

DOCUMENT PUBLIC

***Amélioration de la connaissance des ressources en
eau souterraine des sites thermaux en Auvergne
Site de Chaudes-Aigues (15)***

Etude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 02-ETM-102

**P. Bérard & M. Loizeau
avec la collaboration de
D. Rouzaire & P. Vigouroux**

**Septembre 2002
BRGM/RP-51722-FR**



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

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

Bérard. P. - Loizeau. M. - Rouzaire. D. - Vigouroux. P. (Juillet 2002) – Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine des sites thermaux – Région Auvergne – Site de Chaudes-Aigues (15) – Rap. BRGM RP-51722-FR, 152 pages, 25 figures, 9 tableaux et 7 annexes.

© BRGM, 2002, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

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

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

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

Le présent rapport concerne les résultats de l'étude pour le site de **CHAUDES-AIGUES** dans le Cantal. La synthèse des données recueillies pour ce site permet de préciser les points principaux suivants :

Concernant les eaux thermales : Le bilan des ressources permet d'évaluer un volume global disponible de plus de **30 m³/h**, et des besoins pour l'Etablissement Thermal de l'ordre de 18 à 20 m³/h. Les usages de l'eau thermale distincts des usages thérapeutiques sont multiples, notamment le chauffage des habitations en hiver ou de la piscine en été, ainsi que le chauffage de l'Hospice ou du Centre de Rééducation Fonctionnelle du Cantal. Certains usages, plus modestes, ont une vocation touristique (Alimentation de la fontaine du PAR, la plus chaude d'Europe).

Concernant les eaux potables : Les ressources en eau potable sont captées par près de 20 sources dans les arènes granitiques du plateau. **Les quantités disponibles sont à peine suffisantes** en été, en particulier en période d'étiage correspondant aux périodes d'afflux des populations estivales. Des solutions particulières (forages judicieusement implantés) sont susceptibles d'améliorer la protection des ouvrages existants et d'accroître les prélèvements dans la tranche fissurée des aquifères du socle granitique.

Recommandations : Il est recommandé d'améliorer le suivi des ressources en eau souterraine, notamment de la ressource en eau thermale, par la mise en place d'équipements adaptés (débit, température, conductivité, niveaux). Ce suivi permettra de procéder à des bilans qualité/quantité plus précis, d'observer d'éventuelles dérives dans le temps et ainsi d'orienter les projets de développement futurs sur les investigations complémentaires nécessaires pour disposer des ressources utiles. Concernant l'aspect environnemental, il est recommandé notamment de renforcer localement la protection des abords des ouvrages captant eau thermale et eau potable.

¹ On désigne par "eau thermale" une eau minérale utilisée par un établissement thermal

Sommaire

1. Avant-Propos.....	11
2. Contexte de l'étude : Le site de Chaudes-Aigues	13
2.1. Présentation générale de la commune.....	13
2.2. Contexte géographique et climatique	14
2.3. Données sommaires sur l'activité thermique.....	16
3. Les eaux minérales de Chaudes-Aigues	19
3.1. Historique de l'exploitation des eaux minérales et autorisations administratives...	19
3.2. Description de l'ensemble des points d'eau minérale du bourg	34
3.3. Caractéristiques des eaux minérales du secteur de Chaudes-Aigues.....	41
3.4. Contexte géologique et schéma hydrogéologique	60
3.5. Contexte environnemental des sources d'eau minérale et d'AEP	65
4. Les eaux potables de la commune	71
4.1. Les ressources existantes et leur mode de gestion	71
4.2. Contexte environnemental des captages AEP	75
4.3. Conclusion concernant les eaux potables	76
5. Contexte environnemental à l'échelle de la commune	77
5.1. Les ordures ménagères et encombrants	77
5.2. Les conditions de l'assainissement collectif et individuel.....	78
5.3. Autres activités potentiellement polluantes	79
5.4. Conclusions concernant le contexte environnemental	80
6. Conclusions pour le site de Chaudes-Aigues	81
6.1. En matière de ressources en eau thermique	81
6.2. En matière de ressources en eau potable.....	81
6.3. En matière d'environnement	82

