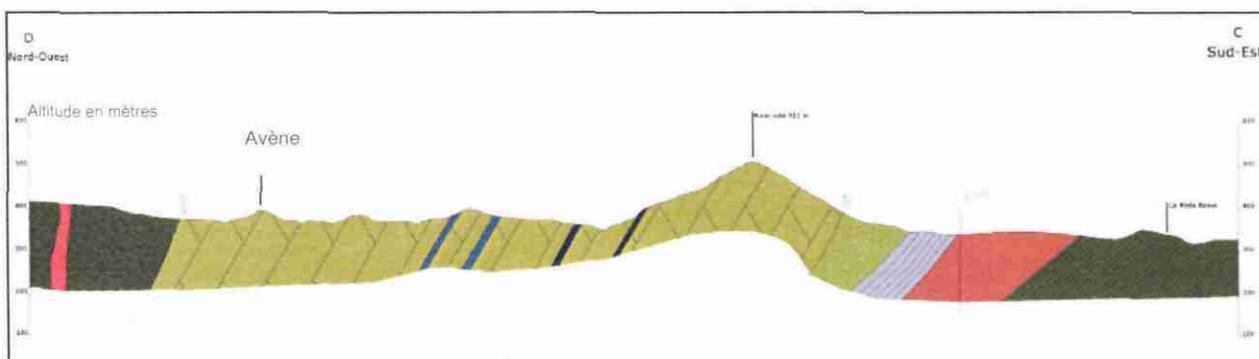


Illustration 7 : Coupe géologique du secteur d'Avène-les-Bains (Tarabbo, 2009)

### 2.2.2. Contexte hydrogéologique et circuit hydrominéral

#### a) L’impluvium

L’impluvium du gisement hydrothermal d’Avène-les-Bains n’est pas délimité avec précision. D’après le faciès bicarbonaté calcique et magnésien de l’eau thermique, la zone d’alimentation du gisement serait située sur les terrains dolomitiques de l’unité géologique d’Avène-Mendic. Cette hypothèse permet une délimitation approximative de l’impluvium, sur une superficie proche de 12 km<sup>2</sup> (d’après les données du Laboratoire de l’Eau). La délimitation de l’impluvium, sur la base des données disponibles, est présentée par l’illustration 8 ci-après.

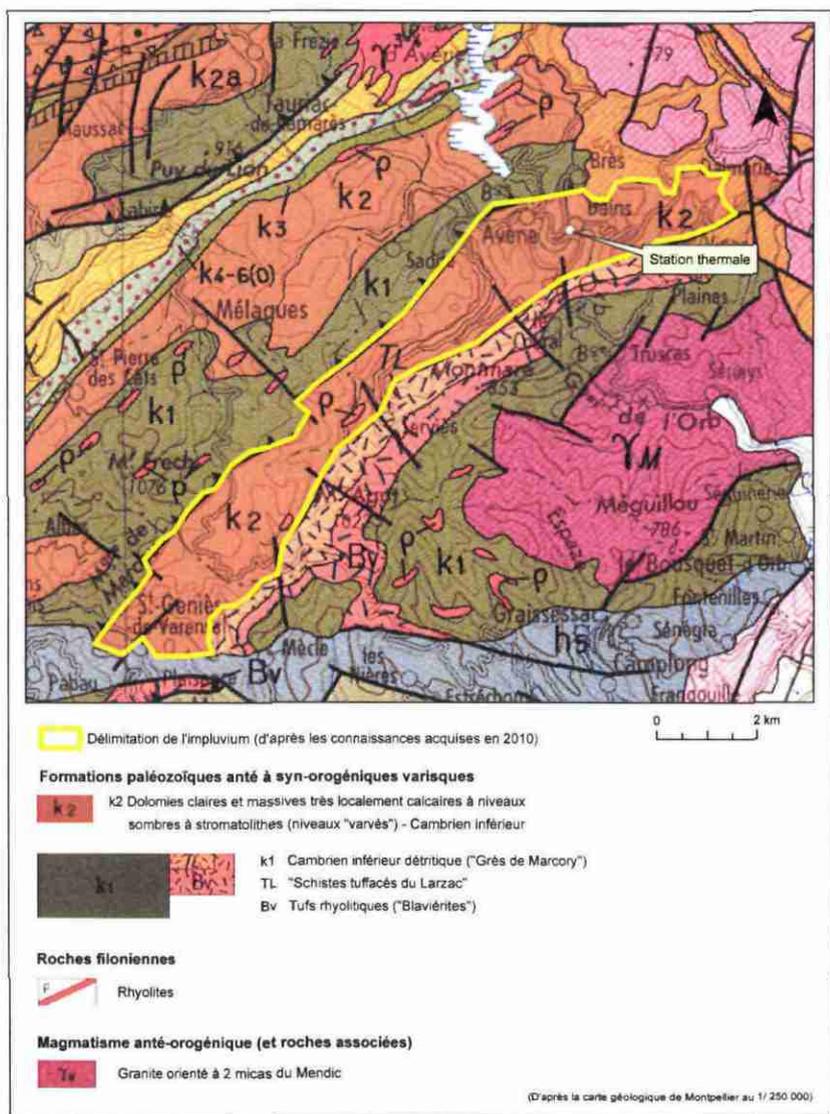


Illustration 8 : Délimitation de l’impluvium du circuit hydrominéral d’Avène

Les résultats d'analyses isotopiques réalisées en 1994 par le BRGM (cf. Laurence Chéry - rapport HYDR/N/94/180) permettent de préciser que le gisement hydrothermal est alimenté par des eaux météoriques et que le temps de parcours entre la zone d'infiltration des eaux de pluie et la zone d'émergence est de l'ordre de quelques dizaines d'années.

### **b) La zone de transit**

Les dolomies du Cambrien inférieur de l'unité géologique d'Avène-Mendic possèdent une porosité d'environ 2 %, et forment un système aquifère karstique faillé et fissuré. Le réservoir thermal est évalué à 240 Mm<sup>3</sup> (d'après les données du Laboratoire de l'Eau). Le fluide thermal atteindrait une profondeur comprise entre 700 et 850 m, et une température de 45 à 55 °C. Ces données ont été estimées à partir du géothermomètre de la silice (cf. rapport Berga Sud N° 34/019AY01079).

L'analyse isotopique du tritium présent dans l'eau thermale émergente (cf. rapport BRGM 89 LRO 791 PR) montre que celle-ci résulte d'un mélange entre des eaux anciennes et des eaux plus récentes (infiltrées après les essais nucléaires des années cinquante). L'illustration 9 ci-après permet d'apprécier la proportion de ce mélange pour certaines émergences naturelles d'Avène.

Source	% d'eau ancienne
Sainte Odile	60
Cresson	30
Maronnier	46
du Pont	30
Beau Désert Aval	78

*Illustration 9 : Proportion de mélange eau ancienne/eau récente pour diverses sources (d'après le rapport BRGM 89LRO791PR)*

Des études hydrogéologiques menées par Jean-Louis Teissier (cf. rapport Aigha 2005) et par Berga Sud (cf. rapport N° 34/019AY01079) concluent que le gisement hydrothermal est indépendant hydrauliquement des eaux superficielles.

Les remontées d'eaux thermales sont guidées par des accidents tectoniques comme la faille des Bains d'Avène et par la présence de bancs de dolomies « varvées ». La circulation du fluide s'effectue à la base de ces bancs imperméables. Des cavités karstiques permettant la circulation d'eau thermale ont été identifiées, lors de la réalisation des plusieurs forages, entre 68 et 162 m à la base de bancs de dolomies « varvées ».

On distingue un aquifère thermal profond et plusieurs aquifères superficiels froids, dont les eaux peuvent être mélangées lors de l'ascendance des eaux thermales.

Malgré les données disponibles, la zone de transit reste toutefois une zone dont la caractérisation, aux sens géologique et géochimique, est toute relative.

### **c) La zone d'émergence**

Le secteur de la station thermale compte plusieurs émergences naturelles et artificielles. Les caractéristiques générales et la localisation de ces émergences sont données par les illustrations 10 et 11. Les sources numérotées de 1 à 17 ont été répertoriées par Jean-Louis Teissier en 1989, sur une carte à l'échelle 1/12 500. La précision du positionnement de ces sources, sur le fond cadastral (cf. illustration 11), est de l'ordre de quelques dizaines de mètres. On distingue des sources thermales, des sources froides (provenant d'aquifères superficiels) et des sources présentant une part d'eau thermale. Une grande partie des émergences naturelles a lieu dans les alluvions de l'Orb.

N° Inventaire	Nom de l'émergence	Coordonnées Lambert 2 Etendu*		Débit en m <sup>3</sup> /h	Température en °C
		X	Y		
1	Source Sainte Odile	662343,49	1861794,6	72 à 120 (estimé)	25,4
2	Source Cresson	662342,95	1861664,48	180 à 360 (estimé)	17
3	Source Galabru	662387,95	1861656,82	5 à 10 (estimé)	17
4	Source du Pont	662363,74	1861714,15	6 à 8 (estimé)	15,2
5	Source du Maronnier	662431,43	1861829,46	0,5 à 1 (estimé)	20,4
6	Source Modock	662633,65	1861873,29	2 à 3 (estimé)	18
7	Source du Cerisier	662727,08	1861860,18	Non estimé	Non mesurée
8	Source Beau Désert amont	662813,97	1861668,38	10 à 15 (estimé)	14,7
9	Source du Charbonnier	662802	1861429	Non estimé	12
10	Source Beau Désert aval	662750,03	1861333,97	10 à 15 (estimé)	12,2
11		662349	1860985	Non estimé	12
12	Source de la prise d'eau	662305	1860917	Non estimé	12
13		660702,75	1861854,54	Non estimé	Froide
14	Source des Douzes	660733	1861865,69	Non estimé	11
15		660783,96	1861884,8	Non estimé	Froide
16	Source du Fraisier	661379	1862021	5 à 10 (estimé)	11,2
17	Emergence dans l'Orb	661733,72	1861513,19	Non estimé	Froide
18	Source de la Rode Basse	662265,77	1860947,77	Non estimé	Froide
19	Forage Sainte Odile	662328,74	1861886,41	70 (autorisé)	26
20	Forage Cresson	662333,11	1861692,34	Non mesuré	17
21	Forage Valdorb	662697,58	1861688,05	80 (autorisé)	21

*Illustration 10 : Sources et forages du secteur d'Avène*

\* Les coordonnées sont définies par rapport au positionnement des émergences sur le fond cadastral, sous le logiciel ArcGIS (cf. illustration 10).

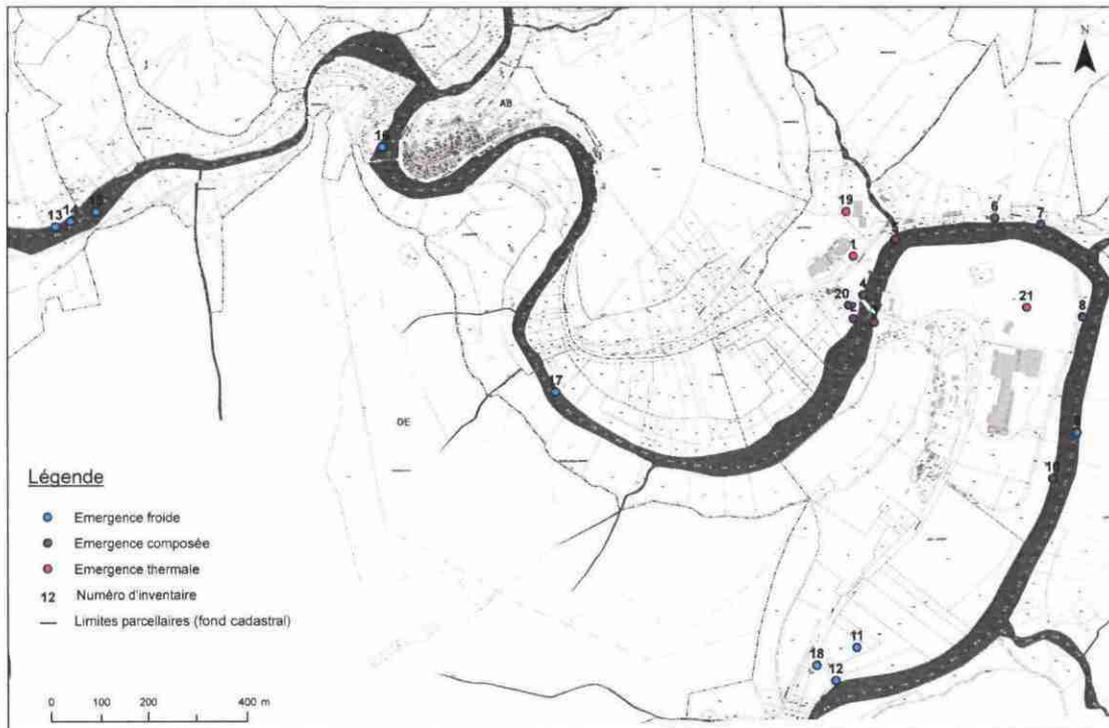


Illustration 11 : Situation des émergences aux alentours de la station thermale

### • La source historique

La source historique est la source Sainte Odile. Elle a été découverte en 1736 et a longtemps alimenté les thermes. Elle n'est plus exploitée aujourd'hui. Cette source constitue l'exutoire thermal naturel le plus important.

### • Les forages

La ressource thermique est exploitée par deux forages. Le forage Sainte Odile (87 m) alimente les thermes et le forage Valdorb (180 m) répond aux besoins de l'usine de production et de la buvette des thermes.

Le forage Sainte Odile date de 2004, les travaux ont été supervisés par le bureau d'études Antéa. Cet ouvrage capte le même griffon thermal que la source Sainte Odile et observe depuis 2005 un débit compris entre 40 et 55 m<sup>3</sup>/h.

