

Document public

Ressource en eau thermale de la station de Montbrun-les-Bains

Rapport final

BRGM/RP-53084-FR
Décembre 2004

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 02-ETM-104

N. Courtois
Avec la collaboration de
P. Vigouroux



Mots clés : Montbrun-les-Bains, eau minérale, eau thermale, ressource, qualité, protection, exploitation.

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

Courtois N. avec la collaboration de P. Vigouroux (2004) - Ressource en eau thermale de la station de Montbrun-les-Bains (Drôme). BRGM/RP-53084-FR, 160 p., 37 ill., 12 ann.

© BRGM, 2004, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'analyse de la ressource en eau minérale de la station thermale de Montbrun-les-Bains s'inscrit dans le cadre du programme régional "Maîtrise de la qualité de la ressource en eau souterraine des stations thermales en Rhône-Alpes". Ce programme est établi au titre des actions du Contrat de Plan Etat Région (CPER) pour la période 2000-2006, il est mené en partenariat entre l'Etat, la Région et le BRGM.

Il ressort de l'état des lieux réalisé pour la station de Montbrun-les-Bains **les points principaux suivants** :

- concernant le gisement d'eau minérale : de nombreux éléments relatifs à la caractérisation du gisement sont disponibles. La zone des émergences semble plus étendue que les deux secteurs exploités, elle mériterait d'être mieux connue ;
- concernant le fluide thermal : la caractérisation du fluide permet de préciser des durées et des profondeurs de transit très conséquentes. Il convient de ne pas perdre le bénéfice de ces points positifs par des conditions d'émergence mal sécurisées ;
- concernant les conditions d'exploitation : les conditions d'exploitation actuelles sont éloignées des règles de l'art en la matière. Ce point constitue la priorité quant à l'amélioration de la qualité de la ressource pour ce site ;
- concernant les ressources disponibles : une meilleure caractérisation des débits exploitables est conseillée pour les deux secteurs captés. Le site ne dispose pas d'ouvrage de secours. Le nouveau projet thermal à l'étude mériterait de s'appuyer sur des données plus fiables sur le plan quantitatif ;
- concernant l'analyse environnementale et la protection du gisement : le secteur bénéficie d'un environnement naturellement favorable avec des zones d'émergences situées pour la plupart en amont des zones urbanisées ;
- concernant les autorisations d'exploitation : le renouvellement des autorisations d'exploiter en cours devrait concerner, pour la source « Les Platrières » le seul aménagement de sa mise en sécurité (pour éviter de contaminer le forage autorisé proche). La procédure devrait nécessiter, pour la source « Les Rochers », une modernisation du site et l'acquisition de données en continu selon les procédures actuellement généralisées.

Les conclusions et recommandations pour conforter la maîtrise de la qualité de la ressource en eau thermale de la station de Montbrun-Les-Bains peuvent s'énoncer selon les **axes de projets** suivants, qu'il est **souhaitable de soutenir** :

- modernisation des conditions d'émergence pour les deux sites existants (forages « des Gipières » et source « des Rochers »). Le projet devrait comprendre la réfection des infrastructures (dont la source « des Plâtrières »), l'instrumentation des conditions d'exploitation, la sécurisation des accès aux ouvrages et à leurs abords (animaux) ainsi que la requalification des débits exploitables. Cette phase de modernisation devra être valorisée par la mise en œuvre d'un suivi permanent de la ressource (avec l'appui potentiel du programme régional) ;
- étude de la zone des émergences (au sens large). Le projet devrait concerner une meilleure caractérisation des secteurs susceptibles de permettre le transit des eaux de Montbrun (faciès exploité actuellement). Il devrait comprendre, en outre la réalisation d'ouvrages de reconnaissance, dans la perspective, notamment, de sécuriser l'approvisionnement du site (indispensable avec le nouveau projet thermal) par un ouvrage de secours équipé et raccordé dans les règles de l'art ;
- modernisation des conditions d'exploitation des ressources existantes avec mise en place de dispositifs de pompage, de transport et de stockage améliorés pour assurer une meilleure sécurité sanitaire du fluide, incluant des systèmes de nettoyage en place (NEP).

Sommaire

1.	Introduction.....	9
1.1.	Cadre du programme régional	9
1.2.	Modalités d'intervention	9
2.	La station thermale de Montbrun-les-Bains.....	13
2.1.	Contexte général de la commune	13
2.1.1.	Contexte géographique	13
2.1.2.	Caractéristiques climatiques	18
2.1.3.	Contexte géologique.....	21
2.1.4.	Contextes hydrologique et hydrogéologique	32
2.2.	L'activité thermale de la station.....	36
2.2.1.	Historique administratif	36
2.2.2.	Historique de l'exploitation	36
2.2.3.	Nature de l'activité thermale	38
2.2.4.	Evolution et impact de l'activité thermale sur la commune	39
3.	Les eaux thermales de Montbrun-les-Bains	43
3.1.	Présentation du gisement d'eau minérale	43
3.1.1.	La notion de gisement	43
3.1.2.	La zone des émergences d'eau minérale	45
3.1.3.	Caractérisation du gisement d'eau minérale	48

3.2.	Présentation de la ressource en eau minérale	59
3.2.1.	Utilisation et propriétés de la ressource	59
3.2.2.	Qualité de la ressource	59
3.3.	Présentation des conditions d'exploitation de la ressource	64
3.3.1.	Modalités de captage de la ressource	64
3.3.2.	Interactions entre forage des Gipières et source des Plâtrières	67
3.3.3.	Modalités de transport	71
3.3.4.	Modalités de stockage	71
3.3.5.	La protection du gisement d'eau minérale de Montbrun-les-Bains	72
3.4.	Etude de l'adéquation ressources-besoins.....	73
3.4.1.	L'exploitation de la ressource et les besoins actuels	73
3.4.2.	L'exploitation de la ressource et les besoins futurs	74
3.5.	Contexte environnemental	75
3.5.1.	Contexte géographique.....	75
3.5.2.	Contexte anthropique.....	76
3.5.3.	Synthèse.....	77
4.	Conclusions	79
4.1.	La situation actuelle sur la ressource	79
4.2.	Les actions à soutenir à court et moyen termes	80
4.2.1.	Actions à court terme	80
4.2.2.	Actions à moyen terme	80
5.	Bibliographie.....	83

6. Glossaire 87

Liste des illustrations

Illustration 1 – La station thermale de Montbrun-les-Bains et les autres sites d'exploitation d'eau minérale de la région Rhône-Alpes	11
Illustration 2 – Le village de Montbrun-les-Bains, vu depuis le sud, regard vers le nord	13
Illustration 3 – Champs de lavande près du village de Montbrun-les-Bains.....	14
Illustration 4 – Polycultures près du village de Montbrun-les-Bains	15
Illustration 5 – Prairies au sud du village de Montbrun-les-Bains.....	15
Illustration 6 – Plan de situation du département de la Drôme et de la commune de Montbrun-les-Bains.....	16
Illustration 7 – Situation géographique de la commune de Montbrun-les-Bains	17
Illustration 8 – Hauteurs annuelles des précipitations sur les postes météorologiques du territoire de Montbrun-les-Bains de 1994 à 2003	18
Illustration 9 – Cumul mensuel des précipitations de 1994 à 2003 au poste de Savoillan	19
Illustration 10 – Températures mensuelles (°C) de 1994 à 2003 au poste de Savoillan	20
Illustration 11 – Réseau de fracturations principales du sud est (Saillard, 1991, d'après J. Chedhomme, I.G.A.L., inédit)	22
Illustration 12 – Cadre géologique régional (d'après la carte géologique de la France au 1/1000000, éditions du Brgm).....	24
Illustration 13 – Extrait de la légende de la carte géologique au 1/1 000 000 du Brgm	25
Illustration 14 – Cadre géologique de Montbrun-les-Bains (extrait de la carte géologique au 1/50000 de Séderon, éditions Brgm).....	26
Illustration 15 – Vue d'ensemble sur les séries stratigraphiques (Saillard, 1991, d'après la notice de la carte géologique au 1/50 000 de Séderon, éditions du Brgm).....	27
Illustration 16 - Collision de la plaque Ibérie avec la plaque Europe (Bousquet, 1997)	28
Illustration 17 – Schéma structural du Fossé de Sault et du bassin de Montbrun-les-Bains (d'après Saillard, 1991).....	30
Illustration 18 – Coupe du fossé d'Aurel-Sault et du bassin de Montbrun-les-Bains (Saillard, 1991).....	31
Illustration 19 – Ouvrages répertoriés en BSS aux environs de Montbrun-les-Bains	33
Illustration 20 – Inventaire partiel des sources en décembre 1990 (d'après Hole, 1991)	33
Illustration 21 – Inventaire des ouvrages BSS et des sources autour de Montbrun-les-Bains	34
Illustration 22 – Résultats des mesures in situ sur les sources en mars 2004.....	35
Illustration 23 – Photographie de l'entrée de l'établissement thermal.....	36
Illustration 24 – La fréquentation de l'établissement thermal de Montbrun-les-Bains par rapport aux fréquentations régionale et nationale	41

Illustration 25 – Schéma de principe d'un système hydrothermal (Lopoukhine, 1995)	44
Illustration 26 – Références des captages d'eau minérale de Montbrun-les-Bains	45
Illustration 27 – Localisation des captages d'eau minérale de Montbrun-les-Bains	46
Illustration 28 – Caractéristiques physico-chimiques des eaux thermales de Montbrun-les-Bains figurant sur les Arrêtés Ministériels d'Autorisation	49
Illustration 29 – Représentation des analyses chimiques dans le diagramme de Piper	50
Illustration 30 – Représentation des analyses dans le diagramme de Shoeller-Berkaloff	51
Illustration 31 – Résultats de l'application de quelques géothermomètres sur les eaux minérales	54
Illustration 32 – Résultats des analyses de l'isotope ³⁴ S des sulfates et des sulfures	54
Illustration 33 – Résultats des analyses d'isotopes stables de l'eau sur les sources minérales	55
Illustration 34 – Variations des compositions isotopiques pour les sources	56
Illustration 35 – Variations de quelques paramètres physico-chimiques sur le forage des Gipières	61
Illustration 36 – Analyse des micropolluants organiques et de la radioactivité (Fournier & Popoff, 1996)	63
Illustration 37 – Schémas de principe des interactions possibles entre forage et source	70

Liste des annexes

Annexe 1 – Localisation de l'émergence de la source des Rochers, et secteurs protégés	91
Annexe 2 – Localisation de la zone thermale des Plâtrières et secteurs protégés	95
Annexe 3 – Illustrations concernant les captages	99
Annexe 4 – Plan des canalisations des captages à la station thermale	109
Annexe 5 – Illustrations concernant les installations dans l'établissement thermal	113
Annexe 6 – Coupes géologique et technique du forage "des Gipières" (CEMER, 1993)	119
Annexe 7 – Arrêté d'autorisation du forage "des Gipières"	123
Annexe 8 – Suivi des principales caractéristiques physico-chimiques du forage "des Gipières"	131
Annexe 9 - Suivi des principales caractéristiques physico-chimiques de la source "des Plâtrières"	137
Annexe 10 - Suivi des principales caractéristiques physico-chimiques de la source "des Rochers"	143
Annexe 11 - Analyses bactériologiques du forage "des Gipières"	149
Annexe 12 – Données météorologiques	153

1. Introduction

1.1. CADRE DU PROGRAMME RÉGIONAL

L'analyse de la ressource en eau thermale de la station de Montbrun-les-Bains s'inscrit dans le cadre du programme régional « Maîtrise de la qualité de la ressource en eau souterraine des stations thermales en Rhône-Alpes ». Ce programme est établi au titre des actions du volet Tourisme du douzième Contrat de Plan entre l'Etat et la Région Rhône-Alpes (CPER) pour la période 2000-2006. Une partie de ces actions intéresse le thermalisme (article VII, 3.2).

Ce programme régional est mené en partenariat entre l'Etat, la Région, et le BRGM, financé à parts égales entre les trois partenaires selon la convention cadre signée le 23 avril 2002. Dans le cadre de ses missions de service public, le Service Géologique Régional Rhône-Alpes (opération 02-ETM-104) assure la conduite du programme auprès des stations thermales de la région (Illustration 1). Positionné en tant qu'« appui technique régional », le BRGM apporte l'expertise technique de ses équipes sur la ressource hydrominérale et, dans ce cadre, intervient au niveau de la station thermale de Montbrun-les-Bains.

Le programme régional est axé autour des principaux thèmes suivants :

- définition de critères qualité pour la ressource ;
- sensibilisation des acteurs du thermalisme au programme régional ;
- caractérisation des situations d'exploitation ;
- assistance à la mise en œuvre et au soutien des actions qualité ;
- conception et mise en œuvre d'un système de suivi qualité de la ressource.

1.2. MODALITÉS D'INTERVENTION

Le programme régional a véritablement démarré en 2002, après la signature de la convention cadre Etat/Région/BRGM en avril 2002. Une phase préliminaire d'information et de sensibilisation aux actions du programme régional a tout d'abord été entreprise, et elle a conduit au recentrage de la mission du BRGM par le comité de pilotage : le BRGM peut ainsi apporter un appui de « conseil à maître d'ouvrage » aux stations qui le sollicitent, et d'autre part, jouer le rôle de « facilitateur » dans les démarches réglementaires entre les stations et les services de l'Etat en charge de l'instruction des procédures.

Cette phase préliminaire est désormais suivie par la première étape du programme, qui concerne la réalisation d'un **état des lieux** critique des connaissances sur les gisements d'eau minérale et sur leur exploitation, pour chaque station thermique. Ces 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 thermique de Montbrun-les-Bains.

Au-delà de l'analyse critique des données, l'expertise conduite auprès de chaque station doit être un outil permettant d'apprécier de manière prospective et en cohérence avec l'existant, les projets à soutenir pour préserver la qualité, la quantité et la pérennité de la ressource, et améliorer son exploitation. Les moyens qui ont été mis en œuvre pour l'état des lieux de la station thermique de Montbrun-les-Bains sont les suivants :

- recherche bibliographique la plus exhaustive possible à partir de nombreuses sources d'informations et de documentation (mairie de Montbrun-les-Bains, station thermique, DRIRE, DDASS, rapports BRGM, rapports d'entreprises d'ingénierie, bibliothèques universitaires et scientifiques, etc.) ;
- analyse critique et exploitation de la documentation existante¹ ;
- visite des sites concernés, et observations de terrain ;
- réunions et discussions avec les acteurs concernés de la station thermique (responsable technique, directeur). Le présent rapport a été édité dans le cadre d'une approche consensuelle avec ces acteurs, qui sont ici remerciés pour leur collaboration avec l'équipe de projet BRGM ;
- la rédaction d'un rapport, incluant la formulation de recommandations et la proposition de projets.

¹ La démarche d'expertise est conduite sur la base de l'approche méthodologique retenue par le « Guide qualité régional pour la ressource en eau thermique », (Vigouroux, 2004).

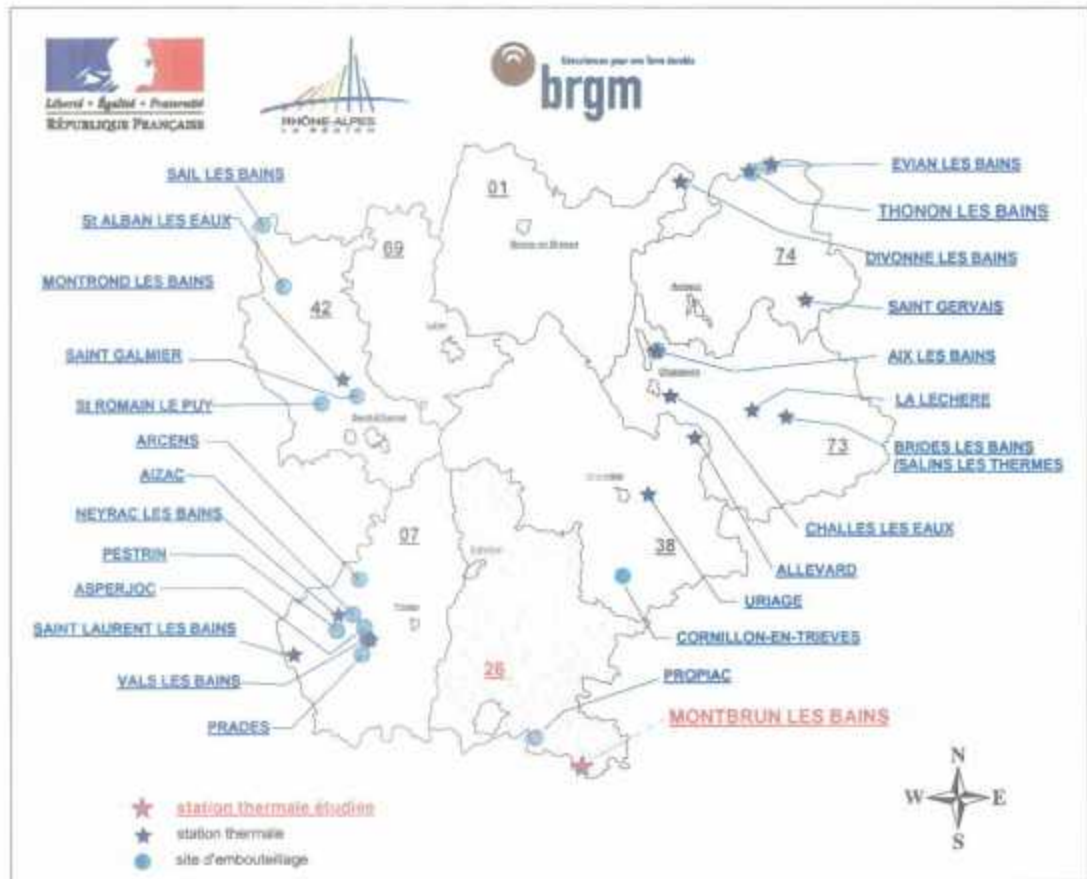


Illustration 1 – La station thermique de Montbrun-les-Bains et les autres sites d'exploitation d'eau minérale de la région Rhône-Alpes

2. La station thermale de Montbrun-les-Bains

Dans cette partie est proposée une rapide présentation de la station thermale dans ses contextes géographique, géologique et hydrogéologique, et au travers de son activité thermale.

2.1. CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA COMMUNE

2.1.1. Contexte géographique

a) Situation

La commune de Montbrun-les-Bains est située en Drôme provençale à l'extrémité sud-est du département, près de la limite avec le département du Vaucluse (Illustration 6).

Le secteur de Montbrun-les-Bains est situé en rive gauche du Rhône, et est bordé au nord par les Baronnies, et au sud par le Pays de Sault. Les reliefs qui l'entourent appartiennent aux chaînes sub-alpines méridionales, en particulier la chaîne calcaire de Ventoux-Lure qui encadre la commune à l'est et à l'ouest (Illustration 7).

Montbrun-les-Bains est une destination touristique connue, avec son établissement thermal d'eaux sulfureuses, et le pittoresque de son vieux village, accroché au relief et que dominent les ruines d'un château féodal (Illustration 2).



Illustration 2 – Le village de Montbrun-les-Bains, vu depuis le sud, regard vers le nord

La commune de Montbrun-les-Bains s'étend sur 3352 hectares, et comprenait 428 habitants au recensement de 1999. L'activité est essentiellement marquée par la fréquentation touristique, liée ou non au thermalisme, et par deux entreprises, l'une qui commercialise des huiles essentielles (particulièrement lavande et lavandin), et l'autre des plantes aromatiques et médicinales du monde entier, après les avoir traitées.

b) Topographie

Le bassin de Montbrun-les-Bains est situé au débouché septentrional du Fossé de Sault-Aurel, dépression d'origine tectonique qui marque la limite entre le Mont Ventoux (1912 m) à l'ouest, et la montagne de Lure (1826 m) à l'est. A l'ouest, le bassin de Montbrun-les-Bains est dominé par la face nord du Mont Ventoux, et à l'est par la montagne d'Albion (1393 m).

Le bassin de Montbrun-les-Bains représente la limite sud de la région des Baronnies, marquée par une série de reliefs contrastés, allongés globalement nord-ouest/sud-est, dont la montagne de Buc (1441 m) est un des contreforts au nord du village.

Vers le sud, on quitte le bassin de Montbrun-les-Bains en empruntant des gorges dominées par les ruines du château Ribaud, pour entrer dans le fossé de Sault, situé en bordure nord du plateau du Vaucluse.

L'altitude est de l'ordre de 610 m pour la partie basse du village, alors que le relief contre lequel le vieux village est adossé culmine à 778 m. L'extension actuelle du village (lotissements, HLM) concerne sa partie basse.

c) Paysage

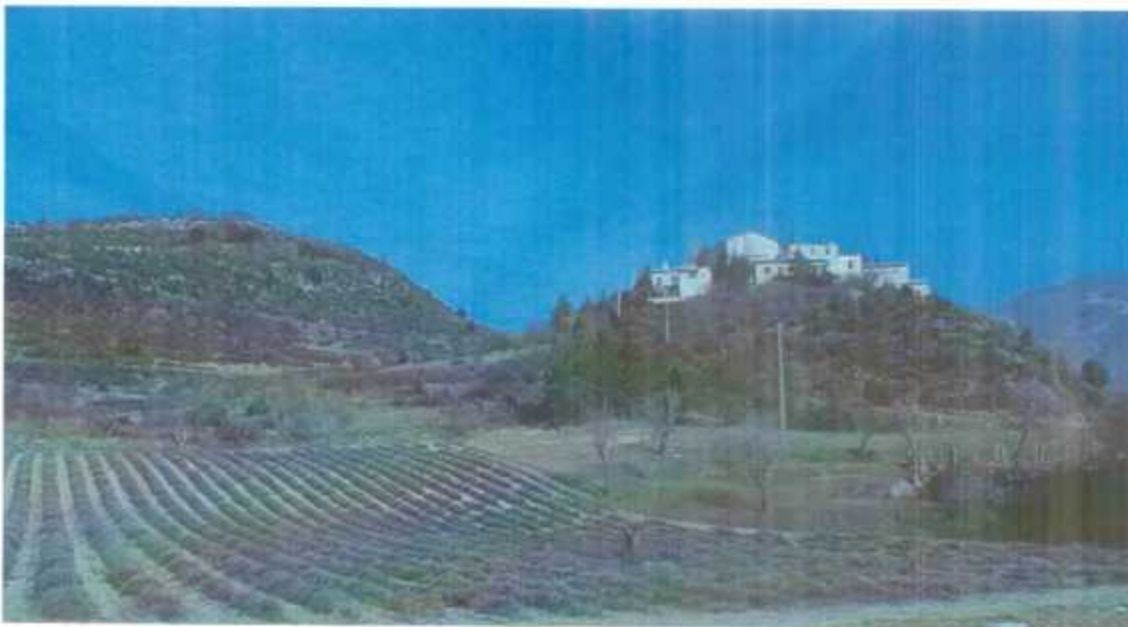


Illustration 3 – Champs de lavande près du village de Montbrun-les-Bains

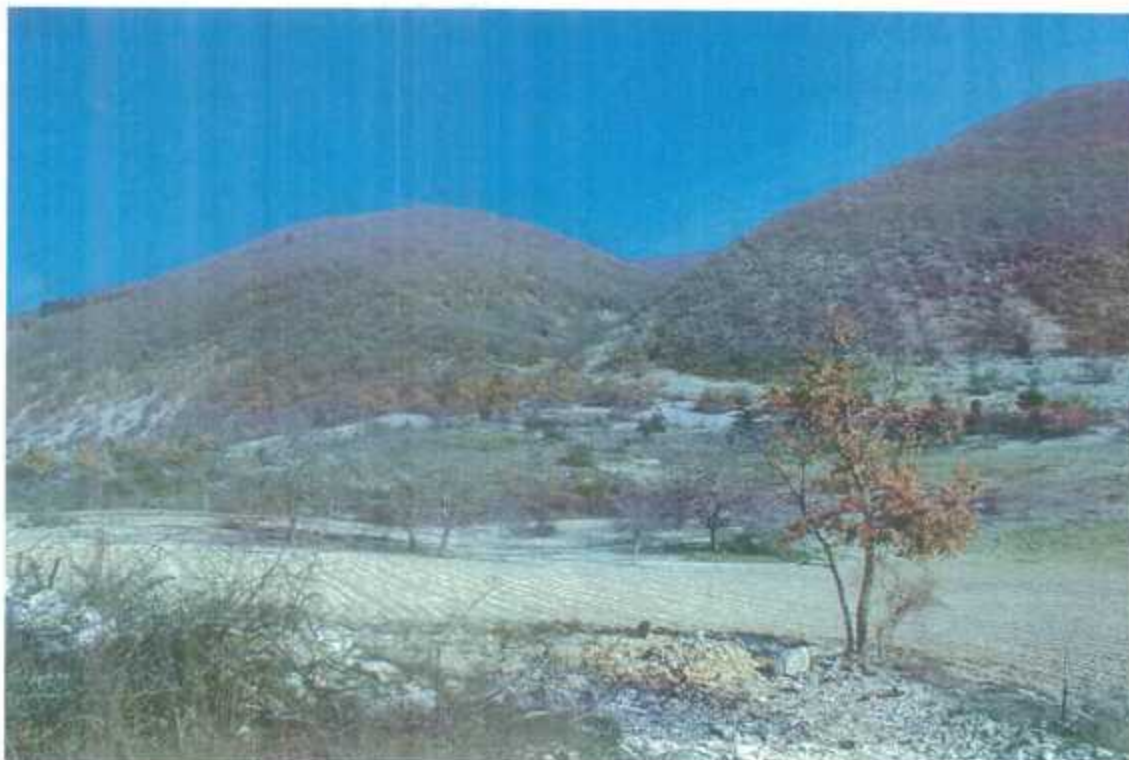


Illustration 4 – Polycultures près du village de Montbrun-les-Bains



Illustration 5 – Prairies au sud du village de Montbrun-les-Bains

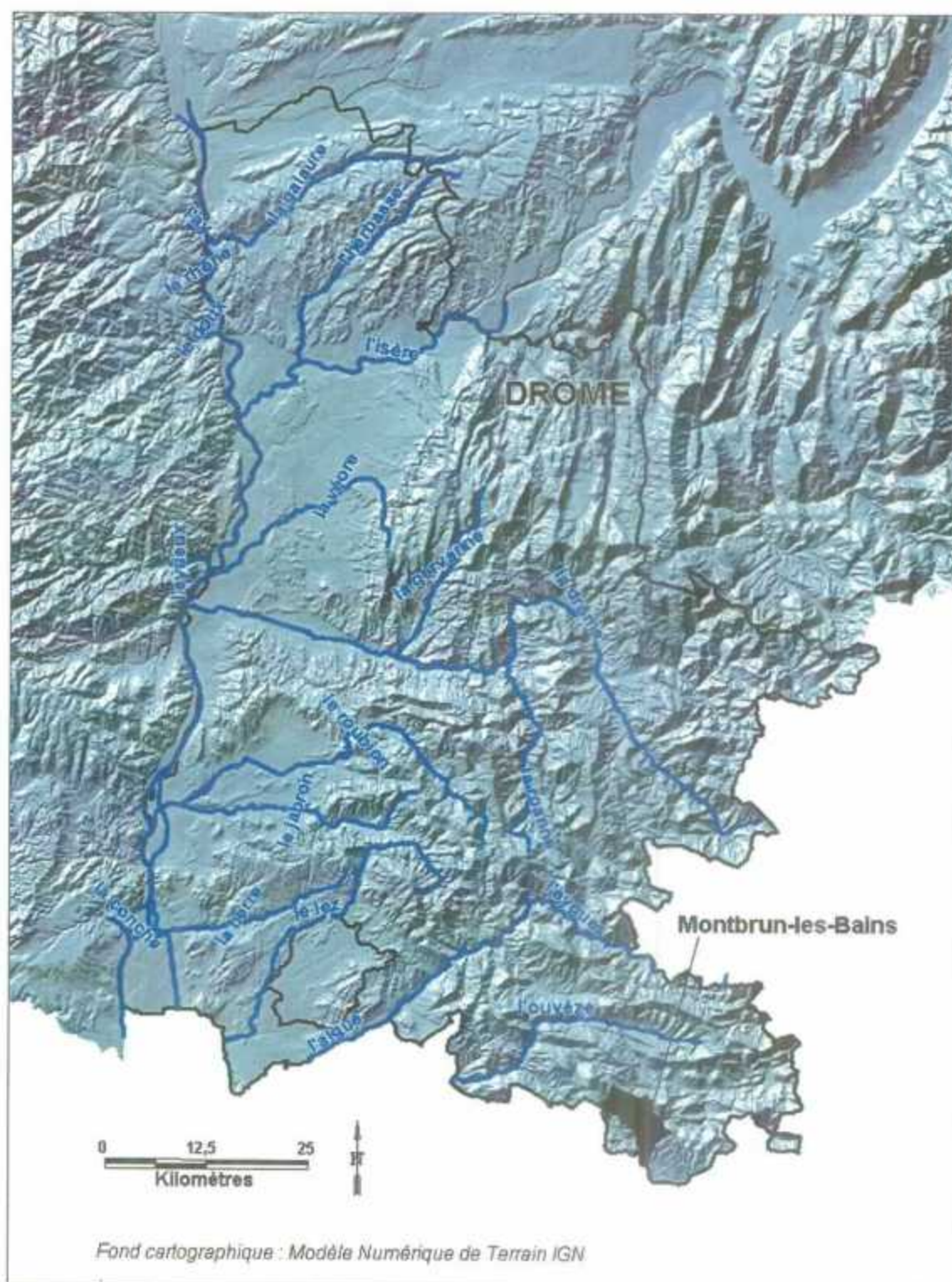


Illustration 6 – Plan de situation du département de la Drôme et de la commune de Montbrun-les-Bains

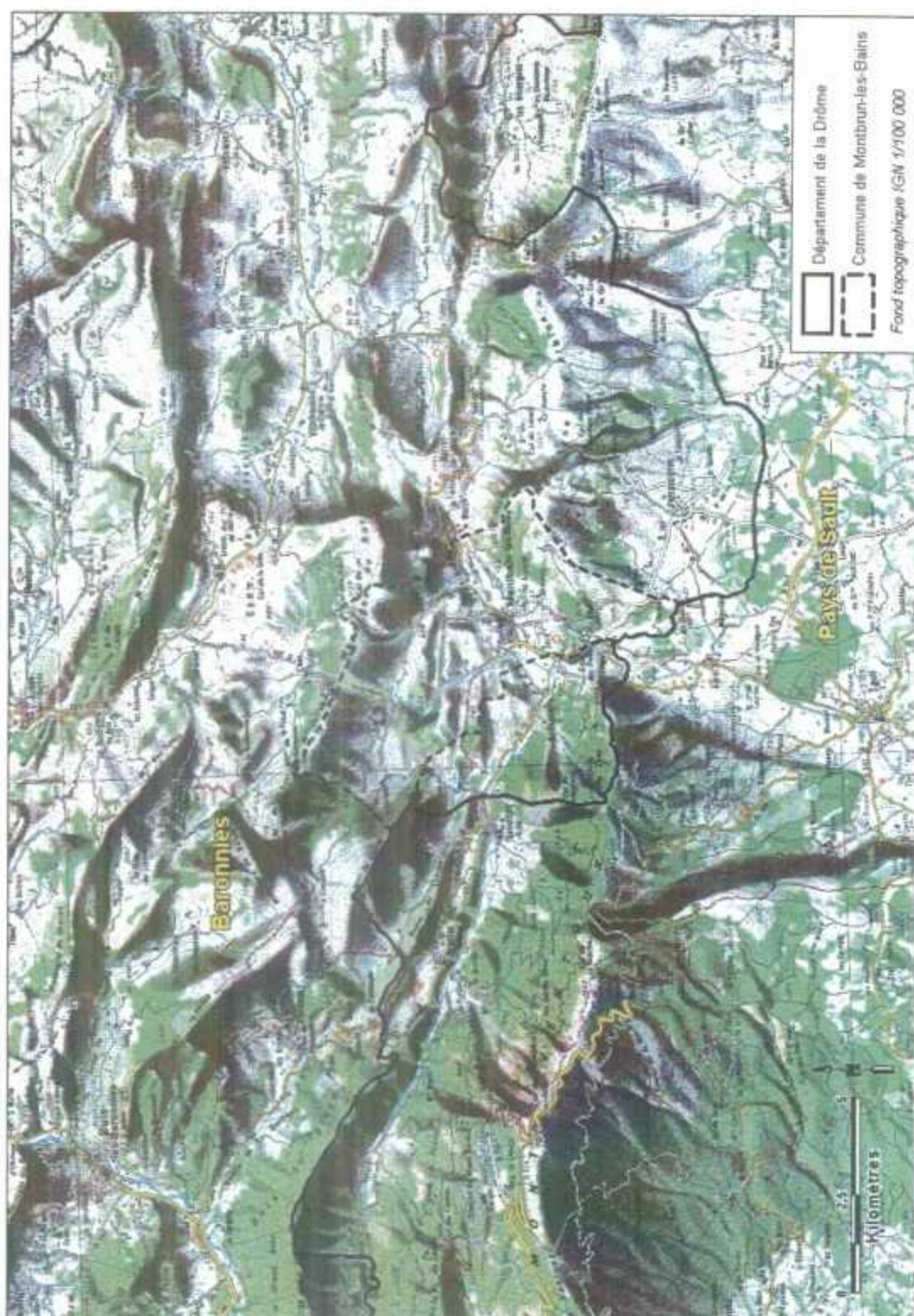


Illustration 7 – Situation géographique de la commune de Montbrun-les-Bains

Les paysages autour du village de Montbrun-les-Bains sont emprunts de la Provence, marqués par des sols assez peu épais sur terrains calcaires. Champs de lavande (Illustration 3), polycultures (Illustration 4), prairies (Illustration 5), façonnent le paysage aux alentours du village. Plus au sud, la plaine alluviale du Toulourenc, en allant vers Reilhanette, est occupée par des cultures.

2.1.2. Caractéristiques climatiques

Les caractéristiques climatiques du territoire de Montbrun-les-Bains sont appréhendées aux travers des données fournies par trois postes météorologiques proches : Séderon au nord-est, Aurel au sud, et Savoillan à l'ouest, situés respectivement à 814, 725 et 520 m d'altitude. La localisation des postes, les séries complètes des températures moyennes mensuelles et des cumuls mensuels de précipitations de 1994 à 2003 sont données en annexe.

Le territoire de Montbrun-les-Bains est soumis à un climat de type méridional, avec influence continentale. Sur la période 1994-2003, soit 10 ans de données, la moyenne des précipitations annuelles sur les trois postes de Séderon, Aurel, et Savoillan est respectivement de 1126, 1033, et 1143 mm/an. Les trois postes étant situés à des altitudes voisines, les moyennes des précipitations annuelles sont peu différentes.

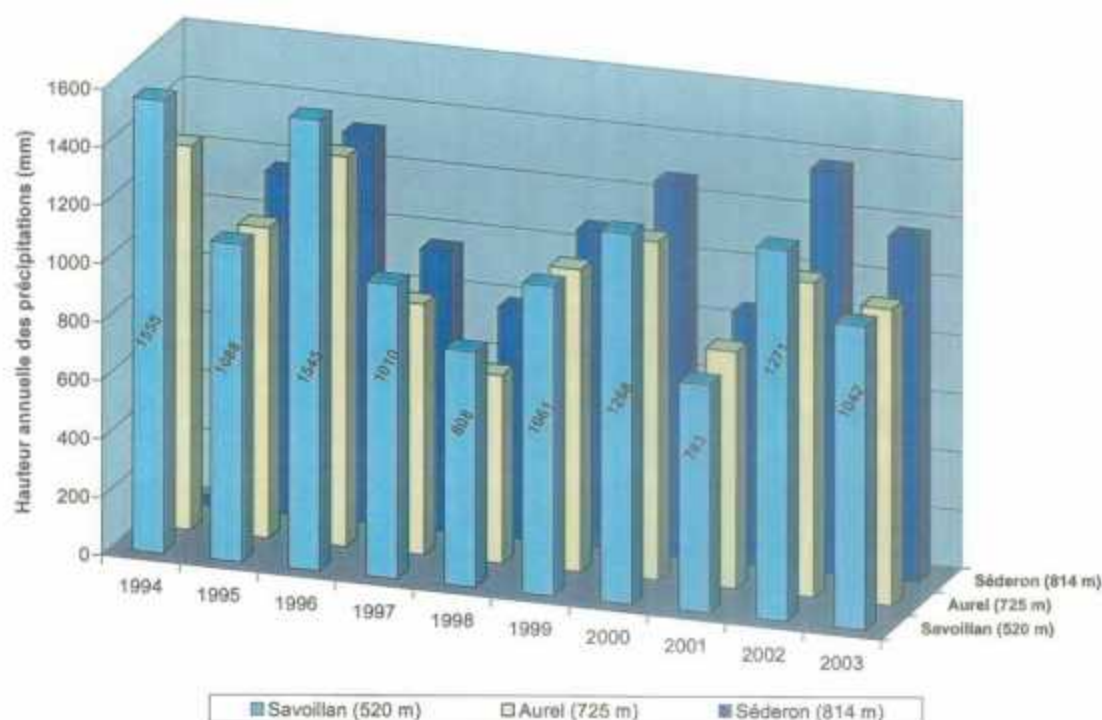


Illustration 8 – Hauteurs annuelles des précipitations sur les postes météorologiques du territoire de Montbrun-les-Bains de 1994 à 2003

La répartition des précipitations mensuelles de 1994 à 2003 pour le poste de Savoillan (Illustration 9) montre que le régime pluviométrique est marqué par une période sèche sur les mois d'été (minimum de 44 mm en juillet), et des pluies abondantes à l'automne (avec un maximum de 175 mm en novembre), et en début d'hiver (maximum de 145 mm en janvier). Un pic pluviométrique est marqué au printemps, mais reste moins important que celui de l'automne (maximum de 105 mm en avril).

La variabilité interannuelle des précipitations est relativement importante :

- d'une part sur le cumul annuel, avec un minimum de 783 mm pour l'année 2001, et un maximum de 1555 mm en 1994 ;
- d'autre part sur les précipitations mensuelles, avec l'exemple de juin : 4 mm en 1995, contre 167 mm en 1996.

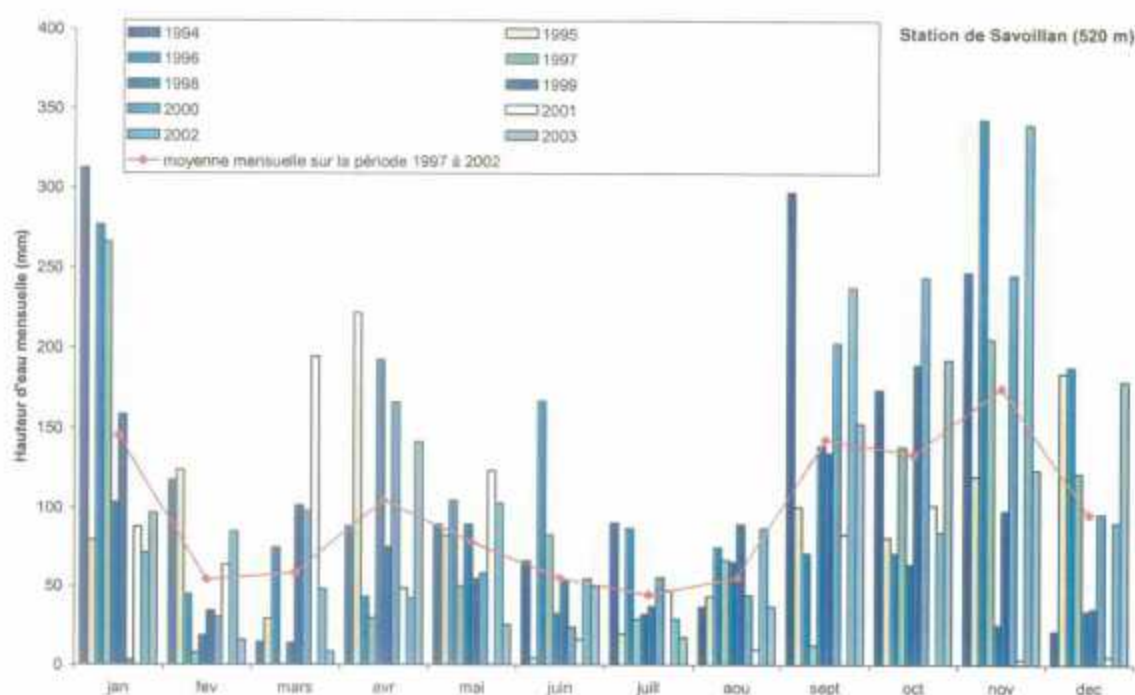


Illustration 9 – Cumul mensuel des précipitations de 1994 à 2003 au poste de Savoillan

L'évolution des températures, représentée pour le poste de Savoillan (Illustration 10) fait apparaître la forme « en cloche » caractéristique des pays tempérés. Les températures extrêmes restent très clémentes, avec les minima enregistrés en janvier et février (moyenne des minima égale à $-1,3^{\circ}\text{C}$), et les maxima enregistrés en août (moyenne des maxima égale à 28°C).

