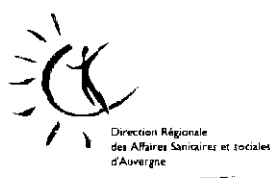


Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine des sites thermaux en Auvergne. Site de Royat – Chamalières (63)

BRGM/RP-52195-FR
Février 2003

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2002-ETM-102

C. Bertin
Avec la collaboration de
D. Rouzaire P. Vigouroux & M. Loizeau



Mots clés : Eau minérale, eau potable, ressource, qualité, environnement

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

C. Bertin, D. Rouzaire, P. Vigouroux, M. Loizeau (février 2003) – Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine des sites thermaux en Auvergne – Site de Royat – Chamalières (63) – Rap. BRGM RP 52195-FR, 99 pages, 16 figures, 10 tableaux, 13 photos et 10 annexes

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La présente étude a été réalisée dans le cadre du contrat de plan Etat-Région 2000-2006 pour l'Auvergne : thème 3 "Ressources en eau minérale". Son contenu est défini par la convention Etat-BRGM intitulée "Pour la mise en œuvre d'un programme d'amélioration de la connaissance des ressources en eau minérale en vue d'évaluer leurs potentialités d'exploitation dans les stations thermales", signée le 27 décembre 2001.

L'objet du programme d'étude concerne, pour chacune des stations thermales de la région Auvergne, les points suivants :

- Compilation et synthèse des informations disponibles sur les caractéristiques des ressources en eau souterraine (aspects quantitatif et qualitatif, localisation, protection),
- Evaluation des potentialités d'exploitation de ces ressources (eaux thermales¹ et eaux potables),
- Formulation de recommandations en vue d'optimiser l'exploitation et la gestion du patrimoine "eau souterraine" local.

Le présent rapport concerne les résultats de l'étude pour le site de Royat-Chamalières dans le Puy-de-Dôme. La synthèse des données recueillies pour ce site permet de préciser les points principaux suivants :

Concernant les eaux thermales :

Le bilan des ressources permet d'évaluer un volume global disponible d'e 120 m³/h au droit de l'établissement thermal, et des besoins en période de pointe, quasiment du même ordre, environ 126 m³/h.

Les installations de stockage permettent très largement, de satisfaire les besoins.

On observe une dérive préoccupante de la physico-chimie de l'eau du puits César

Concernant les eaux potables :

La ressource en eau potable est essentiellement d'origine volcanique.

Les débits captés permettent de satisfaire amplement les besoins en période de pointe.

Dans le secteur où sont implantés les captages, l'aquifère est relativement vulnérable car les échanges avec le milieu extérieur, se font de manière relativement rapide.

Les villages et quartiers excentrés de Royat sont alimentés par le SIAEP de Beaumont-Ceyrat-St-Genes-Champanelle.

Recommandations :

Il est conseillé d'améliorer le suivi des ressources en eau thermale, par la mise en place d'équipements adaptés (débit, température, conductivité, niveaux).

Ce suivi permettra d'évaluer l'incidence de l'exploitation des ouvrages les uns par rapport aux autres mais surtout vis à vis de Grottes Rouges.

Il est recommandé d'achever la mise en place, des périmètres de protection réglementaire des ouvrages d'AEP.

Sommaire

1. Introduction.....	9
2. Le site de Royat	11
2.1. Présentation générale de la commune	11
2.2. Contexte géographique et climatique	11
2.3. Données sommaires sur l'activité thermique.....	13
3. Les eaux minérales de Royat-Chamalières.....	15
3.1. Historique de l'exploitation des Eaux Minérales de Royat-Chamalières	15
3.2. Situation administrative	16
3.3. Description des sources d'eaux minérales.....	18
3.4. Caractéristiques des sources de l'établissement thermal.....	32
3.5. Contextes géologique et hydrogéologique.....	40
4. L'alimentation en eau potable.....	45
4.1. Les ressources et leur mode de gestion	45
4.2. Contexte géologique et hydrogéologique	47
4.3. Contexte environnemental et vulnérabilité des ressources	48
4.4. Aspects qualitatif et quantitatif	49
4.5. Recommandations	50
5. Contexte environnemental à l'échelle de la commune	51
5.1. Ordures ménagères et encombrants	51
5.2. Assainissement collectif et individuel.....	51
5.3. Autres activités potentiellement polluantes	51
6. Conclusions	53
6.1. Ressources en eau thermique.....	53
6.2. Ressources en eau potable	54
6.3. Environnement	54

Liste des figures

Fig 1 - Localisation de la commune de Royat	56
Fig 2 - Situation géographique	57
Fig 3 - Localisation topographique de	58
Fig 4 - Evolution de la fréquentation de l'ensemble des stations thermales d'Auvergne et de la station de Royat de 1994 à 2001	59
Fig 5 - Localisation des sources de l'établissement thermal et du périmètre de protection de la source Eugénie	60
Fig. 6 - Localisation des sources minérales de Royat-Chamalières	61
Fig. 7 - Implantation des sources de l'établissement thermal	62
Fig. 8 - Schéma simplifié du circuit des eaux minérales et du gaz des thermes de Royat-Chamalières	19
Fig. 9 - Diagramme de Piper pour les sources minérales de Royat-Chamalières	63
Fig. 10 - Evolution de la conductivité des sources de 1973 à 2002	33
Fig. 11 - Evolution de la température des sources de 1973 à 2002	34
Fig. 12 - Evolution de la température et de la conductivité de la source César de 1960 à 2002	35
Fig. 13a - Evolution de la concentration en chlorures de 1961 à 2002 pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits	64
Fig. 13b - Evolution de la concentration en bicarbonates de 1961 à 2002 pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits	64
Fig. 13c - Evolution de la concentration en sodium de 1961 à 2002 pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits	65
Fig. 14 - Evolution de la concentration en lithium de 1961 à 2002 pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits	66
Fig. 15 - Extrait de la carte géologique de Clermont-Ferrand (1/50 000)	67
Fig. 16 - Coupe géologique schématique Ouest-Est	68

Liste des graphiques

Graph. 1 : Précipitations moyennes annuelles sur Clermont-Fd de 1997 à 2001	12
Graph. 2 : Températures moyennes annuelles sur Clermont-Fd de 1997 à 2001 (données MétéoFrance)	12

Liste des tableaux

Tab. 1 : Fréquentation pour la région Auvergne et la station thermale de Royat-Chamalières sur la période 1994 à 2001	14
Tab. 2 : Situation administrative des sources minérales de la station thermale	17
Tab. 3 : Concentrations en bicarbonates, chlorures, sulfates, magnésium, calcium et sodium de la source des Roches (Boineau et Maisonneuve, 1971)	28
Tab. 4 : Teneurs en sels dissous des eaux minérales	32
Tab. 5 : Conductivité de référence pour les sources de Royat-Chamalières. (Inventaire des sources des annales des Mines 1998)	33
Tab. 6 : Températures de référence des sources (exprimées en °C)	35
Tab. 7 : Concentrations en CO ₂ dissous (en % volume) mesurées en 1985, sur les sources Auraline, Eugénie, St-Mart et César	36
Tab. 8 : Teneurs en tritium des sources minérales de la station thermale	38
Tab 9 : Volumes d'eau consommés par l'établissement thermal en 1993, 1994 et 2002	39
Tab. 10 : Débits d'exploitation des sources	39

Liste des photos

Photo 1 - Etablissement thermal de Royat-Chamalières et buvette Eugénie	13
Photo 2 - Ancienne piscine gallo-romaine	15
Photo 3 - Tête du puits Eugénie	20
Photo 4 - Construction protégeant le forage César	21
Photo 5 - Tête de forage de la source Auraline protégé par un périmètre sanitaire d'émergence	22
Photo 6 - Tôle métallique surmontant le puits Saint-Mart	23
Photo 7 - Tête du forage Eugénie	25
Photo 8 - Tête du forage Grottes Rouges	26
Photo 9 - Puits Saint Victor	27
Photo 10 - Villa Fonleix	30
Photo 11 - Immeuble abritant la source Dumas	31
Photo 12 - Infrastructure protégeant le captage de Bonnefont	45
Photo 13 - Infrastructure protégeant le captage de Marpont	46

Liste des annexes

Ann. 1 - Lexique et abréviations employées dans le texte	71
Ann.2 - Bibliographie sur les ressources en eau de la station thermique de Royat- Chamalières (63)	73
Ann.3 - Schéma du puits Eugénie	80
Ann. 4 - Coupe technique du forage César	82
Ann.5 - Coupes géologique et technique du forage Auraline	84
Ann.6 - Coupe technique du puits Saint-Mart	86
Ann. 7 - Coupes géologique et technique du forage Eugénie	88
Ann. 8 - Coupes géologique et technique du forage Grottes Rouges	90
Ann. 9 - Analyses physico-chimique des émergences thermales	92
Ann. 10 - Analyses aux captages BONNEFONT et MARPON	98

1. Introduction

La présente étude est réalisée dans le cadre de l'article 17, thème 3 "Ressources en eau minérale" du contrat de plan Etat-Région 2000-2006 pour l'Auvergne.

Pour le BRGM, l'étude est définie par la convention Etat-BRGM intitulée "Pour la mise en œuvre d'un programme d'amélioration de la connaissance des ressources en eau minérale en vue d'évaluer leurs potentialités d'exploitation dans les stations thermales". Cette convention est datée du 27/12/2001.

L'étude a été conduite par le BRGM, Service Géologique Régional Auvergne avec l'appui de ses départements thématiques, dans le cadre sa mission de service public (Projet 02-ETM-102).

Le suivi du projet a été assuré par un comité de pilotage comprenant des représentants des services de l'Etat (DRIRE, SGAR et DRASS) ainsi que Thermauvergne.

L'objet du programme d'étude, tel que défini par la convention (article 2) concerne :

- la compilation et la synthèse de l'ensemble des informations disponibles sur les caractéristiques quantitatives, qualitatives et géographiques des ressources en eau minérale des 10 stations thermales auvergnates (figure 1),
- l'évaluation des potentialités d'exploitation de ces gisements hydrothermaux,
- la formulation de recommandations en vue d'optimiser la gestion de ce patrimoine local.

Le présent rapport concerne la présentation des résultats de l'étude pour la station thermale de Royat-Chamalières.

Remerciements :

Les investigations de terrain et les recherches bibliographiques ont été grandement facilité par l'accueil reçu auprès des différents services de l'Etat (DRIRE et DRASS - Auvergne, DDASS 63), de Thermauvergne, de l'établissement Thermal (en particulier M. Giraud et Mme Albessard), de la mairie de Royat (M. Mathevet), de la société Lyonnaise des Eaux, de la mairie de Chamalières (M. Bottier); et de M. Astier (propriétaire de la source Fonteix).

Nota : La liste des abréviations et symboles utilisés dans le rapport est présentée en annexe 1.

2. Le site de Royat-Chamalières

2.1. PRESENTATION GENERALE DE LA COMMUNE DE ROYAT

La commune de Royat est située au centre du département du Puy-de-Dôme (région Auvergne), à 5 km environ au Sud-Ouest de Clermont-Ferrand.

On accède à Royat (figure 2) depuis

- l'Ouest, à partir de l'autoroute A 75 (Montpellier) ou A71 (Paris), sortie Clermont-ferrand puis Chamalières.
- l'Est, à partir la route nationale n° 89 (dite de Bordeaux), en empruntant la route départementale n° 941a, puis la RD 68.

La commune de Royat est peu étendue (662 ha). Elle est traversée par une vallée encaissée (vallée de la Tiretaine) ouverte vers l'Est, où se concentre essentiellement la population.

En 1999, Royat comptait 4 658 habitants permanents. Durant les périodes estivales, la population peut atteindre 7 000 à 7 500 personnes.

La station thermale est située aux portes du Parc Régional des Volcans d'Auvergne.

2.2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

La Commune de Royat est localisée sur la bordure occidentale du fossé d'effondrement supportant la Limagne de Clermont-Ferrand (figure 3).

La majeure partie du territoire de la Commune est située sur l'ancien plateau granitique des Dômes, compris entre 600 et 900 m d'altitude. Le point culminant (904 m) est un ancien édifice volcanique "puy de Charade".

La partie orientale de la Commune, où sont implantés la ville et l'établissement thermal, a une altitude plus faible (de l'ordre de 450 m).

La vallée de la Tiretaine, très encaissée dans la ville de Royat, traverse le Nord de la Commune d'Ouest en Est.

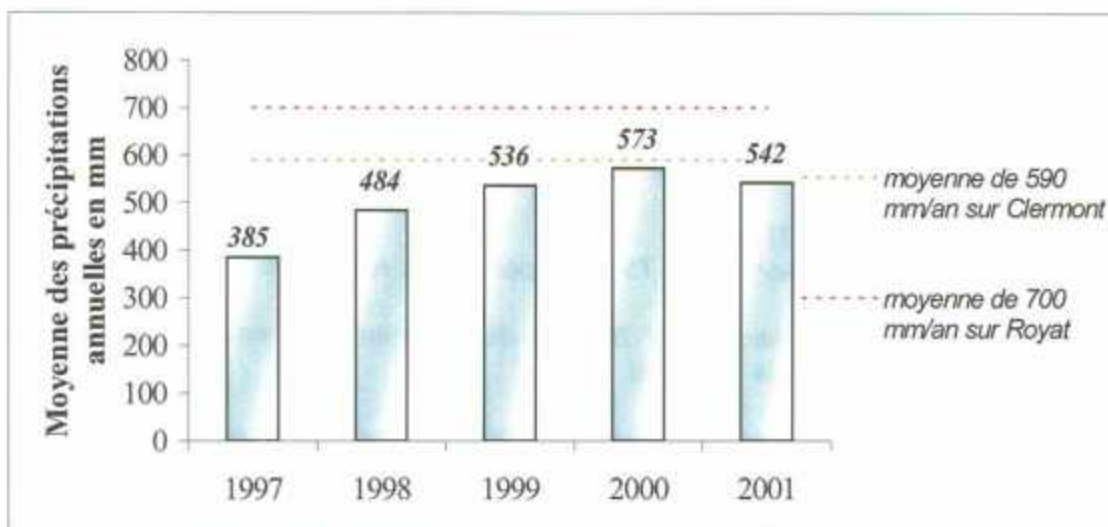
Le département du Puy-de-Dôme, est soumis à des précipitations dissymétriques entre l'Ouest, sous influence océanique, et l'Est, sous influence continentale.

La chaîne des Puys fait office de "barrière climatique". L'effet de Föhn qui se produit à son niveau provoque un déficit de précipitations sur la Limagne.

Les précipitations météoriques sont le moteur déterminant de l'infiltration, et par suite, des écoulements souterrains.

Elles sont en moyenne de 700 mm/an sur Royat. (graphique 1 - données Météo-France).

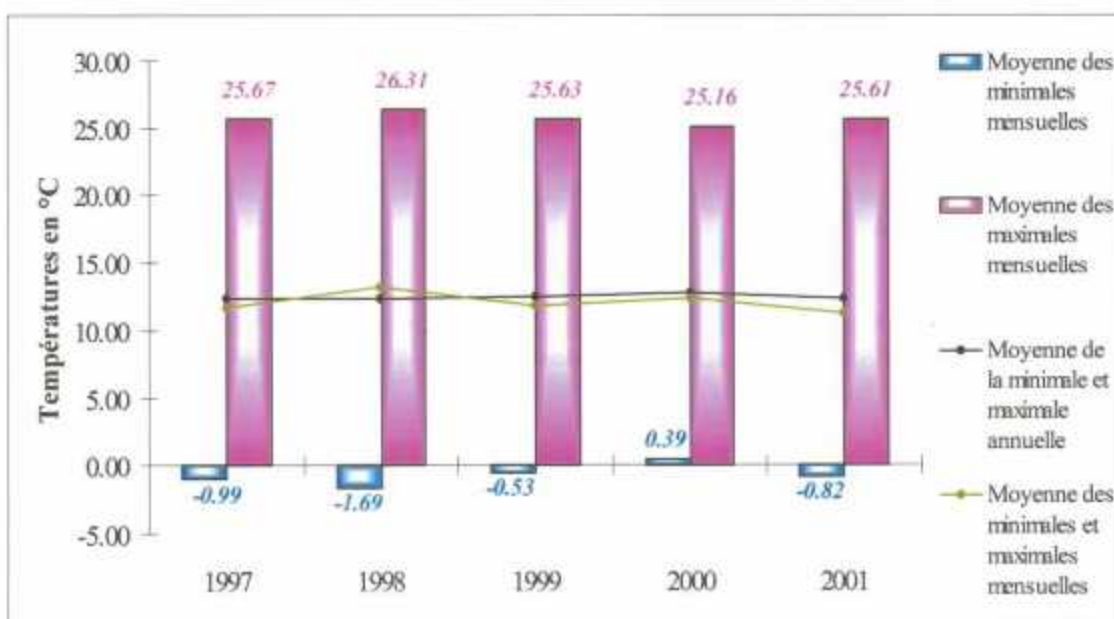
Cette valeur est inférieure aux moyennes enregistrées sur les versants les plus arrosés du massif du Sancy sous influence océanique (jusqu'à 1 800 mm/an au Mont-Dore) mais, elle supérieure aux données des secteurs de plaine sous influence continentale (590 mm/an sur Clermont-Ferrand).



Graphique1 : Précipitations moyennes annuelles sur Clermont-Fd de 1997 à 2001

Les précipitations (pluvieuses et neigeuses) sur les plateaux de Royat, participent à des écoulements retardés, bénéfiques pour la recharge des nappes superficielles et pour le soutien d'étiage des cours d'eau.

La moyenne annuelle des températures est plutôt froide, environ 12°C (graphique 2)



Cette valeur confirme le caractère continental et montagneux du climat.

Graphique 2 : Températures moyennes annuelles sur Clermont-Fd de 1997 à 2001(données MétéoFrance)

2.3. DONNEES SOMMAIRES SUR L'ACTIVITE THERMALE

L'établissement thermal localisé au droit de plusieurs émergences d'eau minérale, est géré par la Régie Municipale des Eaux Minérales de Royat.



Photo 1 : Etablissement thermal de Royat-Chamalières et buvette Eugénie

Bien que certaines sources soient localisées sur le territoire de Chamalières, Commune voisine de Royat, l'établissement thermal est propriétaire du foncier.

Le fonctionnement des installations est assuré par une équipe technique, en charge du suivi et de l'exploitation des ressources en eaux minérales, ainsi que du réseau interne à la station.

La saison thermale se déroule de fin mars à fin octobre.

Le nombre de curistes pour les huit dernières années est récapitulé ci-après (données Thermauvergne) :

Années	Région Auvergne				Station thermale de Royat-Chamalières			
	Cures de 18 jours Sécurité Sociale		Cures libres Remises en forme		Cures de 18 jours Sécurité Sociale		Cures libres Remises en forme	
	Nbre de curistes	Nbre de journées	Nbre de curistes	Nbre de journées	Nbre de curistes	Nbre de journées	Nbre de curistes	Nbre de journées
1994	83 998	1 511 964	7 990		17 245	309 614	642	8 679
1995	77 735	1 399 230	7 737		15 441	276 924	611	7 535
1996	70 901	1 276 218	8 180		14 113	253 106	641	7 246
1997	64 845	1 167 210	7 601		12 846	230 369	1 060	11 554
1998	62 001	1 116 018	9 564	55 533	12 337	220 797	839	8 833
1999	60 511	1 089 198	10 229	59 487	11 649	208 602	955	9 353
2000	57 358	1 032 444	10 674	56 863	10 950	195 974	1 062	7 454
2001	55 113	992 034	12 756	53 594	10 313	184 675	963	6 854

Tab. 1 : Fréquentation pour la région Auvergne et la station thermale de Royat-Chamalières sur la période 1994 à 2001

Ces chiffres mettent en évidence une baisse significative de fréquentation pour les cures classiques (18 jours), tant au niveau régional (-34 %) qu'au niveau de la station de Royat-Chamalières (-40%) (figure 4).

Cette baisse est légèrement compensée par les journées libres "à la carte" incluant les cures libres, les séjours santé et les remises en forme

Les différents usages de l'eau :

Les principales indications ou orientations thérapeutiques actuelles de l'établissement thermal prises en charge par la Sécurité Sociale, sont les maladies cardio-artérielles et la rhumatologie.

- maladies cardio-artérielles :
 - artériopathie : artérite des membres inférieurs
 - maladie de Raynaud : troubles circulatoires des extrémités, isolés ou dans le cadre de la sclérodémie,
 - ulcères artério-veineux ou retard de cicatrisation,
- rhumatologie :
 - arthrose
 - traumatologie : séquelles de traumatismes ostéo-articulaires.

Les soins correspondant à toutes ces indications sont les suivants :

- administration du gaz thermal : bain de gaz sec général ou local, bain carbogazeux, injections sous cutanées, douche de gaz thermal, jets de vapeur thermale,
- balnéothérapie : douche générale au jet, douche locale, douche spéciale pour artérite, bain de jambes en eau carbogazeuse à 28°C, aërobain, bain avec douche en immersion,
- balnéothérapie active : couloir de marche à contre-courant, piscine de mobilisation,
- cure de boisson,
- applications locales de boue thermale.

3. Les eaux minérales de Royat-Chamalières

Une bibliographie la plus exhaustive possible, a été réalisée sur le site de Royat (annexe 2).

3.1. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DES EAUX MINÉRALES DE ROYAT-CHAMALIÈRES

Des traces d'une occupation du site antérieure à la conquête romaine, laissent penser que les thermes ont été connus et fréquentés bien avant l'invasion romaine. Ce sont cependant ces derniers, qui ont donné à Royat une consécration hydrologique. Les vestiges actuels des thermes du I^{er} siècle sont assez modestes. On sait qu'il existait, près de la source St Victor, trois grandes piscines : deux remplies d'eau chaude et une d'eau froide branchée sur le canal de Fontanas (Commune d'Orcines) à Augusto-Nemetum (ancien nom de Clermont-Ferrand).



Photo 2 : Ancienne piscine gallo-romaine

Après une période de prospérité, les thermes ont été saccagés par les hordes de sauvages qui parcoururent la Gaule du III au V siècle.

En 1650 le collège de Médecine de Clermont-Ferrand tente de restaurer les bains St-Mart.

En 1734, Chomel signale que les bains voûtés attirent de nombreux baigneurs.

En 1735, une trombe inonde Royat et endommage les restes des bains de la source St Mart qui sera reconstruit en 1793.

En 1822, Gerest redécouvre l'émergence de la source César. Huit baignoires et une buvette sont construits en 1835.

En 1843, le Curé de Royat retrouve la source Eugénie (Grande Source). Une autorisation ministérielle d'exploitation est délivrée la même année et un établissement provisoire est construit.

A. Ledru (1^{er} prix de Rome) est chargée de réaliser le bâtiment définitif. Les travaux se déroulent de 1852 à 1853. Les nouveaux thermes comprennent des bains, des cabinets de douche d'eau chaude ou de vapeur et des salles d'aspiration. Ils sont alors fréquentés par 1400 à 1500 malades et 40 à 50 "indigents".

En 1857, le Conseil Municipal de la commune de Royat sollicite une DIP et un PP pour la source de Eugénie. Les demandes sont accordées respectivement, en 1860 et 1880.

Le rapport des Mines concernant ces requêtes précise que la source Saint-Mart appartient à un particulier qui a tout loisir pour l'exploiter et alimenter 3 salles de bains en bas de son jardin. L'établissement thermal des Bains de César appartient également à un particulier.

En 1930 des travaux sont entrepris sur le puits St Mart : réaménagement intérieur du puits et édification d'une construction extérieure.

Des travaux ont été réalisés sur les sources Eugénie (1957-60) et César (1970-71).

L'établissement thermal est agrandi en 1960 et au début des années 80.

Lors des travaux de fondation du nouvel établissement thermal, une petite source a été mise en évidence en 1980.

Un forage (forage Auraline) sera réalisé à proximité de celle-ci et sera équipé en 1983-84.

En 1990, une prospection des anomalies en CO₂ du sol, a été conduite afin déterminer des secteurs favorables à l'implantation de nouveaux ouvrages.

Ces recherches ont permis l'installation, en 1992, des forages Eugénie et Grottes Rouges.

3.2. SITUATION ADMINISTRATIVE

3.2.1. Rappel sur la réglementation

L'instruction des demandes d'autorisation d'exploiter sont instruites au niveau départemental par les différentes administrations en charge de l'application des réglementations en cours (DRIRE, DDASS). Un rapport est présenté au Conseil Départemental d'Hygiène (CDH).

Les autorisations sont accordées par Arrêté Ministériel (décret Ministériel n° 57-404 du 28 mars 1957 modifié):

- Arrêté Ministériel d'Autorisation d'exploiter à l'émergence (AMA)
- Arrêté Ministériel d'Autorisation d'exploiter après transport à distance
- Arrêté Ministériel d'Autorisation d'exploiter après certains traitement ou mélanges

La protection de la source au point d'émergence, est assurée par un périmètre sanitaire d'émergence (PSE) défini par l' AMA.