Le forage Valdorb a été réalisé en 1993 avec le BRGM comme maître d'œuvre. La zone productive est comprise entre 158 et 162 m de profondeur, à la base d'un banc de dolomies « varvées ».

D'un point de vue physico-chimique, les eaux thermales d'Avène, de minéralisation assez réduite (inférieure à 250 mg/l), ont un faciès bicarbonaté calcique et magnésien (cf. illustrations 12 et 13). Le rapport Ca/Mg, caractéristique de ces eaux, est proche de 2.

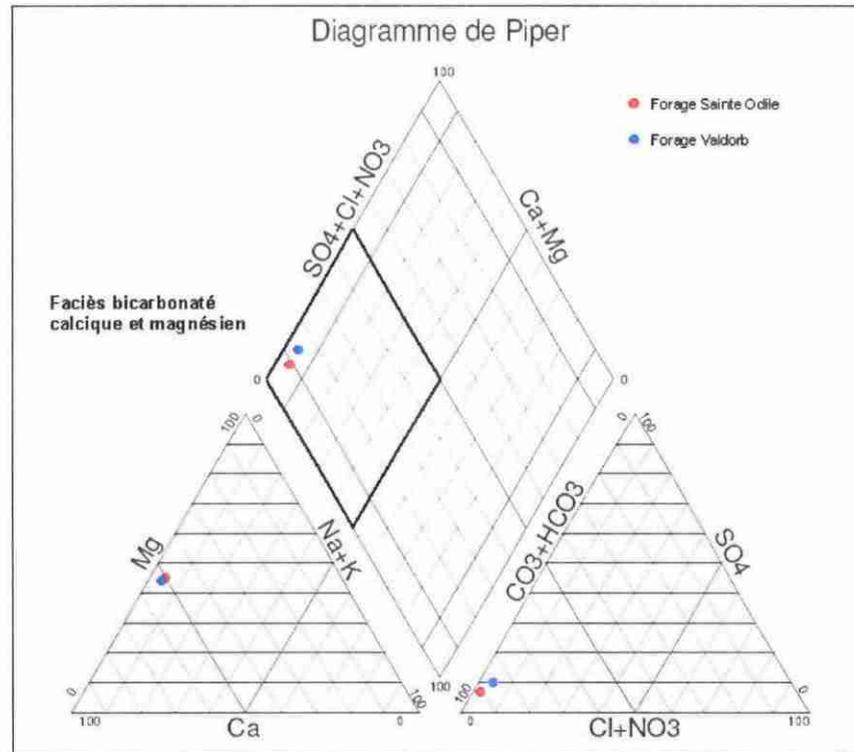


Illustration 12 : Physico-chimie des fluides exploités à Avène-les-Bains dans le diagramme de Piper

La présence d'arsenic dans le fluide thermal est l'une des particularités du fluide exploité à Avène-les-Bains (cf. illustration 13). Pour la source Sainte Odile et son recaptage, le forage Saint Odile, les teneurs observées sont supérieures à la norme AEP fixée à 10 µg/l.

L'origine naturelle de l'arsenic, liée à la géologie du secteur, est l'hypothèse retenue pour cet élément. Les concentrations en arsenic sont stables dans le temps.

A ce jour, le site thermal d'Avène-les-Bains dispose de peu d'information quant à (aux) l'élément (s) du fluide qui lui confère(nt) ses propriétés dermatologiques.

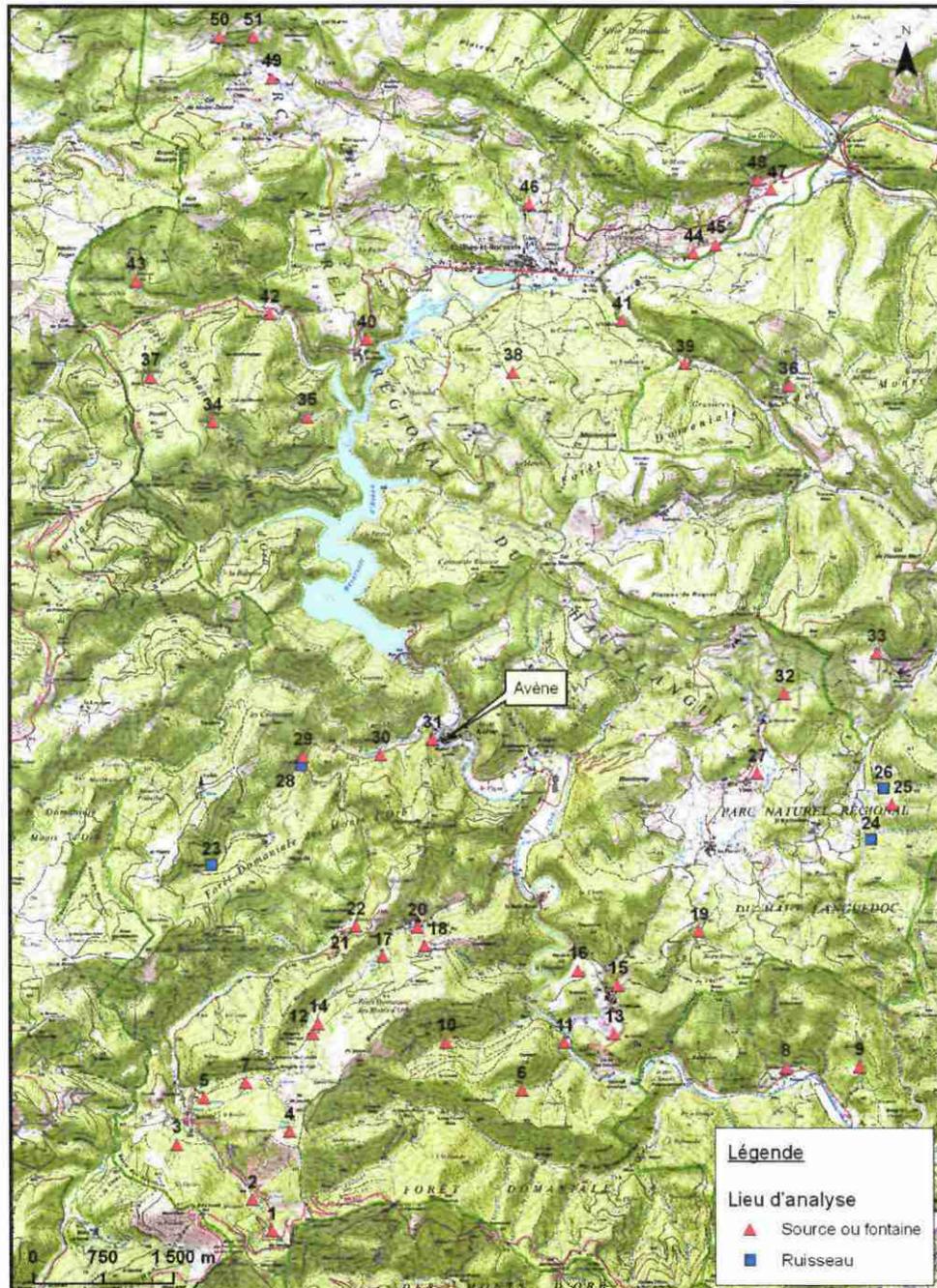
Lieu d'analyse	Source Sainte Odile	Forage Sainte Odile	Forage Valdorb
Date de l'autorisation	06/02/1987	20/08/2007	04/09/1998
T° C	25,4	25,9	21,3
pH	7,4	7,6	7,5
CE à 20°C (µS/cm)	337	349	475
HCO3 (mg/l)	218,4	230	271,5
Cl (mg/l)	5,8	<5	5,5
SO4 (mg/l)	12,4	14	24,9
NO3 (mg/l)	1,1	1,5	1,3
Ca (mg/l)	40,8	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

*Illustration 13 : Composition physico-chimique des eaux d'Avène (extraits des analyses de référence)*

Outre les ouvrages exploités pour les besoins de l'établissement thermal et de l'usine de produits dermatologiques, il existe dans le secteur de nombreuses sources. Un inventaire de ces sources a été réalisé dans le cadre des actions menées par le Pôle d'Excellence Rurale « Eau, Nature et Santé » dont Avène-les-Bains fait partie, depuis 2007.

En 2010, un grand nombre de ces sources ainsi que des cours d'eau ont été analysés. Les secteurs qui ont fait l'objet de prélèvements à proximité de la station thermale sont présentés par la carte de l'illustration 14 ci-après.

Les résultats de ces analyses sont présentés en annexe 1. La plupart des eaux analysées ont un faciès bicarbonaté calcique. Certaines d'entre elles se distinguent par des teneurs relativement élevées pour certains métaux tels que l'arsenic, le zinc ou le cuivre. C'est le cas notamment de la source du Duc (N° 19), de la fontaine des Allemands (N° 34), de la source les Tieules (N° 37), de la source de Lascours (N° 42) et de la source de Bournac (N° 43).



(Données extraites d'analyses réalisées dans le cadre du Pôle d'Excellence Rurale sur la communauté de communes d'Avène, Orb et Gravezon. IGN/BRGM®)

Illustration 14 : Lieux d'analyses réalisées par le Pôle d'Excellence Rurale

Le recensement et l'analyse de ces sources et de certains secteurs de surface (ruisseau) permettent de disposer de données pertinentes quant au contexte chimique local et de premiers éléments d'appréciation quant à l'impact potentiel d'activités anthropiques.

## 2.3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

### 2.3.1. Données générales sur le secteur de l'impluvium

La commune d'Avène est située dans le Parc Naturel Régional du Haut Languedoc, ce qui implique une présence limitée et contrôlée des activités polluantes sur ce territoire. L'illustration 15 permet d'apprécier l'occupation du sol de la zone étudiée. Le secteur de l'impluvium du gisement hydrothermal est composé essentiellement de forêts et est dépourvu, a priori, d'activités humaines marquées. Ce type d'environnement permet de considérer que l'impluvium bénéficie d'une protection appréciable au sens de la préservation de la qualité des eaux qui s'infiltrent.

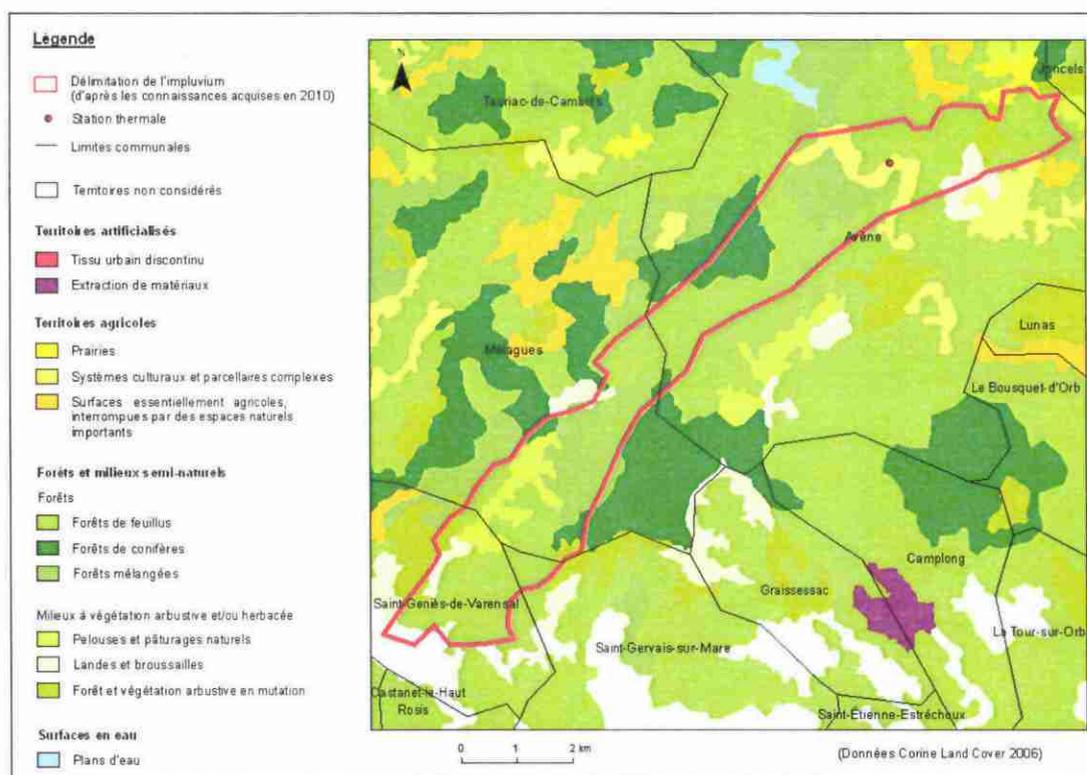


Illustration 15 : Occupation du sol sur le secteur de l'impluvium

### 2.3.2. Données générales au voisinage de la station thermale

Les sources potentielles de pollution aux alentours d'Avène ont été recensées en 2009 par Guillaume Tarabbo (cf. illustration 16). Les conclusions de ce travail sont les suivantes :

- Les activités agricoles sont peu nombreuses sur le secteur considéré. Les zones cultivées sont regroupées sur les rives de l'Orb et à l'Est de la station thermale. Ces zones représentent un risque de pollution pour l'environnement, notamment par l'utilisation de produits phytosanitaires. Des zones de friche sont souvent associées aux surfaces cultivées comme lieux de stockage. Concernant les élevages, 7 sites ont été identifiés. Il s'agit essentiellement d'élevages de chèvres

et de brebis, pour la production de fromages. Il n'existe à ce jour aucun partenariat avec les agriculteurs pour protéger l'environnement ;

- La station d'épuration d'Avène, gérée par le groupe Véolia, traite les effluents de l'usine de production (majoritaires) et ceux de la commune. Cette station est dimensionnée pour 3500 équivalents habitants et déverse les effluents traités dans l'Orb ;
- Le réseau routier (la D8 est la route la plus importante qui traverse Avène) et les zones de parking sont des lieux privilégiés pour la présence d'huiles et d'hydrocarbures ;
- Les anciennes mines et carrières situées dans la région peuvent également constituer des sources de pollution ;
- Les autres sources potentielles de pollution recensées sont des décharges sauvages, les habitations non raccordées au réseau d'assainissement et un chenil ;
- L'unité de production du groupe Pierre Fabre a été classée par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse, d'après l'exploitation des données redevances, comme pression toxique non négligeable pour l'environnement (cf. rapport « Démarche expérimentale. Etat chimique du bassin versant de l'Orb » publié en janvier 2009 par l'unité Données et Redevances de la délégation régionale de Montpellier de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse).