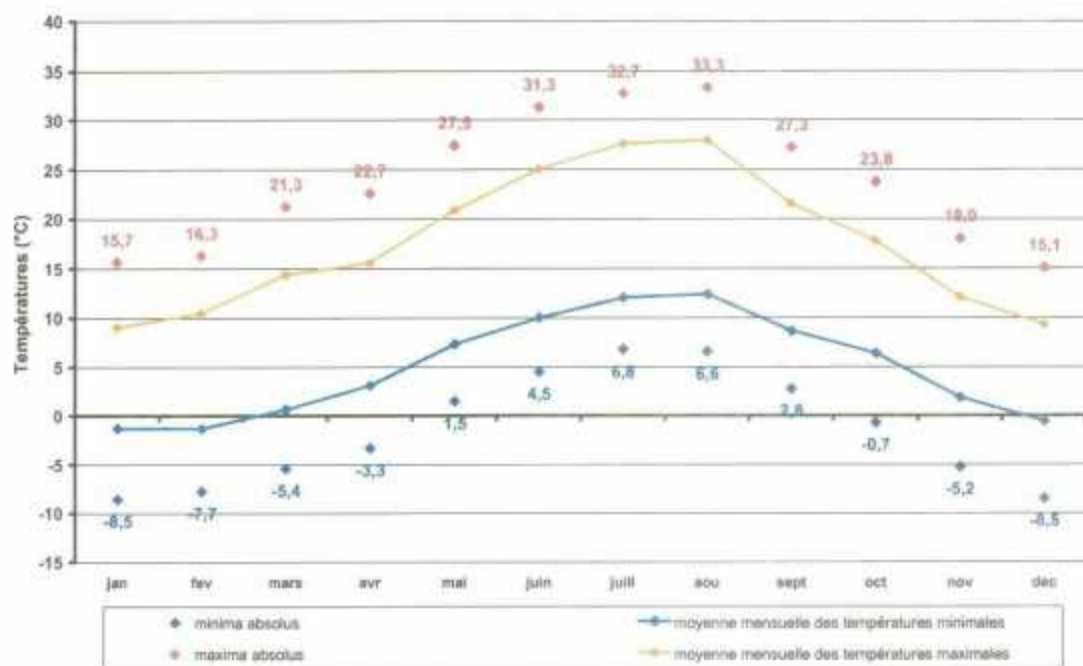


Illustration 10 – Températures mensuelles (°C) de 1994 à 2003 au poste de Savoillan

2.1.3. Contexte géologique

a) Cadre géologique général

Le fossé de Sault-Aurel constitue une dépression de 12 km de long, sur 2 à 3 km de large, qui se creuse à la terminaison nord des plateaux du Vaucluse. Ces plateaux sont encadrés à l'est par la faille de la Durance de direction N30, et à l'ouest par le couloir rhodanien et le faisceau de la faille de Nîmes, de direction N40 (Illustration 11). Vers le nord, ces plateaux urgoniens s'interrompent au niveau du pli chevauchant à vergence nord, marqué par la faille majeure du Ventoux-Lure, de direction est-ouest.

Cette faille sépare le fossé de Sault du bassin de Montbrun-les-Bains, tous deux à remplissage tertiaire, et met en communication deux domaines morphologiques et tectoniques différents (Saillard, 1991) :

- la **plate-forme calcaire du Vaucluse**, au sud, parcourue par des accidents majeurs NNE-SSO, et NNO-SSE, responsables de l'ouverture de « grabens » (fossé de Murs, fossé de Sault) au Tertiaire. Ces sédiments calcaires, datant de l'Urgonien (Crétacé inférieur), se sont déposés à faible profondeur.
- la **Fosse vocontienne** (zone des Baronnies) au nord, plissée et à morphologie contrastée. Les terrains sont essentiellement *marneux* et *marno-calcaires*, et les ressauts topographiques sont constitués par des calcaires qui forment des corniches. Ces sédiments se sont déposés à relativement grandes profondeurs (d'où le nom de « fosse »), par opposition aux calcaires urgoniens.

Le fossé de Sault-Aurel fait partie des grabens à remplissage tertiaire connus dans la moitié est de la France (fossés d'Alès, de Camargue, des Limagnes, fossé Rhénan), qui ont pris naissance à la faveur d'un réseau de failles principales de direction N30 allant de la faille d'Alès à la faille de la Durance (Illustration 12). Ces failles de directions cévenoles sont d'âge jurassique, et d'héritage probablement tardi-hercynien.

Le bassin de Montbrun-les-Bains est un bassin sédimentaire à structure en synclinarium. Il borde la partie frontale du chevauchement de Ventoux-Lure. Son remplissage est constitué de dépôts tertiaires oligocènes et miocènes :

- au nord de la structure en synclinarium du bassin se trouvent les terrains miocènes fortement plissés, sur lesquels est construit le vieux village de Montbrun. Ces structures plissées d'axe est-ouest sont post-miocènes, mais résultent en partie des mouvements tectoniques pyrénéo-provençaux ;
- le centre du synclinarium est occupé par des terrains plus tendres de l'oligocène, qui forment une combe à relief plus doux vers le sud du village. Cette combe est interrompue au sud par les reliefs carbonatés de la chaîne de Lure. Cette chaîne de Lure correspond à un grand monoclin à pendage sud, fracturé mais non plissé, dont le rebord septentrional dessine une longue crête est-ouest dominant le Pays des Baronnies.

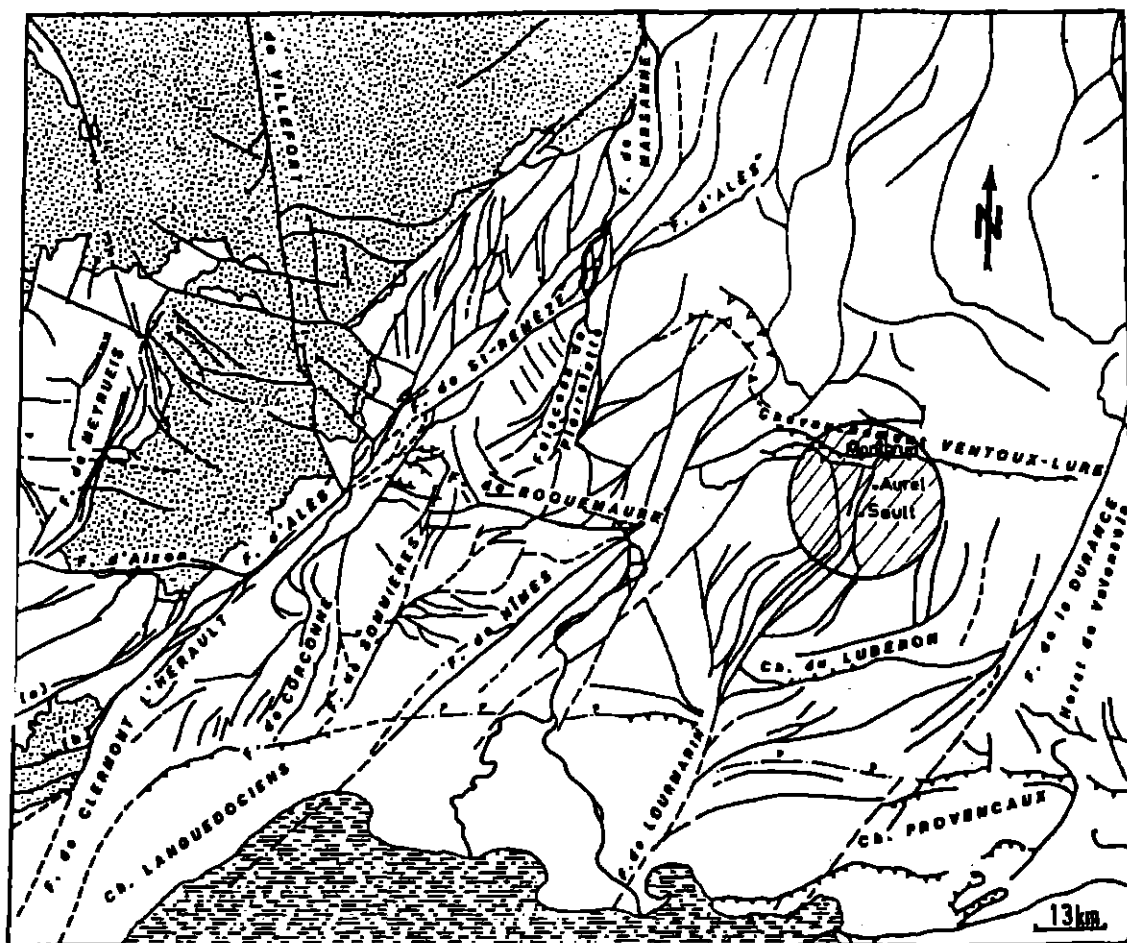


Illustration 11 – Réseau de fracturations principales du sud est (Saillard, 1991, d'après J. Chedhomme, I.G.A.L., inédit)

b) Séries lithostratigraphiques

La série lithostratigraphique est complexe, et présente sur quelques centaines de mètres d'épaisseur une succession de terrains allant du Crétacé inférieur au Miocène, avec une lacune du Crétacé supérieur à l'Eocène.

Crétacé inférieur : Les terrains crétacés composent la Montagne d'Albion, la Montagne de Lure, et le Mont Ventoux. Ils affleurent sur le flanc nord du synclinorium de Montbrun-les-Bains, ainsi que sur son flanc sud au niveau du village de Reilhanette (Illustration 14). Jusqu'au Valanginien (n2), les unités géologiques présentent peu de différences de faciès et d'épaisseur entre la zone des Baronnies au Nord, et la zone de Lure au sud : il s'agit pour le Berriasien (n1) de calcaires et calcaires marneux sur une centaine de mètres d'épaisseur environ, suivis au Valanginien (n2) d'une série marneuse, de plus d'une centaine de mètres d'épaisseur, souvent riche en fossiles pyriteux (pyrite : FeS_2). Ensuite, les différences de faciès et d'épaisseur deviennent très marquées entre les deux zones nord et sud (Illustration 15).

L'Hauterivien (n3) voit alterner des séries de calcaires plus ou moins marneux, de marnes ou de marno-calcaires, sur environ 250 m d'épaisseur dans le secteur des Baronnies, et sur 500 m environ dans le secteur de Lure.

Le Barrémien (n4) est d'épaisseur variable, et composé notamment de calcaires en gros bancs qui forment des barres dans le relief actuel.

Dans le secteur des Baronnies, le Bédoulien (n5) est représenté par une barre de calcaires clairs en gros bancs de quelques dizaines de mètres d'épaisseur. Dans le secteur de Lure, ce sont des calcaires en gros bancs très riches en nodules de silex (calcaires « à chailles »).

Oligocène : Les terrains oligocènes sont présents au nord et au sud du synclinorium de Montbrun-les-Bains. De la base au sommet, la série présente, sur une épaisseur de 150 m minimum, la succession de terrains suivants (Hole, 1991) :

- argiles jaunes ;
- calcaire à silex se délitant en fines plaquettes ;
- marnes blanc jaunâtre passant à des argiles sableuses verdâtres. Ces couches renferment des niveaux de **gypse** ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), qui ont été autrefois exploités sur la commune (lieu-dit « les Gipières » par exemple) ;
- un ensemble de cargneules, calcaire massif ou en plaquettes, et marnes ;
- et au sommet, des marnes sableuses jaunâtres à empreintes de végétaux.

D'est en ouest, la série oligocène montre un pendage général vers le NNE, mais les dépôts sont fréquemment plissotés au passage de failles majeures. Et au nord du chaînon miocène, la série présente une inclinaison vers le sud (La Citadelle).

Miocène : Les terrains miocènes occupent le centre du synclinorium de Montbrun-les-Bains. Le Burdigalien (m1) est constitué de plus de 120 m de terrains calcéro-gréseux suivis de marnes sableuses et de grès, et enfin de calcaires. L'Helvétien (m2) voit le dépôts de marnes, de grès et de sables jaunes, de conglomérats, sur une centaine de mètres environ. Les affleurements miocènes s'étendent de Savoillan à l'ouest, à Barret-de-Lioure à l'est. Ils sont affectés de plis serrés d'axe N80. Au sud du bassin, les séries miocènes jouxtent les séries oligocènes basculées vers le nord mais moins plissées, tandis qu'au nord, le Miocène est en contact anormal par faille avec les terrains oligocènes et crétacés (Saillard, 1991).

Quaternaire : Les formations récentes du quaternaire recouvrent une bonne partie de la combe de Montbrun-les-Bains. On y trouve : des éboulis (E), des cônes de déjection torrentiels (J), et des alluvions actuelles déposées par le torrent de l'Anary et le Toulourenc (Fz).

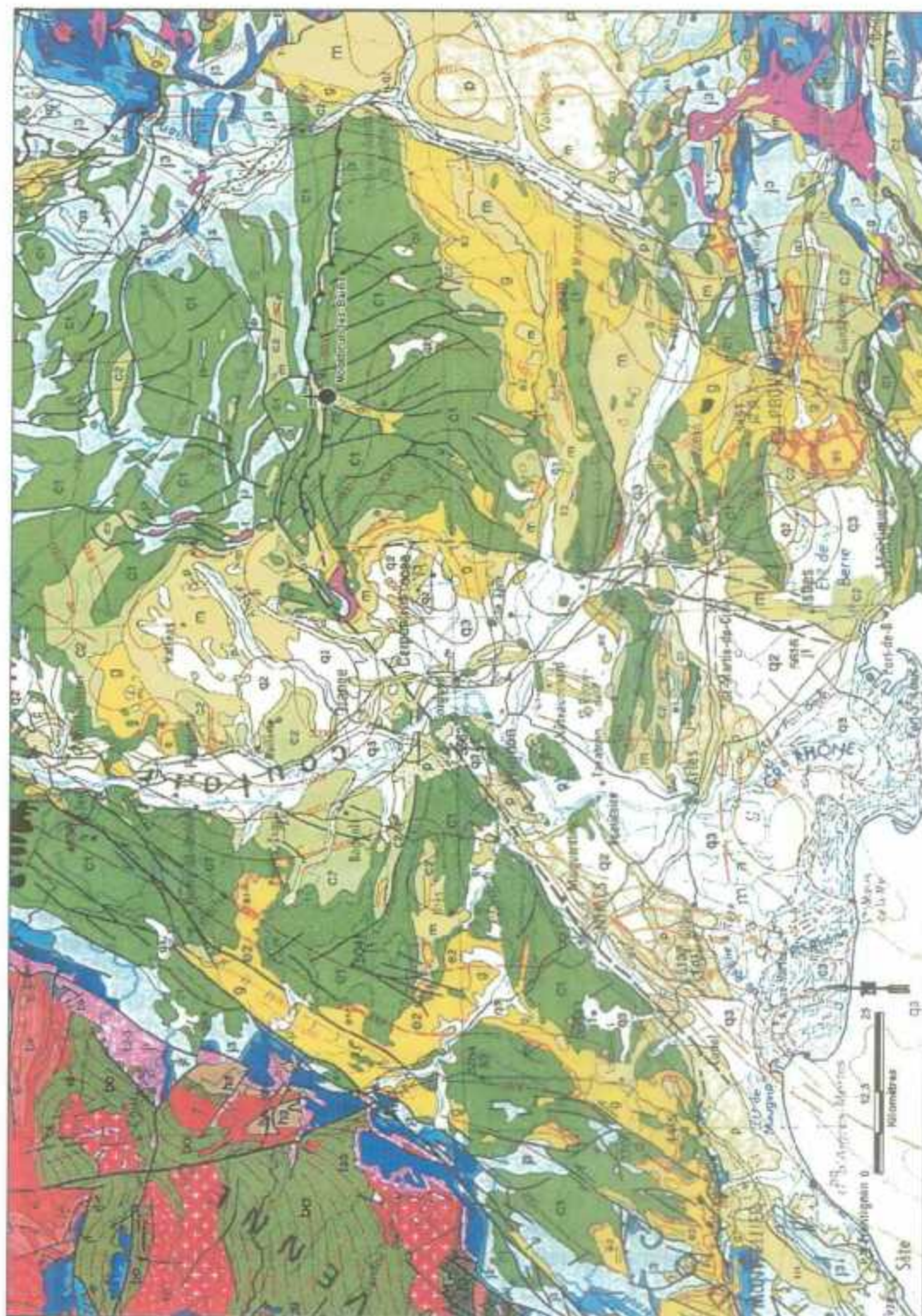


Illustration 12 – Cadre géologique régional (d'après la carte géologique de la France au 1/1000000, éditions du Brgm)



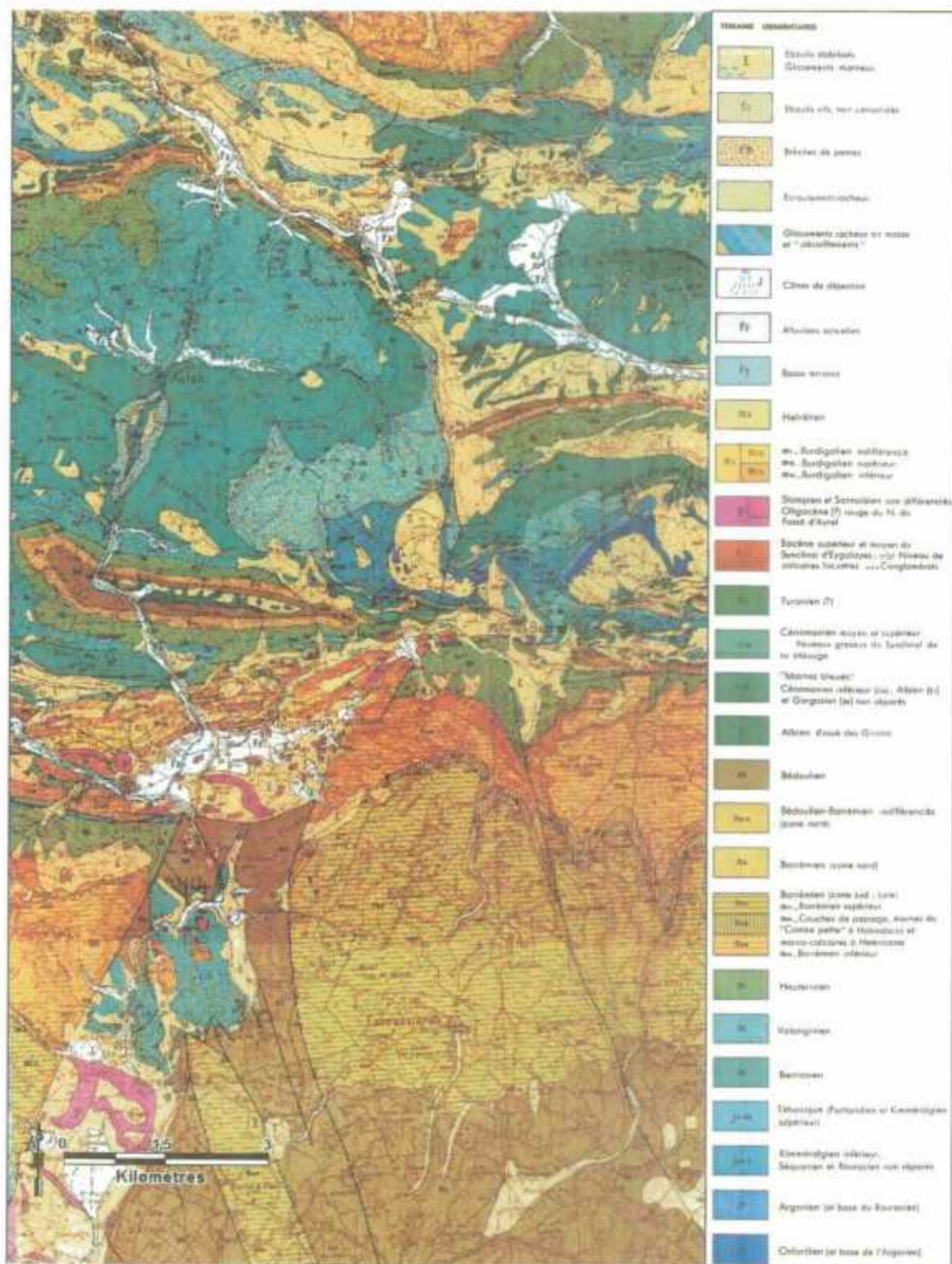


Illustration 14 – Cadre géologique de Montbrun-les-Bains (extrait de la carte géologique au 1/50000 de Séderon, éditions Brgm)

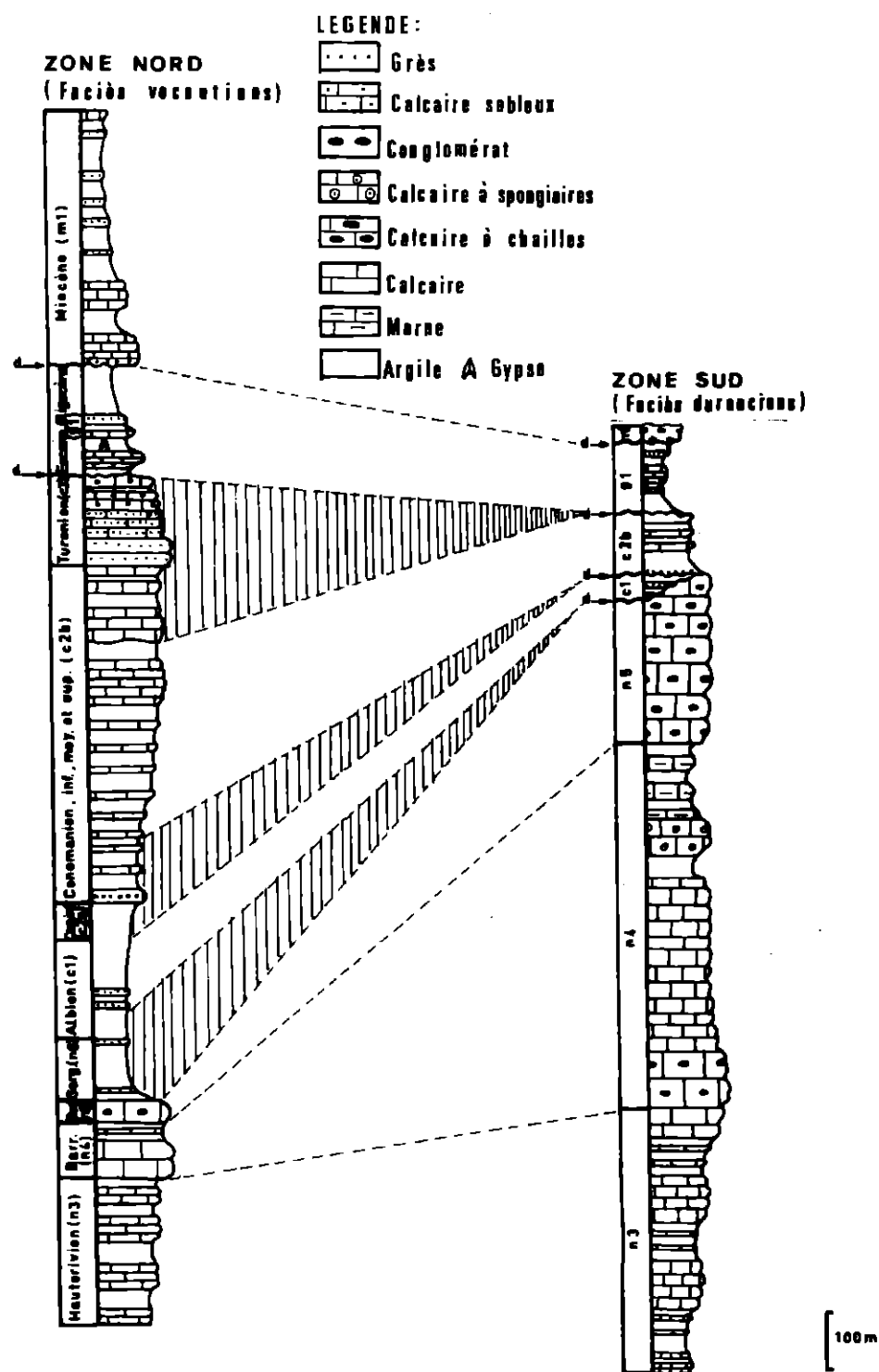


Illustration 15 – Vue d'ensemble sur les séries stratigraphiques (Saillard, 1991, d'après la notice de la carte géologique au 1/50 000 de Séderon, éditions du Brgm)

c) Structuration : histoire générale

La structuration des séries lithostratigraphiques est le résultat de l'histoire géologique complexe de la région, et plus précisément des épisodes tectoniques successifs qui ont remanié les couches sédimentaires pendant ou postérieurement à leur dépôt. Ainsi, la structuration apparaît comme le résultat d'une tectonique post-hercynienne qui voit se succéder des périodes de distension (où apparaissent des failles normales et des fossés d'effondrement), et des périodes de compression qui génèrent des plis, des failles inverses et des chevauchements.

L'orogénèse hercynienne, induite par la tectonique des plaques, sera maximale à la fin du Carbonifère, et les terrains anciens subiront des déformations (plissements, charriages,...) et/ou du métamorphisme. A l'époque **tardi-hercynienne** se mettent ainsi en place de **grands accidents de socle fondamentaux**, tels la faille de Nîmes, qui concernent les terrains sur des profondeurs très importantes (faille intéressant la croûte terrestre).

Au Mésozoïque et jusqu'au début du Crétacé inférieur, se produisent des successions de régimes marins qui conduiront à des périodes de sédimentation (importants dépôts calcaires : grands Causses, plateaux Vauclusiens,...).

A la fin du Crétacé inférieur, l'Ibérie et l'Europe se séparent pour donner naissance au Golfe de Gascogne (Illustration 16). Dans les **zones de contrainte**, de grandes fractures parallèles de direction est-ouest se créent, qui délimitent des compartiments dont certains s'affaissent, et sur lesquels vont s'accumuler des séries alternées de niveaux sableux et argileux, épaisses de plusieurs centaines de mètres, voire de kilomètres.

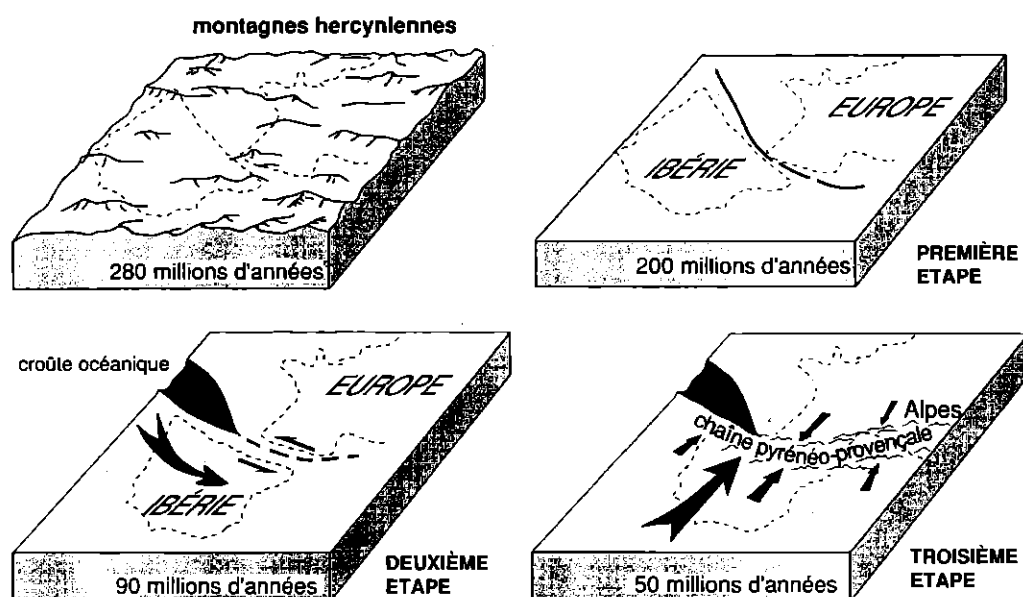


Illustration 16 - Collision de la plaque Ibérie avec la plaque Europe (Bousquet, 1997)

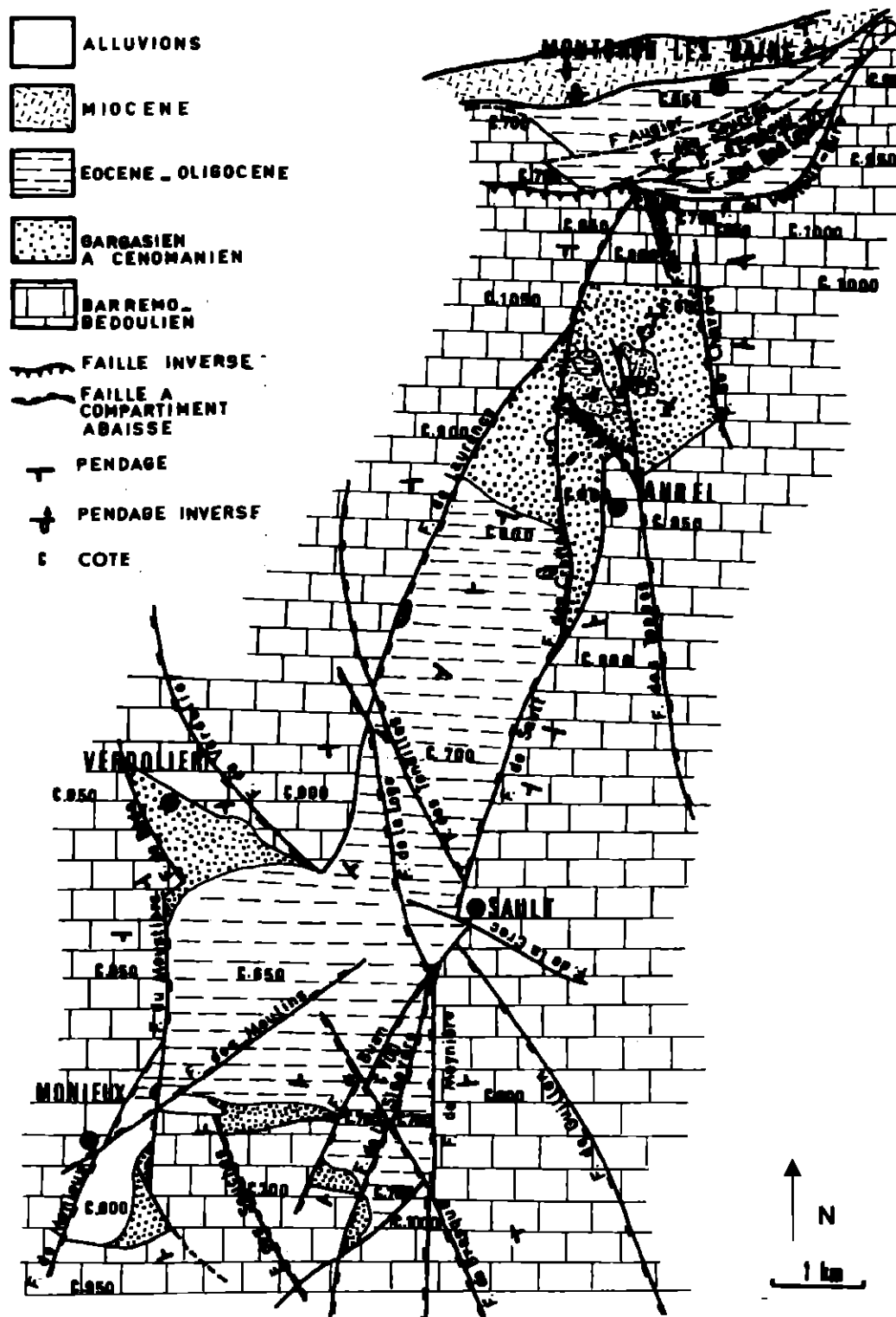
A partir du milieu du Crétacé, poussée par la plaque africaine, la plaque ibérique entre en collision avec la plaque européenne, ce qui entraîne l'**orogénèse pyrénéenne**. Pris en étau, les terrains pyrénéens s'empilent pour donner naissance à des reliefs. Cette phase de plissement pyrénéen connaîtra son apogée à l'Eocène (milieu du tertiaire).

d) Aperçu structural de la région de Montbrun-les-Bains

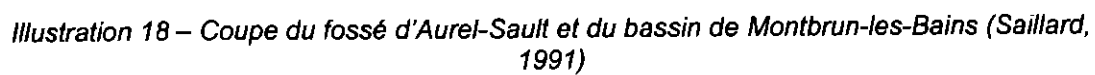
L'histoire du bassin sédimentaire tertiaire de Montbrun-les-Bains est ainsi liée à celle, plus générale, de la **chaîne pyrénéo-provençale**. La compression sub-méridienne est responsable du plissement Est-Ouest des Baronnies, et du début du chevauchement du Mont Ventoux et de la montagne de Lure. Cette tectonique compressive est suivie, à l'Oligocène, d'une phase distensive : les grandes failles tardi-hercyniennes, de Nîmes et de la Camargue aux Pyrénées Orientales, et dans l'actuel Golfe du Lion, jouent en failles normales et provoquent l'affaissement des reliefs dans la partie est de la chaîne pyrénéo-provençale. Les **fossés d'effondrement** se remplissent au fur et à mesure de leur formation par accumulation de séries continentales arrachées par l'érosion (torrents,...). Et c'est ainsi la formation du fossé d'Aurel-Sault et du bassin synclinal de Montbrun-les-Bains (Illustration 17). A plus grande échelle, les effondrements deviendront suffisamment importants pour permettre l'entrée de la Méditerranée, et ce sera l'ouverture du Golfe du Lion à l'Aquitainien (Miocène inférieur).

Au Miocène moyen, la plate-forme marine du Golfe du Lion va s'effondrer, et les massifs bordiers, comme le Canigou, vont connaître une phase de surrection. Cette phase entraînera des contraintes cassantes, conduisant à des structurations (failles, fractures, décrochements,...) verticales de très grande ampleur (de l'ordre de 2500 m en jeu vertical).

Le trait structural dominant dans la région de Montbrun-les-Bains est le chevauchement de la chaîne de Lure sur le Pays des Baronnies. Le monoclinal de Lure représente une partie du flanc sud, fortement faillé mais non plissé, du grand anticlinal Lure-Ventoux : sous l'effet d'un serrage sud-nord, la chaîne de Lure s'est avancée vers le nord, et est venue chevaucher frontalement les séries synclinales de Jabron-Montbrun qui se sont plissées et laminées. Cette phase orogénique majeure pour la chaîne de Lure et la bordure méridionale des Baronnies date de la fin du Miocène. Dans les Baronnies, cette phase orogénique sera responsable de grands décrochements qui vont recouper des plis anté-miocènes, et du rejeu ultime de ces mêmes plis dans une phase ultérieure. Ce sera ainsi le cas pour la bordure nord du synclinal de Montbrun-les-Bains.



**Illustration 17 – Schéma structural du Fossé de Sault et du bassin de Montbrun-les-Bains
(d'après Saillard, 1991)**



2.1.4. Contextes hydrologique et hydrogéologique

a) Hydrologie

Le secteur de Montbrun-les-Bains est parcouru par deux cours d'eau principaux. Le torrent d'Anary, issu de la conjonction de plusieurs sources à l'ouest de Barret-de-Lioure, traverse le village de Montbrun-les-Bains vers le sud. Il rejoint le Toulourenc, qui vient des Baronnies en trajet nord-sud, amorce une large boucle à hauteur de Montbrun-les-Bains, longe la face nord du Mont Ventoux, pour rejoindre l'Ouvèze en amont de Vaison-la-Romaine.

Le bassin hydrographique est à cheval sur la zone des Baronnies (montagne de Buc), et sur la zone de Lure (montagne d'Albion). Les cours d'eau ont des régimes contrastés, avec des étiages marqués et des augmentations rapides de débit possibles après des épisodes de pluies, notamment lors des orages (ainsi Toulourenc signifie « Tout ou rien » en patois local). Ce régime est caractéristique des régions karstiques.

b) Hydrogéologie

La forte structuration géologique du secteur de Montbrun-les-Bains a engendré de nombreuses discontinuités (fractures, failles,...) qui favorisent l'apparition de sources. Une interrogation de la Banque de Données du Sous-Sol (BSS, gérée par le Brgm) a permis de relever 16 ouvrages (source, puits, forage, aven) sur Montbrun-les-Bains et ses environs. De plus, un rapide inventaire des sources, effectué par le Brgm en 1990 (Hole, 1991), avait permis d'en répertorier une vingtaine, de débit généralement faible, dont certaines (en dehors des sources exploitées par l'établissement thermal) dégagent une odeur d'hydrogène sulfuré. Ces points sont répertoriés dans les tableaux (Illustration 19, Illustration 20) et carte (Illustration 21) suivants.

Dans le cadre de la présente étude, une visite de terrain a été effectuée en mars 2004 en compagnie de M. Claude Chapon, responsable technique de l'établissement thermal de Montbrun-les-Bains, pour repérer quelques unes des sources répertoriées, notamment celles étant réputées sulfureuses, et y effectuer des mesures de conductivité et de température in situ (Illustration 22).

Les conductivités des eaux superficielles, mesurées sur les torrents de l'Anary et du Toulourenc à proximité du village de Montbrun-les-Bains sont de l'ordre de 490 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui est classique des eaux circulant en milieu carbonaté. La source de la propriété Marie (n°2, sur le hameau des Gipières) affiche une conductivité de l'ordre de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, caractéristique d'une eau superficielle.

Parmi les sources réputées sulfureuses, la source du cimetière de Reilhanette est celle qui montre la conductivité la plus élevée, supérieure à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. On retrouve l'ordre de grandeur des conductivités des sources exploitées par le centre thermal. L'indice thermal de cette source du cimetière de Reilhanette semble donc marqué même s'il n'y a pas d'odeur de soufre. Les autres sources réputées sulfureuses (n°6 et 7) présentent des conductivités de l'ordre de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui pourrait indiquer un mélange d'eaux thermales et d'eaux superficielles.