Les eaux minérales peuvent être déclarées d'Intérêt Public (DIP) par Décret du Conseil d'Etat (Décret du 8 septembre 1956). Cette procédure n'est pas obligatoire.

Une source qui bénéficie d'une DIP peut éventuellement disposer d'un Décret instituant un Périmètre de Protection (DPP) où certaines activités peuvent être réglementées ou soumises à autorisation spéciale.

Ce périmètre de protection n'est pas obligatoire car les sources minérales sont réputées "naturellement protégées".

3.2.2. La station thermale de Royat-Chamalières.

Le tableau suivant tableau 2, est extrait de l'inventaire des sources des Annales des Mines paru en 1998.

Nom de la source	Commune d'implantation	AMA	DIP	DPP	Type d'exploitation	Nature de l'ouvrage
Puits Eugénie	Royat	15/12/1843	8/12/1860	26/2/1880	thermalisme	Puits
Grottes Rouges	Royat				non exploité	Forage
César	Royal	12/12/1878			thermalisme	Forage
Auraline	Chamalières				thermalisme	Forage
Saint Mart	Chamalières	25/06/1877			thermalisme	Puits
Saint Victor	Chamalières	25/06/1877			non exploité	Puits à drains
Les roches	Chamalières	31/08/1858			non exploitée	Source non aménagée

Tab. 2 : Situation administrative des sources minérales de la station thermale

Trois sources d'eaux minérales sont répertoriées sur le territoire de la Commune de Royat et quatre sur la Commune de Chamalières.

Hormis pour les forages Auraline et Grottes Rouges (créés respectivement en 1982 et 1992), on remarque que les sources de la station thermale ont bénéficié très tôt d'autorisations d'exploitation.

Toutefois, seule la source Eugénie dispose d'une Déclaration d'Intérêt Public et d'un périmètre de protection.

Ce dernier, d'une superficie de 28 ha et 90 a, englobe toutes les sources de l'établissement thermal (figure 5).

Afin de régulariser la situation administrative des ouvrages récemment créés et de renouveler les autorisations d'exploiter des anciennes sources, la Régie Municipale des Eaux minérales de Royat a sollicité par délibération datée du 8 juin 1995 :

- l'autorisation d'exploiter à l'émergence les sources Grottes Rouges (Allard), Auraline, Eugénie (Eugénie forage ou Eugénie Nord).
Les ouvrages Eugénie puits et Eugénie forage captant la même source, le premier sera abandonné si l'autorisation d'exploiter est accordée au forage.
- le renouvellement des autorisations d'exploiter les sources César et Saint-Marl
- l'autorisation de les transporter par canalisation.

Le dossier est en cours d'instruction.

3.3. DESCRIPTION DES SOURCES "D'EAUX MINERALES"

Des recherches bibliographiques assorties d'investigations de terrain, ont permis de compléter la liste des six sources répertoriées par les Annales des Mines (figure 6):

Remarque : certaines sources n'ont fait l'objet d'aucune autorisation administrative et ne peuvent donc bénéficier de l'appellation eau minérale.

- **Velléda** (Commune de Royat)
- **Marie-Louise** (Commune de Chamalières)
- **Fonteix** (Commune de Chamalières)
- **Dumas** (Commune de Chamalières)
- **Médecins** (Commune de Chamalières)
- **Moulin Morateur** (Commune de Chamalières)
- **Viaduc** (Commune de Chamalières)
- **Collas et Petit** (Commune de Chamalières)

3.3.1. Sources actuellement exploitées par l'établissement thermal

Actuellement, quatre émergences sont captées pour la crénothérapie dispensée dans l'établissement thermal (figure 7) :

- Eugénie (puits)
- César
- Auraline
- Saint Mart

Les informations présentées, sont issues des dossiers de demande d'autorisation et de renouvellement d'exploiter à l'émergence, déposés en 1995 par l'établissement thermal.

Un schéma simplifié du circuit des eaux minérales et du gaz est fourni sur la figure suivante.

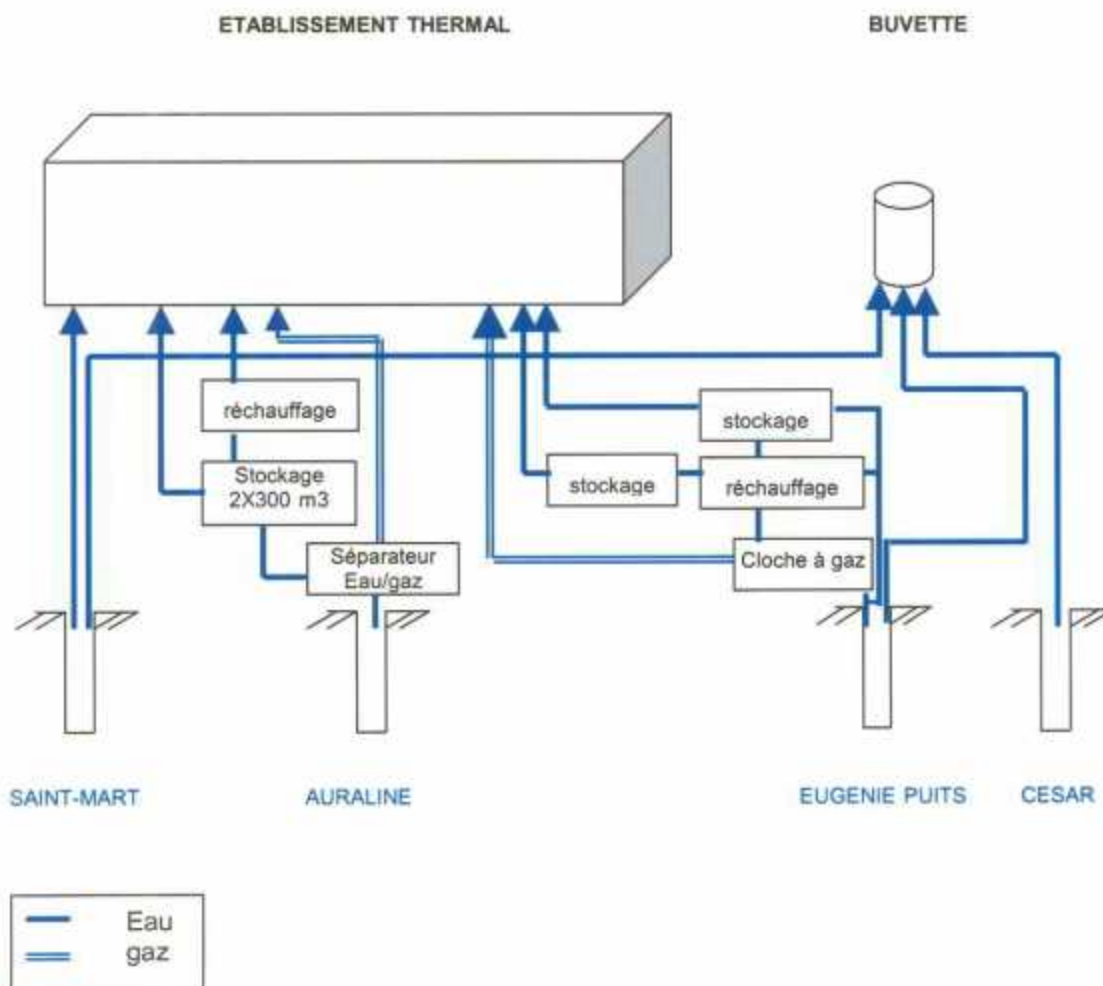


Fig. 8 : schéma simplifié du circuit des eaux minérales et du gaz des thermes de Royat-Chamalières

a) Puits Eugénie

Cette source était aussi connue sous les noms de « source de Royat » ou « Grande Source ».

Code de la Banque de données du Sous-Sol (BSS): 0693-7X-0401

Coordonnées géographiques

X = 656,05km Y = 2 085,50km Z = 470 m (NGF)

La source est située sur la Commune de Royat

Usages

En buvette avant et après réchauffage, pour les soins (bains, O.R.L., couloir de marche).

Caractéristiques techniques

En 1854, la source Eugénie était captée dans un bassin de 5 à 6 m de circonférence.

En 1970-71, l'ouvrage a été approfondi jusqu'à une profondeur de 27.4 m.

Il consiste en un puits cuvelé en acier inoxydable, cimenté de -14.2 à -5.1 m.

A sa base, le cuvelage comporte une cheminée qui favorise la montée du CO₂ vers la cloche d'accumulation tout en isolant l'eau dans une chambre de pompage (voir l'annexe 3 pour plus de détails).



Photo 3 : tête du puits Eugénie

Originellement exploitée par artésianisme, la source est depuis 1961, captée par pompage. Elle reste artésienne hors pompage (30 m³/h)

Depuis 1993, deux pompes immergées permettent d'alimenter la buvette (2 m³/h) et l'établissement thermal (93 m³/h).

La buvette est desservie par un réseau de 18 mètres linéaires.

Les principales caractéristiques physico-chimique (température, conductivité et pH) de la source sont suivies en continu à l'émergence. Un extracteur de gaz permet d'évacuer le CO₂ qui a tendance à stagner près de la tête du puits.

b) César

N° BSS: 0693-6X-0031

Coordonnées géographiques

X = 655,98km Y = 2 085,52 km Z = 465m (NGF)

La source est située sur la Commune de Royat

Usages

L'eau minérale est utilisée uniquement à la buvette.

Caractéristiques techniques.

Des pompages importants pendant l'hiver 1970-71 sur le puits Eugénie ont perturbés durablement le débit de la source César. La baisse du niveau des eaux pouvant favoriser une infiltration d'eaux superficielles, il a décidé d'effectuer des travaux de recaptage. Ils ont été effectués du 9/11/71 au 08/01/72 à l'emplacement du puits initial (6.1 mètres de profondeur) mais l'ancienne venue d'eau n'a pas été recaptée.

Le forage actuel d'une profondeur de 30 m, présente un artésianisme naturel d'un débit supérieur à 1m³/h.

Une colonne de captage constituée d'un tube acier de 300 mm de diamètre et d'une longueur de 11.9 m, crépinée à la base sur 1 mètre, a été mise en place dans l'axe du forage. Elle est noyée dans un béton de ciment sur la quasi totalité de sa partie pleine (environ 10.5 m à partir du sol).

Une coupe technique de l'ouvrage est présentée en annexe 4.



Photo 4 : Construction protégeant le forage César

La buvette, alimentée par pompage direct sur le forage, est desservie par un réseau de 102 mètres linéaires.

c) Auraline

Cet ouvrage a été nommé ROY 101 lors de sa réalisation.
N°BSS : 0693-7X-1299

Coordonnées géographiques

X = 656,05km Y = 2 085,61km Z = 445 m (NGF)

Cette source est implantée sur le territoire de la Commune de Chamalières.

Usages

Après une séparation partielle de l'eau et du gaz, l'eau est utilisée pour les douches générales et locales. Elle aussi peut alimenter le couloir de marche en remplacement d'Eugénie. Le gaz est utilisé pour les soins.

Caractéristiques techniques.

Cette source a été mise en évidence en 1980, lors des travaux de fondations du nouvel établissement thermal.

Les travaux se sont déroulés de mars 1983 à janvier 1984.

Le forage est équipé de tubes inox sur 95 m, dont 25 m de crépine sur trois niveaux de 45.5 à 60.5 m, de 75.5 à 80.5 m et de 85.5 à 90.5 m).

Il est cimenté sur les quarante premiers mètres, à l'extrados du tubage ce qui lui assure une bonne protection sanitaire.

La coupe technique est présentée en annexe 5.



Photo5 : Tête de forage de la source Auraline protégé par un périmètre sanitaire d'émergence

L'eau jaillit naturellement par artésianisme. Le forage est exploité à un débit de 25m³/h. Les principales caractéristiques physico-chimique (température, conductivité et pH) de la source sont suivies en continu à l'émergence.

A noter : une unité de déferrisation a fonctionné jusqu'en 1995. Elle n'est plus utilisée car elle engendrait des contaminations bactériologiques.

d) Saint-Mart

N°BSS : 0693-7X-1049

Coordonnées géographiques

X = 656,06 km Y = 2 085,59 km Z = 445 m (NGF)

La source Saint-Mart est située sur le territoire de la Commune de Chamalières.

Usages

Après transport, l'eau est utilisée en buvette et en soins (bains locaux et généraux, hydroxeurs).

Caractéristiques techniques.

Ce puits a été créé avant 1875.

A la construction du nouvel établissement thermal, il s'est retrouvé dans les sous-sols de celui-ci

D'une profondeur de 6.85 par rapport au sous-sol de l'établissement, il présente une section circulaire de 1.62 m de diamètre sur 3.95 m de profondeur. En deçà, la section devient carrée (1.15 m de côté) sur 2.9 m de hauteur.

Une coupe du puits est présentée en annexe 6.

Les arrivées d'eau se font par la base du puits et sont acheminées à l'aide de deux pompes, vers la buvette (2 m³/h) et vers l'établissement thermal (11 m³/h).



Photo 6 : Tôle métallique surmontant le puits Saint-Mart

La buvette est desservie par un réseau de 157 mètres linéaires.

3.3.2 Sources faisant l'objet d'une demande d'autorisation

En août 1985 et mars 1986, des analyses bactériologiques effectuées au puits Eugénie, se sont avérées non satisfaisantes au regard des exigences de qualité.

L'auscultation du puits a montré que son équipement était en bon état, mais le suivi de la physico-chimie de l'eau a mis en évidence des évolutions en cours de pompage qui suggéraient une certaine vulnérabilité de l'ouvrage.

Afin d'améliorer les conditions sanitaires d'exploitation de la source et, pour accroître la production de la station thermale, la Régie Municipale des Eaux Minérales de Royat a décidé de procéder au recaptage des venues hydrominérales alimentant le puits.

En 1990, une cartographie des teneurs en gaz carbonique des terrains de surface a été effectuée.

Deux forages de reconnaissance ont été implantés dans des zones présentant de fortes concentrations en CO₂.

Ils ont été transformés en forages d'exploitation :

➤ **Eugénie forage.**

➤ **Grottes Rouges.**

a) Forage Eugénie

N°BSS : 0693-7X-1246

Coordonnées géographiques

X = 656,04 km Y = 2 085,51 km Z = 458 m (NGF)

Le forage est implanté sur le territoire de la Commune de Royat, à 10 mètres en aval du puits Eugénie.

Caractéristiques techniques

Les travaux de foration et d'équipement de l'ouvrage se sont déroulés du 18 décembre 1991 au 7 janvier 1992. La coupe technique est présentée en annexe 7

L'ouvrage a une profondeur de 98 mètres.

De 0 à 34.5 m, il est équipé du tube acier de 246 mm de diamètre intérieur et de 10 mm d'épaisseur, avec cimentation sous pression de l'espace annulaire extérieur. Cette cimentation lui permet de bénéficier d'une bonne protection vis à vis des eaux de surface.

De 0 à 96.8 m : colonne d'exploitation (PVC) de 163 mm de diamètre intérieur et de 8.5 mm d'épaisseur. Cette dernière comporte une partie crépinée, de 34.5 à 96.8 m.

Cet ouvrage, en cours d'équipement, sera mis en service lorsque les autorisations réglementaires auront été obtenues. Le puits Eugénie sera alors abandonné.



Photo 7 : tête du forage Eugénie

Des pompages d'essai réalisés en 1993 ont provoqué le décolmatage d'une faille et un changement du régime du forage qui est devenu artésien.
Les essais de détermination de son potentiel ont montré qu'il pouvait être exploité de façon artésienne à 80 m³/h. Des interférences peuvent apparaître sur les sources César et Grottes Rouges.

b) Grottes Rouges

N°BSS : 0693-7X-0105

Coordonnées géographiques

X = 655,95 km Y = 2 085,38 km Z = 465 m (NGF)

Cette source est située sur le territoire de la Commune de Royat.

Caractéristiques techniques.

Les travaux de foration et d'équipement de l'ouvrage se sont déroulés du 8 au 14 janvier 1992.

L'ouvrage a une profondeur de 61.5 mètres.

De 0 à 32.9 m, il est équipé du tube acier de 246 mm de diamètre intérieur et de 10 mm d'épaisseur, avec cimentation sous pression de l'espace annulaire extérieur.

De 0 à 61.5 m : colonne d'exploitation (PVC) de 163 mm de diamètre intérieur et de 8.5 mm d'épaisseur. Cette dernière comporte une partie crépinée de 32.9 à 61.5 m.

La coupe technique est présentée en annexe 8



Photo 8 : Tête du forage Grottes Rouges

Le décolmatage de faille intervenu sur le forage Eugénie, a été observé sur Grottes Rouges. Cette interférence montre que les deux ouvrages captent le même horizon productif.

Le Conseil Départemental d'Hygiène du 6 juin 1995, a proposé que le débit d'exploitation par pompage de Grottes Rouges, soit limité à 25 m³/h en continu (ou 50 m³/h durant 12 heures) en raison de l'interaction avec le forage Eugénie,.

Ce forage devrait alimenter un centre de thermoludisme. Le débit d'exploitation devrait être de 5 m³/h.

3.3.3. Sources non utilisées

a) Saint-Victor

N°BSS : 06937X1050

Coordonnées géographiques

X = 656,11km Y = 2 085,67 km Z = 440 m (NGF)

La source Saint-Victor a été autorisée par l'AMA du 25 juin 1877.

Elle n'est plus utilisée pour les soins, mais ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques sont régulièrement contrôlées par l'établissement thermal.

Elle est située sur la Commune de Chamalières, dans le périmètre de protection de la source Eugénie.

Caractéristiques techniques.

Les eaux minérales de St Victor, découvertes au milieu de vestiges romains, ont été recaptées en 1875, par un puits de quelques mètres de profondeur.

Le débit est de 8m³/h sans charge, et de 0,8m³/h lorsque le puits est plein.



Photo 9 : Puits Saint Victor

b) Les Roches

Cette source a aussi été appelée source de Beaurepaire

N°BSS : 0693-7X-0093

Coordonnées géographiques

X = 657,22 km

Y = 2 086,10 km

Z = 391 m (NGF)

Les eaux minérales des Roches sont connues depuis l'Antiquité, comme en atteste la grande quantité d'ex-voto trouvés lors de deux campagnes de fouilles réalisées lors des travaux de fondation d'un immeuble en 1968.

« ...Les ex-voto étaient entassés dans la cuvette de la source, dont les abords avaient été consolidés par un empierrement qui en facilitait l'accès. L'absence de tout reste de bâtiment à proximité permet de qualifier le site de «sanctuaire de pleine nature». Les sculptures, en hêtre ou en chêne, comprennent plusieurs types. Les plus nombreuses sont des ex-voto de guérison, c'est à dire des parties de corps humains : bassins, yeux, organes internes, bras et surtout jambes... »

(Extrait des commentaires du musée d'archéologie Bargoin de Clermont-Ferrand où sont conservés les ex-voto, site Internet).

La source a été délaissée durant le Moyen-Age.

La littérature fait en suite état de sources qui « ...sourdent naturellement dans le parc du château des Roches jusqu'à la moitié du XIX^{ème} siècle. »

Fin XIX^{ème}, un puits est aménagé à l'intérieur d'un "*bâtiment élégant*" qui permettait de bénéficier d'une certaine protection vis à vis des eaux de surface. Cet ouvrage facilitait également l'usage de l'eau minérale en buvette et la récupération du CO₂ employé dans la fabrication de limonades gazeuses et d'eaux acidulées artificielles.

Elle est décrite comme minérale, carbogazeuse, froide (19,5°C) avec un débit de 3m³/h). Des concrétions ferrugineuses existent ainsi que des précipités de carbonates. "...La source des Roches laisse échapper un fort courant d'acide carbonique... elle est limpide, inodore. On y trouve des traces de soufre, d'arsenic et d'iode... Ces eaux doivent être rangées dans la classe des eaux acidulées ferro-carbonatées, alcalino-terreuses froides ...»

Il est aussi fait état d'une autre source minérale froide sourdant dans la propriété du Château des Roches, et dans un périmètre restreint, d'environ 16 sources minérales très carbogazeuses.

La notice de la carte géologique de Clermont-Ferrand au 1/50 000 précise que la source des Roches a un débit de 2.34 l/s et une température de 19 °C

	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na
Concentration (mg/)	549	43.31	18	3.0	1.8	5.24

Tab. 3 : concentrations en bicarbonates, chlorures, sulfates, magnésium, calcium et sodium de la source des Roches (Boineau et Maisonneuve, 1971)

La source n'est plus visible, car située sous un immeuble. Les eaux sont envoyées au réseau d'eau pluvial. Un particulier (M. Courtois) la recapterait partiellement.

c) Moulin Morateur

Cette source n'a été décrite que dans un rapport du docteur Nivet en 1853. Elle se situait à 400 m à l'Ouest de la source Velléda (commune de Royat), près d'une chocolaterie et émergeait des failles du basalte (coulée du Petit Puy de Dôme recouvrant le thalweg) "...près de la confluence de la Tiretaine et du ruisseau du Vallon du cimetière de Royat...".

En 1927, P. Glangeaud, indique qu'à cette date la source du Moulin Morateur n'est déjà plus visible, sans doute recouverte par des constructions. Elle se situerait sur la grande faille bordière passant par les Puys Chateix et de Gravenoire.

d) Médecins

N°BSS : 0693-7X-1054

Coordonnées géographiques

X = 656.46 km

Y = 2 086,21 km

Z = 418 m (NGF)

Ce puits, aujourd'hui disparu, aurait été creusé vers 1880. La notice de la carte géologique de Clermont-Ferrand indique "...cette source jaillit des arkoses à 14 °C..".

e) Source du viaduc

Au début du XX^{ème} siècle, il est fait état d'une petite source ferrugineuse, froide et très gazeuse, émergeant près de la pile Nord du Viaduc de Royat (Commune de Chamalières).

Elle se situe à présent, sous la voirie.

f) Collas et Petit

Elle n'est citée que sur la notice de la carte géologique de Clermont-Ferrand au 1/50000.

Elle serait située sur le territoire de la Commune de Chamalières.

g) Marie-Louise

N°BSS : 0693-7X-1056

Coordonnées géographiques

X = 656.31 km Y = 2 085,86 km Z = 430 m (NGF)

Captée vers 1909, elle se trouvait villa « Marie-Louise » (commune de Chamalières) près de la source Fonteix (voir page suivante).

La source se situe à présent sous la voirie

Selon la notice de la carte géologique de Clermont-Ferrand au 1/50 000, elle jaillit des basaltes et graviers à 16 °C.

Les sources Marie-Louise et Fonteix sont situées à l'intérieur du périmètre de protection de la source Eugénie.

h) Fonteix

N°BSS : 0693-7X-1055

Coordonnées géographiques

X = 657,22 km Y = 2 086,10 km Z = 430 m (NGF)

Cette source est située, 2 chemin de la papeterie et de St Victor (Chamalières).

Elle a bénéficié d'un Arrêté Ministériel d'Autorisation d'exploitation le 8 septembre 1880 qui a été révoqué le 12 juin 1959.

Elle a été embouteillée sous les appellations « source Fonteix » « Royacit » et « roysoda ».

Elle était présentée comme alcaline, gazeuse, lithinée, ferrugineuse, chlorurée-sodique et radioactive. Sa température était de 17 °C.

Des analyses sommaires ont été effectuées en 1955-56 car la famille ASTIER, actuelle propriétaire de la villa « Fonteix », a envisagé de redémarrer l'exploitation. Les échantillons prélevés étaient satisfaisants d'un point de vue bactériologique. La conductivité était comprise entre 5 334 et 5 564 µS/cm.

D'après la notice de la carte géologique de Clermont-Ferrand au 1/50 000, elle jaillit des graviers et tufs volcaniques à 15 °C et son débit est de 3 l/mn.

En construisant un garage, les propriétaires ont canalisé la source. Actuellement, elle n'est accessible que par une petite trappe (10 X 20 cm) située dans le garage. Elle rejoint ensuite la rivière Tiretaine

Le débit est très faible et il est difficilement mesurable. Le 07/01/03, la conductivité était de 2 840 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la température de + 15.9°C (pour une température de l'air négative). Des dépôts ferrugineux sont visibles.



Photo 10 : Villa Fonteix

i) Dumas

N°BSS : 0693-7X-1053

Coordonnées géographiques

X = 656.42,22 km

Y = 2 086,81km

Z = 410 m (NGF)

Elle est située avenue Joseph Clausat (commune de Chamalières). Elle est éloignée des thermes, 1.3 km environ au Nord-Nord-Est de ceux-ci.

Cette source a été captée vers 1870.

L'eau a été embouteillée.