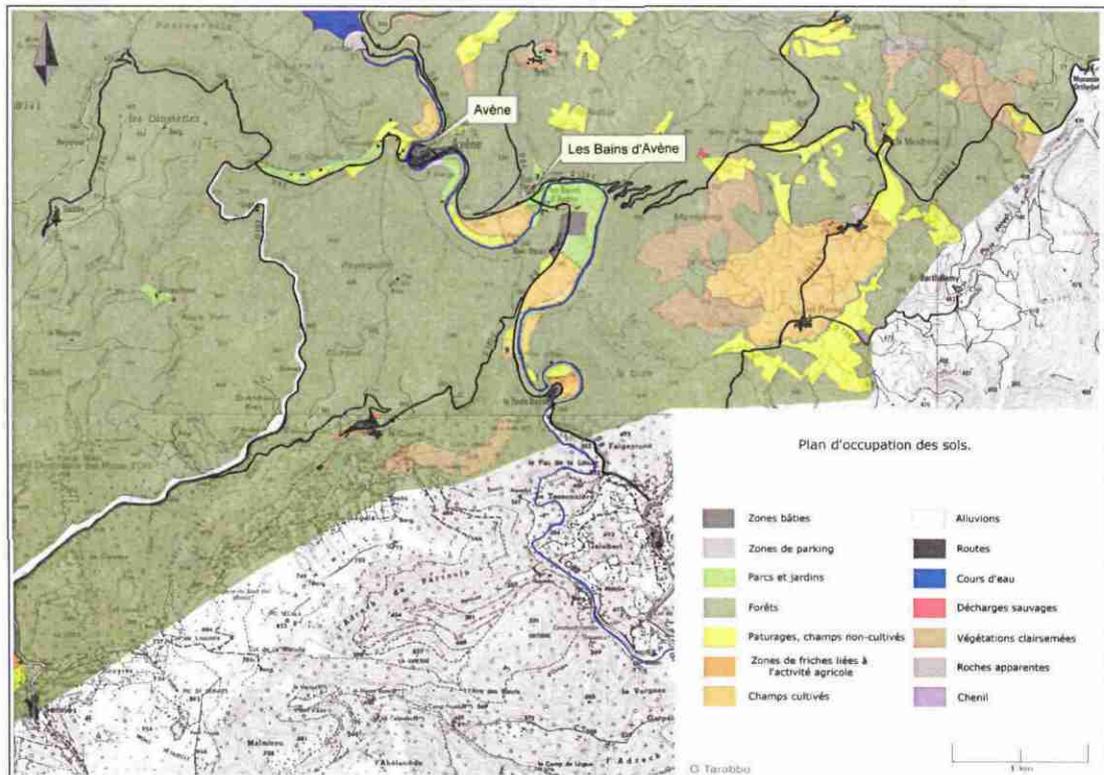


Illustration 16 : Occupation du sol sur le secteur d'Avène (Tarabbo 2009)

## 2.4. COMMUNICATION/SENSIBILISATION

Le Laboratoire de l'Eau situé à Avène est un laboratoire de recherche qui travaille à l'amélioration de la connaissance du gisement thermal et de sa protection. Cette entité joue également un rôle important dans la communication et dans la transmission de son savoir. Dans ce but, le Laboratoire met en œuvre diverses actions :

- Visite des installations et organisation de séances pédagogiques durant lesquelles sont présentés la ressource thermique, le contexte géologique du site, ainsi que diverses eaux minérales européennes. Ces présentations ont lieu chaque semaine pour les nouveaux curistes et dans le cadre d'évènements tels que la « Fête de l'Eau, de la Nature et du Patrimoine » (du 28 juillet au 8 août 2010) pour le grand public.
- Elaboration de supports d'information, accessible à tous, sur les thèmes de l'Eau et la Santé. Ce support est composé de généralités sur l'eau et la santé et d'une description de la ressource thermique d'Avène (contextes géologique et hydrogéologique, thermalisme scientifique).

En dehors de ces approches de communication développées à l'attention principalement des curistes et des consommateurs de produits cosmétiques, il n'existe pas d'action d'ampleur de sensibilisation des habitants du secteur.

## 2.5. ASPECT REGLEMENTAIRE

D'un point de vue réglementaire, la ressource thermique bénéficie, de façon directe ou indirecte, de plusieurs outils de protection, tant au niveau de l'impluvium qu'au niveau des émergences.

### 2.5.1. Au niveau de l'impluvium

#### ***a) Protection liée aux dispositions du patrimoine naturel***

Un inventaire du patrimoine naturel français a été effectué par le Muséum national d'Histoire naturelle. Celui-ci a donné lieu à la délimitation de zones géographiques en fonction de la richesse du patrimoine naturel qu'elles possèdent. Les objectifs d'une telle délimitation sont de mieux connaître le patrimoine français et de le protéger par une gestion adaptée des milieux naturels et des paysages. L'impluvium du gisement thermal (défini précédemment) est concerné par 4 types de zones. Elles sont présentées par les illustrations 17 et 18.

Type d'entité	Nom de l'entité	
Parc Naturel Régional (PNR)	Haut-Languedoc Grands Causses	
Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF)	type 1	Pelouse de Marcounet
	type 2	Forêt des Monts d'Orb Crêtes du Mont Marcou et des Monts de Mare
Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)	Montagnes de Marcou, de l'Espinouse et du Caroux	
Site du réseau Natura 2000	Crêtes du Mont Marcou et des Monts de Mare	

Illustration 17 : Zones de protection réglementaire dans le secteur de l'impluvium d'Avène-les-Bains

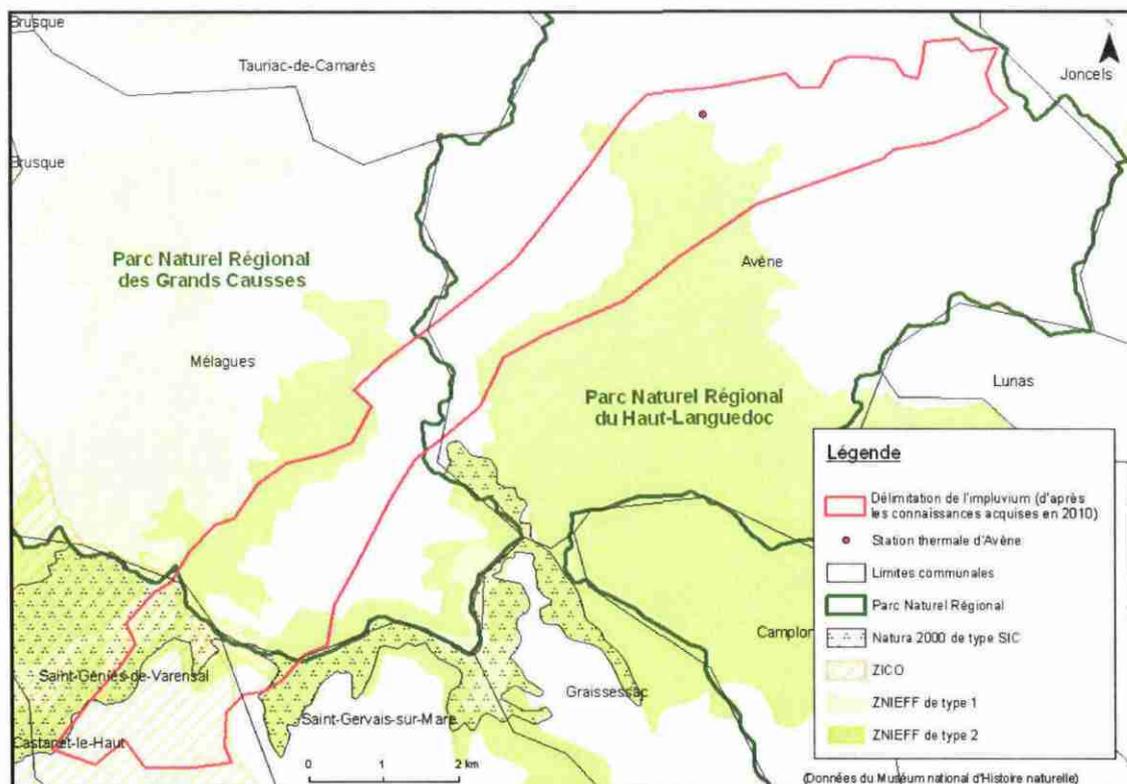


Illustration 18 : Carte des zones de délimitation du patrimoine naturel dans le secteur d'Avène-les-Bains

### • Réglementation liée aux PNR

La commune d'Avène est située dans la partie nord-est du Parc Naturel Régional du Haut-Languedoc. L'impluvium s'étend sur ce dernier ainsi que sur le Parc Naturel Régional des Grands Causses.

Un Parc Naturel Régional (PNR) est créé par des collectivités territoriales. Son territoire est reconnu par l'Etat et classé par un décret ministériel pour 12 ans maximum. Chaque PNR dispose d'une charte, signée par les collectivités locales, qui définit les orientations et les actions d'aménagement, de protection et de mise en valeur de ce territoire. Cette charte est consultée et prise en compte lors de l'établissement de documents d'urbanisme tels que les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT) ou les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU).

### • Réglementation liée aux ZNIEFF

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) jouent un rôle d'inventaire du patrimoine naturel mais ne possèdent pas de valeur juridique directe pour la protection des espaces naturels. Ces zones constituent des outils d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire car elles doivent être considérées lors de la réalisation d'études d'impact et de documents d'urbanisme.

Il existe deux types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type 1 sont définies (d'après les DREAL) comme des secteurs de superficie généralement limitée qui abritent au moins une espèce ou un milieu naturel remarquable ou rare (ex : loutre, tourbière...).
- Les ZNIEFF de type 2 sont définies (d'après les DREAL) comme de grands ensembles naturels riches, peu modifiés par l'Homme ou offrant des potentialités biologiques importantes (massifs forestiers, plateaux). Les zones de type 2 peuvent inclure des zones de type 1.

### • Réglementation liée aux ZICO

Les Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), aussi appelées Zones d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux, abritent des espèces d'oiseaux sauvages reconnues d'importance communautaire ou européenne. Elles n'ont pas de portée juridique directe. Certaines d'entre elles peuvent être désignées comme Zone de Protection Spéciale (ZPS), cette appellation permettant aux ZICO qui en bénéficient d'être intégrées au réseau Natura 2000.

### • Réglementation liée aux sites Natura 2000

Le réseau Natura 2000 est un réseau européen qui regroupe des zones pour la conservation de certains types d'habitats naturels et certains types d'habitats d'espèces (Zones Spéciales de Conservation, ZSC) et des zones pour la conservation d'espèces d'oiseaux ciblées (Zones de Protection Spéciale, ZPS).

Pour chaque site Natura 2000, l'Etat définit des objectifs de gestion durable (revus tous les 6 ans) pour le territoire concerné. Cette gestion doit concilier la protection du patrimoine naturel classé et les activités anthropiques.

Les crêtes du Mont Marcou et des Monts de Mare, en partie situées sur l'impluvium, font partie du réseau Natura 2000 comme site d'intérêt communautaire (SIC) car elles regroupent quatre espèces particulières de chauves-souris.

### ***b) Protection liée à des captages AEP<sup>1</sup>***

Une grande partie de l'impluvium est couverte par des périmètres de protection liés à divers captages exploités pour l'alimentation en eau potable (cf. illustration 19). D'après les informations disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM, ces captages sont au nombre de 3 : il s'agit de la source de Foncaude, de la source de la Rode Basse et de la source des Douzes.

Ces captages possèdent des périmètres de protection rapprochée (PPR) et /ou éloignée (PPE) régis par des réglementations particulières.

- **Réglementation liée au périmètre de protection rapprochée**

Un périmètre de protection rapprochée délimite une zone où toutes les activités potentiellement polluantes sont interdites ou soumises à une réglementation rigoureuse. Il peut s'agir de rejets, d'épandage (compost, produits phytosanitaires, boues de station d'épuration, ...), de zones de stockage (produits dangereux), de la construction et de la modification de voies de communication, d'exploitation de matériaux ou encore de la création ou de l'agrandissement de cimetières.

- **Réglementation liée au périmètre de protection éloignée**

L'établissement d'un périmètre de protection éloignée n'est pas obligatoire. Ce périmètre peut être mis en place pour limiter les activités pouvant polluer la ressource captée, grâce à une réglementation spécifique.