Nom	Indice BSS	Dptt	Commune d'implantation	Lieu-dit	Nature	Utilisation	Z (mNGF)
Les Gipières	09165X0009	26	Montbrun-les-B.	Les Gipières	Forage	Thermalisme	640
Les Platrières	09165X0001	26	Montbrun-les-B.	Deffend de Redon	Source	Thermalisme	640
Les Rochers	09165X0002	26	Montbrun-les-B.	Rèves	Source	Thermalisme	623
L'Anary	09165X0004	26	Montbrun-les-B.	L'Anary	Source	Eau collective	685
Millet	09165X0003	26	Ferrassières	Millet	Source	Eau collective	960
Champ d'Angros	09165X0005	26	Reilhanelle	Champ d'Angros	Source	Eau collective	620
Aven du Gros Collet	09158X0003	84	Savoillan	Gros Collet	Aven		1270
Maldaric	09158X0009	84	Savoillan	Maldaric	Source	Eau collective	550
Briançon	09158X1001	26	Reilhanelle	Briançon	Source	Eau collective	565
La Devingude	09161X0003	26	Aulan	La Devingude	Puits	Eau collective	765
Toumail	09166X0006	26	Barret-de-Lioure	Toumail	Projet de captage		830
Génisseau	09166X0002	26	Barret-de-Lioure	Génisseau	Source	Eau collective	920
	09166X0004	26	Barret-de-Lioure	Barret-de-Lioure	Source	Eau collective	960
Font-Leydier (la Meouge Tay)	09166X0001	26	Barret-de-Lioure	Font-Leydier	Source	Eau collective	875
La Farette	09161X0009	26	Mévouillon	La Farette	Drain	Eau collective	950
Villefranche-le-Château	09162X0002	26	Villefranche-le-C.		Puits	Eau collective	798

Illustration 19 – Ouvrages répertoriés en BSS aux environs de Montbrun-les-Bains

Nom	Z (mNGF)	Débit (l/min)	Débit (m³/j)	Remarque
1. La Casse	665	1	1	
2. Propriété Marie	650	63	91	
3. Propriété Augier	635			
4.	635	5	7	
5. Le Lauron	588			
6. L'Embouy	610	35	50	très légèrement sulfureuse
7.	609	< 30*	< 43*	réputée sulfureuse
8.	609	< 30*	< 43*	
9. Rome-Pte Espieu	585			
10. De la Justice	585	< 30*	< 43*	
11. Petite Fontaine	560	8	12	
12.	560			a fait objet étude pour AEP plateau d'Albion
13. Cimetière de Reilhanelle	570	< 6*	< 9*	réputée sulfureuse
14. De Ray	631			utilisée pour AEP deux maisons
15. De Bourreau	635	10	14	
16. Moussan	656	> 50	> 72	alimente 3 maisons
17. La Roussette	745	12	17	

* : débit estimé

Illustration 20 – Inventaire partiel des sources en décembre 1990 (d'après Hole, 1991)

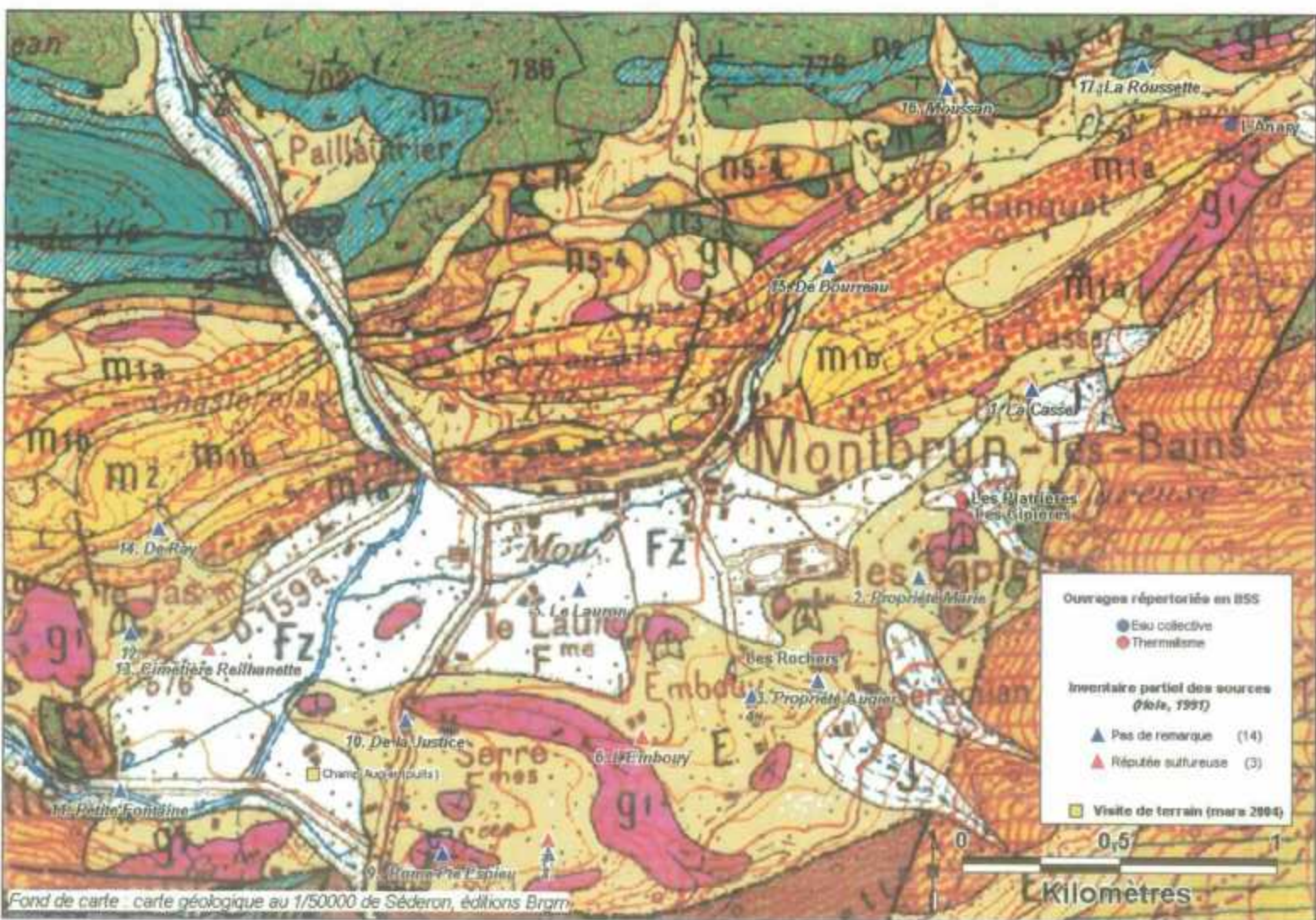


Illustration 21 – Inventaire des ouvrages BSS et des sources autour de Montbrun-les-Bains

Source	Date	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Remarques
Plâtrières	09/03/2004	2450	11,3	Source sulfureuse exploitée
Rochers	09/03/2004	2730	12	Source sulfureuse exploitée
2. Propriété Marie	10/03/2004	404	10,6	
6. L'Embouy	10/03/2004	650	11	
7., 8.	10/03/2004	615	9,5	
9. Rome-Pte Espieu	10/03/2004	1050	9,7	
13. Cimetière de Reilhanette	10/03/2004	2350	12	Conductivité très marquée
Champ Augier (puits)	10/03/2004	1065	10,5	Odeur de H_2S marquée
Torrent l'Anary	10/03/2004	489	8,2	(au pont à l'entrée du village)
Torrent le Toulourenc	10/03/2004	489	7,2	(au pont menant à Teilhanette)

Illustration 22 – Résultats des mesures in situ sur les sources en mars 2004

La visite de terrain de mars 2004 nous a également permis d'aller reconnaître deux puits au niveau du lieu-dit de Champ Augier. Le premier, situé dans une ferme, dégage une odeur de soufre marquée, et la conductivité est assez élevée, de l'ordre de $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Un deuxième puits de 8 m de profondeur, situé dans un champ à quelques centaines de mètres du premier, est exploité à un débit de l'ordre de 25 à $30 \text{ m}^3/\text{h}$ pour l'irrigation. La conductivité est marquée, égale à $1089 \mu\text{S}/\text{cm}$, et la température est de 9°C . Le propriétaire nous a indiqué que le puits a recoupé des niveaux d'argile bleue, et du gypse (« pierre à plâtre »).

Ces indices d'eau d'origine (au moins en partie) thermale sont intéressants, car ils sont relativement éloignés des deux griffons naturels bien marqués et connus que sont les sources des Plâtrières et des Rochers. Ils suggèrent que la zone des émergences des eaux thermales présente une certaine extension, ce qui peut être positif sur plusieurs points :

- c'est un indice favorable (quoique non suffisant) quant à l'importance du gisement ;
- elle ouvre des pistes quant aux opportunités de « nouvelles » ressources en eau thermale pour la station (par exemple pour créer un ouvrage de secours), qui ne seraient pas à proximité trop immédiate des deux captages de Gipières et des Rochers (ce qui limiterait les risques d'interférence entre ouvrages voisins).

2.2. L'ACTIVITÉ THERMALE DE LA STATION

2.2.1. Historique administratif

L'établissement thermal de Montbrun-les-Bains appartient à la mairie. Son exploitation est concédée à la société ValVital. Il est situé dans la combe de Montbrun-les-Bains, au sud du vieux village, et a été inauguré et mis en service le 4 mai 1987 (Illustration 23).



Illustration 23 – Photographie de l'entrée de l'établissement thermal

2.2.2. Historique de l'exploitation

L'activité thermale à Montbrun-les-Bains a une longue histoire... D'après l'étude du Docteur Henri Lazare (Lazare, 1876), les eaux thermales étaient connues « bien avant l'ère chrétienne », et « nul doute, par conséquent, que les Romains qui ont laissé dans le pays de nombreuses traces de leur occupation, aient usé de ces eaux ». La première étude chimique des eaux de Montbrun-les-Bains date de 1821 : le docteur Coudray soutient le 17 août 1821 sa thèse intitulée « Etude sur les eaux minérales de Montbrun-les-Bains » devant l'Académie de Médecine de Montpellier.

Les premiers bains de Montbrun-les-Bains sont édifiés au XVIII^{ème} siècle, et fonctionneront jusqu'en 1860 avec l'eau de la source « des Plâtrières ». Ils proposent entre 10 et 20 cabinets de bains et douches. Suite au rapport favorable de l'Académie Impériale de Médecine du 12 janvier 1858 « au sujet des eaux sulfureuses de

Montbrun », et à l'avis favorable du Conseil Général des Mines du 1^{er} avril 1859, l'**Arrêté Ministériel du 12 mai 1859** accorde « l'autorisation d'exploiter pour usage médical et livraison au public » les deux sources minérales « des Plâtrières » et « des Rochers ». En octobre de cette même année, M. Sollier, architecte à Apt, forma la société « d'exploitation générale des eaux minérales de Montbrun – Sollier et Cie », en acquérant les deux sources et les bains, alors possessions des frères Reynaud, ainsi que des terrains alentours. Le véritable essor du thermalisme à Montbrun-les-Bains commence un peu plus tard, au Second Empire, quand le marquis de Suarez d'Aulan, écuyer de Napoléon III, fait édifier en 1864 un « véritable » établissement thermal, avec cabines, salles de douches, salles d'inhalation, pulvérisateurs, etc. La station semblait alors promise à un bel avenir avec l'inauguration prévue par l'Impératrice Eugénie, mais la guerre de 1870 et la chute du second Empire modifient le cours de son destin (Popoff, 1996). A la fin du XIX^{ème} siècle, Montbrun-les-Bains est cependant connu pour ses « eaux sulfureuses froides ». En 1874, l'établissement thermal propose l'administration des eaux en boissons, douches laryngiennes, faciales et oculaires, en pulvérisation et inhalation gazeuses, et dispose de logements pour 100 malades.

L'établissement thermal sera fermé en 1913 pour causes circonstancielles : la première guerre mondiale entraînera, entre autres événements, la désertion des cures thermales...

L'Arrêté Ministériel du 15 septembre 1933 suspend l'autorisation d'exploitation pour les deux sources « des Rochers » et « des Plâtrières », celles-ci étant restées inexploitées plus de 5 ans.

En 1941, la société Casino achète l'ancien établissement thermal et ses deux sources pour le transformer en « établissement social » et centre de vacances pour ses employés. Les installations thermales tombent rapidement en ruines, mais la mairie conserve le droit d'usage des deux sources minérales à des fins thérapeutiques, avant que la société Casino ne les lui cède.

Vers la fin des années 60, la commune de Montbrun-les-Bains commence des démarches administratives pour son projet de remise en état de l'exploitation des eaux thermales. Le 1^{er} avril 1976, une nouvelle Autorisation Ministérielle est donnée pour exploiter à l'émergence les deux sources « des Rochers » (à un débit de 10 l/min) et « des Plâtrières » (à un débit de 25 l/min), après avis favorable de l'Académie de Médecine du 20 janvier 1976. Les principales indications des eaux minérales étaient le traitement des affections des voies respiratoires, et éventuellement la dermatologie, la rhumatologie ayant été écartée en raison de la température trop basse des sources, et surtout du débit jugé insuffisant.

Cette restriction ne décourage cependant pas la mairie, qui entreprend les démarches pour ouvrir un nouvel établissement thermal. Par arrêté interministériel du 5 juin 1986, Montbrun-les-Bains est à nouveau reconnue comme station thermale, habilitée à traiter les affections respiratoires. La construction du nouvel établissement, à quelques centaines de mètres de l'ancien, démarre fin 1986, et il sera inauguré le 4 mai 1987.

Après une période de rodage, la fréquentation de l'établissement thermal se stabilise aux alentours de 400 curistes par an. Il fonctionne alors seulement sur l'eau de la source « des Rochers », qui avait reçu un accord de principe ministériel le 2 février 1983 pour son transport à distance. En effet, elle était captée puis transportée par un tuyau PVC jusqu'à la station thermale, où elle était stockée dans trois réservoirs souples de 5 m³ chacun, en textile polyester enduit de PVC plastifié (la journée de cure démarrait avec les trois réservoirs pleins, puis quand le 1^{er} était vide, il se remplissait pendant que le 2^{ème} était utilisé, le 3^{ème} restant en attente, et ainsi de suite).

Avec l'agrément rhumatologie toujours envisagé par la mairie, le débit de la seule source « des Rochers » est insuffisant. En 1988, la mairie sollicite également l'autorisation d'exploiter à distance du point d'émergence les eaux minérales de la source « des Plâtrières », ainsi qu'une révision du débit d'exploitation fixé à 25 l/min dans l'arrêté ministériel de 1976, ce qui provoquera les réserves de la DRIRE quant à la stabilité de la ressource aux plans quantitatif et qualitatif. Sollicité pour avis par la DRIRE, le BRGM (Hole, 1991) conclura que la source des Plâtrières pouvait être exploitée à un débit supérieur, mais était néanmoins vulnérable aux apports d'eaux de surface, ce qui laissait des doutes sur la fiabilité d'un captage superficiel. L'étude préconisa donc la réalisation d'un forage pour garantir à la fois la stabilité des débits et de la qualité de l'eau.

En 1992, la CEMER est chargée d'une étude hydrogéologique sur le secteur thermal des « Plâtrières », et réalise 4 forages de reconnaissance autour de la source (CEMER, 1992a). Le forage d'exploitation dit « des Gipières », profond de 75 m, est réalisé par la CEMER en octobre 1992 (CEMER, 1992b). Le 30 janvier 1996, l'Académie de Médecine délivre un avis favorable pour « l'exploitation comme eau minérale naturelle, à l'émergence et à distance vers l'établissement thermal, de l'eau du captage Les Gipières ». L'Autorisation Ministérielle sera alors accordée à la suite, le **28 mars 1996**.

De 1987 à 1996, l'établissement thermal a fonctionné sur la seule source des Rochers. Actuellement en 2004, seule l'eau minérale du forage « les Gipières » est utilisée.

2.2.3. Nature de l'activité thermique

Au XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles, les eaux « sulfureuses froides » de Montbrun-les-Bains sont surtout réputées pour le traitement des affections respiratoires, ainsi que pour le traitement des affections de la peau. En 1874, l'établissement thermal de Montbrun-les-Bains propose « l'expédition, contre remboursement, par caisses de 50 et 25 bouteilles demi-litres et quarts de litres, pour l'emploi en boisson, en douches oculaires, laryngiennes et faciales ».

Le nouvel établissement thermal de 1987, avec une surface au sol de 400 m², propose actuellement deux secteurs d'activité médicale d'importance inégale :

- un secteur principal pour **voies respiratoires – ORL (VR)**, avec 8 postes de gargarismes, 8 postes de humage nébulisation, 4 postes d'irrigations, 8 postes aérosols, une salle d'inhalation froide, une salle d'inhalation chaude, 4 postes

pédiluves, 2 buvettes (intérieure et extérieure), un cabinet de médecin, et une salle de rééducation respiratoire ;

- un petit secteur de **rhumatologie (RH)**, avec une salle vaporarium, 2 baignoires, une douche à jet, une salle de massage sous l'eau, et une salle d'application de boue.

Ces deux secteurs d'activité médicale s'adressent aux curistes qui viennent le matin. L'établissement propose également des **activités de remise en forme** l'après-midi. La saison thermale s'étale de début avril à fin octobre.

2.2.4. Evolution et impact de l'activité thermale sur la commune

a) Evolution de l'activité thermale

L'activité thermale peut être évaluée en terme de fréquentation. A travers cette notion est comptabilisé le nombre annuel de curistes sous prescription médicale (cures de 21 jours partiellement prises en charge par la Sécurité Sociale). L'évolution de la fréquentation de la station de Montbrun-les-Bains est représentée ci-après (Illustration 24). Depuis l'ouverture de l'établissement thermal en 1987, la fréquentation oscille entre 450 à 550 curistes par an. Elle représente environ 0,5% de la fréquentation régionale en Rhône-Alpes.

2003 a été la première saison à voir Montbrun-les-Bains proposer l'activité rhumatologie (RH) dès l'ouverture. Elle marque une augmentation de la fréquentation des curistes médicaux :

- 445 (contre 441 en 2002) en orientation principale VR, dont 75 (50 en 2002) bénéficiant d'une seconde orientation en RH ;
- 245 (135 en 2002) en orientation principale RH, dont 53 (20 en 2002) bénéficiant d'une seconde orientation en VR.

Au total en 2003, c'est près de 690 curistes médicaux (le matin) qui ont fréquenté l'établissement, soit une augmentation de la fréquentation de près de 23% par rapport à 2002.

L'activité de remise en forme a également augmenté (+6% en 2003 par rapport à 2002), avec près de 1090 participants (les après-midi).

Dans sa configuration actuelle, l'établissement thermal est arrivé au maximum de sa capacité d'accueil. La commune envisage le développement de l'activité thermale, avec en particulier, l'augmentation du secteur médical rhumatologie, et de l'activité de remise en forme. Ainsi, les projets d'équipements envisagés sont les suivants :

- rhumatologie : une salle vaporarium, 5 baignoires, 2 douches à jet, 3 salles de massage sous l'eau, 5 salles d'application de boue, et une piscine.

- remise en forme : un poste d'esthétique, une salle de musculation, un sauna, et une salle de gym.

Ces projets d'équipements s'accompagnent d'un vaste projet immobilier, avec l'extension de l'établissement, création de parkings couverts, chauffage par panneaux solaires. Pour ces projets d'extension, la mairie de Montbrun-les-Bains a instruit une demande de subventions auprès de la Région Rhône-Alpes qui est en cours actuellement.

Le projet de la mairie est, à l'horizon 2006, de passer à 1500 curistes par an en orientation rhumatologie. Cet important projet de développement de l'activité rhumatologie envisagé par la commune aura un impact très significatif sur les besoins en eau, puisque cette activité nécessite environ 1 m³ d'eau minérale par personne et par jour, soit plus de 50 fois plus que l'activité ORL (environ 15 à 20 l d'eau par personne et par jour). L'étude de l'adéquation ressources-besoins est présentée dans un paragraphe ultérieur (§3.4).

b) Impact de l'activité thermale sur la commune

L'activité thermale contribue à l'attraction touristique de la commune de Montbrun-les-Bains, attirant curistes et personnes les accompagnant.

Le développement des activités thermales a un coût pour la commune qui a financé la construction des bâtiments. En contrepartie, l'activité thermale engendre des recettes directes et induites pour la commune, et des emplois directs et indirects, essentiellement touristiques et commerciaux.

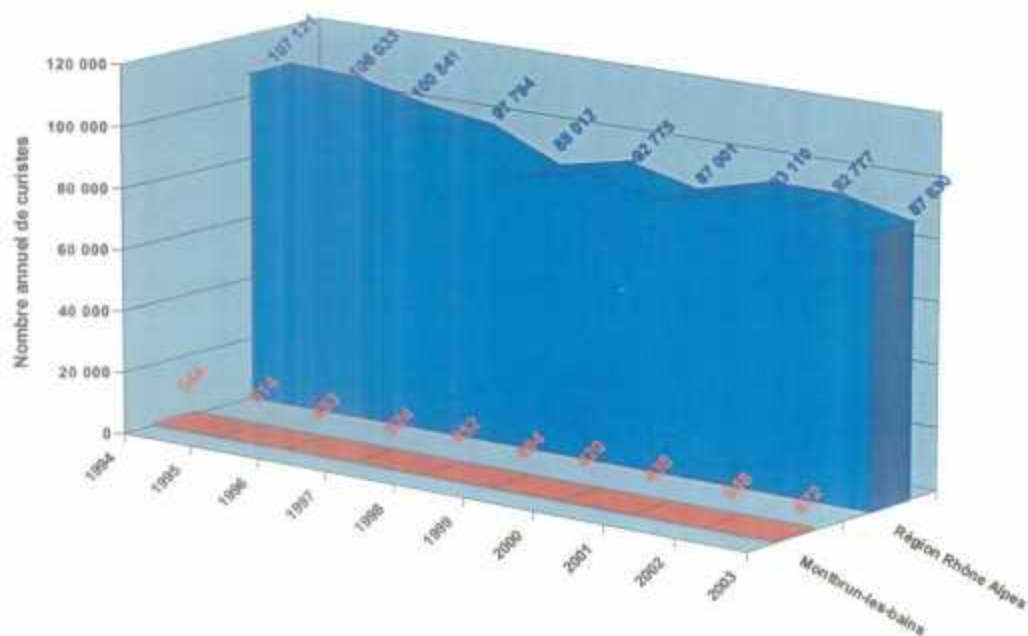
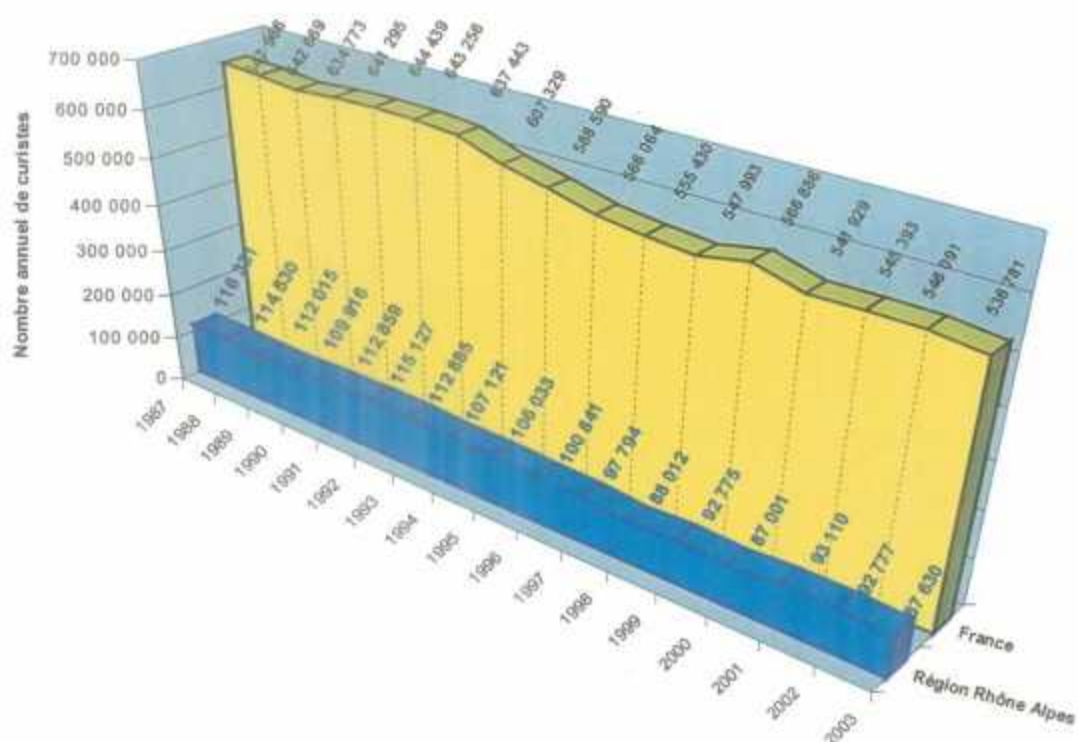


Illustration 24 – La fréquentation de l'établissement thermal de Montbrun-les-Bains par rapport aux fréquentations régionale et nationale

3. Les eaux thermales de Montbrun-les-Bains

Cette partie est consacrée à la présentation des eaux thermales de Montbrun-les-Bains, depuis la caractérisation du gisement qui peut être dessinée à partir des données existantes, jusqu'à son arrivée dans la station thermale.

3.1. PRÉSENTATION DU GISEMENT D'EAU MINÉRALE

3.1.1. La notion de gisement

Le gisement d'eau minérale est l'ensemble de la structure géologique souterraine depuis la zone d'alimentation et jusqu'à la zone d'émergence, située au droit d'une zone géographique bien déterminée. On peut distinguer ainsi (Illustration 25) :

- une **aire d'alimentation** avec infiltration des eaux de pluie. Il est maintenant reconnu que toutes les eaux minérales françaises ont une origine météorique et non juvénile² (Blavoux, 1995).
- un **réseau d'infiltration**, vaste en volume mais à vitesse d'écoulement très lente, à travers lequel l'eau descend et se réchauffe. La Terre produit en effet de la chaleur selon un flux correspondant à la désintégration des radionucléides présents dans la croûte terrestre, de 1 à 2 microcalories par seconde et par centimètre carré. Cette valeur est la moyenne pour le globe, elle peut être localement plus forte du fait de l'activité magmatique actuelle ou récente. Le gradient géothermique qui traduit ce flux est de l'ordre de +3°C/100m en moyenne. Lors de ce transit en profondeur, l'eau acquiert également sa **minéralisation**, qui va dépendre de multiples paramètres : 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, sur-saturation,...).
- un axe de collecte agissant en drain et permettant la **remontée** de l'eau minérale. Selon la vitesse de remontée, les échanges avec le terrain encaissant sont variables, mais le constat a été souvent fait que les pertes sont faibles et le régime stationnaire, ce qui a conduit le législateur à prendre en compte 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 pression qui va conduire à la détente de gaz, certains inertes du point de vue chimique (gaz rares, azote N₂), et d'autres comme le gaz carbonique CO₂ ou le

² Se dit d'une eau qui a une origine profonde (volcanique ou magmatique) et qui ne provient pas des précipitations.

sulfure d'hydrogène H_2S , 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,
- variations de températures, qui affectent les équilibres chimiques,
- dissolution/précipitation de phases minérales, qui peuvent avoir plusieurs origines : l'eau profonde peut rencontrer en ascension des associations minérales nouvelles vis-à-vis desquelles elle sera sur- ou sous-saturée, le dégazage de CO_2 entraîne généralement une précipitation de carbonates, la baisse de température favorise les dépôts de silice, ...
- mélange avec des eaux plus superficielles.

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

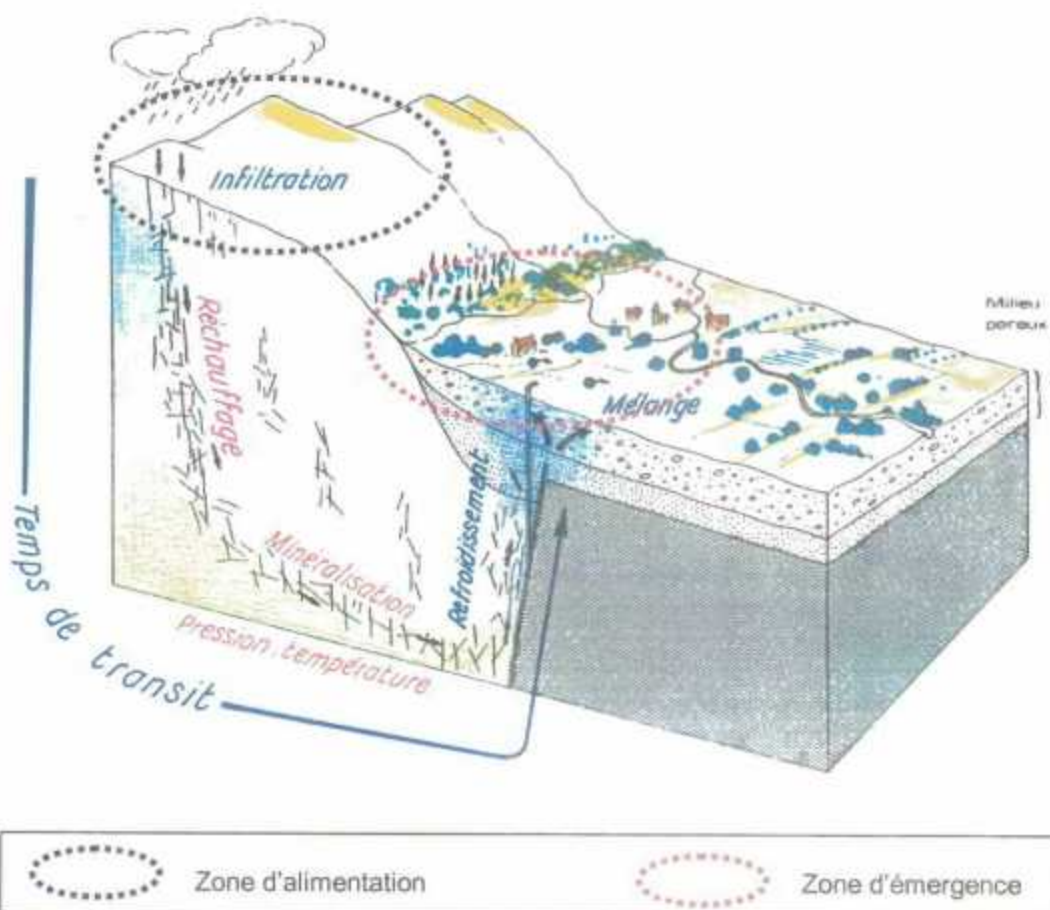


Illustration 25 – Schéma de principe d'un système hydrothermal (Lopoukhine, 1995)

L'**âge de l'eau** est défini comme le temps de transit entre la zone d'infiltration des pluies et l'émergence.

L'émergence thermominérale est un point sur la surface du sol qui correspond à un axe 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 d'un axe par phénomène d'advection sous conditions thermo-artésiennes (Raymahashay, 1996). La possibilité de montée rapide et d'émergence de l'eau implique la présence d'un **axe de fracturation ouverte**, le plus souvent lié à l'intersection d'au moins deux plans de faille.

La détermination de la **température à l'origine**, c'est-à-dire celle de l'aquifère profond faisant office de réservoir géothermal, a fait l'objet ces dernières années de recherches plus poussées notamment dans le domaine de la géochimie. Elles ont permis la mise en œuvre de « géothermomètres » (Pouchan, 1995), dont le principe fondamental est basé sur la dépendance de la solubilité des minéraux (et donc en conséquence des équilibres chimiques eau-roche encaissante) avec la température. Les teneurs en certains éléments chimiques des eaux thermales à l'émergence permettent alors, moyennant certaines hypothèses, d'estimer la température maximale atteinte en profondeur.

3.1.2. La zone des émergences d'eau minérale

Les deux zones d'émergence d'eau minérale principales de Montbrun-les-Bains sont la zone de la source « des Rochers », et celle de la source « des Plâtrières » et du forage proche dit « des Gipières ». Les références et localisation des captages sont données ci-dessous (Illustration 26 et Illustration 27).

Nom		Source des Rochers	Source des Plâtrières	Forage des Gipières
Indice BSS		09165X0002/HY	09165X0001/HY	09165X0009/GIPIER
Coordonnées Lambert 2 étendu (m)	X	848 851	849 591	849 601
	Y	1 912 547	1 913 129	1 913 109
Altitude (mNGF)		623	640	640
Date de l'AM		1 ^{er} avril 1976	1 ^{er} avril 1976	28 mars 1996
Utilisation en 2004		Non utilisée	Non utilisée	Exploité

Illustration 26 – Références des captages d'eau minérale de Montbrun-les-Bains



Illustration 27 – Localisation des captages d'eau minérale de Montbrun-les-Bains

a) Zone thermale des Rochers

La source des Rochers est située à environ 350 m au sud de l'établissement thermal, sur la parcelle cadastrale n°136, en bordure de la route D189 qui rejoint Ferrassières (Annexe 1). Cette source sourd à flanc d'un petit coteau exposé Nord, et émerge à travers les éboulis d'un banc calcaire de léger pendage Sud-Est. L'émergence est protégée par une galerie non maçonnée, qui débouche dans une chambre maçonnée et voûtée de dimensions 5 x 5 m environ, sur 2,80 m de hauteur en clé de voûte. A l'origine, cette chambre servait de bassin réceptacle des eaux minérales, avant qu'elles ne soient captées entièrement par un tube PVC scellé dans l'anfractuosité principale. Le schéma du captage de la source des Rochers est donné en annexe (Annexe 3).

Jusqu'en 1996, l'établissement thermal a exploité les eaux de la source des Rochers, par écoulement gravitaire dans une canalisation PVC, depuis le captage jusqu'à trois bâches de stockage souples (cf. §2.2.2).

Actuellement, la source des Rochers n'est plus exploitée, et les eaux captées dans la chambre s'écoulent naturellement vers l'extérieur, en rejoignant le caniveau de collecte des eaux pluviales le long de la route.

b) Zone thermique des Plâtrières

La source des Plâtrières est située environ 800 m à l'est de l'établissement thermal, sur la parcelle cadastrale n°255 de la section E au lieu-dit Les Plâtrières (Annexe 2). L'ouvrage en lui-même est cadastré sous le n°257, il s'agit d'une rotonde de 3 m de diamètre environ en pierres appareillées, qui pénètre dans le sol sur une hauteur de plus de 5 m. Un escalier en colimaçon permet d'accéder à la réunion de trois galeries :

- au sud-est, une galerie de 10 m de longueur environ, au fond de laquelle se trouve une cavité fermée par une petite porte. La source thermique des Plâtrières proprement dite émerge de cette cavité située au sein des calcaires de l'Oligocène présentant un pendage de 40 à 50° vers le sud-sud-est ou le sud. Une plongée spéléologique de reconnaissance effectuée en 1991 a montré que cette cavité ne se poursuivait pas en profondeur (CEMER, 1992a). Les mesures in situ effectuées par le Brgm le 9 mars 2004 indiquent une conductivité de 2450 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et une température de 11,3°C. La minéralisation importante est signe d'une origine minérale des eaux. Les eaux de la source sont captées par un tuyau PVC.
- au nord-est, une galerie de 10 m environ correspond au captage d'une source qui alimentait en eau douce l'ancien établissement thermal. Les eaux présentent les caractéristiques des eaux de milieu carbonaté, elles sont moyennement minéralisées (C = 466 $\mu\text{S}/\text{cm}$, T = 10,8°C le 9 mars 2004).
- à l'ouest, une galerie qui permet l'évacuation vers l'aval des eaux douces et des eaux thermales.

Le plan du captage de la source des Plâtrières est donné en annexe.

La source des Plâtrières était exploitée par l'ancien établissement thermal, mais n'a jamais été exploitée en tant que tel par le nouvel établissement, son captage de surface ne présentant pas suffisamment de garanties (cf. §2.2.2). Elle a été remplacée par le forage des Gipières.

Le forage des Gipières est situé à une vingtaine de mètres au sud de la source des Plâtrières, également sur la parcelle cadastrale n°255. Il s'agit de la transformation en forage d'exploitation de l'un (le n°F1) des quatre sondages de reconnaissance effectués en 1992 aux alentours de la source des Plâtrières (CEMER, 1992a). Approfondi de 43 à 75 m, ce forage d'abord dénommé « forage d'exploitation des Plâtrières », a été rebaptisé « forage des Gipières ». Les coupes géologique et technique de ce forage sont données en annexe. Ce forage a été arrêté à 75 m de profondeur, en raison de l'absence de calcaires et de fracturation à partir de 63 m. Schématiquement, le forage a rencontré :

- de 0 à 5m, couverture argileuse et éboulitique,
- de 5 à 17 m, argiles bleues à odeur d'hydrogène sulfuré H_2S , avec bancs de lignite,
- de 17 à 24 m, alternance d'argile et de calcaires à silex,

- de 24 à 60 m, calcaire plus ou moins fissuré,
- à partir de 60 m, marne verte avec quelques bancs de calcaire et de lignite.

A noter, une forte arrivée d'eau thermique entre 24 et 26 m, et diverses d'arrivées au sein des calcaires dont les plus significatives vers 34 m et 52 m de profondeur (CEMER, 1993). Ces arrivées d'eaux minéralisées ont été identifiées notamment grâce aux diagraphies de conductivité effectuées juste après la foration, et après repos du forage. Elles sont marquées par des conductivités fortes, de l'ordre de 1900 à 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, les eaux superficielles présentant une signature beaucoup moins minéralisée (conductivités de l'ordre de 300 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les arrivées d'eau sont donc situées au sein des calcaires fissurés de l'Oligocène.

L'essai de pompage de 20 jours consécutifs réalisé par la CEMER en 1992, avec un débit de 16 m^3/h pendant 24h, puis 20 m^3/h ensuite, a montré que la nappe d'eau thermique est une nappe captive sous les niveaux argileux (le niveau statique s'établissant environ à 7 m de profondeur par rapport au niveau du sol), et a permis d'évaluer le débit d'exploitation du forage à **20 m^3/h à raison de 8 heures de pompage par jour** (soit un volume d'eau thermique journalier maximal disponible de **160 m^3**).

3.1.3. Caractérisation du gisement d'eau minérale

En se référant à la notion de gisement d'eau minérale précédemment définie (cf. §3.1.1), la caractérisation de celui de Montbrun-les-Bains peut être principalement dessinée à partir des données existantes suivantes :

- études géologiques antérieures (rapports Brgm, Saillard, 1991), qui apportent des informations sur le schéma de circulation des eaux thermales : zone d'infiltration, réservoir hydrothermal, zone de remontée des eaux minérales,
- études hydrogéologiques de la CEMER, qui incluent notamment des analyses isotopiques apportant des informations sur l'aire d'alimentation,
- analyses physico-chimiques des eaux thermales, qui permettent de caractériser le faciès géochimique des eaux, et par là d'apporter des informations sur leur parcours entre la zone d'alimentation et la zone d'émergence : nature des roches traversées, température dans le réservoir hydrothermal en profondeur.

a) Faciès géochimique

Le faciès géochimique des eaux thermales de Montbrun-les-Bains peut être appréhendé à travers les résultats des analyses chimiques multi-élémentaires (anions et cations majeurs, éléments trace) existantes, fournis par la DDASS de la Drôme et/ou les rapports d'études du Brgm et de la CEMER, et qui sont donnés en annexe. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques physico-chimiques des eaux minérales figurant sur les arrêtés ministériels d'autorisation (Illustration 28).

			Rochers	Plâtrières	Gipières	
		Date AM	01/04/1976	01/04/1976	28/03/1996	
Code	Nom élément	Date prélèvt	09/11/1974	09/11/1974	03/04/1995	
T	Température	°C	14,6	11,4	11,8	
pH	pH		6,97	6,88	7,3	
C à 20°C	Conductivité à 20°C	μS/cm	2375	2202	2160	
	Alcalinité	en ml N/10	27,0	36,0	44,0	
	Sulfuration totale	mMole/l			0,068	
SiO ₂	Silice	mg/l	49,8	22,2	21,8	
CO ₂	CO ₂ libre	mg/l			< 20	
H ₂ S	H ₂ S dissous	mg/l	2,4	2,5	1,0	
	Résidu sec à 180°C	mg/l	2649,5	2390,0	2311	
	Résidu sec à 260°C	mg/l	2602,0	2352,5	2289	
	Résidu sulfaté	mg/l			2288	
Anions, en mg/l	HS ⁻	Sulfhydrile	mg/l	2,2	2,5	1,3
	S ₂ O ₃ ²⁻	Thiosulfates	mg/l	13,66	13,44	< 0,5
	SO ₄ ²⁻	Sulfates	mg/l	1578,0	1406,0	1410
	OH ⁻	Hydroxydes	mg/l			0,00
	HCO ₃ ⁻	Hydrogénocarbonates	mg/l	164,7	219,6	265,6
	H ₃ SiO ₄ ⁻	Silicates	mg/l			0,1
	Cl ⁻	Chlorures	mg/l	15,7	10,5	6,5
	NO ₃ ⁻	Nitrates	mg/l	0,0	0,01	< 1
	NO ₂ ⁻	Nitrites	mg/l	< 0,025	< 0,025	< 0,02
	F ⁻	Fluorures	mg/l	3,1	1,3	1,3
	PO ₄ ²⁻	Phosphates	mg/l			< 0,1
Cations, en mg/l	Ca ²⁺	Calcium	mg/l	576,0	591,0	600
	Mg ²⁺	Magnésium	mg/l	84,3	39,5	38
	K ⁺	Potassium	mg/l	2,4	1,5	1,2
	Na ⁺	Sodium	mg/l	23,2	14,1	12
	Li ⁺	Lithium	mg/l	0,28	0,13	0,1
	Fe ²⁺	Fer(II)	mg/l	0,022	0,037	< 0,005
	Mn ²⁺	Manganèse	mg/l	0,010	0,007	0,007
	Sr ²⁺	Strontium	mg/l	13,5	12,0	10,2
	NH ₄ ⁺	Ammonium	mg/l			0,1
Eléments trace, en μg/l	Al ³⁺	Aluminium	μg/l			< 3
	As ⁵⁺	Arsenic	μg/l			< 5
	B ³⁺	Bore	μg/l	120	120	280
	Cd ²⁺	Cadmium	μg/l			< 1
	Cr ³⁺	Chrome	μg/l			< 1
	Cu ²⁺	Cuivre	μg/l	6	4	< 5
	Pb ⁴⁺	Plomb	μg/l			< 10
	Se ⁴⁺	Sélénium	μg/l			< 10
	Zn ²⁺	Zinc	μg/l	3	12	< 5

Illustration 28 – Caractéristiques physico-chimiques des eaux thermales de Montbrun-les-Bains figurant sur les Arrêtés Ministériels d'Autorisation

Les eaux minérales sont marquées par des minéralisations importantes, traduites par de fortes conductivités et des résidus secs supérieurs respectivement à 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2300 mg/l.

Les eaux sont de type **sulfaté calcique**, avec une tendance magnésienne, qui est plus marquée sur la source des Rochers (Illustration 29). Elles présentent un **caractère sulfuré**, marqué par la présence de sulfures S^{2-} , sulfhydriles HS^- , et d'hydrogène sulfuré H_2S dissous.