L'activité se serait arrêtée entre les guerres de 1914-18 et 1939-45. Les installations seraient restées tel quelles depuis l'arrêt de l'activité. (Communication orale de M. BOTTIER - Services techniques de la ville de Chamalières)



Photo 11 : Immeuble abritant la source Dumas

j) Velléda

Cette source a été captée en 1833.

Elle n'a jamais bénéficié de l'appellation "eau thermale et n'est citée ici, que pour mémoire.

Elle a alimenté, jusqu'en début d'année 2002, une buvette située à quelques mètres au Sud du puits Eugénie.

Elle a été embouteillée pendant de nombreuses années.

Elle émerge sous le pont César qui recouvre la Tiretaine, au niveau d'une faille secondaire ou d'une fissure de la roche sous-jacente datant de l'Oligocène.

Des mesures régulières de débit et température ont été effectuées de 1886 à 1925. La relative constance de ces paramètres (10 m³/h et 8,7°C) laissait supposer que l'eau provenait d'un réservoir stable et important,

Toutefois, cette eau n'avait pas la même composition que les eaux utilisées dans l'établissement thermal : elle était très faiblement minéralisée et chimiquement classée comme bicarbonatée sodique et calcique.

Les nombreuses contaminations bactériologiques, son absence de caractère « d'eau minérale » ainsi qu'une brusque diminution du pH lors des essais de pompages des nouveaux forages, ont contraint l'établissement thermal à cesser son exploitation.

3.4. CARACTERISTIQUES DES SOURCES DE L'ETABLISSEMENT THERMAL

3.4.1. Aspects qualitatifs

L'annexe 9 reprend les résultats d'analyses de toutes les sources.

Remarque importante : il est parfois délicat de comparer les résultats des différentes analyses car :

- les techniques analytiques ont évolué et les limites de détection sont différentes
- il peut exister des erreurs de transcriptions ou de conversion (pour la conductivité notamment).
- les prélèvements n'ont pas toujours été faits au même endroit pour une même source.

C'est pourquoi, nous analyserons uniquement les tendances générales d'évolution au cours du temps

Le tableau suivant montre que les teneurs en sels dissous des eaux de Royat-Chamalières, sont comprises dans la gamme de variation des eaux thermominérales du massif central.

	Masse totale de sels dissous (g/l)
Moyenne des eaux peu profondes *	0.052
Eaux thermominérales du massif central *	1 à 6
Eugénie forage (1994)	4.171
Eugénie puits (1986)	4.326
César (1973)	1.894
Grottes Rouges (1993)	2.789
St-Mart (1995)	3.997
Auraline (1995)	4.537

* Schoeller (1979)

Tableau 4 : teneurs en sels dissous des eaux minérales

Le diagramme de classification des eaux de « Piper », permet de représenter graphiquement les concentrations relatives des ions majeurs de différentes sources. Lorsque l'on reporte les caractéristiques de chacune des eaux thermales de Royat-Chamalières, il apparaît nettement figure 9, qu'elles ont le même faciès hydrochimiques : elles sont chloro-bicarbonatées sodiques.

La composition chimique relativement voisine des sources traduit une même origine.

On peut néanmoins distinguer des différences entre les sources, comme le montrent les figures 10 et 11.

La figure 10, page suivante, présente l'évolution de la conductivité des sources de 1973 à 2002 (exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C).

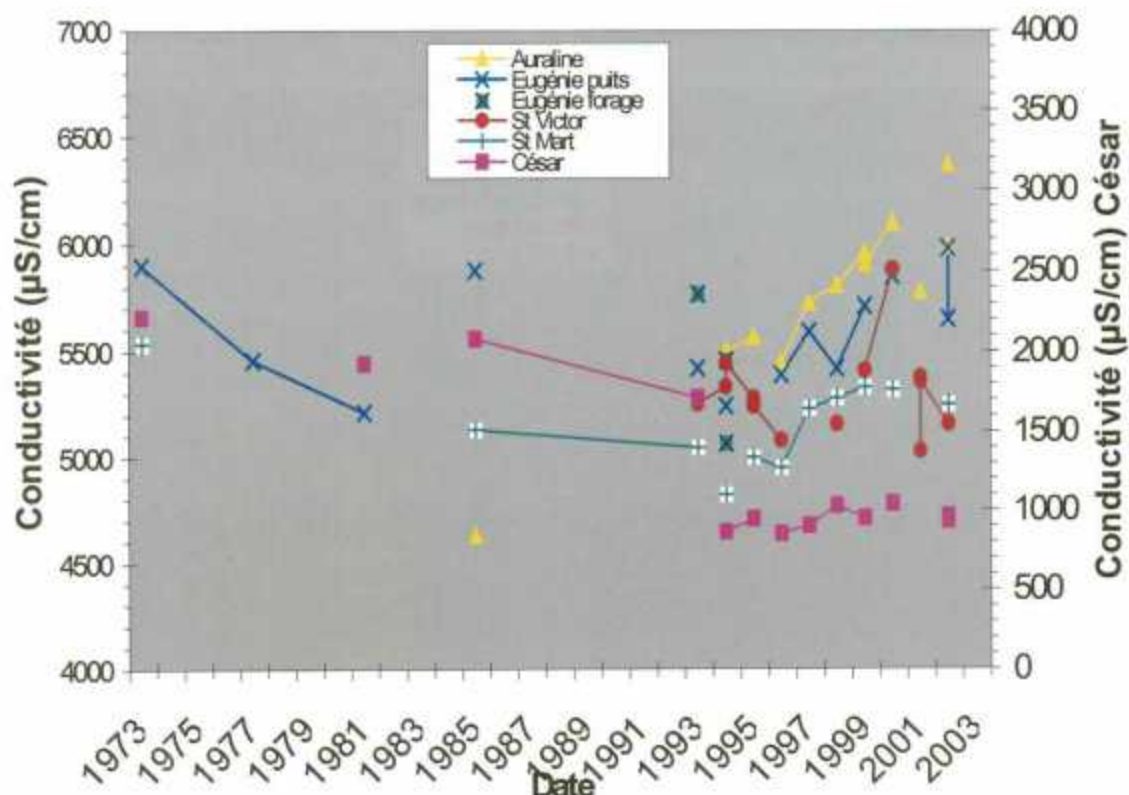


Fig. 10 : Evolution de la conductivité des sources de 1973 à 2002

Hormis César dont la conductivité est plutôt faible (environ 1 000 $\mu\text{S/cm}$), la quasi-totalité des sources présente une conductivité comprise entre 4 500 et 6500 $\mu\text{S/cm}$.

La conductivité de la source César est en baisse sensible depuis de nombreuses années. Elle a fortement décliné après 1993. Auraline tendrait à croître, tandis que les autres sources resteraient plutôt stables.

Le tableau suivant présente les valeurs de conductivité qui figurent dans l'inventaire des sources des Annales des Mines.

Il confirme les tendances évoquées plus haut.

Source	Auraline	Eugénie puits	Eugénie forage	St-Mart	St-Victor	César	Grottes rouges
Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	5 478	5 289	5 433	4 822	5 448	?	3 756
Date de la mesure	12/12/93	26/06/88	19/01/94	26/09/94	1973	26/09/94	25/02/93

**Tab 5 : conductivité de référence pour les sources de Royat-Chamalières.
(Inventaire des sources des annales des Mines 1998)**

La figure suivante présente l'évolution de la température des sources de 1973 à 2002.

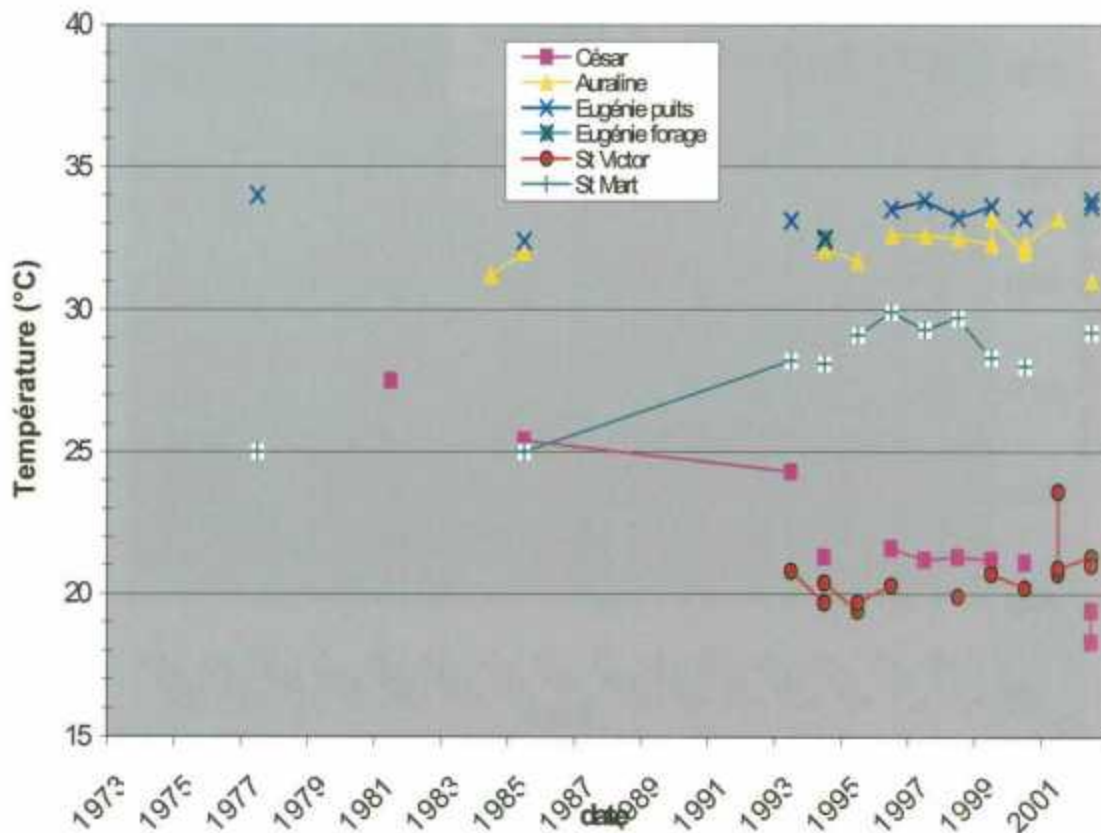


Fig 11 : Evolution de la température des sources de 1973 à 2002

Les températures des émergences décroissent de l'amont vers l'aval, sauf pour César.

L'analyse des données permet de distinguer 3 pôles de température :

- températures comprises entre 32 et 33 °C : Eugénie puits, Eugénie forage et Auraline.

- températures entre 20 et 22 °C : St-Victor et César

Bien que peu élevée, la température de la source St-Victor est relativement stable.

La température de la source César est en baisse sensible. On observe le même décrochement que pour la conductivité, entre 1993 et 1995.

- température « intermédiaire » 28 °C : St-Mart

Le caractère « intermédiaire » de cette source est également mis en évidence pour la conductivité.

Le tableau suivant récapitule quelques températures de référence pour les sources.

Il montre que la plupart des sources ont des températures stables.

Seule César montre une évolution vers des températures plus faibles : de 28 °C avant 1875, on est passé 26.6 en 1994. En 2000, elle était de 21.1 °C.

Source	Antérieur à 1875	Annales des Mines
Auraline		31.0 (12/12/93)
Eugénie Puits	35.5	33.0 (26/06/88)
Eugénie forage		32.5 (19/01/94)
César	28.0	26.6 (26/09/94)
St-Victor	20.0	23.0 (1973)
St-Mart	31.0	28.0 (26/09/94)

Tab 6 : températures de référence des sources (exprimées en °C)

La modification de la physico-chimie de la source César a déjà été notée par D. d'Arcy en 1971.

La figure suivante montre les variations de température et de conductivité pour cette émergence, de 1960 à 2002.

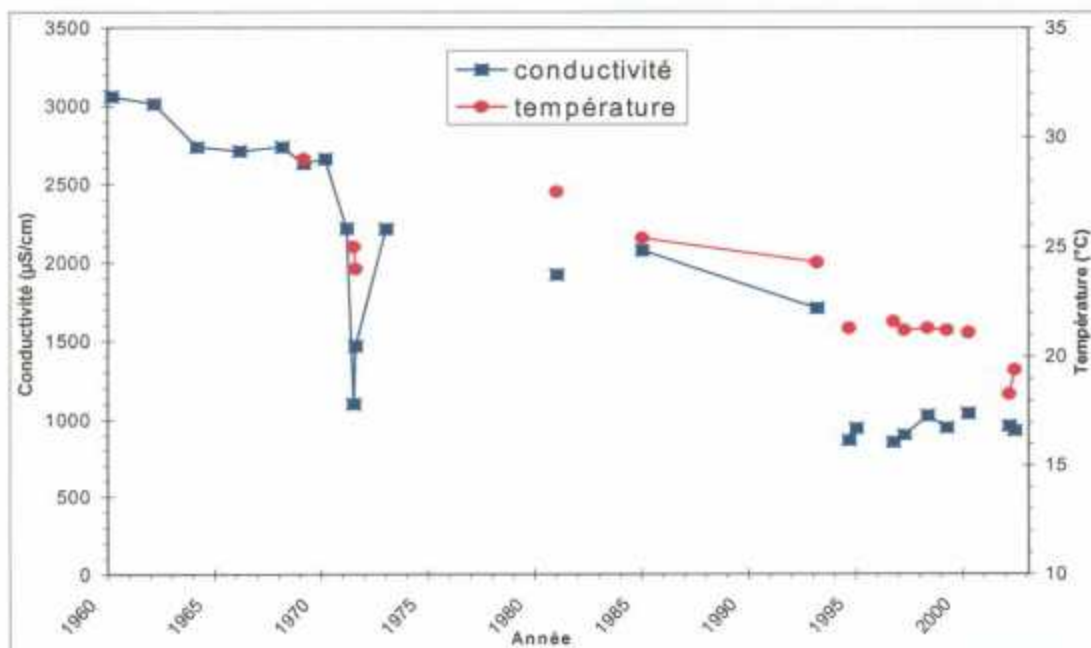


Fig. 12 : évolution de la température et de la conductivité de la source César de 1960 à 2002

On observe sur ce graphique, deux baisses brutales de la conductivité :

- en 1971, après des pompages importants au puits Eugénie pendant l'hiver 70-71. Les pompages ont également entraîné une baisse du niveau des eaux qui a nécessité l'usage d'une pompe pour alimenter la buvette durant la saison 1971.
- après 1993. En début d'année 1993, les pompages d'essai du forage Eugénie, ont été interrompus par la mise en éruption de l'ouvrage, dû au décolmatage d'une faille. Ils ont aussi provoqué un rabattement du niveau d'eau au puits César.

Il semble donc qu'il y ait une relation hydraulique entre les ouvrages Eugénie et César.

Sur les figures 13 a à 13 c, sont représentés les concentrations des principaux ions majeurs des sources exploitées par l'établissement thermal, en fonction des années. Hormis pour la source César, les teneurs sont plutôt stables. Ces graphiques mettent également en évidence les subdivisions physico-chimiques entre les différentes sources, constatées plus haut.

D'autres ions tels que le fer, le bore, le lithium, l'arsenic et le baryum sont dosés en quantités non négligeables.

Lithium (figure 14) et bore caractérisent des fluides ayant circulé en profondeur, à température élevée.

Bactériologie

Il n'a jamais été noté de problème bactériologique particulier et récurrent au droit des émergences de l'établissement thermal, hormis les épisodes de pollution du puits Eugénie en 1985-86.

L'utilisation du forage Eugénie en remplacement du puits du même nom, permettra de prévenir les contaminations par les eaux superficielles.

En effet, le forage a été réalisé selon les règles de l'art : les 34 premiers mètres de l'espace annulaire extérieur sont cimentés.

Son caractère géseyrien ne permet pas, non plus, l'introduction d'eau superficielle.

Caractéristiques gazeuses des émergences.

Le CO₂ représente la quasi-totalité des gaz dosés aux émergences : 99.4 % le puits Eugénie et 99.2 % pour Auraline.

Viennent ensuite l'azote (respectivement 0.36 % et 0.61 % pour Eugénie et Auraline) et l'oxygène (0.14% et 0.20 %).

Les autres gaz sont présents à l'état de traces. (lundt et al, 1986)

Les concentrations en solution sont plutôt fortes comme le montre le tableau suivant.

Source	Auraline	Eugénie puits	St-Mart	César
CO ₂ dissous (en % vol)	33	27	34	18

**Tab 7 : concentrations en CO₂ dissous (en % volume) mesurées en 1985,
sur les sources Auraline, Eugénie, St-Mart et César.**

Les émanations de CO₂ sont importantes dans le secteur de Royat-Chamalières : c'est à la suite d'une campagne de mesure des anomalies en CO₂, qu'ont été implanté les forages Eugénie et Grottes Rouges.

Il existe même à l'Est du parc thermal, une curiosité touristique "la grotte du chien" où les émanations de CO₂ sont fatales aux animaux de petite taille.

Caractéristiques isotopiques

❖ carbone 13 (^{13}C)

Cet isotope stable du carbone, permet de mettre en évidence des processus diagénétique et, de déterminer l'origine et la nature des composés carbonés.

Des études ont montré que la composition isotopique du ^{13}C (en $\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$ en fonction PDB) du CO_2 libre, est regroupée autour de la valeur -6 ± 2 , pour les sources carbogazeuses dont le CO_2 constitue plus de 95 % de la phase gazeuse.

Cette valeur est comparable à celle du carbone des gaz volcaniques directement libérés du magma.

Une campagne de mesures réalisées en 1977, sur la source Eugénie, a donné une valeur moyenne de $-6.4 \delta^{13}\text{C}$.

Le CO_2 des sources de Royat serait donc d'origine profonde (magmatique ou mantellique).

Le CO_2 parvenant à la surface à la faveur de fractures du socle, souvent masquées par des sédiments tertiaires ou quaternaires.

❖ soufre 34 (^{34}S)

Cet isotope stable du soufre peut renseigner sur l'origine des espèces dissoutes et, rend possible l'identification des processus géochimiques et biochimiques qui les affectent.

Les résultats disponibles sur quelques eaux minérales françaises permettent de distinguer isotopiquement, 2 groupes :

- fortes valeurs à sulfates dérivant des évaporites : $+15 < \delta^{34}\text{S} < +20$
- sulfates relativement appauvris dérivant de l'oxydation des sulfures métalliques (socle) : $\delta^{34}\text{S} < +11$

Cette distinction n'est plus valable s'il se produit des phénomènes d'oxydo-réduction.

Les trois valeurs trouvées dans la littérature, pour la station thermale de Royat-Chamalières, donnent une moyenne de $+11.1 \delta$ (Eugénie-1974 : $+12.3 \delta$, -07/10/77 : $+11.1 \delta$, St-Mart-1977 : $+10.8$)

On peut donc en conclure qu'avant leur émergence, les eaux minérales de Royat ont circulé dans un encaissant granitique.

❖ Tritium (^3H)

Le tritium est l'isotope radioactif d'hydrogène qui se forme dans l'atmosphère, sous l'action des neutrons cosmiques sur l'azote.

Les essais atomiques, réalisés dans l'atmosphère entre 1952 et 1960, ont provoqué une brusque augmentation de l'abondance du tritium dans l'eau de pluie.

Le contenu en tritium d'une eau souterraine peut donc être utilisé comme critère de distinction entre une eau infiltrée avant 1952 (concentration égale à 1 ou 2 Unité Tritium) et une eau plus "jeune" ou qui a fait l'objet d'une recharge récente.

L'arrêt des explosions aériennes

Les concentrations en tritium des eaux minérales de Royat (tableau 8) se sont pas très élevées, mais cependant supérieures à 2 UT.

Elles indiquent un mélange d'eau "ancienne" (d'origine profonde) avec une eau infiltrée plus récemment et pouvant avoir cheminé moins profondément. Cette recharge est cependant, très limitée. C'est la source César qui serait la plus affectée.

La baisse des concentrations observée au cours du temps, découle de la décroissance radioactive du tritium (période de 12.4 ans).

	Auraline	St-Mart	César	Eugénie
03/07/74				10 ± 2
19/09/77				7 ± 2
07/10/77		16 ± 3		8 ± 2
1981			11	
09/10/95	4 ± 1	5 ± 2	16 ± 3	3 ± 1
22/07/96	3 ± 1	4 ± 1	16 ± 3	3 ± 1

**Tab 8 : teneurs en tritium des sources minérales de la station thermale
(BRGM, 1997)**

❖ Oxygène 18 (¹⁸O) et deutérium (D)

Oxygène 18 et deutérium sont deux isotopes stables de la molécule d'eau.

Les teneurs en ¹⁸O et en D de l'eau de pluie aux différentes altitudes, sont liées par une relation linéaire utilisée pour établir des droites de précipitations à l'échelle mondiale.

A la latitude de Royat, l'équation de la droite des précipitations est : $\delta D = 8\delta^{18}O + 10$.

Les valeurs trouvées à Royat pour l'oxygène 18 ont été - 8.6 (1974), -8.9 et - 9.0 (1977) (Degranges et al, 1978). Ces valeurs s'alignent sur la droite des eaux de pluie et correspondent à des eaux infiltrées à l'origine sur les reliefs qui dominent la station.

Toutes ces données permettent d'esquisser le schéma hydrothermal des eaux minérales (chapitre 3.5.2.)

3.4.2. Aspects quantitatifs

L'établissement thermal est ouvert de fin mars à fin octobre. La fréquentation est maximale au mois de septembre. Les buvettes fonctionnent en continu 9 heures par jour et les soins sont dispensés pendant 6 heures 30.

Le tableau suivant expose les volumes consommés par l'établissement thermal en 1993, 1994 et 2002.

	01/05/93 au 30/11/93 (m ³)	01/05/94 au 30/11/94 (m ³)	consommation annuelle (m ³)	2002 pointe (m ³ /h)
Eugénie soins	110 159	91 622	67 617	74
• buvette	3 276	3 276	2 470	1.5
total	113 435	94 898	70 087	75.5
St-Mart soins	10 010	10 010	9 058	11
• buvette	3 276	3 276	2 470	1.5
total	13 286	13 286	11 258	12.5
Auraline	63 646	66 031	36 018	36
*César	3 276	3 276	2 470	1.5
TOTAL	193 643	177 491	119 833	125.5

* estimation

**Tab 9 : volumes d'eau consommés par l'établissement thermal
en 1993, 1994 et 2002.**

En 10 ans, l'établissement thermal a réduit sa consommation d'eau de près de 38 %. Cette baisse découle de la moindre fréquentation par les curistes mais surtout, des efforts de l'établissement pour réduire les pertes (réduction du linéaire de conduites, suppression des robinets coulant en permanence).

Le tableau suivant reprend les débits d'exploitation qui figurent dans le dossier de demande d'autorisation d'exploiter ou de renouvellement d'autorisation d'exploiter aux émergences de 1995.

	Débit d'exploitation (m ³ /h)	Débit d'exploitation maximum (m ³ /j)
Eugénie puits	95 (2 et 93)	600 à 900
Eugénie forage *	80	1 920
St-Mart	13 (11 et 2)	95
Auraline	25	600
César	2	48
Grottes Rouges	25 m ³ /h sur 24 h ou 50 m ³ /h sur 12 h	600

* non exploité actuellement.

Tab 10 : débits d'exploitation des sources

Le volume total disponible actuellement au droit de l'établissement est de 135 m³/h soit 1 643 m³/j.

Actuellement, les besoins sont satisfaits par la production des différentes sources.

En outre, plusieurs dispositifs de stockage d'eau permettent de répondre à la demande pendant les heures de pointe.

- réseau Auraline : deux bâches de 300 m³. Dans la pratique, une seule bâche est utilisée
- réseau Eugénie : quatre réservoirs de 12 m³ (trois d'eau chaude et un d'eau froide)
- réseau St-Mart : un petit réservoir de 5 m³.

Après abandon du puits Eugénie et mise en service du forage du même nom, la production totale sera légèrement réduite : 120 m³/h soit 2 663 m³/j.

Les limites de potentialité du gisement thermo-minéral de Royat-Chamalières sont cependant loin d'être atteintes, et les recherches en eau des années 1990 ont permis d'aboutir à la réalisation de deux forages (Grottes Rouges et Eugénie).

3.5. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.5.1. Contexte géologique

Histoire géologique régionale simplifiée

Ere primaire :

L'orogénèse calédonnienne plisse le socle gneissique et migmatitique Cambrien.

Mise en place de formations volcaniques et volcano-sédimentaires au carbonifère inférieur (Viséen).

La première phase de l'orogénèse hercynienne plisse ces formations qui subissent un léger métamorphisme général.

A la fin de la première phase hercynienne, des granitoïdes s'insèrent entre les formations Viséennes et l'ancien socle gneissique

Carbonifère moyen : des dislocations importantes interviennent dans ce socle et un réseau complexe de fractures apparaît.