---

<sup>1</sup> AEP = Alimentation en Eau Potable

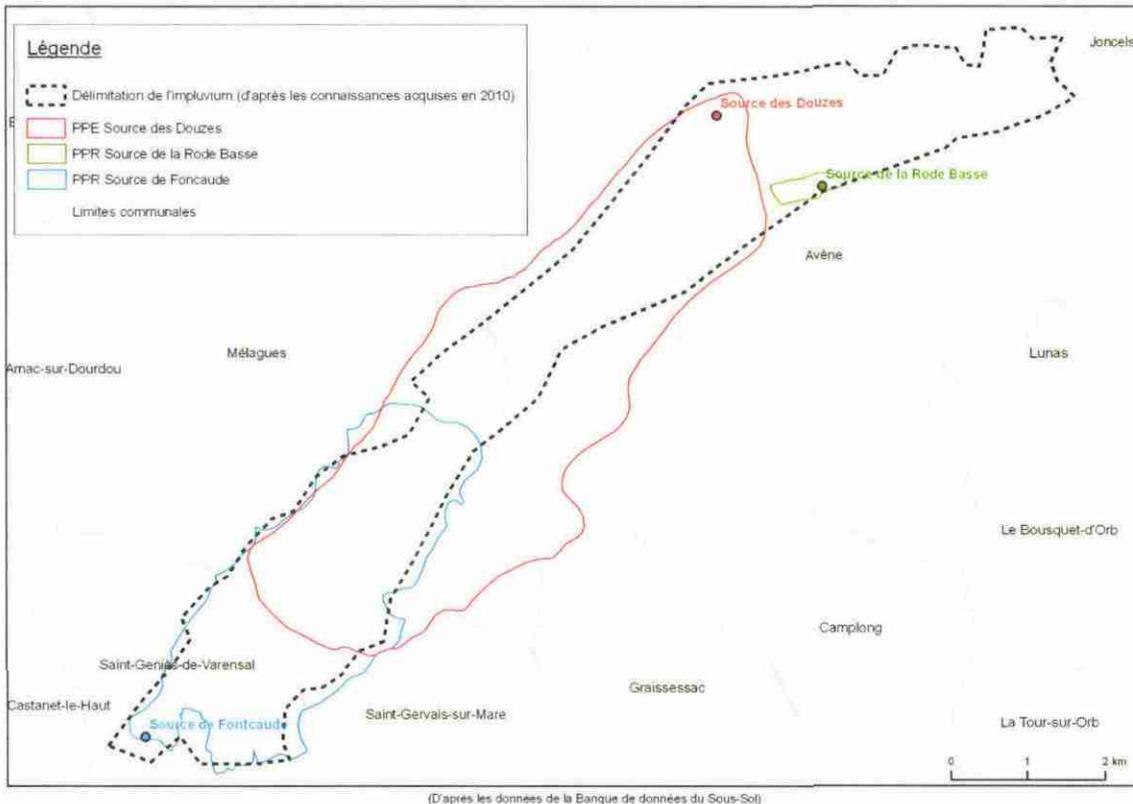


Illustration 19 : Périmètres de protection de captages AEP du secteur de l'impluvium

## 2.5.2. Au niveau des émergences

La source Sainte Odile, son recaptage et le forage Valdorb disposent d'une protection spécifique liée à la réglementation des eaux minérales. On distingue pour les ouvrages du site d'Avène-les-Bains les deux dispositifs réglementaires suivants :

- D'une part les Périmètres Sanitaires d'Emergences (PSE) définis par les arrêtés ministériels d'autorisation de chaque source (cf. illustration 20). Les forages Sainte Odile et Valdorb possèdent chacun un PSE défini par leurs arrêtés ministériels d'autorisation d'exploiter (AMA) respectifs.  
Les PSE établis pour les ouvrages « eau minérale » autorisés du secteur d'Avène-les-Bains sont les parcelles spécifiées dans le tableau ci-après.
- D'autre part, un périmètre de protection (DPP) établi au titre d'une Déclaration d'Intérêt Public (DIP). Ces procédures de protection (DIP et DPP associé) sont rares et peu utilisées car la décision au plus haut niveau de l'Etat (Conseil d'Etat) est difficile à obtenir. La source Sainte Odile bénéficie de cette procédure DIP et DPP associé.

Le périmètre établi au titre de la DIP est un cercle centré sur la source, de 350 m de rayon soit une superficie de 38,48 ha (cf. illustration 21). Ce périmètre englobe le forage Sainte Odile, le forage Cresson et plusieurs sources présentant une part d'eau thermale. Le forage Valdorb n'est pas inclus dans le périmètre de protection

de la source Sainte Odile. Une demande de délimitation d'un périmètre de protection pour la source Valdorb, au titre de la DIP et datée du mois de septembre 2000, n'a pas aboutie. Le périmètre de protection demandé par J.-L. Teissier pour la source Valdorb est présenté en annexe 2.

Nom de l'émergence	AMA	DIP	DPP	PSE
Source Sainte Odile	02/12/1991	23/11/1874	18/02/1992	
Forage Sainte Odile	20/08/2007			Parcelles n° 767 (non identifiée sur le cadastre) et n° 769
Forage Valdorb	04/09/1998			Parcelle n° 141 de 1,245 ha (non identifiée sur le cadastre)

Illustration 20 : Situation administrative de la source historique et des forages exploités

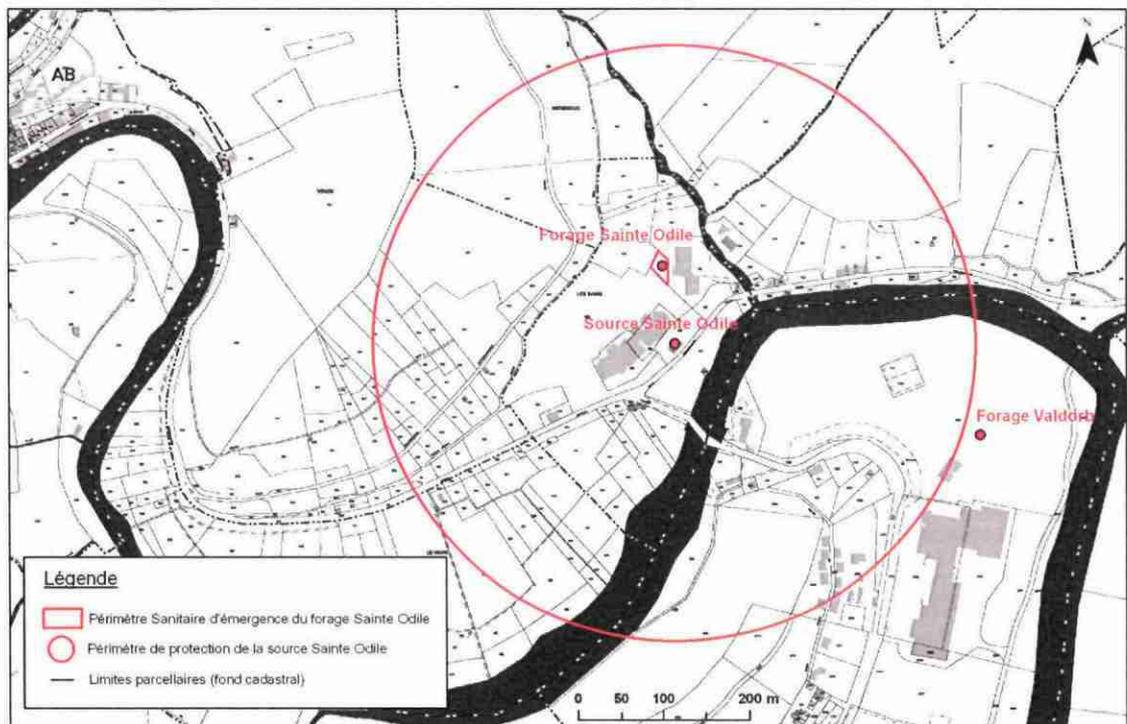


Illustration 21 : Carte de situation des périmètres de protection des ouvrages exploités du site d'Avène-les-Bains

Compte tenu des nombreuses dispositions réglementaires en place dans le secteur et dont bénéficie le gisement d'Avène-les-Bains, on peut estimer qu'un niveau de protection déjà notable existe, au moins pour le secteur de l'impluvium.

## **3. Apport spécifique du site « test » étudié au projet PRESCRIRE**

### **3.1. NOTION D'APPORT SPECIFIQUE**

Il convient de rappeler que le projet PRESCRIRE a pour objet d'apprécier les conditions de préservation de la qualité de la ressource en eau souterraine et de protection du gisement sur la base de l'analyse de plusieurs sites « test ». Avène-les-Bains est un de ces sites « test ».

Pour chaque site « test » analysé, il a été retenu d'identifier un point fort spécifique, de manière à illustrer, à partir de l'exemple <sup>2</sup>, l'intérêt de réaliser telle ou telle investigation ou de mener telle ou telle action pour faire avancer la problématique.

Divers points forts ont émergé des réflexions entreprises entre les partenaires du projet PRESCRIRE (exploitants, institutions, collectivités, équipe de projet BRGM) et les experts thématiques du BRGM (géologue, structuraliste, géochimiste ...).

La connaissance, clé de la compréhension d'un système, concerne de multiples domaines. Les experts consultés ont permis d'apporter leur expérience (de recherche notamment) à la notion de caractérisation d'un contexte hydrogéologique dans son environnement (naturel et anthropique). Quelques points forts spécifiques ont ainsi d'ors et déjà été listés pour guider la démarche. On citera :

- Analyse isotopique pour juger de la présence ou non d'éventuels mélanges entre eaux aux durées de transit distinctes (eau ancienne et eau récente),
- Etude de la caractérisation structurale d'un contexte local d'émergence pour apprécier l'extension relative d'un secteur d'émergence,
- Analyses chimiques pour apprécier le transit en profondeur et les conditions d'acquisition de la minéralisation (contact eau/roche),
- Etude cartographique géologique à l'échelle locale pour caractériser les différents faciès et pour relativiser le rôle des différents horizons,
- Analyse en laboratoire d'échantillons de roches (microscope polarisant) pour caractériser la composition des roches et apprécier leur structure interne,
- Essais d'interférence entre ouvrages par approche numérique spécifique (diagnostic, modélisation des données numériques) pour apprécier la compartimentation hydrogéologique locale (géométrie, perméabilité, flux),

---

<sup>2</sup> Chaque site « test » a contribué, par son implication dans la réflexion menée par le projet et financièrement à la réalisation d'investigations complémentaires (sommaires et très ciblées) destinées à illustrer une composante spécifique de la notion de préservation et de protection.

- Analyse physico-chimique de détail (éléments traces) du fluide exploité et calage des résultats sur le fond géochimique régional pour juger de la présence ou non d'une anomalie géochimique (naturelle) locale,
- Définition de la signature isotopique élémentaire d'une ressource locale pour disposer d'éléments d'appréciation quant au secteur de recharge du gisement,
- Analyse de la perception sociétale de la (des) commune (s) impliquée (s) dans un secteur à protéger pour apprécier la nécessité relative de communiquer sur la notion de protection et sur les contraintes environnementales,
- Etude d'un mode de communication / sensibilisation de l'environnement humain d'un site à protéger à l'aide d'un outil de vulgarisation (plaquette),
- .....

Cette liste, non exhaustive, ne constitue qu'une première énumération de points forts qui pourront, très probablement, être pris en compte dans le cadre de l'analyse des sites « test », selon les particularités locales.

### **3.2. APPORT SPECIFIQUE DU SITE D'AVENE-LES-BAINS**

Avène-les-Bains se situe dans un environnement géologique qui a fait l'objet de nombreuses études, celui des nappes du versant nord de la Montagne Noire.

La région d'Avène-les-Bains est caractérisée pour l'essentiel par des formations sédimentaires d'âge cambrien inférieur à moyen (environ 540-520 Ma). Les sédiments, d'abord détritiques (K1 : Grès de Marcory) avec des passées volcanosédimentaires, ont évolué vers des faciès carbonatés avec une masse importante (1000 m) de dolomies claires (K2a), d'abord vacuolaire ou massive, puis plus litée (faciès de plateforme interne peu profonde à stromatolithes) pour finir par une récurrence de dolomie massive peu puissante à traces de stratification entrecroisée témoignant de conditions plus profondes. L'étude sédimentologique (Lescuyer et Giot, 1987) dans la région d'Avène-les-Bains, de Mélagues et de Brusque a permis d'effectuer une reconstitution palinspatique qui montre l'évolution des profondeurs de dépôts entre la séquence initiale (A) et la séquence finale (C). Plus précisément, dans le secteur d'Avène-les-Bains, plus de 1800 m de coupes géologiques ont été levés. Ils permettent entre autre de montrer l'évolution du milieu de dépôt des sédiments. De l'échelle cartographique à l'échelle de l'observation sur affleurement, les données de ce secteur sont donc considérables.

Au cours de l'orogénèse hercynienne, l'ensemble de ces formations a été affecté par une tectonique tangentielle qui a fait se chevaucher les trois unités les unes sur les autres : à la base l'unité d'Avène-Mendic, puis de Mélagues et enfin de Brusque. Postérieurement à cette déformation, se sont mis en place des granites tardi-hercyniens (290 Ma) et leur cortège rhyolitique filonien. Ces intrusions filoniennes s'accompagnent de réajustements structuraux qui bréchifient les roches aux épontes et permettent leur altération hydrothermale. Ces brèches jouent alors le rôle de drains et permettent la circulation de fluides minéralisés associés au granite de Faulat.

Le dépôt des minéralisations polymétalliques va s'effectuer à proximité des zones de circulation hydrothermale. En particulier, à la Rabasse, on observe la substitution de carbonates par des minéralisations au sommet des dolomies du Cambrien inférieur (Lescuyer et Giot, 1987).

D'un point de vue géologique et métallogénique, les données dans le secteur d'Avène-les-Bains sont nombreuses depuis l'échelle cartographique jusqu'à l'échelle de l'affleurement. En revanche, peu de travaux ont été consacrés à l'échelle microscopique.

Ainsi, il a été décidé de concentrer les investigations complémentaires à réaliser au niveau du site d'Avène-les-Bains sur l'analyse microscopique des lames minces disponibles<sup>(3)</sup>. La situation des lames minces disponibles est présentée par l'illustration 23. La liste des lames minces disponibles est, quant à elle, présentée en annexe 4.

### 3.3. DONNEES ACQUISES SUR LE SITE

Plusieurs lames minces ont fait l'objet d'une étude pétrographique au microscope optique. Les photos des illustrations 22 (au microscope optique) et 24 (à la loupe binoculaire) permettent de visualiser le type de données analysées lors d'une étude de lame mince.

Elles sont présentées selon l'ordre lithostratigraphique, de bas en haut.

- Lame II :** Intrabrèche - Roche constituée d'éléments micritiques carbonatés anguleux cimentés par une matrice carbonatée sparitique.
- Lame III :** Siltite calcareuse - Roche constituée d'éléments quartzeux détritiques et d'éléments monocristallins carbonatés en proportion égale, pas de litage visible mais niveaux à granulométrie variable. Présence de microphyllites, d'hydroxydes et d'opaques.
- Lame V :** Sparite silteuse - Roche constituée de grains de carbonates dans une matrice silteuse. Présence de microfissures colmatées par des hydroxydes.
- Lame VI :** Microsparite - Roche constituée essentiellement d'un niveau carbonaté cristallin avec localement des petits niveaux semblant plus déformés. Présence de niveaux silteux cryptocristallins et micritiques semblant encaisser l'essentiel de la déformation.
- Lame XII :** Sparite - Roche carbonatée à grains de taille homogène. Grains jointifs, pas de porosité apparente. Quelques grains de quartz semblant remplir des microcavités. Présence de quelques grains de carbonates limpides (carbonates secondaires ?) et d'hydroxydes.
- Lame XIV :** Micrite laminée. Roche carbonatée micritique à lamine sombre présentant une granulométrie variable. Présence de microcavités.

---

<sup>3</sup> La stratégie d'échantillonnage du site et la représentativité relative des lames minces disponibles n'ont pas été analysées par le projet. L'objectif du projet PRESCRIRE a été de montrer l'intérêt de l'utilisation de lames minces.

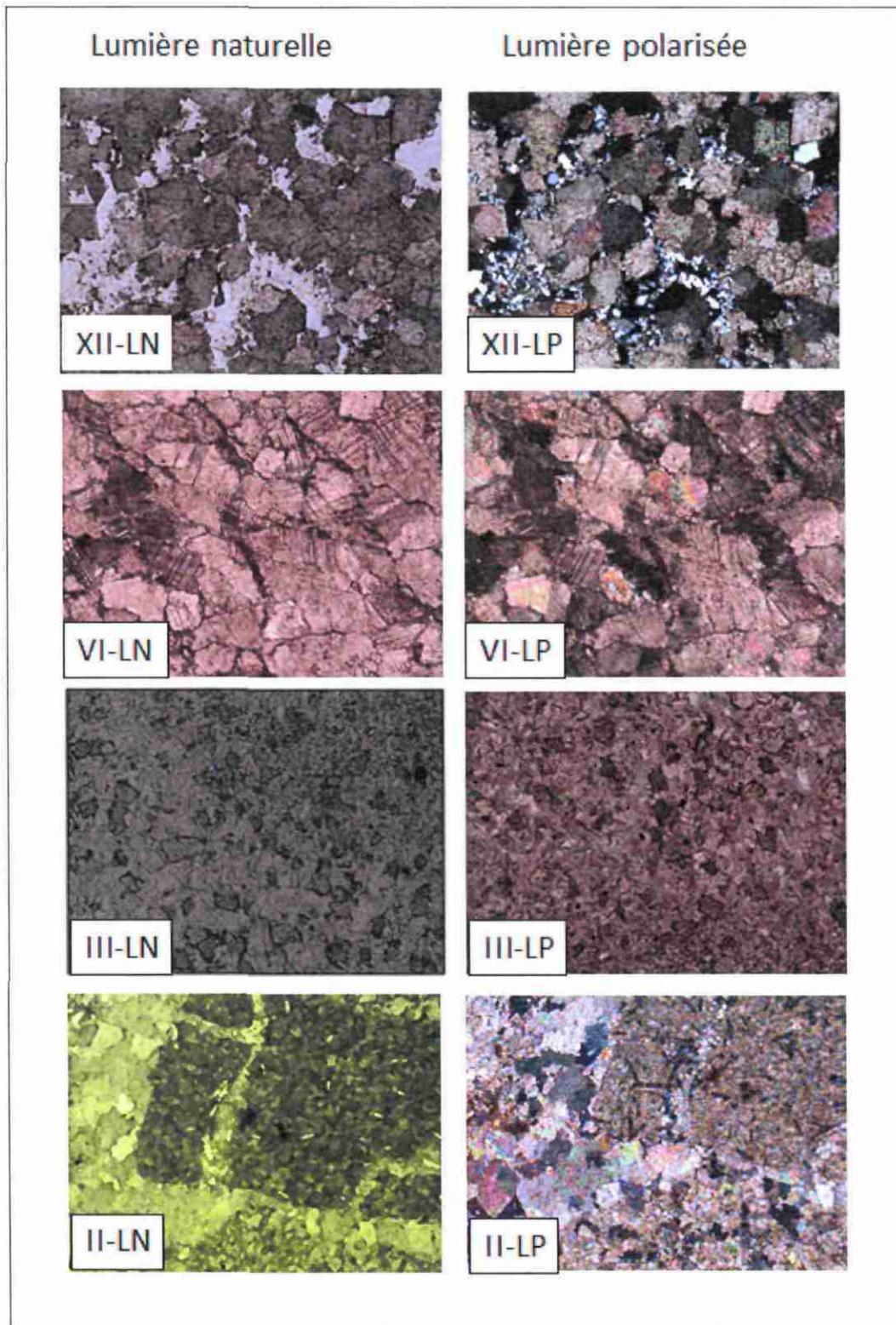
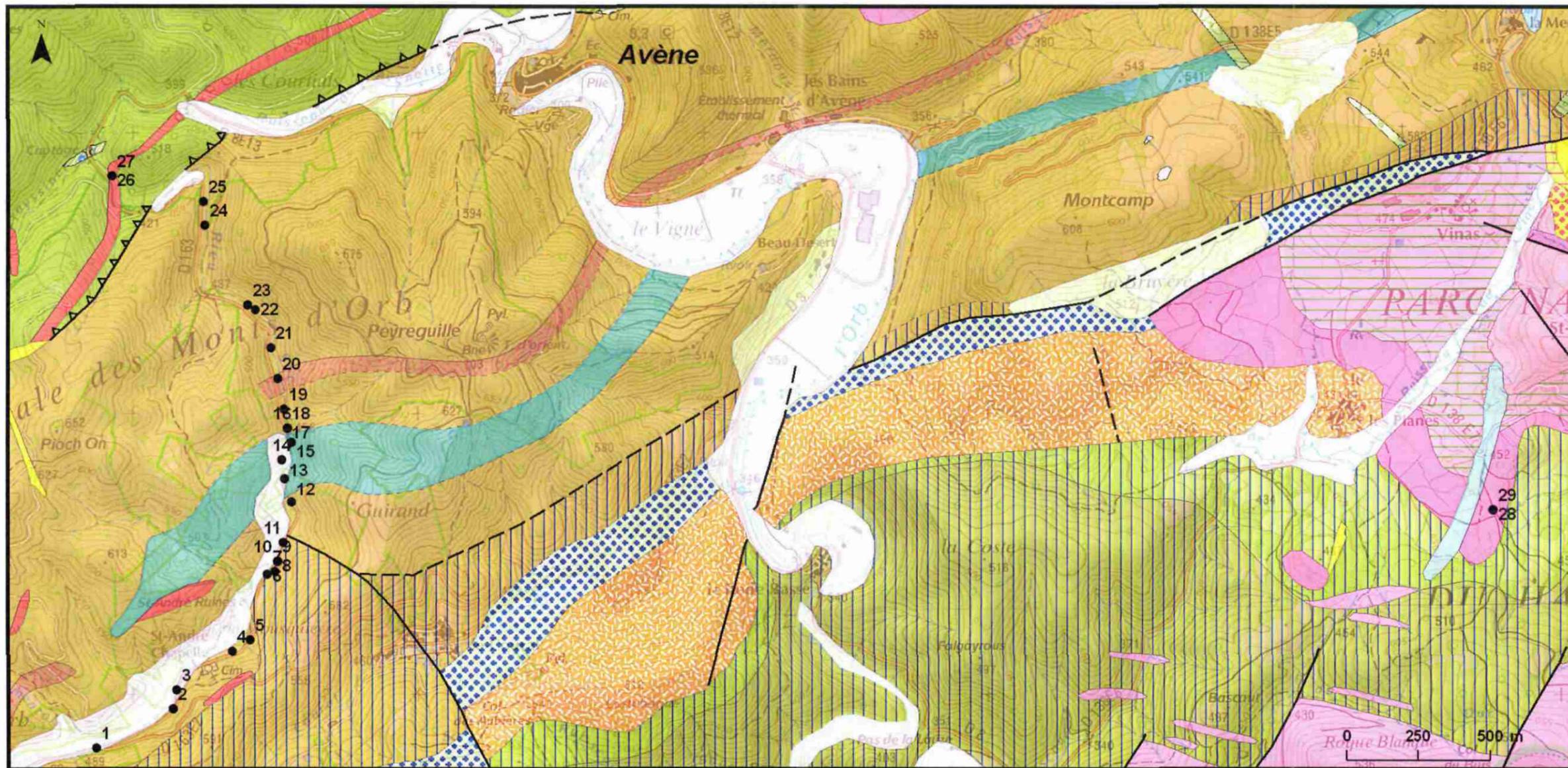


Illustration 22 : Exemples d'images d'observation de lames minces au microscope polarisant



( Carte géologique harmonisée de l'Hérault au 1/ 50 000, IGN/BRGM ©)

**Légende**

- Lieu de prélèvement
- 12 Numéro d'échantillon
- Alluvions argilo-sableuses à graviers et galets, limons des terrasses holocènes
- Colluvions: blocs ou débris avec matrice abondante à dominante limoneuse (Quaternaire)
- Eboulis de blocs et grandes masses glissées
- Silicification des roches carbonatées du Cambrien (surface d'érosion anté-triasique)
- Intrusions basaltiques (dykes, necks) - formations volcaniques de l'Escandorgue et d'Agde (Plio-Quaternaire)
- Argiles bariolées, niveaux grés-dolomitiques, gypse (Carnien - Norien)
- Formation calcaréo-dolomitique - Dôme de Gorniès (Ladinien - Carnien)
- Formation argilo-gréseuse - Dôme de Gorniès (Ladinien - Carnien)
- Argiles et grès moyens (Anisien - Ladinien)
- Argiles versicolores (Olénékien - Anisien)
- Grès de base (Olénékien)

- Dolomie massive de l'unité d'Avène-Mendic, des unités de Fayet et de Brusque (Cambrien inférieur)
- Dolomie claire à structure en lamine ou à silex de l'unité d'Avène-Mendic (Cambrien inférieur)
- Calcaires à niveaux sombres à stromatolites - Unité d'Avène-Mendic (Cambrien inférieur)
- Alternance "grés-carbonatées" (surtout dolomie) à Archaeocyates et Olenopsis (Cambrien inférieur)
- Ensemble schisto-gréseux à grès rubanés à la base de l'enveloppe du Mendic - Unité d'Avène-Mendic (Cambrien inférieur)
- Schistes tuffacés du Layrac - Le Courral (Cambrien inférieur)
- "Blaviérites porphyroïdes" : tufs rhyolitiques et brèches (Cambrien inférieur)
- Grès à faciès "Marcory" et à passées de schistes bleu-noir - Unité d'Avène-Mendic (Cambrien inférieur)
- Grès, grès et pélites, ensemble schisto-gréseux, brun-vert, à grès rubanés de Marcory (Cambrien inférieur)
- Granite à deux micas du Mendic, plus ou moins schistosé et satellites filonien (Carbonifère)
- Filon de quartz
- Filon de quartz minéralisé
- Micro-granite, aplite et pegmatite
- Lacs, étangs, cours d'eau

Illustration 23 : Carte de localisation des lames minces sur fond géologique harmonisé



- Lame XV :** Sparite - Roche carbonatée présentant quelques éléments micritiques. Grains jointifs. Présence de quelques microfissures colmatées pour l'essentiel par des hydroxydes.
- Lame XVI :** Sparite - Roche carbonatée massive, à granulométrie variable, grains jointifs. Présence d'un petit niveau (zone d'infiltration de fluide ?) où l'on retrouve des carbonates microcristallins, quelques hydroxydes et du quartz.
- Lame XVII :** Contact entre une roche carbonatée massive et un niveau silteux. Dans le niveau silteux : infiltration de fluides carbonatés.
- Lame XVIII :** Roche carbonatée micritique laminée à granulométrie variable avec nombreux micrograins opaques et quelques rares grains de quartz et d'hydroxydes.
- Lame XX :** Micrite - Roche carbonatée micritique mais présentant des niveaux à granulométrie variable. Grains jointifs. Présence de microfissures colmatées par des hydroxydes.
- Lame XXI :** Sparite - Roche carbonatée à grains de taille homogène. Grains jointifs, pas de porosité apparente. Présence de quelques éléments lenticulaires micritiques.
- Lame XXIII :** Sparite - Roche carbonatée litée et microplissée présentant des niveaux à grains de taille variable, tantôt sparitique tantôt micritique. Aux charnières des microplis, la roche se fissure et l'on observe une recristallisation de carbonates, de rares quartz et quelques hydroxydes.
- Lame XXIV :** Sparite - Roche carbonatée à grains de taille variable, non jointifs. Présence de microcavités de forme variable qui témoignent d'une dissolution partielle de la roche.
- Lame XXV :** Micrite - Roche carbonatée laminée constituée d'une alternance de lamines à granulométrie distincte. Présence de nombreuses fissures tantôt partiellement ouvertes, tantôt partiellement colmatées par la cristallisation de carbonates secondaires, de quartz et d'hydroxydes.

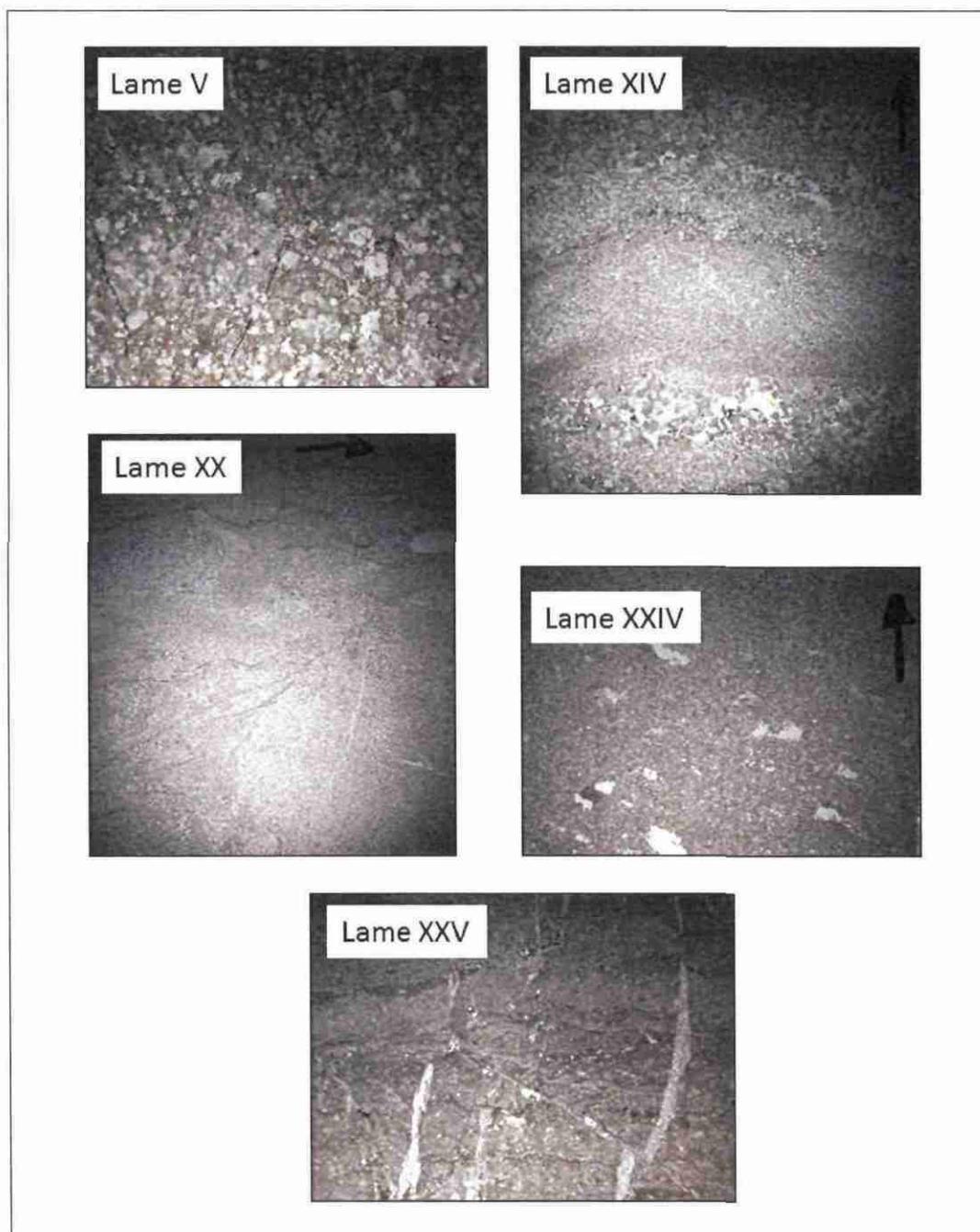
Dans les lames minces étudiées, aucun allochème (oolithe, pellet, microfossile, intraclaste) n'a été reconnu.

Il s'agit, pour la plupart des lames minces observées, de faciès carbonatés tantôt micritiques (à grains fins) tantôt sparitiques, ou bien encore avec présence de grains de quartz détritiques. L'observation (cf. illustrations 22 et 24) montre la grande variabilité de ces roches en termes de granulométrie, de texture et de composition.

D'une manière générale, l'ensemble des informations recueillies à l'aide du microscope (granulométrie, texture, nature des allochèmes, compositions minéralogiques et chimiques, porosité) permet d'incrémenter de manière significative la compréhension du milieu de dépôts de ces roches, leur diagenèse, les transformations ultérieures mais aussi leur porosité et leur perméabilité.

Dans le cas particulier d'Avène-les-Bains, l'observation permet de noter la présence de fissures ou de microcavités. Celles-ci peuvent être soit vides, soit colmatées par la cristallisation secondaire de carbonates, d'hydroxydes et de quartz.

Elles montrent la présence de niveaux où les fluides en raison de ces fissures et cavités vont préférentiellement s'infiltrer et circuler.



*Illustration 24 : Exemples d'image d'observation de lames minces à la loupe binoculaire*

Outre la description des lames minces, il a été opéré au positionnement relatif des échantillons dont elles sont issues dans l'unité géologique cambrienne (K2) d'Avène-Mendic à laquelle appartient l'emprise du site thermal d'Avène-les-Bains, sachant que cette unité K2 surmonte des formations détritiques ou volcanodétritiques (K1) (cf. illustration 25).

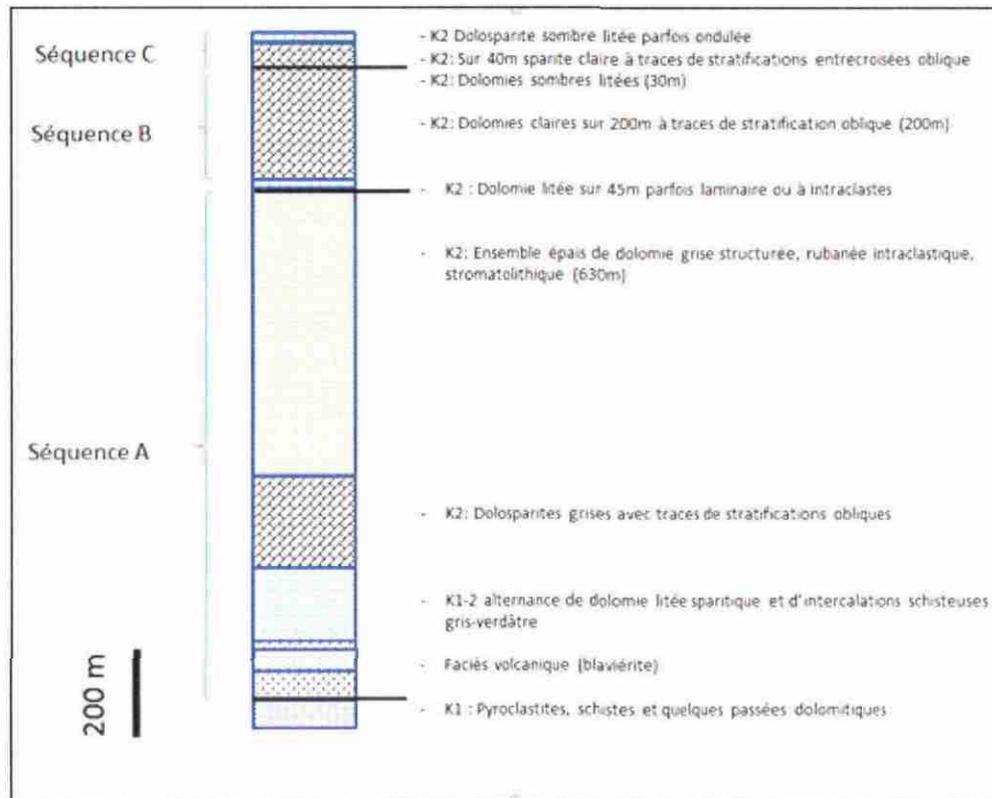


Illustration 25 : Séquence géologique cambrienne d'Avène-Mendic

La coupe géologique levée dans le secteur d'Avène-les-Bains (Lescuyer et Giot, 1987) montre une succession de trois séquences.

Séquence A (épaisseur 950 m) - De bas en haut, on distingue :

- K1-2 correspondant à une alternance de dolomie litée sparitique et de schistes, attribué à un contexte marin ouvert de profondeur modérée ;
- Un ensemble massif de 220 m constitué de dolosparites grises montrant localement des traces de stratifications obliques attribué à un contexte de plateforme de type barrière ;
- Un ensemble très épais de 630 m de dolomie structurée rubanée, intraclastique, stromatolithique, grise.

Séquence B (épaisseur 275 m) - Elle comprend de bas en haut :

- Dolomies sombres litées ;
- Dolomies claires (200 m) grossièrement cristallisées à fréquentes traces de stratifications obliques attribuées à un contexte de barrière ;
- Dolomie litée (45 m) parfois laminaire ou à intraclastes.

Séquence C (épaisseur 75 m tronquée au sommet) - Elle comprend de bas en haut :

- Un ensemble massif de sparite claire à traces de stratifications obliques ;
- Dolosparite sombre litée parfois ondulée.

Dans la séquence géologique présentée par l'illustration 25, les lames minces d'Avène sont réparties dans les séquences A et B. La séquence C n'a pas été échantillonnée.

A l'échelle régionale, l'ensemble des données disponibles a été interprété en terme de conditions de dépôts. Les formations sous-jacentes à l'unité d'Avène-Mendic (K1) sont interprétées comme s'étant déposées en domaine marin. L'apparition de carbonates se fait sans rupture sédimentaire en s'intercalant progressivement avec des passées détritiques et volcano-détritiques (K1-2). Au-dessus, l'ensemble carbonaté (K2a) montre à sa base des dolomies grossières calcaires attribuées à un domaine de plateforme agité puis des dépôts de plateforme interne algaire, cet ensemble représentant la première séquence à caractère régressif. Une seconde séquence B à caractère régressif est distinguée. La troisième séquence C montre un changement radical dans la polarité sédimentaire, son caractère transgressif annonce la fin prochaine de la grande plateforme carbonatée du Cambrien inférieur.

La démarche d'analyse des lames minces est un élément de la compréhension géologique globale du site d'Avène-les-Bains, à une échelle très réduite. Il conviendra, bien entendu, de compléter la connaissance géologique par, notamment :

- Une étude structurale de détail du secteur afin de repositionner exactement la coupe levée avec les lames minces et de localiser les failles ;
- Une cartographie précise, à l'échelle du secteur, des filons rhyolitiques associés au granite de Faulat qui sont représentés sur la carte géologique à 1/50 000 et qui, s'ils existent, sont peut être liés à la minéralisation en As du fluide thermal ;
- Une étude minéralogique complémentaire des lames minces par colorimétrie, pour quantifier les carbonates, couplée à une étude texturale pour quantifier la porosité de ces roches, ainsi qu'une étude chimique pour caractériser leur composition.

### **3.4. APPORT DU SITE « TEST » ETUDIE A LA REFLEXION GLOBALE**

L'étude du site « test » d'Avène-les-Bains permet d'illustrer l'apport d'une analyse géologique à l'échelle microscopique.

La connaissance géologique d'un site est une condition indispensable à la compréhension des phénomènes qui régissent un schéma hydrominéral. Cette connaissance est multiple en termes d'échelles.

De l'échelle régionale à l'échelle microscopique, en passant par des échelles locales, la géologie se décline nécessairement à plusieurs niveaux. Chacun apporte un niveau de compréhension qui lui est propre. Pour une meilleure efficacité dans la compréhension des phénomènes, l'interprétation géologique à une échelle donnée doit être recalée avec d'autres échelles et doit être combinée à des approches notamment structurales, sédimentologiques et pétrographiques.

## 4. Conclusion

L'étude du site « test » d'Avène-les-Bains réalisée dans le cadre du programme PRESCRIRE a permis de noter les différentes composantes qui caractérisent la préservation de la qualité des eaux minérales d'Avène-les-Bains et la protection du gisement.

Il ressort de l'analyse du site les points essentiels suivants :

- Le secteur amont du circuit hydrominéral (l'impluvium) dispose d'une protection naturelle et administrative très conséquente ;
- La connaissance du mode d'acquisition de la qualité physico-chimique du fluide exploité est perfectible au regard d'un contexte géologique local, qui a marqué l'histoire du territoire par des exploitations minières conséquentes ;
- La connaissance géologique du secteur est toute relative même si différents travaux existent à l'échelle régionale. Un calage plus précis de la géologie du site (à l'échelle locale et à l'échelle microscopique) constituera une avancée dans la compréhension du système hydrominéral et, par voie de conséquence, une aide pour améliorer la préservation de l'exploitation en cours.

Au vu de ces éléments et compte tenu de la mise à disposition par le site d'Avène-les-Bains de lames minces, le programme PRESCRIRE a été orienté sur l'apport d'une analyse géologique microscopique.

Il apparaît que l'étude de lames minces complète de manière significative la compréhension de la géologie d'un secteur en identifiant les minéraux et les structures qui guident le paysage géologique local. L'analyse des lames minces est bien entendu à relativiser en termes d'importance car seule une approche multi-échelle permet de disposer du regard nécessaire pour avancer, au sens géologique du terme, dans la compréhension d'un système.

L'étude de lames minces constitue un des éléments pertinents à prendre en compte pour disposer d'une meilleure connaissance d'un site, au même titre que, par exemple, l'analyse structurale ou sédimentologique et/ou la caractérisation des fluides.



## **Annexe 1**

### **Eléments de bibliographie**



**Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse**, délégation régionale de Montpellier, unité Données et Redevances (janvier 2009) : Démarche expérimentale, état chimique du bassin versant de l'Orb, 91 pages.

**A.I.G.H.A, J.L. Teissier** (Août 2005) : L'eau thermo-minérale d'Avène-les-Bains - Son indépendance hydraulique par rapport aux eaux superficielles et aux eaux souterraines phréatiques, 7 pages. Rapport consulté au Laboratoire de l'Eau d'Avène.

Résumé : Mise en évidence de l'indépendance hydraulique de l'eau thermo-minérale à partir des connaissances géologiques et hydrogéologiques existantes, et de l'interprétation de résultats d'analyses isotopiques.

**Berga Sud** (2001) : Site thermo-minéral d'Avène - Note de synthèse des notes d'activités 6 et 7, du rapport BRPG-GEO-ETUDES de juin 2001 et de la note hydrogéologique associée, 8 pages. N° 34/019 AY 01 079. Rapport consulté au Laboratoire de l'Eau d'Avène.

Résumé : L'étude rapportée par la note d'activité N° 7 n'a pas conduit à la mise en évidence d'une relation hydraulique entre l'aquifère carbonaté du secteur du barrage et celui du site thermal d'Avène.

**BRGM, L. Chery** (Mai 1994) : Interprétation des résultats des analyses isotopiques des sources d'Avène-les-Bains, 28 pages. HYDR/N/94/180. Rapport consulté au Laboratoire de l'Eau d'Avène.

Résumé : L'interprétation des résultats d'analyses ( $^{18}\text{O}$ ,  $2\text{H}$ ,  $3\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) réalisées sur les sources d'Avène et sur le forage d'Avène a permis de formuler certaines propositions quant à l'origine des eaux et leur temps de résidence. Les principales propositions faites à la suite de cette étude sont l'alimentation du gisement par des eaux météoriques, un temps de résidence estimé à quelques dizaines d'années et une contamination par des eaux récentes (post 1952).

**BRGM, J.L. Teissier** (Juin 1989) : Station thermale d'Avène-les-Bains - Source Sainte Odile - Demande en fixation d'un périmètre de protection - Etude hydrogéologique du gisement thermal, 20 pages. 89 LRO 791 PR. Rapport consulté au Laboratoire de l'Eau d'Avène.

Résumé : La définition des limites du périmètre de protection demandé pour la source Sainte Odile s'appuie sur l'étude des contextes géologique et hydrogéologique (avec notamment un inventaire des émergences naturelles), sur les résultats d'une campagne de prospection des teneurs anormales de gaz dans le sol (radon et anhydride carbonique) ainsi que sur les résultats d'analyses isotopiques (datation au tritium).

**Géo Prospect, J.L. Teissier** (Mars 2000) : Station thermale d'Avène-les-Bains - Source thermo-minérale Valdorb - Demande de fixation d'un périmètre de protection, 10 pages, 5 annexes. Rapport consulté au Laboratoire de l'Eau d'Avène.

Résumé : Proposition de périmètre de protection pour la source Valdorb en fonction des caractéristiques de l'ouvrage captant et des contextes géologique et hydrogéologique.

**G. Tarabbo** (Août 2009) : Audit qualité pour la ressource en eau minérale et thermale, 66 pages, 12 annexes. Rapport consulté au Laboratoire de l'Eau d'Avène et au Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon du BRGM.

Résumé : Analyse critique pluridisciplinaire proposant d'évaluer la qualité de la ressource thermale d'Avène. Les thématiques prises en compte sont le gisement (sous-sol et environnement), l'eau minérale (circuit hydrothermal, stabilité du fluide et agressivité du fluide), les émergences (exploitation, suivi, maintenance, aspect réglementaire). A la suite de cette analyse, des propositions d'amélioration de la connaissance et de la protection de la ressource sont réalisées.

**G. Tarabbo** (Mai 2009) : Géologie de l'unité d'Avène-Mendic, 41 pages, 6 annexes. Rapport consulté au Laboratoire de l'Eau d'Avène et au Service Géologique Régional Languedoc-Roussillon du BRGM.

Résumé : Synthèse des connaissances géologiques disponibles et réalisation de cartes sur la base des données géologiques existantes.

**Lescuyer J.L. et Giot D.**, (1987) – Les minéralisations Pb-Zn de la Montagne Noire et leurs relations avec leur encaissant cambrien carbonaté sur quelques exemples du versant Nord et du versant Sud. Document du BRGM n° 120.

## **Annexe 2**

# **Analyses réalisées par le Pôle d'Excellence Rurale**



N°	COMMUNE	Point de Prélèvement	COORDONNEES GPS L2E			Date de Prélèvement	pH upH	Conductivité µSm/cm	Calcium mg/L	Magnésium mg/L	Sodium mg/L	Potassium mg/L	Sulfates mg/L	Nitrates mg/L	Chlorures mg/L	Hydrogencarbonates mg/L	Fluorures mg/L	Strontium µg/L	Lithium µg/L	Silicium mg/L	Arsenic µg/L	Bore µg/L	Baryum µg/L	Thallium µg/L	Titane µg/L
			X	Y	Z (m)																				
1	AVENE	Source du Rieu Sec (Col de Serviès) -Servies	659578	1856655	769	04/10/2010	7.60	114	9.3	3.1	6.4	1.18	2.6	1.1	5.2	50	<0,050	37.7	<2.0	4.3	<2.0	4.7	<10,0	<5,0	<2,0
2		Source de la Prade -Servies	659368	1857005	688	04/10/2010	6.65	94	8.6	<2.0	5.8	0.48	8.9	0.4	6.8	40	<0,050	26.7	<2.0	4.1	3.3	3.3	<10,0	<5,0	<2,0
3		Source du Jouadou -Faisse-Servies	658538	1857600	663	04/10/2010	6.80	47	2.4	<2.0	3.8	<0.40	11.6	3.6	7.0	13	<0,050	10.4	<2.0	3.0	<2.0	<2.0	<10,0	<5,0	<2,0
4		Source de Fonfroide -Servies	659773	1857740	876	04/10/2010	6.10	59	2.8	<2.0	4.7	<0.40	3.1	4.4	5.4	8	<0,050	11.8	<2.0	2.7	<2.0	<2.0	<10,0	<5,0	<2,0
5		Source du Village, Théron -Servies	658843	1858105	623	04/10/2010	5.75	38	<2.0	<2.0	3.1	0.49	3.9	0.2	5.2	4	<0,050	<10.0	<2.0	2.3	<2.0	2.6	<10,0	<5,0	<2,0
6		Source Ourtière-Truscas	662285	1858190	397	18/10/2010	7.45	336	31.2	18.7	9.0	2.00	17.7	<0,1	11.9	183	0.126	71.1	<2.0	5.9	<2.0	10.4	61.4	<5,0	<2,0
7		Source de la Vernière -Servies	659298	1858270	670	04/10/2010	5.95	29	<2.0	<2.0	2.8	<0.40	3.2	1.9	5.8	3	<0,050	<10.0	<2.0	1.5	<2.0	<2.0	<10,0	<5,0	<2,0
8	LUNAS	Source de Serieys - Lunas Nord-Ouest	665173	1858434	290	28/02/2009	6.76	85.9	4.9	2.6	3.8	2.37	18.1	5.73	6.06	4	<0.05	<50	<1				<30		
9	LUNAS	Source de la Calte - Lunas Nord-Ouest	665945	1858441	350	28/02/2009	5.92	59	1.7	1.4	5.7	1.15	6.7	<1	9.24	4	<0.05	<50	<1				62		
10	AVENE	Source Paroujo - Truscas	661483	1858705	428	18/10/2010	7.85	204	16.5	10.0	8.0	1.30	22.0	0.7	10.1	77	0.114	49.5	2.9	5.8	4.8	6.1	21.9	<5,0	<2,0
11		Source Sous l Orb - Truscas	662754	1858709	312	18/10/2010	8.30	420	48.2	22.8	4.3	1.28	44.4	4.1	8.0	211	0.144	180	3.1	2.8	13.4	11.7	54.4	<5,0	<2,0
12		Source du Sahuel - Coural	660018	1858800	600	01/10/2010	6.70	38	<2.0	<2.0	3.5	6.01	3.9	0.8	4.5	6	0.054	<10.0	<2.0	3.1	<2.0	2.6	<10,0	<5,0	<2,0
13		Source de la Font-Truscas	663298	1858805	327	18/10/2010	6.80	143	11.5	4.9	6.7	2.60	8.0	3.6	12.1	50	0.102	17.7	<2.0	7.2	<2.0	10.8	12.5	<5,0	<2,0
14		Source des Vernières -Coural	660078	1858915	597	01/10/2010	7.15	44	<2.0	<2.0	3.7	<0.40	3.9	0.6	5.5	12	<0,050	<10.0	<2.0	3.3	<2.0	2.4	<10,0	<5,0	<2,0
15		Source du Sagnas- Truscas	663336	1859326	339	08/11/2010	6.50	144	12.2	5.6	7.8	1.00	2.9	0.4	6.4	73	0.089	12.4	<2.0	8.2	<2.0	5.4	44.6	<5,0	<2,0
16		Source de l Etang - Truscas	662908	1859490	335	08/11/2010	7.50	167	12.6	6.8	9.0	3.25	13.9	<0,1	9.2	65	0.075	38.8	<2.0	7.2	<2.0	8.5	33.6	<5,0	<2,0
17		Source du Moulin - Coural	660795	1859640	494	01/10/2010	6.85	41	<2.0	<2.0	3.9	<0.40	4.1	0.8	4.7	7	<0,050	<10.0	<2.0	3.5	<2.0	<2.0	<10,0	<5,0	<2,0
18		Source du Garel -Coural	661255	1859760	506	01/10/2010	6.65	39	<2.0	<2.0	3.5	0.69	3.7	0.7	5.4	6	<0,050	<10.0	<2.0	2.6	<2.0	5.6	<10,0	<5,0	<2,0
19		Source du Duc-Truscas	664213	1859920	444	18/10/2010	7.05	361	26.2	22.5	8.3	2.60	115	5.3	16.0	47	0.124	56.4	5.1	4.8	<2.0	18.6	93.2	<5,0	3.9
20		La Vieille Fontaine du village - Coural	661175	1859965	448	06/10/2010	7.40	527	58.4	30.4	5.1	1.81	13.4	1.6	6.9	300	<0,050	38.0	2.0	3.3	2.7	10.5	18.8	<5,0	<2,0
21		Abreuvoir de Mousquière, col de la Croix - Sadde	660493	1859977	485	13/09/2010	7.95	563	54.5	35.8	3.5	<0.40	4.5	<0,1	8.1	372	<0,050	25.6	2.6	1.1	3.1	5.2	<10,0	<5,0	<2,0
22		Source de la Mousquière -Coural	660495	1859977	485	06/10/2010	7.45	599	67.1	38.8	3.9	<0.40	3.1	0.2	5.7	391	<0,050	29.6	2.6	3.0	<2.0	4.0	<10,0	<5,0	<2,0
23		Ruisseau Comprédoun (source section, 943, 940) - Sadde	658925	1860640	578	13/09/2010	7.70	105	7.0	3.1	6.7	0.50	4.8	5.9	6.7	35	<0,050	31.0	<2.0	4.8	<2.0	3.3	12.9	<5,0	<2,0
24		Ruisseau de Moulière - Saint Barthelemy	666065	1860920	389	13/09/2010	8.30	649	69.2	36.5	3.8	0.67	143	0.2	9.2	235	0.186	595	8.3	2.4	2.3	30.6	36.5	<5,0	<2,0
25		Source de la Tanne aux Sangliers - Saint Barthelemy	666300	1861300	468	13/09/2010	8.15	746	77.5	44.6	4.0	1.27	173	0.2	9.2	263	0.234	1300	13.6	2.7	<2.0	43.6	41.5	<5,0	<2,0
26		Ruisseau des Vignes - Saint Barthelemy	666205	1861475	435	13/09/2010	7.60	433	43.6	23.8	3.2	<0.40	39.3	0.9	7.8	232	0.192	163	3.1	1.7	<2.0	12.9	<10,0	<5,0	<2,0
27		Source de la Vrinette - Vinas	664863	1861640	470	01/10/2010	7.55	756	95.1	34.0	9.4	7.00	29.8	3.7	34.7	404	<0,050	119	4.6	3.7	3.3	19.1	414	<5,0	<2,0
28		Ruisseau de Frayssinet (source au Peras) - Sadde	659898	1861725	416	13/09/2010	7.90	146	10.9	6.3	6.1	0.65	7.4	1.7	6.5	64	0.060	31.0	<2.0	4.9	<2.0	5.3	<10,0	<5,0	<2,0
29		La Pile (Section F n°361) - Sadde	659918	1861820	423	13/09/2010	7.90	179	14.9	8.0	6.6	0.47	9.1	0.2	5.8	85	0.058	46.7	<2.0	6.5	2.6	4.4	28.4	<5,0	<2,0
30		Les Courtlals - Sadde	660775	1861842	389	13/09/2010	7.65	354	37.4	19.9	3.2	<0.40	5.7	2.1	5.9	223	<0,050	42.1	<2.0	2.4	<2.0	5.4	<10,0	<5,0	<2,0
31		Le Fraissier - Sadde	661343	1862005	379	13/09/2010	8.00	359	36.8	19.8	3.3	<0.40	6.1	2.2	6.3	223	<0,050	41.0	<2.0	2.5	2.1	5.3	<10,0	<5,0	<2,0
32		Source Landrebio - La Mendrenie, Vinas	665158	1862510	515	07/10/2010	8.05	1260	159	78.5	4.9	2.80	371	0.4	9.7	363	0.118	2220	15.7	2.8	3.1	61.7	58.5	<5,0	2.8
33		JONCELS	Source de la Dalmerie - Joncels Nord-Ouest	666138	1862950	528	03/08/2010	8.05	520	58.6	32.7	3.4	0.51	5.8	<0,1	7.8	342	0.067	20.6	3.5	1.8	3.0	9.2	<10,0	<5,0
34	CEILHES	Fontaine des Allemands - Ceilhes Ouest	658946	1865467	691	16/04/2010	7.05	76.7	4.3	<2.0	5.6	1.06	7.3	8.7	7.9	13	0.052	38.6	<2.0	3.6	32.2	5.6	150	<5,0	<2,0
35		Source de Meynes - Ceilhes Ouest	659961	1865520	515	16/04/2010	7.25	80.3	4.7	2.3	5.7	1.09	4.3	7.9	6.8	15	<0,050	37.2	<2.0	3.1	3.1	6.3	112	<5,0	<2,0
36	JONCELS	Source de Vides - Joncels Nord	665198	1865860	534	10/08/2010	7.05	1240	198	46.8	3.6	1.97	457	7.8	8.2	290	0.113	2600	13.1	2.4	<2.0	71.8	18.6	<5,0	<2,0
37	CEILHES	Source les Tieules - Ceilhes Ouest	658264	1865957	682	16/04/2010	7.55	97.2	6.9	3.3	4.7	0.95	9.1	7.0	6.0	25	<0,050	36.9	<2.0	4.0	137	5.4	46.1	<5,0	<2,0
38		Source du Plot de Laget - Ceilhes Est	662190	1866005	618	19/04/2010	7.55	2290	54.3	4.5	0.40	<0.40	1340	0.9	7.4	220	0.195	696	3.4	<0,4	<2.0	22.0	<10,0	<5,0	<2,0
39		Source du Pont Saint Peyre - Ceilhes Est	664060	1866105	477	19/04/2010	7.90	430	46.4	27.0	3.0	<0.40	18.3	1.1	6.9	257	0.098	106	2.9	1.3	<2.0	9.9	12.1	<5,0	<2,0
40		Source Le Mas Meaux - Ceilhes Ouest	660625	1866375	484	16/04/2010	7.60	531	54.4	31.0	8.6	0.51	27.7	1.1	20.1	289	<0,050	17.2	3.1	3.2	23.1	6.0	76.7	<5,0	<2,0
41		Source de Vialette - Ceilhes Est	663385	1866570	458	19/04/2010	7.70	631	84.3	32.3	3.0	0.49	98.0	1.2	7.1	296	0.068	544	4.7	2.3	<2.0	24.9	10.3	<5,0	<2,0
42		Source de Lascours - Ceilhes Ouest	659564	1866650	480	16/04/2010	7.65	197	16.8	2.2	4.9	1.41	53.4	1.1	6.5	4	0.160	49.1	5.6	6.3	3.1	6.4	62.5	<5,0	<2,0
43		Source de Bournac - Ceilhes Ouest	658111	1867000	587	16/04/2010	7.70	124	10.1	5.5	3.5	0.58	13.3	6.4	6.7	40	0.066	35.9	<2.0	2.3	121	5.9	345	<5,0	<2,0
44		Source du CCAS - Ceilhes Est	664153	1867307	453	19/04/2010	8.00	422	43.8	25.8	2.9	<0.40	13.7	17.6	7.3	232	0.108	77.4	2.7	1.7	<2.0	9.6	<10,0	<5,0	<2,0
45		Source de Vales - Ceilhes Est	664405	1867397	457	19/04/2010	7.85	424	43.2	23.0	3.8	1.73	13.6	45.5	10.8	195	0.082	66.8	2.6	1.7	<2.0	11.4	10.3	<5,0	<2,0
46		Source des Gandials (champ de Paul) - Ceilhes Est	662370	1867840	488	19/04/2010	7.85	495	52.5	31.3	2.8	0.55	5.8	5.2	6.7	311	0.110	31.2	3.0	1.8	<2.0	8.1	<10,0	<5,0	<2,0
47		Source du Jardin de Louis Route - Ceilhes Est	665020	1868007	461	19/04/2010	7.95	420	45.0	26.3	2.6	<0.40	5.0	4.9	5.8	264	0.146	20.5	2.5	1.8	<2.0	6.6	<10,0	<5,0	<2,0
48		Source Adous, Salvagnac - Ceilhes Est	664863	1868110	496	19/04/2010	7.75	420	47.6	22.4	4.5	0.81	5.3	3.1	6.6	259	0.051	70.5	2.2	4.9	<2.0	4.6	<10,0	<5,0	<2,0
49		Source du Mas de Gauffre - Ceilhes Ouest	659588	1869222	572	19/04/2010	6.50	75.3	3.5	<2.0	5.2	2.10	2.6	17.9	6.3	12	<0,050	36.7	<2.0	6.0	<2.0	7.4	34.5	<5,0	<2,0
50		Source de La Gardiolle - Ceilhes Ouest	65																						