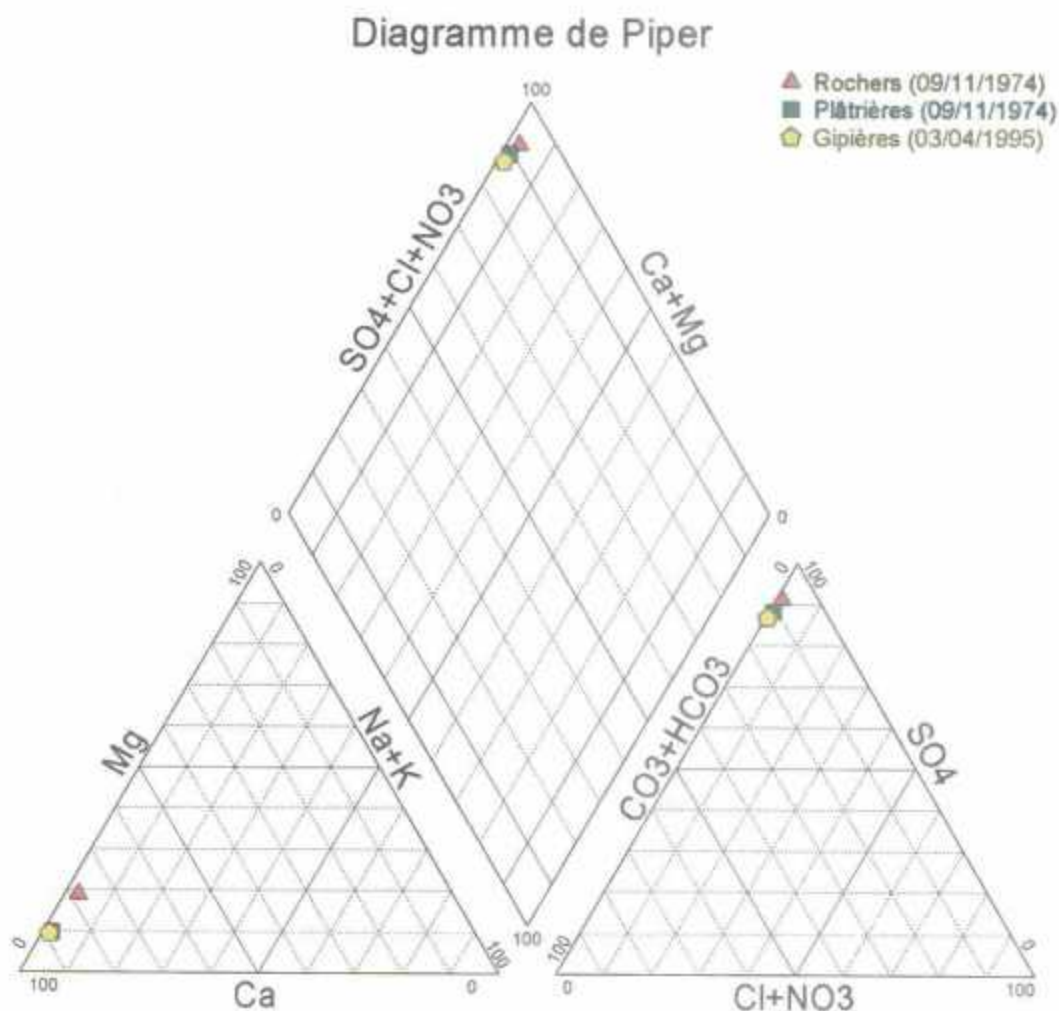


Illustration 29 – Représentation des analyses chimiques dans le diagramme de Piper

Les eaux sont marquées par de **fortes teneurs en sulfates**, de l'ordre de 1400 mg/l pour les Plâtrières et les Gipières, et proches de 1600 mg/l pour les Rochers.

Les eaux des deux sources et du forage sont proches, sans être tout à fait semblables. La source des Rochers se différencie des eaux de la source des Plâtrières et du forage des Gipières, très ressemblantes, comme il apparaît dans la représentation en diagramme de Shoeller-Berkaloff (Illustration 30). Les eaux de la source des Rochers sont légèrement plus chargées en chlorures Cl^- et sodium Na^+ , et ce qui signifie qu'elles ont traversé plus de terrains salifères que celles des Plâtrières et des Gipières.

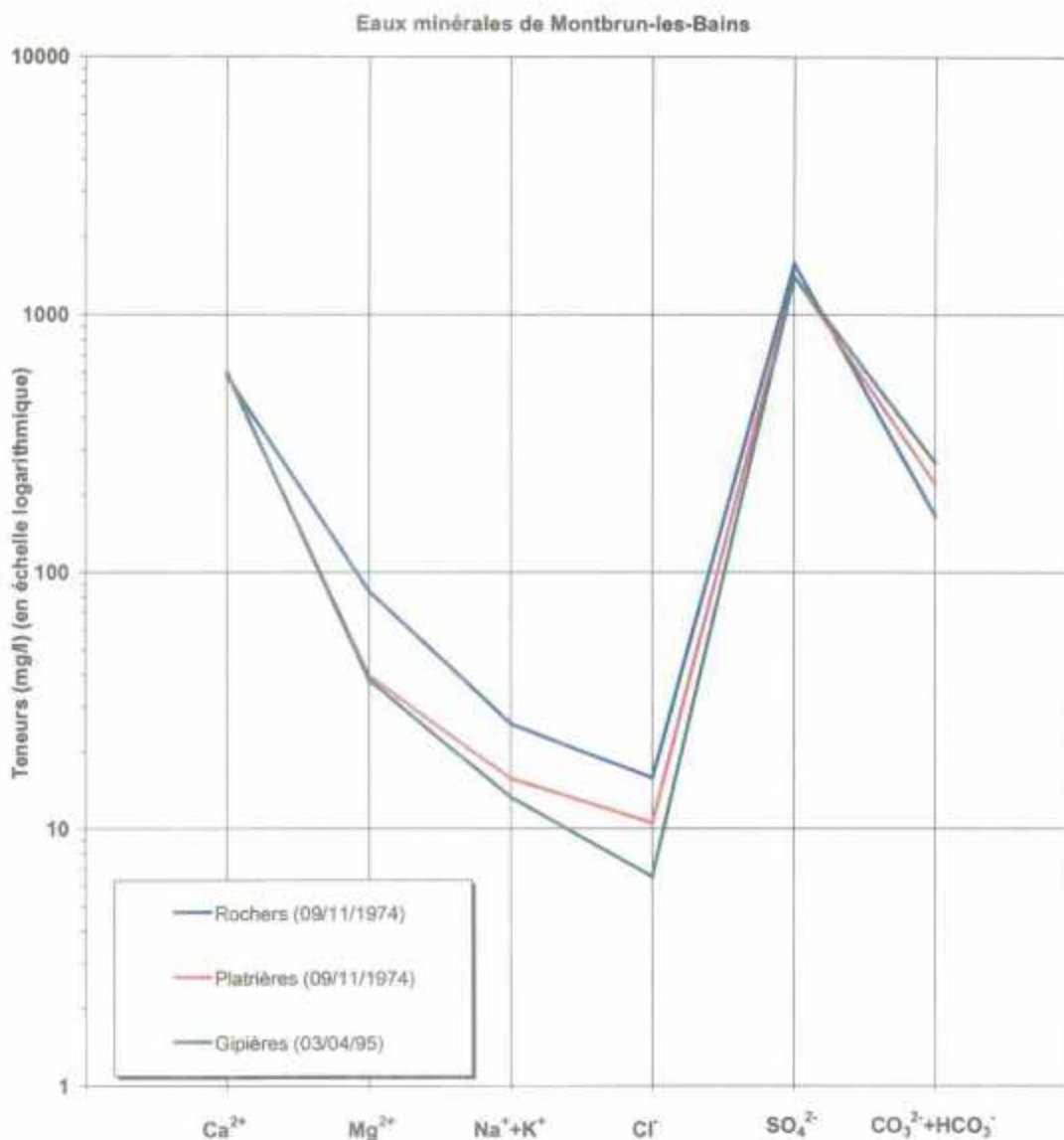


Illustration 30 – Représentation des analyses dans le diagramme de Shoeller-Berkaloff

Les eaux des Plâtrières et des Gipières sont plus chargées en HCO_3^- et calcium Ca^{2+} que celles de la source des Rochers, ce qui pourrait s'expliquer par un parcours plus

important au sein de roches carbonatées. Inversement, les eaux de la source des Rochers sont plus chargées en silice SiO_2 , ce qui paraît logique.

Toutes les eaux contiennent un grand nombre d'éléments trace : aluminium, cuivre, plomb, zinc, bore, cadmium, lithium, et surtout fluorures et strontium :

- toutes les eaux présentent un **caractère fluoré**, leur teneur en fluorures étant supérieure à 1 mg/l. Les teneurs sont plus importantes pour la source des Rochers (supérieures à 2,8 mg/l) que pour les eaux des Plâtrières et des Gipières (de l'ordre de 1,2-1,3 mg/l). La fluorine (CaF_2) peut être trouvée dans les roches magmatiques alcalines (granites par exemple), et aussi dans les filons, en association avec d'autres éléments tels que la barytine (sulfate BaSO_4) qui peut être présent dans les filons hydrothermaux), et des sulfures métalliques tels que la blende (ZnS), la galène (PbS), et la chalcopryrite (CuFeS_2) ;
- toutes les eaux sont également marquées par de fortes teneurs en **strontium**, élément caractéristique des filons hydrothermaux. Les teneurs sont de l'ordre de 12 mg/l pour les Plâtrières et les Gipières, et de 13,5 mg/l pour les Rochers.

La présence de ces deux éléments en teneurs importantes traduit l'**origine hydrothermale** au moins partielle de ces eaux. Le caractère hydrothermal est plus marqué sur les eaux de la source des Rochers que sur les eaux des sources des Plâtrières et des Gipières.

b) Estimation de la température du réservoir en profondeur

Estimer les températures du réservoir hydrothermal en profondeur permet de donner des indications sur la profondeur de ce réservoir, et donc sur le caractère hydrothermal et le temps de transit des eaux. Des outils géochimiques ont été développés, qui sont basés sur l'étude des équilibres chimiques supposés avoir été atteints entre l'eau et la roche encaissante en profondeur, qui dépendent de la température du réservoir, et que l'on peut mettre en évidence au travers des rapports entre certains éléments chimiques caractéristiques de l'eau à l'émergence.

De nombreux géothermomètres chimiques ont ainsi été développés, pour des eaux situées dans différents contextes (eaux plus ou moins acides, plus ou moins concentrées en certains éléments, gammes de températures,...). Parmi les plus classiques sont à citer les géothermomètres à silice, à sodium-potassium, et à sodium-potassium-calcium (Serra & Sanjuan, 2003).

Le géothermomètre à silice (ou quartz) est basé sur le principe que la solubilité de la silice SiO_2 des minéraux des roches est fonction principalement de la température (à pH constant), et la réaction [1] est difficilement réversible pour une solution sursaturée.



Ceci implique que la concentration en silice des eaux thermales à l'émergence peut permettre d'accéder à la température minimale du réservoir en profondeur, moyennant deux hypothèses importantes :

- la concentration en silice est représentative de l'équilibre avec le quartz [1] dans le réservoir en profondeur,
- il n'y a pas de changement dans la concentration durant la remontée rapide vers la surface par précipitation, dissolution, dilution, perte de vapeur, etc.

Fournier (1977) donne ainsi deux équations reliant la température (dans l'intervalle de validité de 0 à 250°C) à la concentration en silice (en mg/l) :

- Sans perte de vapeur :
$$T^{\circ}\text{C} = \frac{1309}{5.19 - \log\text{SiO}_2} - 273.15 \quad [2]$$

- Perte de vapeur maximum à 100°C :
$$T^{\circ}\text{C} = \frac{1522}{5.75 - \log\text{SiO}_2} - 273.15 \quad [3]$$

Ayant l'estimation de la température du réservoir en profondeur, une estimation est alors faite de la profondeur maximale atteinte, avec les deux hypothèses suivantes :

- le gradient géothermique moyen considéré est de +3°C/100m,
- la température moyenne du lieu considéré est de l'ordre de 10°C.

La profondeur maximale atteinte est alors calculée ainsi : $P_{\text{max}} \text{ (m)} = (T_{\text{max}} - 10) / 3 * 100$.

Les résultats obtenus pour le géothermomètre à silice, à partir des analyses des eaux minérales de 1989 et 1995, sont donnés dans le tableau suivant (Illustration 31). Ils montrent que la température estimée du réservoir en profondeur est de l'ordre de 65-70°C pour la source des Plâtrières et le forage des Gipières, un peu plus élevée et de l'ordre de 100°C pour la source des Rochers. Cette différence pourrait signifier soit un transit plus profond pour la source des Rochers, avec une profondeur estimée de l'ordre de 3000 m, contre 1800-2000 m pour la source des Plâtrières et le forage des Gipières, soit un phénomène de mélange avec des eaux d'origine moins profonde, qui serait plus important dans le secteur thermal des Plâtrières.

Quoiqu'il en soit, les températures estimées des réservoirs en profondeur sont beaucoup plus élevées que celles des émergences, de l'ordre de 12-13°C. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées, qui ne s'excluent pas les unes les autres :

- les géothermomètres donnent des estimations trop élevées des températures,
- les eaux thermales se refroidissent lors de leur remontée des profondeurs, ce qui suggère un temps de remontée long,
- les eaux thermales se refroidissent par mélange avec des eaux superficielles froides.

Eau minérale Date de prélèvement	Rocher 18/07/1989		Plâtrières 18/07/1989		Gipières 03/04/95	
Géothermomètre	T (°C)	Prof. (m)	T (°C)	Prof. (m)	T (°C)	Prof. (m)
T°C à l'émergence	12,9		11,7		11,8	
A quartz, pas de perte de vapeur (Fournier, 1977)	102	3060	63	1781	67	1890
A quartz, perte de vapeur max à 100°C (Fournier, 1977)	103	3090	69	1970	72	2067

Illustration 31 – Résultats de l'application de quelques géothermomètres sur les eaux minérales

c) Analyses de l'isotope ^{34}S des sulfates et des sulfures

En 1991, la CEMER a fait procéder à des mesures de l'isotope ^{34}S des sulfates (SO_4^{2-}) et des sulfures (S^{2-}), dont les résultats sont donnés ci-dessous (Illustration 32).

Source	Indice BSS	Altitude (mNGF)	Date prélèvement	$^{34}\text{S}/\text{CDT}$ (sulfates)	$^{34}\text{S}/\text{CDT}$ (sulfures)
Rochers	09165X0002/HY	623	19/09/1991	+ 23,2	- 31,3
Plâtrières	09165X0001/HY	640	19/09/1991	+ 22,8	non praticable

Illustration 32 – Résultats des analyses de l'isotope ^{34}S des sulfates et des sulfures

Ces résultats indiqueraient (CEMER, 1992a) :

- l'origine sédimentaire des sulfates dissous dans l'eau (présents en fortes concentrations) par lessivage des évaporites (gypse (Ca , Mg) SO_4 , $2\text{H}_2\text{O}$) datant du Tertiaire,
- l'origine biogénique des sulfures, par réduction des sulfates par l'intermédiaire de bactéries sulfato-réductrices.

d) Analyses des isotopes stables de l'eau

Les teneurs en isotopes stables de l'eau ^{18}O , et ^2H (ou deutérium D) permettent de donner des informations sur l'origine météorique des eaux. En effet, les précipitations montrent, dans un diagramme $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$, une corrélation linéaire de pente 8, caractéristique du phénomène de condensation qui se produit toujours à saturation, donc à l'équilibre.

L'ordonnée à l'origine (ou excès de deutérium), peut elle varier d'une région à une autre en fonction de l'origine de la vapeur qui condense :

- la vapeur océanique (cas le plus fréquent) donne des précipitations avec un excès en deutérium de +10. Cette droite établie par (Craig, 1961) constitue la droite de référence pour les précipitations d'origine océanique à l'échelle mondiale ;
- les pluies du domaine méditerranéen oriental ont un excès en deutérium de +22.

En 1991 et 1992, la CEMER a fait procéder à des mesures isotopiques sur les sources des Rochers et des Plâtrières (CEMER, 1992a), dont les résultats sont présentés ci-dessous (Illustration 33).

Source	Indice BSS	Altitude (mNGF)	Date prélèvement	$\delta^{18}\text{O}$ (‰) vs SMOW ³	$\delta^2\text{H}$ (‰) vs SMOW
Rochers	09165X0002/HY	623	19/09/1991	-8,62	-61,2
Plâtrières	09165X0001/HY	640	27/02/1992	-8,30	-60,0

Illustration 33 – Résultats des analyses d'isotopes stables de l'eau sur les sources minérales

Ces résultats permettent de confirmer l'**origine météorique des eaux thermales de Montbrun-les-bains**, puisqu'elles se situent, dans un diagramme $\delta D - \delta^{18}O$, près de la droite de référence des précipitations océaniques (Illustration 34).

Les teneurs isotopiques des pluies varient en fonction de l'altitude, conséquence de la dépendance qui existe, sous nos latitudes et à l'échelle des valeurs moyennes, entre les teneurs isotopiques et la température moyenne au sol. Il est alors possible de déterminer l'altitude moyenne de l'aire d'alimentation d'une source minérale en situant sa teneur isotopique moyenne sur une droite régionale isotope stable/altitude. Cette droite régionale peut être construite à partir des teneurs des pluies et/ou (de préférence) de sources superficielles aux bassins versants bien connus et sélectionnés à différentes altitudes.

En l'absence de droite de référence régionale pour Montbrun-les-Bains, deux approximations peuvent être utilisées pour accéder à une estimation des altitudes :

- la relation de Dansgaard $\delta^{18}\text{O} = 0,69t - 13,6$ (avec t la température moyenne annuelle en °C), valable dans la plupart des zones tempérées, utilisée avec la température moyenne annuelle à Séderon (altitude 814 m) qui est de l'ordre de 8,8°C (CEMER, 1992a) ;
- le gradient altimétrique $\delta^{18}\text{O} = 0,003h - 5,16$ (avec h l'altitude en mNGF), établi pour les sources de l'Ardèche (Fouillac, 1989).

³ SMOW : Standard Mean Ocean Water, échantillon étalon représentatif de la totalité de l'hydrosphère.

Les résultats sont équivalents pour les deux hypothèses, puisque l'on obtient une **altitude de la zone d'infiltration des eaux de pluies de l'ordre de 1000 mNGF**. Les secteurs aux alentours de Montbrun-les-Bains présentant des situations géographique et géologique compatibles sont la Montagne d'Albion au sud, et la montagne de Buc dans la zone des Baronnies au nord. Les sources étant situées entre 620 et 640 m, ces altitudes suggèrent des dénivelées de l'ordre de 400 à 500 m, créant l'énergie potentielle de circulation entre les zones d'alimentation et d'émergence.

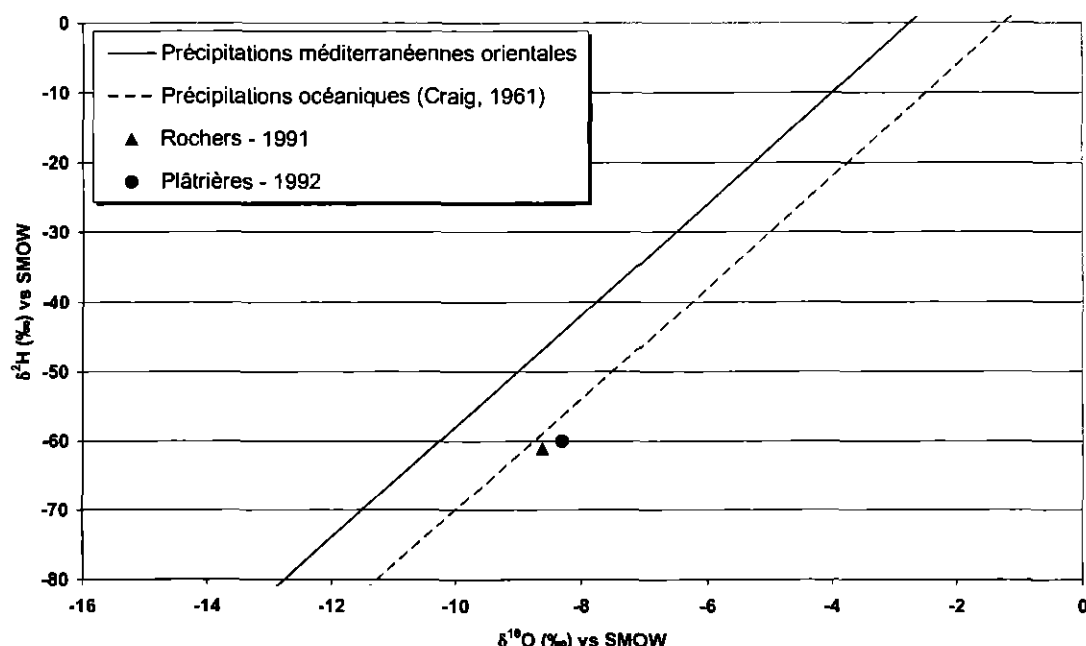


Illustration 34 – Variations des compositions isotopiques pour les sources

e) Analyses du tritium ^3H

Le tritium ^3H est un isotope radioactif de l'eau, émetteur bêta (β^-) de période 12,43 années. La teneur du tritium d'origine naturelle dans les pluies est de l'ordre de 5 UT⁴.

La plus forte production de tritium est en fait d'origine artificielle, elle a commencé avec les premiers essais de la bombe « H » en 1952. Les essais aériens ont provoqué de fortes injections de tritium dans la stratosphère, qui ont ensuite ensemencé les pluies (les teneurs en tritium dans les précipitations ont été multipliées par 1000 en 1963 sous nos latitudes). Depuis l'accord sur les arrêts nucléaires aériens (après les essais massifs de 1962/1963), les teneurs en tritium artificiel du réservoir stratosphérique ont décru, mais le taux moyen de délestage est ralenti depuis 1970 du fait du nombre croissant de réacteurs nucléaires qui larguent des bouffées actives.

⁴ Par définition, 1 UT correspond à l'activité d'une eau qui contient 1 atome de ^3H pour 10^{18} atomes de ^1H .

La production artificielle de tritium depuis 1952 permet de différencier les eaux minérales qui résultent de précipitations sans ^3H nucléaire d'avant 1952, de celles qui résultent de précipitations postérieures à cette date, et contenant du ^3H artificiel. **Le seuil de différenciation se situe actuellement à 1 UT.**

En 1991, la CEMER a fait procéder à des mesures de tritium, qui ont donné pour les sources des Rochers et des Plâtrières respectivement 12 ± 1 UT et 18 ± 1 UT (CEMER, 1992a), qui peuvent conduire à deux hypothèses :

- soit un **temps de circulation court**, avec une infiltration postérieure à 1952, donc inférieur à 39 ans (voire même, en se référant à la « recette » donnée par (Blavoux, 1995), il peut s'agir d'une eau infiltrée dans la dernière décennie),
- soit il s'agit d'un **mélange** entre des eaux récentes et des eaux anciennes.

f) Conclusions sur la définition de la cellule hydrothermale

En reprenant l'ensemble des résultats d'analyses chimiques présentés dans les paragraphes précédents, ainsi que les études géologiques et hydrogéologiques existantes, le schéma de circulation des eaux thermales, depuis l'aire d'alimentation jusqu'à la zone d'émergence (cf. Illustration 25) pourrait être dessiné de la façon suivante :

Aire d'alimentation : les analyses des isotopes stables de l'eau ont permis de montrer que les eaux minérales de Montbrun-les-Bains ont pour origine l'infiltration des eaux de pluies. Ces analyses permettent également d'estimer l'altitude de l'aire d'infiltration aux environs de 1000 mNGF. Compte tenu de la topographie des environs de Montbrun-les-Bains, et du contexte géologique, cette aire d'alimentation pourrait être constituée par les calcaires crétacés de la montagne de Lure, et éventuellement par les calcaires crétacés de la montagne du Buc. Les éléments manquent cependant pour délimiter cette aire d'alimentation avec plus de précision.

Zone de circulation et d'acquisition de la minéralisation :

- l'élément moteur de la circulation des eaux thermales est fourni par la différence d'altitude entre l'aire d'alimentation (environ 1000 mNGF), et la zone des émergences (environ 620 mNGF), soit une dénivelée de l'ordre de 400 m ;
- les voies de circulation des eaux sont fournies par les espaces disponibles au sein de calcaires probablement karstifiés : fissures, réseaux, etc... Ces calcaires représenteraient le réservoir dans lequel l'eau acquiert au moins une partie de son caractère bicarbonaté et calcique ;
- la présence de nombreux éléments trace, et plus particulièrement les fortes teneurs en fluorures et strontium, plaident pour **une origine thermominérale, au moins partielle**, des eaux. Les résultats de l'application de quelques géothermomètres chimiques, s'ils doivent être pris avec précautions, confortent néanmoins cette hypothèse, en donnant, respectivement pour le secteur thermal des Plâtrières et

celui des Rochers, des températures de réservoir en profondeur de l'ordre de 70°C et 100°C, ce qui correspond, avec l'hypothèse d'un gradient géothermique moyen de +3°C/100m et d'une température moyenne annuelle de 10°C, à des profondeurs atteintes respectivement de l'ordre de 1800 m et 3000 m ;

- des incertitudes subsistent sur les terrains qui créent une barrière contraignant la descente des eaux vers les profondeurs. Elle pourrait être constituée par les niveaux plus ou moins imperméables du Crétacé (marnes) ;
- les eaux thermales remonteraient vers la surface à la faveur d'une(e) faille(s) majeure(s) affectant les terrains crétacés au droit de Montbrun-les-bains. Le contact majeur entre les calcaires crétacés de la montagne d'Albion et les terrains tertiaires du bassin de Montbrun-les-Bains constituant l'extrémité méridionale du pays des Baronnie, se comporte soit en barrière structurale, soit en drain (CEMER, 1992a), permettant la remontée des eaux thermales. Cette zone de faille(s) conduisant jusqu'aux griffons n'est pas connue avec précision ;
- à l'émergence, les eaux thermales sont froides, de l'ordre de 12-13°C, ce qui pourrait s'expliquer par un temps de remontée suffisamment lent pour permettre le refroidissement des eaux. Ce refroidissement entraîne sans doute une modification de la composition chimique de l'eau par rapport à la composition initiale acquise dans le réservoir en profondeur, ce qui doit d'autant plus inciter à la prudence quant à l'interprétation des résultats des géothermomètres ;
- les eaux thermales transitent au sein des formations de l'Oligocène qui forment le remplissage du bassin sédimentaire de Montbrun-les-Bains. L'épaisseur de ces formations a pu être estimée à plus de 100 m d'après les mesures de géophysique électrique effectuées au droit de la source des Plâtrières (CEMER, 1992a). Au cours de la traversée de ces formations oligocènes, les eaux thermales rencontrent des couches de **gypse**, et acquièrent alors **une partie de leur minéralisation caractéristique**, en particulier en sulfates (donc d'origine sédimentaire) et en magnésium, et en calcium pour partie ;
- les eaux présentent un caractère sulfuré qui fait leur réputation. D'après les analyses des isotopes des sulfates, ces sulfures auraient une origine biogénique, par action de bactéries sulfato-réductrices (CEMER, 1992a). Cette réduction des sulfates serait un phénomène tardif, qui aurait lieu au niveau de la sub-surface, au sein de l'argile gris-bleu avec bancs de lignites ;
- dans le secteur des Plâtrières, la nappe captée est en charge (nappe captive), le niveau statique s'établissant, dans le forage des Gipières, à 7 m environ sous la surface du sol, alors que les venues d'eau thermique ont été localisées entre 24 m et 52 m de profondeur, au sein des calcaires de l'Oligocène ;
- il n'est pas exclu que les eaux thermales chaudes d'origine profonde subissent des phénomènes de mélange avec des eaux superficielles plus récentes et plus froides. Cette hypothèse pourrait être ainsi corroborée à la fois par la présence de

tritium, et par la température des eaux à l'émergence. Une incertitude existe quant à la proportion du mélange entre eaux thermales et eaux superficielles.

L'aire d'émergence :

- les eaux thermales des deux secteurs des Plâtrières et des Rochers, bien que de faciès géochimiques proches, présentent quelques différences notables. Il existe une incertitude quant aux différences qui existent entre les sources des Plâtrières et des Rochers : schéma de circulation géologique, proportion de mélange avec des eaux superficielles, etc. La source des Rochers présente ainsi une minéralisation plus accentuée, et des teneurs plus fortes en fluorures et strontium que les eaux des Plâtrières et des Gipières ;
- les eaux du forage des Gipières et de la source des Plâtrières sont chimiquement très proches, ce qui incite à affirmer que le forage capte la même eau que celle qui émerge naturellement à la source ;
- les investigations de terrain menées en mars 2004, sur la base de l'inventaire partiel des sources mené par le Brgm en 1991 (Hole, 1991), ont permis de faire apparaître des indices d'eaux d'origine au moins partiellement thermale assez éloignés des deux secteurs des Plâtrières et des Rochers : Champ Augier, cimetière de Reilhanette. Ces indices suggèrent que la zone des émergences est étendue, et pourrait faire l'objet d'étude pour la recherche de « nouvelles » ressources en eau thermale qui n'interfèrent pas avec les captages existants.

3.2. PRÉSENTATION DE LA RESSOURCE EN EAU MINÉRALE

3.2.1. Utilisation et propriétés de la ressource

Les propriétés de l'eau minérale naturelle utilisée au centre thermal de Montbrun-les-Bains ont été reconnues par les autorités médicales pour le traitement des maladies des voies respiratoires. Elle est administrée en boisson, et en inhalations froide et chaude. Elle est aussi utilisée en rhumatologie, avec douches, bains et massages.

3.2.2. Qualité de la ressource

L'eau minérale naturelle utilisée actuellement par le centre thermal est celle captée par le forage des Gipières. Les prélèvements sont effectués par la DDASS de la Drôme, à quatre endroits : au forage (piquage), à la buvette, aux baignoires, et à l'ORL médecin. Les analyses sur les eaux du forage des Gipières existent depuis 1993, elles ne sont cependant pas toutes effectuées à la même fréquence :

- les paramètres physico-chimiques tels que la conductivité, le pH, la température, la teneur en sulfures, et le TAC⁵, sont mesurés au minimum une fois par an ;
- une analyse chimique multi-élémentaire complète (éléments majeurs et mineurs, éléments trace) en date du 3 avril 1995, fait référence dans l'arrêté ministériel ;
- les teneurs en carbonates et hydrogénocarbonates ont été mesurées plusieurs fois en 2002 et 2003 ;
- les analyses bactériologiques sont effectuées au minimum une fois par an.

Bien que non utilisées, les deux sources font toujours l'objet des contrôles :

- sur la source des Plâtrières, la dernière analyse des éléments majeurs date du 29 mai 1990, les mesures de conductivité, pH et température ont été effectuées ponctuellement jusqu'en 2002, et des analyses bactériologiques ponctuelles sont toujours effectuées ;
- sur la source des Rochers, le nombre d'analyses disponibles est plus important, puisqu'elle a fait l'objet d'une exploitation jusqu'en 1996. La dernière analyse des éléments majeurs date du 24 mai 1994, des mesures de conductivité, pH et température, ainsi que des analyses bactériologiques ont été effectués régulièrement jusqu'en 1996, un peu plus ponctuellement depuis et jusqu'en 2002.

a) Qualité physico-chimique

Les eaux du forage des Gipières présentent un faciès sulfaté calcique, avec une tendance magnésienne, et des teneurs fortes en fluorures et strontium, éléments caractéristiques des filons hydrothermaux. Elles présentent également un caractère sulfuré qui fait la réputation des thermes de Montbrun-les-Bains (de l'ordre de 2,4 mg/l de sulfures).

Les eaux sont froides (11,6°C), très légèrement basiques (pH de l'ordre de 7,3), et fortement minéralisées (conductivité et extrait sec à 180°C respectivement de l'ordre de 2200 µS/cm et 2,3 g/l).

Les résultats des analyses pratiquées sur l'eau du forage des Gipières depuis 1993 sont donnés en annexe.

Ces analyses sont ponctuelles, elles ne permettent donc pas de conclure de manière précise quant à la stabilité des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, point essentiel quant à la qualité exigée pour les eaux minérales naturelles⁶.

⁵ Titre Alcalimétrique Complet, exprimé en degré Français (°F). $TAC = [OH] + 2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$.

⁶ L'arrêté ministériel spécifie que la variabilité sur les paramètres doit rester dans la fourchette de $\pm 10\%$ par rapport aux analyses de référence figurant sur l'arrêté.

Cependant, les variations des paramètres tels que la conductivité, le pH, la température, la teneur en sulfures (Illustration 35) et en hydrogénocarbonates restent en général inférieures à $\pm 10\%$, sauf quelques cas isolés mais dont on ne peut affirmer s'ils sont significatifs d'une variation réelle de la qualité de la ressource, ou d'une variation induite par un changement de condition d'échantillonnage et/ou une erreur d'analyse (notamment pour les mesures de pH, et de conductivité).

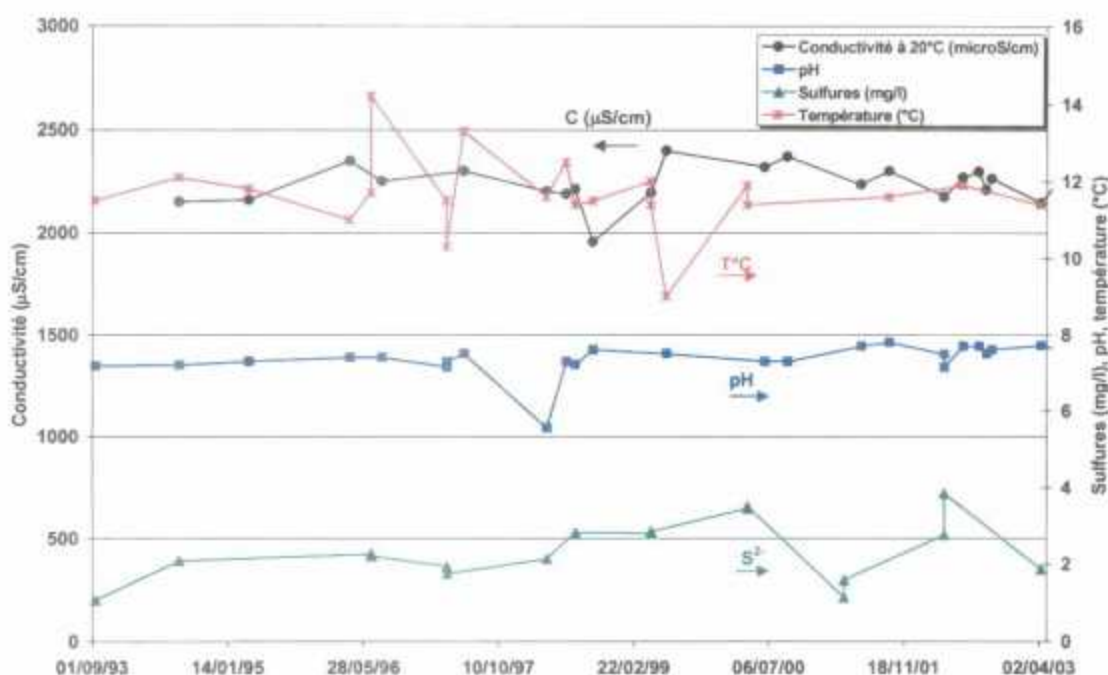


Illustration 35 – Variations de quelques paramètres physico-chimiques sur le forage des Gipières

Suivie depuis 1974, la source des Rochers présente de plus nombreuses analyses que le forage des Gipières. Les mesures de conductivité, de pH, de température, de TAC et de sulfures, ainsi que les analyses des éléments majeurs tels que calcium, hydrogénocarbonates, sodium et sulfates, montrent que les variations restent pour la plupart dans la fourchette des $\pm 10\%$ par rapport à la référence donnée dans l'arrêté ministériel.

b) Qualité bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques sont donnés en annexe.

Les analyses bactériologiques effectuées au forage des Gipières montrent que la présence de germes aérobies revivifiables est généralement faible voire nulle, et qu'il n'est pas décelé de germes spécifiquement témoins de contamination fécale, de *Pseudomonas aeruginosa*, ni de *Legionella pneumophila*, ni de coliformes thermotolérants (tels que *Escherichia coli*).

Cependant, au cours de l'été 2003, une contamination bactériologique a été décelée sur les eaux du forage des Gipières : bactéries revivifiables, **coliformes totaux** et **entérocoques** ont ainsi été mesurés en plus ou moins grandes quantités, et ont obligé la station thermale à entreprendre alors un traitement d'urgence des eaux au chlore au niveau du forage, et un traitement ultérieur pour éliminer le chlore résiduel. Une enquête sanitaire a été demandée par la mairie de Montbrun-les-Bains. Il est fort probable que les désordres soient directement liés à l'état déficient des aménagements de tête d'ouvrage.

c) Qualités organique et radiologique

Le tableau suivant donne les résultats des analyses des micropolluants organiques et de la radioactivité de l'eau des Gipières et des Rochers (Fournier & Popoff, 1996). Il s'agit des analyses de référence dans l'arrêté ministériel du forage des Gipières.

La recherche des composés organiques volatils et semi-volatils, de pesticides organochlorés et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques s'est révélée négative.

Sur le plan de la seule radioactivité mesurée, les conclusions du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants montrent que l'eau des Gipières peut être employée sans restriction pour usages interne et externe. La radioactivité est très faible, avec des traces de l'isotope radioactif ^{40}K toujours lié aux isotopes stables dans le potassium naturel.

Sources de Montbrun-les-Bains (Drôme) prélevements à l'émersion par le Laboratoire d'Hydrologie	Les Gipières 3/04/95	Les Rochers 3/04/95
COMPOSES ORGANO-VOLATILS en microgramme/l		
Trichlorofluorométhane	< 0,1	< 0,1
1,1 dichloroéthène	< 0,1	< 0,1
Chlorure de méthylène	< 0,1	< 0,1
trans-1,2-dichloroéthène	< 0,1	< 0,1
1,1 dichloroéthane	< 0,1	< 0,1
Chloroforme	< 0,1	< 0,1
1,1,1-trichloroéthane	< 0,1	< 1
Tétrachlorure de carbone	< 0,1	< 0,1
1,2-dichloroéthane	< 0,1	< 1
Benzène	< 0,1	< 0,1
1,2-dichloropropane	< 0,1	< 0,1
Trichloroéthène	< 0,1	< 0,1
Bromodichlorométhane	< 0,1	< 0,1
Dibromochlorométhane	< 0,1	< 0,1
trans-1,3-dichloropropène	< 0,1	< 1
Toluène	< 0,1	< 0,1
cis-1,3-dichloropropène	< 0,1	< 0,1
1,1,2-trichloroéthane	< 0,1	< 0,1
Tétrachloroéthène	< 0,1	< 0,1
Chlorobenzène	< 0,1	< 0,1
1,1,1,2-tétrachloroéthane	< 1	< 0,1
Ethylbenzène	< 0,1	< 0,1
Bromoforme	< 0,1	< 0,1
1,1,2,2- tétrachloroéthane	< 0,1	< 0,1
1,3- dichlorobenzène	< 0,1	< 0,1
1,4- dichlorobenzène	< 0,1	< 0,1
1,2- dichlorobenzène	< 0,1	< 0,1
PESTICIDES ORGANO-CHLORES en microgramme/l		
Lindane	< 0,1	< 0,1
Heptachlor	< 0,1	< 0,1
Dibenzène dichloroéthylène	< 0,1	< 0,1
Aldrine	< 0,1	< 0,1
Dieldrine	< 0,1	< 0,1
Hexachlorobenzène	< 0,1	< 0,1
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES en nanogramme/l		
Fluoranthène en ng/l	< 20	< 20
Benzo(b)fluoranthène en ng/l	< 5	< 5
Benzo(k)fluoranthène en ng/l	< 5	< 5
Benzo(a)pyrène en ng/l	< 5	< 5
Benzo(ghi)ptérylène en ng/l	< 10	< 10
(123 cd)Pyrrène en ng/l	< 10	< 10
somme des H.A.P. en ng/l	< 55	< 55
RADIOACTIVITÉ en becquerel/l		
17/05/94		
Activité volumique bêta-totale	< 250	mBq/l
Radium 226	< 100	mBq/l
Radon 222	< 100	Bq/l
Uranium naturel	< 1	µg/l
Thorium	< 10	µg/l
Potassium	1,3	mg/l

Illustration 36 – Analyse des micropolluants organiques et de la radioactivité (Fournier & Popoff, 1996)

3.3. PRÉSENTATION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION DE LA RESSOURCE

L'examen des conditions d'exploitation des ressources en eau à partir des ouvrages existants permet de vérifier si le caractère « stable, reproductible, et identique du fluide » est garanti en termes de quantité et de qualité.

3.3.1. Modalités de captage de la ressource

a) Conditions d'émergence au niveau du forage des Gipières

Les coupes géologique et technique (après équipement de l'ouvrage) du forage des Gipières sont données en annexe. Ce forage de 75m a été réalisé en marteau fond de trou, en diamètre 311 mm jusqu'à 24 m, puis 220 mm de 24 à 75 m. Il est tubé en PVC alimentaire plein et crépiné de Ø175/165 mm de -1 à 75 m de profondeur, doublé d'un autre tube en PVC alimentaire plein de Ø250/226 mm de -1 à 24 m de profondeur. Deux cimentations (utilisation de ciment spécial) ont été réalisées, la première de 0 à 24 m dans l'espace annulaire Ø250-Ø311 mm, la seconde de -1 à 18 m dans l'espace annulaire Ø175-Ø226 mm.