Ere secondaire :

Le massif central, pénéplané et émergé, se maintient probablement en îlots au milieu des mers jurassiques et crétacées.

Ere tertiaire :

Les roches cristallines s'altèrent tandis que les premiers plissements alpins entraînent l'effondrement du bassin de la Limagne par rejeu des fractures hercyniennes.

Ces mouvements se poursuivent à l'oligocène et aboutissent à la formation de vastes fossés d'effondrement subsidents dans lesquels s'accumulent des formations fluvio-lacustres détritiques puis carbonatées.

Des manifestations éruptives commencent à se mettre en place dès l'oligocène supérieur et se poursuivent jusqu'au quaternaire récent par l'édification de la chaîne des Puys.

Les 80 édifices volcaniques de la chaîne des Puys se sont mis en place entre 80 000 et 10 000 ans, selon un axe Nord-Sud parallèle à la faille majeure qui sépare le plateau granitique des Dômes à l'Est, de la plaine de la Limagne à l'Ouest. Les coulées ont été influencées par la topographie pré-volcanique. Elles se sont largement épanchées vers l'Ouest, tandis qu'elles ont été canalisées par les étroites vallées de l'Est.

Contexte local

La géologie du secteur étudié est présentée sur la figure 15.

Les eaux thermominérales de la station de Royat-Chamalières émergent dans la vallée de la Tiretaine, en limite du fossé d'effondrement de la Limagne de Clermont-Ferrand et du socle granitique faillé qui supporte la chaîne des puys. Elles sont globalement alignées selon une direction SO-NE

Les failles N-S et secondaires, ne sont pas toutes visibles sous les couches d'alluvions récentes, mais les différences de pendage des arkoses (formations sédimentaires de base de la Limagne) attestent de leur présence : 45 à 50° vers le NE de part et d'autre de la Vallée de la Tiretaine, 10° à 15° vers l'E à l'Est des sources.

Les formations volcaniques sont représentées par le Puy de Gravenoire (cône de scories) et une coulée basaltique du Petit Puy-de-Dôme. La bordure de cette coulée est très érodée dans la vallée de la Tiretaine, et forme par endroits, un escarpement de 10 à 20 m.

3.5.2. Contexte hydrogéologique et circuit hydrothermal

Le circuit des eaux thermominérales de Royat n'est pas identifié dans sa totalité mais les diverses études réalisées sur le site permettent de proposer le schéma suivant :

- L'eau de pluie s'infiltre dans les terrains environnants : chaîne des Puys et substratum granitique
Elle atteint des profondeurs estimées à – 3 450/ - 4 600 mètres où elle acquiert sa thermalité et sa minéralisation.
Elle se charge également en CO₂ ce qui facilite la dissolution des minéraux de l'encaissant.
- L'eau thermominérale remonte par les failles des terrains granitiques, traverse des arkoses puis émerge à travers les terrains de couvertures constituées de laves, éboulis, sédiments récents et travertins.
A proximité de la surface, les réseaux de remontée principaux divergent et se ramifient. Certains rencontrent des aquifères moins minéralisés, donnant les légères différenciations physico-chimiques constatées sur les émergences de Royat et Chamalières.

Les grandes failles N-S, et plus particulièrement un système de fractures secondaires recoupant ces failles jouent un rôle prépondérant, car elles constituent des conduits de circulation ascendants pour l'eau minérale.

Une coupe géologique schématique d'Ouest en Est est présentée sur la figure 16.

3.5.3. Contexte au droit des émergences

a) Puits Eugénie

L'ouvrage a été approfondi en 1970-71 jusqu'à une profondeur de 17.8 m.

Il a été creusé jusqu'à -27.4 m par rapport au terrain naturel, dans les travertins et les arkoses.

Des blocs de roches volcaniques visibles vers l'Est, montrent que cet ouvrage est en limite de la coulée du petit Puy-de-Dôme.

b) Forage Eugénie

Les travaux ont été exécutés par l'entreprise COFOR, suivant la technique du marteau « fond de lrou » avec tubage à l'avancement, du 18/12/91 au 07/01/92.

La coupe géologique simplifiée est la suivante :

0.0 à 2.5 m :	terre végétale et remblai
2.5 à 5.5 m :	argile noire humide
13.5 à 19.0 m :	blocs de basalte et d'arkose
19.0 à 28.0 m :	arkose argileuse noire avec recoupement d'une faille à 25-26 m
28.0 à 58.0 m :	arkose bleue avec passage d'arkose grise vers 32-33 m, faille argileuse de 0.50 m d'ouverture à 40-41 m
58.0 à 70.0 m :	arkose rougeâtre argilisée
70.0 à 92.0 m :	arkose isogranulaire
92.0 à 98.0 m :	granite porphyroïde rose

c) César

Ce puits a fait l'objet d'une réfection en 1971-1972.

L'ancien ouvrage avait une profondeur de 6.1 m Il a été approfondi à la main jusqu'à 9.2 m, puis à la Benoto de 9.2 à 12.1 m, au trépan de 12.1 à 12.7 m, et enfin par carottage de 12.7 à 16.4 m.

Coupe géologique :

9.2 à 10.5 m :	argile compacte noire légèrement feldspathique avec grès siliceux passant à la fin à un faciès plus sableux gris jaunâtre
10.5 à 11.1 m :	veine d'argile rouge compacte à éléments gréseux
11.1 à 11.9 m :	argile sableuse jaunâtre
11.9 à 12.7 m :	argile feldspathique un peu plastique gris-noir assez semblable à celle du 9.2 10.5 m
12.7 à 16.4 m :	arkose argileuse plus ou moins reconstituée à fort pourcentage de phénocristaux feldspathiques blancs. Matrice argileuse gris-noir
16.4 à 17.0 m :	même matériel mais passage plus argileux gris-vert à gris-noir avec nombreux feldspaths
17.0 à 19.0 m :	argile arkosique avec quelques éléments gréseux vers 18.6 m

- 19.0 à 21.8 m : même matériel mais plus induré et plus sain. Les éléments syénitiques ou rhyolitiques grisâtres du Viséen sont rencontrés vers 19.5 m
- 21.8 à 23.5 m : faciès argileux passant à un faciès bréchique, avec matrice argileuse parsemée d'éléments disparates. Vers 24 m, ces éléments deviennent prédominants.
- 23.5 à 24.0 m : même matériel comportant 70 à 80 % d'éléments essentiellement rhyolitiques dans une matrice d'argile verte gréseuse
- 24.0 à 27.0 m : idem mais passage vers 25 m comportant des éléments pegmatoïdes en association avec des filonnets
- 27.0 à 28.4 m : idem mais fortement kaolinisé et cataclaté. Feldspaths saussuritisés dépôts jaunâtres dans les diaclases
- 28.4 à 30.0 m : faciès syénitique assez frais à biotite.

d) Auraline

Les travaux effectués de mars 1983 à janvier 1984 (coupe géologique et technique en annexe 5)

- 0.0 à 6.0 m : éléments meubles divers (pouzzolane, basalte, argile, béton)
- 6.0 à 22.5 : arkose
- 22.5 à 25.5 : cavité remplie d'argile, grès siliceux, et arkose rubéfiée
- 25.5 à 67.0 : arkose argileuse
- 67.0 à 76.0 : arène granitique argileuse
- 76.0 à 88.0 : granite rose, tendre
- 88.0 à 95.5 : granite gris, dur.

e) St-Mart

Réalisé en 1875 : puits de 7 m de profondeur dans les arkoses, en limite de coulée volcanique.

Après la construction du nouvel établissement thermal, sa profondeur a été ramenée à 6.85 m par rapport au sous-sol de l'établissement.

f) St-Victor

Puits de 4.2 m de profondeur et galerie de 3 m (Annales des Mines, 1961).

g) Grottes rouges

- 0.0 à 1.5 m : terre végétale
 - 1.5 à 4.5 : remblais à blocs de basalte et briques
 - 4.5 à 9.0 : sables argileux et graveleux, blocs de basalte colluvionaires
 - 9.0 à 15.0 : argile sableuse puis sableuse et graveleuse
 - 15.0 à 19.0 : argile beige à grise compacte
 - 19.0 à 20.0 : silt gris
 - 20.0 à 24.0 : argile silteuse beige-jaune
 - 24.0 à 29.5 : arkose décomposé en sable argileux gris à gris-vert
 - 29.5 à 33.0 : arkose grise
 - 33.0 à 61.5 : granite tendre fracturé
- présence d'une faille argilisée entre 55 et 56 m

4. L'alimentation en eau potable

4.1. LES RESSOURCES ET LEUR MODE DE GESTION

La Commune de Royat dispose de plusieurs ressources pour son alimentation en eau potable (figure 17).

Le réseau communal est géré par la Société "Lyonnaise des Eaux"

4.1.1. captage de Bonnefont

Cet ouvrage appartient à la Commune de Royat. Il est implanté dans la vallée de la Tiretaine, en amont de la ville de Royat.

M. FREMION (hydrogéologue agréé) a défini, en février 2001, les périmètres de protection de cet ouvrage ainsi que les mesures de protection qui les accompagnent. Les informations suivantes sont tirées de cet avis.

L'ouvrage comporte trois galeries :

- la première est située à 8 m de profondeur par rapport au Terrain Naturel (TN) et mesure 2 m. Elle draine la coulée basaltique supérieure (6 venues d'eau sont captées)
- La deuxième est à -23 m/TN et a une longueur de 40 m. Elle draine la coulée inférieure.
- La troisième repose sur le substratum imperméable et draine les arènes du socle et les alluvions anté-volcaniques sur 18 m.



Photo 12 : Infrastructure protégeant le captage de Bonnefont

La première venue d'eau alimente gravitairement le réservoir de Royat.
Les venues d'eau inférieures convergent vers un puits équipé de trois pompes qui fonctionnent lorsque la production de la galerie supérieure n'est pas suffisante.

Le réseau comporte un réservoir "réservoir de Royat" équipé de 4 cuves d'une capacité de 500 m³ chacune.

L'eau subit une chloration (chlore gazeux) au réservoir.

La distribution se fait de manière gravitaire sauf pour deux habitations situées au Pont des Soupîrs, en amont du réservoir.

4.1.2. captage de Marpont

Cet ouvrage est situé à une dizaine de m en amont du captage de Bonnefont.

La Commune de Royat dispose d'un droit d'eau de 5 l/s (18 m³/h) sur cet ouvrage qui appartient à la Commune de Clermont-Ferrand.

Cet ouvrage, datant en 1889, est l'un des plus anciens de la capitale Auvergnate.

Il a fait l'objet d'un avis hydrogéologique par M. FREMION en février 2001.



Photo 13 : Infrastructure protégeant le captage de Marpont

L'ouvrage est composé d'un puits de descente de 12 mètres de profondeur qui donne accès à une galerie de 15 m de longueur.

Celle-ci est située à – 6-7 de profondeur par rapport au terrain naturel et capte l'eau qui jaillit à l'interface du basalte massif et de la surface scoriacée de la coulée supérieure

L'eau captée rejoint en partiteur, puis est distribuée gravitairement par le font du puits.

La conduite d'adduction, pour la part de la Commune de Royat,, rejoint le réservoir de Royat.

4.1.3. Captages du Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable (SIAEP) de Beaumont-Ceyrat-St-Genès-Chamapanelle

Les villages ne pouvant pas être alimentés gravitairement par les captages Marpon et Bonnefont sont desservis par les communes adhérentes au SIAEP (syndicat de production).

Les ouvrages de captage de ce syndicat bénéficient depuis le 8 mars 2001, d'un arrêté préfectoral de Déclaration d'Utilité Publique (DUP).

Cet arrêté instaure la mise en place des périmètres de protection, les mesures qui s'y rattachent et, autorise la dérivation de l'eau.

Les captages de Fonta et de la Vouêtré, alimentent le village de Charade, via le réseau de la Commune de St-Genes-Champanelle.

Le réseau de la Commune de Ceyrat alimente les quartiers hauts de Royat, situés près du Puy de Grave-Noire.

D'autres sources sont recensées sur le territoire de la Commune de Royat : "les Grottes SIMEONI" pour l'AEP de Clermont-Ferrand, source de la Pépinière pour les bâtiments de l' Arboretum (implanté en amont du Pont des Soupirs).

4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Les ouvrages utilisés pour l'AEP de Royat sont implantés à l'Ouest de la faille bordière de la Limagne, sur le plateau des Dômes.

Dans le secteur étudié, le socle fortement faillé et intrudé de filons, se compose de roches plutoniques (granite de Manson et diorite de Royat).

C'est ce substratum anté-volcanique, imperméable, et plus particulièrement les paléo-vallées, qui gère les écoulements souterrains.

Des prospections géophysiques réalisées en 1979 par le BRGM, ont montré qu'il existe 3 paléovallées qui convergent vers la Tiretaine.

Ce relief a été recouvert par des coulées basaltiques émises les volcans de la zone "Petit Puy-de-Dôme, ancien Puy-de-Dôme, Puy Lacroix"

Ces coulées se sont largement étalées dans les plaines d'Enval et d'Orcines, se sont s'engouffrées dans la vallée de Royat, pour s'épandrent à nouveau dans la Limagne.

On compte deux coulées au captage de Marpon (représentant 25 m d'épaisseur) pour quatre à Fontanas.

L'essentiel de l'aquifère des captages de Marpon et Bonnefont est constitué de formations volcaniques perméables (scories et coulées).

Les galeries captent également des horizons granitiques (arène et frange altérée de la roche mère drainée gravitairement par la Tiretaine et les talwegs secondaires de Solagnal et Vaucluse).

Au niveau des captages de Royat, les coulées sont enserrées entre deux versants de socle.

Ce goulet concentre les écoulements issus de l'amont mais, il favorise aussi le ruissellement sur les pentes de la vallée et donc l'introduction rapide d'eau superficielle dans l'aquifère.

4.3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET VULNERABILITE DES RESSOURCES

Comme il a été mis en évidence plus haut, les ressources de Royat implantées dans la vallée de la Tiretaine, sont relativement vulnérables.

Plusieurs sites potentiels de contamination ont été recensés en amont des ouvrages :

Environnement immédiat et rapproché des ouvrages de captage.

Les périmètres de protection définis par l'hydrogéologue agréé en février 2001, ne sont pas en place et en particulier les périmètres de protection immédiats (PPI) qui ne sont pas clôturés.

Dans l'environnement rapproché, on peut recenser plusieurs sources de contaminations potentielles :

- ruissellement superficiel (rases d'irrigation)
- présence de la Tiretaine. Il n'est pas exclu qu'elle puisse alimenter partiellement l'horizon aquifère granitique.
- parage d'animaux domestiques au Pont des Soupirs
- activités agricoles dans la vallée de la Tiretaine et présence d'une stabulation pour des bovins.
- Route assez fréquentée et salée en hiver

Environnement éloigné:

- Scierie à Fontanas (régime de déclaration)
 - Cuves de fioul chez les particuliers à Fontanas et la Font-de l'Arbre
 - Poste électrique à la Font-de l'Arbre
 - Station service à la Font-de l'Arbre
 - Certaines habitations de la Fontanas disposent d'un assainissement autonome .
- A noter, la Commune d'Orcines a mis en place son schéma communal d'assainissement en 2000.
- Activités agricoles nombreuses sur le plateau d'Orcines et dans les talwegs secondaires (épandages de fumiers)
 - Route de bordeaux

4.4. ASPECTS QUALITATIF ET QUANTITATIF

4.4.1. Point de vue quantitatif

La chaîne des puys est soumise à un régime climatique semi-montagneux, accompagné de précipitations importantes.

De plus, les édifices volcaniques jouent un rôle de réservoir.

Tous ces facteurs permettent d'obtenir des aquifères présentant de forts débits.

L'aquifère de la vallée de Royat est exploité par une série d'ouvrages en cascade (d'amont vers l'aval) :

- forages du maar d'Enval (Orcines)
- forage de la Vacherie
- Sources KUHN et Riverains (Font de l'Arbre)
- Sources des eaux de Fontanas
- Captages Marpont et Bonnefont
- Grottes SIMEONI (Royat)

Le prélèvement total dans cet aquifère est estimé à 200 l/s.

Le débit du captage Marpon est régulièrement relevé.

Il montre de nombreuses oscillations qui semblent être des réponses aux impulsions pluviales.

Ceci traduit un temps de réponse de la nappe relativement rapide, inhérent à la situation topographique de l'ouvrage (la zone de rétrécissement favorisant le ruissellement et la concentration rapide des écoulements).

Le débit disponible au captage de Bonnefont est de 15.5-16.5 l/s (1380-1470 m³/j).

Il se répartit de la manière suivante :

- 12 à 13 l/s pour la galerie supérieure
- 3.5 l/s pour les galeries inférieures.

Les volumes prélevés par la galerie supérieure suffisent généralement à alimenter Royat et, il est rarement fait appel aux galeries inférieures.

A ces débits, il convient également d'ajouter le droit d'eau de 5 l/s sur Marpon.

Malgré l'accroissement de la population durant l'été, les besoins sont satisfaits sur le réseau communal ainsi que dans les secteurs alimentés par le SIEAP de Beaumont-Ceyrat-St-Genes-Champanelle.

4.4.2. Point de vue qualitatif

Les résultats sont présentés en annexe 10.

Les eaux sont de type bicarbonaté calcique et sodique.

Les paramètres physico-chimiques sont relativement stables au cours du temps.

La minéralisation est correcte pour ce type d'aquifère.

Les analyses bactériologiques effectuées sur le réseau de distribution, dans le cadre du contrôle sanitaire, sont conformes aux exigences de qualité.
L'eau est chlorée au réservoir de Royat.

4.5. RECOMMANDATIONS

Bien qu'aucun incident majeur n'ait été déploré, il est indispensable et obligatoire, d'achever la procédure de mise en conformité des captages de la vallée de Royat (périmètres de protection).

5. Contexte environnemental à l'échelle de la commune

Ce chapitre met en évidence les points noirs susceptibles d'occasionner des contaminations potentielles des ressources en eau minérales ou potable, à l'échelle de la Commune.

5.1. ORDURES MENAGERES ET ENCOMBRANTS

Les ordures ménagères de la commune de Royat sont prises en charge par Clermont Communauté.

La société gérante (ONYX Auvergne) les achemine au centre d'enfouissement technique (CET) de Puy-Long, implanté à l'Est de Clermont-Ferrand

Une décharge, située au Sud-Est de Royat (près du camping de l'Oclède, Sud de la commune) a cessé son activité en 1985. Elle a été recouverte de terre végétale.

5.2. ASSAINISSEMENT COLLECTIF ET INDIVIDUEL.

La totalité des habitations de la ville de Royat est raccordée au réseau d'eaux usées, ainsi que la plupart des habitations excentrées de la Commune (Charade, Pont-des-Soupirs)

Les effluents du réseau d'assainissement collectif sont dirigés vers la station d'épuration de Clermont Communauté, située près d'Aulnat (Est de Clermont-Ferrand).

Certains tronçons du réseau de collecte des eaux usées sont unitaires et assez vétustes. Des travaux de réhabilitation ont été entrepris.

Il est recommandé :

- Poursuivre les travaux de réhabilitation engagés sur les secteurs vétustes du réseau d'assainissement;
- de vérifier que les habitations isolées bénéficient d'un assainissement aux normes et en particulier, dans le secteur du village de Fontanas (Commune d'Orcines) qui n'est pas raccordé au réseau collectif.

5.3. AUTRES ACTIVITES POTENTIELLEMENT POLLUANTES

5.3.1. Activités agricoles

Située à la périphérie de Clermont-Ferrand, la Commune de Royat est une commune urbaine.

Les activités agricoles y sont minimales.

La seule exploitation (élevage de bovins) susceptible d'engendrer des contaminations de l'eau est implantée sur la Commune d'Orcines. Certaines de ses terres sont situées dans la vallée de Royat

5.3.2. Activités artisanales et industrielles

Ces activités sont généralement concentrées dans le bourg de Royat : elles bénéficient donc du réseau d'assainissement collectif pour le traitement des eaux usées.

5.3.3. Infrastructures touristiques

Les infrastructures touristiques (hôtels, camping...) ne présentent pas de risques majeurs car elles sont essentiellement implantées dans Royat et disposent d'un accès au réseau d'assainissement collectif.

6. Conclusions

6.1. RESSOURCES EN EAU THERMALE

Le secteur de Royat-Chamalières dispose de ressources en eau thermique exploitées depuis fort longtemps.

Bien qu'il ait existé au début du siècle dernier, une petite activité d'embouteillage, l'eau est actuellement uniquement dévolue au thermalisme.

La ressource est abondante et les ouvrages de captage, bien surveillés.

Des efforts ont été entrepris pour sécuriser les sources en réhabilitant certains ouvrages (cimentation des têtes de forages) ou, en reprenant le mode de captage des émergences.

L'établissement thermal devra veiller aux conditions d'abandon des source Velléda et du puits Eugénie (comblement, conservation comme point de surveillance ...)

Toutes les sources de l'établissement thermal sont comprises dans l'emprise d'un périmètre de protection.

Ce dernier apparaît obsolète au regard de l'évolution de l'urbanisation des communes de Royat et Chamalières.

Une procédure administrative est en cours pour renouveler ou instruire l'autorisation d'exploiter les émergences.

Deux points ont été mis en exergue dans ce rapport :

Le premier concerne la dérive des caractéristiques physico-chimique de l'ouvrage César.

L'origine de ce phénomène n'est pas connue, mais il peut être partiellement relié, aux variations d'exploitation de la source Eugénie.

Il est recommandé d'équiper César, d'appareils de mesures en continu de quelques paramètres simples (conductivité, température), de mesurer les variations du niveau piézométrique et éventuellement de réaliser un diagnostic du forage (vidéo-caméra, micro moulinet, diagraphie de la température, conductivité...).

L'interdépendance entre émergences, a été également montrée lors des essais de pompage du forage Eugénie. En effet, son évolution en ouvrage artésien a été ressentie sur le forage de Grottes Rouges.

Les relations entre ces deux forages n'ayant pas été approfondies très clairement, Il est très fortement conseillé de poursuivre les investigations sur Grottes Rouges pendant la saison thermique, lorsque toutes les émergences sont sollicitées.

L'étude d'impact de l'établissement de thermalisme qui sera alimenté par Grottes Rouges, ne devra pas être négligée.

Afin d'assurer au mieux la sécurité du personnel de l'établissement thermal, il est prévu d'installer un dispositif d'extraction du CO₂ plus efficace, au droit de la source Eugénie.

6.2. RESSOURCES EN EAU POTABLE

Les captages Bonnefont et Marpon captent les eaux d'un aquifère essentiellement volcanique.

La nature des matériaux qui le compose (scories et coulées basaltiques) ainsi que la taille conséquente du bassin d'alimentation, permettent d'obtenir des débits importants. Les besoins sont largement satisfaits en période de pointe.

Une fraction de l'aquifère est d'origine granitique (arènes et fraction altérée du substratum anté-volcanique).

Les captages de Royat sont implantés dans une zone de rétrécissement topographique : les coulées sont enserrées entre 2 versants de socle très escarpés. Cette situation favorise le ruissellement et la concentration rapide des écoulements.

La nappe est donc relativement vulnérable à cet endroit.

Les échanges avec le milieu superficiel sont rapides et l'on ne peut exclure des infiltrations à partir de la Tiretaine.

L'environnement de la tête du bassin d'alimentation est de bonne qualité, mais on compte de nombreuses sources potentielles de contamination en amont de Royat.

Bien qu'aucun incident majeur n'ait été déploré, il est indispensable d'achever la procédure de mise en place des périmètres de protection des captages.

Les secteurs excentrés de la Commune sont alimentés par les communes adhérentes au SIAEP de Beaumont-Ceyrat-St Genès-Champanelle.

6.3. ENVIRONNEMENT

Le contexte environnemental de la commune est globalement favorable à l'exploitation des eaux potables et thermales.

Les activités humaines sont concentrées à Royat.

La politique de gestion des eaux usées de la commune de Royat met en évidence un souci de valorisation et de protection de l'environnement.

FIGURES

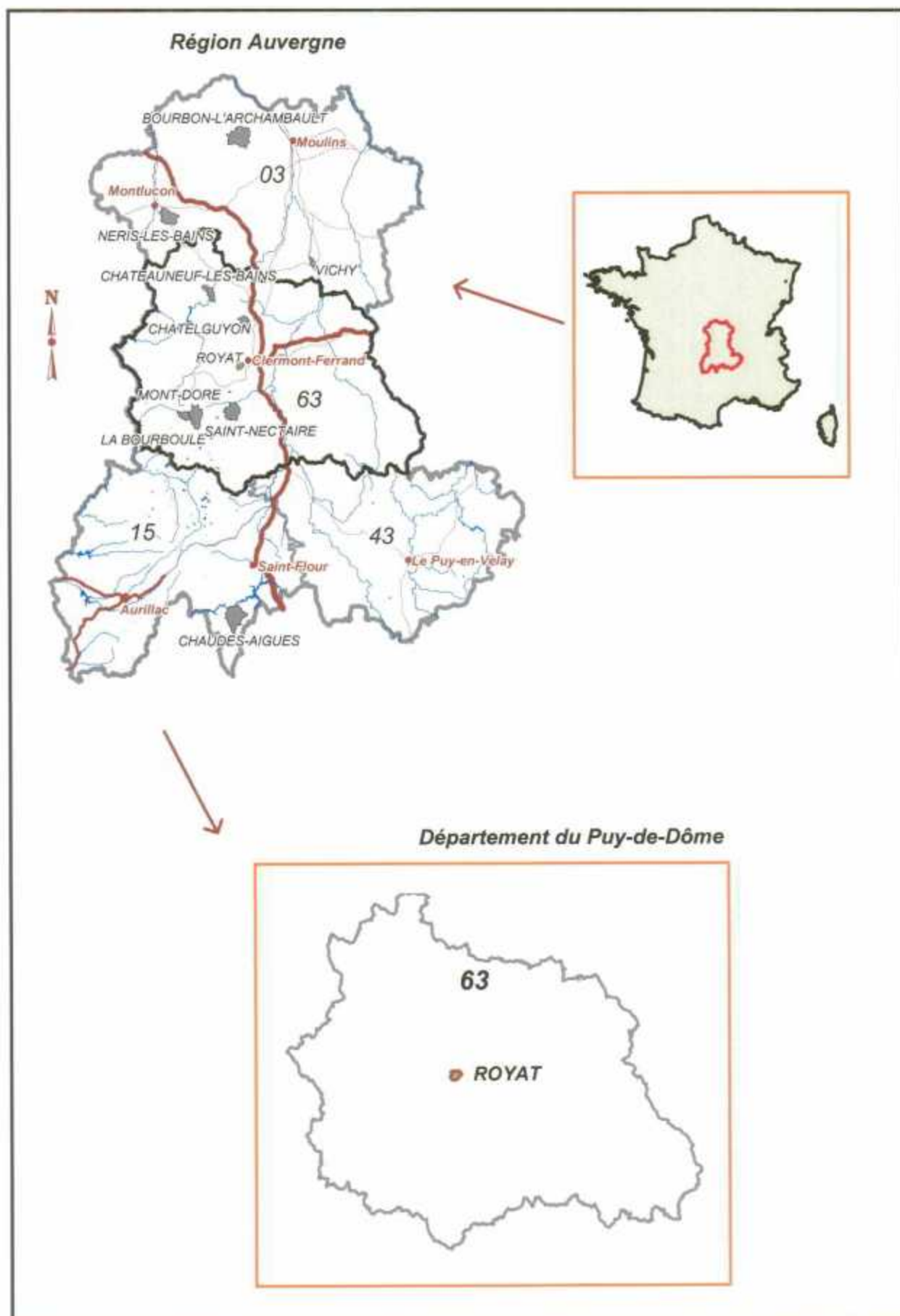
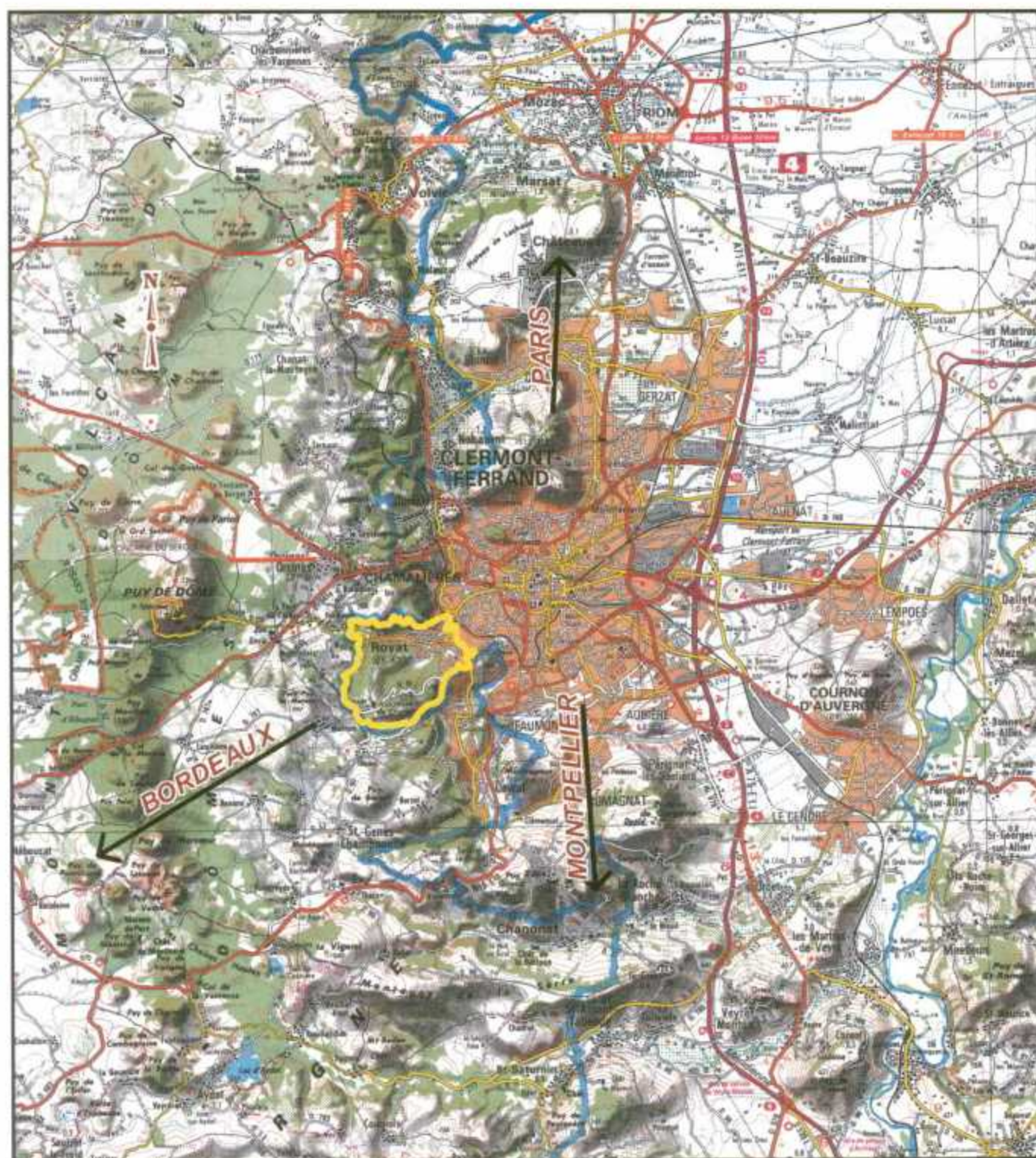
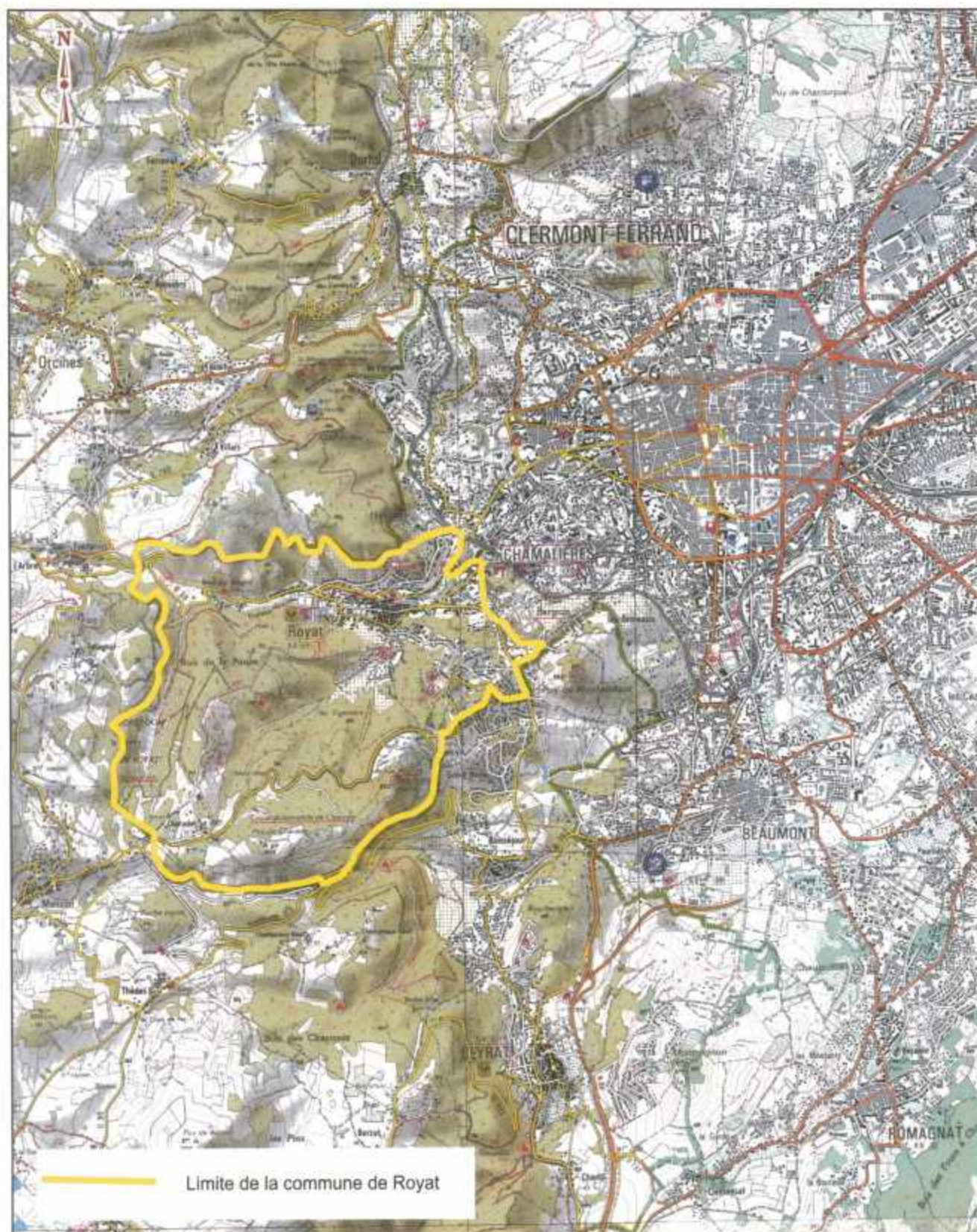


Figure 1 : Localisation de la commune de Royat



Echelle : 1 / 150 000

Figure 2 : Situation géographique



Echelle : 1 / 45000

Figure 3 : Localisation topographique de la commune de Royat
(Scan 25 - Copyright IGN Paris 2000)

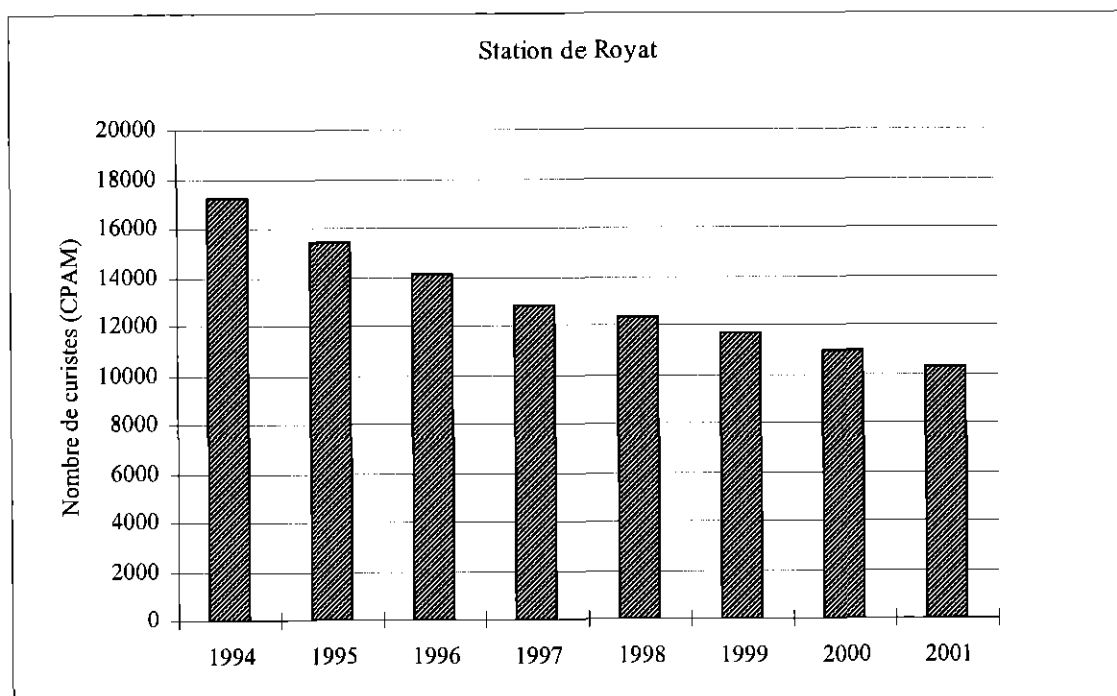
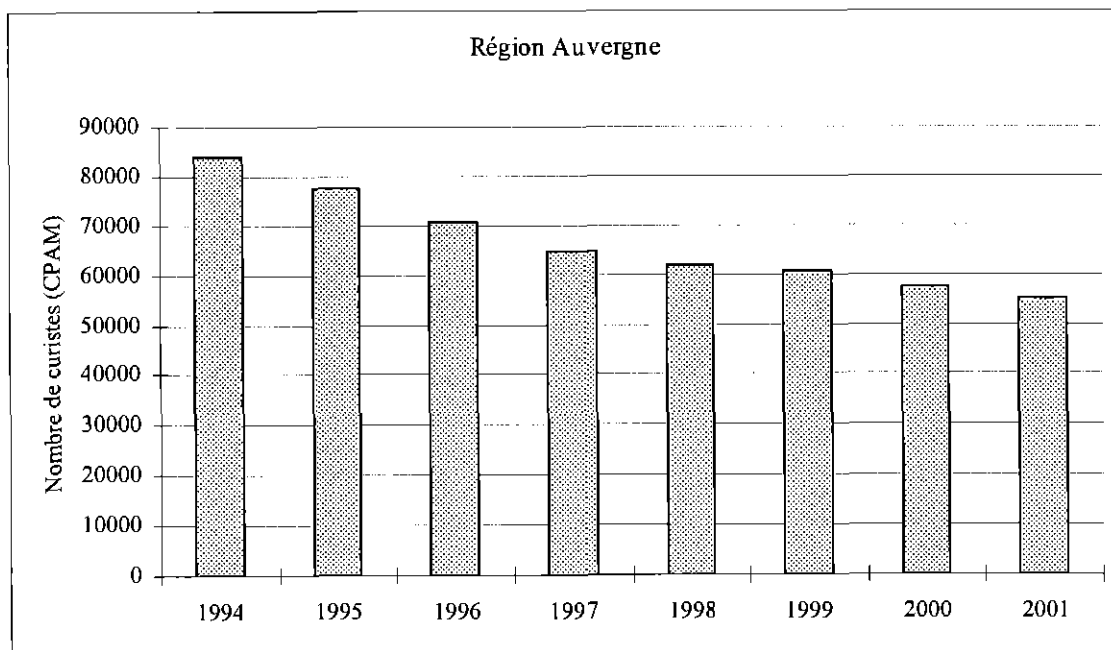


Fig 4: Evolution de la fréquentation de l'ensemble des stations thermales d'Auvergne et de la station de Royat-Chamalières de 1994 à 2001



(Echelle 1/10 000)

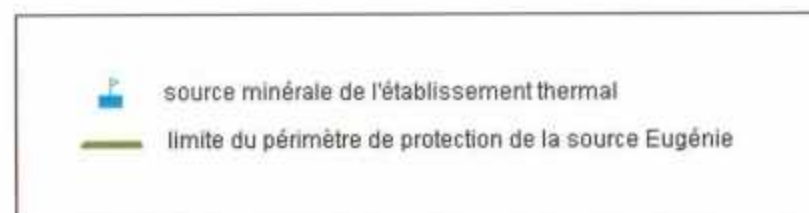


Fig. 5 - Localisation des sources de l'établissement thermal et du périmètre de protection du puits Eugénie)
(Scan 25 - IGN Paris 2000

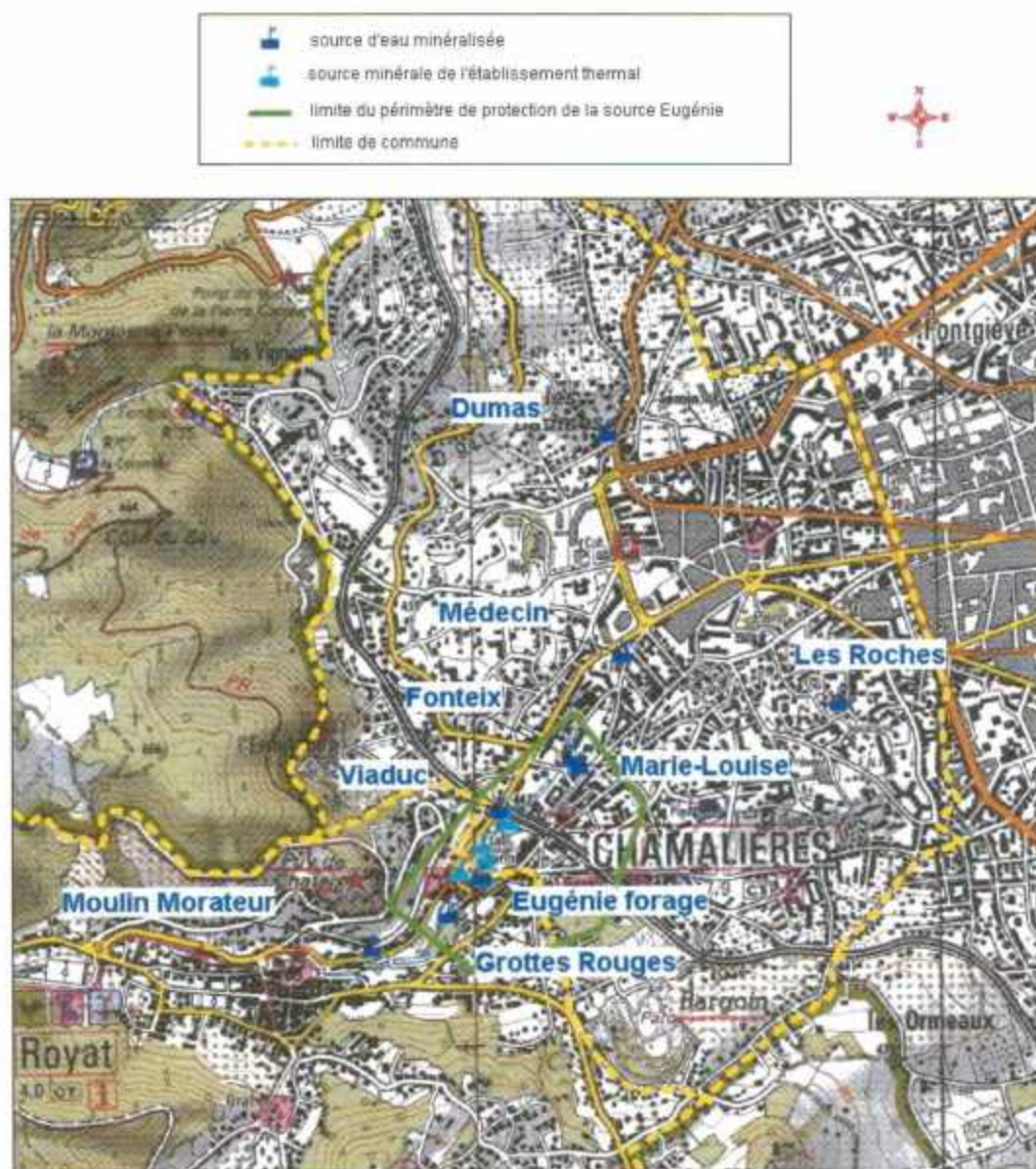


Fig 6 : localisation des sources minérales et des sources d'eau minéralisées de Royat-Chamalières (Scan 25 – © IGN Paris 2000)