N°	COMMUNE	Point de Prélèvement	COORDONNEES GPS L2E			Date de Prélèvement	Etain µg/L	Sélénium µg/L	Antimoine µg/L	Plomb µg/L	Manganèse µg/L	Chrome µg/L	Cadmium µg/L	Béryllium µg/L	Nickel µg/L	Fer µg/L	Cuivre µg/L	Nitrites µg/L	Aluminium µg/L	Vanadium µg/L	Phosphates µg/L	Zinc µg/L	Bromures µg/L	Molybdène µg/L	Cobalt µg/L
			X	Y	Z (m)																				
1	AVENE	Source du Rieu Sec (Col de Serviès) -Servies	659578	1856655	769	04/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	33.2	<2.0	<0.1	34.8	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
2		Source de la Prade -Servies	659368	1857005	688	04/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	<2.0	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
3		Source du Jouadou -Faisse-Servies	658538	1857600	663	04/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	9.5	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	114	<2.0	<0.1	30.3	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
4		Source de Fonfroide -Servies	659773	1857740	876	04/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	12.2	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
5		Source du Village, Théron -Servies	658843	1858105	623	04/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	4.2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	45.3	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
6		Source Ourtière-Truscas	662285	1858190	397	18/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	5.2	<2.0	<0.1	5.0	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
7		Source de la Vernière -Servies	659298	1858270	670	04/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	3.8	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	25.6	<2.0	<0.1	32.2	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
8	LUNAS	Source de Seréys - Lunas Nord-Ouest	665173	1858434	290	28/02/2009											<0.1			<0.2		<0.1			
9		Source de la Caite - Lunas Nord-Ouest	665945	1858441	350	28/02/2009												<0.1			<0.2		<0.1		
10	AVENE	Source Paroujo - Truscas	661483	1858705	428	18/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	37.4	<2.0	<0.1	25.1	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
11		Source Sous l'Orb - Truscas	662754	1858709	312	18/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	7.1	<2.0	<0.1	8.6	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
12		Source du Sahuel - Coural	660018	1858800	600	01/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	7.5	<2.0	<2.0	<2.0	120	<2.0	<0.1	38.4	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
13		Source de la Font-Truscas	663298	1858805	327	18/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	2.7	<2.0	<2.0	<2.0	169	2.4	<0.1	9.2	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
14		Source des Vernières -Coural	660078	1858915	597	01/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	14.6	<2.0	<0.1	14.6	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
15		Source du Sagnas - Truscas	663336	1859326	339	08/11/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	5.5	<2.0	<0.1	8.7	<2.0	0.3	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
16		Source de l'Etang - Truscas	662908	1859490	335	08/11/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	23.0	<2.0	<0.1	20.8	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
17		Source du Moulin - Coural	660795	1859640	494	01/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	5.7	<2.0	<2.0	<2.0	173	<2.0	<0.1	38.9	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
18		Source du Garel -Coural	661255	1859760	506	01/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	46.8	<2.0	<0.1	31.3	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
19		Source du Duc-Truscas	664213	1859920	444	18/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	15.4	<2.0	<2.0	<2.0	37.4	301	97.0	<0.1	171	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
20		La Vieille Fontaine du village - Coural	661175	1859965	448	06/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.6	<0.1	5.8	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
21		Abreuvoir de Mousquière, col de la Croix - Sadde	660493	1859977	485	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	2.2	<2.0	<2.0	<2.0	8.8	<2.0	<0.1	4.4	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
22		Source de la Mousquière -Coural	660495	1859977	485	06/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	4.3	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
23		Ruisseau Comprédoun (source section, 943, 940) - Sadde	658925	1860640	578	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	4.2	<2.0	<0.1	7.6	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
24		Ruisseau de Moulière - Saint Barthelemy	666065	1860920	389	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	14.5	<2.0	<0.1	9.4	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
25		Source de la Tanne aux Sangliers - Saint Barthelemy	666300	1861300	468	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	4.7	<2.0	<2.0	<2.0	2.7	<2.0	<0.1	3.6	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
26		Ruisseau des Vignes - Saint Barthelemy	666205	1861475	435	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	4.3	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
27		Source de la Vinette - Vinas	664863	1861640	470	01/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	34.6	<2.0	1.5	6.1	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
28		Ruisseau de Frayssinet (source au Peras) - Sadde	659698	1861725	416	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	7.7	<2.0	<0.1	3.7	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
29		La Pile (Section F n°361) - Sadde	659918	1861820	423	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	11.4	<2.0	<0.1	7.9	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
30		Les Courtials - Sadde	660775	1861842	389	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	2.6	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
31		Le Fraissier - Sadde	661343	1862005	379	13/09/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	3.5	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
32		Source Landrebio - La Mendrerie, Vinas	665158	1862510	515	07/10/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	2.1	15.4	<2.0	<2.0	<2.0	55.9	<2.0	<0.1	78.2	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
33		JONCELS	Source de la Dalmerie - Joncels Nord-Ouest	666138	1862950	528	03/08/2010	2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	21.1	<2.0	<0.1	45.8	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0
34	CEILHES	Fontaine des Allemands - Ceilhes Ouest	658946	1865467	691	16/04/2010	<2.0	<5.0	16.3	4.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	10.7	10.0	<0.1	17.5	<2.0	<0.2	75.4	<0.1	<2.0	<2.0	
35		Source de Meynes - Ceilhes Ouest	659961	1865520	515	16/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	2.9	7.9	<2.0	<2.0	<2.0	45.2	<2.0	<0.1	36.0	<2.0	0.3	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
36	JONCELS	Source de Vides - Joncels Nord	665198	1865860	534	10/08/2010	<2.0	<5.0	<2.0	2.7	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	12.0	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
37	CEILHES	Source les Tieules - Ceilhes Ouest	658264	1865957	682	16/04/2010	<2.0	<5.0	17.2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.9	<2.0	<0.1	3.9	<2.0	<0.2	34.0	<0.1	<2.0	<2.0	
38		Source du Plot de Laget - Ceilhes Est	662190	1866005	618	19/04/2010	<2.0	<5.0	2.2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	2.7	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
39		Source du Pont Saint Peyre - Ceilhes Est	664060	1866105	477	19/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	4.1	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
40		Source Le Mas Meaux - Ceilhes Ouest	660625	1866375	484	16/04/2010	<2.0	<5.0	2.5	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	2.8	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
41		Source de Viallette - Ceilhes Est	663385	1866570	458	19/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	3.2	<2.0	2.1	<0.1	6.2	<2.0	0.2	24.8	<0.1	<2.0	<2.0
42		Source de Lascours - Ceilhes Ouest	659564	1866650	480	16/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	22.8	55.0	<2.0	8.6	<2.0	10.5	53.1	<2.0	<0.1	<2.0	<2.0	<0.2	1630	<0.1	<2.0	<2.0
43		Source de Bourmac - Ceilhes Ouest	658111	1867000	587	16/04/2010	<2.0	<5.0	11.7	<2.0	2.6	<2.0	<2.0	<2.0	4.8	4.2	<2.0	<0.1	4.7	<2.0	<0.2	28.4	<0.1	<2.0	<2.0
44		Source du CCAS - Ceilhes Est	664153	1867307	453	19/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	3.1	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
45		Source de Vales - Ceilhes Est	664405	1867397	457	19/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	2.9	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
46		Source des Gandials (champ de Paul) - Ceilhes Est	662370	1867840	488	19/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.0	<2.0	<0.1	5.8	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
47		Source du Jardin de Louis Route - Ceilhes Est	665020	1868007	461	19/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	5.5	<2.0	<0.2	<5.0	<0.1	<2.0	<2.0	
48		Source Adous - Salvagnac - Ceilhes Est	664863	1868110	496	19/04/2010	<2.0	<5.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<0.1	3.6	<2.0	<0.2	<5.0				

## **Annexe 3**

### **Périmètre de protection demandé par J.-L. Teissier en mars 2000 pour la source Valdorb**





© d'après J.L. Teissier, IGN / BRGM ©



## **Annexe 4**

### **Références de la localisation des lames minces**



N° d'échantillon	Coordonnées Lambert 2 Etendu		Faciès
	X	Y	
1	659954	1859622	Dolomie cambrienne (k2)
2	660222	1859762	Dolomie cambrienne (k2)
3	660236	1859831	Dolomie cambrienne (k2)
4	660434	1859968	Dolomie cambrienne (k2)
5	660495	1860008	Dolomie cambrienne (k2)
6	660556	1860242	Dolomie cambrienne (k2)
7	660583	1860253	Dolomie cambrienne (k2)
8	660591	1860289	Dolomie cambrienne (k2)
9	660591	1860289	Dolomie cambrienne (k2)
10	660591	1860289	Dolomie cambrienne (k2)
11	660611	1860356	Dolomie cambrienne (k2)
12	660641	1860500	Dolomie cambrienne (k2)
13	660617	1860584	Dolomie cambrienne (k2)
14	660606	1860650	Dolomie cambrienne (k2)
15	660640	1860714	Dolomie cambrienne (k2)
16	660625	1860764	Dolomie cambrienne (k2)
17	660625	1860764	Dolomie cambrienne (k2)
18	660625	1860764	Dolomie cambrienne (k2)
19	660615	1860832	Dolomie cambrienne (k2)
20	660591	1860939	Dolomie cambrienne (k2)
21	660567	1861052	Dolomie cambrienne (k2)
22	660512	1861185	Dolomie cambrienne (k2)
23	660486	1861202	Dolomie cambrienne (k2)
24	660334	1861488	Dolomie cambrienne (k2)
25	660330	1861571	Dolomie cambrienne (k2)
26	660008	1861664	Schiste gréseux de Marcory
27	660008	1861664	Rhyolite
28	664851	1860475	Basalte
29	664851	1860475	Filon Si Ba



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude Guillemin  
BP 36009  
45060 Orléans cedex 2 - France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service Géologique Régional Auvergne**  
Campus des Cézeaux  
12, avenue des Landais  
63170 Aubière - France  
Tél. : 04 73 15 23 00