Le captage est situé à l'intérieur du **périmètre sanitaire d'émergence** qui avait été défini pour la source des Plâtrières (Rampon, 1984a). Le périmètre de protection immédiat, d'une superficie de 2000 m² environ, est clos avec un grillage de 1,75 m de hauteur (maille de 50 mm) qui permet d'éviter l'intrusion de gros animaux. Il est entretenu en prairie, et planté de quelques arbres. Lors de notre visite début mars 2004, deux points cependant étaient à noter :

- la présence dans ce périmètre des trois sondages F2, F3 et F4, respectivement de 19, 19,6 et 24 m de profondeur, qui avaient été forés en reconnaissance (CEMER, 1992a). Ils sont fermés par un bouchon vissé en tête, mais n'ont pas bénéficié de cimentation en tête, et ne sont pas rebouchés. Ils présentent donc un risque potentiel de pollution ;
- la présence de pâturages en bordure du périmètre sanitaire d'émergence immédiat. Or, les animaux peuvent venir paître en remontant sur la butte en bordure sud de ce périmètre, et se trouver alors, a priori, en amont hydraulique du forage, tout au moins du point de vue des eaux superficielles.

Les **cimentations** en tête et jusqu'à 24 m de profondeur permettent d'isoler le forage des Gipières des arrivées d'eaux vadoses. En effet, les diagraphies de conductivité menées dans le forage avant sa mise en exploitation (CEMER, 1992a) ont permis de montrer que des arrivées d'eaux marquées par des conductivités moindres que celles des eaux minérales, étaient visibles jusqu'à 24 m de profondeur environ. A partir de 24 m, les arrivées d'eaux minérales de conductivités supérieures à 2000 µS/cm sont marquées dans les calcaires fissurés.

La présence d'**argiles imperméables**⁷ entre 5 et 17 m de profondeur constitue une bonne protection naturelle a priori de la ressource en eau minérale, sous réserve que cette couche soit suffisamment continue, et qu'il y ait étanchéité du forage lors de la traversée de ces argiles.

La nappe d'eau minérale est **captive**, le niveau statique s'étant établi à environ 7 m de la surface du sol, pour des arrivées d'eaux marquées à partir de 24 m.

Ces trois points qui viennent d'être énumérés militent pour une bonne protection de la ressource d'eau minérale contre les arrivées d'eaux d'origine plus superficielle, à nuancer avec la présence des trois sondages non étanchés dans le périmètre sanitaire d'émergence, et de pâturages a priori en amont hydraulique du captage.

La tête de captage est située dans un local fermé en bon état, avec une dalle béton pour isoler la tête de forage du sol, et équipé d'un réceptacle pour les eaux d'écoulement. Ce local est sécurisé contre l'intrusion de personnes, et d'animaux de taille moyenne, mais pas de petits animaux (souris, insectes,...). Lors de notre visite en mars 2004, il apparaissait que la protection était défaillante au niveau de la tête de forage elle-même. En effet, des passages de câbles pour la pompe immergée sont ouverts au ras de la dalle de béton (et le trou avait de plus été agrandi pour permettre le passage d'une caméra de diagraphie), et l'espace permettait l'entrée d'eaux de ruissellement et l'intrusion de petits animaux (souris,...) et/ou de leurs excréments dans le forage. Lors de la visite effectuée en mars 2004, des déjections de souris étaient d'ailleurs visibles juste à côté de la tête de forage.

b) Caractéristiques hydrauliques

Le forage d'exploitation a fait l'objet d'un essai de débit à l'air lift sur quelques heures en octobre 1992, qui a donné un débit de l'ordre de 100 m³/h, mais accompagné d'un fort rabattement (CEMER, 1993). Un essai de pompage de plus longue durée (20 j) à 16 puis 20 m³/h, a permis de montrer un assez fort rabattement (un peu plus de 8,5 m) accompagné de peu de pertes de charge, et d'évaluer le débit exploitable du forage à 20 m³/h à raison de 8 h par jour.

Le forage est équipé d'une pompe immergée placée à 60 m de profondeur, et qui a été remplacée courant mars 2004. La mise en route de la pompe est commandée à distance par le surpresseur de 2000 l situé dans les locaux techniques du centre thermal : quand la pression dans le surpresseur chute en dessous de 2,5 bars, la pompe se met en marche, et fonctionne jusqu'à ce que la pression atteigne 4 bars. Le mode d'exploitation de l'ouvrage mériterait d'être modernisé pour répondre aux

⁷ L'imperméabilité totale n'existe pas en hydrogéologie ... La perméabilité d'un terrain reflète la « facilité » qu'aura l'eau à circuler en son sein : pour des conditions identiques par ailleurs, l'eau traversera plus facilement (et donc plus rapidement) un terrain plus perméable. De là vient la notion de temps de circulation. Pour une argile dite « imperméable », l'eau circulera difficilement et lentement certes, mais circulera, tout est une question de temps ...

exigences actuelles en matière d'eaux minérales (depuis la pompe jusqu'au stockage), indiquées dans le « guide qualité de la ressource » (Vigouroux, 2004).

c) Contrôle et suivi de l'ouvrage

La conduite coudée de jonction entre la tête de forage et la conduite d'amenée des eaux au centre est munie d'un manomètre, qui permet le contrôle visuel de la pression dans la conduite. **Il n'y a pas de suivi en continu de paramètres au niveau du captage.**

La conduite d'amenée des eaux thermales est munie, juste après son arrivée dans le local technique du centre, et avant le surpresseur (cf. les schémas d'installation en annexe), d'un débitmètre, relié à un cadran sensé donner une indication de volume. Cependant, **ce débitmètre n'est pas étalonné, la mesure de débit et de volume n'est donc pas précise.** De plus, il n'y a **pas d'enregistrement de ces mesures.**

d) Entretien de l'ouvrage

L'entretien de l'ouvrage et des abords est à la charge de la commune de Montbrun-les-Bains. Les opérations concernent la maintenance de l'ensemble du matériel ainsi que le nettoyage du périmètre sanitaire d'urgence.

Depuis la contamination bactériologique des eaux du forage des Gipières au cours de l'été 2003, un traitement au chlore est effectué avant le début de la saison :

- dans le forage ;
- dans la canalisation d'amenée des eaux au centre : le chlore est injecté par aspiration au niveau de la conduite coudée de jonction entre la tête de forage et la canalisation d'amenée.

Il n'y a ensuite plus d'autre traitement au chlore lors de la saison thermique s'il ne s'avère pas nécessaire.

e) Conclusions sur les conditions de captage

Sur le site des Gipières, il semble que la ressource en eau thermique bénéficie d'une bonne protection naturelle, notamment contre les mélanges avec des eaux superficielles. Cette protection a été renforcée par la cimentation du forage sur une grande profondeur, ainsi que l'établissement d'un périmètre sanitaire d'urgence clos.

Cependant, lors de notre visite début mars 2004, des facteurs de risques non négligeables existaient : présence de sondages de reconnaissance non rebouchés pouvant être une entrée possible pour une pollution, présence de pâturages a priori en amont hydraulique du captage, tête d'ouvrage non conforme aux règles de l'art en pratique actuellement.

Depuis, la mairie de Montbrun-les-Bains a fait effectuer certains travaux en vue notamment d'améliorer l'étanchéité de la tête de forage.

Il n'existe actuellement aucun suivi de paramètres au niveau du captage. Seul un manomètre est installé, qui ne permet cependant qu'un contrôle ponctuel. Pour mieux appréhender la stabilité des caractéristiques du fluide thermal, la conductivité et la température doivent être suivies en continu. Le débit pompé doit également être mesuré, ainsi que le niveau d'eau dans le forage, même s'il est influencé par les pompages, notamment pour estimer le rabattement et les variations qui peuvent être dues à d'autres facteurs (pluies). Le suivi de ces paramètres nécessite l'installation d'un appareillage spécifique, ainsi que du matériel d'enregistrement des données (avec éventuellement une télétransmission vers le centre pour affichage et contrôle).

3.3.2. Interactions entre forage des Gipières et source des Plâtrières

Les interactions possibles entre le forage des Gipières et la source des Plâtrières méritent un paragraphe à part. Leur proximité et la similitude de leurs faciès géochimiques (cf. §3.1.3) permettent d'affirmer que les eaux de la source et du forage proviennent du même gisement, et que **le forage des Gipières est un recaptage de la source des Plâtrières**.

a) Interactions en fonction des conditions d'exploitation

Les quatre schémas de principe suivants (Illustration 37) expliquent les interactions possibles entre forage et source, en fonction notamment des conditions d'exploitation de la ressource. Ils présentent ainsi les avantages et inconvénients liés aux conditions d'exploitation, ainsi que l'intérêt de mettre en place certains types de suivi.

1. En conditions « naturelles » (forage non exploité), la nappe des eaux thermales est en charge (sous pression) sous l'épaisse couche d'argiles qui joue le rôle de toit « imperméable ». La source des Plâtrières constitue l'exutoire naturel de cette nappe. Son écoulement est un indicateur du caractère captif de la nappe des eaux thermales. Les eaux thermales étant sous pression, les intrusions d'eaux superficielles, plus sensibles aux pollutions, sont peu probables.
2. L'exploitation du forage engendre une baisse de pression dans la nappe des eaux thermales, plus ou moins étendue autour de l'ouvrage (cône de rabattement). Dans le forage, le niveau d'eau en cours d'exploitation (niveau dynamique) est plus bas que lorsque l'ouvrage est au repos (niveau statique). Il est important de dimensionner et de maîtriser les conditions d'exploitation (débit, périodes de pompage) pour que la nappe des eaux thermales reste sous pression, ce qui lui apporte une protection naturelle contre les intrusions d'eaux superficielles. La pérennité de l'écoulement naturel de la source thermale des Plâtrières en cours d'exploitation du forage est un indicateur visuel du maintien du caractère captif de la nappe des eaux thermales.
3. Ce troisième schéma montre les risques encourus en cas de surexploitation du forage, jusqu'à perdre le caractère captif de la nappe des eaux thermales. Si le

débit prélevé dans le forage est surdimensionné, le risque est de faire baisser la pression dans la nappe des eaux thermales d'une façon telle que le niveau d'eau se retrouve en dessous du toit des argiles imperméables. Elle perdrait alors son caractère captif et serait alors en conditions de nappe dite libre. Dans ce cas, elle ne serait plus protégée des intrusions d'eaux superficielles. La source des Plâtrières, sans doute tarie, pourrait constituer un possible vecteur d'eaux superficielles vers la nappe des eaux thermales.

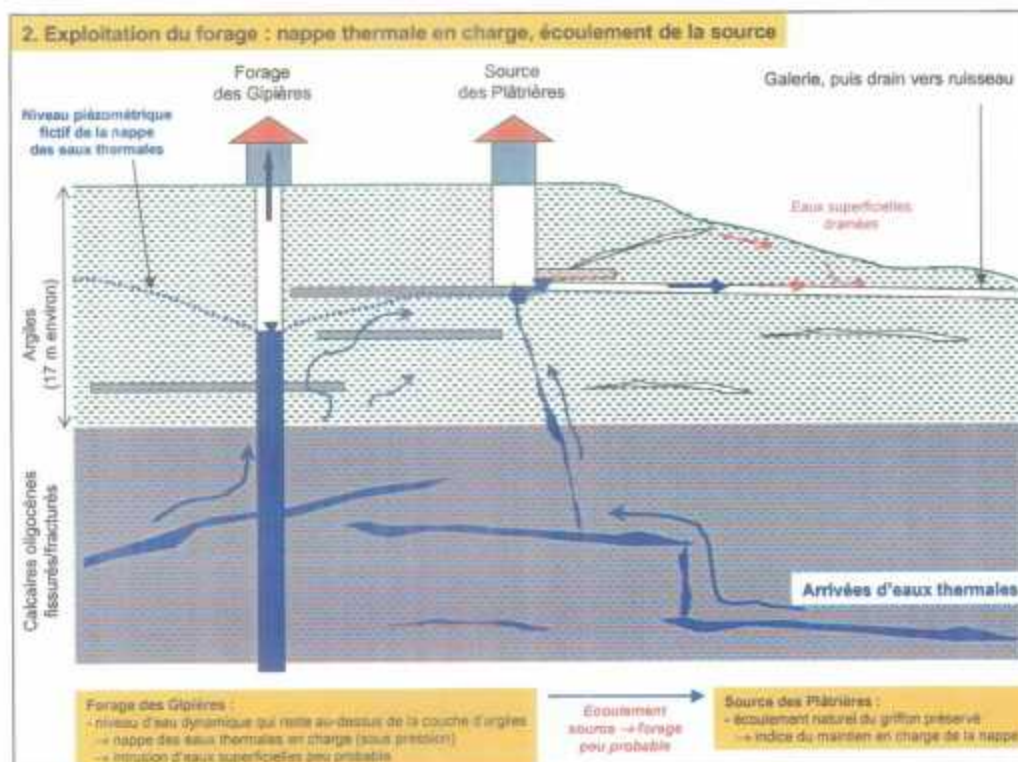
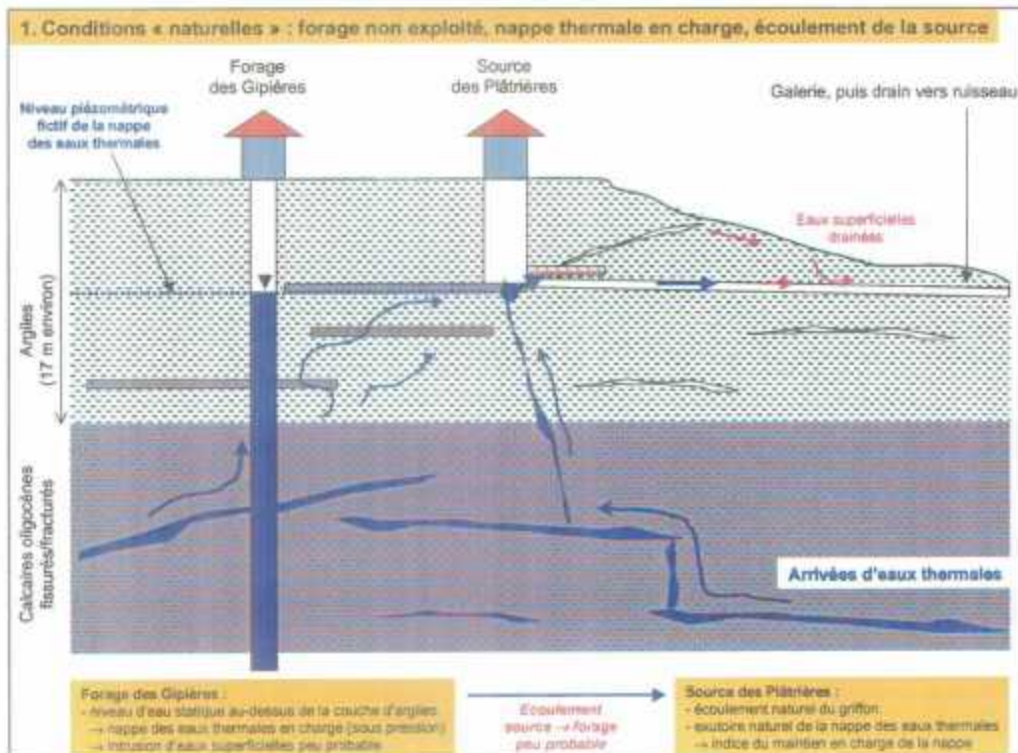
4. L'interaction qui existe entre la source des Plâtrières et le forage des Gipières ne constitue pas pour autant un argument pour obturer la source et interdire tout écoulement. Bien au contraire, il est important de laisser la source libre de s'écouler naturellement, et ce notamment pour deux raisons :

- d'abord, l'écoulement de la source constitue un indicateur naturel et visuel du maintien en charge de la nappe des eaux thermales (nappe qui reste captive, sous pression). Supprimer l'écoulement revient à se priver de ce précieux indicateur,
- ensuite, obturer l'écoulement de la source pourrait entraîner des mises en pression de conduits non sollicités en conditions naturelles, et conduire à des créations de sources intempestives, qui pourraient être gênantes, et qu'il faudrait ensuite contrôler.

b) Conclusions

Le forage des Gipières capte le même gisement que la source des Plâtrières, et les conditions de captage par forage sont beaucoup plus favorables à la stabilité et la protection de la ressource en eau que celles de la source. **Aussi, il n'est ni utile ni souhaitable d'engager des procédures pour renouveler l'autorisation de la source des Plâtrières en 2006.** Il nous apparaît au contraire nécessaire d'engager la demande de révocation de l'autorisation d'exploiter de cette source, en **précisant les conditions de cette révocation**, d'autant que cette source est située à l'intérieur du périmètre sanitaire d'émergence du forage. A préconiser :

- maintien de l'écoulement naturel de la source des Plâtrières, exutoire de la nappe des eaux thermales, et précieux indicateur visuel de la pérennité ou non de son caractère captif en conditions d'exploitation du forage des Gipières.
- amélioration des conditions sanitaires de l'émergence (protection de la source contre les intrusions de petits animaux, les contaminations), pour deux raisons :
 - si la nappe des eaux thermales perdait son caractère captif (schéma n°3), pour éviter l'intrusion d'eaux superficielles éventuellement polluées par la source,
 - si la nappe est en charge, avec écoulement de la source, pour éviter les risques de rétrocontamination de la source vers la nappe (c'est à dire de pollutions, type bactériennes, qui diffusent à contre-courant de l'écoulement).



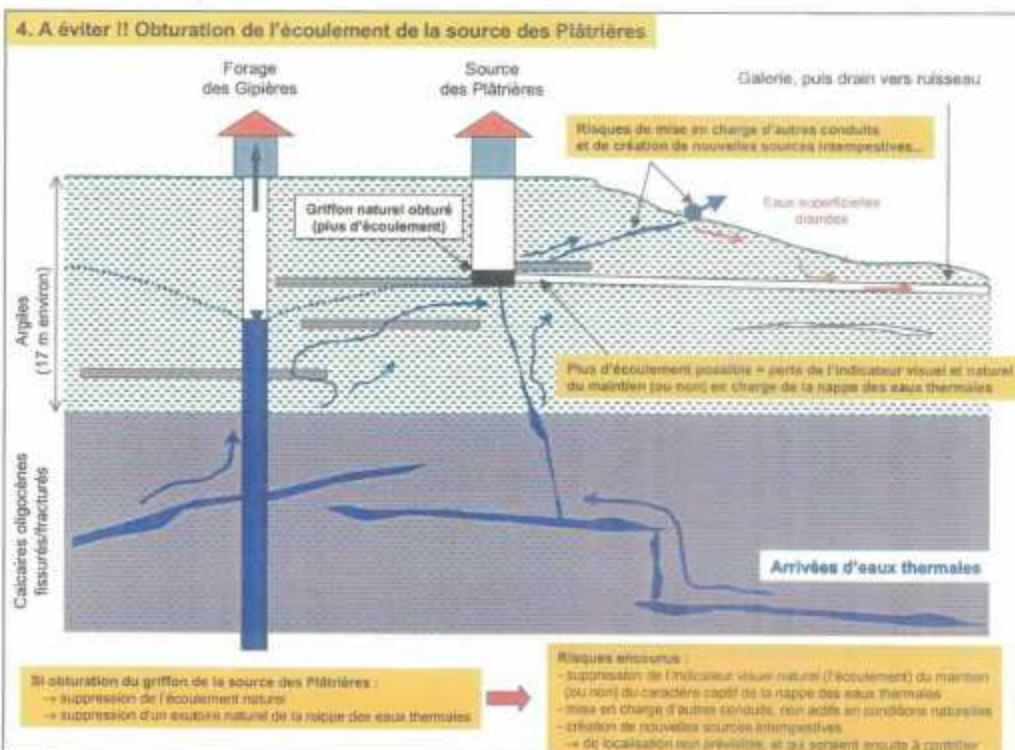
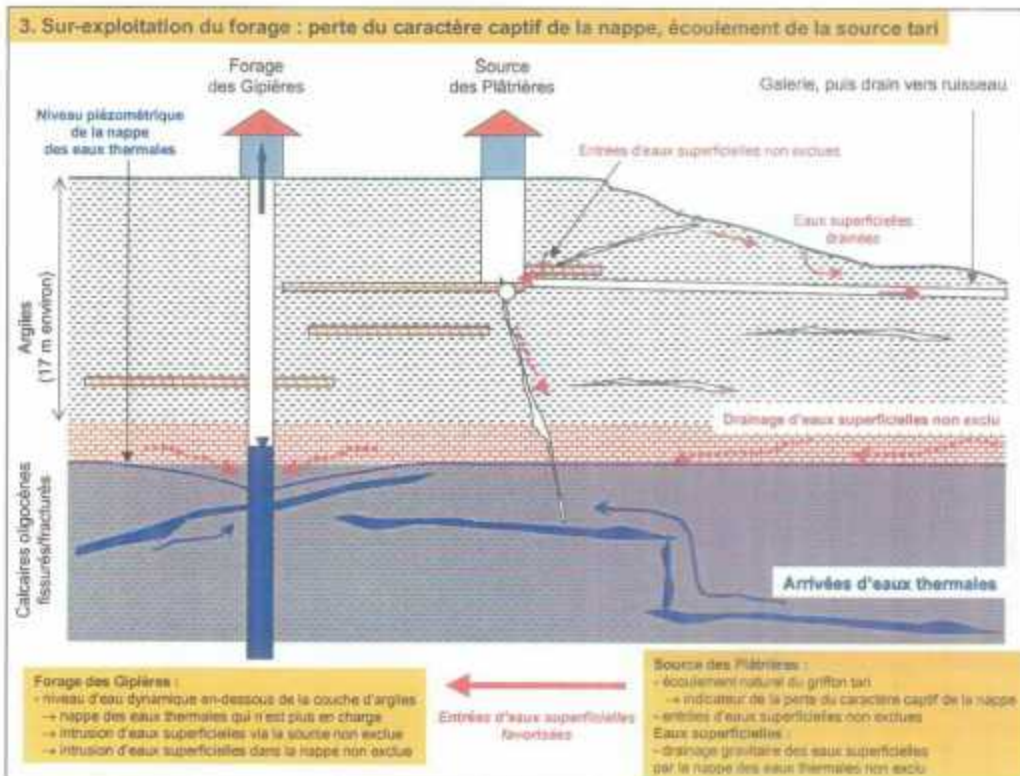


Illustration 37 – Schémas de principe des interactions possibles entre forage et source

3.3.3. Modalités de transport

Le captage des Gipières est situé à environ 800 m du centre thermal, à l'altitude 640 mNGF, soit environ 35 m plus haut que le centre. Le transport de l'eau thermale vers le centre s'effectue par gravité (avec une pente moyenne de l'ordre de 4%), dans une canalisation en polyéthylène haute densité thermosoudé (sans joints) de diamètre 90 mm, dont le tracé est donné en annexe. Durant son parcours, la conduite traverse des pâturages en grande majorité, passe sous le chemin vicinal n°11 qui monte au hameau des Gipières, derrière l'ancien établissement thermal, avant de rejoindre le local technique. Cette canalisation est enterrée, sur toute la longueur, à environ 80 cm de profondeur, sauf pour la traversée du chemin où elle est enfouie à 1,20 m.

La canalisation n'est pas en charge, notamment lors des périodes d'arrêt du pompage. **Un risque existe alors de drainage des eaux superficielles des terrains traversés si la canalisation n'est pas étanche.** Ces eaux superficielles pourraient être contaminées par les excréments du bétail, et par les eaux d'assainissement des habitations (maisons individuelles, village de vacances, ancien établissement thermal) situées en amont hydraulique. Elles sont pour la plupart raccordées au réseau d'assainissement collectif, exceptées les habitations situées à l'est de la parcelle 298, en assainissement autonome.

3.3.4. Modalités de stockage

Le schéma de circulation des eaux dans le centre thermal est donné en annexe. A son arrivée au local technique du centre, l'eau thermale est mise en pression à 2,5 bars par l'intermédiaire d'un surpresseur de 2000 l. Un capteur de pression installé sur le circuit du surpresseur permet le déclenchement à distance de la pompe dans le forage si la pression tombe en dessous de 2,5 bars. La pompe s'arrête une fois la pression de 4 bars atteinte dans le surpresseur. En saison, M. Claude Chapon nous indique que le temps de renouvellement dans le surpresseur est très court, inférieur au quart d'heure : la pompe se déclenche pour pomper entre 18 et 20 m³ d'un coup (soit une heure de fonctionnement). On ne peut pas ici parler véritablement de stockage des eaux. L'installation présente peu de risques de pertes de sulfures, le circuit des eaux thermales dans le centre étant maintenu sous pression.

Une partie de l'eau thermale est également chauffée à une température proche de 37°C : elle subit une légère décantation dans un filtre d'une capacité de 20 l, puis est réchauffée, par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques (donc sans contact possible avec l'eau du circuit primaire), par de l'eau douce distribuée par la commune, et portée à 60°C grâce à deux chaudières de 105 kW. L'eau thermale ainsi chauffée transite par un ballon tampon de 300 l qui permet de réguler la température avant l'envoi dans l'établissement thermal. Ici également, on ne peut parler véritablement de stockage des eaux thermales.

L'entretien de la canalisation entre le forage et l'établissement thermal n'est pas optimum dans la mesure où aucun nettoyage en place (NEP) n'est installé.

3.3.5. La protection du gisement d'eau minérale de Montbrun-les-Bains

a) La protection naturelle au niveau des émergences

Le forage des Gipières a recoupé 5 m de terrains argileux et éboulitiques, puis de 5 à 17 m, des argiles bleues. Cette couverture constitue une protection naturelle a priori de la ressource contre les eaux de ruissellement, et les eaux de drainage de la tranche superficielle.

En conditions naturelles (sans exploitation du forage), la nappe des eaux thermales est en charge, ce qui la protège naturellement contre les intrusions d'eaux superficielles. **Cependant, la pérennité du caractère captif de la nappe des eaux thermales en conditions d'exploitation du forage n'est pas contrôlée actuellement.**

b) Les protections administratives et techniques du captage

Il n'existe pas actuellement de protection spécifique des zones d'alimentation et de circulation des eaux minérales. Les zones de circulation sont a priori profondes, il n'est pas apparu comme nécessaire de solliciter de protection de surface. La zone d'alimentation n'est pas définie avec précision, cependant les analyses isotopiques permettent de la situer à une altitude de l'ordre de 1000 mNGF. A ces altitudes sont concernés les calcaires de la montagne d'Albion au sud, et ceux de la montagne de Bure au nord, sur lesquels peu d'activités humaines sont présentes. Cependant, il s'agit de calcaires fissurés (et éventuellement karstifiés), donc avec une vulnérabilité marquée aux pollutions (peu de filtration, écoulements qui peuvent être rapides).

Les seules protections qui existent sont celles des émergences, secteur particulièrement sensible à la qualité de l'environnement de surface. Elles sont de deux types : protections administratives d'une part, et moyens techniques spécifiques mis en œuvre au niveau des captages d'autre part.

Protections administratives : le captage des Gipières est protégé par un périmètre sanitaire d'urgence (PSE) délimité dans l'Autorisation Ministérielle du 28 mars 1996 : il s'agit de la parcelle cadastrale n°257, d'une superficie de 2000 m². Les servitudes assorties sont mentionnées dans l'AM : « à l'intérieur de ce périmètre sont interdits tous actes ou travaux de nature à compromettre la pureté de l'eau notamment tout apport d'engrais organique, d'origine humaine ou animale, tout épandage d'eaux usées, tout dépôt d'ordures ainsi que tout pâturage. » Ce périmètre sanitaire d'urgence, clôturé, paraît en l'état actuel capable d'assurer la protection sanitaire des abords immédiats du captage. Il pourrait cependant être étendu sur sa bordure sud, ce qui permettrait d'interdire tout pâturage dans cette zone, qui est a priori en amont hydraulique du captage.

Moyens techniques mis en œuvre au niveau du captage :

- le forage des Gipières est installé dans un local fermé, et certains travaux d'amélioration de l'étanchéité de la tête de forage ont été entrepris depuis mars 2004 ;

- le forage a bénéficié de deux cimentations en tête successives, sur une profondeur totale de 24 m, ce qui évite (si la cimentation a été correctement réalisée) le transfert des niveaux aquifères superficiels et des infiltrations de surface vers les niveaux producteurs d'eau minérale (de 24 m à 52 m de profondeur sous le niveau du sol) ;
- les trois sondages de reconnaissance qui entourent le forage, non rebouchés lors de notre visite en mars 2004, peuvent favoriser les intrusions d'eaux superficielles ;
- les conditions sanitaires d'émergence de la source des Plâtrières ne sont pas optimales, elle pourrait constituer un vecteur de contamination de la nappe des eaux thermales (cf. §3.3.2).

3.4. ETUDE DE L'ADÉQUATION RESSOURCES-BESOINS

Il convient de vérifier l'adéquation entre la ressource en eau des points de vus quantitatif et qualitatif d'une part, et les besoins (actuels et futurs) de l'exploitation d'autre part, afin d'assurer la pérennité du gisement sur le long terme, et le cas échéant, d'envisager de nouvelles ressources.

3.4.1. L'exploitation de la ressource et les besoins actuels

Actuellement, seul le forage des Gipières est utilisé. Du point de vue qualitatif, l'eau répond aux caractéristiques requises pour une exploitation en thermalisme, avec une stabilité suffisante des paramètres (dans la gamme des $\pm 10\%$ de variation par rapport à l'analyse de référence présentée dans l'arrêté ministériel du 28 mars 1996). **Toutefois, aucun suivi en continu de paramètres tels que la conductivité et la température n'est effectué, aussi la stabilité ne peut être appréhendée que partiellement au travers des analyses ponctuelles existantes.** La qualité bactériologique est également satisfaisante la plupart du temps, exception faite de l'été 2003 qui a vu une contamination très marquée du captage, obligeant à un traitement d'urgence au chlore.

Du point de vue quantitatif, le forage peut être exploité au maximum au débit de 20 m³/h et 8 h par jour. Le centre thermal dispose donc actuellement au maximum de 160 m³ d'eau minérale par jour pour ses activités.

Le centre thermal, dans sa configuration actuelle, est arrivé au maximum de sa capacité d'accueil, avec 690 curistes médicaux en 2003, auxquels s'ajoutent près de 1090 personnes en remise en forme. Une estimation de ses besoins théoriques en eau actuels peut être effectuée en prenant les hypothèses suivantes :

- un besoin journalier théorique de 1 m³ par personne et par jour⁸ pour l'activité « rhumatologie » (RH) ;
- des séjours médicaux de 20 jours, répartis sur une période d'ouverture annuelle de l'ordre de 200 jours.

Sachant que le nombre annuel de curistes en « RH » est actuellement de l'ordre de 250 personnes, ceci conduit à estimer que l'établissement accueille en moyenne 25 curistes par jour en orientation RH, d'où un besoin journalier théorique en eau de l'ordre de **25 m³ par jour**. Ce besoin théorique est donc bien en deçà des 160 m³/j dont peut théoriquement disposer l'établissement (ce volume correspond à l'exploitation du forage des Gipières 8 heures par jour au débit maximal de 20 m³/h).

3.4.2. L'exploitation de la ressource et les besoins futurs

La mairie de Montbrun-les-Bains a pour projet d'obtenir l'agrément « rhumatologie », et d'augmenter la capacité d'accueil de l'établissement thermal, avec un objectif de 1500 curistes par an en RH. En reprenant les deux hypothèses exposées précédemment (§3.4.1), il vient une estimation de 150 curistes par jour en activité rhumatologie, d'où un besoin journalier théorique en eau minérale de l'ordre de **150 m³ par jour**.

Actuellement, l'établissement thermal dispose théoriquement de 160 m³ d'eau minérale par jour, ce volume serait donc tout juste suffisant pour les projets de développement de l'activité envisagés. Aussi, la commune de Montbrun-les-Bains envisage :

- de remettre en service la source des Rochers, et de la destiner à l'activité ORL ;
- de réserver l'eau captée au forage des Gipières à l'activité rhumatologie, en la complétant éventuellement par une ressource supplémentaire.

Les autorisations d'exploitation des sources des Rochers et des Plâtrières, qui datent de 1976, arriveront à échéance en 2006. La mairie de Montbrun-les-Bains a lancé des démarches pour obtenir leur renouvellement. Elle a confié le dossier technique de demande d'autorisation au bureau d'études ANTEA.

La source des Rochers a un débit naturel qui reste assez faible. L'arrêté ministériel du 1^{er} avril 1976 fixe le débit d'exploitation à 10 l/min (soit 14 m³/j), d'autres mesures ponctuelles ont donné des débits plus importants : 36 l/min et 26 l/min respectivement les 10/03/1988 et 22/12/1990 (Hole, 1991), 17 l/min le 8 avril 1991 (CEMER, 1992a). (soit 1 m³/h, et 24 m³/j). **Un captage par forage pourrait être envisagé dans le secteur des Rochers, d'une part pour essayer de capter un débit plus important, et d'autre part, pour garantir le cas échéant une meilleure stabilité des caractéristiques et de la qualité des eaux minérales.** Dans cette hypothèse, il sera nécessaire de faire un ouvrage dans les règles de l'art, avec cimentation en tête, et

⁸ Chiffres fournis par M. Claude Chapon, responsable technique des thermes.

étanchéité assurée de la tête de forage par rapport aux intrusions d'eaux et d'animaux. Le périmètre sanitaire d'émergence sera aussi à étudier, notamment avec la présence de maisons en assainissement autonome en amont hydraulique de la source.

Le forage des Gipières et la source des Plâtrières captent le même gisement, et interagissent, aussi, **il n'est ni utile ni souhaitable de renouveler l'autorisation d'exploitation de la source des Plâtrières**. La seule demande devrait être celle de sa mise en sécurité, pour éviter tout risque de contamination du forage proche (cf. §3.3.2).

Les investigations de terrain ont fait apparaître des indices d'émergences d'eaux minérales hors des deux zones des Plâtrières et des Rochers (cf. §2.1.4), ce qui incite à penser que la zone des émergences est étendue. Ces indices pourraient être approfondis, dans le cadre de la recherche d'une ressource supplémentaire (pour un forage de secours par exemple), par des études géologiques et hydrogéologiques (investigations de terrain, études structurales, etc.).

3.5. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

L'analyse du contexte environnemental consiste à apprécier la vulnérabilité naturelle (« contexte géographique »), et les facteurs de risques externes (« contexte anthropique ») pour le gisement d'eau minérale. La notion de « contexte environnemental » doit être entendue au sens large. Il s'agit de l'ensemble de la zone dans laquelle il est nécessaire de protéger l'environnement et de promouvoir des pratiques non polluantes et respectueuses du milieu. Cette zone comprend à la fois la proximité immédiate des émergences, et l'ensemble des zones sensibles du gisement.

3.5.1. Contexte géographique

a) Topographie

La topographie de la commune de Montbrun-les-Bains est contrastée, avec le vieux village appuyé aux replis des terrains miocènes, et la combe qui s'étend pour venir buter sur les reliefs de la chaîne calcaire Ventoux-Lure. Le relief dans la combe est assez doux, et peu favorable au ruissellement d'eaux de surface.

b) Ressources en eau potable

La compétence de l'alimentation en eau potable de la commune a été déléguée au Syndicat Intercommunal des Eaux de Barret-de-Lioure, Montbrun-les-Bains et Reilhanette. Ce syndicat est propriétaire des réseaux, des sources et du forage qu'il exploite. Ces ressources sont situées sur les communes de Barret-de-Lioure et de Montbrun-les-Bains.

3.5.2. Contexte anthropique

a) Occupation du sol

Montbrun-les-Bains comptait 428 habitants au recensement de 1999 (contre 467 en 1990, et 523 en 1982), répartis sur les 33 km² de la commune. 530 logements étaient recensés (soit une progression de +30,9% entre 1990 et 1999), dont 51,9% sont des résidences secondaires. Le nombre de résidences secondaires a augmenté de 41% entre 1990 et 1999 (contre 8% pour les résidences principales)⁹. Près de 22% des logements sont des logements collectifs, et leur nombre a plus que triplé entre 1990 et 1999, notamment avec la création de logements HLM dans la plaine au sud du vieux Montbrun-les-Bains.

Les seules activités industrielles présentes sur la commune sont celles de deux entreprises (cf. §2.1.1).

Lors du au Recensement Agricole 2000, Montbrun-les-Bains comptait 19 exploitations, contre 31 en 1988¹⁰. Elles exploitent 672 ha, dont 218 de terres labourables, et 450 ha toujours en herbe, et font vivre 20 UTA (équivalent temps plein). Les champs de lavande, les cultures céréalières et les vergers occupent les terres labourables, notamment au sud du village, dans la plaine alluviale du Toulourenc. Montbrun-les-Bains compte des élevages caprins, notamment avec une chèvrerie de 180 têtes à l'extrémité sud-ouest du plateau de Mercuès, situé au nord-est de la commune.

Ce secteur du captage des Gipières est situé en contexte majoritairement agricole, avec des zones de pâturages aux façades nord, ouest et sud du périmètre, et des cultures dans le petit vallon d'axe nord-est/sud-ouest en amont du captage, pour lequel il n'y a pas de stockage de fumier, mais épandage direct des fumures. Le troupeau de chèvres pâture toute l'année sur une bonne partie du bassin versant du secteur thermal des Plâtrières. Il n'y a pas d'écoulement de surface pérenne dans le vallon, mais du ruissellement temporaire. Dans ce cas, les eaux se rassemblent dans le talweg en bordure nord des captages, et s'écoulent le long du chemin des Hubacs (DDASS 26, 2004).

b) Réseau d'assainissement

La compétence de l'assainissement de Montbrun-les-Bains est assurée par la commune.

Les logements collectifs, les anciens établissements thermaux, les habitations récentes de la combe au sud du vieux village de Montbrun-les-Bains sont reliées à l'assainissement collectif. Il en est de même de la partie ouest du vieux village, raccordée récemment. La parcelle n°298, à la croisée du chemin vicinal n°11 et du

⁹ Chiffres INSEE, <http://www.recensement.insee.fr/RP99/rp99/>

¹⁰ Chiffres du Recensement Agricole de 2000, <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/>

chemin des Hubacs, marque la séparation entre les logements raccordés au réseau collectif (situés à l'ouest, cette parcelle incluse), et les logements non raccordés (situés à l'est de cette ligne, à l'exception de la maison en construction sur la parcelle n°282, qui sera raccordée). L'extension du réseau d'assainissement vers la zone thermique des Plâtrières est en cours de réalisation.

La chèvrerie de 180 têtes située en bordure du plateau de Mercuès n'est pas reliée au réseau collectif : les eaux de lavage de la salle de traite et des bidons de lait, les eaux usées de la ferme, et les eaux pluviales s'infiltrant sur une terrasse étroite en contrebas de la ferme (rapport DDASS 26, 2004).

Le réseau collectif conduit les eaux usées vers la station d'épuration située entre Montbrun-les-Bains et Reilhanette, à l'ouest de la D542.

c) Axes de communication

Les axes de communication autour de Montbrun-les-Bains ne sont que des routes départementales secondaires, sans trafic important. Le captage des Gipières n'est bordé que par un chemin vicinal. La source des Rochers est en bordure de la petite départementale 189 qui monte à Ferrassières.

3.5.3. Synthèse

L'analyse du contexte environnemental de la zone des émergences des Plâtrières, et des Rochers, et de la zone, plus vaste, susceptible d'avoir un impact sur le gisement hydrothermal, met en évidence les points suivants :

- un habitat en grande partie individuel, dont un pourcentage croissant de résidences secondaires, avec encore des zones en assainissement autonome ;
- une tendance à l'augmentation des logements collectifs, avec la création de HLM, dans la combe au sud de Montbrun-les-Bains, donc en aval des captages, et raccordés au réseau d'assainissement collectif ;
- des activités de pâturages à proximité du captage des Gipières, ainsi que des cultures et un élevage caprin à l'est, sur le bassin versant des Plâtrières ;
- l'absence d'activité ou d'exploitation dangereuse dans le secteur des émergences et dans le secteur amont ;
- le peu de risques de pollutions accidentelles provenant des axes de communication, très secondaires autour de Montbrun-les-Bains ;
- l'absence de pollution chronique ou accidentelle reconnue résultant de l'occupation du sol dans le secteur des émergences et en amont ;
- un soupçon de pollution (pour la contamination bactériologique de l'été 2003) en provenance de l'élevage caprin situé à l'extrémité sud-ouest du plateau de

Mercurès, que l'enquête sanitaire menée par la DDASS 26 n'a ni confirmé ni infirmé (rapport DDASS 26, 2004). Il est fort probable que cette contamination ait été due à l'état déficient des aménagements de tête d'ouvrage.

Le contexte géographique semble favorable à garantir la protection naturelle de la ressource. Le contexte anthropique actuel ne semble pas présenter de risques majeurs de pollutions. Les captages sont situés globalement en amont des zones d'habitations actuelles, plus particulièrement pour le secteur des Plâtrières. En l'absence de plus d'informations, il n'est pas possible de conclure quant aux risques potentiels présentés par le réseau d'assainissement de la commune (fuites, ...).

Le secteur thermal des Plâtrières bénéficie actuellement d'un périmètre sanitaire d'émergence, qu'il conviendrait d'étendre dans sa partie sud pour éviter tout pâturage en amont hydraulique du captage des Gipières.

4. Conclusions

Cette dernière partie propose une vue synthétique de la situation actuelle sur la ressource, suivie de recommandations pour l'amélioration de l'existant et de projets à soutenir à court et moyen termes.

4.1. LA SITUATION ACTUELLE SUR LA RESSOURCE

- De nombreux éléments relatifs à la caractérisation du gisement d'eau minérale sont disponibles. La zone des émergences semble plus étendue que les deux secteurs exploités. Des incertitudes existent cependant :
 - sur la délimitation précise de l'aire d'alimentation, que les analyses isotopiques situent à une altitude de 1000 m environ. A cette altitude, peu d'activités à risques sont présentes, mais l'on se situe en contexte de calcaires fissurés, et éventuellement karstifiés (circulations rapides, peu de filtration).
 - sur la zone de circulation : temps de circulation, quelle(s) formation(s) géologiques joue(nt) le rôle de barrière imperméable et obligent les eaux à descendre en profondeur ? Néanmoins, la profondeur de circulation estimée est conséquente, et constitue donc un point positif pour la protection naturelle de la ressource.
 - à l'émergence : mélanges possibles avec des eaux de surface, à quelle profondeur, dans quelle proportion ?
- La seule ressource en eau actuellement exploitée par l'établissement thermal est celle du forage des Gipières. Elle fait l'objet d'un suivi ponctuel de ses caractéristiques physico-chimiques et de sa qualité bactériologique (analyses régulières de la DDASS 26). Au seul vu des contrôles ponctuels, cette ressource apparaît de bonne qualité.
- Il n'y a pas actuellement de suivi en continu de la stabilité (des points de vue quantitatif et qualitatif) de la ressource. Seuls sont installés : un manomètre sur la conduite de refoulement du forage (il permet le contrôle ponctuel lors de la visite au forage, il n'y a pas d'enregistrement), et un débitmètre sur la conduite d'arrivée dans l'établissement (mais il n'est pas calibré, donc pas de mesure de volume, et pas d'enregistrement).
- Les conditions d'exploitation actuelles sont éloignées des règles de l'art en la matière : forage exploité « par à coups », canalisation d'amenée qui se vidange entre deux sollicitations du forage, pas de systèmes de nettoyage en place, etc.
- Le volume maximal d'eau thermale actuellement disponible pour l'établissement est de l'ordre de 160 m³/j. Ce volume est largement suffisant pour les besoins

actuels de l'établissement. Par contre, il devrait couvrir tout juste les besoins futurs, dans le cadre de l'extension du centre programmée par la mairie, et plus particulièrement avec la demande d'agrément pour l'activité « rhumatologie » : en effet, avec pour base de calcul 150 curistes par jour en orientation RH, et un besoin en eau de l'ordre de 1 m³ par personne et par jour, les besoins en eau du futur établissement seraient de l'ordre de 150 m³/j. Le flux serait alors très tendu.

4.2. LES ACTIONS À SOUTENIR À COURT ET MOYEN TERMES

4.2.1. Actions à court terme

Les actions à mener à **court terme** concernent la modernisation des conditions d'émergence pour les deux sites des Gipières et des Rochers :

- **réfection des infrastructures :**
 - de la tête de forage des Gipières au niveau du local ;
 - du captage de la source des Plâtrières (porte, et aménagement intérieur) pour éviter tout risque de contamination du forage proche ;
 - du captage de la source des Rochers.
- **sécurisation des accès aux ouvrages et à leurs abords** (sécurisation du périmètre sanitaire d'émergence des Gipières : rebouchage des 3 piézomètres de reconnaissance, extension pour éviter le pâturage des animaux aux abords).

Depuis notre visite de mars 2004, la mairie de Montbrun-les-Bains a engagé certains travaux, notamment en vue d'améliorer l'étanchéité de la tête de forage des Gipières.

4.2.2. Actions à moyen terme

Les actions à mener à **moyen terme** concernent la mise en conformité des conditions d'exploitation, l'acquisition de données, et la sécurisation de l'approvisionnement en eau de l'établissement par la recherche de ressources complémentaires :

- **modernisation des conditions d'émergence pour les deux sites existants des Gipières et des Rochers ;**
- **modernisation des conditions d'exploitation des ressources existantes avec mise en place de dispositifs de pompage, de transport et de stockage améliorés** (exploitation du forage en continu, canalisation d'amenée restant en charge, systèmes de nettoyage en place, etc.) ;
- **équipement du forage des Gipières au niveau de la tête de forage pour un suivi de paramètres en continu** (conductivité, température, débit, niveau d'eau dynamique), affichage de ces paramètres au local pour contrôle visuel ;

- équipement de la source des Rochers d'un système de suivi en continu de paramètres : débit, conductivité et température ;
- installation d'un suivi en continu du niveau d'eau¹¹ sur la source des Plâtrières, indicateur de la pérennité de son écoulement (maintien en charge de la nappe des eaux thermales). Ce suivi cela permettrait de plus de mieux appréhender les interactions qui existent entre la source et le forage (influence de l'exploitation du forage sur la source). Il pourrait également être intéressant de suivre en continu la conductivité et la température ;
- enregistrement des paramètres suivis, et stockage sur le long terme (plusieurs années), pour disposer d'un historique de suivi, et permettre la valorisation de ces données (suivi de l'évolution éventuelle des caractéristiques de la ressource en fonction du temps, de son exploitation, etc.) ;
- requalification des débits exploitables, à la lumière des paramètres suivis (par exemple, définition de règles d'exploitation du forage qui garantissent que la nappe des eaux thermales reste en charge) ;
- étude de la zone des émergences (au sens large) pour une meilleure caractérisation des secteurs susceptibles de permettre le transit des eaux du faciès exploité actuellement : étude géologique et hydrogéologique étendue (investigations de terrain, études structurales, etc.), réalisation de sondages de reconnaissance. Ceci dans la perspective de sécuriser l'approvisionnement de l'établissement thermal (indispensable avec le projet d'extension) par un ouvrage de secours équipé et raccordé dans les règles de l'art.

¹¹ Ce suivi de niveau d'eau pourrait assez facilement permettre une estimation de débit, avec l'installation d'un déversoir calibré.

5. Bibliographie

Annales des Mines (1998) - Réalités industrielles. Les eaux minérales naturelles. L'inventaire complet des sources en France.

Barnolas A., Chiron J.C. (1996) – Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées. Vol. 1. Introduction. Géophysique. Cycle hercynien. Editions BRGM-ITGE. 2 vol.

Blavoux B. (1995) - Apports des techniques isotopiques à la connaissance des gisements d'eau minérale. *La Houille Blanche*, n°2/3, p. 51-58.

Bousquet J.C., (1997) – Géologie du Languedoc-Roussillon. *Les Presses du Languedoc & Editions du BRGM*. 142 p. Septembre 1997

Compagnie Méditerranéenne d'Engineering et de Réalisation (1992a) – S.I.V.O.M. de Séderon, Montbrun-les-Bains, Etude hydrogéologique du secteur thermal des « Plâtrières ». Rapport d'étude.

Compagnie Méditerranéenne d'Engineering et de Réalisation (1992b) - Commune de Montbrun-les-Bains, Forage d'exploitation des Plâtrières. Rapport n°269247.

Compagnie Méditerranéenne d'Engineering et de Réalisation (1993) – Montbrun-les-Bains, Source minérale « les Plâtrières » (forage d'exploitation), Demande d'autorisation d'exploiter à l'émergence et à distance du point d'émergence (pour avis de principe avant réalisation des travaux). Rapport n°293312.

Craig H. (1961) - Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133, pp. 1702-1703.

DDASS26 (2004) – Captage thermal des Gipières : enquête sanitaire du 4 février 2004, réf. ME/LG 232, 27 février 2004.

Division Nationale des Eaux Minérales et Thermales (1995 à 2000) - Mémento technique des eaux minérales. Ministère de l'Industrie, de la Poste et des Télécommunications.

Fouillac C., Fouillac A.M. (1989) - Etude chimique et isotopique des sources minérales de l'Ardèche. *Hydrogéologie*, n°3, pp. 229-239.

Fournier E., Popoff G. (1996) - Rapport, au nom de la Commission n° XI (Climatisme - Thermalisme - Eaux minérales), sur la demande d'autorisation d'exploiter comme eau minérale naturelle, à l'émergence et après transport à distance vers l'établissement thermal, l'eau du captage Les Gipières situé à Montbrun-les-Bains (Drôme). *Bull. Acad. Natle. Méd.*, 1996, 180, n°1, pp. 245-260, séance du 30 janvier 1996.

Fournier R.O. (1977) - Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics* 5, p.41-50.

Gadalia A. (1995) - Chimie de la minéralisation. *La Houille Blanche*, n°2/3, p. 62-69.

Hole J.P. (1991) – Montbrun-les-Bains, Etude des sources d'eau minérales des Rochers et des Plâtrières. Rapport BRGM NT 91 RHA 017.

Lazare H. (1876) – Etude sur les eaux minérales de Montbrun. Faculté de Médecine de Paris.

Lopoukhine M. (1995) - La protection des ressources en eau minérale : éléments de réflexion. *La Houille Blanche*, n°2/3, p. 73-76.

Merklen F.P. (1982) – Rapport, au nom de la Commission n° XI (Climatisme - Thermalisme et Eaux minérales), sur une demande d'autorisation de transport à distance du point d'émergence de l'eau de la source thermale dite « des Rochers » située à Montbrun-les-Bains (Drôme), ayant fait l'objet d'une autorisation d'exploitation à l'émergence par arrêté ministériel du 1^{er} avril 1976. *Bull. Acad. Nat. Méd.*, 1982, 166, n°9, pp. 1351-1353, séance du 21 décembre 1982.

Ministère de la Santé (1976a) – Arrêté portant autorisation d'exploiter à l'émergence comme eau minérale naturelle l'eau de la source dite « des Plâtrières » située à Montbrun-les-Bains (Drôme). Arrêté en date du 1^{er} avril 1976.

Ministère de la Santé (1976b) – Arrêté portant autorisation d'exploiter à l'émergence comme eau minérale naturelle l'eau de la source dite « des Rochers » située à Montbrun-les-Bains (Drôme). Arrêté en date du 1^{er} avril 1976.

Ministère du Travail et des Affaires Sociales (1996) – Arrêté accordant l'autorisation d'exploiter, en tant qu'eau minérale naturelle, à l'émergence et après transport à distance, l'eau du captage « Les Gipières » situé à Montbrun-les-Bains (Drôme). Arrêté en date du 28 mars 1996.

Pouchan, P. (1995) - L'émergence thermominérale. *La Houille Blanche*, n°2/3, p. 46-50.

Rampon G. (1984a) – Périmètres de protection de la source des Plâtrières source d'eau minérale à Montbrun-les-Bains. Rapports BRGM GO/RHA – 84/003.

Rampon G. (1984b) – Périmètres de protection de la source des Rochers source d'eau minérale à Montbrun-les-Bains. Rapports BRGM GO/RHA – 84/004.

Raymahashay B.C. (1996) - Geochemistry for hydrologists. Eds. Techip. 190 p.

Saillard M. (1991) – Evolution tectono-sédimentaire du fossé de Sault et du bassin du Montbrun-les-Bains durant l'Oligocène (Vaucluse-Drôme). Thèse de l'Université de Provence (Aix-Marseille I), 288 p.

Serra H., Sanjuan B. (2003) – Synthèse bibliographique des géothermomètres chimiques. Rapport BRGM/RP-52430-FR.

Vigouroux P., Lamotte C. (2004) – Maîtrise de la qualité de la ressource en eau thermique en Région Rhône-Alpes, Rapport d'activité année 2003. Rapport BRGM/RP-52818-FR.

Vigouroux P. (2004) – Guide qualité régional pour la ressource en eau thermique. Rapport BRGM/RP-52585-FR.

6. Glossaire

Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée contenant au moins 50% de calcite CaCO_3 .

Cargneules : Roches sédimentaires carbonatées, surtout calcaires (70% environ), un peu dolomitiques (30% environ), parfois gypseuses. Elles sont dues à la transformation (cargneulisation) de roches calcaréo-dolomitiques par dissolution préférentielle de la dolomite par des eaux chargées en sulfates (gypse surtout). Ces roches sont fréquentes dans le Trias des Alpes, presque toujours à proximité des couches gypseuses.

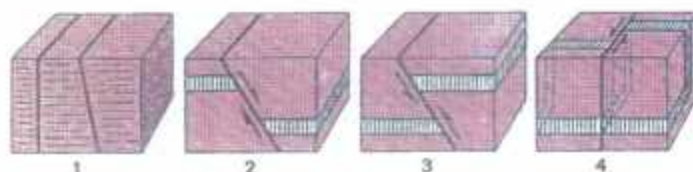
Chevauchement : (1) Mouvement tectonique conduisant un ensemble de terrains à en recouvrir un autre par l'intermédiaire d'un contact anormal peu incliné (surface de chevauchement). (2) Recouvrement résultant de ce mouvement.

Conductivité : La conductivité d'une eau est globalement proportionnelle à sa minéralisation totale (teneurs en sels dissous dans l'eau). La conductivité s'exprime en micro- ou milli-siemens par centimètre ($1 \text{ mS/cm} = 1000 \text{ } \mu\text{S/cm}$). Les valeurs s'échelonnent de moins de $100 \text{ } \mu\text{S/cm}$ (eaux très faiblement minéralisées, eaux superficielles dans les terrains granitiques par exemple), à plus de $1000 \text{ } \mu\text{S/cm}$ (eaux très fortement minéralisées, eaux d'origine thermale par exemple).

Dolomite : Carbonate de calcium et de magnésium $(\text{Ca, Mg}) (\text{CO}_3)_2$.

Evaporites : Terme général désignant des dépôts riches en chlorures et sulfates alcalins (avec les ions K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- et SO_4^{2-}). La précipitation de ces sels succède à des concentrations par évaporation intense (lagunes peu ou pas reliées à la mer, lacs salés). Par ordre de cristallisation, on a les principaux minéraux suivants : le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), l'anhydrite (CaSO_4), le sel gemme (NaCl), la carnallite ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), la sylvine (KCl).

Faille : Cassure de terrain avec déplacement relatif des parties séparées.



1 : failles verticale et oblique, 2 : faille normale, 3 : faille inverse, 4 : décrochement.

(D'après Foucault A., Raoult J.F. (2000) - Dictionnaire de géologie, Eds. Dunod)

Fracturation : Terme général désignant toute cassure avec ou sans rejet, de terrain, de roches, voire de minéraux.

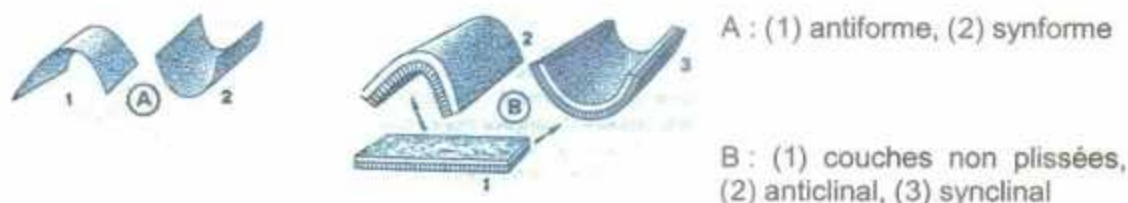
Graben : Structure tectonique constitué par des failles normales de même direction, et limitant des compartiments de plus en plus abaissés en allant vers le centre de la structure. Elle peut se traduire dans la morphologie par un fossé d'effondrement.

Gypse : Sulfate hydraté $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. C'est un minéral fréquent dans les roches sédimentaires, et c'est l'un des termes majeurs des évaporites. Par chauffage entre 60 et 200°C, il se déshydrate plus ou moins, et donne des formes métastables qui, réduites en poudre, constituent le plâtre. La déshydratation totale conduit à l'anhydrite CaSO_4 .

Lignite : Variété peu évoluée de charbon.

Micrite : Calcite CaCO_3 finement cristalline.

Pli : Déformation résultant de la flexion ou de la torsion de roches.



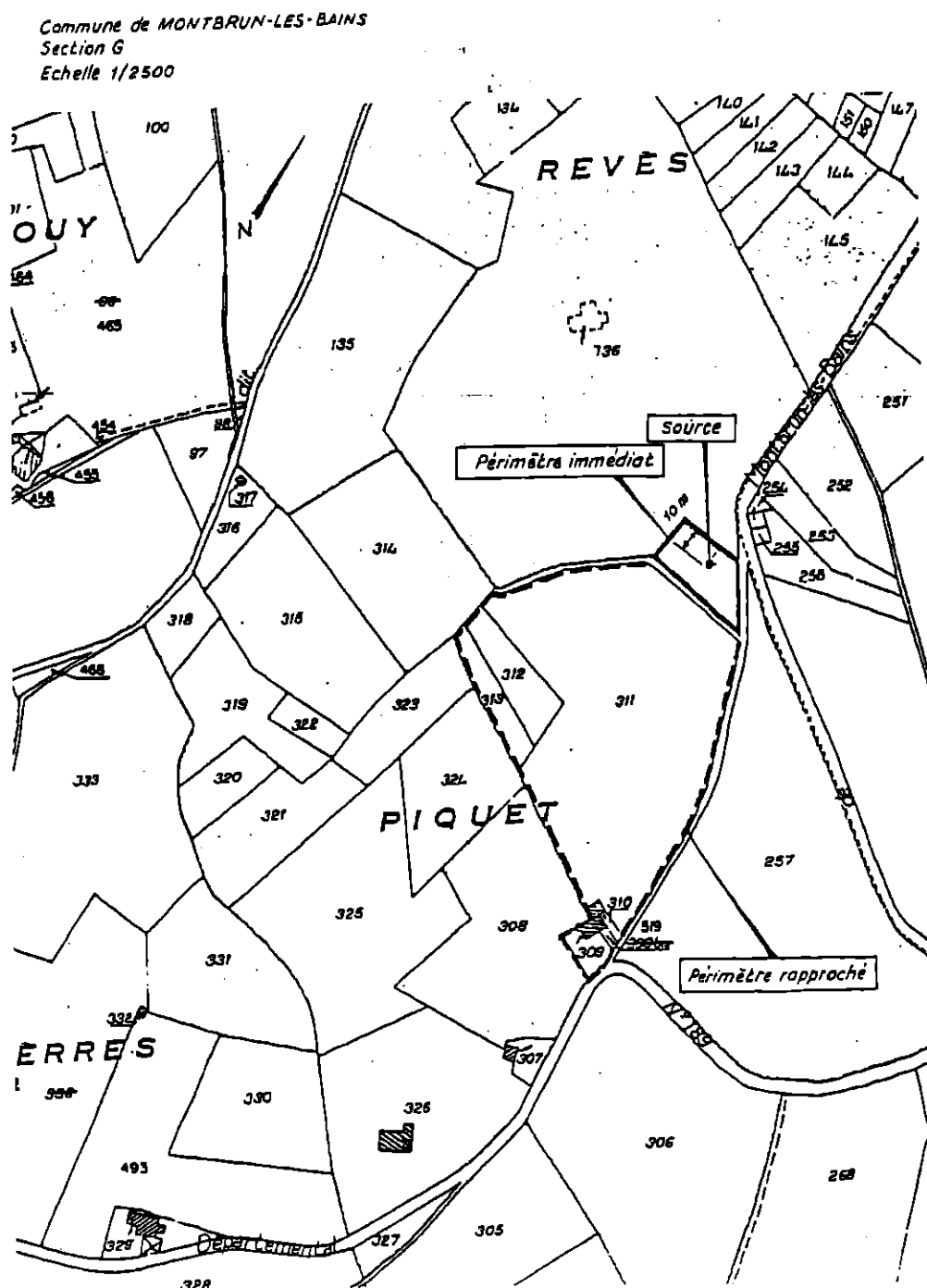
(D'après Foucault A., Raoult J.F. (2000) - Dictionnaire de géologie, Eds. Dunod)

Sédimentaires (roches) : Roches exogènes, c'est à dire formées à la surface de la Terre, et qui représentent en volume environ 5% de la croûte terrestre (continentale et océanique), et en couvrent 75% de la surface.

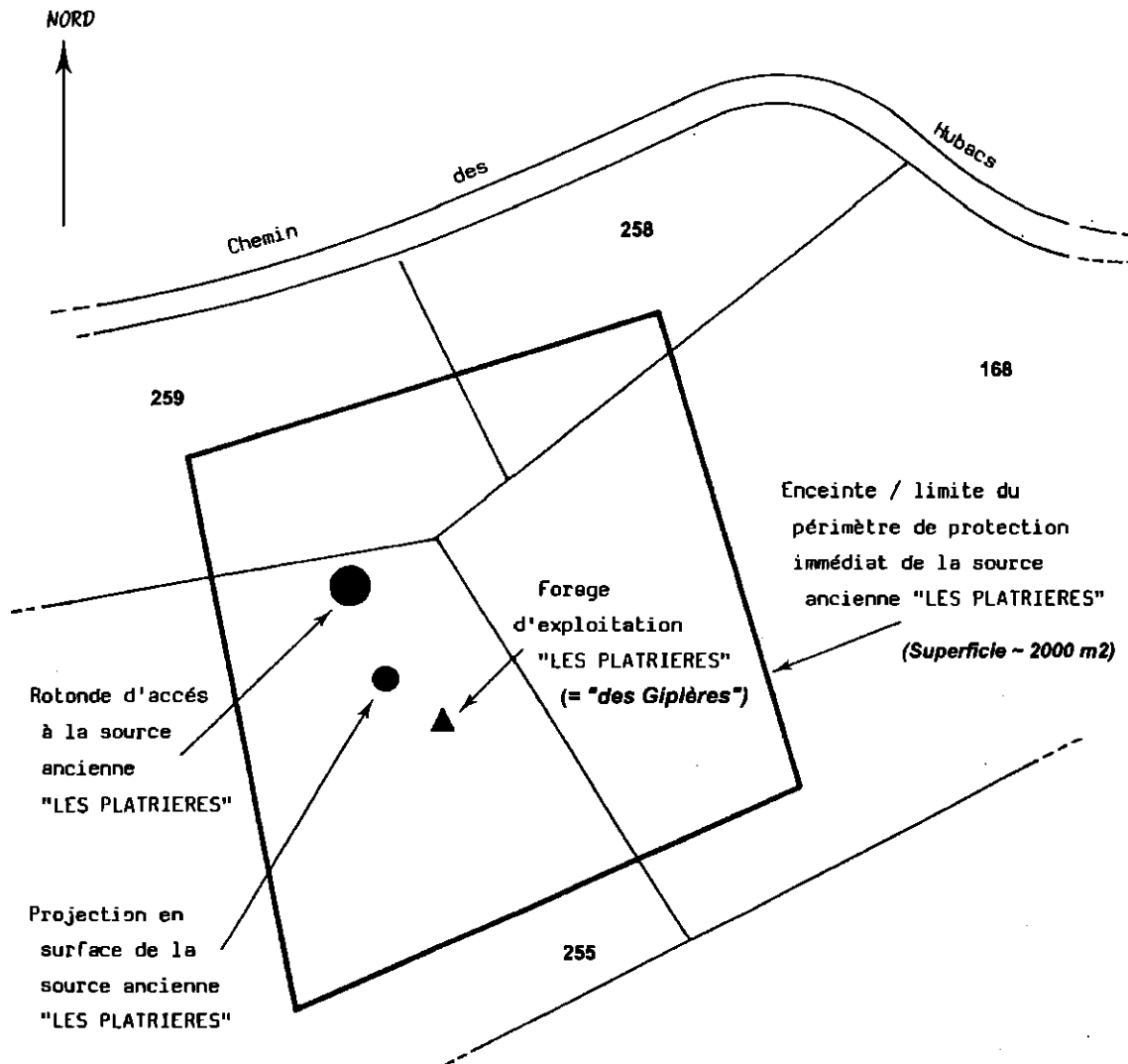
Temps géologiques : L'échelle des temps géologiques est donnée page suivante.

Vadose : Se dit de l'eau qui percole dans le sous-sol, sans faire partie d'une nappe d'eau souterraine.

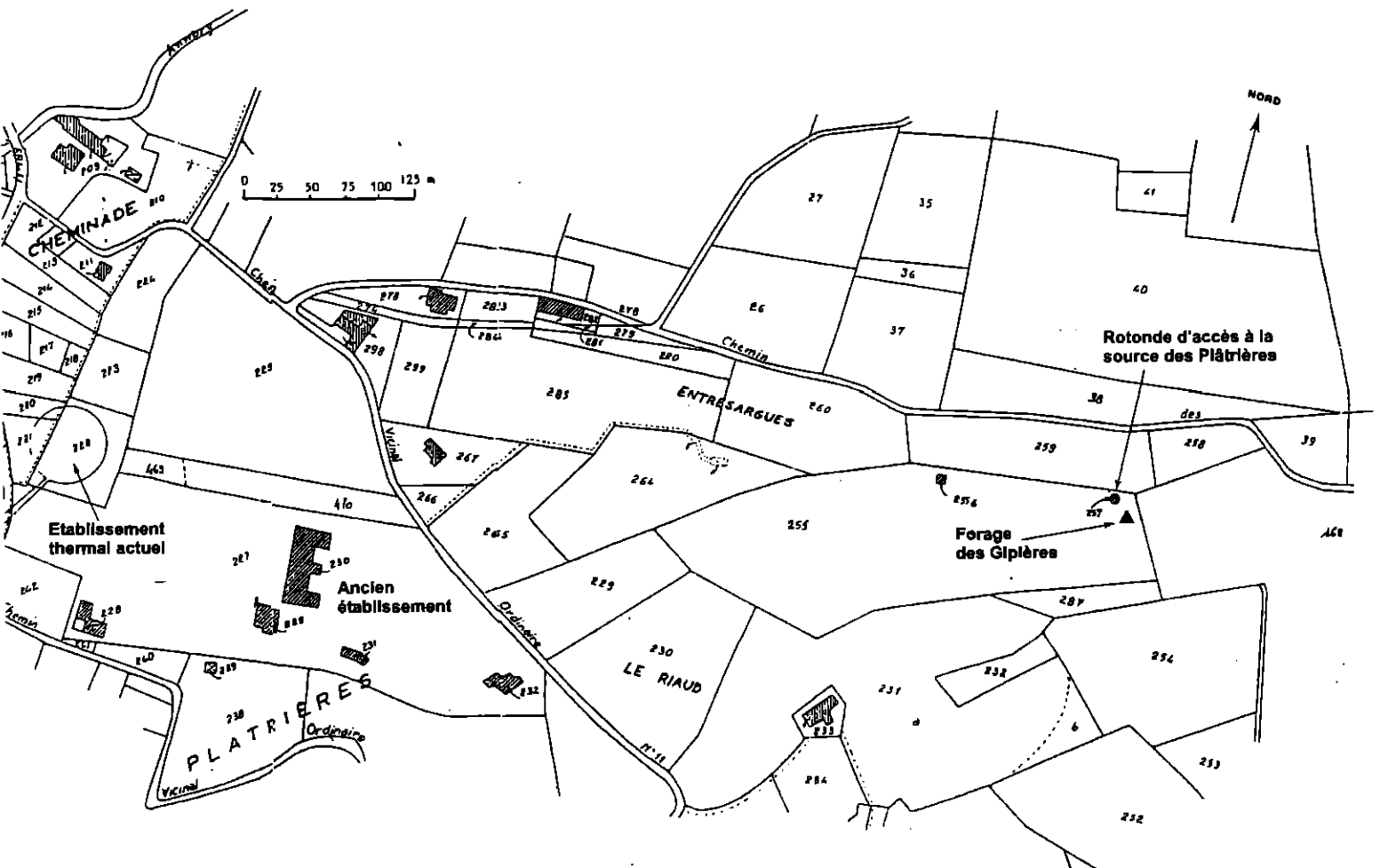
Annexe 1 – Localisation de l'émergence de la source des Rochers, et secteurs protégés



Annexe 2 – Localisation de la zone thermale des Plâtrières et secteurs protégés

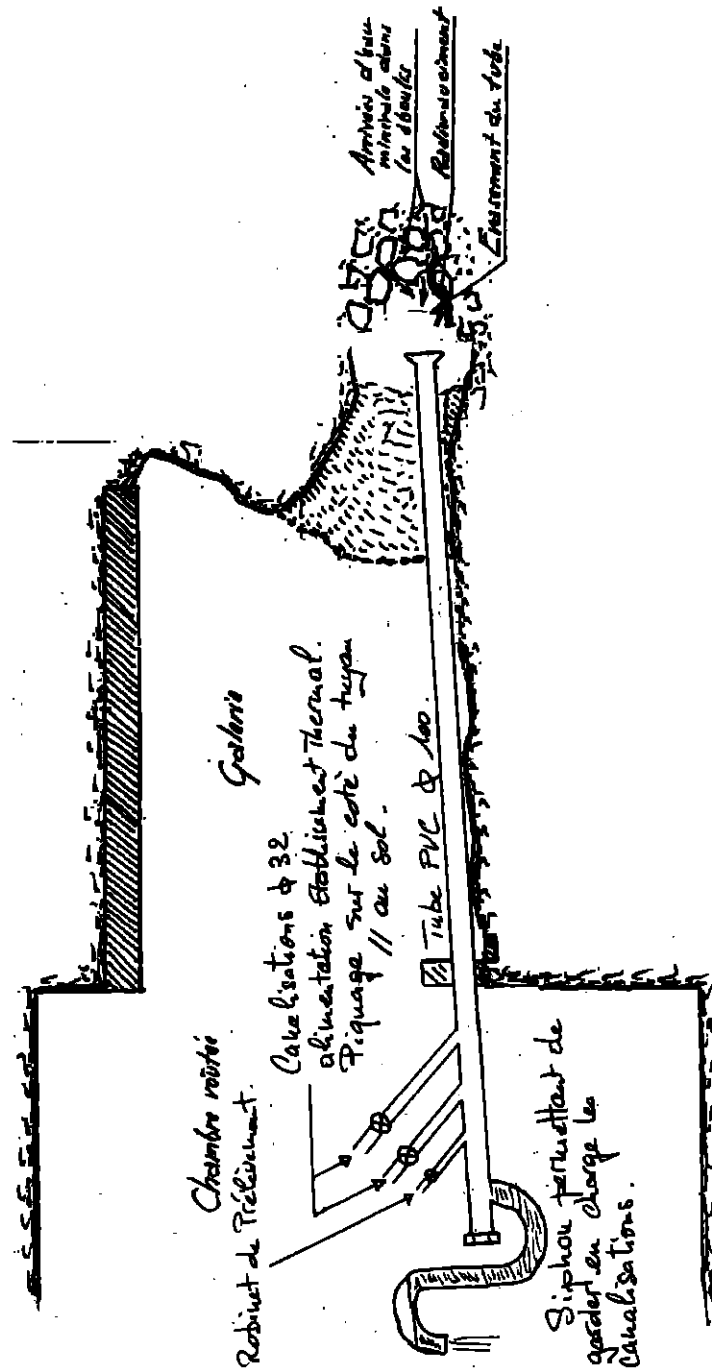


Périmètre sanitaire d'émergence du secteur thermal des Plâtrières (d'après CEMER, 1993)

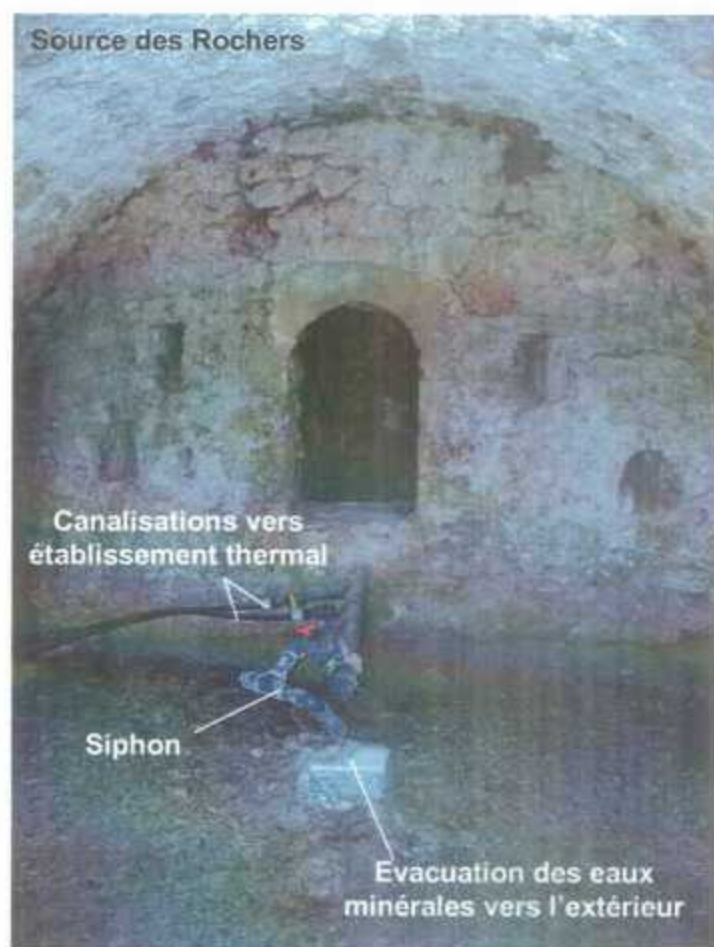


Localisation des captages sur fond cadastral (d'après CEMER, 1993)

Annexe 3 – Illustrations concernant les captages



Coupe du captage de la source des Rochers (schéma modifié par M. Claude Chapon, 2004)



Vues de la source des Rochers : intérieur et extérieur du captage



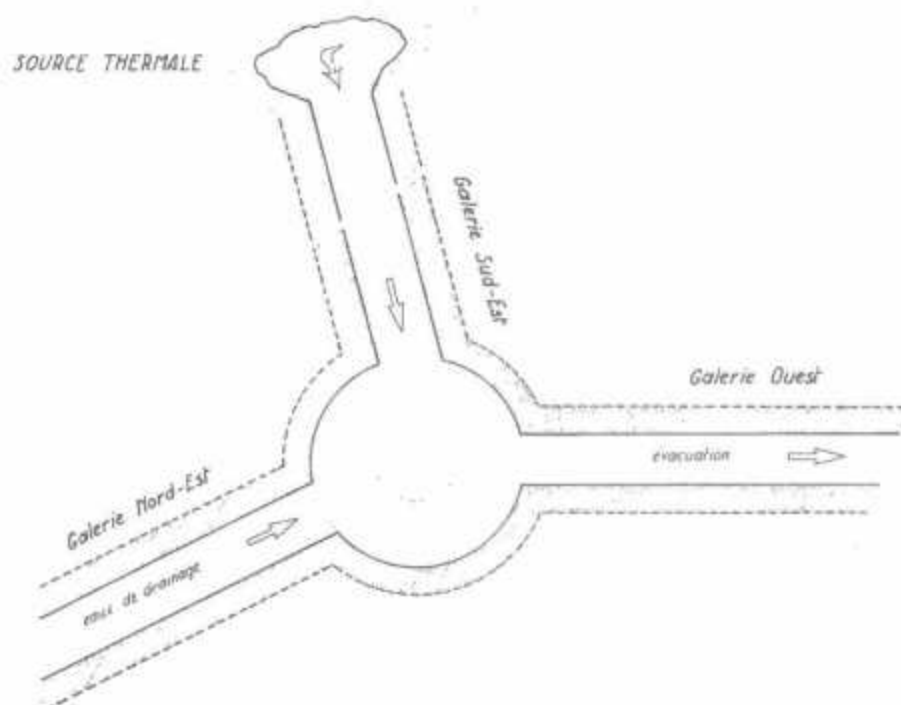
Vue générale du secteur thermal « des Plâtrières », vue vers le nord à l'intérieur du périmètre



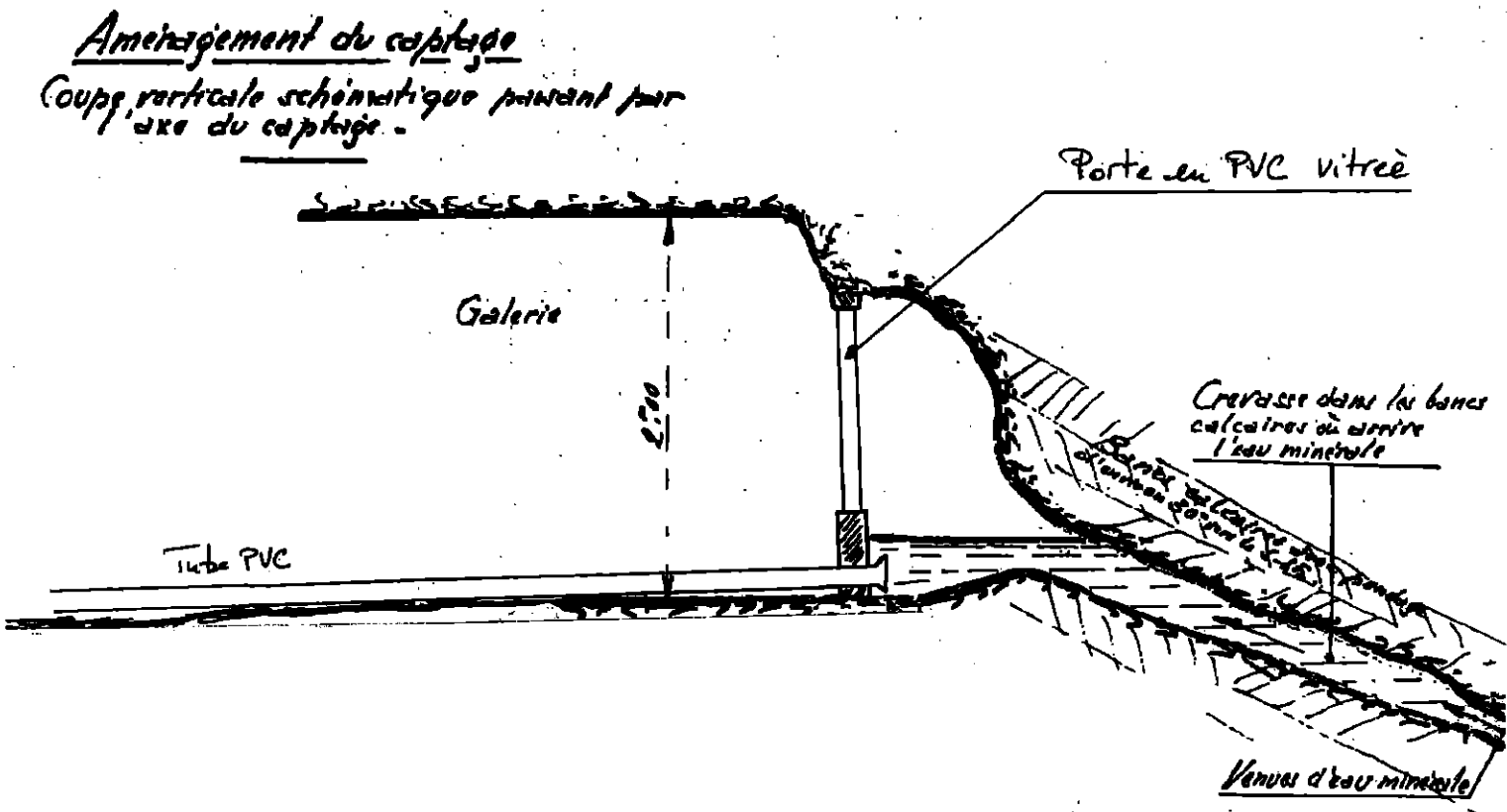
Vue générale du secteur thermal « des Plâtrières », vue vers l'ouest depuis la porte d'accès



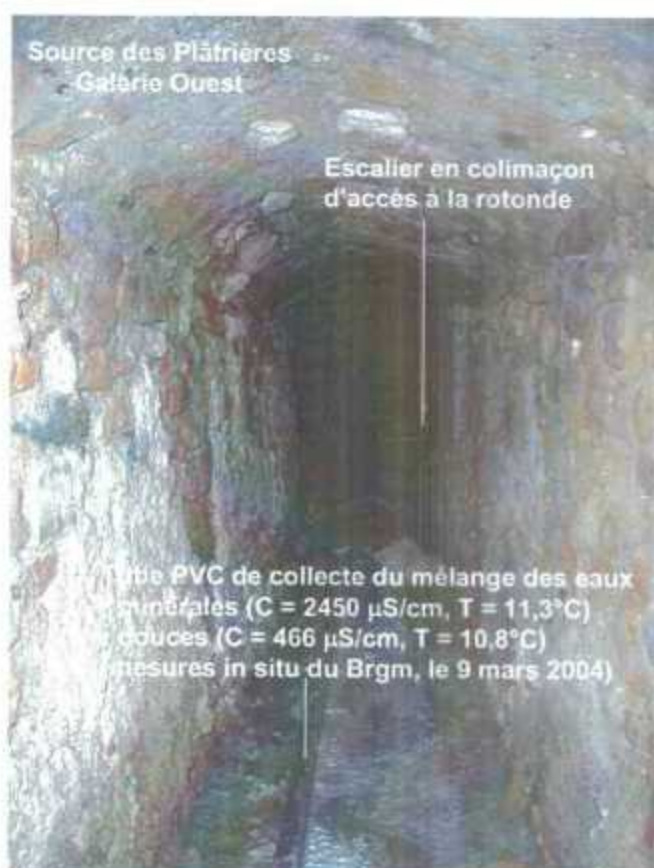
Vue générale du secteur thermal « des Plâtrières », en vue vers l'est depuis les pâturages



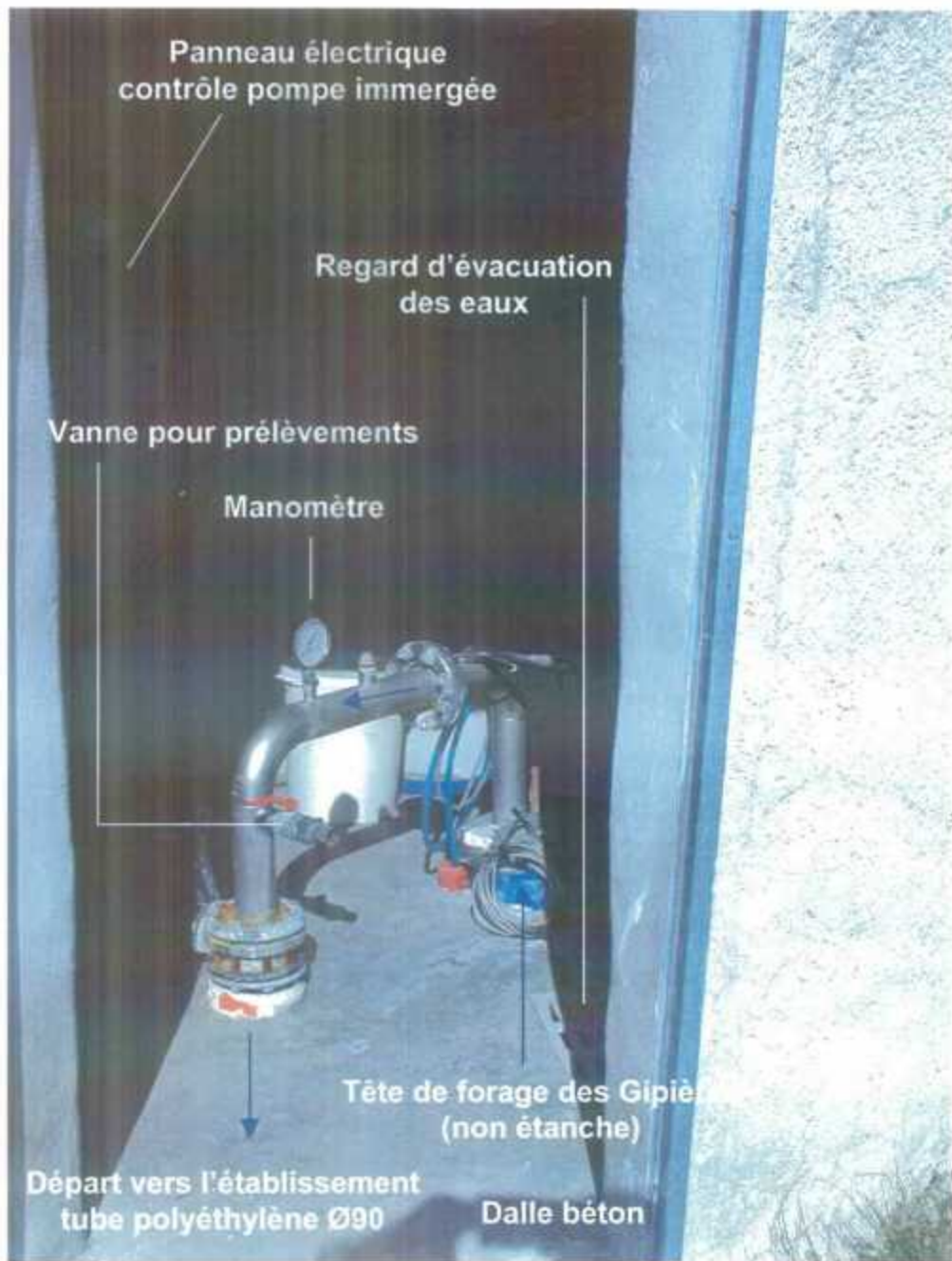
Vue en plan du captage de la source des Plâtrières



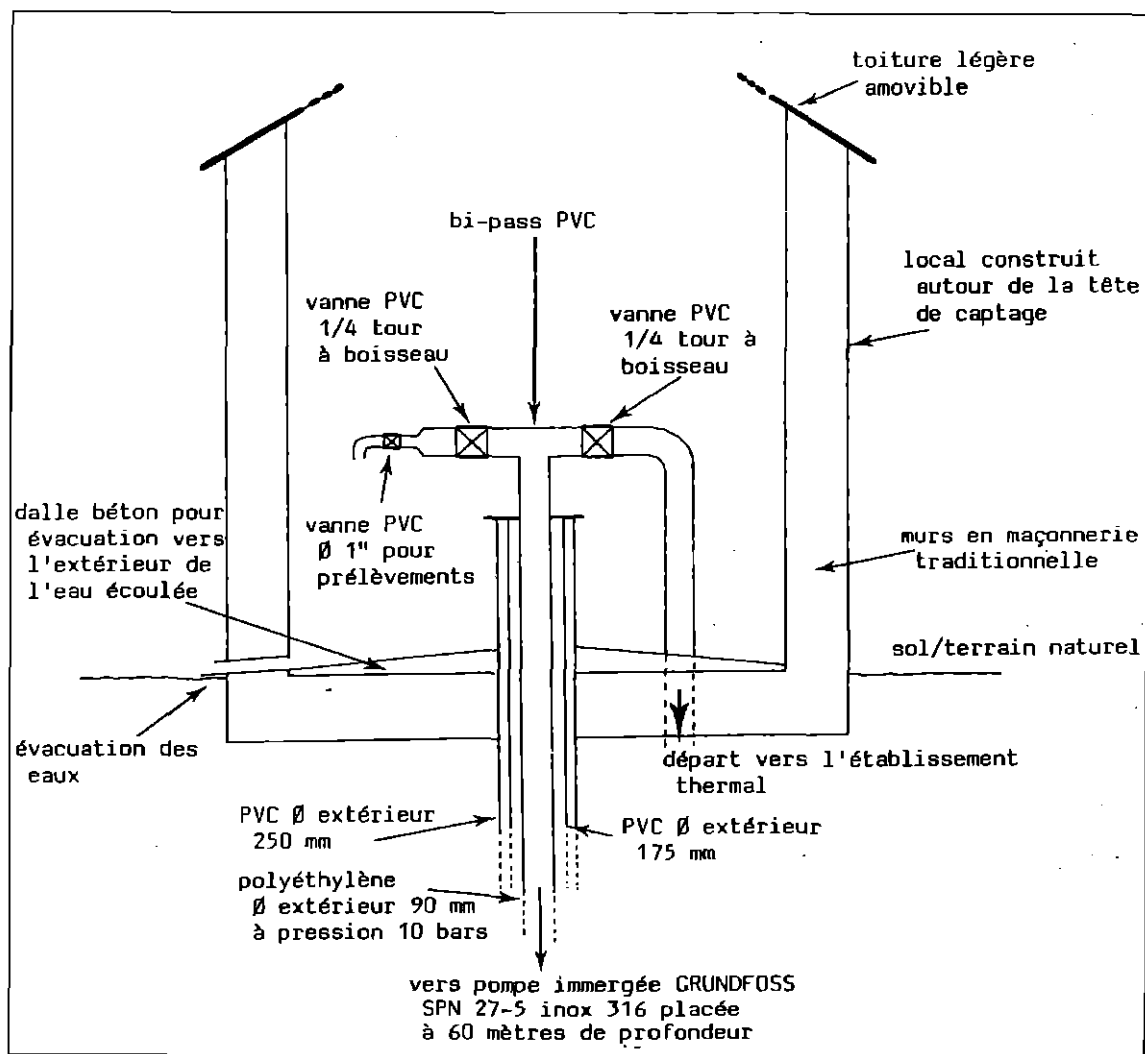
Coupe du captage de la source des Plâtrères (schéma modifié par M. Claude Chapon, 2004)



Source des Plâtrières : vue des galeries Sud-Est et Ouest



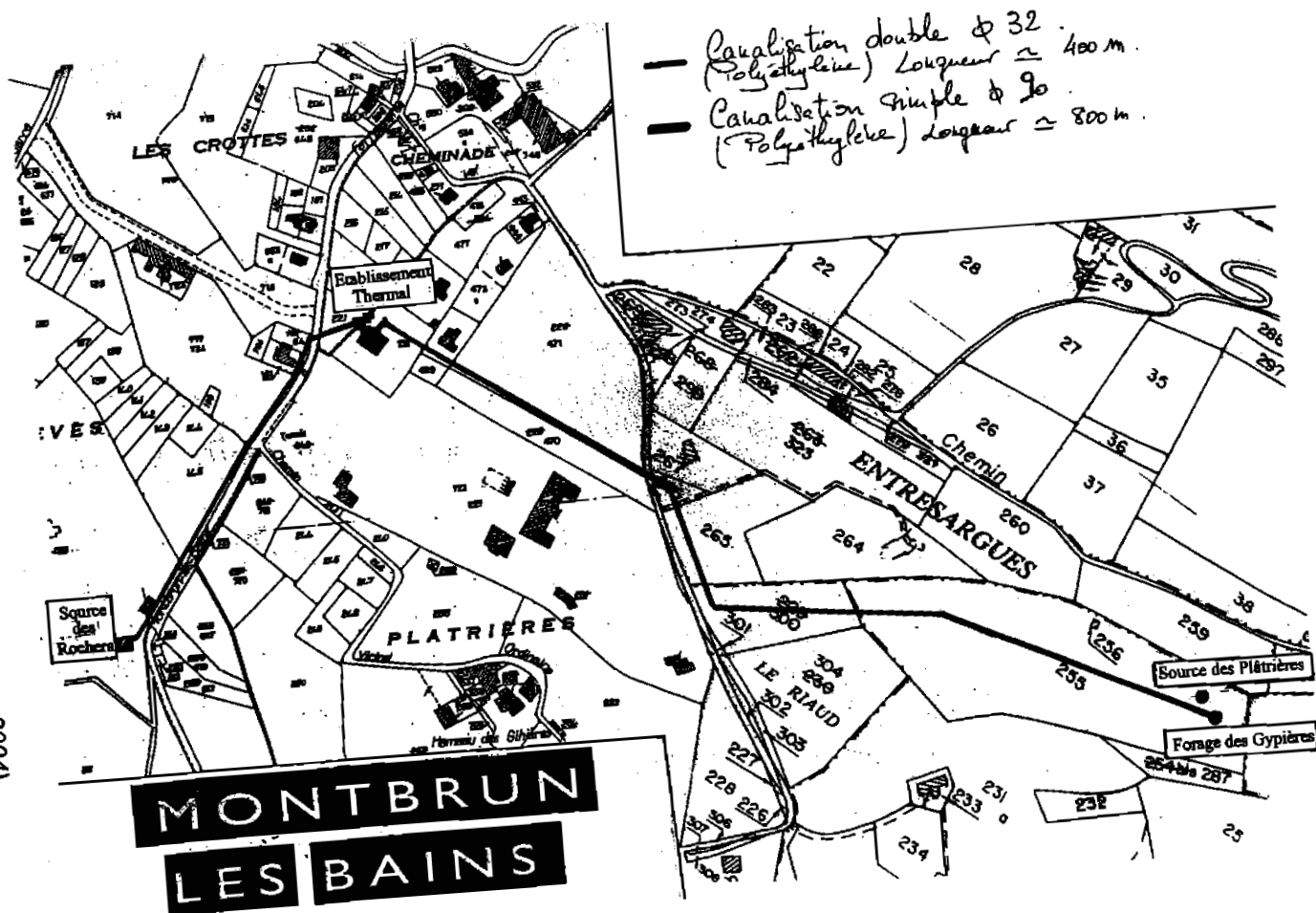
Vue de l'équipement à l'intérieur de l'abri du captage des Gipières (en mars 2004)



Equipement de surface du captage des Gipières à sa mise en service (CEMER, 1993)¹²

¹² La pompe a été remplacée, courant 2004, par une pompe de type SPN 30-5, placée à la même profondeur de 60 m.

Annexe 4 – Plan des canalisations des captages à la station thermique



(Plan fourni par M. Claude Chapon, mars 2004)

Annexe 5 – Illustrations concernant les installations dans l'établissement thermal

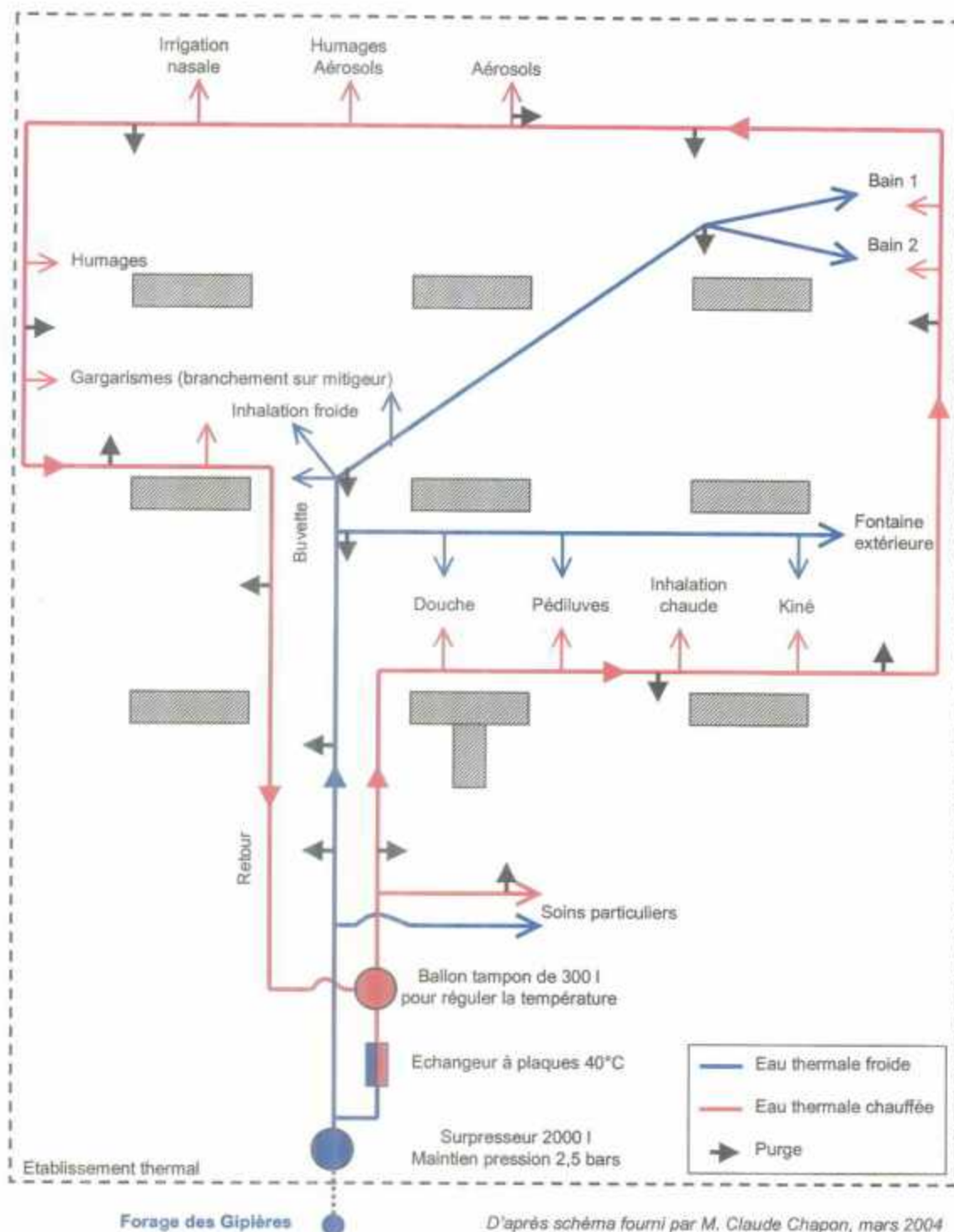


Schéma du circuit des eaux thermales dans l'établissement



Système de mise en pression à 2,5 bars du circuit des eaux thermales dans l'établissement



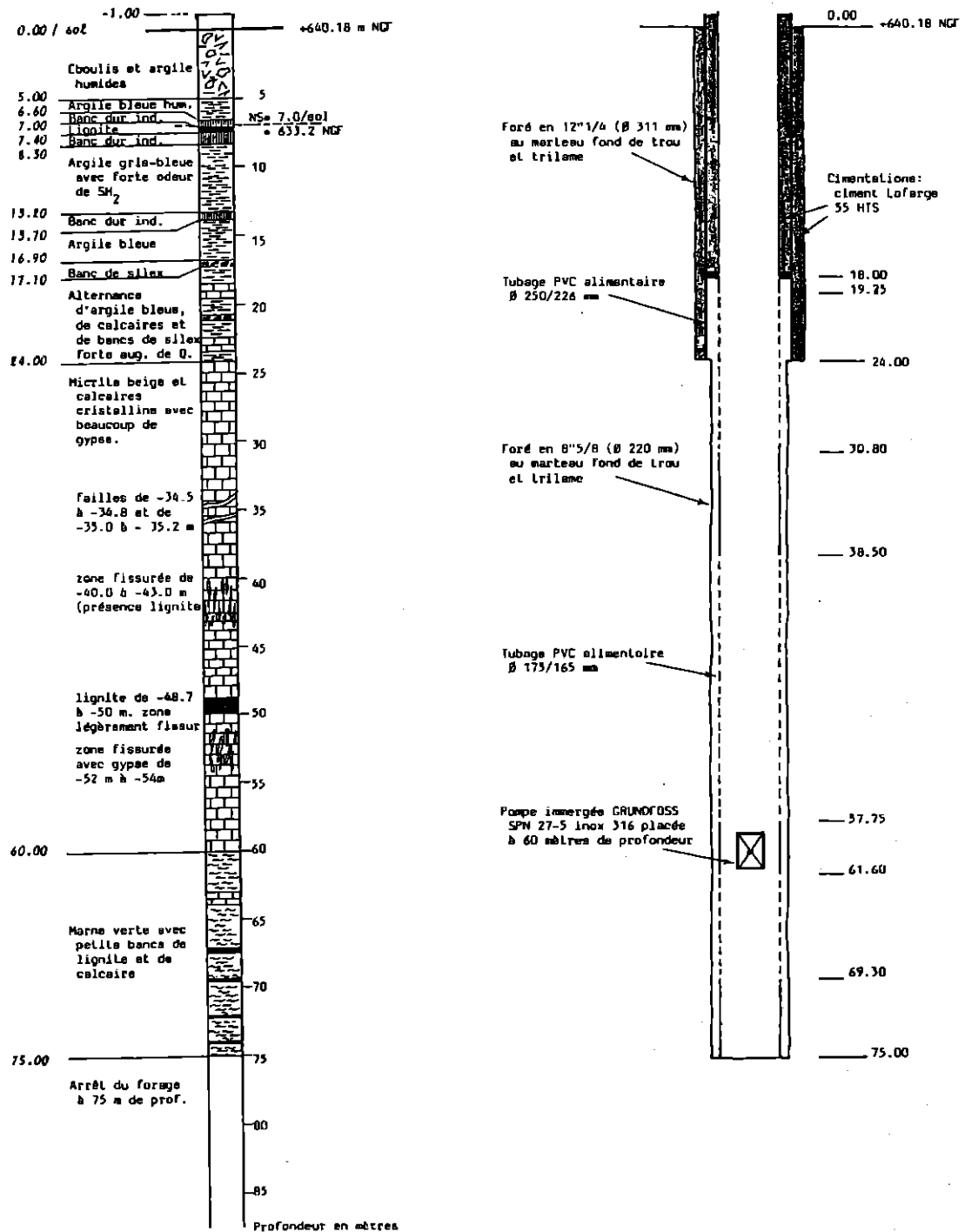
Chauffage des eaux thermales à 40°C sur échangeur à plaques



2 ballons d'eau chaude sanitaire de 1000 l chacun
(Production par chauffage électrique d'eau douce)
Eau chaude utilisée :
• pour eau chaude sanitaire
• pour la salle d'application de boue

Production d'eau chaude sanitaire à partir d'eau douce

Annexe 6 – Coupes géologique et technique du forage “des Gipières” (CEMER, 1993)



Annexe 7 – Arrêté d'autorisation du forage “des Gipières”

MINISTERE DU TRAVAIL
ET DES AFFAIRES SOCIALES

REPUBLIQUE FRANCAISE

PARIS, le 28 MARS 1996

ARRETE

accordant l'autorisation d'exploiter, en tant qu'eau minérale
naturelle, à l'émergence et après transport à distance,
l'eau du captage "Les Gipières"
situé à Montbrun-les-Bains (Drôme).

LE MINISTRE DU TRAVAIL ET DES AFFAIRES SOCIALES,

- VU l'article 1er de l'ordonnance 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 modifié portant règlement d'administration publique sur la police et la surveillance des eaux minérales,
- VU la demande en date du 28 juin 1993 présentée par M. DIEFENBACHER, Maire de la commune de Montbrun-les-Bains, au nom et pour le compte de la Commune de Montbrun-les-Bains, 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 "Les Gipières" situé à Montbrun-les-Bains (Drôme),
- VU le rapport et avis du Directeur Régional de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement de Rhône-Alpes, en date du 10 septembre 1993,
- VU l'avis du Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales de la Drôme, en date du 3 août 1993,
- VU l'avis émis par le Conseil Départemental d'Hygiène de la Drôme, au cours de la séance du 21 octobre 1993,

- VU l'avis du Préfet de la Drôme, en date du 17 décembre 1993,
- VU les analyses réglementaires effectuées par le Laboratoire National des Etudes Hydrologiques et thermales sur des échantillons prélevés les 16 mai 1994 et 3 avril 1995 ,
- VU les avis émis par l'Académie Nationale de Médecine au cours des séances des 16 octobre 1990 et 30 janvier 1996,
- VU les autres pièces du dossier,
- SUR la proposition du Directeur Général de la Santé

ARRETE

ARTICLE 1er :

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 "Les Gipières" situé à Montbrun-les-Bains (Drôme).

Les coordonnées Lambert du captage sont les suivantes :
X = 849,35 Y = 213,02

L'altitude de ce captage est de 640 m. NGF

ARTICLE 2 :

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

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

ARTICLE 3 :

Sont retenus, comme caractéristiques de l'eau minérale naturelle du captage "Les Gipières" 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 3 avril 1995 et portés dans le tableau ci-après.

Les caractéristiques physico-chimiques de cette eau ne doivent pas s'écarter de plus de 10 % des indications ci-après.

Source de Montbrun-les-Bains (26)		les Gipières	
Lieu de prélèvement		émergence	
Date du prélèvement du Laboratoire d'Hydrologie		3/04/95	
Température en °C		11,8	
pH		7,3	
Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C		2160	
Alcalinité en ml N/10		44,0	
Sulfuration totale en mMole/l		0,068	
SiO ₂ en mg/l		21,8	
CO ₂ libre en mg/l		< 20	
H ₂ S dissous en mg/l		1,0	
Résidu sec à 180°C en mg/l		2311	
Résidu sec à 260°C en mg/l		2289	
Résidu sulfaté en mg/l		2288	
ANIONS en mg/l		mg/l	meq/l
HS-	Sulphydrique	1,3	0,039
S ₂ O ₃ -	Thiosulfates	< 0,5	
SO ₄ -	Sulfates	1410	29,357
OH-	Hydroxydes	0,00	0,000
CO ₃ -	Carbonates	0,2	0,006
HCO ₃ -	Hydrogénocarbonates	265,6	4,354
H ₃ SiO ₄ -	Silicates	0,1	0,001
Cl-	Chlorures	6,5	0,183
NO ₃ -	Nitrates	< 1	
NO ₂ -	Nitrites	< 0,02	
F-	Fluorures	1,3	0,068
PO ₄ -	Phosphates	< 0,1	
<i>Total anions</i>			34,008
CATIONS en mg/l			
Ca++	Calcium	600	29,940
Mg++	Magnésium	38	3,125
K+	Potassium	1,2	0,031
Na+	Sodium	12	0,522
Li+	Lithium	0,1	0,014
Fe++	Fer	< 0,005	
Mn++	Manganèse	0,007	0,000
Sr++	Strontium	10,2	0,233
NH ₄ +	Ammonium	0,1	0,006
<i>Total cations</i>			33,871
ELEMENTS TRACES en $\mu\text{g}/\text{l}$			
Al	Aluminium	< 3	
As	Arsenic	< 5	
B	Bore	280	
Cd	Cadmium	< 1	
Cr	Chrome	< 1	
Cu	Cuivre	< 5	
Pb	Plomb	< 10	
Se	Sélénium	< 10	
Zn	Zinc	< 5	

ARTICLE 4 :

Le débit d'exploitation maximal autorisé du captage "Les Gipières" est de 20m³/h à raison de huit heures de pompage par jour.

ARTICLE 5 :

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

- de 0 à 5 m : une couverture argileuse et éboulitique,
- de 5 à 17 m : des argiles bleues à odeur d'hydrogène sulfuré avec bancs de lignite,
- de 17 à 24 m : une alternance d'argile et de calcaire à silex,
- de 24 à 60 m : des calcaires plus ou moins fissurés,
- de 60 à 75 m : des marnes vertes avec quelques bancs de calcaire et de lignite.

Le forage est équipé de la façon suivante :

- de 0 à 24 m : forage en marteau fond de trou en diamètre 311 mm, tubage en PVC alimentaire de 250/226 mm de diamètre,
- de 24 à 75 m : forage en diamètre 220 mm, tubage en PVC alimentaire plein de 175/165 mm de diamètre entre 0 et 18 m de profondeur puis crépiné entre 18 et 75 m, avec cimentation dans l'espace annulaire entre 0 et 18 m.

ARTICLE 6 :

Le périmètre sanitaire d'émergence du captage "Les Gipières" est constitué par la parcelle n°257, d'une superficie de 2000 m².

A l'intérieur de ce périmètre sont interdits tous actes ou travaux de nature à compromettre la pureté de l'eau notamment tout apport d'engrais organique, d'origine humaine ou animale, tout épandage d'eaux usées, tout dépôt d'ordures ainsi que tout pâturage.

ARTICLE 7 :

Le transport de l'eau minérale naturelle du captage "Les Gipières" s'effectue sur une distance de 800 mètres, par une canalisation de 90 mm de diamètre extérieur, partant de la tête du forage et conduisant l'eau gravitairement jusqu'au local technique de l'établissement thermal. Cette canalisation est enterrée, sur toute sa longueur, à une profondeur de 0,80 mètres, sauf pour la traversée du chemin vicinal n° 11 où elle est enfouie à 1,2 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.

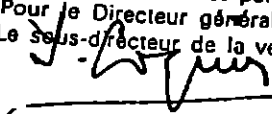
Deux ans au moins avant l'expiration de ce délai, le titulaire devra, s'il entend continuer l'exploitation, solliciter une nouvelle autorisation.

ARTICLE 11 :

Le Directeur Général de la Santé est chargé de l'exécution du présent arrêté dont mention sera insérée au Journal Officiel de la République Française.

Fait à Paris, le 28 MARS 1996

Pour le Ministre et par délégation
Pour le Directeur général de la santé
Le sous-directeur de la veille sanitaire



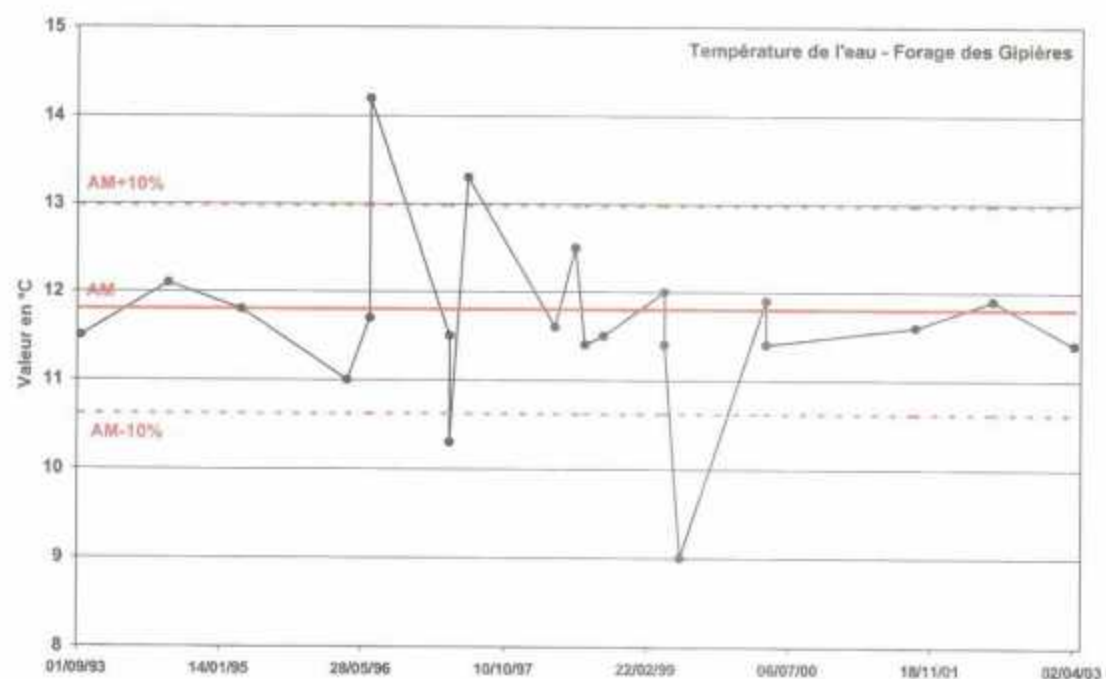
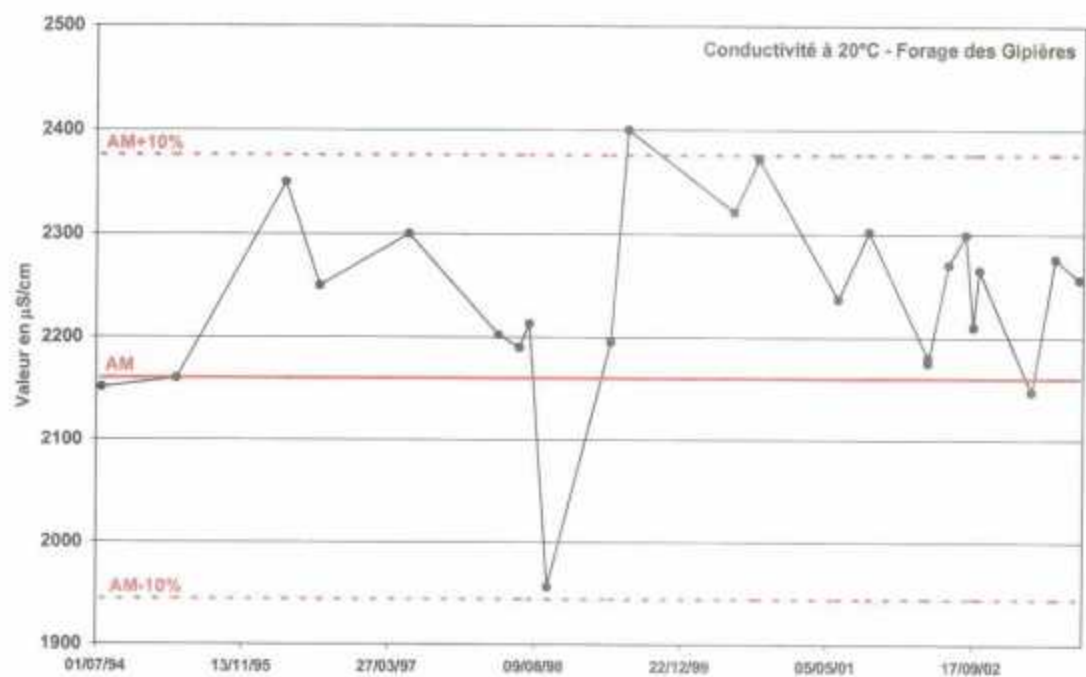
Docteur Yves COQUIN

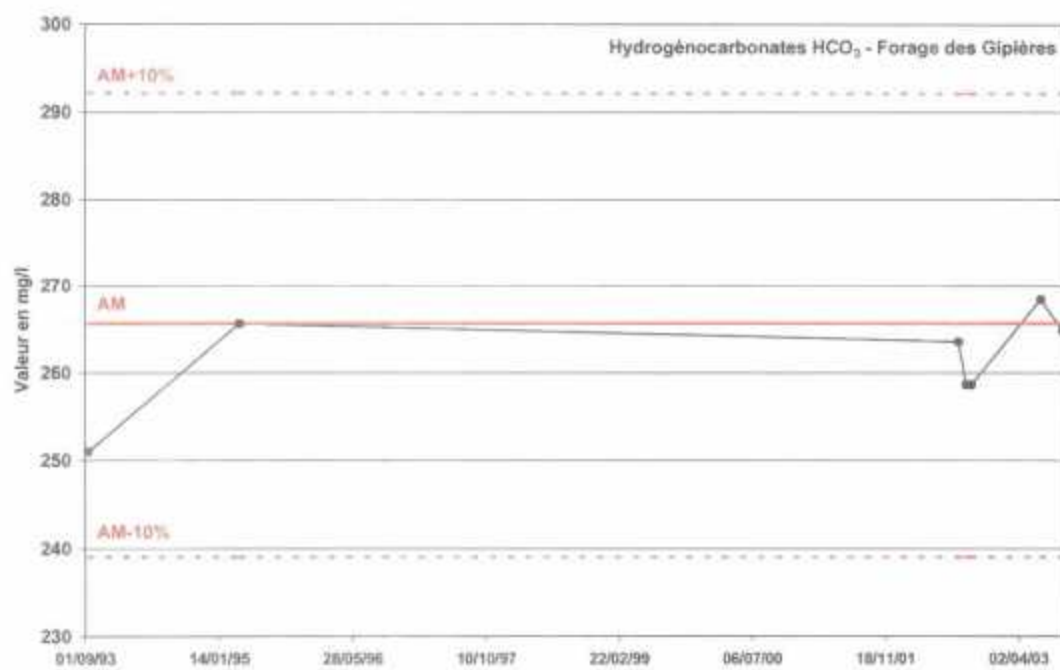
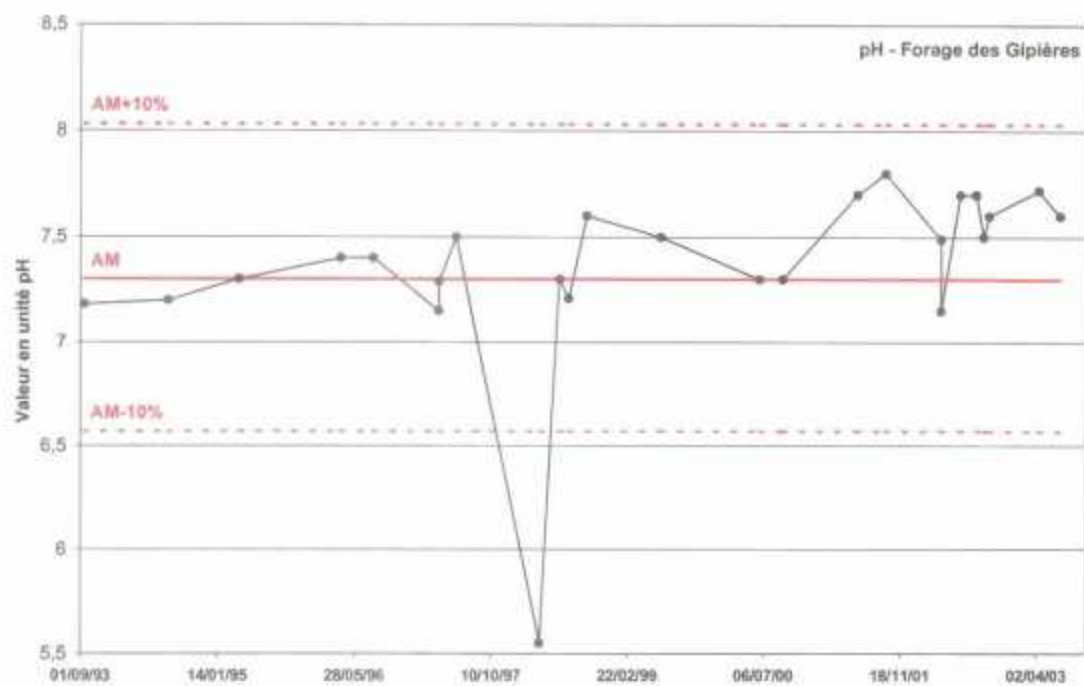
Annexe 8 – Suivi des principales caractéristiques physico-chimiques du forage “des Gipières”

Commune	Forage	Situation administrative	Observation
Montbrun-les-Bains	Forage des Gipières 09165X0009	AMA du 28/03/1996	Forage exploité en moyenne 8h par jour à 20 m ³ /h

Date	Cond. à 20°C (μS/cm)	pH	T °C	Sulfures (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
14/09/1993		7,18	11,5	1,07	582	42	14,8	1,1	251	10,4	1410	0
20/07/1994	2151	7,2	12,1	2,09								
03/04/1995	2160	7,3	11,8		600	38	12	1,2	265,6	6,5	1410	0
09/04/1996	2350	7,4	11									
27/06/1996			11,7	2,26								
05/08/1996	2250	7,4										
02/04/1997			11,5	1,94								
04/06/1997	2300	7,5	13,3									
07/04/1998	2202	5,55	11,6	2,14								
17/06/1998	2190	7,3	12,5									
21/07/1998	2213	7,21	11,4	2,82								
24/09/1998	1956	7,6	11,5									
27/04/1999	2196		12	2,8								
27/04/1999	2195		11,4	2,85								
23/06/1999	2400	7,5	9									
18/04/2000			11,4	3,5								
21/06/2000	2321	7,3										
13/09/2000	2372	7,3										
10/04/2001				1,59								
13/06/2001	2237	7,7										
25/09/2001	2302	7,8	11,6									
16/04/2002	2180	7,49		2,76								
16/04/2002	2175	7,15		3,84								
25/06/2002	2270	7,7	11,9									
22/08/2002	2299	7,7							263,5			
19/09/2002	2210	7,5							258,6			
09/10/2002	2265	7,6							258,6			
08/04/2003	2147	7,72	11,4	1,87								
26/06/2003	2276	7,6							268,4			
17/09/2003	2256	7,5							264,7			

Données DDASS 26



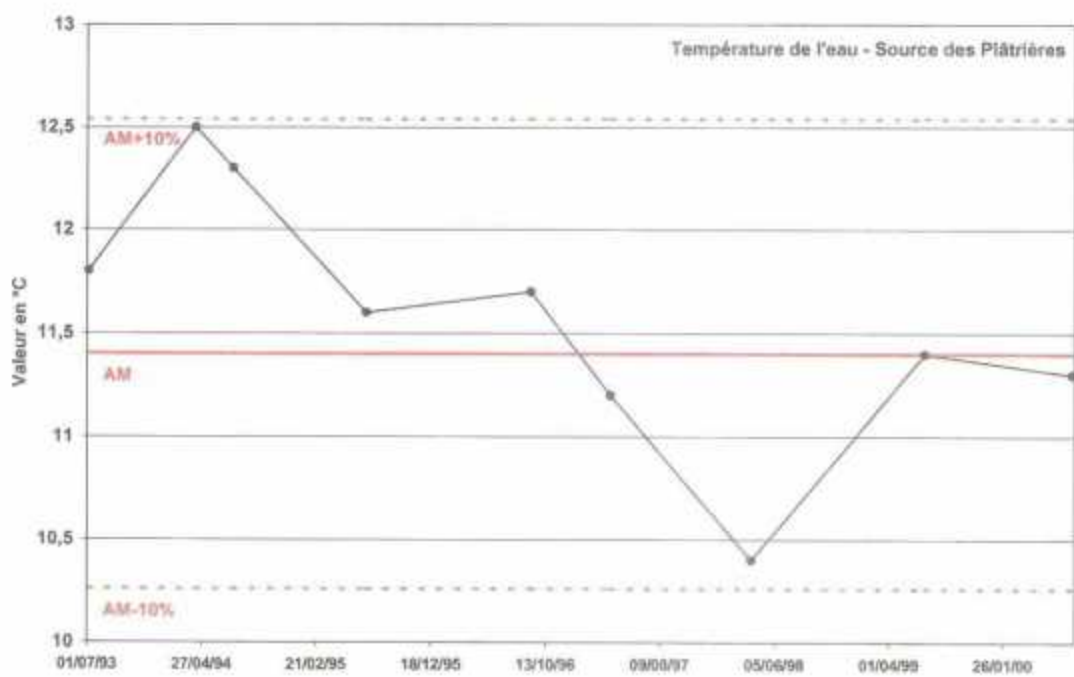
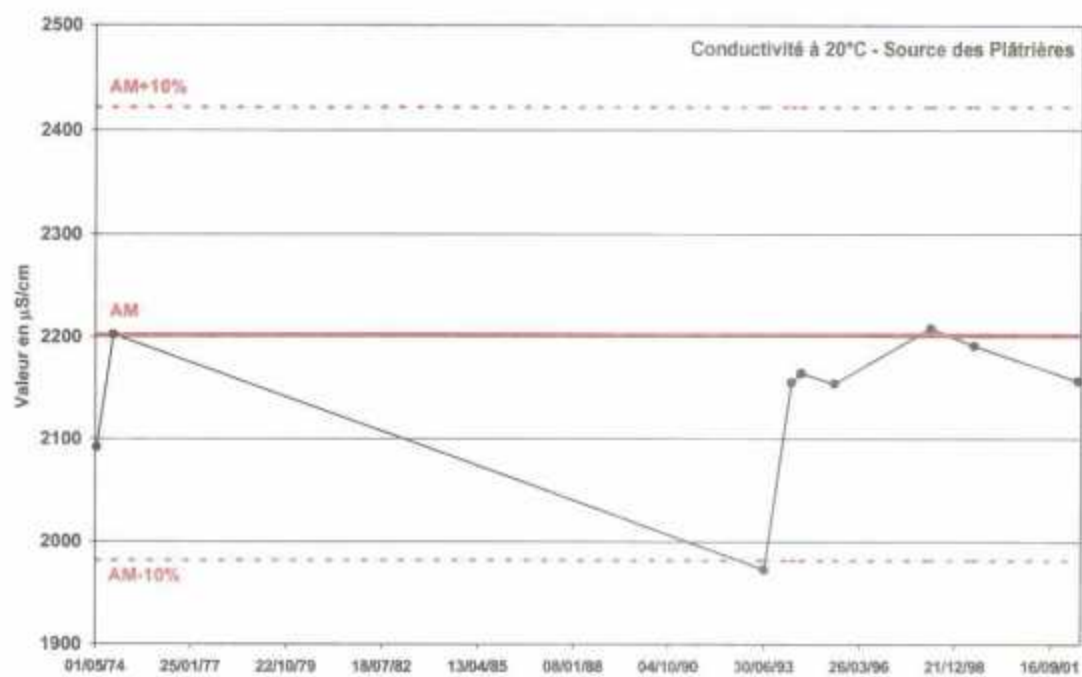


Annexe 9 - Suivi des principales caractéristiques physico-chimiques de la source “des Plâtrières”

Commune	Forage	Situation administrative	Observation
Montbrun-les-Bains	Source des Plâtrières 09165X0001	AMA du 01/04/1976	Débit de 25 l/min donné dans l'AM. Source non exploitée actuellement

Date	Cond. à 20°C (µS/cm)	pH	T °C	Sulfures (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
16/05/1974	2092	7,48			574	33,3	8,4	1,3	249,5	4,7	1324	0
09/11/1974	2202	6,88	11,4		591	39,5	14,1	1,5	219,6	10,5	1406	0
12/04/1988			2,35		600	36						
18/07/1989					605	50						
29/05/1990					542	42						
06/07/1993	1973	7,20	11,8	2,8								
12/04/1994	2155	7,25	12,5	2,1								
20/07/1994	2164	7,20	12,3	0,79								
04/07/1995	2154	7,22	11,6	2,2								
05/09/1996			11,7	2,58								
02/04/1997		7,14	11,2	1,86								
07/04/1998	2208	7,35	10,4	2,7								
06/07/1999	2191		11,4	3,04								
27/07/2000			11,3	3,12								
31/07/2001				2,32								
02/07/2002	2157	7,24		3,5								

Données DDASS 26





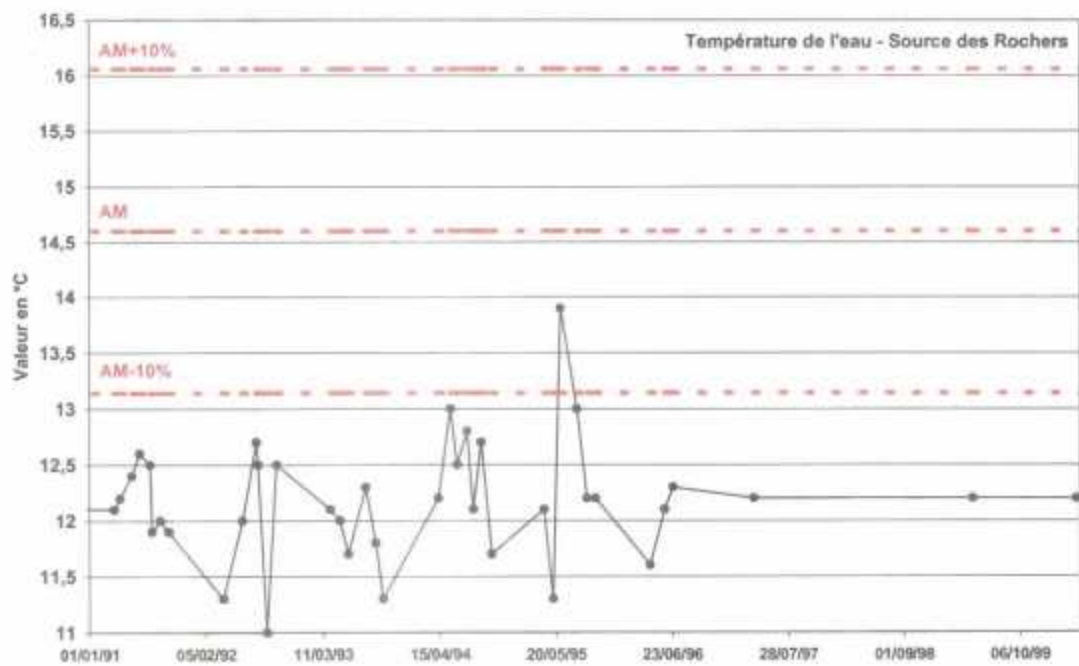
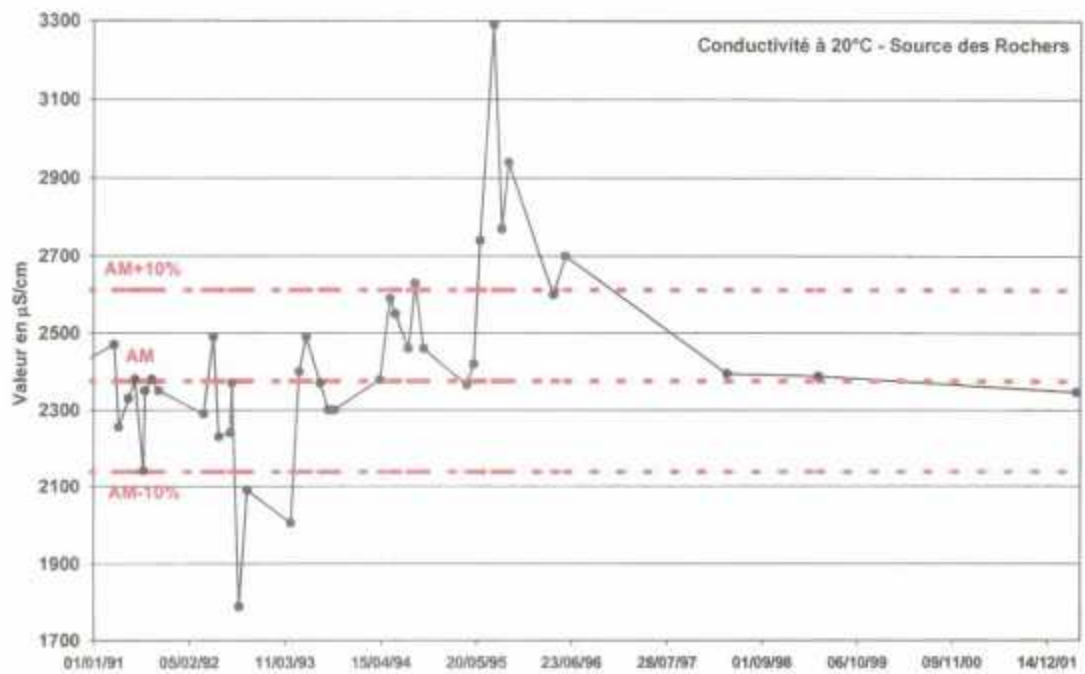
Annexe 10 - Suivi des principales caractéristiques physico-chimiques de la source “des Rochers”

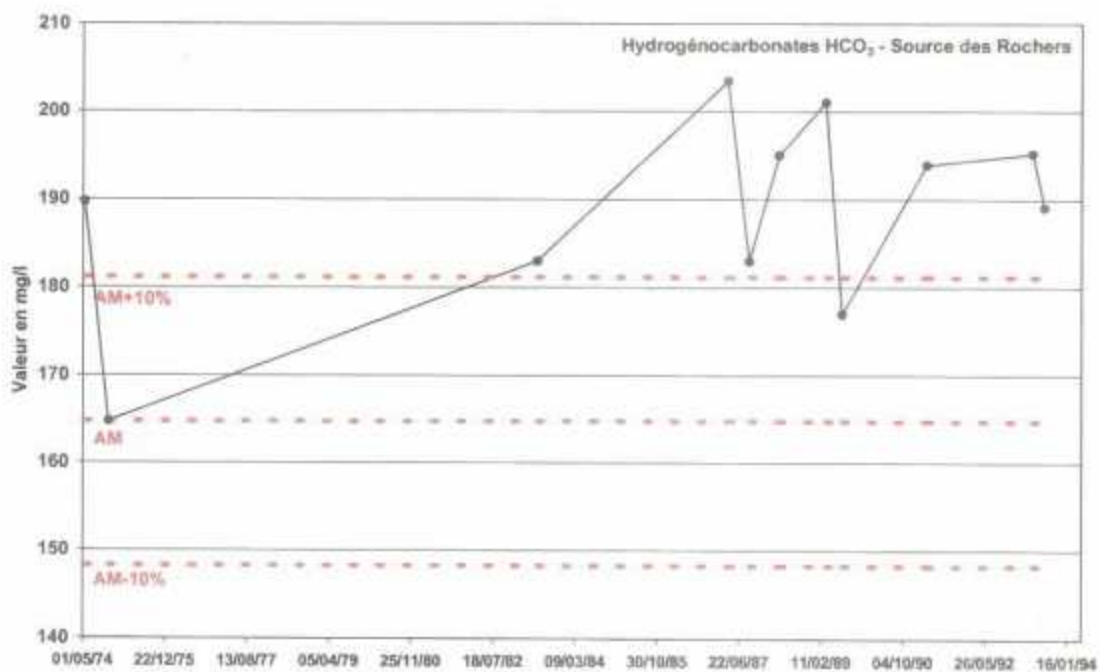
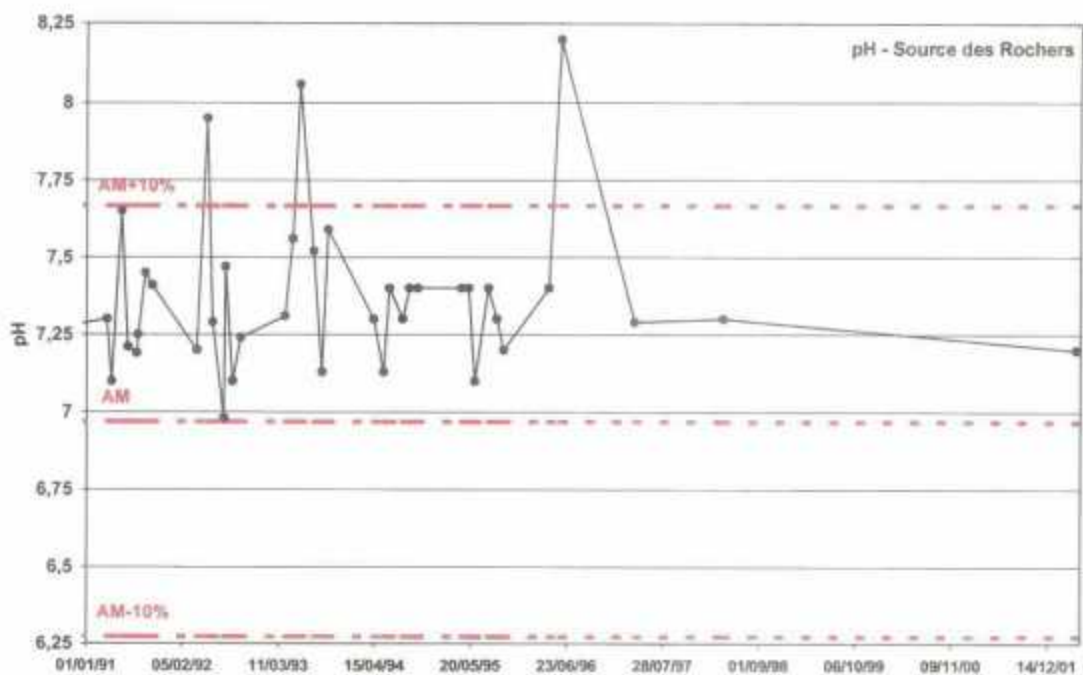
Commune	Forage	Situation administrative	Observation
Montbrun-les-Bains	Source des Rochers 09165X0002	AMA du 01/04/1976	Débit de 10 l/min donné dans l'AM. Source non exploitée actuellement

Date	Cond. à 20°C (μS/cm)	pH	T °C	Sulfures (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
16/05/1974	2358	7,5			572	81,5	23,8	2,4	189,7	15,6	1576	0
09/11/1974	2375	6,97	14,6		576	84,3	23,2	2,4	164,7	15,7	1578	0
08/06/1983					525	85	25	1,95	183	25	1500	0
02/04/1987	1970	7,1	12,2		575	82	25	3	203,4	19,1	1534	0
08/09/1987					558	82	24	2	183	19	1600	0
12/04/1988					560	80	24	1,85	195	17	1575	0
21/03/1989					608	89	22	1,8	201	18	1600	0
18/07/1989					586	95	27	1,9	177	19	1660	0
28/03/1991	2470	7,3	12,1	16			25,3		193,9	18,3		
16/04/1991	2255	7,1	12,2	6,2								
27/05/1991	2330	7,65	12,4									
24/06/1991	2380	7,21	12,6									
30/07/1991	2141	7,19	12,5	6,84								
05/08/1991	2350	7,25	11,9									
03/09/1991	2380	7,45	12									
02/10/1991	2350	7,41	11,9									
07/04/1992	2290	7,2	11,3									
18/05/1992	2490	7,95										
10/06/1992	2230	7,29	12									
28/07/1992	2240	6,98	12,7	6,65								
03/08/1992	2370	7,47	12,5									
02/09/1992	1788	7,1	11									

Date	Cond. à 20°C (μS/cm)	pH	T °C	Sulfures (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)
06/10/1992	2090	7,24	12,5									
07/04/1993	2005	7,31	12,1									
10/05/1993	2400	7,56	12				24,15		195,2			
08/06/1993	2490	8,06	11,7									
05/08/1993	2370	7,52	12,3						189,1			
09/09/1993	2300	7,13	11,8									
04/10/1993	2300	7,59	11,3									
12/04/1994	2379	7,3	12,2									
24/05/1994	2590	7,13	13									
16/06/1994	2550	7,4	12,5									
20/07/1994			12,8									
10/08/1994	2460	7,3	12,1									
07/09/1994	2630	7,4	12,7									
12/10/1994	2460	7,4	11,7									
11/04/1995	2365	7,4	12,1									
11/05/1995	2420	7,4	11,3									
06/06/1995	2740	7,1	13,9									
01/08/1995	3290	7,4	13									
05/09/1995	2770	7,3	12,2									
04/10/1995	2940	7,2	12,2									
09/04/1996	2600	7,4	11,6									
29/05/1996	2700	8,2	12,1									
27/06/1996			12,3	6,61								
02/04/1997		7,29	12,2	6,64								
07/04/1998	2395	7,3		6,55								
27/04/1999	2388		12,2	6,55								
18/04/2000			12,2	5,5								
10/04/2001				0,38								
16/04/2002	2346	7,2		7,12								

Données DDASS 26





Annexe 11 - Analyses bactériologiques du forage “des Gipières”

Ressource en eau thermale de la station de Montbrun-les-Bains (Drôme)

Date	Bact. aér. reviv. 22°-72h	Bact. aér. reviv. 22°-68h	Bact. aér. reviv. 37°-24h	Bact. aér. reviv. 36°-44h	Coliformes thermotol. / 250ml-MS	Coliformes totaux / 250ml-MS	Entérocoques / 250 ml-MS	Escherichia coll / 250ml	Legionella pneumophilla sp /litre	Legionella sp	Mercaptans RS-	Pseudomonas aérogénosa dans 250ml	Spores Bact. anaér. sulfito-réd. / 50ml	Spores Bact. anaér. sulfito-réd. / 100ml
14/09/1993	0		0		0	0	0		0	0	0	0	0	
18/05/1994	0		0		0	3	0		0	0		0	0	
20/07/1994	0		0		0	0	0				0	0	0	
04/04/1995	0		0		0	0	0		0	0		0	0	
09/04/1996	0		0		0	0	0					0	0	
27/06/1996	3		0		0	0	0		0	0	0,013	0	0	
27/06/1996	19		0		0	0	0		0	0	0,01	0	0	
05/08/1996	15		0		0	0	0					0		
02/04/1997	1		1		0	0	0		0	0	0,009	0	0	
02/04/1997	0		0		0	0	0		0	0	0,01	0	0	
04/06/1997	3		0		0	0	0					0	0	
07/04/1998	5		1		0	0	0		0	0	0,012	0	0	
17/06/1998	80		0		0	0	0					0	0	
21/07/1998	4		0		0	0	0				0,02	0	0	
24/09/1998	30		0		0	0	0					0	0	
27/04/1999	10		0		0	0	0		0	0	0,012	0	0	
27/04/1999	3		0		0	1	0		0	0	0,014	0	0	
23/06/1999	6		0		0	0	0					0	0	
18/04/2000	8		0		0	0	0		0	0	0,017	0	0	
18/04/2000	2		0		0	0	0		0	0	0,021	0	0	
18/04/2000	2		0		0	0	0		0	0	0,021	0	0	
21/06/2000		3		2	0	0	0						0	
13/09/2000		0		1	0	0	0					0	0	

Données DDASS 26

Ressource en eau thermale de la station de Montbrun-les-Bains (Drôme)

Date	Bact. aér. reviv. 22°-72h	Bact. aér. reviv. 22°-68h	Bact. aér. reviv. 37°-24h	Bact. aér. reviv. 36°-44h	Coliformes thermotol. / 250ml-MS	Coliformes totaux / 250ml-MS	Entérocoques / 250 ml-MS	Escherichia coli / 250ml	Legionella pneumophilla sp /litre	Legionella sp	Mercaptans RS-	Pseudomonas aérogina dans 250ml	Spores Bact. anaér. sulfito-réd. / 50ml	Spores Bact. anaér. sulfito-réd. / 100ml
10/04/2001	0		0		0	0	0		0	0	0	0	0	
10/04/2001	1		0		0	0	0		0	0	0	0	0	
13/06/2001		0		0	0	0	0		0	0		0		
25/09/2001		2		8	0	0	0		0			0		
16/04/2002		0		0		0	0	0	0	0	0,016	0	0	
16/04/2002		0		0		0	0	0	0	0	0,017	0	0	
25/06/2002		3		0	0	0	0					0	0	
22/08/2002		2		0	0	0	0	0	0			0	0	
19/09/2002		0		0	0	0	0	0	0			0	0	
09/10/2002		0		0	0	0	0	0	0			0	0	
08/04/2003		0		0		0	0	0	0	0	0,008	0	0	
26/06/2003		24		21	0	0	4	0				0	0	
24/07/2003		27		14		20	0	0						0
24/07/2003		31		21		14	0	0						0
05/08/2003		5000		252		1	0	0						0
05/08/2003		5000		82		0	0	0						0
17/09/2003		2		0	0	0	0					0	0	
17/09/2003		30		13	1	1	0					0	0	
09/10/2003		4		6	0	0	0					0	0	
30/03/2004		236		97	0	0	0					0	0	

Données DDASS 26

Annexe 12 – Données météorologiques

Référence et localisation géographique des postes météorologiques¹³ choisis pour la synthèse climatique sur le territoire de Montbrun-les-Bains

N° du poste	Nom du poste	Latitude	Longitude	Altitude
84005001	AUREL	44°07'24"N	5°24'48"E	725 mètres
26340001	SEDERON	44°12'00"N	5°32'12"E	814 mètres
84125003	SAVOILLAN	44°10'48"N	5°22'42"E	520 mètres

Localisation des postes météorologiques



Légende :

- ◆ Station thermale étudiée
- ◆ Postes météorologiques les plus proches de la station et altitude

¹³ Données METEO FRANCE

Précipitations

(Cumul mensuel des hauteurs des précipitations (mm) sur la période 1994-2003)

POSTE D'AUREL	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles sur la période 1993 à 2003
jan.	188	87	230,9	157,4	78,4	129,5	7,8	115	40,6	101,5	111,5
fév.	103,1	112,1	84,5	16,7	11	38,5	27,6	75,8	83,7	33,5	56,6
mars	12,5	32,9	54,1	0	119,9	79	82,4	138,4	42,3	19,8	47,3
avr.	118	173,5	58,7	25,5	122,3	72,9	138,8	85,5	40,7	95,3	91,3
mai	81,5	92	119,5	25,5	72,2	58,2	89,4	129,5	130	52,6	82,8
juin	22,5	22,5	123	85,2	28,4	43,7	70,7	15,4	40,6	20	47,5
juil.	71	8,3	74,5	17	3	85,2	47,5	57,7	27	14,6	40,4
août	84	58	75,7	85,4	46,2	50,2	30	10,5	83,9	50	55,4
sept.	295,5	145,8	75	41,7	129	158,7	200,2	111,7	181,5	151,8	148,7
oct.	168,2	73,7	54,6	121,3	58,5	185	185,7	80	73,5	148,1	115,9
nov.	174,2	105,1	298,3	134,4	30,7	88,6	213,3	7,9	280,5	147,7	146,2
dec.	17	174,4	108,3	151,4	45	47,7	84,2	3	74,7	182,5	88,8
hauteur annuelle	1315,5	1253,1	1337,1	881,3	646,6	1026,4	1159,6	814,4	1079	1018	1033,1

POSTE DE SAVOILLAN	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles sur la période 1993 à 2003
jan.	212,5	79	278,6	286,2	103,4	158,5	3	87,5	71	96,5	145,4
fév.	117,7	124	45	7,8	18,8	24,5	30,5	53,5	84,5	16	54,2
mars	14,6	29,2	74,4	0,2	13,8	101,5	97,5	194,5	48	8,5	58,2
avr.	87,8	221,8	43	29,6	182,6	74,5	166	48,5	42	141,5	104,7
mai	89	61,4	104,6	48,8	88	54,5	58	123,5	103	25,5	77,8
juin	65,8	4,2	187	82,4	32,5	54	24	16	54,5	49,5	55,0
juil.	90	19,8	86,6	29	32	37	55,5	47	29	17,5	44,3
août	38,8	43,4	74,4	86,4	65	89	44	9,5	86,5	37	55,2
sept.	297,4	100,8	79,8	12,4	139	134,5	203	82,5	238	153	143,1
oct.	174	80,4	70,6	138,2	53,5	189,5	244,5	101,5	84	180	133,9
nov.	247,6	120	343,8	205,8	25	98	246	3,5	340,5	124	175,4
dec.	21,4	184,4	188,8	122	34	35,5	98	5	90	179,5	85,6
hauteur annuelle	1554,6	1088,2	1545,2	1009,8	806,4	1081	1258	782,5	1271	1041,5	1143,0

POSTE DE SEDERON	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles sur la période 1993 à 2003
jan.	275,5	69,5	219	209,5	94,5	158	3	98,5	42	70	124,0
fév.		110	53,6	15,5	18	37	43	78	101	31,5	54,0
mars	19	41,5	88,5	0,5	17	115,5	79	189	57,5	12	59,0
avr.	86,5	237	48,5	35	184,5	94	189,5	58	38	101,5	107,7
mai	83	101,5	117,5	49	102	71,5	50,5	155	199	42,5	93,2
juin	64,5	19,8	80,5	109,5	49	51	60,5	25	45,5	31	53,0
juil.	18,5	64,3	80	43,5	13,5	43,5	48,5	40	98	14	43,8
août	53	64,5	101,5	48	49,5	54	54,5	6	102,5	114,5	64,6
sept.	208	108,5	79,5	15	114,5	158,5	147,5	85,5	208,5	165,5	137,4
oct.	141,5	54,5	51,5	83	77	171	194	99	117	212	120,1
nov.	106	117	329	182	30,5	90,5	275,5	11,5	338	143,5	170,5
dec.	26,5	177,2	118,5	173,5	40	38	135	7,3	97,5	234,5	104,6
hauteur annuelle	1260	1165,3	1329,6	957	788	1080,5	1275,5	856,8	1374,5	1172,5	1126,2

Températures à Savoillan (520 m)

(Moyennes mensuelles des extrema, et extrema mensuels absolus (°C) sur le poste météorologique de Savoillan sur la période 1994-2003)

MINIMA ABSOLUS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	-6.6	-10.3	-6.9	-6.4	-7	-12	-9.3	-5.6	-10	-11.2	-8.53
fév	-6.8	-3.9	-9.2	-6.4	-9	-12	-6.6	-7.8	-6.3	-10.8	-7.74
mars	-2.5	-7.5	-9.4	-4.3	-5.8	-5.2	-4.8	-3.6	-4.2	-5.5	-5.39
avr	-4.2	-2.1	-4.4	-3.2	-5	-2.2	-1.8	-3.3	-2.9	-3.9	-3.31
mai	2.9	0.1	-0.2	0.6	2.4	3.8	2.7	2.6	-0.9	1.3	1.5
juin	4.4	2.2	4.8	4	4.6	5.1	4.5	1.2	5.4	6.9	4.51
juil	8.9	6.6	6.6	7.3	6	8.6	3.8	5.3	6.9	6.4	6.76
août	8.2	5.1	4.8	6.9	3	8.4	6.5	6.9	4.7	10.2	6.57
sept	1.1	2.3	2.9	4.8	4.1	5.6	4.6	-0.9	0.2	3.5	2.79
oct	-0.9	3.1	-1.2	4		0.1	2	1.8	-1.3	4	-0.73
nov	-1.3	-5.9	-3.2	-3.1	-11.2	-1.1	-3.8	-7.2	-2.4	-3.1	-5.22
dec	-8.1	-6.6	-12.7	-6.6	-10.2	-9.4	-4.5	-14	-4.7	-7.8	-8.46

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES MINIMALES	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	-0.3	-2.3	-2.7	-0.6	-0.8	-1.4	-4	1.2	-4.7	-3.5	-1.25
fév	-0.1	0.8	-1.9	-1.3	-2.7	-2.3	-0.8	-1.3	0.3	-3.7	-1.29
mars	2.6	-1.1	-0.3	0.9	-0.9	1.2	0.5	3.6	2.3	-1.7	0.67
avr	3.4	3.6	3.7	1.8	2.8	3.2	4.5	2.9	2.1	3.3	3.13
mai	8.7	6	6.6	7	8.3	9.7	7.5	8.1	6	7.3	7.32
juin	10.2	7.9	10.4	11	12	8.9	10.8	8.8	10	12.1	10.01
juil	13.7	13.4	11.5	11.3	12.5	12.3	11.4	11.5	11.5	11.8	12.08
août	13.9	12.7	10.7	13.1	11.8	13.1	12.5	12	10.7	13.3	12.38
sept	10.3	8.1	6.3	6.8	9.7	11.2	8.4	7	8.6	6.1	8.65
oct	6.1	8.1	4.9	6.9	5.7	7	6.2	8.6	5.2	5.1	6.38
nov	4.6	3	2.3	2.9	-2.4	0.1	2.4	-0.8	4.1	2.5	1.87
dec	0	0.7	1.9	-0.4	-2.2	-1.7	2	-5.7	0.3	-0.6	-0.57

MAXIMA ABSOLUS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	14.7	14.3	13.7	15.8	14.6	17	18.1	13.9	19.4	15.7	15.66
fév	15.5	17	13	17	20.1	19	17.1	17.1	18.4	13.2	15.34
mars	23.9	18.7	18.1	23.2	19.9	20.6	23.2	22.3	22.2	20.7	21.28
avr	24.1	21.5	21.6	21	24.1	23.2	23.4	20.8	24.1	22.7	22.65
mai	27.4	25.9	25.9	28.9	28.4	28.3	25.2	30	25.2	28.3	27.45
juin	32.6	30.1	30.5	28.8	30.7	30.4	28.7	32.3	34	35	31.31
juil	33.2	33.1	30.5	31.7	33.7	32.6	32.9	32.3	32.1	35	32.71
août	33.4	32.3	29.6	32.3	33.2	32.7	36.2	33.8	31.5	37.5	33.28
sept	27.7	23.5	23.6	28.7	30.3	28.2	28.5	27.5	26.5	28	27.25
oct	23.2	23.4	24.4	28.4	20	22.8	21.4	26.9	22	25.4	23.75
nov	18.9	18.2	18.3	16.3	15.8	19.1	16.2	17	19.5	19.2	18.03
dec	17.6	13.9	14.4	12.9	17.1	13.6	16	15.6	12.8	15.5	15.06

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES MAXIMALES	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	6.2	7.2	10.2	10	9.3	6.8	8.7	9.3	10.5	7.3	8.07
fév	6.2	11.7	7.3	12.3	13.8	8.4	11.8	11.1	11.6	7.6	10.48
mars	17.1	11.3	11.5	17.2	14.2	13.7	14.2	14.5	15.2	15.1	14.4
avr	13.1	16.3	16.3	16.8	13.8	15.5	15.8	14.7	17	16.5	15.58
mai	20.8	19.4	19.3	21.4	21.2	22.4	22	21.2	19.9	22.4	20.9
juin	24.8	23.1	24.2	22.7	24.6	24.1	25.7	24.5	26.4	30.8	25.07
juil	30	29.2	25.5	25.8	26.4	27.9	25.1	27.1	27.2	29.9	27.61
août	29.1	26.1	24.5	27.8	28	27.2	29.1	28.1	26.1	32.5	27.85
sept	20.5	19.5	19.2	24.7	21.3	23.4	23.7	20.2	20.5	22.7	21.57
oct	17.3	16.7	19.7	18.9	16.2	19	19.8	20.8	18.1	15.4	17.79
nov	14.7	12.9	10.8	14	9.8	10.3	11.3	12	13.1	13.8	12.11
dec	10.3	9.3	9.3	9.3	9	7.7	10.7	8	10	9.5	9.31

Températures à Aurel (725 m)

(Moyennes mensuelles des extrema, et extrema mensuels absolus (°C) sur le poste météorologique d'Aurel sur la période 1994-2003)

MINIMA ABSOLUS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	-6,5	-10	-7	-6,5	-7	-6	-10	-4,5	-9	-11	-8,19
fév	-7,5	-5	-7	-6,5	-8	-12	-7	-7,5	-2,5	-6,5	-7,49
mars	-3	-7	-7,5	-4	-5	-9	-5	-9	-3,5	-4	-5,3
avr	-3,5	-2	-2,5	-3	-5	-2,5	-2,5	-2	-2	-1	-2,6
mai	2	-1	-0,5	0,5	2	2	4	4,5	2	4	-1,72
juin	5,5	3	6	3,5	4	3,5	2,5	2,5	6,5	10	4,94
juil	10	9	6,5	6	9	6,5	2,5	7	4,5	8,5	6,96
aoû	6,5	7,5	6,5	8	4	7	4	6,5	7	11	7
sept	4	1,5	0	4	6	9	4	1	2,5	3	3,1
oct	-0,5	3,5	-1,5	-5,5	1,5	0	2	4	-1	-2,5	0
nov	-2,5	-5	-3	-2,5	-11	-7	-4	-9	-1,5	-2	-4,65
dec	-7	-5,5	-14,5	-5	-8,5	-6,5	-3,5	-12	-4,5	-7	-7,4

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES MINIMALES	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	0,4	-0,9	1,6	-1,6	-0,5	-1,6	-3,3	1,3	-3,4	-1,4	-0,94
fév	0,6	1,8	-1,8	-1,4	-2,6	-1,7	-0,8	0,6	1,8	-2	-0,65
mars	3,4	-1,4	0,6	1,6	0,4	0,4	1,3	3,8	2,9	0,2	1,32
avr	2,8	3,7	4,3	2,4	1,6	3,4	3,1	4	4,3	4,2	3,36
mai	7,7	5,6	5,6	5,9	6,2	7,6		9,1	6,7	6,4	7
juin	10,3	7,6	10,5	10,3	9,5	8,5		10,2	10,2	13,6	10,06
juil	13,4	12,6	10,8	11,3	13,3	11,5	10,4	11,7	11,5	12,8	11,99
aoû	12,9	13	10,2	11,6	12,7	11,8	11,4	12,2	11,7	13,6	12,11
sept	9,2	7,8	6,5	7,6	10,1	9,8	6,5	8,7	9,3	8,6	8,61
oct	5,7	7,7	5,4	6,9	6,6	7,2	6,1	6,9	5,9	6,3	6,67
nov	3,9	4	1,7	2,6	-0,3	1,1	2,2	1,8	4,4	3,6	2,49
dec	1,1	0,1	0,5	0,9	-1,3	-0,6	2,1	-3,4	1,6	0,3	0,13

MAXIMA ABSOLUS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	14	12	13	13	14	16	16,5	13	16	14,5	14,4
fév	15	16,5	14,5	17	19	14	16	19	17,5	12,5	16,3
mars	23,5	19	19,5	23	19	20,5	21,5	23	20,5	26	20,66
avr	22,5	21	21	20,5	21,5	21,5	22	20	23	22,5	21,56
mai	25,5	26	26	29	27,5	26,5		29,5	26,5	26	26,89
juin	32,5	28	29,5	29	31	28,5		32	32,5	36	30,89
juil	32,5	32	31	31	33,5	32,5	30,5	32	30,5	35	32,09
aoû	32,5	30	29	31	33,5	31,5	35	33	31,5	37	32,4
sept	26	24	24	27,5	29,5	29,5	26	26,5	24	27	26,6
oct	23	25,5	22	27,5	22	23	21	26,5	21	25,5	23,7
nov	18,5	19	20,5	16,5	16,5	20	16	17,5	18	19	18,06
dec	20	12,5	12	15,5	19	15,5	14,5	15	13	15,5	15,25

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES MAXIMALES	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	6,9	6	8,5	7,8	8,3	7,6	8,4	8,1	9	6,3	7,88
fév	7,6	10,6	6,4	11,9	13,6	7,1	10,9	11	9,7	6,5	9,93
mars	16,4	10,4	11,3	17,3	12,7	11,8	12,9	13,6	13,6	14,2	13,42
avr	11,5	14,9	15,3	16,5	11,6	14,3	14,1	14,2	15,7	15,9	14,36
mai	19,4	18,1	19	20,9	20,2	21,2		20,4	17,4	21,7	19,81
juin	24,1	21,3	23,4	22,2	24,3	22,9		24,2	25,3	30,4	24,23
juil	29,3	27,9	24,8	25,3	26,7	27,3	23,5	26,5	26,2	29,8	26,56
aoû	27,6	25,3	24	26,3	27,7	26	27,8	28,7	24,9	31,8	26,99
sept	18,9	19,8	18,9	24,3	20,8	22,5	22,9	18,4	18,8	21,6	20,79
oct	16,4	19,6	16	16	15,9	17,5	15,5	20,2	16,6	15,1	17,07
nov	13,2	12,2	8,9	11,9	9,6	10	9,5	12	11,8	13,3	11,24
dec	9,5	7,8	7,2	8,5	8	7,6	9,3	6,9	9,1	6,7	8,26

Températures à Séderon (814 m)

(Moyennes mensuelles des extrema, et extrema mensuels absolus (°C) sur le poste météorologique de Séderon sur la période 1994-2003)

MINIMA ABSOLUS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	-11.8	-15.8	-8.8	-11.3	-10.7	-15.2	-13.8	-11	-15.8	-18.8	-13.38
fév	-10.8	-8.3	-11.4	-8.2	-11.8	-14.8	-8.8	-11.4	-8.8	-15.4	-11.35
mars	-5.8	-11.1	-12.1	-8.2	-10.8	-8.4	-8.8	-7.9	-7.7	-8.2	-8.83
avr	-7.3	-4.2	-7.8	-8.8	-6.3	-6.9	-5.1	-5.8	-4.8	-7	-6.03
mai	-1	-3.3	-2.2	-1.7	-3.3	0.8	0	0.2	-2.1	-1.5	-1.41
juin	2	-0.4	1.7	1.3	0.8	1.2	2.2	1.5	3.2	7.1	3.78
juil	5.7	8.8	3.2	4	3.1	4.8	1.5	2.3	3.8	4.3	3.96
aoû	6.5	2.1	1.8	5.8	0.8	4.8	3.5	4.7	2.4	7.1	3.81
sept	-1.8	-1.9	-0.8	0.8	-0.3	2.8	1.8	-3.5	-2.1	0.8	-0.4
oct	-2.9	-2	-4.7	-8.9	-3.1	-4.2	-1.4	0.2	-3.5	-6.8	-3.73
nov	-5.1	-10.3	-5.1	-6.8	-14.4	-16.1	-6.8	-10.1	-5.4	-5.7	-8.88
dec	-11.5	-10.5	-20	-10.7	-15	-13.3	-9.9	-17.2	-7.7	-11.7	-12.75

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES MINIMALES	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	-3.1	-5.2	-0.8	-3.5	-4.3	-4.9	-8	-1.4	-8.1	-7.3	-4.64
fév	-2.7	-2	-5	-3.7	-5.8	-4.8	-3.5	-3.8	-1.5	-6.1	-3.87
mars	-0.8	-3	-3.8	-2.9	-4	-1.8	-2.3	1.4	-0.3	-5.2	-2.18
avr	0.4	0.8	0.5	-0.7	1	0.9	1.8	1.2	0.4	0.7	0.88
mai	5.5	3.4	3.9	4.4	3.4	8.5	5.3	8	4.6	5.2	4.82
juin	7.1	5.2	7.3	8.5	7.5	8.3	8.3	7.1	8.2	9.4	7.49
juil	10.8	10.4	8.7	8.8	10.2	8.5	9	8.8	8.3	10	9.83
aoû	10.7	8.8	8.3	10.5	8.4	10.2	8.2	8.7	8.7	11.2	9.78
sept	7.9	5.5	3.8	5.4	7.3	8	5.1	5.4	6.2	5.8	6.12
oct	3.7	4.8	2.1	4.1	3.4	4.1	4.1	5.8	3.5	3	3.86
nov	1.7	-0.4	0.5	0.1	-5.5	-3.4	0.5	-2.7	2.6	0.1	-0.85
dec	-2.8	-2.4	-1.4	-3.1	-5.6	-4.5	-0.5	-8.1	-1.7	-2.7	-3.28

MAXIMA ABSOLUS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	14	14.5	13.8	15	14.3	15.7	18.5	11.4	18.3	13.5	14.7
fév	15.3	16.9	14	16.8	21.4	14.5	17.5	18.2	18.2	11.8	16.44
mars	23.8	19.5	21.2	22.8	19.8	19.9	23.4	23.1	21.5	20.7	21.88
avr	24.3	23.1	20.2	21.2	23.3	22.8	22.6	19.3	23.2	22.7	22.25
mai	27.1	25.8	25.8	28.4	27.1	27.4	24.9	30	25.8	27.3	26.96
juin	32	30.5	29.8	28.4	30.1	29.8	28.2	32.1	33	34.1	30.78
juil	33.7	32.4	31.8	30.1	32.2	31.8	31.5	32.8	31.2	33.1	32.02
aoû	34.8	30.8	28.8	32.5	32.8	31.8	35.4	35	30.4	35.8	32.78
sept	28.4	23.7	23.8	29.4	29.8	29.2	28	26	25.4	26.7	27.15
oct	23.8	25.3	22.8	28.2	21.4	21.8	22.7	25.8	22	25.4	23.91
nov	20.3	19.8	21.4	18.3	18.5	19.4	15.5	17.8	18.7	19.3	18.88
dec	17	13	13.5	13.5	19.2	13.1	14.8	14.3	14.1	14.1	14.64

MOYENNES MENSUELLES DES TEMPERATURES MAXIMALES	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Moyennes mensuelles de 1994 à 2003
jan	8.5	6.2	8.8	8.7	8.5	7.8	7.8	7.7	8.5	8	7.95
fév	8.8	11.2	8.5	12.4	14.5	7.2	11.4	11	10.8	8.7	10.03
mars	17.4	11	11.7	17.4	14.3	12.9	13.7	13.8	14.4	19.1	14.18
avr	12.5	16.3	15.8	16.8	12.8	14.7	15.1	14.1	16.4	15.8	15.03
mai	20.8	18	18.8	20.8	20.2	22.3	21.9	20.8	18.4	22	20.5
juin	24.4	20.1	23.8	24.1	24.1	23.4	25	24.2	26.2	28.8	24.62
juil	28.8	28.7	25.2	25.2	27.8	27.1	24.2	28.8	26.4	28.2	27.03
aoû	29.8	25.4	24.1	27.5	27.3	27.1	28	28.3	25	31.1	27.44
sept	19.8	19.3	19.4	25.9	20.4	23.3	23.5	19.8	20.1	22.1	21.37
oct	17.3	20.3	19.4	19	16	17.4	16.8	20.5	17.4	14.7	17.88
nov	15	11.7	8.8	12.3	8.1	9.5	10.3	11.4	11.8	12.4	11.35
dec	9.9	7.8	8.1	8.2	7.9	6.5	9.1	7	8.8	8.4	8.18

Températures : Comparaison entre Savoillan et Aurel