Liste des figures

- Figure 1 :** Localisation de la commune de Chaudes-Aigues
Figure 2 : Situation géographique
Figure 3 : Localisation topographique (extrait de la carte IGN)
Figure 4 : Evolution de la fréquentation de l'ensemble des stations thermales d'Auvergne et de la station de Chaudes-Aigues de 1994 à 2001
Figure 5 : Situation de la source du Par et de son périmètre de protection (DIP 1895) et des sources Moulin du Ban et Lestande 1 et 2
Figure 6 : Position des différents griffons du groupe du Moulin du Ban
Figure 7 : Position des différents griffons du groupe du Par et Clavières/Viallard
Figure 8 : Situation cadastrale des sources du Par
Figure 9 : Situation cadastrale des sources du Ban et du forage du Ban
Figures 10a à c : Schéma de fonctionnement du réseau d'eau dans l'établissement thermal
Figure 11a : Schéma du périmètre sanitaire pour les émergences de la Bonde du Moulin
Figure 11b : Schéma des périmètres sanitaires pour les émergences du forage du Ban et du Par
Figure 12 : Environnement immédiat dans le secteur du captage du Ban
Figure 13 : Schéma de captage de la source du Par
Figure 14 : Salle d'étuves et appareil de captage de la source dite « la Bonde du Moulin »
Figure 15 : Plan schématique de la Bonde du Moulin et photo du regard de captage
Figure 16 : Recaptage de la source du Ban. Coupe du sondage
Figure 17 : Caractéristiques physico-chimiques de la source du forage du Ban et suivi de l'évolution, température, conductivité
Figure 18 : Caractéristiques physico-chimiques de la source du forage du Par et suivi de l'évolution, température, conductivité
Figure 19 : Contexte géologique et structural
Figure 20 : Cadre géologique des environs de Chaudes-Aigues
Figure 21 : Schémas hydrogéologiques des eaux thermales de Chaudes-Aigues et de la Chaldette
Figure 22a : Contaminations locales possibles à partir des eaux superficielles (mesures de température et pH)
Figure 22b : Contaminations locales possibles à partir des eaux superficielles (mesures de résistivité et potentiel redox)
Figure 23 : Localisation des sources AEP en fonction du contexte géologique
Figure 24 : Synoptique du réseau AEP complété par les observations de terrain de 2002 (extrait dossier CEH)
Figure 25 : Contexte environnemental de la zone d'étude

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fréquentation pour la région et pour la station thermale de 1994 à 2001

Tableau 2 : Recensement des émergences thermales de CHAUDES-AIGUES

Tableau 3 : Captages du BAN, mesures allant du 9 février 1974 à novembre 1975

Tableau 4 : Emergences non retrouvées (NR), restant à rechercher et à voir

Tableau 5 : Caractéristiques des émergences thermales de CHAUDES-AIGUES

Tableau 6 : Autres mesures in-situ des émergences thermales,

Tableau 7 : Mesures de la température des émergences de l'aire du PAR et du BAN

Tableau 8 : Répartition des regards de captage et sources AEP

Tableau 9 : Analyses des paramètres physiques des sources AEP

Liste des annexes

ANNEXE 1 : Liste des abréviations utilisées.

ANNEXE 2 : Références bibliographiques.

ANNEXE 3 : La microcentrale géothermique de CHAUDES-AIGUES.

ANNEXE 4 : GEOTHERMIA : Musée européen de la Géothermie et du Thermalisme.

ANNEXE 5 : Analyses chimiques sur la source de Rioussalat Bas.

ANNEXE 6 : Analyse des 3 émergences et mélange servant à l'établissement thermal et de 3 émergences échantillonnées au cours du projet en 2002

ANNEXE 7 : Fiches signalétiques des captages AEP.

Liste des photos

Photo 1 : Vue générale du bourg de Chaudes-Aigues.

Photo 2 : Ancien établissement thermal (05/81).

Photo 3 : Fontaine publique du Par.

Photo 4 : Captage de la source du Par.

Photo 5 : Fontaine du Par.

Photo 6 : Captage actuel de la source de la Bonde du Moulin.

Photo 7 : Ancien captage de la source de la Bonde du Moulin.

Photo 8 : Arrivée de gaz carbonique au griffon de la Bonde du Moulin.

Photo 9 : Forage du Ban (tête du captage).

Photo 10 : Décharge d'encombrants de la commune

Photo 11 : Ancienne décharge d'encombrants

Photo 12 : Vue extérieure de la microcentrale, au-dessus du Remontalou

Photo 13 : Panneau test d'éclairage

1. Avant-Propos

La présente étude a été réalisée à la demande du Préfet de la Région Auvergne 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", signée le 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). Un comité de pilotage comprenant des représentants des services de l'Etat (DRIRE et DRASS) ainsi que de Thermauvergne a assuré le suivi du projet.

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 (Cf *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 le premier site thermal, le site de **Chaudes-Aigues**.

Remerciements :

Les investigations de terrain, les recherches bibliographiques, les contacts auprès des différents services DRIRE et DRASS - Auvergne, DDASS 15, Universités de Clermont-Ferrand et de Montpellier, Laboratoire, l'accueil reçu à l'établissement Thermal, et en Mairie de Chaudes-Aigues, à la bibliothèque municipale, à l'Office de Tourisme, et sur le terrain, autant à l'Hospice, au CRF15, que chez les particuliers, la disponibilité du personnel technique (Pascal MARTINOL pour l'établissement thermal et Michel SOULIER pour la commune) ont grandement facilité le travail.

Que tous, sans exception, en soient remerciés.

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

2. Contexte de l'étude : Le site de Chaudes-Aigues

2.1. PRESENTATION GENERALE DE LA COMMUNE

Le village de Chaudes-Aigues est localisé au sud-est du département du Cantal, à 45 km à vol d'oiseau à l'est d'Aurillac (Cf. *photo 1*).

On accède à la station thermale de Chaudes-Aigues depuis l'autoroute A75 (Cf. *figure 2*) en passant par Saint-Flour à 30 km au nord, en empruntant vers le sud la route D921 qui traverse la Truyère au Pont de Lanau (usine hydroélectrique située à 7 km en aval du barrage de Grandval), et en remontant le lit mineur du Remontalou sur 5 km jusqu'au bourg. En direction de l'est et du sud-est, on rejoint l'A75 vers les échangeurs de la Garde (à 13 km au sud du viaduc de Garabit), de Saint-Chély-d'Apcher, ou d'Aumont-Aubrac, tous situés à l'extrémité nord-ouest de la Lozère.



Photo 1 : Vue générale du bourg de Chaudes-Aigues

La commune de Chaudes-Aigues est très étendue, elle comprend de nombreux hameaux dispersés, tant de part et d'autre du Remontalou depuis le bourg qui se trouve à une altitude de l'ordre de 750 m, que sur les collines voisines dont l'altitude moyenne est de l'ordre de 900 m, avec des altitudes de 1000 m souvent dépassées vers le sud.

C'est dans ces derniers secteurs que se situent les captages d'AEP avec pour origine plusieurs petites sources issues du socle cristallin plus ou moins arénisé en surface, alors que les sources thermales, comptant de très nombreux griffons (plus de 30 d'après la littérature ancienne) sont localisées en fond de vallée, dans les séries de micaschistes et

de gneiss recoupées notamment par un réseau très dense de filons de microgranite et de quartz, de fissures et de fractures.

L'activité économique de la commune est fortement liée pour le bourg à la station thermale et à sa renommée tenant à la très forte température des eaux de **la source du PAR : 80,5 à 82°C**, les plus chaudes de France et d'Europe.

L'activité touristique s'est développée autour du musée européen de la géothermie et du thermalisme : GEOTHERMIA (contacts Mairie et Office du Tourisme) qui reçoit environ 30 000 visiteurs par an.

Une des activités principales de la commune reste l'agriculture et l'élevage sur les plateaux voisins, qui représentent la terminaison vers le nord des Montagnes d'Aubrac.

2.2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

Le département du Cantal plus connu pour ses élevages et pour ses fromages, est rattaché à la région AUVERGNE, région caractérisée également par la présence de nombreuses sources minérales, de stations thermales, et d'unités d'embouteillages dont le plus grand développement s'est situé au XIX^{ème} siècle, avec ce que l'on a appelé "la Guerre des Sources" dans le bassin de Vichy, et dont l'apogée en matière de thermalisme s'est située au début du XX^{ème} siècle.

C'est une région qui, géographiquement, représente le cœur du Massif Central à partir duquel, les eaux de surface se dirigent vers la Loire au nord, vers la Dordogne et la Garonne à l'ouest et au sud, en direction du Lot via la Truyère un de ses affluents en rive droite.

L'Auvergne est un pays de montagne avec pour les plus hauts sommets le Puy-de-Dôme, le Plomb du Cantal et le Puy de Sancy. C'est le pays des "Volcans éteints" mais encore actifs il y a peu de temps (volcanisme le plus récent à moins de -10 000 ans), et des plaines intérieures : "les Limagnes" dont la plaine de l'Allier et celle de Saint-Flour-le Malzieu sont les plus caractéristiques du secteur.

Avec des sommets comme le Puy Mary et le Plomb du Cantal à 1855 m, culminant au centre du plus grand volcan éteint d'Europe dont les caractéristiques sont un diamètre de 60 km et une superficie de l'ordre de 2 700 km², les formations anciennes (hercyniennes) du socle cristallin et métamorphiques se trouvent à plus de 50% masquées sous les coulées, et sous les sédiments récents de l'Oligocène qui occupent les bassins sédimentaires d'Aurillac et de Saint-Flour-Le Malzieu.

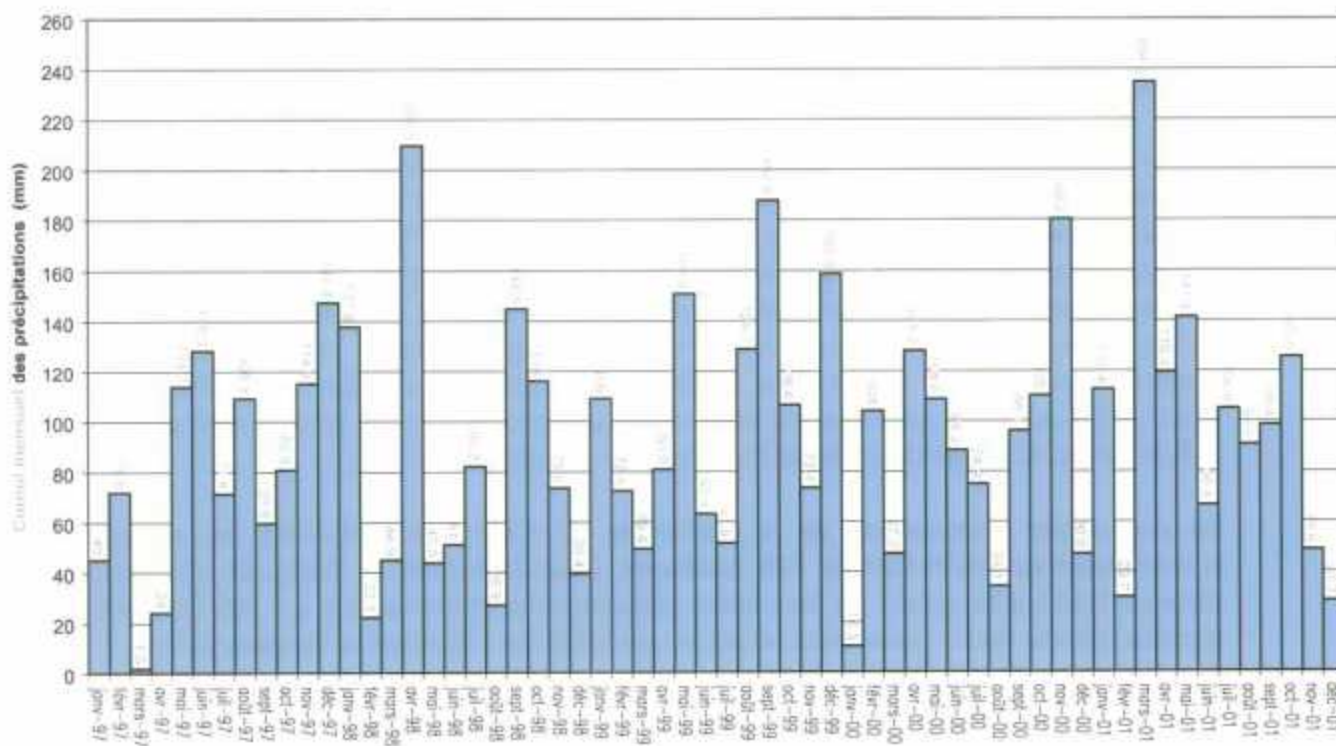
Le Cantal, de par son altitude moyenne élevée, est soumis à la fois à de fortes pluies même si elles sont très dissymétriques entre les versants ouest sous influence océanique et est sous influence continentale, et à une forte érosion des formations altérées du socle ce qui accentue le relief hérité des épisodes volcaniques du Pliocène au Pléistocène. Les cheminées volcaniques forment des reliefs "émergeants" au sein des collines boisées, et les "planèzes" avec la dureté des basaltes, ont fossilisé les reliefs anciens. Les épisodes

glaciaires et interglaciaires du Quaternaire ont par endroits compartimenté ces reliefs tabulaires.

La station thermale de Chaudes-Aigues à l'altitude de 750 m pour le bourg, se trouve au fond de la vallée du Remontalou, affluent en rive gauche de la Truyère, dont le bassin versant amont remonte vers le sud jusqu'en limite des formations périglaciaires de l'Aubrac disposées en couverture au-dessus des granites de la Margeride. Cette vallée est profondément entaillée, elle présente des versants raides et pentus, riches en rocaillles qui font suite aux plateaux granitiques à témoins volcaniques épars, dont l'altitude va de 850 à plus de 1 000 m au Puy des Agneaux (Cf. *figure 3*)

Du fait des reliefs voisins, on a **un climat de montagne à tendance continentale. Les précipitations** (Cf. graphique des données Météo-France ci-après) qui sont en principe le moteur déterminant de l'infiltration, et par suite des écoulements souterrains, y compris du circuit des eaux minérales et thermales, **sont en moyenne de 900 mm/an.**

Précipitations de la commune Des Deux Verges (15)



On se situe en dessous de la moyenne régionale pour les pluies entre les versants les plus arrosés à plus de 1 350 mm/an à La Bourboule, et même à 1 800 mm/an au Mont-Dore, et les secteurs de plaines plus continentaux où les pluies, inférieures à 750 mm/an à Châtel-Guyon, Nérès, Royat, Saint-Nectaire, ..., atteignent seulement 590 mm à Clermont-Ferrand. Les minima se situent en été, et les maxima en hiver, avec la neige sur les plateaux et massifs du Cantal et de l'Aubrac qui participe à des écoulements

retardés, bénéfiques pour la recharge des nappes superficielles et pour le soutien d'étiage des cours d'eau.

La moyenne annuelle des températures est très froide, comprise entre 7°C et 9°C. Cette valeur confirme le caractère continental et montagnoux du climat, elle va de pair avec des périodes de fortes chaleurs en été.

2.3. DONNEES SOMMAIRES SUR L'ACTIVITE THERMALE

Seule station thermale du Cantal (Vic-sur-Cère en tant que station thermale et usine d'embouteillage étant arrêtée depuis quelques années, comme Teissières-les-Boulies en 1937, et Montchanson en 1939-40 pour l'embouteillage) la zone des émergences de CHAUDES-AIGUES se retrouve la plus éloignée des contextes les plus favorables aux eaux chaudes et les plus nombreux, ceux du Puy-de-Dôme et de l'Allier. Le volcanisme récent et les structures cassantes "ouvertes" par décompression, et par suite les séismes qui ont pu accompagner ces volcans et qui ont affecté le socle gneissique sous-jacent, paraissent d'ores et déjà essentiels pour expliquer à la fois la thermalité des eaux (chambre magmatique à moyenne profondeur), leur cheminement, et le fort débit global des émergences retrouvées à Chaudes-Aigues.

A une dizaine de km vers le sud on trouve la station thermale de la CHALDETTE en Lozère. Cette station thermale a été récemment rénovée, mais le débit de la "source" à moins de 2 m³/h et la température de l'eau à seulement 32,5°C sont, en comparaison, moins intéressants, dans une même région de montagne encore plus isolée géographiquement, au cœur de l'Aubrac, plus haute en altitude, et plus froide. Si elle est un atout avec ses spécificités thermales et climatiques pour la région Languedoc-Roussillon par rapport aux stations côtières, elle concurrence assez peu la station de CHAUDES-AIGUES, ou les autres stations d'Auvergne, tant celles liées au volcanisme: la Bourboule, le Mont-Dore, Saint-Nectaire, que les autres.

La population permanente de la commune de CHAUDES-AIGUES au dernier recensement de 1999 était de 986 habitants, dont 75% pour le bourg, et les autres répartis dans les hameaux. La population saisonnière peut atteindre 2 à 3 500 habitants répartis entre le bourg (nombreux hôtels et meublés), les campings et les gîtes ruraux.

Concernant l'activité thermale, il est à retenir la présence en 1848 de 3 établissements thermaux "privés" (cf. Historique, chap.3.1). Il n'en reste qu'un aujourd'hui, localisé au sud du bourg, au droit et en amont des émergences du BAN, dont les dernières rénovations importantes datent de 1964 et de 1982. L'ET est géré par le Président de la Société Anonyme d'Economie Mixte (SAEM) qui regroupe différents partenaires : la Mairie de Chaudes-Aigues, le Conseil Général du Cantal, le Crédit Agricole, et les actionnaires privés dont les anciens propriétaires.

La SAEM nomme le Directeur de l'établissement thermal. Le fonctionnement des installations est assuré par un responsable technique, en charge du suivi et de l'exploitation des ressources en eaux thermales et du réseau interne à la station.

La station thermale de CHAUDES-AIGUES était jusqu'en 2001 *ouverte du 1er mai au 15 octobre*. Pour l'année 2002 elle a été réouverte dès avril, et elle devrait fermer à la fin du mois d'octobre, ce qui va permettre de rallonger la saison.

Le nombre de curistes pour les huit dernières années est récapitulé ci-après :

	Région Auvergne		Station thermale de Chaudes-Aigues	
Années	Cures SS	Journées	Cures SS	Journées
1994	83998	--- ---	2023	--- ---
1995	77735	--- ---	1948	--- ---
1996	70901	--- ---	1842	--- ---
1997	64845	--- ---	1708	--- ---
1998	62001	55533	1699	3294
1999	60511	59487	1692	2910
2000	57358	56863	1775	5102
2001	55113	53594	1479	6282

Cures SS = Cures 18 jours Sécurité Sociale

Journées = Séjour libre (hors SS)

**Tableau 1 : Fréquentation pour la région et pour la station thermale
de Chaudes-Aigues sur la période 1994 à 2001**

La tendance à la baisse est significative, tant au niveau régional qu'au niveau local, avec une réduction de l'ordre de 37% du nombre de curistes entre les années 1994 et 2001 (Cf. *figure 4*).

Pour la station thermale de Chaudes-Aigues, *le nombre de curistes* est passé en une dizaine d'années de 2025 à moins de 1500*, représentant une baisse "en continu" de 3,5% par an, légèrement compensée par les journées libres "à la carte", et aussi en partie par le nombre de patients qui fréquentent le Centre de Rééducation Fonctionnelle du Cantal (CRF) (*chiffres non communiqués*).

Les principales indications ou orientations thérapeutiques actuelles de l'établissement thermal de CHAUDES-AIGUES prises en charge par la sécurité sociale, *sont la rhumatologie, les séquelles des traumatismes ostéo-articulaires, et la rééducation fonctionnelle*.

Face à ces chiffres "à la baisse" de la fréquentation, et au regard des diversifications ou des compléments "crénothérapiques" de l'activité thermique, les besoins en eau sont tout de même croissants, et *les volumes d'eau journaliers "disponibles en eaux minérales et thermales" répondent à peine à la satisfaction de l'ensemble des besoins actuels*.

3. Les eaux minérales de CHAUDES-AIGUES

Commentaire préalable relatif aux références bibliographiques :

Une bibliographie la plus exhaustive possible a été réalisée sur le site de Chaudes-Aigues. Le nombre très important de références identifiées (près de 150), et regroupées en **annexe 2**, a rendu nécessaire une consultation sommaire préalable pour identifier la nature exacte des documents. La répartition des documents s'établit selon :

- 28 soit 19% en références géologiques et structurales régionales,
- 43 soit 29% en références nationales et régionales traitant des eaux minérales et thermales, et de la méthodologie en hydrogéologie et en géochimie des eaux,
- et 77 soit 52% spécifiques au contexte local de CHAUDES-AIGUES.

Sur l'ensemble des publications, rapports et notes diverses, la majorité des documents traitant de géologie et/ou hydrogéologie ont été consultés.

L'intérêt du secteur de Chaudes-Aigues a toujours été très grand pour les scientifiques qu'ils soient géologues ou hydrogéologues, minéralogistes, géochimistes, spécialistes de la télédétection aéroportée, de la géothermie ou des datations isotopiques, de l'hydrologie médicale et du thermalisme.

Le travail réalisé constitue un état de l'exploitation et de la gestion du site hydrothermal de CHAUDES-AIGUES établi à la date de parution du rapport. L'analyse aussi exhaustive que possible des données représente ***une référence essentielle pour les réflexions à venir*** et pourra servir de base de réflexion, en particulier lorsque des données complémentaires seront acquises.

C'est à partir d'une situation actuelle et des indispensables mesures de débits, de températures, de conductivité, du CO₂ dissous, du pH, d'analyses physico-chimiques complètes à l'émergence qu'il sera possible de se rendre compte d'une évolution de l'exploitation de chaque captage et de la ressource exploitée dans sa globalité, et que l'on pourra ainsi mieux orienter des recommandations relatives à des aménagements et des axes de recherche.

3.1. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DES EAUX MINÉRALES ET DES AUTORISATIONS ADMINISTRATIVES

CHAUDES-AIGUES possédait des bains primitifs très anciens autour de la source du PAR, avant son exploitation supposée par les Romains. La ville a été nommée aux différentes époques *Aquae Calidae*, *Callidae aquae* en l'an mille, *Calidas Aquas*, *Aquis Calidis* (sur la carte de Peutinger), puis *Caldas Aygas* ou *Chaldas Aigues* des pays romans, *Caldaguès* et enfin *Chaudesaigues* avant de devenir *Chaudes-Aigues*.

3.1.1. Historique du site de CHAUDES-AIGUES

L'approche historique présentée par ce paragraphe concerne non seulement l'évolution des établissements thermaux proprement dits mais également une présentation des différentes hypothèses hydrogéologiques formulées au cours du temps.

Vers l'an 450, Sidoine APOLLINAIRE, ancien évêque d'Auvergne compare ces eaux à celles de Baies dans le royaume de Naples, et leur donne le nom de *Calentes Baioe*, source sulfureuse et salubre pour la phthisie et les maladies du foie sortant d'une montagne.

Avec les invasions barbares du V^{ème} siècle, **tout disparaît, sauf les sources**, et l'histoire des stations thermales manque de documents, (*multa renascentur que jam cecidere*).

Les fouilles autour de la fontaine du PAR ont permis de retrouver deux grottes qui contenaient des baignoires romaines en lave volcanique, et une piscine, ainsi que les vestiges d'établissements thermaux et des monnaies romaines.

Sous l'empereur Charles le Gros et le règne en Auvergne de son fils Charles, roi des Aquitains, la villa du PAR appartient au seigneur BODON qui la donne en 886 avec tous ses mas et son territoire rural au chapitre de Saint-Julien-de-Brioude (Haute-Loire).

Au Moyen Age, CHAUDES-AIGUES fut un centre thérapeutique puissant comprenant plusieurs maladreries et des couvents qui possédaient des étuves et des piscines. Suivent deux périodes particulièrement prospères :

- du milieu du XIII^{ème} au milieu du XIV^{ème} siècle. Le Terrier de 1332 parle de la piscine publique "*lo banh*" ou *baynh* en forme de rectangle allongé, sise au quartier du PAR, où les gens du peuple et de la bourgeoisie se baignaient ensemble,
- et du XV^{ème} au milieu du XVI^{ème} siècle jusqu'à la terrible peste noire de 1348-1349 "la Grande Mort", suivie du fléau de la lèpre apportée par les soldats, et jusqu'aux guerres de religions.

C'est encore à cette époque, **en 1332 que les particuliers s'approprient les sources**, dont celles du groupe du PAR, pour créer le premier chauffage géothermique des maisons à partir de l'eau chaude naturelle, qui circule sous les dallages des rez-de-chaussée.

En 1618, Jean BLANC (Hydrologue) cite les sources comme très chaudes, sulfurées et bitumineuses ⁽²⁾. Du CLOS en 1670-1671 médecin ordinaire du Roy dans sa "notice sur les eaux minérales de plusieurs provinces de France" constate dans la source du Par la présence du véritable "Nitre" des anciens.

² L'appréciation du caractère « bitumineux » est probablement lié à l'observation d'irisations de surface (bactéries ?). Les analyses n'ont jamais confirmé ce caractère.

Les sources sont abandonnées pendant la Révolution, puis connaissent un regain de ferveur vers la fin de l'Empire. M. FELGERES C. cite le rétablissement des piscines qui attirent de nouveaux les baigneurs dont le nombre augmente considérablement chaque année avec :

38 "curistes"	en 1823
354	en 1832
plus de 400	en 1850.

En 1826, ALIBERT dans le "Précis historique sur les eaux minérales les plus usitées" donne la composition chimique de l'eau du PAR et de l'eau du MOULIN DU BAN.

M. GRASSAL indique une température de 88°C (!) pour les eaux du PAR.

Il cite l'existence d'autres sources dans le lit même du Remontalou, et parle :

- ☞ des dépôts de sulfate de chaux et de carbonate de chaux dans les canalisations,
- ☞ de l'usage des eaux pour la cuisson de la soupe et du boudin,
- ☞ du chauffage des maisons "*LA MAÏSOU CAOUDO*",
- ☞ du désuintage des laines (qui servent à faire le cadis),
- ☞ et de l'épilage des cochons, des pieds et des têtes de veau.

"L'eau est sans odeur, claire, limpide (en se refroidissant elle devient légèrement opalescente), elle laisse sur la langue un peu d'astringence et de stypticité (nous avons vu les malades la boire, ils la trouvent bonne), elle a la qualité onctueuse qui donne à la peau plus de souplesse, résultat de ce que M. BERTHIER croit être une combinaison de gélatine et de silice. **La température de l'eau varie suivant les saisons (?)** car plusieurs observateurs n'ont pas trouvé le même chiffre, la variation serait de 7° Réaumur..."

..."L'eau chaude jaillit en de nombreux endroits de la ville de Chaudesaigues, on la retrouve distribuée çà et là, dans de nombreuses maisons qui l'utilisent pour leurs usages domestiques et pour le chauffage. **On évalue à 30 le nombre total des sources, leur débit journalier est estimé à 10.000 hectolitres, soit 41,7 m³/h, ou 694 l/min (11,6 l/s).**

Vers l'extrémité supérieure du bourg, au pied de la colline La Jarrige sort bouillonnante et tumultueuse la source du PAR, la plus importante des sources puisque à elle seule elle fournit à peu près la moitié de l'eau totale, elle jaillit d'un massif informe de pierre granitique grossièrement travaillée au ciseau, laissant échapper des volutes de vapeur d'eau ...,

sa température est de 81°,03, elle débite 18 m³ 3 à l'heure."

"La source d'eau chaude de l'Etablissement Thermal (de la BONDE du MOULIN ?) a les mêmes qualités de goût, d'odeur, de transparence... Sa température est de 61°, son débit horaire de 6 m³ 3."

Les autres sources d'eau chaude citées et utilisées jadis sont :

- la source CLAVIERES,
- les sources de l'établissement FELGERES,
- celle du MOULIN DU BAN,
- la source de la BONDE,
- et la source de l'HOSPICE.

Pour les autres sources du bourg, elles ont une température allant de 30 à 55°, non connues, ni analysées, elles ne sont pas utilisées sauf pour des usages particuliers.

C'est en 1828 que CHEVALLIER A., également membre de l'Académie Royale de Médecine, publie par ordre de S-Exc. le Ministre de l'Intérieur son "Essai sur Chaudes-Aigues, département du Cantal, et analyses des eaux minérales-thermales de cette ville". Les observations du Dr VERDIER sont jointes à cet ouvrage(réf.CA34).

Dans l'*Annuaire des Eaux Minérales de 1828*, on trouve une des premières analyses de la source du PAR faite par CHEVALLIER A. (Pharmacien), LONGECHAMP et CAVENTOU avec, en g/l :

Sous-carbonate de soude	0,592
Carbonate de calcium	0,046
Sulfate de soude	0,0322
Silice	0,023
Carbonate de manganèse	0,008
Oxyde de fer	0,006
Chlorure de sodium	0,0055
Sels de potassium	0,003
Chaux combinée à la silice	0,002
Matières organiques	traces

En 1831, G. BREMONT Médecin de Chaudes-Aigues cite l'emploi des eaux en boissons, douches, bains et étuves, qui conviennent aux rhumatismes nerveux et articulaires, musculaires et fibreux, goutteux et à la goutte, aux arthrites et aux névroses. Il mentionne la contre-indication des eaux pour les formes aiguës.

En 1832, la station de Chaudes-Aigues est visitée par H. LECOQ, et *le 17 juillet 1833, BONNIOL et PODEVIGNE soutiennent le même jour leur thèse de médecine :*

☞ BONNIOL : "Dissertation *sur les eaux thermales* de Chaudes-Aigues (Cantal)" dans laquelle il précise le nombre et l'emplacement des sources,

☞ PODEVIGNE E-J-B.: « Dissertation *sur les eaux minérales* de Chaudes-Aigues (Cantal) : topographie du lieu : description des sources, leurs usages domestiques et médicaux, ..., précédés de quelques généralités sur les eaux minérales en général ». Thèse Fac. médecine Paris, 36 p.

Dans ces deux études sont précisés le nombre et la position des sources, la chimie des eaux, et les affections comme les rhumatismes, les engorgements du foie, les paralysies et les maladies nerveuses pour lesquelles on obtient les meilleurs résultats de cure.

En 1834, le projet de construction d'un grand établissement de l'architecte LEDRU reste sans suite. Il devait comporter 2 piscines, 24 étuves, 16 douches et 16 lits de repos, 2 salles d'inhalation et 2 salles de pulvérisation.

En 1848, il existe trois établissements thermaux (privés) :

- ☞ FELGERES, le plus important avec 4 cabines de bain et 6 baignoires, dont deux en métal et les autres en lave de bouzentès. La durée des bains est de 4 heures avec une T de l'eau à 29°C, la douche 1 heure à 6 ou 7 pieds, et l'étuve dans une petite cave obscure,
- ☞ CLAVIERES,
- ☞ et ABRIAL.

En 1850, BLONDEAU effectue d'autres analyses, les eaux du PAR sont mesurées à 80°C, il y fait suite 26 ouvertures en direction des maisons particulières, des hôtels et rejet à la rivière.

M. MARY-RAYNAUD est propriétaire de la source de la BONDE en 1890, des travaux y sont effectués, détaillés dans le rapport de l'Ingénieur des Mines du 7 novembre 1890.

Le 20 juillet 1892, l'ET de Chaudes-Aigues est en copropriété. M. le Comte Lionel de BONDY, le Marquis Ludovic de BEAUVOIR, de GOUY, d'ARCY et Charles Philippe FLAMENT demandent l'autorisation d'exploiter deux sources minérales :

- ☞ la BONDE du MOULIN captée sous la salle d'étuve de l'ET, parcelle n°446, section G, son débit est de 70 l/min (4,2 m³/h) et sa température de 65°C,
- ☞ la GROTTTE du MOULIN (non captée) qui est un griffon sous une petite voûte située dans un mur de soutènement de la parcelle n°469, d'un débit de 12 l/min (0,72 m³/h) et d'une température de 65°C.

L'analyse de la source du PAR faite par la station agronomique de Clermont-Ferrand en 1893 indique **une minéralisation totale (résidu minéral) de 925 mg/l**, alors que la Faculté de Lille en 1895 trouve 894 mg/l.

Le 19 août 1893, l'Ingénieur des Mines D. de BICHEVET établit un rapport (CA17) avec les analyses d'eau et un plan détaillé du captage de la Source dite "la BONDE du MOULIN", à l'appui de la demande d'autorisation d'exploiter ce captage, **la source de la GROTTTE du MOULIN ne pouvant en aucun cas bénéficier de cette autorisation.**

En 1906, L. de LAUNAY précise le contexte géologique et formule une première hypothèse sur l'origine des eaux des sources thermominérales de Chaudes-Aigues (Annales des Mines, t.IX, 10, pp.5-46), reprise dans la thèse de B. HENOU en 1973 comme suit (CA21) : "A Chaudes-Aigues, il y a quelque chose de très particulier, c'est l'existence d'une sorte de colonne de captage presque continue, formée par un système de filons microgranulitiques, qui dessinent une ellipse d'environ 2 km de long sur 600 à 800 m de large.

Les eaux, introduites dans les fissures du plateau gneissique, qui, vers le sud, domine bientôt la source de près de 300 m, ont pu suivre les plans de joints de ce gneiss dirigés en moyenne N.S., suivre aussi peut-être les filons directeurs de porphyre, et finalement par quelque cheminement souterrain, venir s'emprisonner entre ces derniers.

Concentrées en profondeur sur un axe N.S., passant par Chaudes-Aigues, elles ont été arrêtées vers l'aval par les murs de porphyre qui, même à la superficie, barrent à peu près complètement l'issue.

Les griffons se sont trouvés ainsi d'autant mieux localisés à l'intérieur de cette sorte d'anneau que sa continuité doit être plus grande encore en profondeur qu'à la surface, le filon de l'Est (filon de la Condamine) ayant dans sa partie Nord, un pendage qui, à une certaine profondeur, l'amène peut-être jusqu'au filon de l'Ouest (filon du croisement), en fermant complètement la ceinture étanche. Le caractère de la minéralisation s'explique très bien dans cette hypothèse; la présence de l'acide carbonique est toute naturelle dans une région aussi riche en basalte.

L'ensemble des griffons ne constitue qu'une seule venue d'eau profonde disséminée dans un réseau de cassures. La température des eaux supposerait une pénétration d'au moins 2 500 m."

Après la guerre de 1914-18, un ET voit le jour. **Par décret du 15 juillet 1918**, le Président de la République R. POINCARE classe la ville de CHAUDES-AIGUES en station hydrominérale.

Les premières mesures de la radioactivité sont effectuées en 1925, les résultats sont les suivants : pour le Radon à $0,256 \cdot 10^{-9}$ curies/l pour la source du PAR et $0,237 \cdot 10^{-9}$ curies/l pour la source de l'ET (soit respectivement 256 et 237 millimicrocuries/l).

LORMAND C. en 1928 donne 857 mg/l en résidu sec et un pH légèrement acide de 6,8 pour la source du PAR, il trouve également 869 mg/l pour la source de l'ET.

En 1932, le service des Mines effectue un recensement des émergences et une série d'analyses sur 12 griffons principaux.

En 1936, la famille FEBVRET-VIROLLEAU prend en charge le seul ET privé existant (Cf. *photo 2*) et en construit un plus moderne. Les cures sont de 21 jours, et leur renouvellement pendant trois ans est conseillé.



Photo 2 : