B.R.G.M.
- 3. SEP 2003
BIBLIOTHÈQUE

Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine des sites thermaux en Auvergne. Site de La Bourboule (63)

BRGM/RP-52394-FR
Juin 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

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA SANTÉ, DE LA FAMILLE ET DES PERSONNES HANDICAPÉES

DRIRE
AUVERGNE

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et sociales d'Auvergne

Géosciences pour une Terre durable
brgm

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 (juin 2003) – Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine des sites thermaux en Auvergne – Site de La Bourboule (63) – Rap. BRGM RP 52394-FR, 93 pages, 20 figures, 11 tableaux, 5 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 thermales 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 La Bourboule dans le Puy-de-Dôme. La synthèse des données recueillies pour ce site permet de préciser les points principaux suivants :

Concernant les eaux thermales :
Actuellement, trois ouvrages de prélèvement d'eau sont exploités dans le cadre des activités thermales.
Leur production permet de répondre aux besoins actuels.
Des efforts remarquables ont été engagés pour sécuriser les ressources et le réseau de distribution.
Tous ces travaux sont accompagnés d'un suivi régulier et dense de la qualité de l'eau.
Il est recommandé de vérifier l'étanchéité des anciens puits encore accessibles.

Concernant les eaux potables :
Les ressources sont abondantes et les besoins sont largement satisfaits.
Les aquifères sont relativement vulnérables mais les sources de contamination sont faibles.
Les eaux sont parfois non conformes d'un point de vue bactériologique, mais la chloration aux réservoirs permet leur consommation. Elles sont également agressives et acides
Les ouvrages de captage sont quasiment tous en conformité avec la Loi sur l'Eau (périmètres de protection).
Il est recommandé d'achever les travaux demandés par lles arrêtés de DUP.

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

Toutefois, il est indispensable de supprimer le refoulement des eaux usées du réseau communal dans le collecteur syndical. Cet engorgement, qui provoque ponctuellement des innondations des galeries souterraines abritant les puits et le réseau de distribution des établissements thermaux, représente un risque important d'altération de la ressource.

Sommaire

1. Introduction 11

2. Le site de La Bourboule 13

2.1. Présentation générale de la commune 13
2.2. Contexte géographique et climatique 13
2.3. données sommaires sur l'activité thermale 15

3. Les eaux minérales de La Bourboule 20

3.1. Historique de l'exploitation des Eaux Minérales de La Bourboule 20
3.2. Situation administrative 21
3.3. Description des sources d'eaux minérales 24
3.4. caracteristiques des sources exploitées dans le cadre du thermalisme 42
3.5. Contextes géologique et hydrogéologique 51

4. L'alimentation en eau potable 59

4.1. les ressources et leur mode de gestion 59
4.2. Contexte géologique et hydrogéologique 63
4.3. contexte environnemental et vulnerabilite des ressources 63
4.4. aspects qualitatif et quantitatif 64
4.5. Recommandations 64

5. Contexte environnemental à l'échelle de la commune 65

5.1. ordures ménagères et encombrants 65
5.2. assainissement collectif et individuel 65
5.3. autres activités potentiellement polluantes 66

6. Conclusions 67

6.1. ressources en eau thermale 67
6.2. ressources en eau potable 67
6.3. environnement 68

Liste des figures

Fig 1 : Localisation de la commune de La Bourboule.....11

Fig 2 : Situation géographique (Scan 25 – © IGN Paris 2000).....14

Fig 3 : Précipitations annuelles sur le Mont-Dore de 1997 à 2001 (données Météo France ©).....16

Fig 4: Températures moyennes enregistrées à la station Météo France © du Mont-Dore.....16

Fig 5: Evolution de la fréquentation de l'ensemble des stations thermales d'Auvergne et de la station de la Bourboule 1994 à 2002.....17

Fig 6 : Localisation des sources minérales exploitées actuellement dans le cadre du thermalisme et contour du périmètre de protection des sources(Scan 25 – © IGN Paris 2000 - Echelle 1/12 500).....23

Fig. 7 : Schéma simplifié du circuit des eaux minérales des thermes de la Bourboule 25

Fig 8 : Installations souterraines au niveau – 23 m du Puits Choussy II (d'après Dr GIBERT).....29

Fig 9 : Localisation des anciennes sources minérales Henry, Clémence et Marie-Rose (Scan 25 – © IGN Paris 2000– Echelle 1/10 000).....34

Fig 10 : Localisation des sources minérales actuelles et des anciennes émergences de La Bourboule (extrait de plan cadastral 188? - Echelle 1/1000).....35

Fig. 11 : Diagramme de Piper pour les sources minérales de la Bourboule (analyses de 1989 et 1999 pour Choussy et Perrière, analyses de 1984 et 1989 pour Fenestre).....44

Fig. 12a : Evolution de la conductivité des sources Choussy II et Perrière de 1989 à 2002.....45

Fig. 12b : Evolution de la conductivité des sources Fenestre de 1936 à 2002.....45

Fig. 13 : Evolution de la température des sources Fenestre, Choussy II et Perrière de 1993 à 2002.....46

Fig 14: Evolution de la concentration en arsenic de 1989 à 2002 pour les sources Choussy II, Perrière et Fenestre.....48

Fig 15 : Evolution de la concentration en lithium de 1989 à 2002 pour les sources Choussy II, Perrière et Fenestre.....48

Fig 16 : Coupe simplifiée des diférentes étapes d'édification des Mont-Dore d'après Cantagrel et Baubron–1983-modifié (M BRULE-PEYRONIE et LECUYER).....52

Fig 17 : Contexte géologique- Echelle 1/40000 (Carte géologique de Bourg Lastic n°716 © BRGM.....53

Fig.18 :Coupe géologique schématique NO-SE et circulation hydrothermale (inspiré de GLANGEAUD, 1942).....55

Fig. 19 : Localisation des points d'eau destinés à l'alimentation en eau potable de la commune de la Bourboule (Scan 25 – © IGN Paris 2000– Echelle 1/50000.....62

Fig . 20 : Contexte géologique des captages d'AEP- Echelle 1/50000 (Carte géologique n°716 de Bourg Lastic © BRGM.....63

Liste des tableaux

Tab. 1 – Fréquentation de l'ensemble des établissements thermaux auvergnats et de la station thermale de la Bourboule, pour la période 1994-2002.....15

Tab. 2 – Situation administrative des sources minérales de la station thermale de la Bourboule (inventaire- annales des Mines 1998).....22

Tab. 3 – Situation administrative des anciennes sources minérales de la Bourboule..22

Tab 4. Conductivité, température et bactériologie de la source Clémence de 1892 à 2003.....33

Tab 5. Débits de la source Clémence (m^3/j).....36

Tab 6 : Débit, conductivité et température de la source Henry.....37

Tab 7 : Débit, conductivité et température de la source Marie-Rose.....37

Tab 8 : Teneurs en sels dissous des eaux minérales.....42

Tab 9 : Conductivité et température de référence pour les sources Choussy-Perrière et Fenestre (Inventaire des sources des annales des Mines 1998).....43

Tab 10 : Concentrations en gaz dissous (en mole/l) dans l'eau de la source Clémence 49

Tab 11 : Débits d'exploitation des sources.....50

Liste des photos

Photo 1 : Tête du puits Perrière.....26

Photo 2 : Tête du puits Choussy II.....30

Photo 3 : Tête du puits Fenestre.....32

Photo 4 : Source Clémence.....36

Photo 5 : Entrée de l'ancien réservoir à l'emplacement supposé de la source des fièvres 41

Liste des annexes

Ann. 1- Lexique et abréviations employées dans le texte

Ann. 2 - Bibliographie sur les ressources en eau de la station thermale de La Bourboule (63)

Ann. 3 - Coupe technique du puits Perrière après travaux de 1998

Ann. 4 - Coupe technique du puits Choussy II après travaux de 1997 et 1998

Ann. 5- Coupe technique du forage Fenestre

Ann. 6- Coupe technique et géologique du forage Clémence

Ann. 7- Coupe géologique et technique du forage Henri

Ann. 8 - Coupe géologique et technique du forage Marie-Rose

Ann. 9 - Analyses physico-chimique des émergences thermales

Ann. 10 - Analyses aux captages (dossier de Déclaration d'Utilité Publique)

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 La Bourboule.

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), des Thermes de la Bourboule, Thermauvergne, des Services techniques de la Commune de la Bourboule, du bureau d'études SAUNIER ENVIRONNEMENT, et de M. Bernard Croizat ancien conseiller municipal et ancien propriétaire de la source Croizat.

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

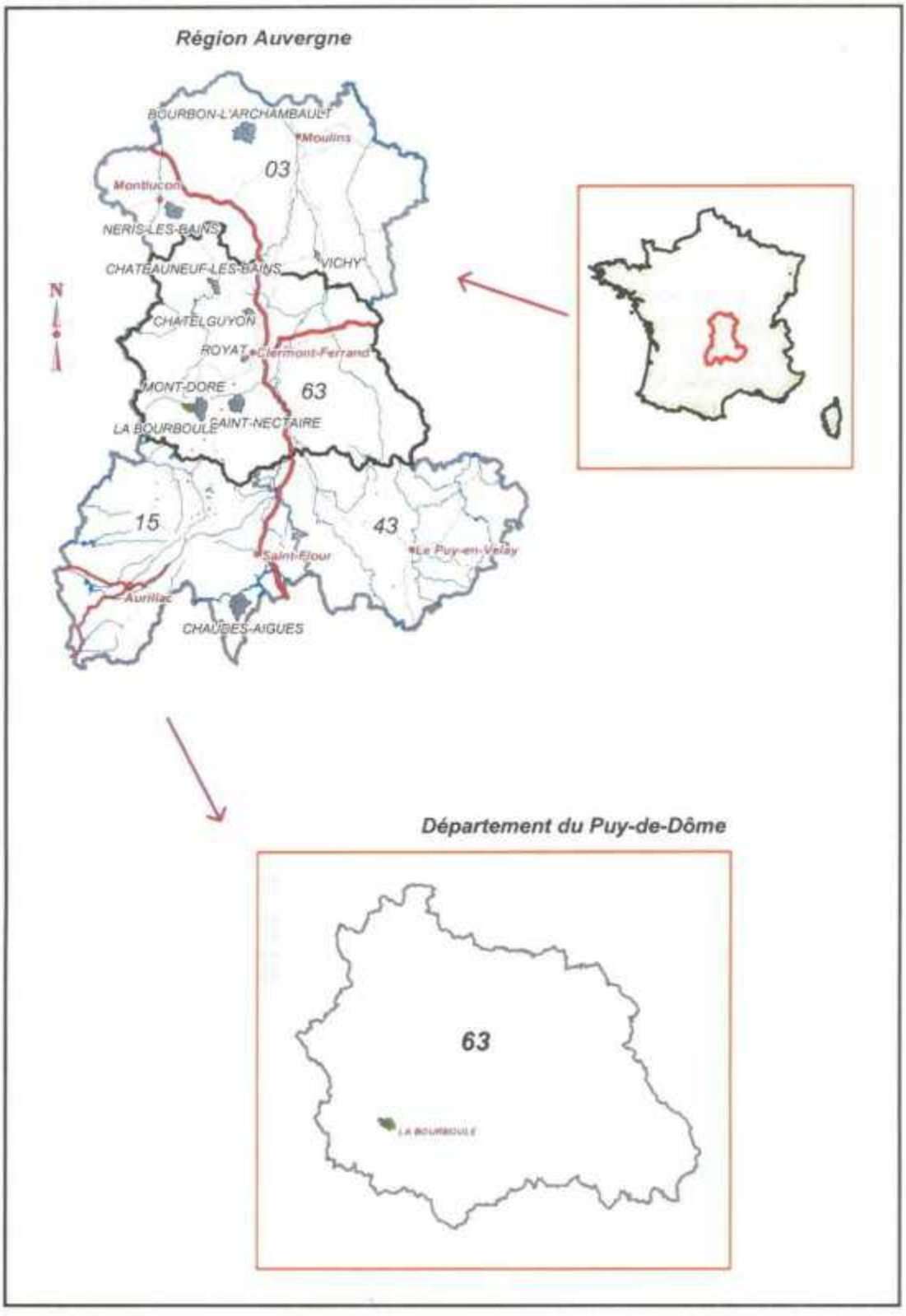


Fig 1 : Localisation de la commune de La Bourboule

2. Le site de La Bourboule

2.1. PRESENTATION GENERALE DE LA COMMUNE

La commune de la Bourboule est située dans le département du Puy-de-Dôme (région Auvergne), à 34 km environ en ligne droite, au Sud-Ouest de Clermont-Ferrand.

On accède à la Bourboule (figure 2) depuis
- l'Est, à partir de l'autoroute A 75 (Montpellier) ou A71 (Paris), sortie Clermont-ferrand.
- l'Ouest à partir la route nationale n° 89.

La commune de la Bourboule couvre une superficie de 1 274 ha. Elle est traversée par une vallée ouverte vers l'Ouest (vallée de la Dordogne), où se concentre essentiellement la population.
En 1999, La Bourboule comptait 2 043 habitants.
Durant la période estivale, la population peut atteindre 20 000 personnes.

La station thermale est située dans le Parc Régional des Volcans d'Auvergne et au cœur du massif du Sancy.

2.2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

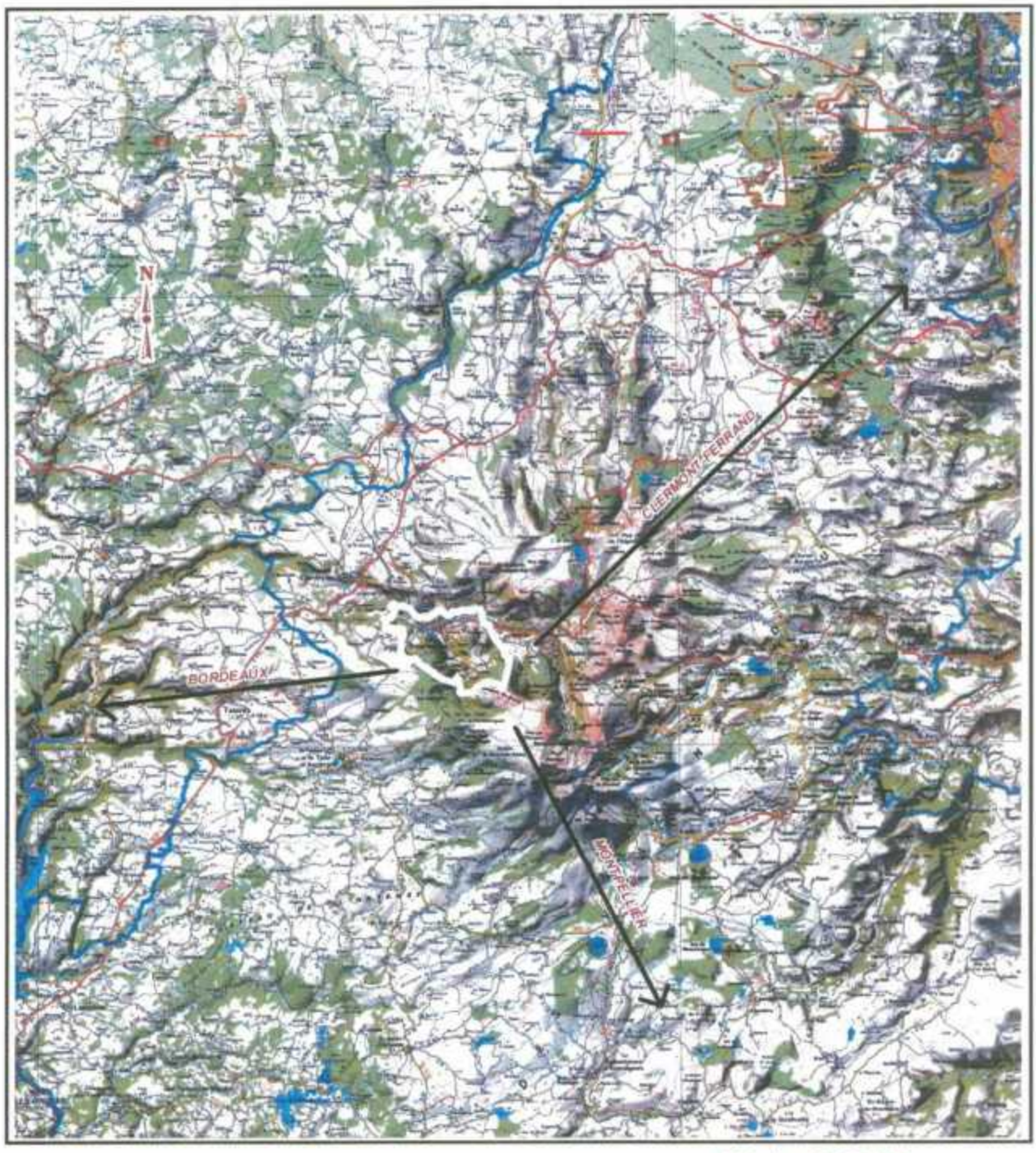
La station thermale de la Bourboule est implantée à 850 m d'altitude mais elle est entourée de montagnes qui dépassent facilement les 1 000 m d'altitude.

La Bourboule est donc soumise à un climat de montagne à tendance océanique caractérisé par de fortes amplitudes thermiques.

Les précipitations météoriques, moteur déterminant de l'infiltration et donc des écoulements souterrains, sont conséquentes comme le montre la figure 3 sur laquelle sont représentées, les précipitations moyennes (environ 1800 mm) à la station Météo-France du Mont-Dore (située à 5,5 km de la Bourboule).

La moyenne annuelle des températures est plutôt froide, environ 9 °C (figure 4)

Cette valeur confirme le caractère semi-continental et montagneux du climat.



Echelle : 1 / 250 000

Fig 2 : Situation géographique (Scan 25 – © IGN Paris 2000)

2.3. DONNEES SOMMAIRES SUR L'ACTIVITE THERMALE

La Compagnie des Eaux Minérales de la Bourboule (CEMB) créé en 1872, est propriétaire de la source Choussy II, des sources Fenestre, et gère les Thermes Choussy et la résidence thermale Choussy.

La Société Thermale de la Bourboule (STB) est chargée de l'exploitation des Grands Thermes qui appartiennent à la Commune de la Bourboule ainsi que la source Perrière.

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 débute au mois de février avec l'ouverture de la Résidence thermale Choussy. Elle se poursuit avec l'ouverture des Grands Thermes, puis des Thermes Choussy, et s'achève à la mi-octobre.

Le nombre de curistes pour les neuf dernières années est récapitulé sur le tableau suivant et la figure 5 (données Thermauvergne) :

		égion Auvergne			Statio thermale de La Bourboule			
	Cures d (Sécurit	18 jours Sociale)	Cures libres Remises en forme		Cures de 18 jours (Sécur.té Sociale)		Cures libres	
Années	Nbre de curistes	Nbre de	Nbre de	Nbre de	Nbre de	Nbre de journées	Nbre de curistes	Nbre de journées
1994	83 998	1 511 964	7 990		18 977	341 586	388	5 675
1995	77 735	1 399 230	7 737		17 329	311 922	371	5 283
1996	70 901	1 276 218	8 180		15 534	279 612	359	2 685
1997	64 845	1 167 210	7 601		14 249	256 482	320	3 392
1998	62 001	1 116 018	9 564	55 533	13 422	240 552	264	2 541
1999	60 511	1 089 198	10 229	59 487	12 756	228 538	281	2 713
2000	57 358	1 032 444	10 674	56 863	11 731	210 016	18	324
2001	55 113	992 034	12 756	53 594	11 031	198 558		
2002	52 676	947 314	20 783	67 637	10 002	180 036		

Tab. 1 – Fréquentation de l'ensemble des établissements thermaux auvergnats et de la station thermale de la Bourboule, pour la période 1994-2002.

Sur les 9 dernières années, les stations thermales de la région Auvergne ont enregistré une baisse moyenne de fréquentation de l'ordre de 37 % (pour les cures prises en charge par l'assurance maladie).