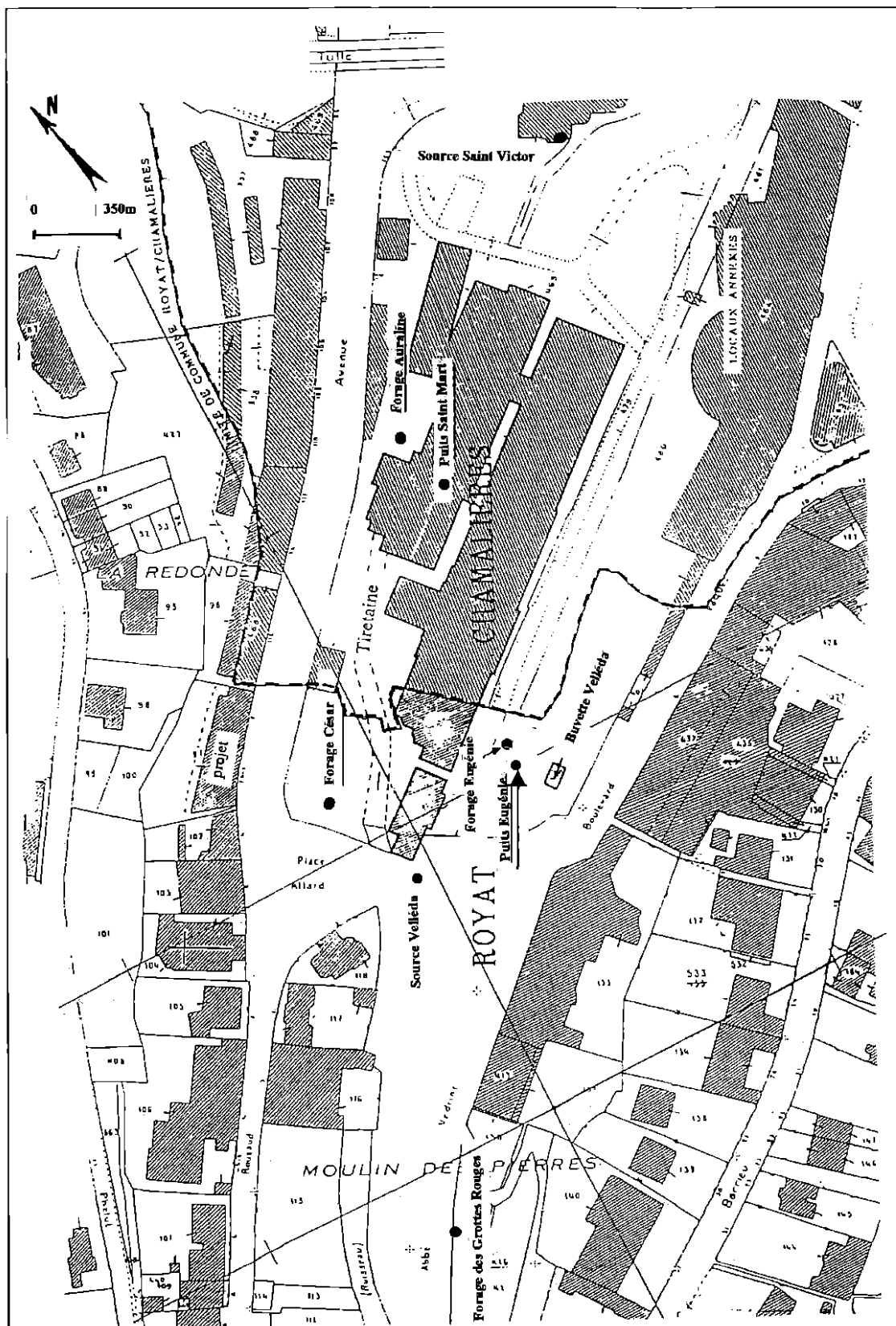


Fig. 7 : implantation des sources de l'établissement thermal

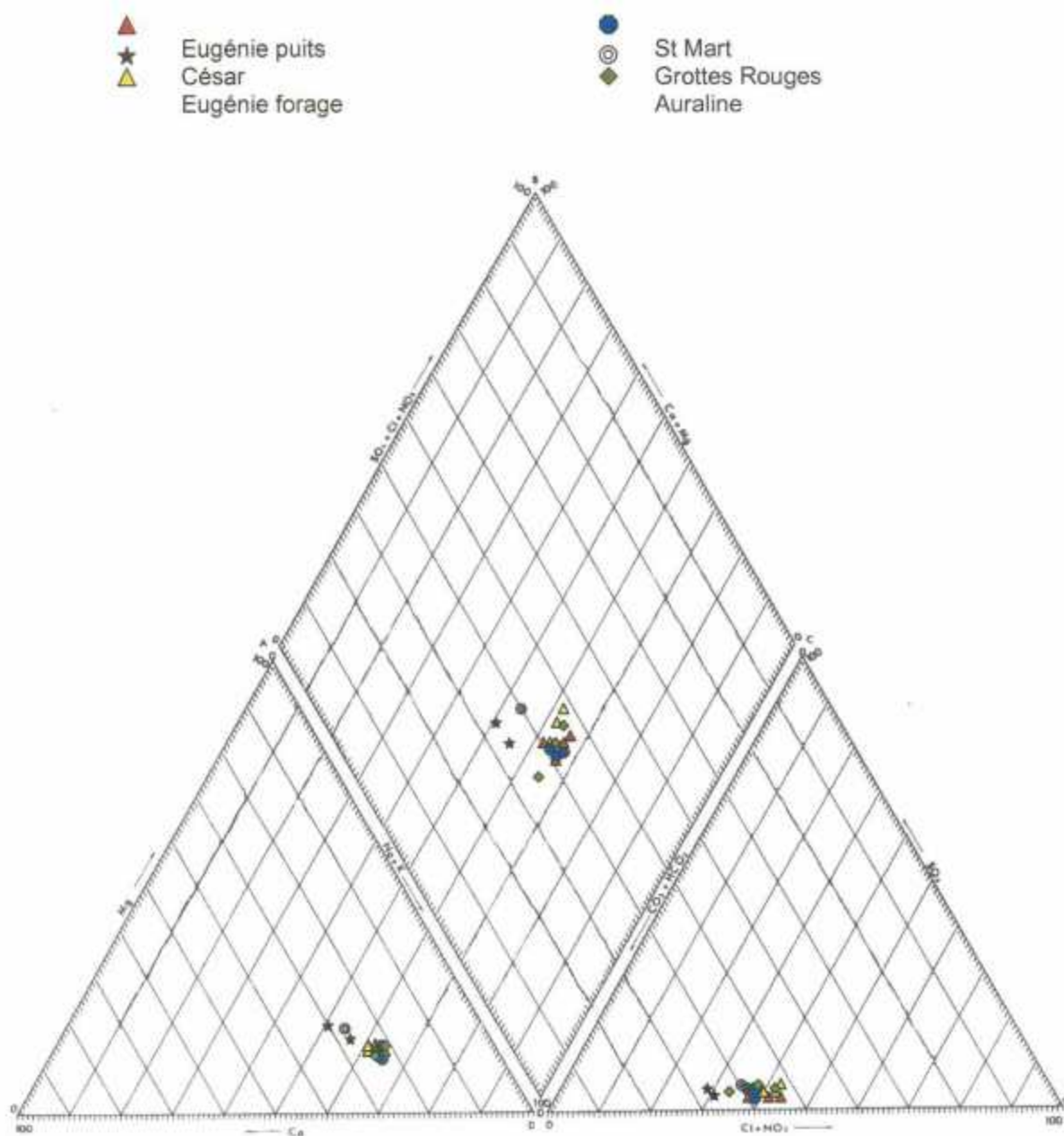


Fig. 9 : Diagramme de Piper pour les sources minérales de Royat-Chamalières

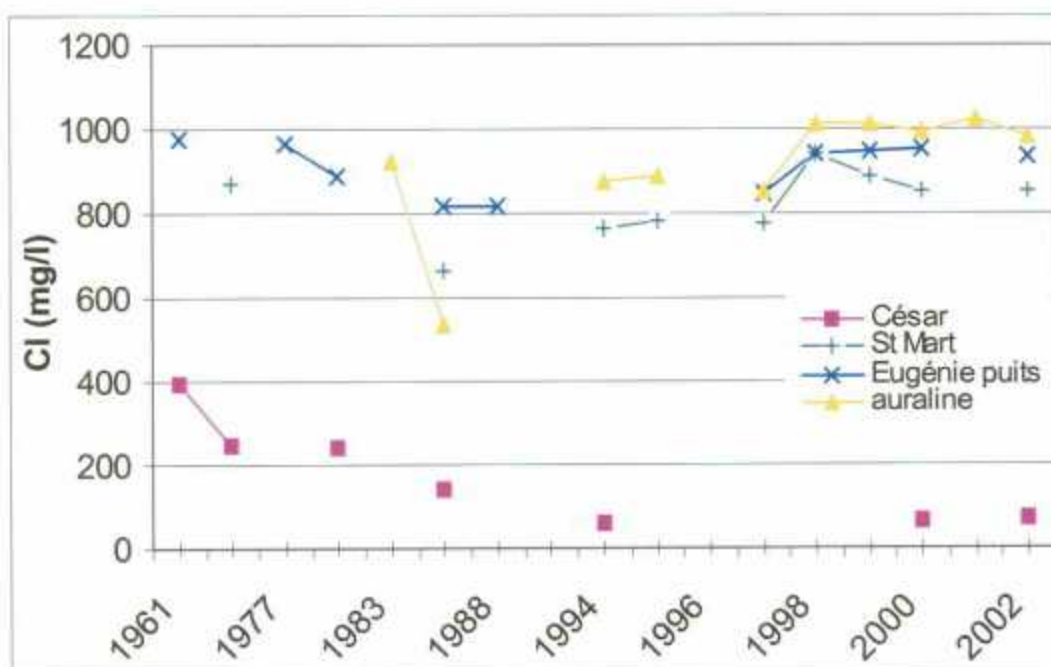


Fig. 13a : évolution de la concentration en chlorures de 1961 à 2002 pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits

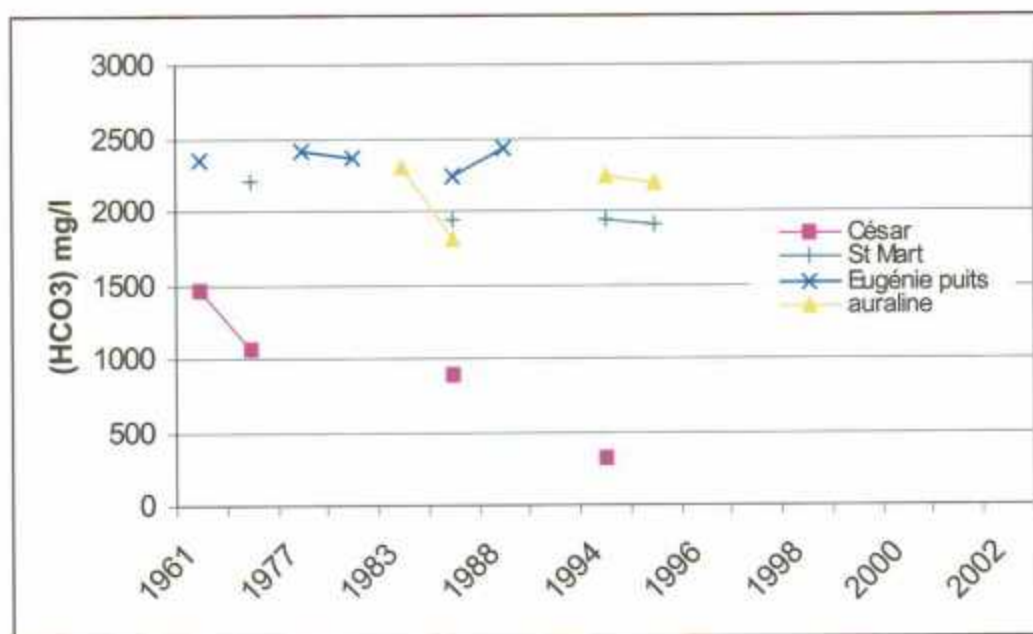


Fig. 13b : évolution de la concentration en bicarbonates de 1961 à 2002 pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits

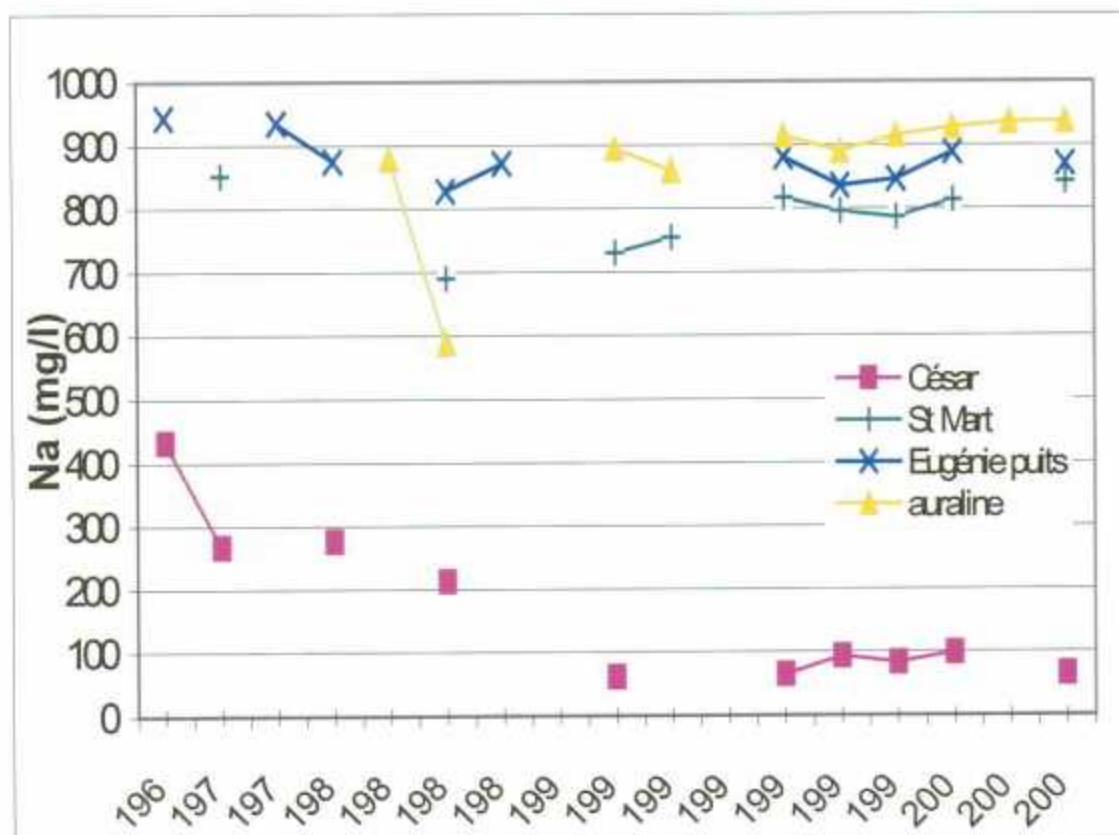
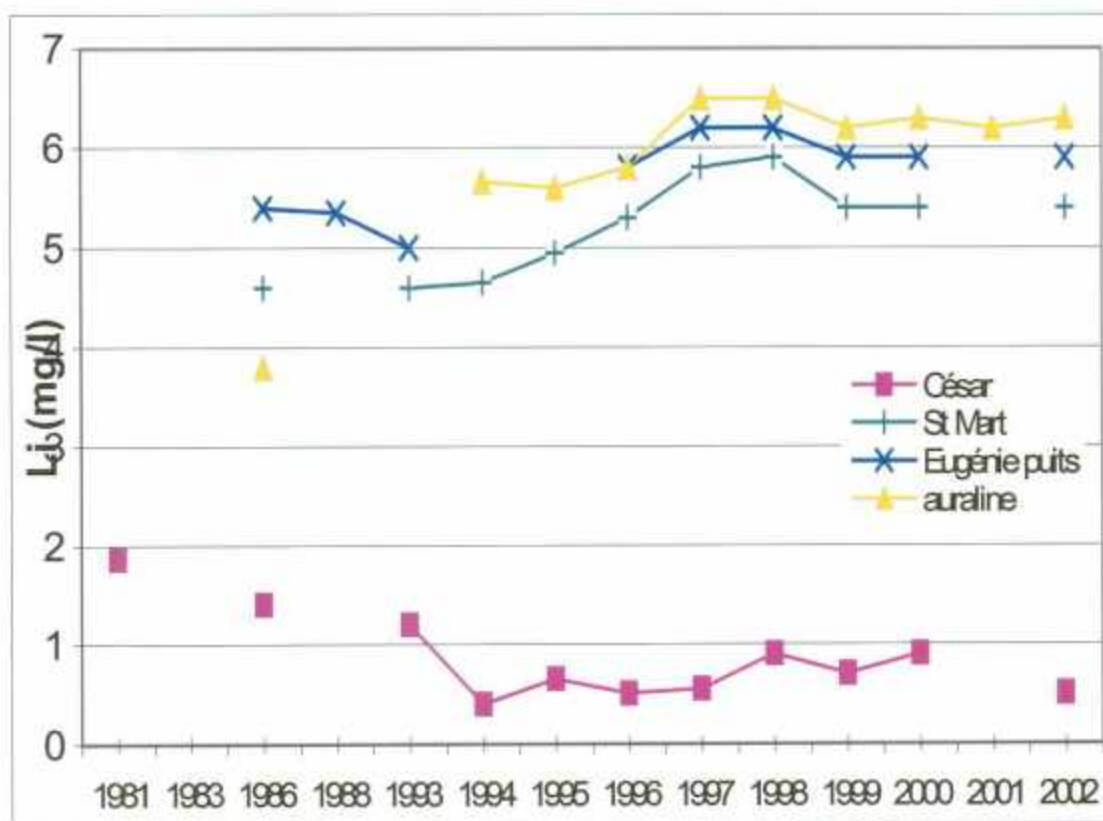
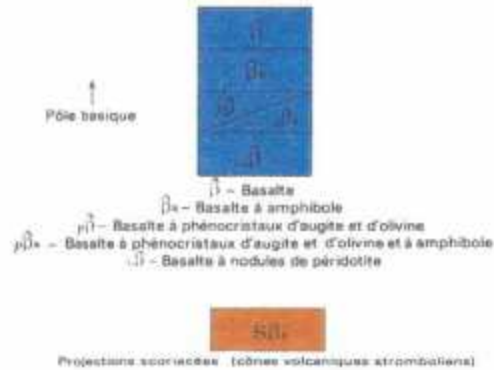


Fig. 13 c : évolution de la concentration en sodium de 1961 à 2002
pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits



**Fig 14 : évolution de la concentration en lithium de 1961 à 2002
pour les sources St-Mart, César, Auraline et Eugénie puits**

Formations volcaniques quaternaires



Formations sédimentaires

Formations dérivées de l'Oligocène:



Roches éruptives Hercyniennes

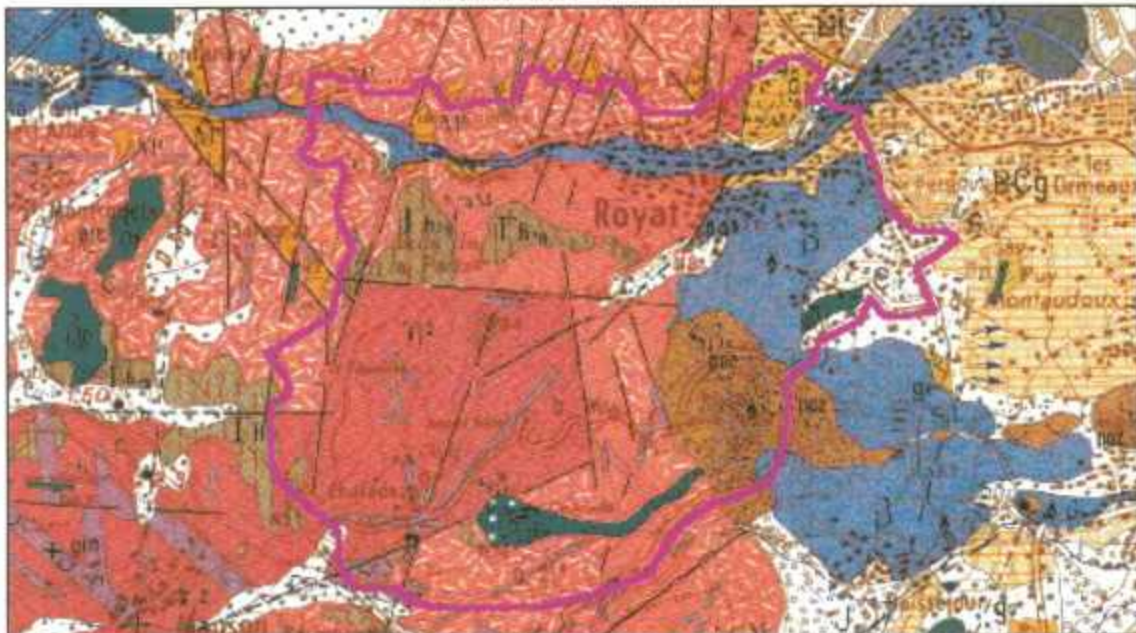
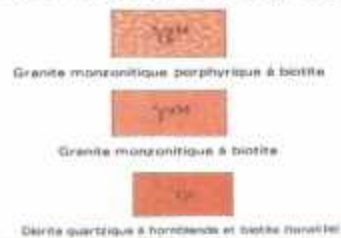


Fig 15 : extrait de la carte géologique de Clermont-Ferrand (693) © BRGM –
(Echelle 1/50 000)

ANNEXES

ANNEXE 1

Lexique et abréviations employées dans le texte

Lexique et abréviations employées dans le texte

63	Département du Puy-de-Dôme
AEP	Alimentation en Eau Potable
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AM	Arrêté Ministériel
AUV	Région Auvergne
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS	Banque des Données du Sous-Sol
DDASS 63	Direction de l'Action Sanitaire et Sociale du Puy-de-Dôme
DIP	Déclaration d'Intérêt Public
DRASS	Direction Régionale de l'Action Sanitaire et Sociale
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EM	Eaux minérales
ET	Établissement Thermal (de Royat)
ETM	Eaux thermales et minérales
NGF	Nivellement Général de la France
PP	Périmètre de protection
PSE	Périmètre Sanitaire d'Emergence
SGR	Service Géologique Régional
SIAEP	Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable

Données techniques

C	Conductivité de l'eau en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou en milliSiemens par centimètre (mS/cm)
captages	P = puits, F = forage, S = source, G = galerie
CO ₂	Gaz carbonique (CO ₂ dissous en %, mesuré in-situ au Karat)
Q	Débit
T	Température de l'eau en °C

ANNEXE 2

Bibliographie sur les ressources en eau de la station thermale de Royat-Chamalières (63)

**Bibliographie sur les ressources en eau
de la station thermale de Royat-Chamalières (63)**

Annales des Mines, 1998 : Les eaux minérales naturelles. L'inventaire complet des sources en France

ANTEA, 1994 : Rapport concernant les demandes d'Autorisation d'exploiter à l'émergence et après transport les sources Eugénie, Grottes Rouges, Auraline, César et Saint Mart. Première partie.

ARMAND L., 1934 : Considérations hydrologiques sur quelques sources minérales du Massif Central. AIHC, t. IX, fasc.3 (n°33)

AUBIGNAT A., 1968 : Hydrogéologie des sources minérales d'Auvergne. Revue de l'Industrie Minérale

AUVERGNE THERMALE, 1996 : Thérapeutique thermale en Auvergne. Bilan et perspectives de la recherche

AUVERGNE THERMALE, 2001 : Le guide thermal Auvergne

BATARD F., MAISONNEUVE J., RISLER J.J., 1978 : La province hydrominérale des eaux carbogazeuses d'Auvergne. Rev. Sc. Nat. d'Auvergne, vol.44

BATARD F., et al., 1979 : Prospection de CO₂ d'origine profonde dans le Massif Central français. Bull. BRGM, sect.III, n°2, pp. 157-164, 4 fig., 2 tabl.

BATARD F., BOSCH B., DESGRANGES P., LELEU M., MARCE A., RISLER J.J., 1979: Les gaz rares, une caractéristique des sources thermominérales du nord du Massif Central français. C.R. Acad. Sc., 5 mars 1979

BATARD F., 1980 : Agrandissement de l'établissement thermal de Royat. Contrôle des sources de Royat-Chamalières, synthèse des données géologiques et hydrogéologiques acquises lors des travaux. Rapport BRGM/RR 20781 FR SGN 623 AUV

BATARD F., BOSCH B., MARCE A., RISLER J.J., 1980 : Détermination de l'origine du carbone par l'étude isotopique du système CO₂-HCO₃⁻ dans les sources thermominérales du Massif Central français. C.R. Acad. Sc. Paris, t.290 série D-971

BATARD F., BAUBRON J.C., BOSCH B., MARCE A., RISLER J.J., 1982 : Isotopic identification of gases of a deep origin in French thermomineral waters. Journ. Hydro., t.56, pp.1-21

BAUBRON J.C., BOSCH B., DEGRANGES P., LELEU M., MARCE A., RISLER J.J., SARCIA C., 1979 : Recherches géochimiques sur les eaux thermales de la bordure Ouest de Limagne. Bulletin de Minéralogie, 102, pp676-683

BOINEAU R., MAISONNEUVE J., 1971 : Les sources minérales du Massif Central français et leur cadre géologique. Rapport BRGM 71 SGN 175 MCE

BOINEAU R., MAISONNEUVE J., 1971 : Les sources thermo-minérales du Massif Central français et leur cadre géologique. In C.R. Symp. J. JUNG : Géologie, géomorphologie et structure profonde du Massif Central français, Clermont-Ferrand, pp. 581-607

BOINEAU R., MAISONNEUVE J., 1972 : Les sources minérales du Massif Central français et leur cadre géologique. BRGM 72 SGN 151 MCE

BOUCOMONT F., 1892 : Les eaux minérales d'Auvergne : Le Mont-Dore, La Bourboule, Royat Châtel-Guyon, Saint-Nectaire, Châteauneuf-Chaudes-Aigues, etc. 210 p.

BOUCOMONT Y., 1858 : Aperçu historique sur Royat. Royat Journal.

BOURGEOIS M., MERCIER.BATARD F., 1981 : Contrôle des sources thermominérales de Royat-Chamalières à l'occasion du forage géothermique de la Croix de Neyrat à Clermont-Ferrand. Rapport BRGM/RR 20417 FR SGN 509 AUV

BOURGEOIS M., 1983 : Compte-rendu d'exécution du forage Roy 101 (première phase) et observations effectuées sur les sources thermales. Rapport BRGM/RR 19762 FR SGN 371 AUV

Collectif BRGM, 1977 : Projet d'agrandissement de l'établissement thermal de Royat. Reconnaissance géotechnique et hydrogéologique préliminaire. Rapport BRGM/RR-15210-FR 77 SGN 528 MCE

Collectif BRGM, 1978 : Projet d'agrandissement de l'établissement thermal de Royat. Reconnaissance géotechnique et hydrogéologique complémentaire. Rapport BRGM/RR-15093-FR SGN 228 MCE

Collectif BRGM, 1994 : Compte-rendu du forage effectué dans l'établissement thermal de Royat-Chamalières.

Collectif BRGM, 1997 : Base de données tritium sur les eaux minérales en France. Rapport BRGM/ R-39776

CORRIGNAN P., IUNDT F., 1993 : Audit de l'installation de déferrisation et définition des mesures à adopter pour parfaire le process. Rapport BRGM/RN 0658 AUV 4S 93

D'ARCY D., 1973. Etude hydrogéologique du périmètre thermal de Royat (PDD). Travaux de recaptage de la source César – 73SGN354 MCE

DEGRANGES P., PEPIN D., RISLER J.J., BAUDRON J.C., BOSCH B., 1978 : Etude chimique et isotopique de l'eau minérale et des gaz thermaux de Royat. Cahiers d'Artériologie de Royat, T. VI, p.14 à 25

D'ARCY D., BELKESSAR R., ROUZAIRE D., 1984 : Observations faites sur les sources Eugénie et Saint Marl en pompage, en fonction du débit jaillissant du forage Roy 101. Rapport BRGM/RR 19453 FR AGI 078 AUV

DOREL J., FOUREL D., DONNADIEU G., 1995 : Etude de la sismicité de l'Auvergne et des régions limitrophes (Massif Central français). BSGF, 3, pp 113-148 (15 fig., 1 tab., 1 ann.)