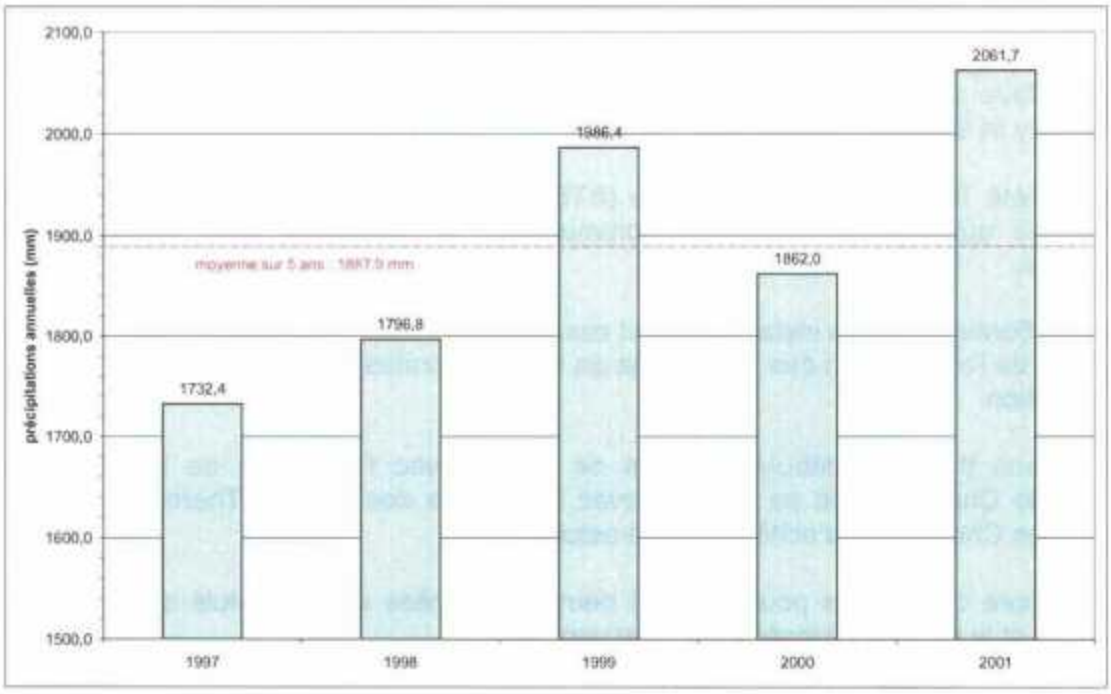


Fig 3 : précipitations annuelles sur le Mont-Dore de 1997 à 2001 (données Météo France ©)

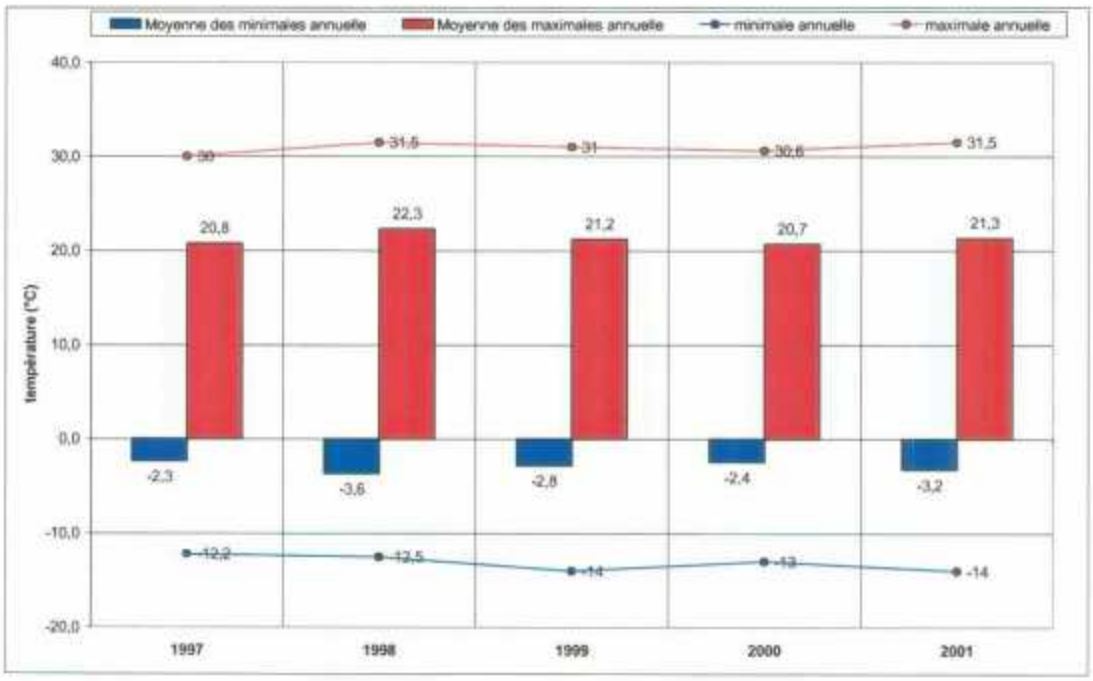


Fig 4: Températures moyennes enregistrées à la station Météo France © du Mont-Dore

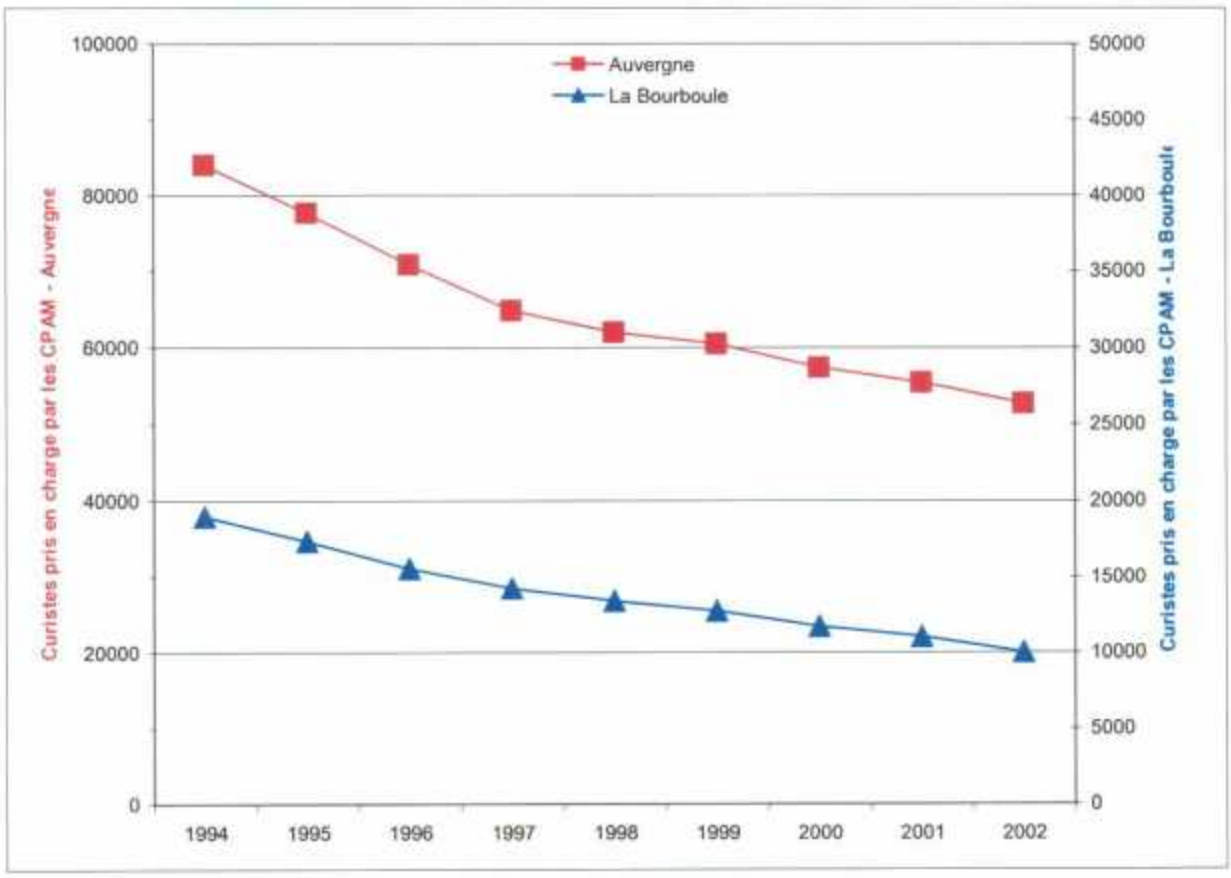


Fig 5: Evolution de la fréquentation de l'ensemble des stations thermales d'Auvergne et de la station de la Bourboule 1994 à 2002

Cette baisse de fréquentation est encore plus marquée pour la Bourboule qui a perdu près de 47 % de sa clientèle.

Il est a noter que 75 à 80 % des curistes sont des enfants.

Les différents usages de l'eau :

Les principales indications ou orientations thérapeutiques actuelles prises en charge par la Sécurité Sociale, sont :

- les affections broncho-pulmonaires,
- les affections ORL,
- la dermatologie,
- la stomatologie.

Les soins correspondant à toutes ces indications sont les suivants :

- aérosothérapie individuelle et collective ,
- balnéothérapie
- pratiques ORL spécifiques (insufflations, douche pharyngienne, insufflations tubaires Proëtz)
- cure de boisson

3. Les eaux minérales de La Bourboule

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

3.1. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DES EAUX MINERALES DE LA BOURBOULE

La 1ere mention historique d'une activité thermale à la Bourboule, figure dans un bail « perpétuel et à nouveau cens » du 12 juillet 1463, dans lequel le Seigneur de Murat-Le-Quaire, cède les bains de la Bourboule (en bois) a un dénommé PIERRE CHANET.

Vers 1590, les sources passent, par mariage à la famille GUILLAUME.

En 1670, un captage sommaire permet d'alimenter 6 baignoires

Après la révolution de 1789, le bail fut converti en pleine propriété.

En février 1828, Jacques GUILLAUME-LACOSTE cède à la famille CHOUSSY, son modeste établissement thermal et les sources, pour la somme de 25 000 F.
C'est à cette époque que le thermalisme et la ville de la Bourboule vont prendre leur essor.

Avant 1857, 5 sources sont captées au moyen de tranchées de faibles profondeurs :
Bagnassou, Grand Bain, Rotonde, Fièvres, Communal

Des recherches en 1857 permettent de capter 2 nouvelles sources : **nouvelles (ou du réservoir)** et **Galerie.**
Le captage des sources nouvelles va entraîner une diminution du débit et de la température de la source du Grand Bain.

A partir de 1860, des querelles entre la famille CHOUSSY et certains de ses voisins désireux de profiter de la manne du thermalisme, vont entraîner une guerre des puits qui ne s'achèvera que lors de la mise en place du périmètre de protection des sources.En septembre 1866, commence le creusement du **puits Mabru** par M. PERRIERE, qui entraîne le tarissement des sources Grand Bain, Bagnassou, et du **Coin.**
En décembre de la même année, débutent les travaux du **puits de l'écurie** par M. CHOUSSY.

En 1867, le **puits Sedaiges** atteint la profondeur de 18,5 m. Le captage de cette source va provoquer la disparition de la source du Communal.

En 1868, M. CHOUSSY fait creuser le **puits Choussy I**, dans un premier temps au pic puis, par sondage.
Un niveau aquifère est rencontré à 48 m de profondeur. Son captage entraîne la disparition des sources de la Rotonde et des Fièvres ainsi qu'une baisse du débit de la source de l'écurie.

M. PERRIERE fait creuser un puits de 23 m de profondeur, qui portera le nom de **puits Perrière.** Ces travaux entraîneront le tarissement du puits Choussy I et une baisse de la température du puits de l'écurie.

Le puits **Choussy II**, situé à 4 m du puits Perrière, est creusé à la main jusqu'à 49 m de profondeur, puis foré jusqu'à 64 m Il sera approfondi à 75 m en 1878.

En 1870, est créé le puits de **la Plage** qui atteint la profondeur de 30 m. Plus tard, il sera foré jusqu'à 120 m.

En 1872 débutent les travaux de foration du Puits **Fenestre**, qui s'achèveront en 1873 à la profondeur de 161 m.

Au cours de l'année 1876, de nombreux puits sont approfondi : le puits Perrière jusqu'à la profondeur de 75,8 m, le puits Sedaiges jusqu'à 84,4 m.
En fin d'année, le **puits Central** est creusé au pic jusqu'à 68 m. Il atteindra la profondeur de 132 m en 1877, par forage.

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 Arrêtés Ministériels (articles R 1322.1 à 1322-13 du Code de la Santé Publique) :

- 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 naturelles peuvent être déclarées d'Intérêt Publique (DIP) : articles R 1322-17 à R 1322-22 du Code de la Santé Publique. 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 (articles R 1322-23 à R 1322-31 du CSP).
Ce périmètre de protection n'est pas obligatoire car les sources minérales sont réputées "naturellement protégées".

3.2.2. La station thermale de La Bourboule.

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

Nom de la source	AMA	DIP	DPP	Type d'exploitation	Nature de l'ouvrage
Fenestre	19/06/1878	30/03/1881	30/03/1881	Thermalisme	Forage
Perrière-Choussy 2	06/04/1880	30/03/1881	30/03/1881	Thermalisme	Puits avec galerie

Tab. 2 – situation administrative des sources minérales de la station thermale de la Bourboule (inventaire- annales des Mines 1998)

Deux sources minérales sont exploitées actuellement sur le territoire de la Commune de la Bourboule.

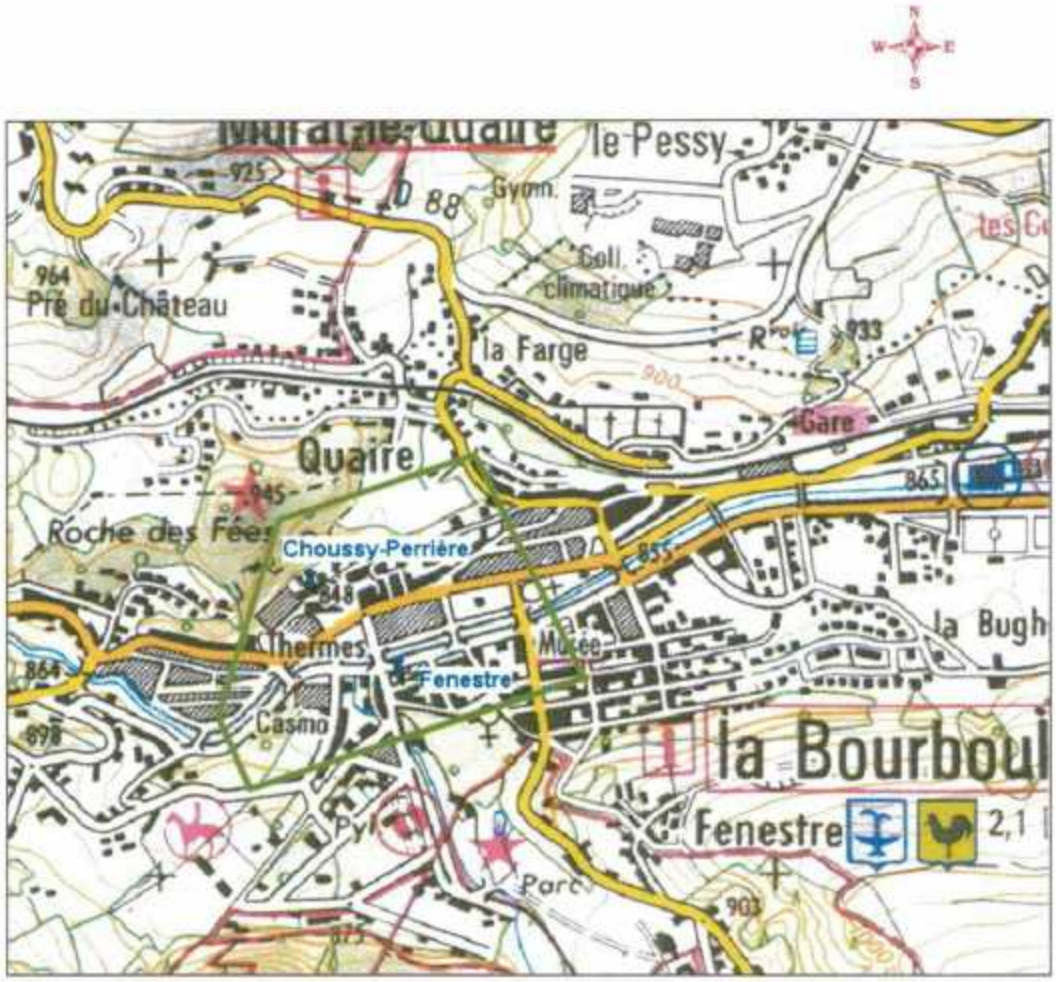
- La source Perrière-Choussy 2. Elle comporte deux ouvrages de prélèvement : Perrière et Choussy 2 (DIP et PP datant de la même date pour chacune des 2 sources)
- Le forage Fenestre 2 qui capte deux émergences de la même source (DIP et PP pour chacune des sources)

Le périmètre de protection, d'une superficie de 17 ha et 15 a, englobe toutes les ressources actuellement exploitées (figure 6).

Nom de la source	AMA	DIP	DPP	Arrêté révoquant l'AMA	Décret abrogeant la DIP
Plage	19/06/1898	30/031881		27/04/61	13/03/61
Sedaiges	19/06/1898	30/03/1881		27/04/61	13/03/61
Central	01/09/1880	30/03/1881		27/04/61	13/03/61
Clémence	12/07/1892				
Henry	03/07/1895			16/01/1963	
Marie-Rose	03/07/1895			16/01/1963	
Choussy I	30/03/1881				
Mabru	24/08/1867*				

*pour un an

Tab. 3 – Situation administrative des anciennes sources minérales de la Bourboule



contour du périmètre de protection

source d'eau minérale exploitée dans le cadre du thermalisme

Fig 6 : localisation des sources minérales exploitées actuellement dans le cadre du thermalisme et contour du périmètre de protection des sources (Scan 25 – © IGN Paris 2000. Echelle 1/12 500)

3.3. DESCRIPTION DES SOURCES D'EAUX MINERALES

Du début de la période de prospérité du thermalisme jusqu'en 1933, vingt sources minérales ou minéralisées (sans autorisation administrative) ont été exploitées à la Bourboule.

Au départ, captées par de simples tranchées, les émergences ont ensuite été prélevées de plus en plus profondément, ce qui a entraîné le tarissement de bon nombre d'entre elles.

3.3.1. Sources actuellement exploitées par les « Thermes de la Bourboule »

Trois émergences sont captées pour la crénothérapie dispensée dans les établissements thermaux de la Bourboule :

- **Choussy II**
- **Perrière**
- **Fenestre**

Un schéma simplifié du circuit de distribution des eaux minérales est fourni sur la figure 7.

Les pompes de Choussy-Perrière fonctionnent en permanence afin de maintenir une égale qualité de l'eau, tout au long de l'année.

Le réseau de distribution, à 80-90 % en inox, est maintenu sous pression afin d'éviter le développement de microorganismes.

L'alimentation en eau minérale des trois établissements thermaux se fait à partir d'un réseau de galeries souterraines.

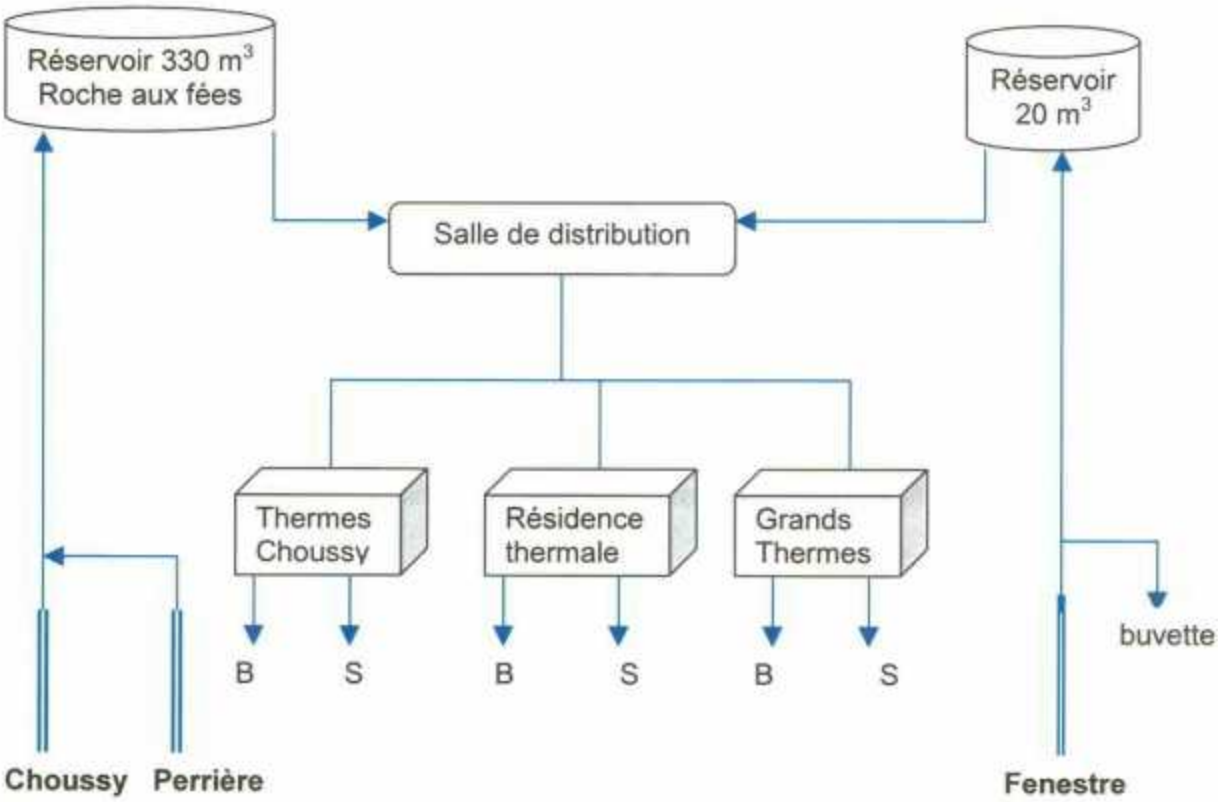


Fig. 7 : schéma simplifié du circuit des eaux minérales des thermes de la Bourboule (B : buvette, S : soins)

a) Puits Perrière

Code de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) : 07167X0006

Coordonnées géographiques
X = 631,25 km Y = 2 065,46 km Z = 848 m (NGF)
Cet ouvrage appartient à la commune et, est exploité par la CEMB.

Usages
En buvette et pour les soins.
Une petite activité d'embouteillage a perduré quelques années.

Caractéristiques techniques.
Les travaux ont débuté en 1868 par un puits à section rectangulaire (4 m X 2 m), foncé à 56 m et prolongé jusqu'à 78 m par un forage de 400 mm.
Les travaux se sont achevés en 1913.

Cet ouvrage n'est séparé du puits Choussy II que de 6 m (d'axe en axe) et, communique avec lui par une cavité souterraine à – 53 m (8 .25 m X 2 m renforcée par des piliers de maçonnerie).
Ces deux puits captent donc la même émergence.

Cet ouvrage a fait l'objet de plusieurs réfections dont la dernière date de 1998 et avait pour but d'isoler l'ouvrage des arrivées d'eaux superficielles :

Le forage a été rechemisé de 0 à 64 m avec un tubage acier en diamètre 410 mm, crépiné de – 44.0 à – 45.5 m
L'annulaire entre l'ancien et le nouveau tubage a été cimenté de -41.1 m – 42.5 m.
Le volume extérieur de l'ancien tubage a été comblé avec de la pouzzolane puis cimenté au sommet du remblayage.

(voir la coupe technique en annexe 3 pour plus de détails).

Photo 1 : tête du puits Perrière

La tête du puits devrait être abaissée prochainement.

Ce puits est équipé de deux pompes immergées.
Le débit de prélèvement commun aux ouvrages Perrière et Choussy est de 312 m^3/j.

La température, la conductivité, le pH, le potentiel d'oxydo-réduction (Eh), le niveau dynamique et le débit sont mesurés journalièrement à l'émergence.

b) Choussy II

N°BSS : 07167X0002

Coordonnées géographiques
X = 631,25 km Y = 2 065,47 km Z = 848 m (NGF)
Cette source appartient à la CEMB

Usages
En buvette et pour les soins.
Une petite activité d'embouteillage a perduré quelques années.

Caractéristiques techniques.
Les travaux ont débuté en 1868 par un puits à section carrée (2 m X 2 m), foncé à 56m et prolongé jusqu'à 78 m par un forage en 400 mm.
Une galerie-réservoir de 700 m^3, creusée à la cote –23 m, était jusqu'à très récemment, en communication hydraulique avec le forage (figure 8).

Choussy II a fait l'objet de plusieurs réfections dont les dernières datent de 1997 et 1998 et avaient pour but d'isoler l'ouvrage des arrivées d'eaux froides et superficielles :

Le forage a été rechemisé de 0 à 64 m avec un tubage acier plein en diamètre 500 mm de 0 à –50 m, en 300 mm de –50 à – 64 m.

Ce niveau est crépiné au niveau de la galerie de connexion avec Perrière (-52.2 à – 54.4 m) ainsi qu'entre – 55.8 et – 58.9 m.

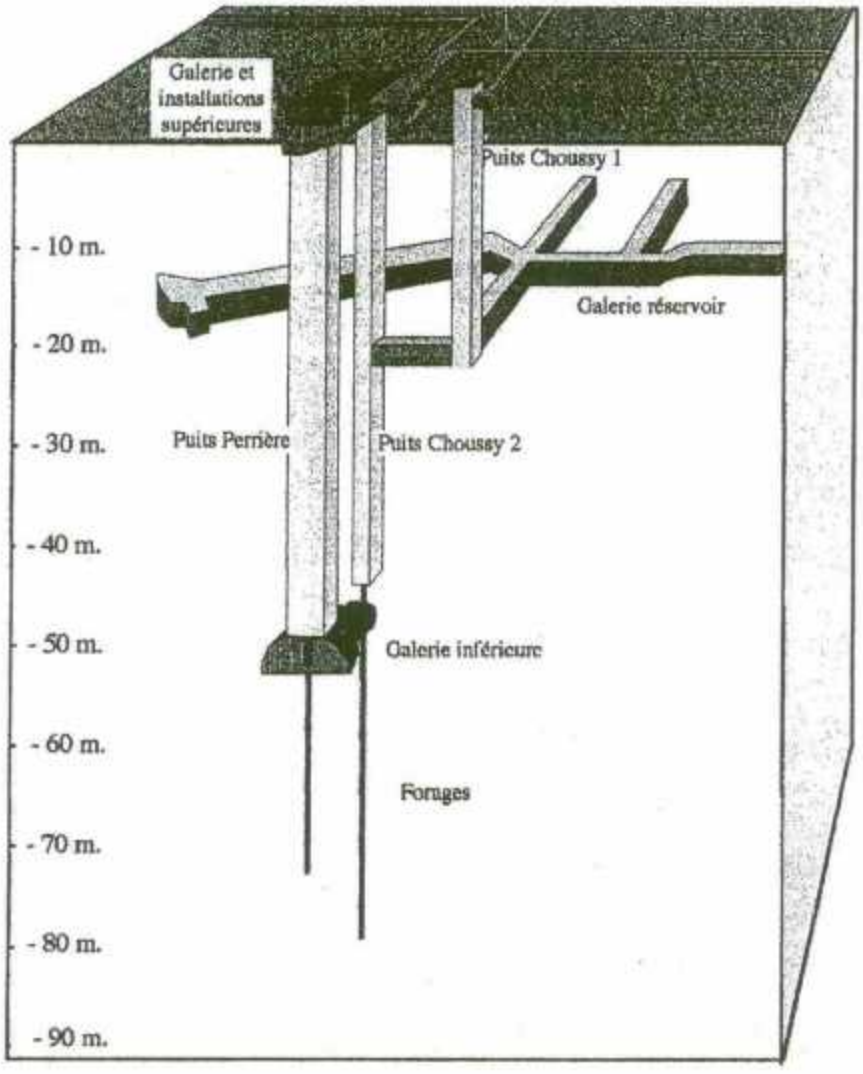
L'annulaire entre l'ancien et le nouveau tubage a été cimenté de – 47.5 à – 49.8 m.

Le volume extérieur de l'ancien tubage a été comblé avec de la pouzzolane puis cimenté au sommet du remblayage.

La communication entre la galerie située à –23 m a été supprimée. L'eau collectée dans cette dernière est pompée en permanence.

La coupe technique est présentée en annexe 4.

Il est également prévu d'abaisser la tête du puits et d'installer un dispositif de récupération de chaleur au niveau des ouvrages Perrière / Choussy.



Architecture des installations sousterraines

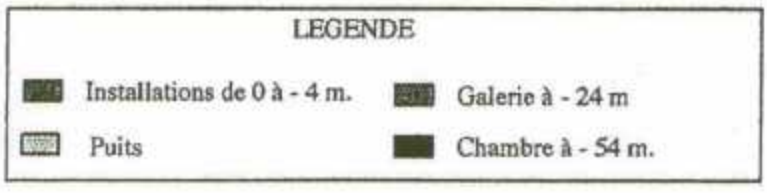


Fig 8 : Installations souterraines au niveau – 23 m du Puits Choussy II (d'après Dr GIBERT)

Photo 2 : Tête du puits Choussy II

Ce puits est équipé d'une pompe immergée.

Plusieurs paramètres sont mesurés journalièrement à l'émergence : température, conductivité, pH et Eh.
Le niveau dynamique et le débit pompé sont également relevés quotidiennement.

c) Fenestre

N° BSS: 07167X0011

Coordonnées géographiques
X = 631,36 km Y = 2 065,31 km Z = 850 m (NGF)
La source est située dans la ville de la Bourboule, sur la rive gauche de la Dordogne.
Elle appartient à la CEMB.

Usages
L'eau minérale est utilisée pour les soins et en cure de boisson.
Elle aurait également été mise en bouteille pendant quelques années.

Caractéristiques techniques.
Les travaux initiaux ont débuté le 17/06/1872 et se sont achevés en mai 1873.

Une foration au diamètre 300 mm a été réalisée jusqu'à 34 m de profondeur, puis en diamètre 260 mm jusqu'à 161,26 m, au diamètre 300 mm jusqu'à la profondeur de 34 m pour capter une première venue d'eau située dans les alluvions de la Dordogne (Fenestre 1).

Un second tubage de 200 mm a été poussé jusqu'à 68,25 m de profondeur pour capter la source Fenestre 2 (tufs).

Des variations de débit qui laissaient supposer des détériorations du dispositif de captage, ont poussé la CEMB a entreprendre des travaux de rénovation durant l'inter-saison 1968-1969.

Ces travaux ont consisté essentiellement en un curage du forage, l'extraction des anciennes colonnes et leur remplacement par un tube unique en PVC de 150 mm de diamètre et d'une longueur de 68 m. Ce tube est crépiné au droit des deux arrivées d'eau.
L'extrados de la colonne de captage est cimenté jusqu'à la profondeur de 20 m.

L'ouvrage actuel, d'une profondeur de 68 m, présente un artésianisme naturel.

Il est exploité au débit de 144 m^3/j.

Une coupe technique de l'ouvrage est présentée en annexe 5.

Photo 3 : Tête du puits Fenestre

La buvette est située au niveau de la tête de l'ouvrage.

La température, la conductivité, le pH, le potentiel d'oxydo-réduction sont mesurés journalièrement à l'émergence.

3.3.2 Sources minérales abandonnées

Leur localisation est donnée sur les figures 9 et 10.

a) Source Clémence

Coordonnées géographiques
X = 632,68 km Y = 2 065,48 km Z = 885 m (NGF)
La source est située à 600 mètres environ au Nord-Est du centre ville, sur la rive gauche de la Dordogne.
Elle était comprise entre les sources « Henri » et « Marie-Louise », respectivement situées à 100 m à l'Ouest et 45 m à l'Est.
Originellement implantée dans un parc privé, elle émerge actuellement au pied de la Falaise du Pregnoux dans l'enceinte du camping municipal.

Caractéristiques techniques.
A l'origine, elle était appelée « source des pigeons » et sourdait naturellement avant d'être captée par foration du 22 avril au 22 juin 1891.

L'ouvrage avait une profondeur de 25 mètres et était tubé sur 19 m (acier).
La coupe technique et géologique est présentée en annexe 6.

L'eau a été rencontrée à 12 et 19 m de profondeur.

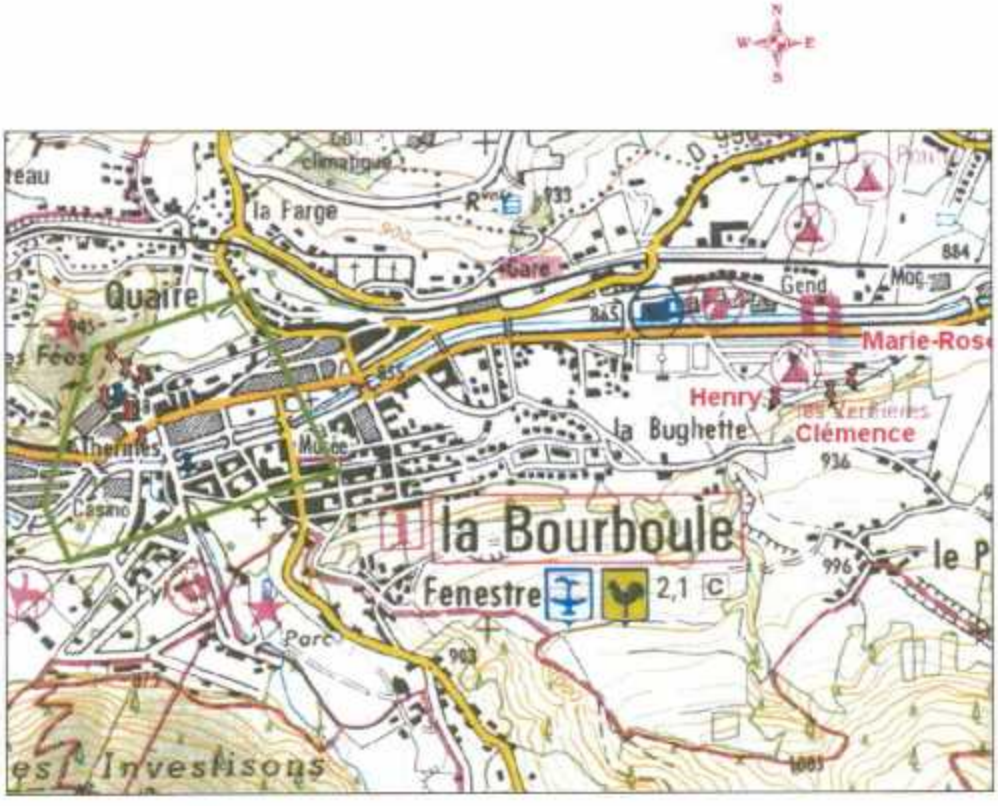
Des travaux de réfection ont été effectués en 1933, mais ils n'ont pas été suivis d'une poursuite de l'exploitation.
En 1953, la bibliographie faisait état d'installations détériorées.

Actuellement, aucun équipement n'est visible en surface mais la source continue de s'écouler.

Date	Température (°C)	Conductivité (µS/cm)	Bactériologie
1892	18	4 941	
1934	17.8	4 941*	
11/10/1938	17.9	X	Non contaminé
29/09/1950			Contamination
04/05/1950			Non contaminé
1953	18.3	7 445	
02/03/1955		X	Non contaminé
10/10/1955		X	Non contaminé
16/03/1960		X	Non contaminé
22/06/1960		X	Non contaminé
28/03/2003	18.4 (air : 14.3)	4 280	

* calculé à partir des analyses d'eau

Tab 4. Conductivité, température et bactériologie de la source Clémence de 1892 à 2003



source minérale exploitée actuellement

source minérale ou minéralisée abandonnée

contour du périmètre de protection du 30/03/1881

Fig 9 : localisation des anciennes sources minérales Henry, Clémence et Marie-Rose (Scan 25 – © IGN Paris 2000– Echelle 1/10 000)

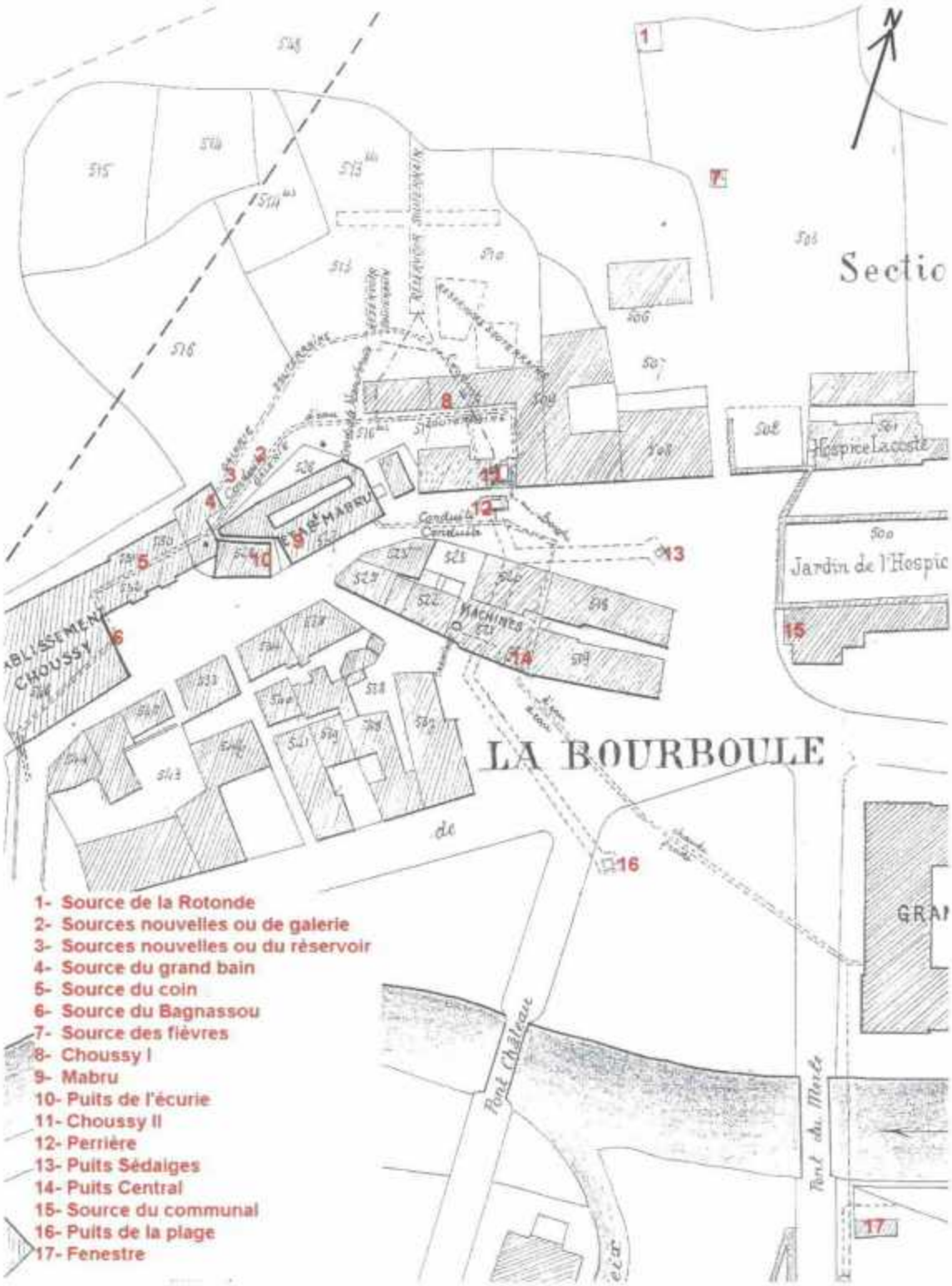


Fig 10 : localisation des sources minérales actuelles et des anciennes émergences de La Bourboule (extrait de plan cadastral 188? - Echelle 1/1 000)

La source Clémence est bicarbonatée, chlorurée, carbogazeuse et contenait deux fois plus d'arsenic que le puits de la Plage.

Date	1892	1934	1953	28/03/2003
Débit	13.3	11.5	6.6	4*

*estimation

Tab 5. Débits de la source Clémence (m^3/j)

Photo 4 : source clémence

Appartenant à des propriétaires privés, les sources Clémence, Henry et Marie-Rose ont servi essentiellement à alimenter, par artésianisme, des buvettes.
Une petite activité d'embouteillage a également existé au début de leurs exploitations.

A la fin de la guerre de 1914-18, elles seront prises en location et exploitées par la Compagnie des Eaux Minérales de la Bourboule jusqu'en 1933.

b) Source Henry

Coordonnées géographiques
X = 632,58 km Y = 2 065,48 km Z = 880 m (NGF)
Cette source est la plus orientale du groupe du Pregnoux.

Caractéristiques techniques.
La source a été découverte et captée en 1892

La foration a été poussé jusqu'à 148 m de profondeur.

La coupe technique est présentée en annexe 7

Débit (m3/j)			Température (°C)			Conductivité (µS/cm)		
1892	1934	1953	1892	1934	1953	1892	1934	1953
1.5	0.7	0	19	18	18	6 152*	6 152*	6 152

* estimation

Tab 6. Débit, température et conductivité de la source Henry

Des travaux de curage ont été effectués en 1933, mais ils n'ont pas été suivi d'une reprise de l'exploitation.
La bibliographie mentionne que les infrastructures sont en ruine en 1953.

c) Source Marie-Rose

Coordonnées géographiques
X = 632,78 km Y = 2 065,48 km Z = 900 m (NGF)
Cette source est située à 50 m à l'Est de la source Clémence.

Caractéristiques techniques.
La source a été découverte en 1892.

Les travaux de foration ont atteint une profondeur de 58 m.
La coupe technique est présentée en annexe 8.

Débit (m3/j)			Température (°C)			Conductivité (µS/cm)		
1892	1934	1953	1892	1934	1953	1892	1934	1953
50.8	11.5	13.0	13	11	18.8	3 175*	3 175*	4 546

Tab 7 : débit, conductivité et température de la source Marie-Rose

Des travaux de réfection ont été effectués en 1933, mais ils n'ont pas été suivis d'une poursuite de l'exploitation.

d) Puits Sedaiges

N°BSS : 07167X0004

Coordonnées géographiques
X = 631,45 km Y = 2 065,68 km Z = 864 m (NGF)

Caractéristiques techniques.
La source a été découverte en 1866.
Elle appartenait à la commune de la Bourboule.

La source a été captée par un puits de 7 m de profondeur qui a été approfondi jusqu'à 46 m en 1877.
Sa température était de 32-34°C pour un débit de 72 - 86 m^3/j.

Une galerie secondiare du réseau souterrain des thermes, permet d'accéder au puits Sédaiges. Son trop-plein fonctionne en permanence et l'eau est évacuée vers le réseau d'assainissement.

e) Puits de la plage

Coordonnées géographiques
X = 631,30 km Y = 2 065,40 km Z = 850 m (NGF)
Il est situé à présent, sous la place du jet d'eau à proximité du bassin d'agrément.

Caractéristiques techniques.
Les travaux ont débuté en 1870.

Creusé à la main jusqu'à 36,5 m de profondeur (pour une section de 3 X1 m), cet ouvrage a été poursuivi par foration jusqu'à 120 m (diamètre de 120 mm en fin de forage).
Sa température était de 25.5 °C pour un débit de 12.8 m^3/j.
Cette source appartenait à la commune de la Bourboule et a été tarie lors de la découverte des sources Choussy 2 et Perrière.

Actuellement, une galerie souterraine, permet de parvenir à proximité de l'ancien ouvrage mais un mur empêche de parvenir au puits.
Il n'a pas été possible de savoir cet ouvrage a été comblé et dans quelles conditions.

Lors de fortes précipitations météoriques, le collecteur d'eaux usées du SIVOM de la Haute Dordogne s'engorge et inonde la galerie.

f) Puits Central
N°BSS :07167X0005

Coordonnées géographiques
X = 631,45 km Y = 2 065,60 km Z = 850 m (NGF)

Caractéristiques techniques.

Cette source appartenait à la Compagnie des Eaux de la Bourboule.
Les travaux ont débuté au mois de novembre 1876 et se sont achevés en février 1879.
La source a été découverte au fond d'un puits à section rectangulaire (2m X 1,9 m) foncé jusqu'à 68,6 m de profondeur, prolongé ensuite par un forage jusqu'à 137 m au diamètre 250 mm.

Les principales venues d'eau ont été rencontrées entre 8 et 45 m de profondeur, pour des températures de 40 à 42°. L'horizon granitique s'est révélé non productif et cet ouvrage n'a pas donné les résultats escomptés malgré sa proximité avec les sources Choussy et Perrière.

Cette source a été tarie lors de la foration des puits Choussy 2 et Perrière.

Ce puits aurait été remblayé jusqu'à une profondeur de 23 m.

g) Puits Choussy I (ou source du jardin ou grande source Choussy)

Coordonnées géographiques
Propriété de la CEMB, elle serait située à présent, sous les fondations du bâtiment abritant leurs services techniques.

Caractéristiques techniques.
Les travaux ont débuté vers 1877.
Le puits a été foncé à « grande section » jusqu'à 41 m, puis prolongé jusqu'à 77 m par forage.
Sa température était de 53°C pour un débit de 224.6 m^3/j.

Cette source a été tarie lors de la foration des sources Choussy 2 et Perrière.

h) Source Mabru

Coordonnées géographiques
Elle se trouvait dans un angle de l'ancien établissement Mabru et a complètement disparue dès le creusement des puits Choussy 2 et Perrière.
Cette source appartenait à la Compagnie des Eaux de la Bourboule.

Caractéristiques techniques.
La source a été découverte et captée en 1865 par une tranchée de faible profondeur.
Elle a été autorisée par l'Arrêté Ministériel d'Autorisation d'exploitation du 24 août 1867, pour une durée de 1 an.

La source a été captée par un puits de 30 m de profondeur. Les prélèvements ont provoqué la disparition des sources du Grand Bain, du Bagnassou, de la Galerie, des Fièvres et de la Rotonde.

Sa température était de 55°C pour un débit de 79 - 86 m^3/j.
En 1869, le débit n'était plus que de 28.8 m^3/j pour 37 °C après le creusement de Choussy I.
Ce puits aurait été comblé avec des déblais divers.

3.3.3 Sources minéralisées abandonnées

a) Source du Réservoir

Coordonnées géographiques
Cette source appartenait à M. Choussy et se trouvait derrière l'ancien établissement thermal Mabru.

Caractéristiques techniques.
La source a été découverte et captée en 1858 par une tranchée de faible profondeur.
Sa température était de 49°C pour un débit de 17.3 m^3/j.

b) Source du grand bain

Cette source appartenait à M. Choussy.

Caractéristiques techniques.
Une note, non datée (années 187 ?), du service des Mines indique qu'elle « ...coule dans un petit bassin creusée dans le sol ».
Sa température était de 51,5°C pour un débit de 5.7 m3/j.

c) Source du Bagnassou

Cette source appartenait à M. Choussy.

Caractéristiques techniques.
Une note, non datée (années 187 ?), du service des Mines indique que la source est captée par un puits de 1.5 m de profondeur.
Sa température était de 37,5°C pour un débit de 5.6 m3/j.

d) Source du Communal

Caractéristiques techniques.

Elle a été tarie lors du creusement du puits Sédaiges. Sa température était de 25 °C.

e) Source des Fièvres, source de la Rotonde

Elles appartenaient à M. Choussy et alimentaient des buvettes.

Coordonnées géographiques
En nous servant des implantations figurant sur d'anciens plans, nous pensons avoir localisé l'emplacement de la source des Fièvres.
Un ancien réservoir souterrain situé au Nord de l'ancien hôpital Lacoste, aurait remplacé l'ouvrage de captage.

Caractéristiques techniques.
Les sources de la Rotonde et des Fièvres, situées près de la faille de la Roche aux fées, devaient sourdre naturellement. Elles ont été taries lors du creusement du puits Mabru.

Leurs températures étaient de 32°C pour la source des fièvres et, 34-36 °C pour la source de la Rotonde.

Les débits s'élevaient à 6.6 m ^{3}/j pour la source des fièvres et 9.6 m ^{3}/j pour la source de la Rotonde.

Photo 5 :entrée de l'ancien réservoir à l'emplacement supposé de la source des fièvres

f) source du Coin

Caractéristiques techniques.
La source était captée à 48 m de profondeur.
Sa température variait de 38,5°C à 48 °C, pour un débit de 3.9 m^3/j.

g) Puits de l'Ecurie

Cette source était située à 6 m du puits Mabru et appartenait à M . Choussy

Caractéristiques techniques.
Les travaux ont débuté à la fin de l'année 1866 et ont atteint la profondeur de 22.5 m.
La température était de 37°C.

h) Autres émergences

D'autres émergences d'eau minéralisée nous ont été signalées sur le territoire de la commune, mais elles n'ont jamais été exploitées.

C'est en particulier le cas d'une source qui sourdait au lieu-dit « l'eau salée », située à 1.3 km au Sud Est de la source Fenestre, et qui empoisonnait le bétail qui s'y abreuvait.
Cette source, qui n'est plus visible, était à l'aplomb d'une faille orientée Nord 70°.

3.4. CARACTERISTIQUES DES SOURCES EXPLOITEES DANS LE CADRE DU THERMALISME

3.4.1. Aspects qualitatifs

L'annexe 9 reprend les résultats d'analyses de toutes les sources minérales actuellement exploitées dans le cadre du thermalisme.

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 la teneur en sels dissous de l'eau de la source Choussy est comprise dans la gamme de variation des eaux thermominérales du massif central.

La minéralisation de la source Fenestre est inférieure aux teneurs habituellement mesurées dans les eaux minérales, mais elle est supérieure à la moyenne des eaux peu profondes.
Ce caractère traduit le mélange de l'eau minérale (profonde) avec des eaux plus superficielles.

	Masse total de sels dissous (g/l)
Moyenne des eaux peu profondes *	**0.052***
Eaux thermominérales du massif central *	**1 à 6***
Choussy II	5.90
Fenestre I	0.73

* Schoeller (1979)

Tab 8 : 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 des eaux de Choussy et de Perrière, il apparaît nettement figure 11, qu'elles ont le même faciès hydrochimique : elles sont chloro-bicarbonatées et sodiques.

La teneur en chlorures est moins élevée pour les sources Fenestre.

On remarque également, figure 11, que les analyses réalisées à plusieurs années d'intervalle donnent les même résultats.

La différence entre les sources Fenestre et Choussy/Perrière se retrouve, sur les figures 12a et 12b.qui présentent l'évolution de la conductivité des sources au cours du temps (exprimée en µS/cm à 25°C).

La conductivité des sources Choussy / Perrière est dix fois plus importante que celle des sources Fenestre.

Les eaux des ouvrages Choussy II et Perrière ont des conductivités très proches car c'est la même venue d'eau qui est captée.

La conductivité de ces émergences est en légère augmentation. En effet, la conductivité moyenne des deux sources sur la période 1993-2002 est de 7413 µS/cm alors que la conductivité de référence figurant dans les annales des Mines (tableau 9) est de 6 711 µS/cm.
Ce gain (702 µS/cm) est à mettre en relation avec les travaux réalisés en 1997 et 1998 qui ont amélioré l'étanchéité des ouvrages vis à vis des infiltrations d'eaux superficielles.

La conductivité des sources Fenestre aurait tendance à légèrement décroître.
La conductivité moyenne entre 1936 et 2002 est de 524 µS/cm. Elle reste cependant très proche de sa conductivité de référence.

Source	Conductivité (µS/cm)	Température (°C)
Fenestre	537	19
Choussy-Perrière	6 711	56

Tab 9 : conductivité et température de référence pour les sources Choussy-Perrière et Fenestre (Inventaire des sources des annales des Mines 1998)

La figure 13 présente l'évolution de la température des sources de 1993 à 2002.

Les températures sont plutôt stables bien que l'on observe une petite baisse entre 1996 et 1998 sur Choussy-Perrière.

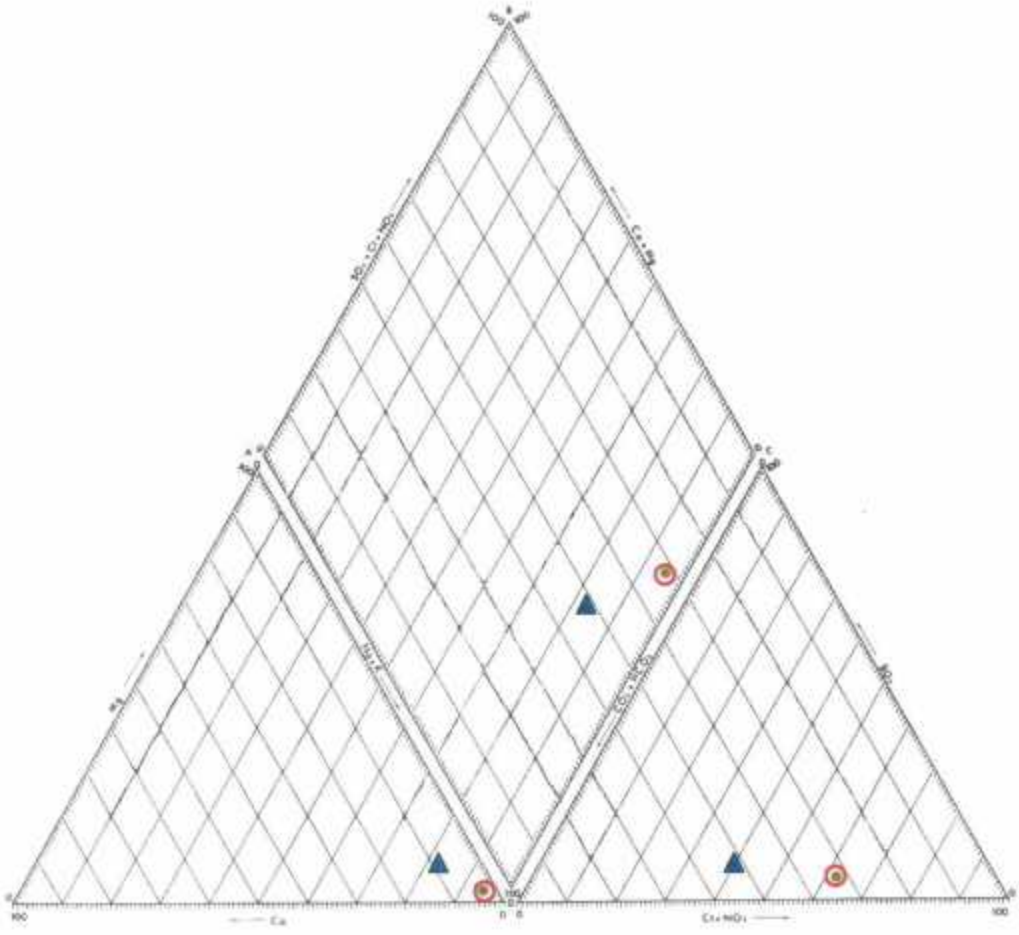


Fig. 11 : Diagramme de Piper pour les sources minérales de la Bourboule **(analyses de 1989 et 1999 pour Choussy et Perrière, analyses de 1984 et 1989 pour Fenestre)**

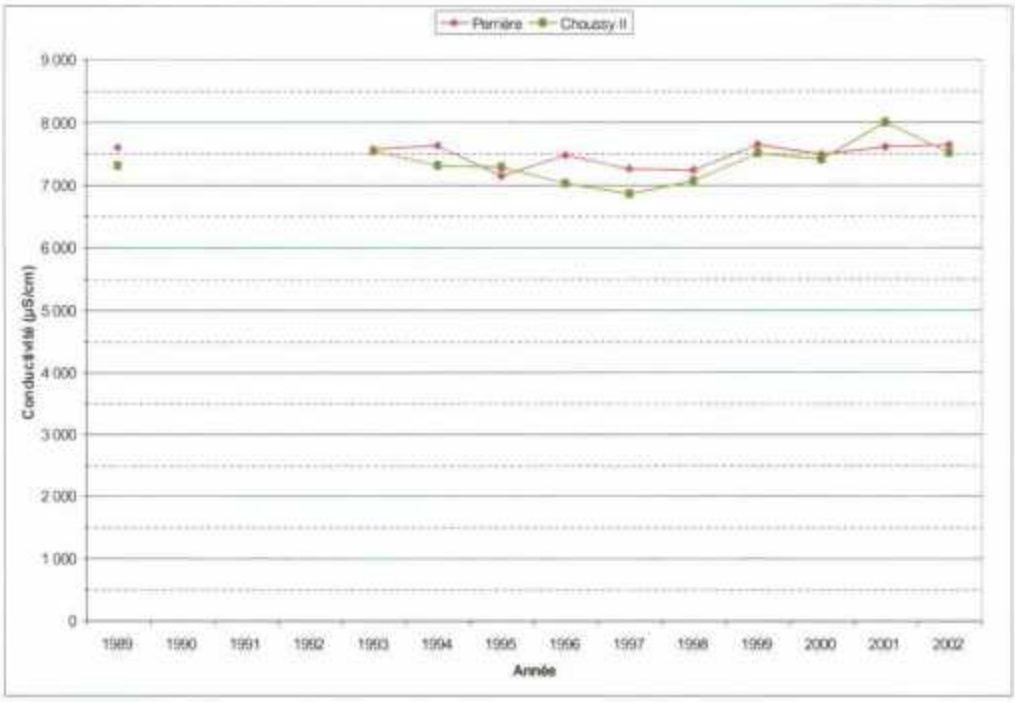


Fig. 12a : évolution de la conductivité des sources Choussy II et Perrière de 1989 à 2002

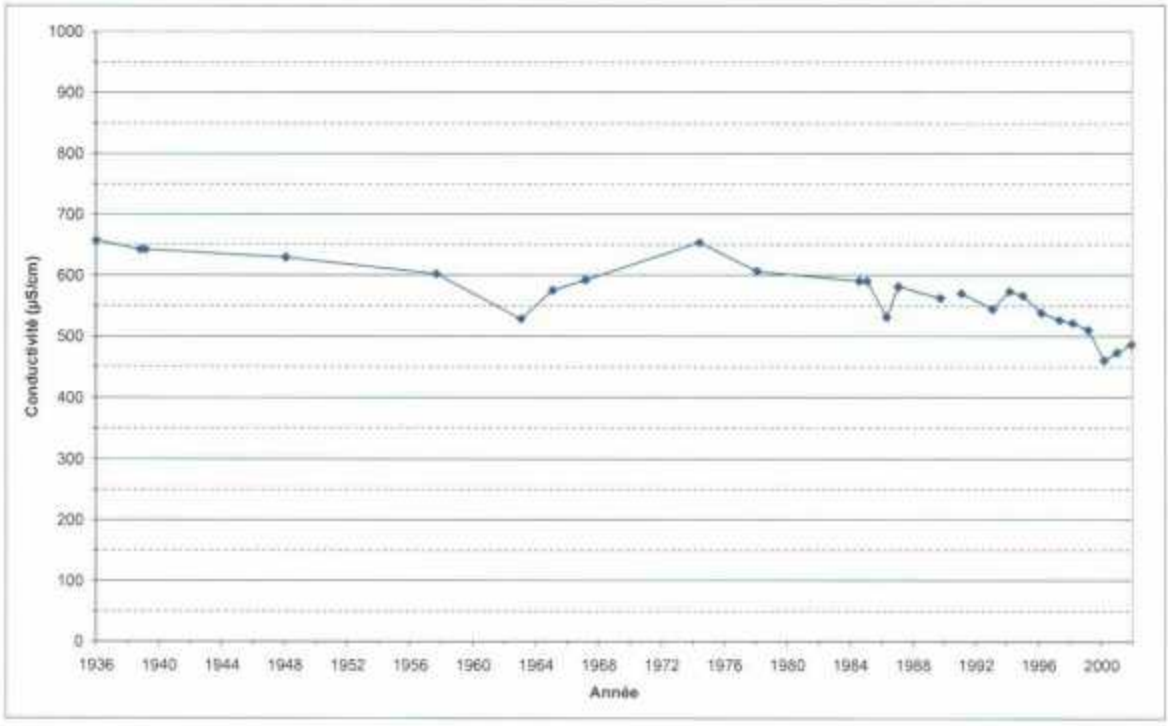


Fig. 12b : évolution de la conductivité des sources Fenestre de 1936 à 2002

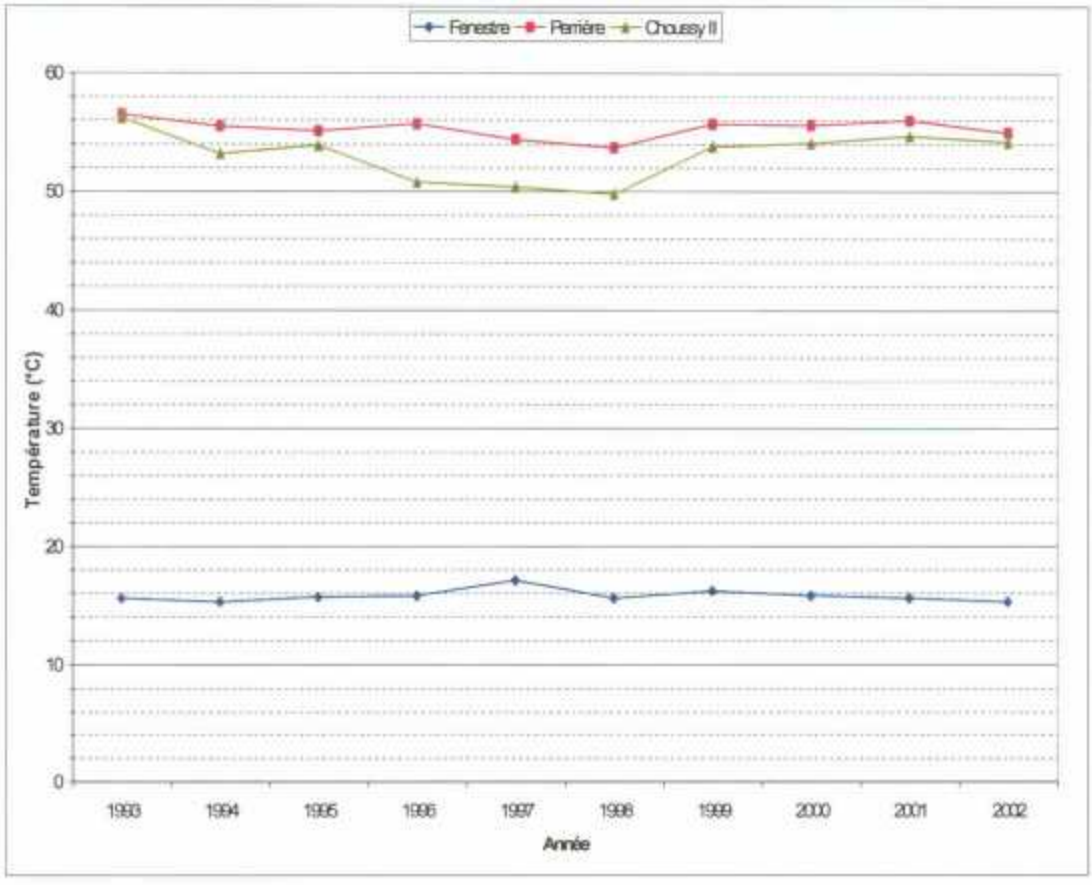


Fig. 13 : évolution de la température des sources Fenestre, Choussy II et Perrière de 1993 à 2002

Elles sont relativement élevées sur Choussy II et Perrière (respectivement 53 °C et 55 °C en moyenne), tandis que la source Fenestre est caractérisée par une température froide de l'ordre de 16 °C.

Cette caractéristique, ainsi qu'une conductivité beaucoup plus faible, suggèrent que les sources captées par le forage Fenestre sont la résultante d'un mélange de venues hydrothermales avec des eaux «peu profondes ».
Ces eaux « peu profondes » peuvent être des eaux contenues dans les formations de remplissage de la caldeira et / ou la nappe d'accompagnement de la Dordogne.
Il peu vraisemblable, que l'on soit en présence d'eaux de ruissellement superficiel car l'ouvrage est étanche jusqu'à la profondeur de 20 m.

A noter, la température de référence pour Fenestre est légèrement plus élevée que la moyenne des températures actuelles : 19° C pour 16°C.

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

Les teneurs particulièrement élevées en arsenic (figure 14) ont d'ailleurs longtemps été mise en exergue pour vanter les qualités des eaux des sources.
Ces concentrations sont largement supérieures aux exigences de qualité pour l'AEP qui devront être inférieures à 10 µg/l à la fin de l'année 2003 (décret du 20/12/2001 – 2001-1220).

La présence de molybdène en forte teneur (jusqu'à 0.434 mg/l) paraît être liée aux eaux thermo-minérales chlorobicarbonatées et accompagne l'arsenic (Risler, 1976)

Lithium (figure 15) et bore caractérisent des fluides ayant circulé en profondeur, à température élevée.

Bactériologie
Les échantillons prélevés aux griffons sont conformes aux exigences de qualité.

Les travaux d'isolation des forages Choussy et Perrière ont permis de bloquer les infiltrations d'eaux superficielles.

Les installations techniques sont particulièrement bien entretenues et de qualité, ce qui contribue à l'absence de contamination.

De plus, la température élevée de l'eau de Choussy-Perrière, limite les risques de contamination bactériologique.
A noter que la CEMB a un projet de récupération de chaleur sur les sources Choussy-Perrière.

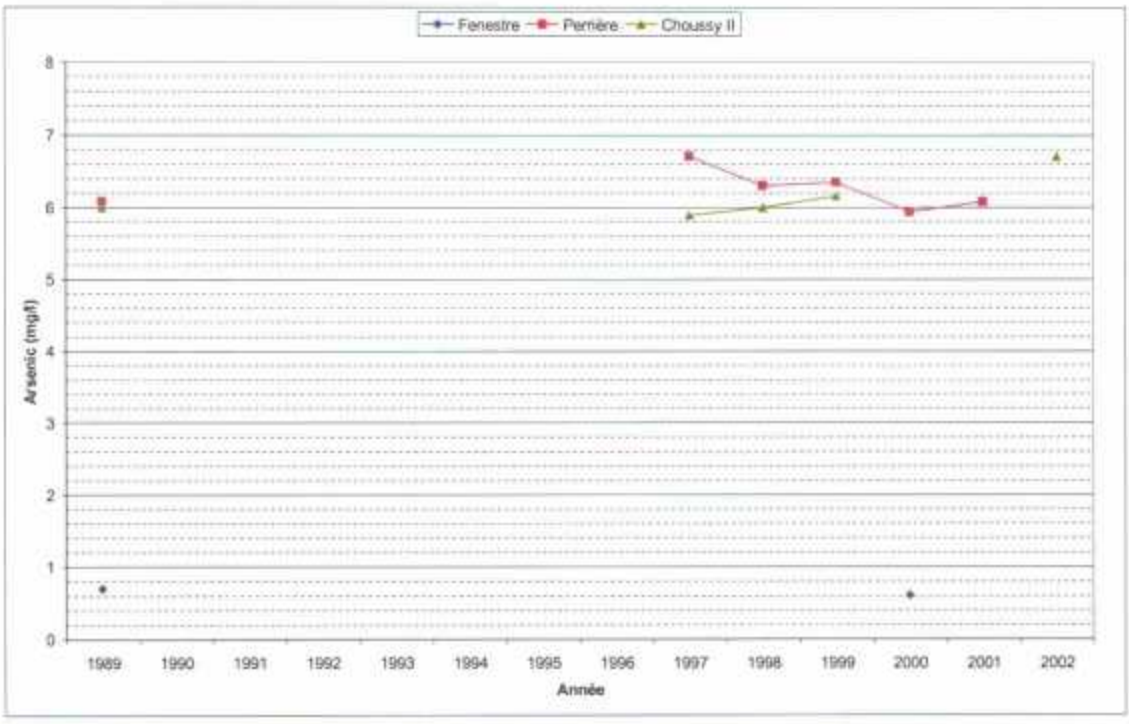


Fig 14: évolution de la concentration en arsenic de 1989 à 2002 pour les sources Choussy II, Perrière et Fenestre

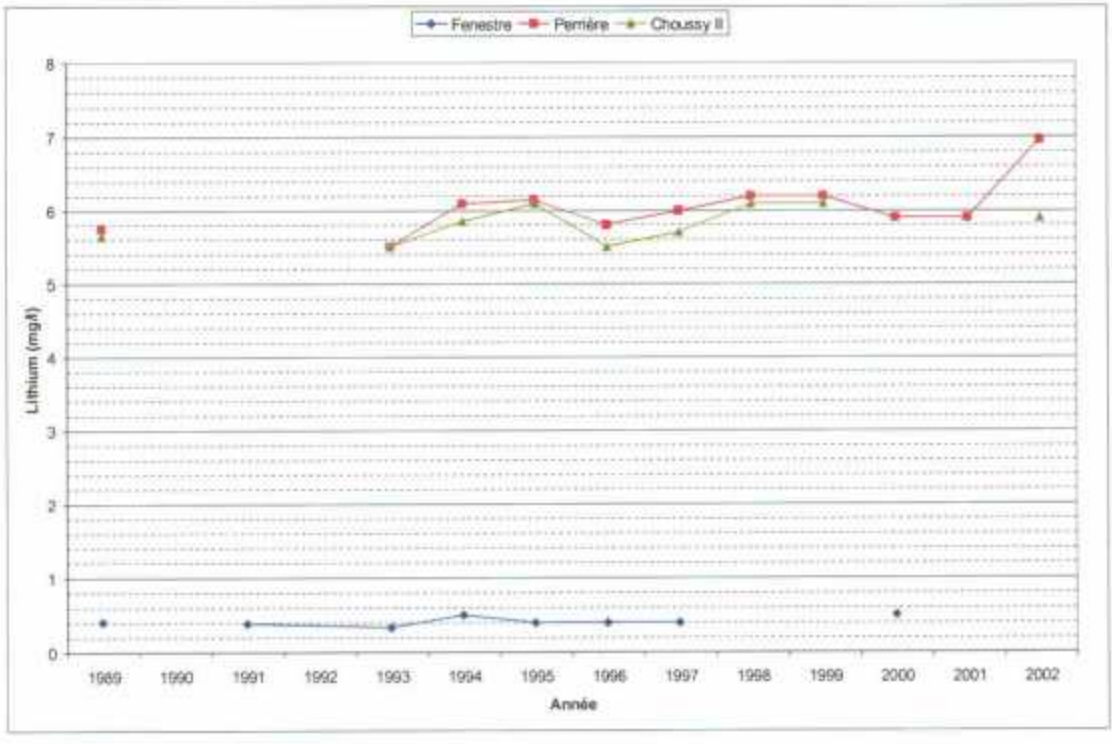


Fig 15 : évolution de la concentration en lithium de 1989 à 2002 pour les sources Choussy II, Perrière et Fenestre

Caractéristiques gazeuses des émergences.

Le CO_2 représente la quasi-totalité des gaz dosés aux émergences : 94.5 % à la Bourboule.
La source Choussy contient également des gaz rares :

- Argon/azote : 0..187
- Kryton/argon : 0.00034
- Xenon/argon : 0.000013
- Helium/argon : 0.10

Ces rapports sont du même ordre de grandeur que dans l'air (Morette, 1964).

Cette observation a été confirmée par Degranges et Leleu (1980), tableau 10 où sont reportées les concentrations en gaz dissous de la source Clémence.

Cela conduit à penser d'une part que l'enfouissement des eaux météoriques s'est fait avec des eaux en équilibre avec l'atmosphère et donc que les gaz sont pour l'essentiel d'origine atmosphérique et, d'autre part, qu'un dégazage progressif au fur et à mesure de l'enfouissement, et donc de la montée en température, à pu se produire.

	CO_2	CH_4	Ar	$O_2(10^{-2})$	N_2
Clémence	$3.41.\ 10^{-2}$	$5.70.\ 10^{-5}$	$1.03.\ 10^{-5}$	$0.00.\ 10^{-0}$	$4.61.\ 10^{-4}$

Tab 10 : concentrations en gaz dissous (en mole/l) dans l'eau de la source Clémence

Caractéristiques isotopiques

❖ <u>soufre 34 (^{34}S)</u>

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

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

Les valeurs trouvées dans la littérature (Pauwels et Fouillac, 1997) sont de + 12.8 δ pour Choussy et +8.0 δ pour Clémence.
On peut donc en conclure qu'avant leur émergence, les eaux minérales de la Bourboule ont circulé dans un encaissant granitique.

❖ Oxygène 18 (^{18}O) et deutérium (D)

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

Les teneurs en ^{18}O 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.

Les valeurs mesurées sur les eaux de la Bourboule 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

Le tableau suivant reprend les débits d'exploitation retrouvés dans la littérature.

	Débit (m^3/j)	**Rabattement**
Perrière (08/10/1942)	236.2	Quelques cm
(13/01/1955)	234.7	0.4 m
Choussy-Perrière (07/1952)	237.6 / 244 .8	Ecoulement naturel à –3.2 m sous le sol
	345.6	30 m
(1954)	360	Non précisé
Annales des mines (1975)	326 (2X163)	
Fenestre (1877)	197.3 (141.1+56.2)	
Fenestre (1969)	166	
Fenestre (1981)	130	
Annales des mines (1975	173 (98+39)	
Fenestre (1989)	120	

Tab 11 : débits d'exploitation des sources

Actuellement, les forages Choussy et Perrière produisent ensemble, par pompage, **312 m^3/j** et ce, pendant toute l'année.
Le rabattement est de - 20/30 m par rapport au niveau statique.
Cela permet de garder le réseau sous pression et donc d'éviter d'avoir des problèmes de contamination bactériologique. On obtient également, une certaine stabilité physico-chimique de l'eau pompée.

Le forage Fenestre produit quant à lui, **144 m^3/j** par artésianisme.

Le volume total disponible pour les établissements thermaux est donc de **456 $^3/j$** ($19m^3/h$).

Actuellement, les besoins sont satisfaits par la production des différents ouvrages et plusieurs dispositifs de stockage permettent de répondre à la demande pendant la période estivale (fréquentation maximale).

3.5. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

3.5.1. Contexte géologique et tectonique

D'un point de vue géologique, la formation du massif du Mont-Dore est assez complexe (fig 16) :

Vers 3 Ma a lieu l'édification d'un stratovolcan (stratovolcan du Mont-Dore), sur le socle granitique et métamorphique recouvert pour partie par des sédiments oligocènes.

Après une éruption brutale, avec des émissions de ponces et cendres, évaluées entre 8 et 11 km^3, le socle s'effondre à la verticale de la chambre magmatique, formant ainsi une caldeira dont les limites suivent les failles préexistantes du socle.

La cadeira est ensuite occupée par un lac qui draine les précipitations météoriques et qui se comble peu à peu de sédiments et de retombées volcaniques.
L'activité de ce 1er stratovolcan s'arrête vers 1,6 Ma.

Après 500 000 ans d'accalmie, l'activité volcanique reprend, avec un déplacement de près de 6 km du centre d'activité : c'est le stratovolcan du Sancy, affecté par une violente éruption vers 0,8 Ma (figure 16)

Ce n'est que vers 0,2 Ma que l'activité du volcan semble se terminer.

La fosse volcano-tectonique de la Haute Dordogne se caractérise par un important remplissage volcano-sédimentaire, pénétré de nappes de ponces intercalaires, de coulées interstratifiées et de dépots sédimentaires. Ce remplissage peut atteindre 2000m dans la zone centrale de la fosse.

Le relief actuel est hérité de la dernière glaciation (Würm) qui affecte l'Europe entre 110 000 et 13 000 ans.

Quatre directions anciennes de socle ont été mises en évidence par des études menées en 1979 lors du programme de géothermie sous la conduite du BRGM avec la collaboration de divers partenaires (Prospection géothermique intégrée dans la Massif du Mont-Dore, rapport 80 SGN 150GTH) :

- hercyniennes : N 60 et N 110
- oligocène : N 20
- pléistocène : N 170°.

Les failles N 20 sont des failles de distension et jouent un rôle important dans la tectonique régionale, notamment dans la formation des horsts et grabbens, dans la remontée des magmas et dans les intrusions de phonolites.

La direction N 170° est indicatrice d'une contrainte plus récente, qui a fait jouer en cisaillement les failles hercyniennes et oligocènes.
Le thermalisme de la Bourboule est lié à ces différentes phases de rejeu.

La géologie du secteur étudié est présentée sur la figure 17.

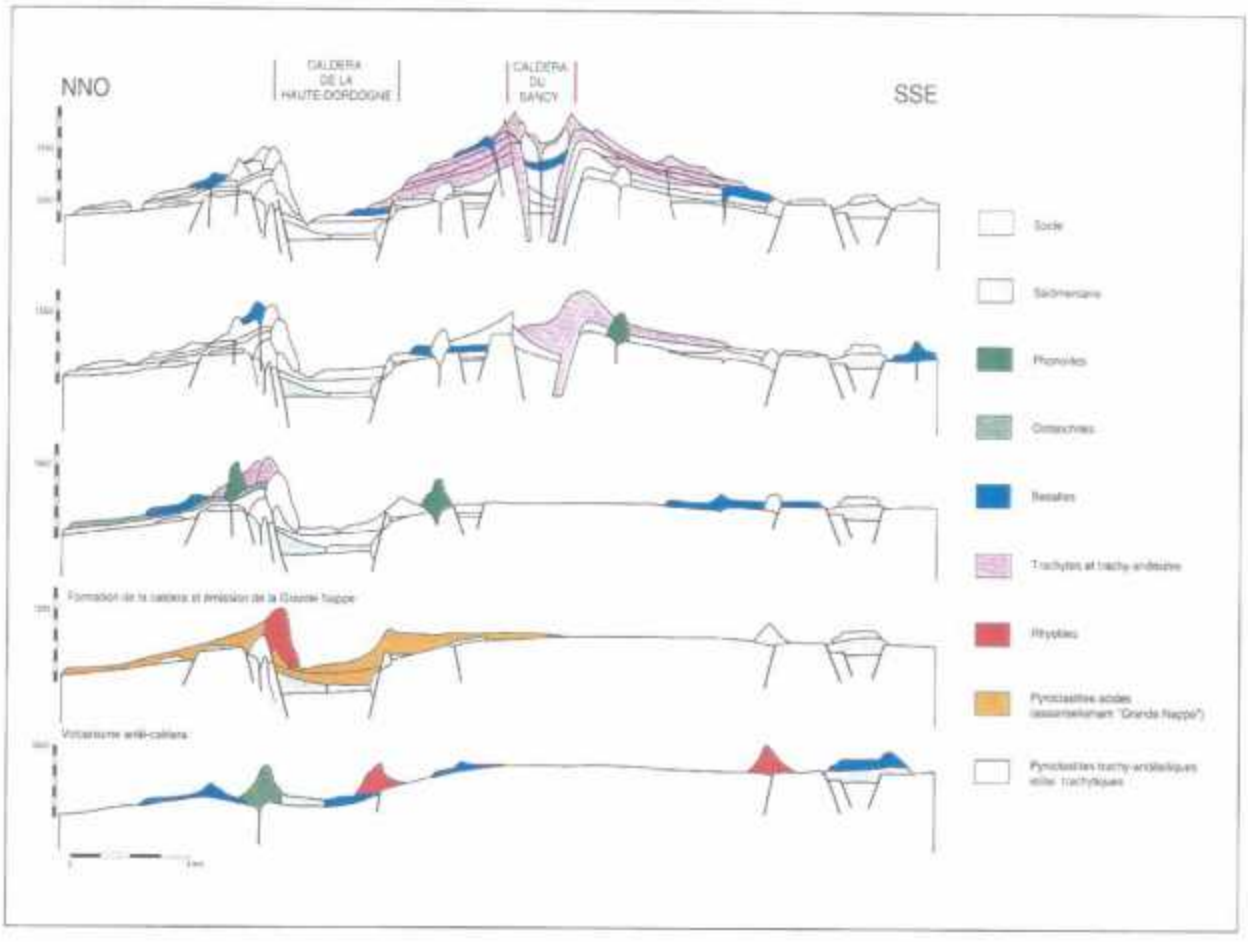


Fig 16 : coupe simplifiée des diférentes étapes d'édification des Mont-Dore d'après Cantagrel et Baubron –1983-modifié (M BRULE-PEYRONIE et LECUYER)

On retrouve :

- dans la vallée de la Dordogne, des dépôts fluvio-glaciaires et alluvions récentes
- dans la fosse de la Dordogne, une alternance de ponces, de coulées interstratifées, de dépôts volcano-sédimentaires et sédimentaires.
- sur les plateaux, des empilements de coulées de laves (doreites, sancyites, ankaramites), de nappes de ponces, de cendres et de brèches
- des intrusions de phonolite et sancyite sur la montagne de Bozat au nord-ouest,
- le socle (granite à deux micas de la Bourboule) qui marque la limite de la fosse volcano-tectonique de la Haute Dordogne.

3.5.2. Contexte hydrogéologique et circuit hydrothermal

L'activité thermale se concentre le long de fractures anciennes ou récentes.

L'émergence des sources de la Bourboule est provoquée par la faille de la Bourboule (Nord 60°) qui borde la fosse au NO volcano-tectonique du Mont-Dore

Des travaux (Pauwels et al, 1997) ont montré qu'il existe vraisemblablement 3 réservoirs indépendants dans la vallée de la Dordogne (Bourboule, Croizat, Mont-Dore).

Les sources Choussy-Perrière représentent un pôle particulièrement bien différencié de part leur forte minéralisation (concentrations élevées en chlorures), leur température élevée et leur composition isotopique.
La composition de ces émergences n'est probablement pas très éloignée celle du fluide originel profond.

L'extension du bassin hydrothermal n'est pas connu: Il semble que l'on se soit basé sur la position des sources primitives pour fixer les limites du périmètre de protection.

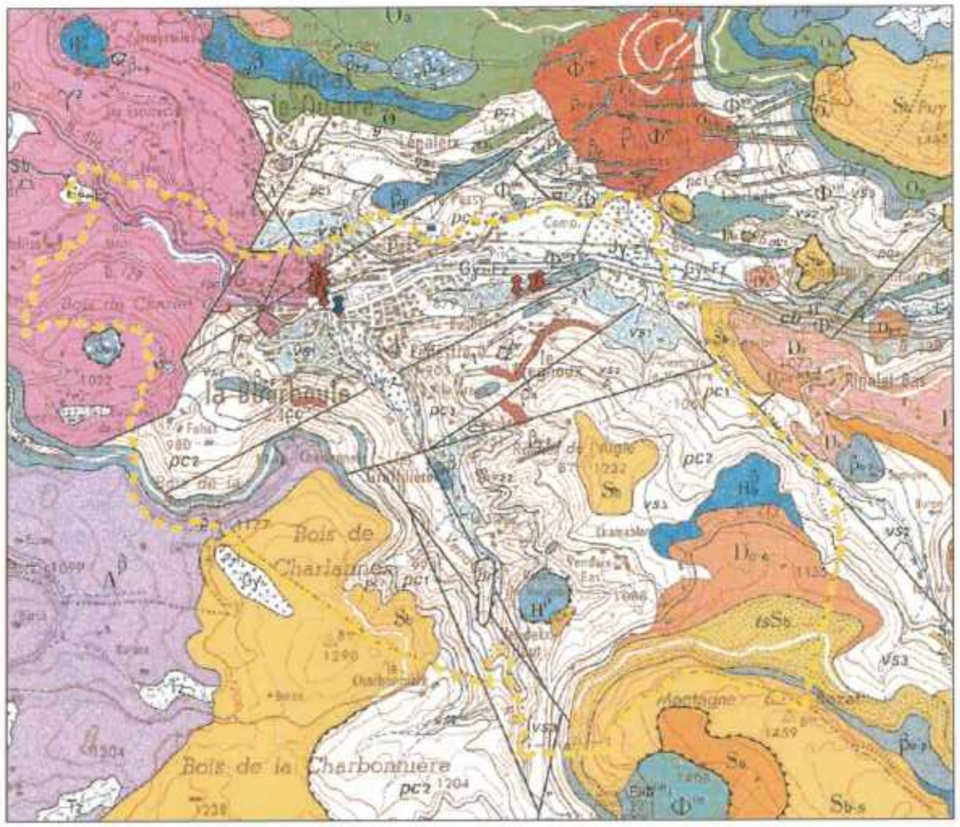
Le circuit des eaux thermominérales de La Bourboule n'est pas identifié dans sa totalité mais les diverses études réalisées sur le site permettent de proposer le schéma suivant (figure 17) :

- L'eau d'origine superficielle, issue des précipitations qui sont tombées sur les reliefs du massif, s'est infiltrée lentement dans les formations volcano-sédimentaires et dans l'ancien socle cristallin.

Pour Choussy-Perrière, l'utilisation de géothermomètres a montré que les fluides ont en profondeur, une température de 140 °C environ. La profondeur atteinte est estimée à - 1 700 /-2 400 m.

Sous les effets conjugués de la pression, d'une température élevée liée à l'existence une chambre magmatique en cours de refroidissement (localisée entre 7 et 15 km en profondeur), et d'apports de CO_2 profond associés au volcanisme, les fluides acquièrent leur minéralisation.

- L'eau remonte à la faveur des failles de la bordure occidentale de la caldeira.

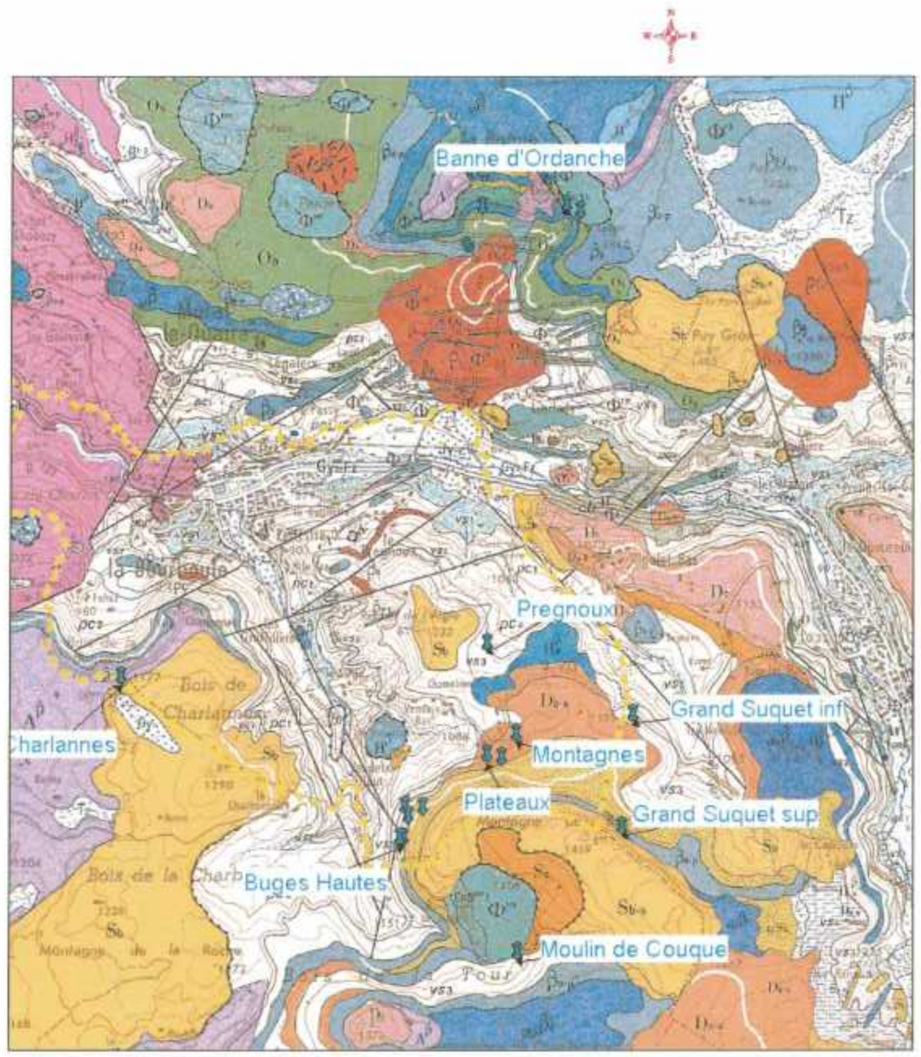


source minérale exploitée

source minérale ou minéralisé abandonnée

contour de la commune

Fig 17 : contexte géologique – Echelle 1/40 000 (Carte géologique de Bourg Lastic n° 716 © BRGM)



point d'eau destiné à l'AEP

contour de la commune

Fig. contexte géologique des captages d'AEP – Echelle 1/50 000 (carte géologique n° 716 de Bourg Lastic © BRGM)

Si en profondeur, l'origine de l'eau minérale du gisement de la Bourboule est sans doute commune, les cheminements terminaux de la partie ascensionnelle rendent possibles les mélanges avec les eaux moins minéralisées contenues dans les formations de remplissage de la fosse.

Selon les teneurs en CO_2, les vitesses de transit sont plus ou moins rapide ce qui influe également sur la minéralisation et les températures d'émergence.

C'est le cas en particulier, pour les sources Fenestre, Clémence, Henry, Marie-Rose, la Plage etc.
Les ouvrages Choussy et Perrière sont situés à l'aplomb de la venue d'eau principale du gisement.
Le forage Perrière ayant d'ailleurs une implantation plus favorable que Choussy, qui était fortement influencé par les pompages dans Perrière lors de la guerre des puits.

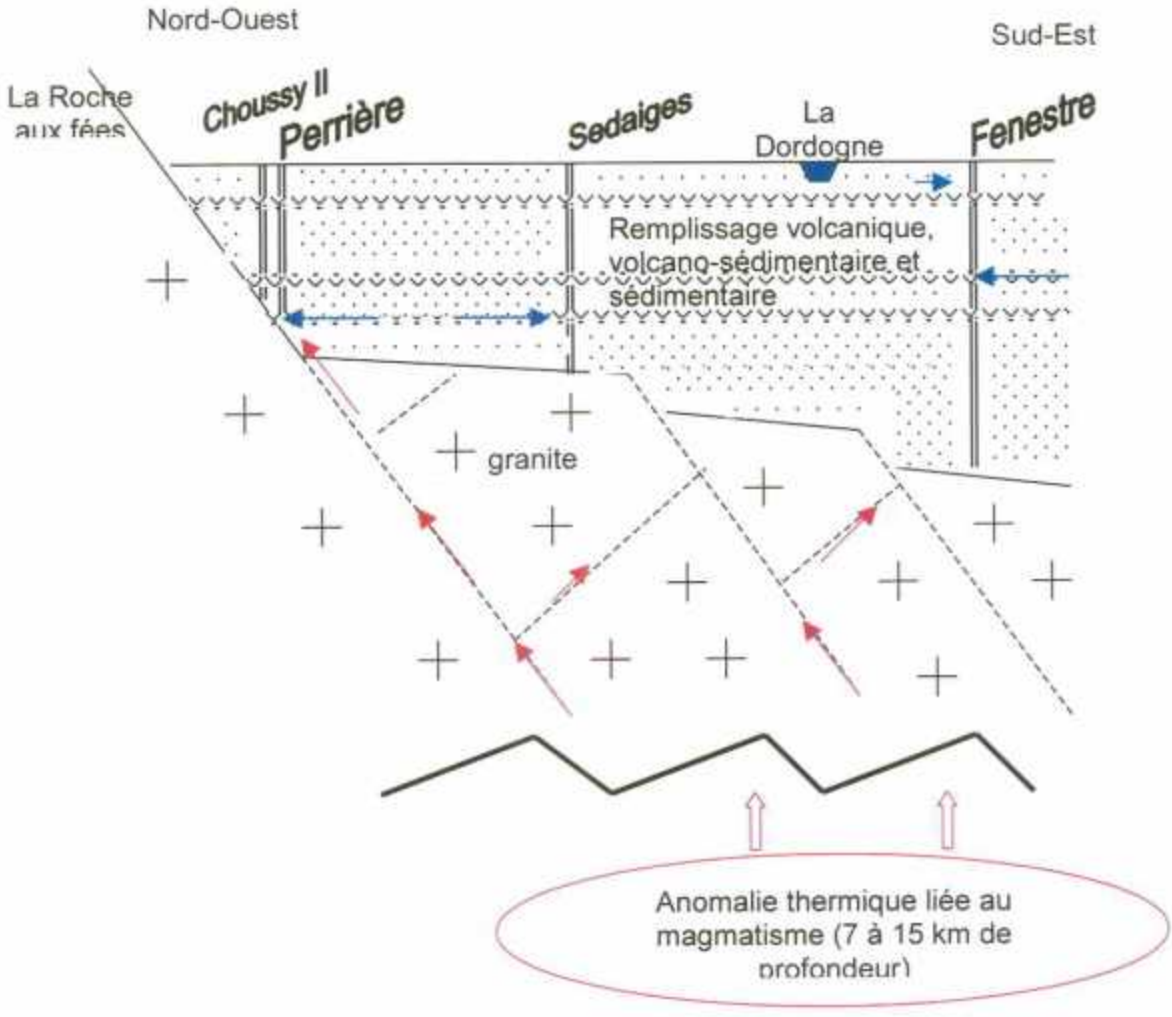


Fig.18 :Coupe géologique schématiqueNO-SE et circulation hydrothermale (inspiré de GLANGEAUD, 1942)

Fluides hydrothermaux

Eaux souterraines « peu profondes »

3.5.3. Contexte géologique au droit des émergences

a) Puits Perrière
Les travaux se sont déroulés de 1868 à 1913.

La coupe géologique est la suivante :

0.0 à 2.1 m :	sable et galets
2.1 à 53.0 m :	tuf trachytique bleu
53.0 à 62.77 m :	tuf plastique
62.77 à 64.12 m :	tuf granitique
64.12 à 78.0 m :	granite

b) Puits Choussy II
Les travaux ont débuté en mai 1870 et se sont achevés en 1878.

La coupe géologique est la suivante :

0.0 à 50.48 m	tuf trachytique bleu
50.48 à 53.95 m :	tuf mou
53.95 à 60.22 m :	tuf plastique
60.22 à 61.57 m :	tuf granitique
61.57 à 84.0 m :	granite

c) Forage Fenestre
Les travaux se sont déroulés du 17/06/1872 au 31/05/1875.

La coupe géologique est la suivante :

0.0 à 2.0 m :	tuf
2.0 à 21.0 m :	tuf dur bleu
21.0 à 22.82 m :	tuf graveleux
22.82 à 23.3 m :	granite désagrégé
23.3 à 27.9 m :	tuf tendre sableux
27.9 à 27.95 m :	sable gris
27.95 à 33.85 m :	tuf tendre brun
33.85 à 34.01 m :	tuf dur
34.01 à 39.0 m :	sable et débris de roches (source1)
39.0 à 40.2 m :	tuf brun sableux
40.2 à 42.1 m :	sables fins tufacés
42.1 à 47.65 m :	sables fins et roches
47.65 à 49.17 m :	sables fins tufacés
49.17 à 68.35 m :	tuf bleuâtre avec basaltes roulés (source 2)
68.35 à 73.5 m :	tuf tendre
73.5 à 73.9 m :	tuf très dur
73.9 à 115.5 m :	tuf tendre bleuâtre
115.5 à 115.7 m :	veinule de tuf dur
115.7 à 120.87 m :	tuf tendre bleu
120.87 à 121.02 m :	tuf dur
121.02 à 125.6 m :	tuf tendre
125.6 à 126.1 m	tuf légèrement micacé
126.1 à 126.7 m :	tuf tendre
126.7 à 142.02 m :	tuf tendre, couche micacée dure

142.02 à 155.38 m : tuf tendre
155.38 à 158.3 m : tuf plastique glissant
158.3 à 161.26 m : tuf quartzeux granité

d) Puits Choussy I
Les travaux ont débuté à la main en 1868 et se sont poursuivis par sondage jusqu'à la profondeur de 48 m.
L'ouvrage n'a rencontré que des tufs et arkoses. Il n'a pas atteint le granite.

e) Puits central
Les travaux se sont déroulés du 30/10/1876 au 11/02/1879.

La coupe géologique est la suivante :

0.0 à 2.15 m : sable et galets
2.15 à 23.0 m : tuf dur bleu
23.0 à 35.8 m : tuf dur sableux
35.8 à 36.4 m : morceaux de granite
36.4 à 47.0 m : tuf schisteux
47.0 à 50.5 m : tuf schisteux très dur
50.5 à 64.35 m : tuf tendre
64.35 à 66.5 m : tuf très schisteux
66.5 à 68.6 m : tuf mou
68.6 à 69.78 m : tuf plastique
69.78 à 90.0 m : tuf granitique
90.0 à 115.6 m : tuf granitique très inégal et très dur
115.6 à 122.1 m : tuf granitique moins résistant
122.1 à 128.7 m : éboulis de granite décomposé
128.7 à 135.67 m : tuf granitique peu dur
135.67 à 137.15 m : éboulis de granite et de tuf

f) Puits de la plage
Les travaux ont débuté en 1870.

La coupe géologique est la suivante :
0.0 à 2.1 m : sable et galets
2.1 à 102.0 m : tuf trachytique
102.0 à 108.5 m : granite
108.5 à ? m : coulée de tuf
? à 120.0 m : granite

g) Puits Sedaiges
Les travaux ont débuté en 1867 et se sont achevés en 1877.

La coupe géologique est la suivante :
0.0 à 2.1 m : sable et galets
2.1 à 18.5 m : tuf dur bleuâtre
18.5 à 20.0 m : tuf très dur (source à 18.5 m)
20.0 à 35.0 m : tuf sableux dur
35.0 à 36.0 m : morceaux de granite

36.0 à 40.0 m :	tuf schisteux très dur
40.0 à 49.0 m :	tuf schisteux
49.0 à 59.9 m :	tuf tendre
59.9 à 61.5 m :	couche plus dure
61.5 à 67.0 m :	tuf tendre
67.0 à 70.0 m :	tuf graveleux
70.0 à 72.0 m :	tuf argileux mou
72.0 à 81.0 m :	tuf plastique
81.0 à 83.85 m :	tuf granitique
83.85 à 84.4 m :	granite

4. L'alimentation en eau potable

4.1. LES RESSOURCES ET LEUR MODE DE GESTION

La Commune de la Bourboule dispose de 22 captages pour son alimentation en eau potable, essentiellement implantées au Sud-Est de la Commune (figure 19).
Elle possède également un droit d'eau sur les captages de la Banne d'Ordanche situés à Murat-Le-Quaire
La maîtrise d'œuvre du réseau communal est confiée au bureau d'études SAUNIER ENVIRONNEMENT.

La distribution se fait par l'intermédiaire de trois réseaux :

- Charlannes
- Prégnoux. Il comporte un réservoir de 150 m^3 de capacité où un dispositif de chloration est installé. La distribution est gravitaire. Ce réseau doit être prochainement raccordé au réseau principal.
- Réseau principal. Il est équipé de trois réservoirs pourvus chacun d'un dispositif de désinfection de l'eau au bioxyde de chlore. La distribution se fait gravitairement.

4.1.1. Point d'eau du Grand Suquet

Ce point d'eau comporte deux captages implantés sur le territoire de la commune du Mont-Dore.

Ce point bénéficie d'un arrêté Préfectoral de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) daté du 26/04/1983 et inscrit à la conservation des Hypothèques.

Les périmètres de protection immédiate (PPI) ont été acquis par la Commune.

4.1.2. Point d'eau de Buge Haute

Ce point d'eau comporte cinq captages implantés sur la montagne de Bozat.
Les sources sont captées à faibles profondeurs de manière gravitaire

M. FREMION (hydrogéologue agréé) a définit en novembre 1992 les périmètres de protection des points d'eau Buge Haute, Creux de la tante, des plateaux, de Sagne basse, de la montagne, du moulin de la Couque, du Pregnoux, et de Charlannes, ainsi que les mesures de protection qui les accompagnent.

Ils bénéficient d'un arrêté Préfectoral de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) daté du 05/11/1998 et inscrit à la conservation des Hypothèques de Clermont-Ferrand et d'Issoire.

Les périmètres de protection immédiate (PPI) des captages de Buge Haute ont été acquis par la Commune.

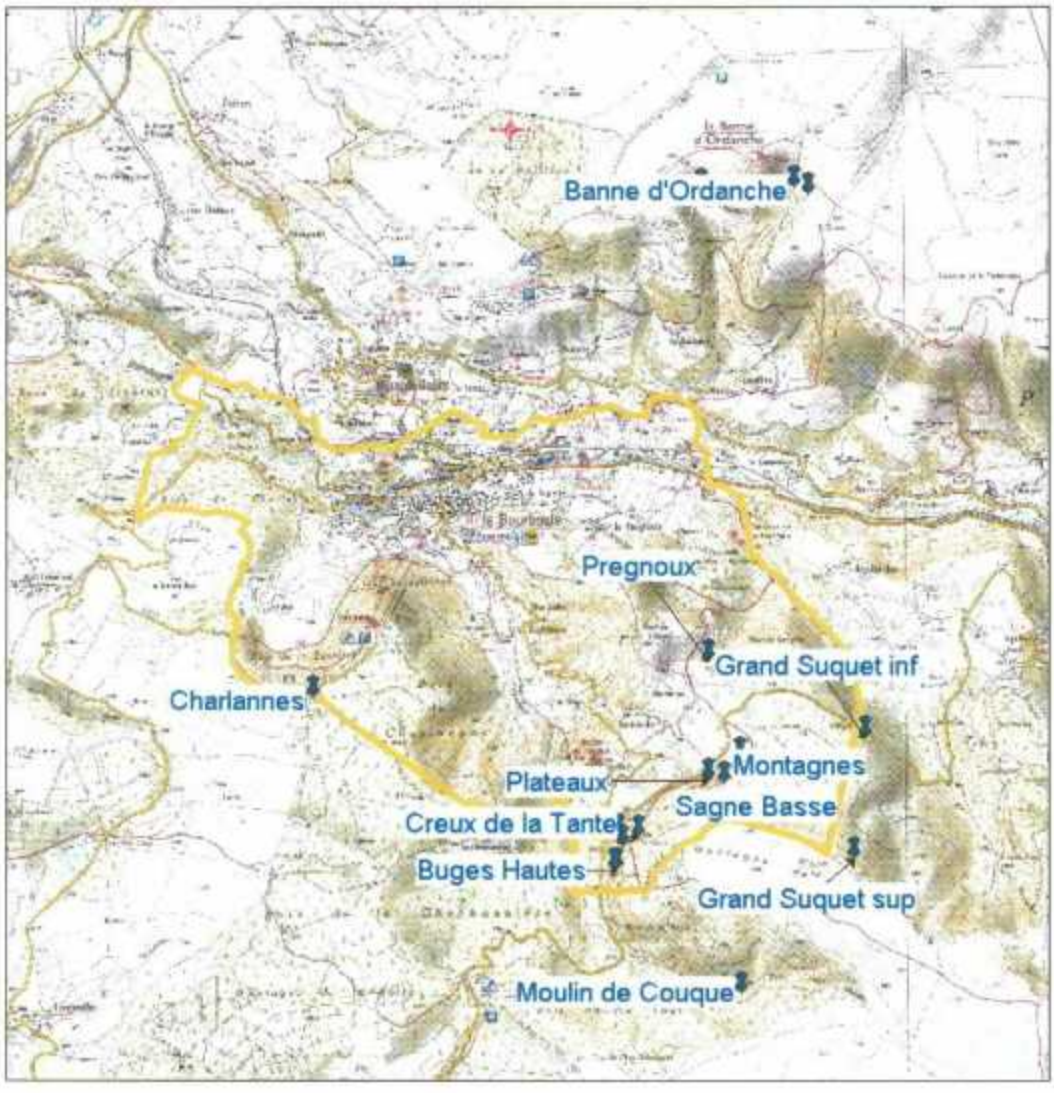


Fig. 19 : Localisation des points d'eau destinés à l'alimentation en eau potable de la commune de la Bourboule (Scan 25 – © IGN Paris 2000– Echelle 1/50 000)

4.1.3. Point d'eau du Creux de la tante

N°BSS : 07167X0061/100

Coordonnées géographiques
X = 632,93 km Y = 2 062,79 km
Ce point d'eau comporte trois captages implantés sur la montagne de Bozat.
Les sources sont captées à faibles profondeurs de manière gravitaire

Les périmètres de protection immédiate (PPI) ont été acquis par la Commune.

4.1.4. Point d'eau des plateaux

N°BSS : 07167X00062/104

Coordonnées géographiques
X = 633,61 km Y = 2 063,10 km
Ce point d'eau comporte quatre captages implantés sur la montagne de Bozat.
Les sources sont captées à faibles profondeurs de manière gravitaire

Les périmètres de protection immédiate (PPI) ont été acquis par la Commune.

4.1.5. Point d'eau de Sagne Basse

Ce point d'eau comporte un seul captage implanté sur la montagne de Bozat.
L'eau est captée peu profondément et de manière gravitaire

Le périmètre de protection immédiate (PPI) a été acquis par la Commune.

4.1.6. Point d'eau de la montagne

Ce point d'eau comporte un captage implanté sur la montagne de Bozat.
L'eau est captée peu profondément et de manière gravitaire

Le périmètre de protection immédiate (PPI) a été acquis par la Commune.

4.1.7. Point d'eau du moulin de la Couque

Ce point d'eau comporte deux captages implantés sur la montagne de Chambourguet (commune de La-Tour-d'Auvergne).
Les sources sont captées à faibles profondeurs de manière gravitaire

Les périmètres de protection immédiate (PPI) n'ont pas été acquis par la Commune.

4.1.8. Point d'eau de Pregnoux

N°BSS : 07167X00046/S

Coordonnées géographiques
X = 632,70 km Y = 2 065,30 km
Ce point d'eau comporte trois captages implantés sur le Rocher de l'Aigle.

Les périmètres de protection immédiate (PPI) ont été acquis par la Commune.

4.1.9. Point d'eau de Charlannes

N°BSS : 07167X0064/2790

Coordonnées géographiques
X = 630,67 km Y = 2 063,82 km Z = 1 190 m (NGF)

Ce point d'eau comporte un captage et alimente uniquement l'hôtel-restaurant du plateau de Charlannes.
La source est captée peu profondément et de manière gravitaire
Une chloration est ponctuellement effectuée au captage. La distribution se fait par gravité.

Le périmètre de protection immédiate (PPI) a été acquis par la Commune.

4.1.10. Point d'eau de la Banne d'Ordanche

Ce point d'eau comporte trois captages qui appartiennent à la Commune de Murat-le-Quaire.
Ils sont implantés sur le territoire de cette dernière et sont situés au Nord-Est de la Bouboule.
La Commune de la Bourboule dispose d'un droit d'eau sur la production de ces ouvrages.

M. FREMION (hydrogéologue agréé) a définit en novembre 1992, les périmètres de protection de cet ouvrage ainsi que les mesures de protection qui les accompagnent.
Ce point d'eau bénéficie d'un arrêté Préfectoral de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) daté du 31/10/2002 et inscrit à la conservation des Hypothèques de Clermont-Ferrand.

4.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Les eaux prélevées pour l'AEP sont dans un contexte d'aquifères volcaniques, peu profonds (Figure 20).

Les sources sont soit captées à la faveur de diaclases dans les coulées de lave, soit à l'interface coulée / pyroclastites (ponces, brèches).

Les caractéristiques des sources sont différenles selon le type d'émergence :

Les diaclases des coulées, plus ou moins ouvertes, jouent le rôle de drains en favorisant les écoulements.
L'aquifère, perméable en grand, a une capacité de filtration très réduite.
Ces formations sont surmontées par une épaisseur de sol généralement faible voir, par par des éboulis (cas des captages de la Banne d'Ordanche) qui ne peuvent pas ou peu, retarder l'infiltration d'un éventuel polluant.

Les niveaux de pyroclastites que l'altération a rendu plus ou moins imperméables, peuvent être à l'origine d'émergences.
Les écoulements dans ces niveaux sont moins rapides que dans les couléees de lave et, la filtration et la dégradation d'éventuels polluantsy sont favorisées.

Les débits des sources captées fluctuent de manière notable car les drains sont sont généralement enterrés à moins de 10 m de profondeur.

4.3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET VULNERABILITE DES RESSOURCES

Comme il a été mis en évidence plus haut, les ouvrages d'AEP de la Bourboule captent des aquifères volcaniques relativement vulnérables.

Les bassins d'alimentation, d'altitude élevée, sont majoritairement boisés ou, en prairie naturelle sur les plateaux.

Il n'existe pas actuellement, de source potentielle de contamination hormis les activités ponctuelles de débardage.

4.4. ASPECTS QUALITATIF ET QUANTITATIF

4.4.1. Point de vue quantitatif,

Le massif du Sancy est soumis à un régime climatique de montagne, accompagné de précipitations importantes (supérieures à 1400 mm par an) qui permettent d'obtenir des aquifères présentant de forts débits.

Malgré l'accroissement de la population durant l'été, les besoins sont satisfaits comme le montre le tableau suivant :

	Besoins (m3/j)		Ressources à l'étiage (m3/j)	
	Moyen (1996)	Pointe	1994	1996
Réseau principal	2 800	3 750	Montagne de 3 370	Bozat 3 330
			Grand Débit autorisé	Suquet = 432
			Montagne de 302	Chambourguet 384
Réseau du Prégnoux	9,8	20,0	104	104
Réseau de Charlannes		6	173	168

Tab 12 : ressources et besoins en eau potable de la commune de la Bourboule.

Quelques captages privés sont recensés sur le territoire de la Commune. Le plus important est situé au village de Fohet (SO de la Commune).

4.4.2. Point de vue qualitatif,

Le récapitulatif des analyses d'eau brute réalisées dans le cadre du dossier de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) sont présentés en annexe 10.

Les eaux sont extrêmement peu minéralisées et parfois non potables ou douteuses d'un point de vue bactériologique.

Ces deux caractéristiques traduisent une circulation rapide des eaux au sein des aquifères.

L'eau subit une désinfection par chloration aux différents réservoirs.

4.5. RECOMMANDATIONS

Il convient d'achever les acquisitions de PPI manquantes et d'effectuer les travaux demandés par l'arrêté de DUP, en particulier la mise en place d'un dispositif de neutralisation et de re-minéralisation de l'eau.

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 la Bourboule sont prises en charge par le SMECTOM.

Il n'existe aucune décharge en activité sur le territoire de la commune.

Une déchetterie est installée depuis 1997, à l'emplacement d'une ancienne décharge communale (référencée AUV6301221 dans BASIAS). Elle est située à 850 m d'altitude, près de la route de la Tour-d'Auvergne.

Une autre décharge communale est signalée près du barrage de l'usine hydroélectrique (référence AUV63001422).
Elle n'a pas été réhabilitée et accueil des gravats et des déchets inertes.

5.2. ASSAINISSEMENT COLLECTIF ET INDIVIDUEL.

La Commune de la Bourboule adhère au SIVOM de la Haute Dordogne.

Les effluents du réseau d'assainissement collectif sont dirigés vers la station d'épuration située en aval de la ville de la Bourboule, à proximité de la rivière Dordogne.

Bien que des travaux aient été entrepris, le réseau communal est vétuste et certains tronçons sont unitaires. Il collecte également des eaux parasites (sources).

Après de fortes pluies, le réseau communal refoule dans le collecteur syndical qui traverse la Bourboule. Ce qui provoque entre autres, l'inondation de galeries souterraines qui relient les différents établissements thermaux.
Le bureau d'études en charge du réseau (Saunier Environnement) a présenté à la commune, diverses propositions pour éliminer ces remontées d'eau.

Le maître d'œuvre a également étudié la possibilité d'installer une conduite de refoulement individuelle pour une maison d'enfants située près des ouvrages Choussy-Perrière.
Cette conduite rejoindrait le réseau communal en dehors du périmètre de protection des sources sans passer à proximité immédiate des puits.

Il est recommandé :

- d'éliminer le refoulement du réseau communal dans le collecteur syndical
- poursuivre la collecte séparative des eaux usées et des eaux de ruissellement.
- poursuivre les travaux de réhabilitation engagés sur les secteurs vétustes du réseau d'assainissement;
- d'éliminer les eaux parasites du réseau communal
- de vérifier que les lixiviats de la décharge située au Sud-Ouest du bourg, ne rejoignent pas la rivière Dordogne pour laquelle il existe un « contrat de rivière ».

5.3. AUTRES ACTIVITES POTENTIELLEMENT POLLUANTES

5.3.1. Activités agricoles

Les activités agricoles sont essentiellement liées à l'élevage qui, compte tenu du relief particulièrement accidenté, est plutôt extensif.

5.3.2. Activités artisanales et industrielles

Ces activités sont généralement concentrées dans la ville de la Bourboule :
Elles bénéficient donc du réseau d'assainissement collectif pour le traitement des eaux usées.

Une station service est implantée à l'entrée de la ville de la Bourboule.

Parmi les anciens sites répertoriés dans la banque de données BASIAS, on trouve une ancienne usine à gaz (AUV6300638) qui n'est plus visible, ainsi qu'une ancienne station service (AUV6300204).

5.3.3. Infrastructures touristiques

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

Toutefois, la conduite de branchement de la maison d'enfants implantée à proximité des puits Choussy et Perrière devrait être abandonnée.

6. Conclusions

6.1. RESSOURCES EN EAU THERMALE

De la fin du 19eme siècle au début du 20eme siècle, vingt émergences d'eau minérales ou minéralisées (sans autorisation administrative) ont été exploitées sur le territoire de la Bourboule.

Actuellement, il ne subsiste que trois ouvrages qui utilisent l'eau uniquement pour le thermalisme.

Leur production permet de répondre aux besoins actuels.

Les ouvrages de prélèvement d'eau sont régulièrement entretenus et surveillés.

Des efforts remarquables ont été engagés pour sécuriser les ressources (étancheification des forages, dispositifs de drainage des installations souterraines...)

Ces efforts se poursuivent sur tout le réseau de distribution (mise en pression du réseau, conduites en inox).
Tous ces travaux sont accompagnés d'un suivi régulier et dense de la qualité de l'eau.

Les émergences exploitées sont comprises dans l'emprise d'un périmètre de protection, qui n'est peut-être pas fondé sur une réalité hydrogéologique.

Compte tenu du nombre élevé d'ouvrages de prélèvement qui ont existé au début du siècle dernier, il est recommandé de rechercher leur implantation et de vérifier leur étanchéité s'ils sont encore accessibles.

6.2. RESSOURCES EN EAU POTABLE

Les ressources sont abondantes et les besoins sont largement satisfaits même en période de pointe.

Les aquifères captés sont relativement vulnérables mais les sources de contamination sont faibles compte tenu de l'éloignement des ressources par rapport aux activités humaines.

Les eaux sont parfois non conformes d'un point de vue bactériologique, mais la chloration aux réservoirs permet leur consommation.

Les eaux sont également agressives et acides. Les travaux demandés par l'arrêté préfectoral de Déclaration d'Utilité Publique (reminéralisation et neutralisation) devraient permettre d'améliorer leur qualité.

Les ouvrages de captage sont pratiquement tous en conformité avec la Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992 (périmètres de protection).

6.3. ENVIRONNEMENT

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

Toutefois, il est indispensable de régler le problème de refoulement des eaux usées du réseau communal dans le collecteur syndical.
En effet, l'engorgement de ce dernier provoque ponctuellement, l'inondation des galeries souterraines abritant les puits et le réseau de distribution des établissements thermaux.
Ces évènements représentent un risque important d'altération de la ressource.

ANNEXES

ANNEXE 1

Lexique et abréviations employées dans le texte

Lexique et abréviations employées dans le texte

AEP	Alimentation en Eau Potable
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AMA	Arrêté Ministériel d'Autorisation d'exploiter à l'émergence
AUV	Région Auvergne
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS	Banque des Données du Sous-Sol
CEMB	Compagnie des Eaux Minérales de la Bourboule
CSP	Code de la Santé Publique
DDASS 63	Direction des Affaires Sanitaires et Sociales du Puy-de-Dôme
DIP	Déclaration d'Intérêt Public
DRASS	Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EM	Eaux minérales
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
SICTOM	Syndicat Intercommunal de Collecte et de Traitement des Ordures Ménagères
STB	Société Thermale de la Bourboule

Données techniques

C	Conductivité de l'eau en micro Siemens par centimètre (µS/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)
Eh	Potentiel d'oxydo-réduction (mv)
Q	Débit
T	Température de l'eau en °C

ANNEXE 2

Bibliographie sur les ressources en eau de la station thermale de La Bourboule (63)

Bibliographie sur les ressources en eau de la station thermale de la Bourboule (63)

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

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

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.

BRULE-PEYRONIE M., LECUYER F, 1998, Volcanisme en Auvergne, Massif du Sancy et Mont-Dore, 34 p.

CASTANY G. 1967, traité pratique des eaux souterraines (2eme ed) Dunod éd.

DEGRANGES P., LELEU M., 1980, compte rendu de l'Académie des sciences, tome 290, série D4.

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.)

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., FOUILLAC A. M., VUATAZ E. D., 1984, Les sources thermales de la région du Sancy, nouvelles données et synthèse géothermomètrique, Programme Géologie Profonde de la France, Thème 9.

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, I, 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 geothemometry in CO_2 rich thermal waters. Example of the French Massif Central. Geothermics, 12, n°2/3, pp. 149-161

FREMION M., 1990, 1992, 1993 : avis hydrogéologique sur la protection des captages servant à l'AEPde la Bourboule.

FRITSCH A., PINSET-HARSTROM I., COURSAGET J., 1958 : Etude sur la teneur en Mont-Dore et de Royat. Journal de radiologie et d'electrologie, tome 39, n°3, pp 148-151

GLANGEAUD P., 27/09/42 : Rapport hydrogéologique préliminaire sur le bassin hydrothermal de la Bourboule.

GUILLAUME E., 1994 : l'eau, la forêt et les hommes au cœur de l'Auvergne ancienne, 111 p.

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

LAUGIER R., GIBERT J. P., 1999, La Bourboule, eaux géothermales – origines et qualité, 36 p.

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. Nal. d'Auvergne, 40, pp.27-47

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

MORETTE A., 1964, précis d'hydrologie, Masson Ed.

PAUWELS H., FOUILLAC C., GOFF F., VUATAZ F. D., 1997, The isotopic and chemical composition of CO2-rich thermal waters in the Mont-Dore région (Massif-Central, France), Applied Geochemistry, Vol 12, pp 411-427.*

RISLER J.J., 1974 :0 Description et classification géologique des sources minérales et thermales du Massif Central. BRGM 74 SGN 418 MCE

RISLER J.J., 1974 : La radioactivité des eaux thermo-minérales. BRGM 74 SGN 183 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

RUDEL A., sources merveilleuses d'Auvergne et du Bourbonnais, Volcans éditions, 286 p.

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.

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 3ème cycle, Université de Clermont-Ferrand, 128p

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

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

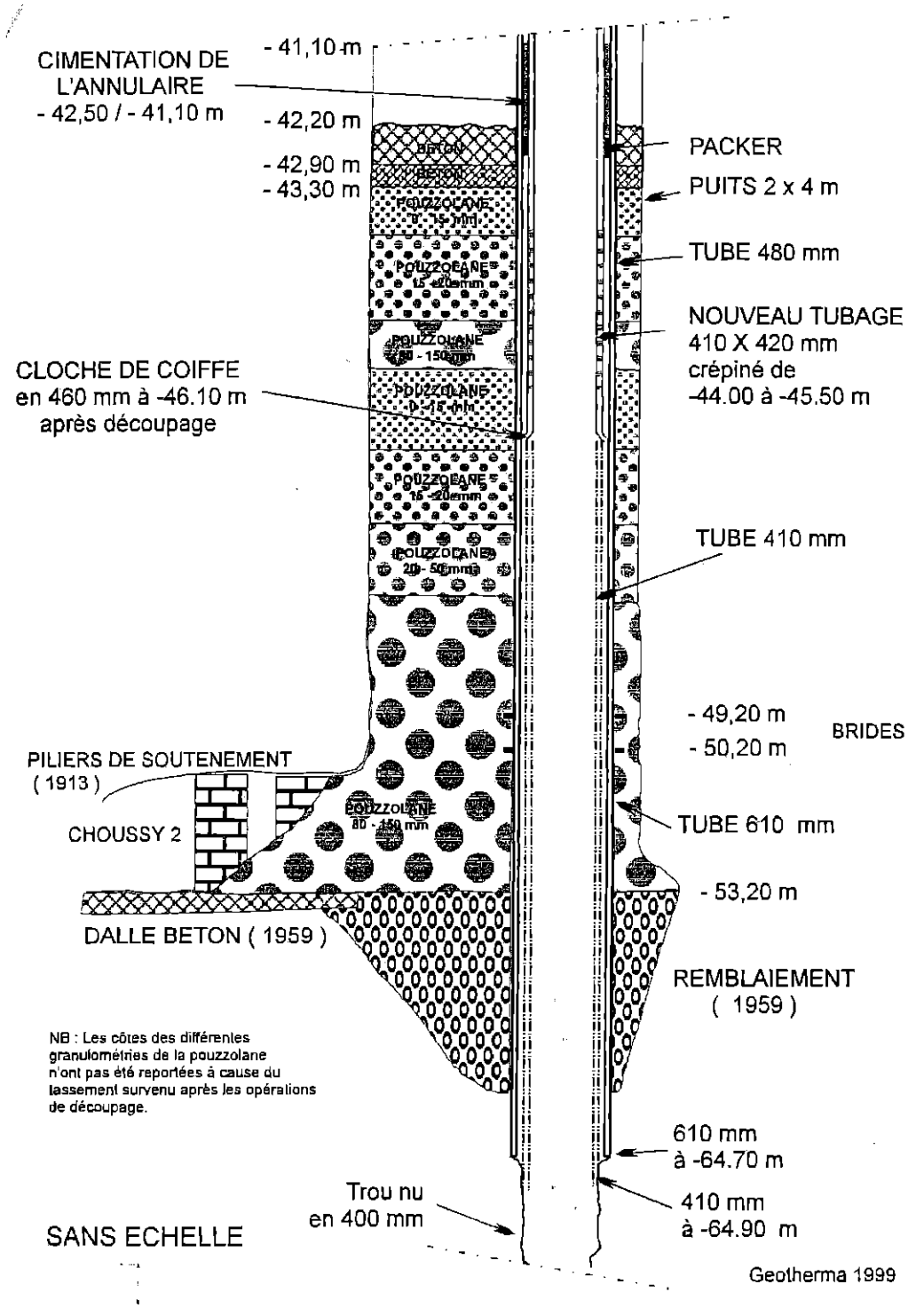
VARET J et al, 1980 : Prospection géothermique intégrée dans le massif du Mont-Dore – synthèse, Rapport BRGM, 80 SGN 150 GTH

Notes techniques :

- DRIRE (archives Auvergne)
- Géotherma – 1997 – Entretien du puits Choussy II et inspection de la galerie à – 23 m (Choussy I),
- Gaudriot Géotherma – 1998 – Entretien et consolidation du puits Perrière, consolidation du puits Choussy II

ANNEXE 3 :

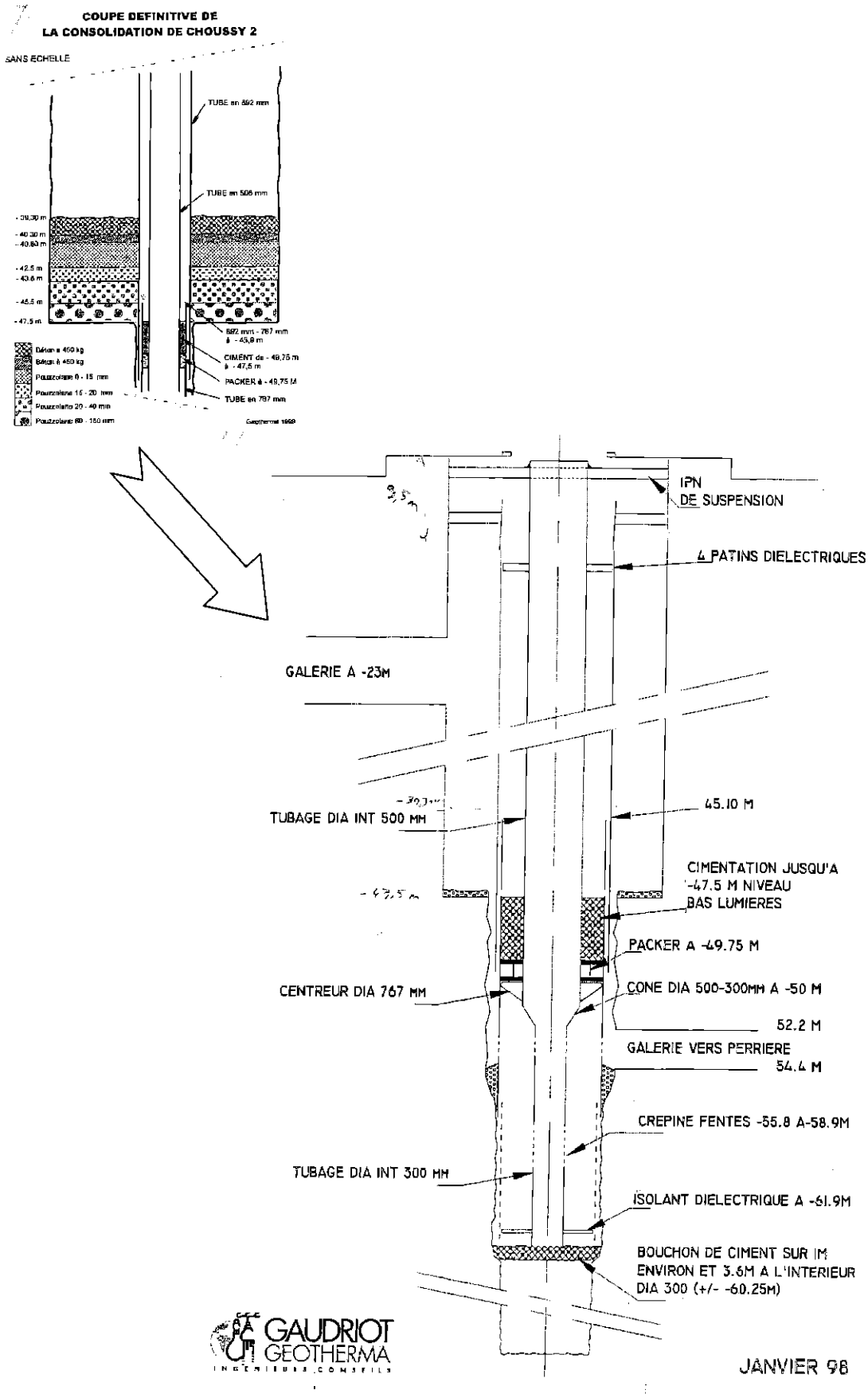
Coupe technique du puits Perrière après travaux de 1998



Coupe technique du puits Perrière après travaux de 1998

ANNEXE 4

Coupe technique du puits Choussy II après travaux de 1997 et 1998



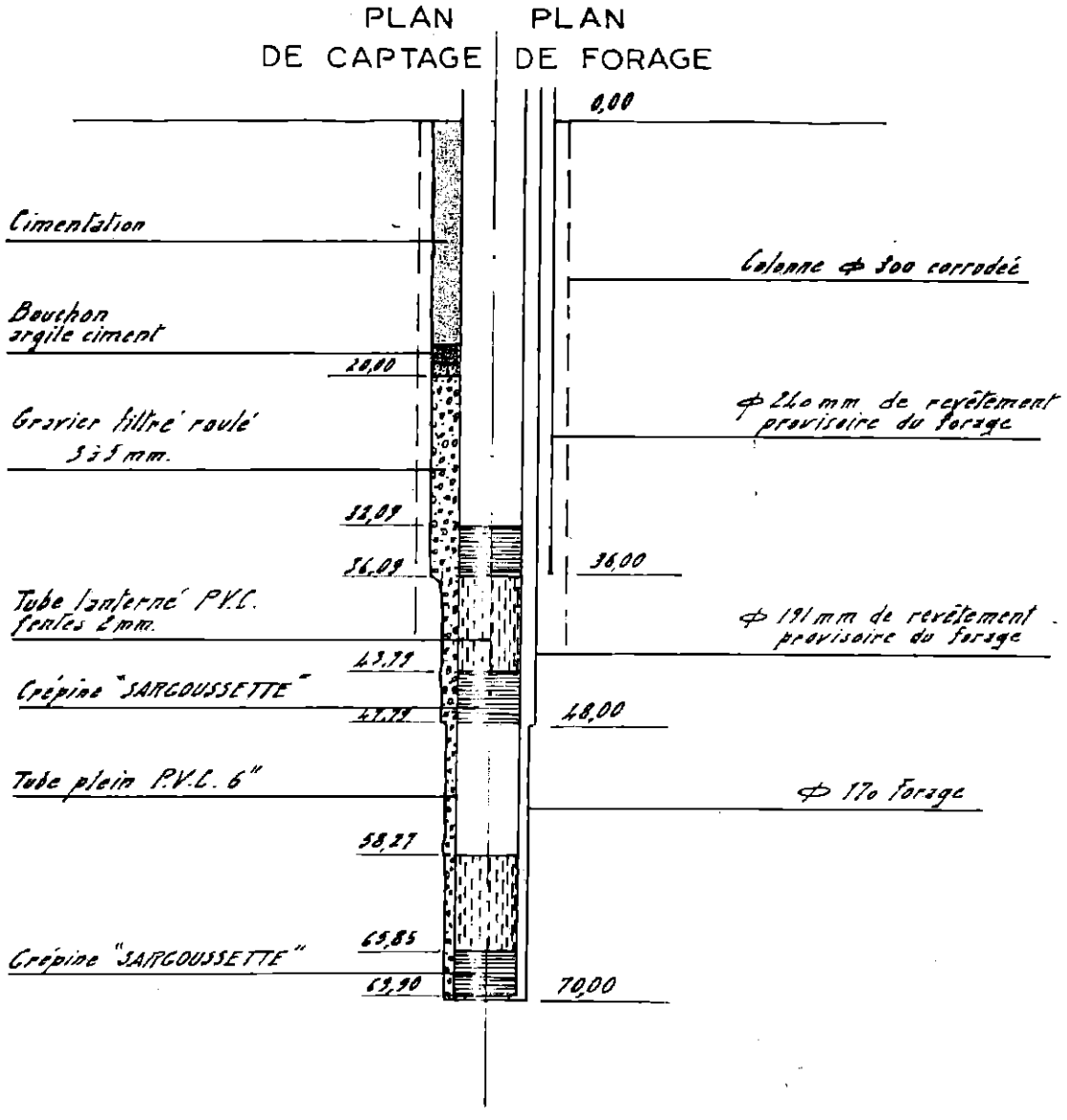
Coupe technique du puits Choussy II après travaux de 1997 et 1998

ANNEXE 5

Coupe technique du forage Fenestre

Source Fenestre

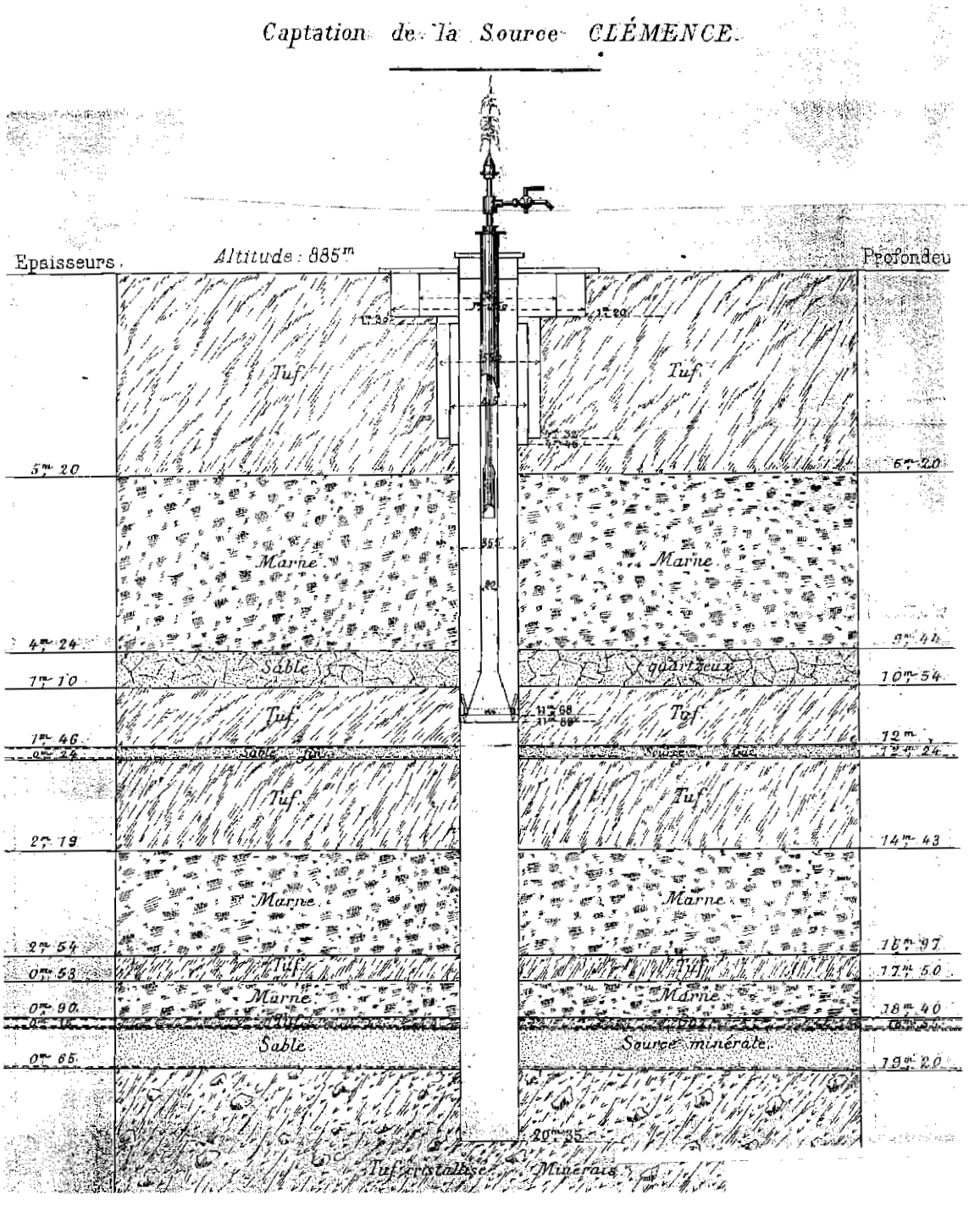
Equipement du forage après
ourage et reforage



Coupe technique du forage Fenestre

ANNEXE 6

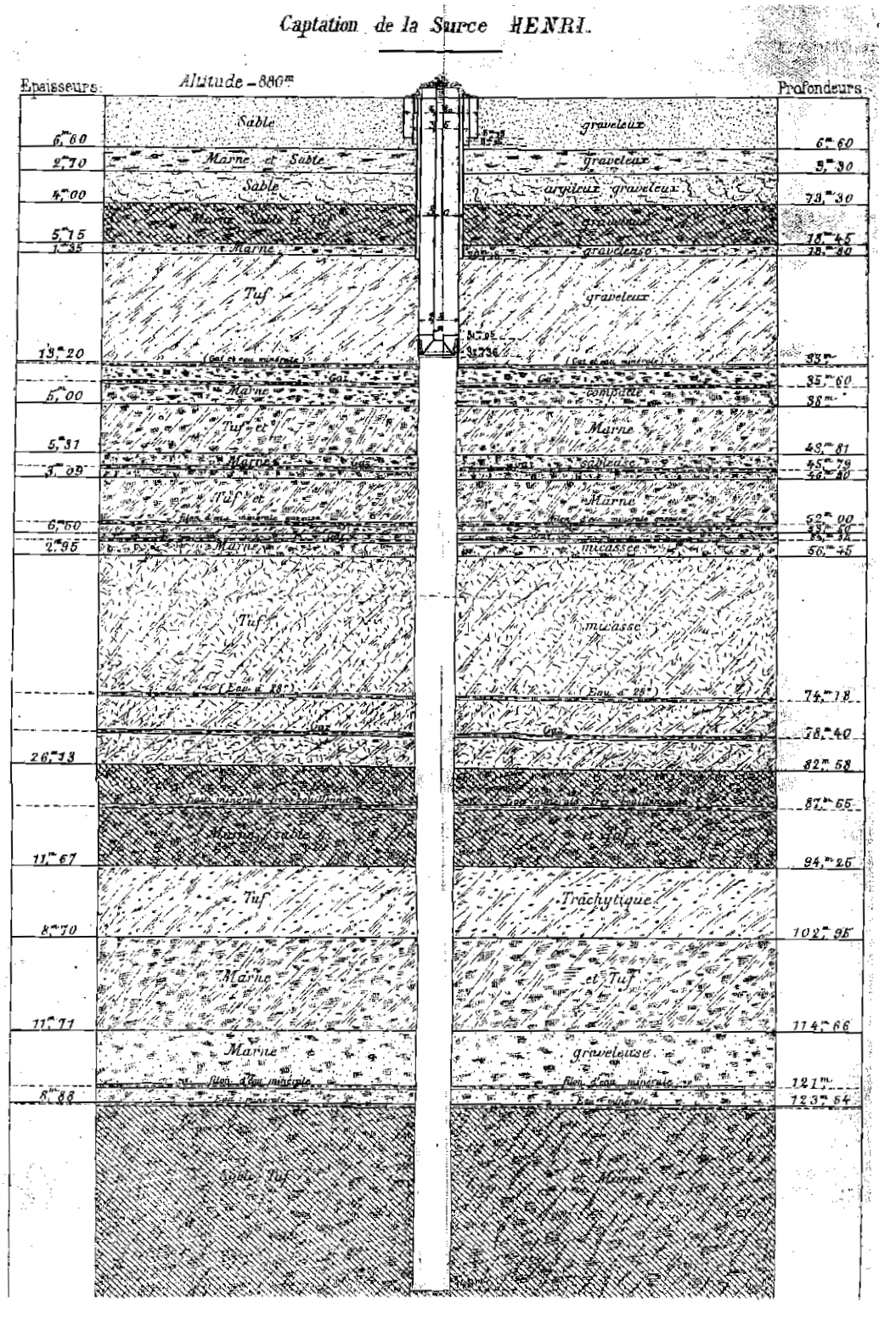
Coupe technique et géologique du forage Clémence



Coupe technique et géologique du forage Clémence

ANNEXE 7

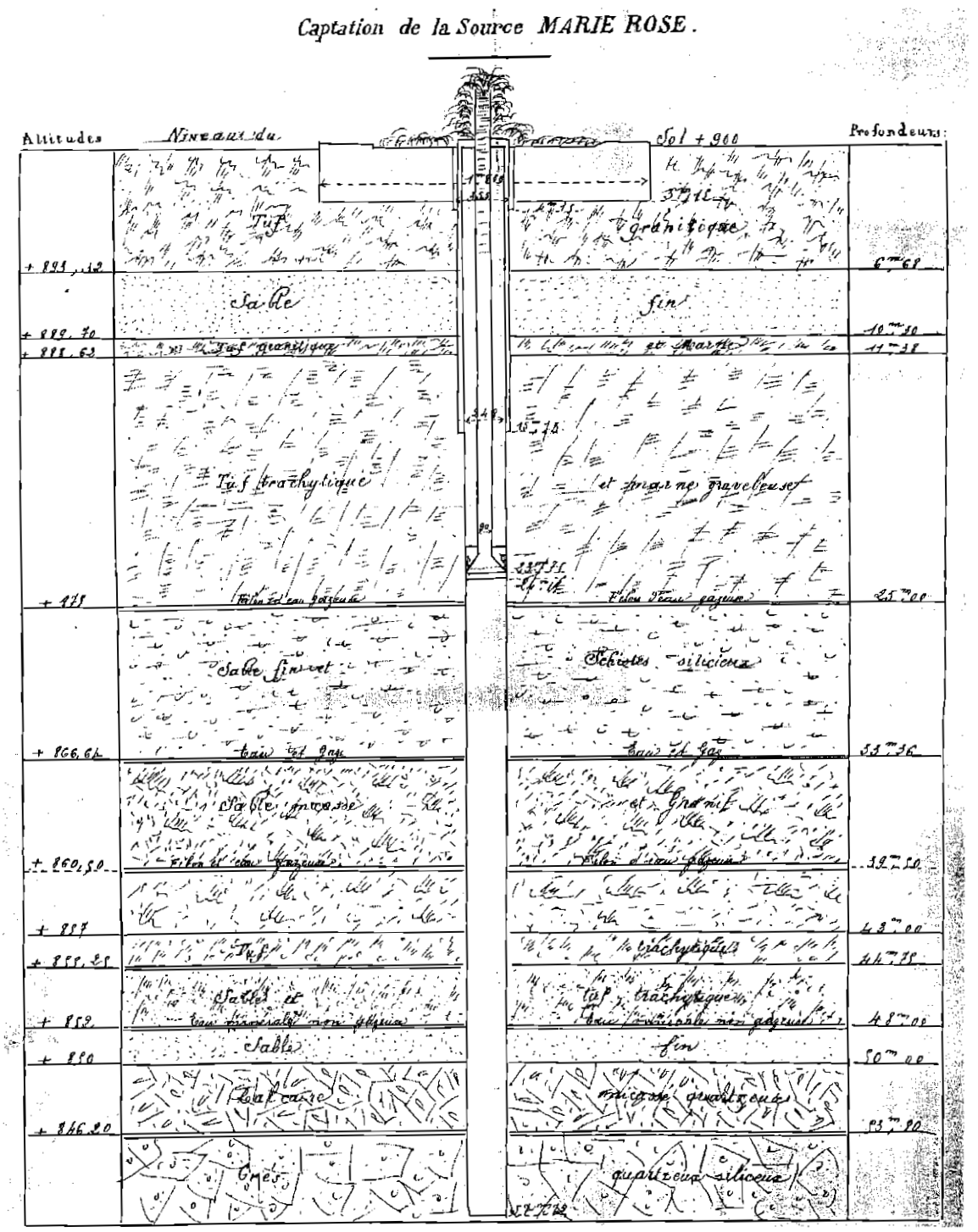
Coupe géologique et technique du forage Henri



Coupes géologique et technique du forage Henri

ANNEXE 8

Coupe géologique et technique du forage Marie-Rose



Coupes géologique et technique du forage Marie-Rose

ANNEXE 9

Analyses physico-chimique des émergences thermales

Désignation						PERRIERE							
Date de prélèvement	08/11/1989	25/08/1993	08/04/1994	21/02/1995	01/05/1996	10/04/1997	10/04/1998	31/03/1999	08/04/1999	14/09/1999	11/04/2000	02/02/2001	16/01/2002
Conductivité en µS/cm à 25°C	7 600	7 578	7 633	7 144	7 480	7 260	7 240	7 650	7 240	7 520	7 490	7 610	7 640
T°C		56,5	55,5	55,1	55,7	54,4	53,7	55,7	55,8	54,6	55,6	56	55
pH		6,7	6,5	6,3	6,3	6,4	6,3	6,3	6,3	6,4	6,4	6,3	6,3
Ca (mg/l)	37							35,55					
Mg (mg/l)	6,75							8,65					
Na (mg/l)	1640							1 635,0					
K (mg/l)	95,7							95,7					
HCO3 (mg/l)	1598,2							1 623,1					
Cl (mg/l)	1699					490	1670	1 720	1 520		1804	1718	1774
SO4 (mg/l)	118,1							113,4					
NO3 (mg NO3/l)	0,1					<0,10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
NO2 (mg NO2/l)	0,01							< 0.005					
NH4 (mg NH4/l)						< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0,58	0,72	0,72
Fe (mg/l)	0,41							0,68					
Mn (mg/l)	0,03							0,047					
Al (mg/l)	< 0.005							0,032					
Sr (mg/l)	2,66							2,6					
Ba (mg/l)	0,22							0,210					
Li (mg/l)	5,75	5,50	6,10	6,15	5,80	6,00	6,20	6,20	5,90	6,10	5,90	5,90	6,96
F (mg/l)	5,7							5,50					
B (mg/l)	12,3							14					
PO4 (mg PO4/l)	1,2							0,17					
As (mg/l)	6,08					6,71	6,30	6,35	5,94		5,94	6,08	
Cu (mg/l)	< 0.002												
Pb (mg/l)	< 0.005							< 0.005					
SiO2 (mg SiO2/l)								130,5					
Cd (mg/l)	< 0.0005							< 0.0005					
Se (mg/l)	< 0.005							< 0.005					
Zn (mg/l)	0,065							0,057					
Mo (mg/l)	0,19												
Bactériologie		Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme		Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Alcalinité (ml de NaOH 0.1N)	262	269	268	263	255	263	264	266	271	267	266	267	273
CO2 libre (mg/l)								547,0					
COT (mg C/l)								0,2					

Désignation					CHOUSSY II						
Date de prélèvement	08/11/1989	11/03/1993	08/04/1994	21/02/1995	26/04/1996	16/04/1997	10/04/1998	31/03/1999	11/04/2000	24/04/2001	16/01/2002
Lieu de prélèvement								rob technique			
Conductivité en µS/cm à 25°C	7313	7544	7311	7289	7030	6860	7070	7510	7410	8000	7510
T°C		56,2	53,2	53,9	50,8	50,4	49,8	53,8	54,1	54,7	54,2
pH		6,4	6,5	6,3	6,3	6,3	6,7	6,3	6,3	6,3	6,3
Ca (mg/l)	36,4							37,5			
Mg (mg/l)	7							8,6			
Na (mg/l)	1636							1627		1746	
K (mg/l)	88,8							93,2			
HCO3 (mg/l)	1586							1604,8			
Cl (mg/l)	1700					970	1620	1700	1783		1846
SO4 (mg/l)	123,6							114,6			
NO3 (mg NO3/l)	0,1					< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10		< 0.10
NO2 (mg NO2/l)	0,01							< 0.005			
NH4 (mg NH4/l)						< 0.05	< 0.05	< 0.05	0,53		0,79
Fe (mg/l)	0,225							0,78			
Mn (mg/l)	0,026							0,093			
Al (mg/l)	< 0.005							0,06			
Sr (mg/l)	2,75							2,8			
Ba (mg/l)	0,225							0,205			
Li (mg/l)	5,65	5,5	5,85	6,1	5,5	5,7	6,1	6,1			5,9
F (mg/l)	5,6							5,4			
B (mg/l)	12,7							13,8			
PO4 (mg PO4/l)	1,9							0,17			
As (mg/l)	6					5,89	6	6,16			6,71
Cu (mg/l)	< 0.002										
Pb (mg/l)	< 0.005							< 0.005			
SiO2 (mg SiO2/l)								130,6			
Cd (mg/l)	< 0.0005							< 0.0005			
Se (mg/l)	< 0.005							< 0.005			
Zn (mg/l)	0,055							0,05			
Mo (mg/l)	0,2										
Bactériologie		Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme
Alcalinité (ml de NaOH 0.1N)		266	259	264	249	251	259	263	262	266	267
CO2 libre (mg/l)								840			
COT (mg C/l)								0,5			

Désignation								Fenestre														
Date de prélèvement	20/02/1936	27/12/1938	21/04/1939	01/10/1957	12/03/1965	10/09/1984	13/03/1985	26/06/1986	13/03/1987	08/11/1988	19/03/1990	15/03/1991	11/03/1993	08/04/1994	21/02/1995	26/04/1996	23/06/1997	10/04/1998	08/04/1999	11/04/2000	02/02/2001	16/01/2002
Lieu de prélèvement																						
Conductivité (µS/cm à 25°C)	657	642	642		575	590	590	531	581	562	556	570	544	573	566	530	526	521	510	460	473	486
T°C		19,5	19		18								15,6	15,3	15,7	15,8	17,1	15,6	16,2	15,8	15,6	15,3
pH													6,7	6,9	6,5	6,8	6,6	7,1	6,6	6,8	6,9	6,5
Ca (mg/l)				9,4		9,4				9												
Mg (mg/l)				2		5,3				3,9												
Na (mg/l)				130		94,3				91,2												
K (mg/l)				14		11,7				10,84												
HCO3 (mg/l)						170				158,6												
Cl (mg/l)				78		78,2				69,8								70	65	55,6	57,3	58
SO4 (mg/l)				8		25				21,8												
NO3 (mg NO3/l)						0,8				0,5								<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
NO2 (mg NO2/l)																						
NH4 (mg NH4/l)																		<0,005	<0,005	<0,005	0,09	0,76
Fe (mg/l)				2,5		4,7				4,95								4,5	4,5		4,78	5,1
Mn (mg/l)				0,49		1,35				1,32								1,2	1,2		1,21	1,18
Al (mg/l)										< 0.005												
Sr (mg/l)										0,182												
Ba (mg/l)										< 0.05												
Li (mg/l)						0,38				0,41		0,39	0,34	0,5	0,4	0,4	0,4			0,5		
F (mg/l)						0,9				0,86												
B (mg/l)										0,55												
PO4 (mg PO4/l)						1,15				1,59												
As (mg/l)				1,25		0,71				0,7										0,607		
Cu (mg/l)										< 0,002												
Pb (mg/l)										< 0.005												
SiO2 (mg SiO2/l)				38		75				62												
Cd (mg/l)										< 0.0005												
Se (mg/l)										< 0.005												
Zn (mg/l)										< 0.03												
Mo (mg/l)										0,02												
Bactériologie											conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme	conforme
Alcalinité (ml de NaOH 0.1N)		36	36	43	43	29	32	32	31	26	29	35	24,8	27	27	25	23	26	25	25		
CO2 libre (mg/l)				132						108,7												
COT (mg C/l)																						

ANNEXE 10

Analyses aux captages
(dossier de Déclaration d'Utilité Publique)

COMMUNE DE LA BOURBOULE
RECAPITULATIF DES ANALYSES D'EAU BRUTE

05/11/95 – 05/10/90 ou 05/04/91

	Analyse bactériologique	Analyse physico-chimique
CAPTAGES DE LA MONTAGNE DE BOZAT		
La Buge Haute D (047AA01)	3 analyses d'eau potable et 1 analyse d'eau non potable (6 coliformes thermotolérants et streptocoque fécal/100 ml)	Eau extrêmement peu minéralisée
La Buge Haute C (047AA01)	2 analyses d'eau potable	Eau extrêmement peu minéralisée
La Buge Haute F (047AA03)	3 analyses d'eau potable 1 analyse d'eau douteuse (5 coliformes totaux/100 ml)	Eau extrêmement peu minéralisée
La Buge Haute G (047AA04)	2 analyses d'eau potable	Eau extrêmement peu minéralisée
Creux de la Tante 2 (047BB01)	4 analyses d'eau potable	Eau extrêmement peu minéralisée
Creux de la Tante 5 (047BB02)	4 analyses d'eau potable	Eau extrêmement peu minéralisée
Creux de la Tante 1 (047BB03)	2 analyses d'eau potable - 1 analyse d'eau douteuse 1 analyse d'eau non potable (4 coliformes totaux et 4 streptocoques fécaux /100 ml)	Eau extrêmement peu minéralisée
Les Plateaux 1 (047DD01)	2 analyses d'eau potable - 2 analyses d'eau douteuse (6 coliformes totaux/100 ml)	Eau extrêmement peu minéralisée
Les Plateaux 2 (047DD02)	4 analyses d'eau potable	Eau extrêmement peu minéralisée
Les Plateaux 3 (047DD03)	2 analyses d'eau potable - 1 analyse d'eau douteuse 1 analyse non potable (1988)	Eau très faiblement minéralisée
Les Plateaux 4 (047DD04)	4 analyses d'eau potable	Eau très faiblement minéralisée
La Sagne Basse (047EE01)	2 analyses d'eau potable - 2 analyses d'eau non potable (26 streptocoques fécaux/100 ml en 1991)	Eau extrêmement peu minéralisée
La Montagne (047FF01)	3 analyses d'eau potable en 1988 : 1 analyse d'eau potable au regard aval et 1 analyse d'eau non potable au regard amont	Eau extrêmement peu minéralisée
CAPTAGE DE LA MONTAGNE DE CHAMBOURGUET		
Moulin de la Couque amont (162II01)	3 analyses d'eau potable	Eau extrêmement peu minéralisée
CAPTAGE DU ROCHER DE L'AIGLE		
Le Prégnoux (047CC01)	2 analyses d'eau potable (1991 et 1994) en 1996, 2 arrivées d'eau potable et 1 non potable (4 coliformes thermotolérants/100 ml) En 1997, eau potable après réfection (une arrivée d'eau polluée a été abandonnée)	Eau extrêmement peu minéralisée
CAPTAGE DU DOME DE CHARLANNES		
Charlannes (047DD01)	2 analyses d'eau non potable avant réfection 1 analyse d'eau potable après réfection	Eau extrêmement peu minéralisée