FOLLIOT M., 1993 : Etude hydrologique de la Tiretaine à Royat – Impacts de l'aménagement d'un projet d'urbanisme. Rapport BRGM/RN-00816-FR, 4S, AUV

FONTES J.C., GLANGEAUD L., GONFIANTINI R., TONGIORGI E., 1963 : Composition isotopique et origine des eaux et gaz thermaux du Massif Central. CRAS

FOUILLAC C., CAILLEAUX P., MICHARD G., MERLIVAT L., 1975 : Premières études de sources thermales du Massif Central français au point de vue géothermique. Proceedings. Second United Nations Symp. on the development and use of geothermal resources. San Francisco, USA, 1, pp.721-726 (Puy-de-Dôme)

FOUILLAC C., MICHARD G., OUZOUNIAN C., CAILLEAUX P., 1976 : Modifications subsuperficielles de la composition chimique des eaux thermales du Massif Central français. Symp. on thermal waters, Geothermal energy and Volcanism of the Mediterranean Area. 2, pp.202-216

FOUILLAC C., 1983 : Chemical geothermometry in CO₂ rich thermal waters. Example of the French Massif Central. Geothermics, 12, n°2/3, pp. 149-161

FRITSCHA., PINSET-HARSTROM I., COURSAGET J., 1958 : Etude sur la teneur en produitradioactifs des eaux et des gaz des sources thermales de la Bourboule, du Mont-Dore et de Royat. Rapport CEA n° 876

GARDES G. 1934 : Etude hydrogéologique de la source Eugénie de la station thermale de Royat en vue de la demande d'extension de son périmètre de protection.

GLANGEAUD P., 1927 : Hydrogéologie du Bassin de Royat. Annales de l'Institut d'Hydrogéologie et de Climatologie (avril-juin 1927), extrait des Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie T. V, n°2

GUIGUES SA, 1989 : Note technique et commerciale : Installation de réchauffage de l'eau minérale d'Eugénie

Ingé Conseil, 2000 : Hôpital Thermal Eugène Bertrand, Compte-rendu final

IUNDT F., JEAN P., MERCIER-BATARD F., MICHAELY B., 1986 : Réorganisation du réseau de distribution d'eau minérale à Royat (Puy-de-Dôme). Rapport BRGM 86 SGN 213 AUV

JANY PH, MERCIER F, 1992 : Inventaires des sources minérales du Puy-de-Dôme. BRGM R 35801

JEAN P., MERCIER-BATARD F., 1986 : Interprétation de pompages sur la source Eugénie et le nouveau captage. Prévisions d'exploitation. Rapport BRGM, 86 SGN 575 AUV

LECOQ H., 1865 : Les eaux minérales du Massif Central de la France

- MAISONNEUVE J., RISLER J.J., 1974 : Le gaz carbonique hydrothermal en Auvergne. Rev. Sci. Nat. d'Auvergne, 40, pp.27-47
- MERCIER.BATARD F.,1984 : Compte-rendu succinct de l'approfondissement du forage Roy 101. Rapport BRGM/ RR 19270 FR 84 AGI 295 AUV
- MERCIER.BATARD F.,1985 : Auscultation du puits Eugénie. Rapport BRGM/RR 18702 FR 85 SGN 647 AUV
- MERCIER.BATARD F.,1985 : Contrôle des sources thermominérales de Royat à l'occasion du forage géothermique de la Croix de Neyrat à Clermont-Ferrand, Rapport final. Rapport BRGM/RR 18703 FR 85 SGN 646 AUV
- MERCIER.BATARD F., MICHAELY B., ROUZAIRE D., 1992 : Forage de reconnaissance-exploitation – 1991-92 – Suivi hydrogéologique. Rapport BRGM/RR 34834 FR 92 4S AUV
- MERCIER F., ROUZAIRE D., 1993 : Compte-rendu de pompages sur F1 92 Eugénie et F2 92 Grottes Rouges. Rapport BRGM/RN-00295-FR, 4S, AUV
- MERCIER F., BONHOURE D., 1994 : Forage F1-92 Eugénie : Validation du débit d'exploitation par artésianisme. Rapport BRGM/RN-01414-FR, 4S, AUV
- MICHARD G., FOUILLAC C., GRIMAUD D., DENIS J., 1981 : Une méthode globale d'estimation des températures des réservoirs alimentant les sources thermales. Exemple du Massif central français. Géochim. Cosmochim. Acta, 45, pp. 1199-1207
- NIVET B., 1860 : Etude géologique du site de Royat
- OSSIAN H. fils, GONOT E-B. : Etudes sur l'eau minérale des Roches
- PELLERIN P., REMY I., 1968 : Radioactivité naturelle de 250 sources hydrominérales françaises. Bull. INSERM, t. 23
- PEPIN D., 1970 : Application de la spectrographie d'émission à l'étude des éléments traces des eaux minérales. Thèses Pharmacie, Clermont-Ferrand
- RISLER J.J., 1974 : Description et classification géologique des sources minérales et thermales du Massif Central. BRGM 74 SGN 418 MCE
- RISLER J.J., 1974 : Apport des données de l'analyse chimique à l'étude de la thermalité des sources chaudes issues du Massif Central français. Utilisation de deux géothermomètres. BRGM 74 SGN 430 MCE
- RISLER J.J., 1976 : Point des travaux d'analyses chimiques et isotopiques réalisées sur les eaux thermo-minérales du Massif Central français. BRGM 76 SGN 450 MCE
- RISLER J.J., 1977 : Caractéristiques chimiques et isotopiques des gaz de quelques sources thermo-minérales du Massif Central français. XVIII Congr. Soc. Intern. Techn. Hydroth. Chaude, Fontaine les Bains, Belgique. Rapport BRGM 77 SGN 553 MCE

RISLER J.J., DESGRANGES P., BOSCH B., MARCE A., 1978 : Les gaz thermaux de Royat (Puy de Dôme). Analyses chimiques et isotopiques. Rapport BRGM/RR 21616 78 SGN 064 MCE

ROUZAIRE D., MICHAELY B., FOLLIOT M., MERCIER F., 1990 : Prospection du CO₂ des sols autour du captage Eugénie. Rapport BRGM/RR 31382 FR 90 4S AUV

SCHOELLER H., SCHOELLER M., 1977 : Caractéristiques et origine des constituants majeurs des eaux thermo-minérales du Massif Central. C.R. Acad. Sc. Fr., 285, (D), n°16, pp.1407-1410

SCHOELLER H., SCHOELLER M., 1979 : Une étude des eaux thermo-minérales du Massif Central français. Bull. BRGM, section III, n°2, pp. 121-156, 21 fig., 12 tabl., 5 ann.

SCANVIC J.Y., 1973 : Structural investigations in the Massif Central France. Third Earth Resources technology satellite. 1st Symposium, vol.1 : technical presentations Section A Washington, D.C., NASA

Sic Infra, 2002 : Etude de faisabilité géotechnique n°01-2715B. Royat-Centre Thermoludique Royat Tonique

THUISAT R., 1973 : Les sources thermominérales de CHATEL-GUYON et leur environnement géologique (Massif Central Français). Etude de la composition isotopique de l'argon contenu dans les gaz d'accompagnement de certaines sources minérales du Puy de Dôme, de l'Allier, du Cantal et de la Creuse. Thèse 3^{ème} cycle, Université de Clermont-Ferrand, 128p

TONGIORNI E., 1963 : Composition isotopique et origine des eaux et gaz thermaux du Massif Central. Cr Ac Sc. Paris, 256, pp 472-474

TRUCHOT, 1978 : Dictionnaire des eaux minérales du département du Puy-de-Dôme

URBAIN P., BARDET J., LEPAPE A., GESLIN M., 1939 : Analyse des eaux minérales de Royat (Puy-de-Dôme). AIHC, t. XII, fasc. 4 (n°46)

VIGOUROUX P., 1999 : Atlas des périmètres de protection des sources d'eau minérale. Rapport R40466, BRGM, Département Eau et Antenne Eau Minérale.

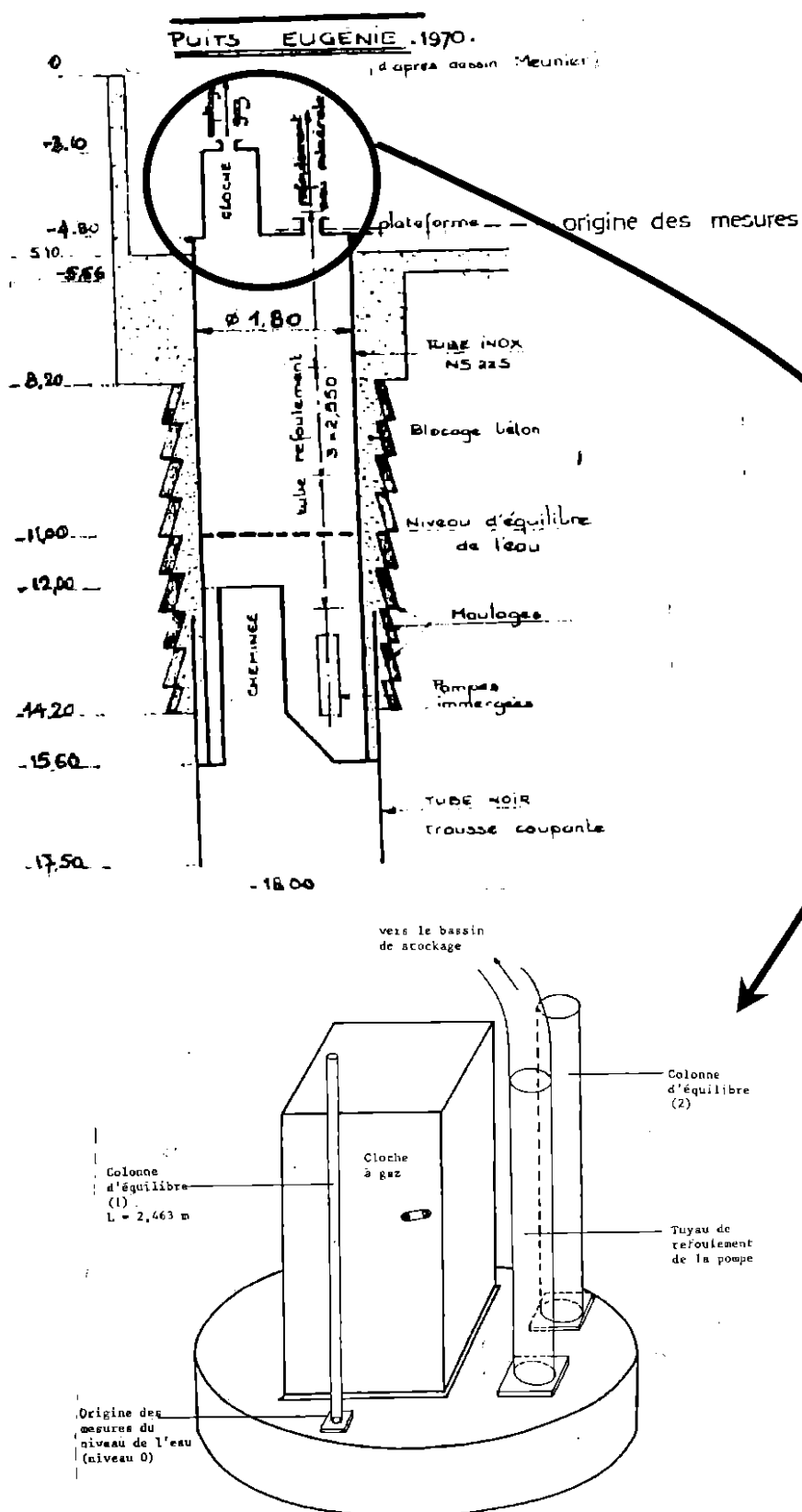
Documents DRIRE :

- 1860 : Rapport de l'Inspecteur Général des Mines, chargé de la Division du Centre sur deux demandes tendant, l'une à faire déclarer d'intérêt public la source de Royat (Puy-de-Dôme) ; et l'autre à faire attribuer à cette source un périmètre de protection,
- 1860 : Actions thérapeutiques des eaux minérales de Royat,
- 1928 : Rapport de l'Ingénieur des Mines concernant la demande de réalisation d'un forage d'eau douce par Madame la Supérieure de la Congrégation des Sœurs Franciscaine à Chamalières
- 1995 : Rapport au CDH concernant le dossier présenté par le Président du Conseil d'Exploitation de la Régie Municipale des eaux minérales de Royat le 8 juin 1995
- 2002 : Avis sur l'étude de faisabilité géotechnique établie par Sic Infra sur un centre thermoludique à Royat

ANNEXE 3 :

Schéma du puits Eugénie

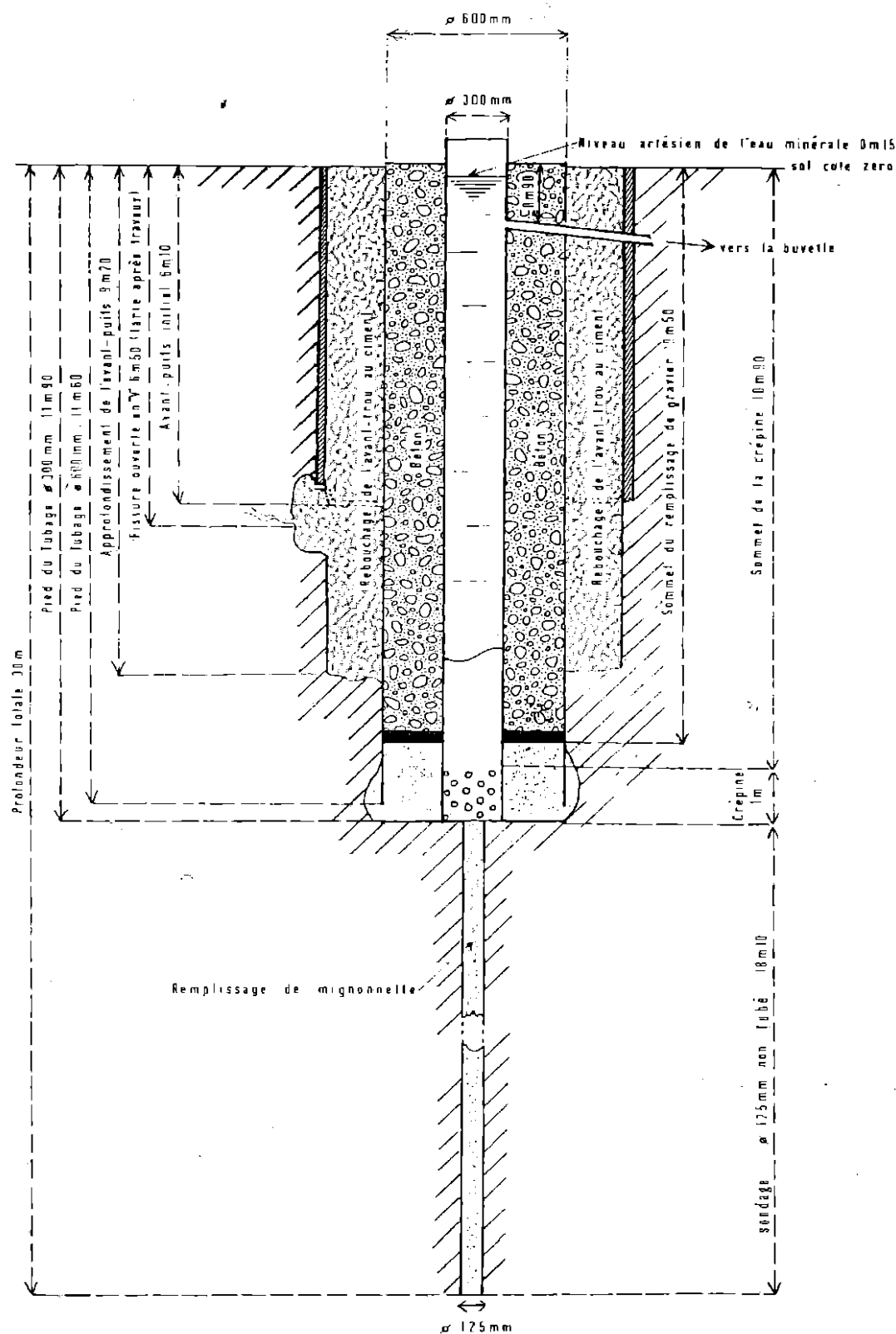
Schéma du puits Eugénie



ANNEXE 4

Coupe technique du forage César

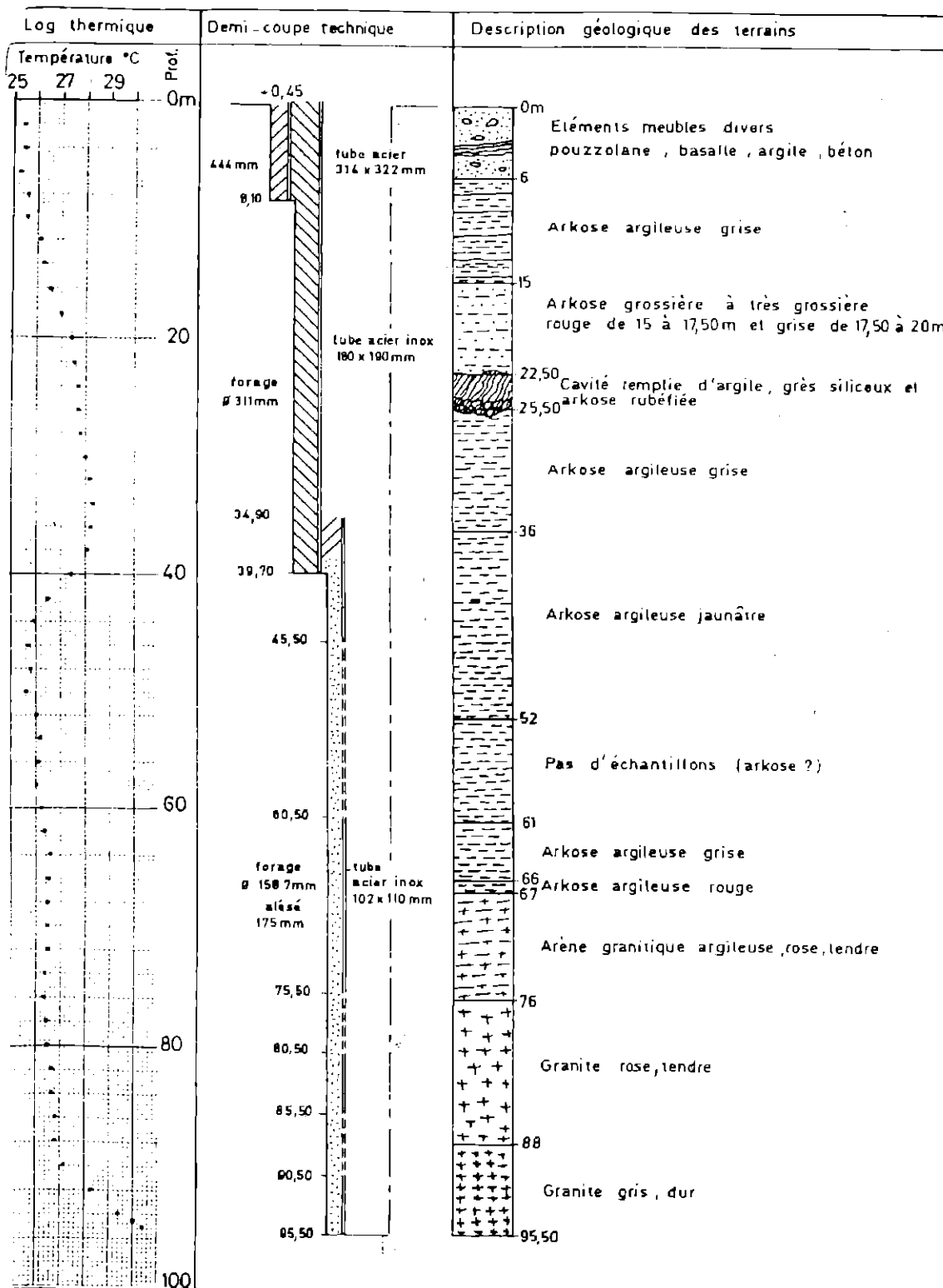
Coupe technique du forage César



ANNEXE 5

Coupes géologique et technique du forage Auraline

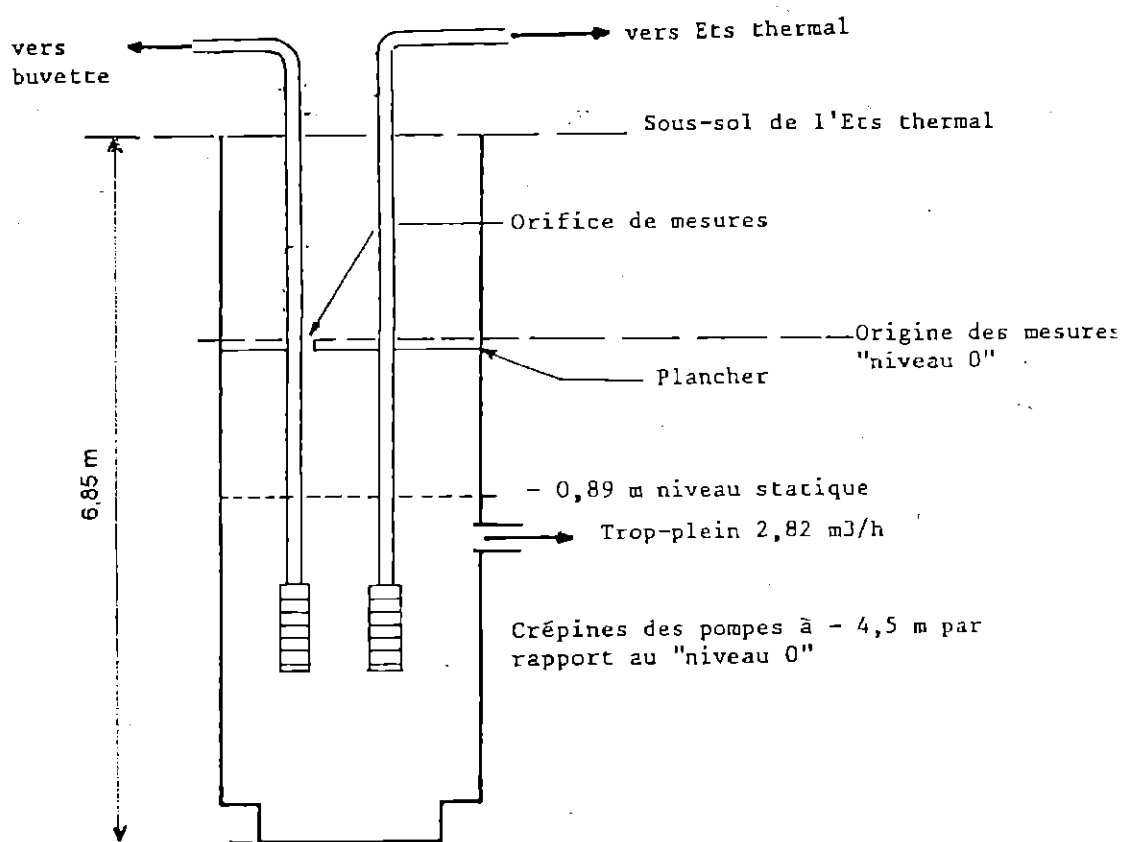
Coupes géologique et technique du forage Auraline



ANNEXE 6

Coupe technique du puits Saint-Mart

Coupe technique du puits Saint-Mart



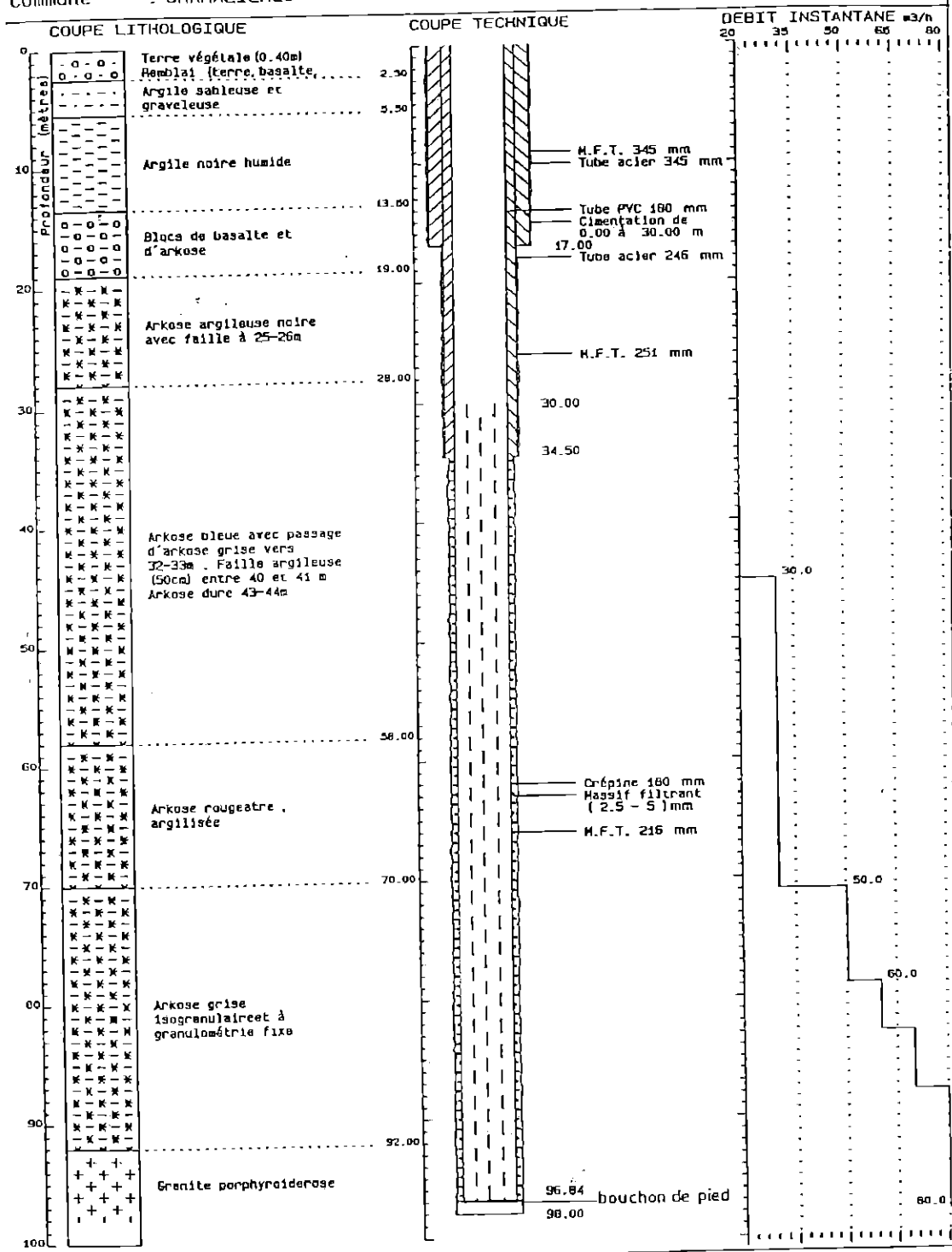
ANNEXE 7

Coupes géologique et technique du forage Eugénie

Coupes géologique et technique du forage Eugénie

Département : PUY DE DOME
Commune : CHAMALIERES

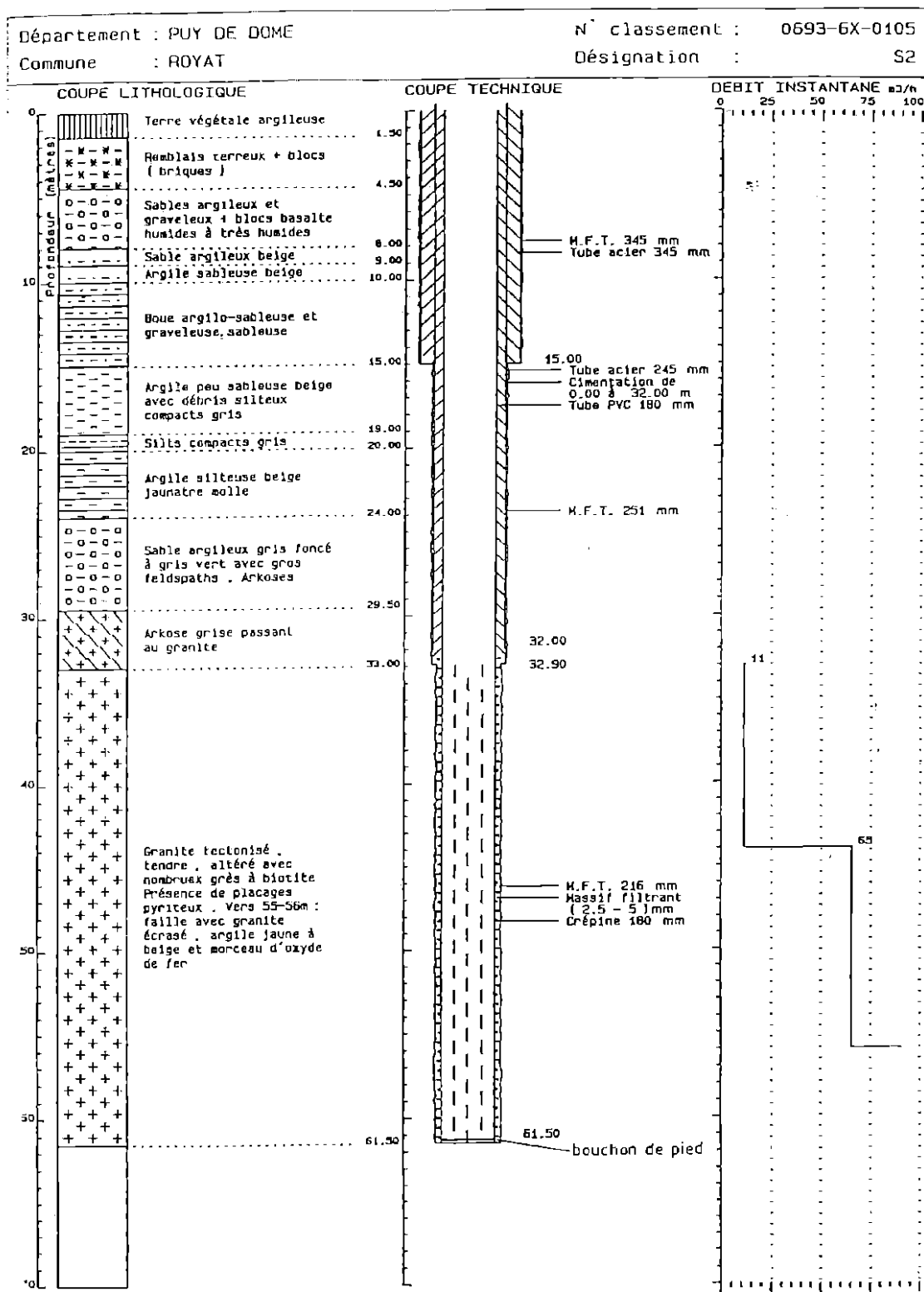
N° classement : 0693-7X-1246
Désignation : FORAGE EUGÉNIE



ANNEXE 8

Coupes géologique et technique du forage Grottes Rouges

Coupes géologique et technique du forage Grottes Rouges



ANNEXE 9

Analyses physico-chimique des émergences thermales

Désignation	Grottes Rouges										Eugénie									
	1993	1973	1977	1981	1985	1986	1988	28/4/93	26/9/94	11/11/96	3/4/97	5/5/98	1/4/99	7/4/00	20/3/02	7/2/03	1993	1994	1994	1994
Date de prélèvement	forage																forage	forage	forage	forage
Lieu de prélèvement																				
Conductivité (µS/cm à 25°C)	3772	5899	5458	5214	5878			5422	5244	5390	5590	5420	5710	5850	5650	33.6	5767	5067	5457	
T°C	26.8		34		32.4			33.1	32.4	33.5	33.8	33.2	33.6	33.2	33.8	33.6				32.5
pH								6.3		6.5	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3					
Ca (mg/l)	197.5	260	262	293.2	233	210	260										255	250.8	251	
Mg (mg/l)	94.5	112	120	136.9	105	115	122										115.1	111.6	112	
Na (mg/l)	438	943	935	874	793	861	870				879.4	835.9	845	888	869.2		805.6	790.5	740	
K (mg/l)	54	95.5	103	96.3	100	103	133										89.4	83.6	83.4	
HCO3 (mg/l)	1439.6	2342	2415	2366	2205	2275	2422										2105	2062	2074	
Cl (mg/l)	477.2	976	966	887.4	796	840	820				845	940	950	954	933		824.5	770	805	
SO4 (mg/l)	88.6	104.6	110	106.2	94												109.4	107.4	104	
NO3 (mg NO3/l)	0.4	0			<1						<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.3	0.1	0.2	
NO2 (mg NO2/l)	0.019																0.013	<0.005	<0.005	
NH4 (mg NH4/l)	0.98	0	1.2								<0.05	<0.05	0.48	1	1.23		1.48	<0.005	<0.05	
Fe (mg/l)	15.65	0.9	6.6		6.95						9.4	7.5	8.1	7.5	5.68		8.9	9.9	9.4	
Mn (mg/l)	0.68				0.34						0.125	0.3	0.36	0.323	0.335		0.41	0.3	0.305	
Al (mg/l)	0.05				0.057												0.05		<0.005	
Sr (mg/l)	3.5				4.7												6.2		5.2	
Ba (mg/l)	0.22				0.135												0.15	0.15	0.22	
Li (mg/l)	2.9				5.4		5.35	5		5.8	6.3	6.2	5.9	5.9	5.9		5.1	5.12	6.95	
F (mg/l)	0.72	0.95	1		4.3												0.46	0.76	0.75	
B (mg/l)	3.6				7.5												5.2	6.15	6.35	
PO4 (mg PO4/l)	0.36																0.48		0.09	
As (mg/l)	0.215				0.37												0.325		0.32	
Cu (mg/l)					<0.005															
Pb (mg/l)					<0.02															
Cd (mg/l)					< 0.005															
Zn (mg/l)					0.021															
SiO2 (mg SiO2/l)	133	100	98		90												147			112

Désignation	Auraline														
Date de prélèvement	1983	1984	1985	1994	1995	11/10/96	3/4/97	5/5/98	1/4/99	27/8/99	7/4/00	22/9/00	27/3/01	20/3/02	12/9/02
Lieu de prélèvement	forage			griffon									rob tech		
Conductivité (µS/cm à 25°C)			4633	5502	5567	5450	5730	5810	5960	5910	6100		5780	5990	6370
T°C		31.4	32	32.1	31.7	32.6	32.6	32.5	32.3	33.2	32	32.3	33.2	31	31
pH					6.4	6.3	6.4	6.3	6.3	6.3		6.3	6.3	6.3	6.5
Ca (mg/l)	256		206	269	263.95										
Mg (mg/l)	114		91	121.7	125.75										
Na (mg/l)	878		588	894	859		914	890	915		927		935.6	936.7	962.1
K (mg/l)	98		74	109.2	94.8										
HCO3 (mg/l)	2303		1806	2245	2196										
Cl (mg/l)	923		538	875	890		855	1010	1010		992		1026	981.4	
SO4 (mg/l)	80		93	113.2	107.75										
NO3 (mg NO3/l)	65.74?		<1	1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1		<0.1		<0.1	<0.1	
NO2 (mg NO2/l)				<0.005	0.05										
NH4 (mg NH4/l)				<0.05	1.05		<0.05	<0.05	0.54		1		1.16	1.29	
Fe (mg/l)			7.35	7.8	7.75		8.5	6.5	7.3		7.19		7.4	7.43	
Mn (mg/l)			0.49	0.32	0.215		0.165	0.26	0.33		0.297		0.317	0.301	
Al (mg/l)			0.071	<0.005	<0.005										
Sr (mg/l)			3.7	1.65?	5.71										
Ba (mg/l)			0.138												
Li (mg/l)			3.8	5.66	5.6	5.8	6.5	6.5	6.2	6.2	6.3		6.2	6.3	
F (mg/l)			3.4	0.64	0.73										
B (mg/l)			5.3	7.2	7.15										
PO4 (mg PO4/l)															
As (mg/l)			0.47	0.41	0.38										
Cu (mg/l)			<0.005	<0.002	<0.002										
Pb (mg/l)			<0.02	<0.005	<0.005										
Cd (mg/l)			<0.005												
Zn (mg/l)			0.024												
SiO2 (mg SiO2/l)			83	101	104										

Désignation		César																						
Date de prélèvement	1960	1961	1962	1964	1966	1968	1969	1970	1/3/71	27/7/71	29/8/71	1973	1981	1985	15/3/93 rob tech	26/9/94 grifon	17/3/95 grifon	11/10/96	3/4/97	5/5/98	1/4/99	7/4/00 grifon	20/3/02	12/7/02 buvette
Lieu de prélèvement		grifon										grifon										grifon		
Conductivité (µS/cm 25°C)	3060	2935	3012	2736	2710	2726	2631	2661	2215	1100	1468	2214	1924	2078	1709	863	944	852	899	1025	948	1039	960	928
T°C							29			25	24		27.5	25.4	24.3	21.3	20.8	21.6	21.2	21.3	21.2	21.1	18.3	19.4
pH																	6.2						6.5	
Ca (mg/l)		181.6										143.8	174.2	119		92.6								
Mg (mg/l)		73.7										61.4	69	50		23.6								
Na (mg/l)		432.2										266.8	276	212		61.4			64.1	92.5	82.4	98.3	64.9	
K (mg/l)		55.7										39.8	40.95	35		16.9								
HCO3 (mg/l)		1465										1061	891	891		323.3								
Cl (mg/l)		396										248.5	241.4	143		58						64.7	68.2	
SO4 (mg/l)		60.3										73	96.1	96		98.1								
NO3 (mg NO3/l)		0										0		<1		1			<0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.3	
NO2 (mg NO2/l)		0										0				0.11								
NH4 (mg NH4/l)		0										0		6.2		1			<0.05	<0.05	0.18	0.14	0.22	
Fe (mg/l)												2	8.05	0.37		2			4.1	8.35	4.7	3.87	2.95	
Mn (mg/l)													0.39	<0.01		0.23			0.19	0.26	0.305	0.273	0.327	
Al (mg/l)														<0.01		0.009								
Sr (mg/l)														1.7		837								
Ba (mg/l)														0.096										
Li (mg/l)													1.86	1.4	1.2	0.4	0.65	0.5	0.55	0.9	0.7	0.9	0.5	
F (mg/l)												0.95	0.8	1.1		0.93								
B (mg/l)														1.9		0.3								
PO4 (mg PO4/l)																								
As (mg/l)													0.14	0.096		0.033								
Cu (mg/l)														0.021		0.003								
Pb (mg/l)														<0.02		<0.005								
Cd (mg/l)														<0.005										
Zn (mg/l)														0.085										
SiO2 (mg SiO2/l)		81.5										82	102	98		46.5								

Désignation	St Mart										
Date de prélèvement	1973	1985	15/3/93	26/9/94	5/5/95	11/10/96	3/4/97	5/5/98	1/4/99	7/4/00	20/3/02
Lieu de prélèvement	griffon		rob tech	griffon						griffon	
Conductivité ($\mu\text{S/cm}$ à 25°C)	5535	5133	5047	4822	5000	4950	5230	5280	5330	5320	5250
T°C		25	28.2	28.1	29.1	29.9	29.3	29.7	28.3	28	29.2
pH						6.3	6.3	6.2	6.1		6.2
Ca (mg/l)	253	235		246.9	254.4						
Mg (mg/l)	106.8	90		107.3	115.1						
Na (mg/l)	851	690		730	754		815.7	794.9	785.6	813	840.5
K (mg/l)	89	86		90.2	83.4						
HCO3 (mg/l)	2209.8	1930		1939.8	1909.3						
Cl (mg/l)	869.8	664		765	780		775	940	890	852	855
SO4 (mg/l)	94.1	96		99	101.5						
NO3 (mg NO3/l)	0	<1		1	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
NO2 (mg NO2/l)	0			0.012	0.04						
NH4 (mg NH4/l)				1.3	0.9		<0.05	<0.05	0.41	0.8	1
Fe (mg/l)	0.9	4.93		6.3	5.8		5.8	5.95	6.7	6	5.15
Mn (mg/l)		0.36		0.33	0.23		0.2	0.295	0.36	0.322	0.323
Al (mg/l)		0.08		<0.005	<0.005						
Sr (mg/l)		3.9		1.95	4.68						
Ba (mg/l)		0.108									
Li (mg/l)		4.6	4.6	4.65	4.95	5.3	5.8	5.9	5.4	5.4	5.4
F (mg/l)	0.8	3.7		0.35	0.35						
B (mg/l)		6.2		6.2	6.75						
PO4 (mg PO4/l)											
As (mg/l)		0.26		0.31	0.25						
Cu (mg/l)		<0.005		<0.002	<0.002						
Pb (mg/l)		<0.02		<0.005	<0.005						
Cd (mg/l)		<0.005									
Zn (mg/l)		0.021									
SiO2 (mg SiO2/l)	100	80		103.5	105.5						

Désignation	St Victor														Limites AEP
Date de prélèvement	21/6/93	23/3/94	17/10/94	17/3/95	8/6/95	21/10/96	5/5/98	7/10/99	7/4/00	14/9/01	16/8/01	27/3/01	25/6/02	20/3/02	décret n° 2001-1220
Lieu de prélèvement							griffon		griffon						
Conductivité (µS/cm à 25°C)	5256	5333	5444	5278	5244	5080	5160	5410	5880	5360	5380	5030	5250	5160	
T°C	20.8	19.7	20.4	19.4	19.7	20.3	19.9	20.7	20.2	20.9	23.6	20.7	21	21.3	<25
pH	6.7			6.3	6.3	6.2	6.3	6.3	6.3	6.2	6.5	6.4	6.3	6.3	6.5<pH<9.0
Ca (mg/l)															
Mg (mg/l)		-													<50
Na (mg/l)							894		826						<200
K (mg/l)															
HCO3 (mg/l)															
Cl (mg/l)							920		831						<250
SO4 (mg/l)															<250
NO3 (mg NO3/l)							<0.1		<0.1						<50
NO2 (mg NO2/l)															<0.1
NH4 (mg NH4/l)							<0.05		0.8						<0.5
Fe (mg/l)							5.15		4.04						<0.2
Mn (mg/l)							0.22		0.244						<0.05
Al (mg/l)															<0.2
Sr (mg/l)															
Ba (mg/l)															<0.7
Li (mg/l)	4.7		5.5	5.8	5.55	5.45	5.85	5.6	5.5	5.7	5.3	5.1	5.5	5.5	
F (mg/l)															<1.5
B (mg/l)															<1
PO4 (mg PO4/l)															
As (mg/l)															<0.01
Cu (mg/l)															<1
Pb (mg/l)															<0.01
Cd (mg/l)															<0.005
Zn (mg/l)															
SiO2 (mg SiO2/l)															

ANNEXE 10

**Analyses aux captages BONNEFONT et MARPON
(avis hydrogéologique M. FREMION – Février 2001)**

Analyses aux captages BONNEFONT et MARPON
(avis hydrogéologique M. FREMION – Février 2001)

Bonnefont	caplage			galerie	pompage	bac	galerie	pompage	caplage
ANNEES	1999	1996	1997	1998	1998	1998	1998	1998	1998
Date de prélèvement	29-Sep	14-Oct	14-Oct	26-Jan	26-Jan	26-Jan	05-Oct	05-Oct	05-Oct
Param. organolept.									
Couleur	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odeur - Saveur	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turbidité en NTU	0	inf à 0,2	inf à 0,2	inf à 0,2	inf à 0,2	inf à 0,2	inf à 0,2	inf à 0,2	inf à 0,2
avant marbre									
pH	7,1	7,3	7,2	6,9	6,9	7,2	7,1	7,1	7,2
Conductivité	200	200	220	235	225	230	230	220	225
T.A.C. en °F	7,2	7	7			6,6			7
T.H.T. en °F	6,1	6,8	6,8			6,7			7,1
après marbre									
pH	7,9	8,2	7,6			7,6			7,5
Conductivité		260	260			250			265
T.A.C. en °F	8,2		9			8,5			9,5
T.H.T. en °F		9,6							
temp air en °C	9								
temp eau en °C	10	9,6	9,3			9			10,6
CO2 libre en mg/l	16,2	18,6	12,8			12,8			19,7
O2 dissous en mg/l	9,7	10,2	10,2			10,5			8,7
H2S en mg/l	inf à 0,10	0	0			0			0
SiO2 en mg/l	37	32	33			29,8			32
KMnO4 en mg/l d'O2	0,8	0,5	0,6			0,5			0,6
résidu à 180°C en mg/l	149,8	144	146			143			155
Ca en mg/l	12,5	13,6	11,4			13,5			13,6
Mg en mg/l	7,1	6,3	9,6			8			9
Na en mg/l	13,4	13,2	13,2			14,8			14
K en mg/l	6,4	6,5	7			6,6			7,1
Fe en mg/l	inf à 0,05	inf à 0,05	inf à 0,05			inf à 0,05			0,13
Mn en mg/l	inf à 0,02	inf à 0,02	inf à 0,02			inf à 0,02			inf à 0,02
Cu en mg/l	0,002	inf à 0,05	inf à 0,05			inf à 0,05			inf à 0,05
Zn en mg/l	inf à 0,03	inf à 0,05	inf à 0,05			inf à 0,05			inf à 0,05
Al en mg/l	inf à 0,005	0,016	0,01			0,017			0,022
NH4 en mg/l	inf à 0,05	inf à 0,1	inf à 0,1			inf à 0,1			inf à 0,1
HCO3 en mg/l	85,4	85,4	85,4			80,5			85,4
Cl en mg/l	13,6	18	20			21			19
SO4 en mg/l	5,9	8,4	7,2			7,8			7,2
NO3 en mg/l	6,3	4,7	1,5			6,7			5
NO2 en mg/l	inf à 0,05	inf à 0,01	inf à 0,01			inf à 0,01			inf à 0,01
PO4 en mg/l	0,54								
F en mg/l	0,19	0,3	0,24			0,24			0,3
Cd en microg/l	inf à 0,5	inf à 1	inf à 1						
Pb en microg/l	inf à 5	inf à 2	inf à 2						
HPA en microg/l	inf à 0,1	* (le 16/10)							

* = inf. à la limite de détection

*Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine
des sites thermaux en Auvergne – Site de Royat - Chamalières (63)*

MARPON						
ANNEES	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Date prélèvement	06/10/92	15/04/93	26/04/94	16/03/95	04/04/96	14/04/99
Paramètres organoleptiques						
Couleur				0	0	0
Odeur - Saveur				0	0	0
Turbidité (en NTU)				inf à 0,2	0,2	inf à 0,2
pH	7,15	7,25	7,05	7,2	7,8	7
Résistivité / conductivité (à partir de 95)	(226) 5140	(225) 5170	(231) 5030	200	195	205
T.A. en °F	0	0	0	0	0	0
T.A.C. en °F	7	7	7	6,5	6,5	6,5
T.H. en °F	6,8	6,4	7	6,5	6,3	6,3
après marbre						
pH	7,9	7,85	7,85	8,1	7,9	7,6
Résistivité/conductivité (à partir de 95)	(193) 3970	(187) 4050	(203) 3840	246		
T.A. en °F	0	0	0	0		
T.A.C. en °F	10	10	10,5	9,5		9,2
t° en °C				8,8	8,5	9,6
CO2 libre	16,2	17,4	16,2	17,4	31,3	30,2
CO2 agressif	13,9		15,1	16,5		
O2 dissous mg/l	7,5	8,2	7,2	7,6	10,8	10,8
H2S en mg/l				0	0	0
SiO2 en mg/l	34,4	33,4	35,4	33,4	34	33
O2/KMNO4 à chaud en mg/l	0,3	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8
résidu à 100-105°C en mg/l (180°C)	152	151	152	118	145	150
résidu à 525°C en mg/l	122	104				
P en mg/l	0,19	0,18	0,15	0,4	0,46	0,67
Ca en mg/l	12,4	11,6	13,4	12,6	12,6	11,8
Mg en mg/l	9	8,5	8,9	8,1	7,7	8,1
Na en mg/l	13,8	13,9	15,6	14,6	14,2	12,8
K en mg/l	6,8	7,4	7,2	6,8	6,6	6,8
Fe en mg/l	inf à 0,02	inf à 0,02	inf à 0,05	inf à 0,05	inf à 0,05	inf à 0,05
Mn en mg/l	inf à 0,01	inf à 0,02	inf à 0,02	inf à 0,02	inf à 0,02	inf à 0,02
Cu en mg/l	inf à 0,02	inf à 0,02	inf à 0,05	inf à 0,05	inf à 0,05	inf à 0,05
Zn en mg/l	inf à 0,02	inf à 0,02	inf à 0,05	inf à 0,05	inf à 0,05	inf à 0,05
Al en mg/l	inf à 0,005	0,006	inf à 0,01	inf à 0,010	inf à 0,01	inf à 0,01
NH4 en mg/l	0	0	inf à 0,1	inf à 0,1	inf à 0,1	inf à 0,1
Hydroxydes OH						
CO3 en mg/l	0	0	0	0	0	0
HCO3 en mg/l	85,4	85,4	85,4	79,3	79,3	79,3
Cl en mg/l	18	17	20,5	19	21	18
SO4 en mg/l	6,3	6,5	8,3	7,8	6,6	5,7
NO3 en mg/l	5,7	6,1	6,9	8,3	5,2	5,4
NO2 en mg/l	inf à 0,01	0	inf à 0,01	inf à 0,01	inf à 0,01	inf à 0,01
PO4 en mg/l						
F en mg/l	0,271	0,228	0,23	0,3	0,24	0,23
S en mg/l	0	0	0			
Cd en microg/l				inf à 1	inf à 1	inf à 1
Pb en µg/l				inf à 2	inf à 2	inf à 2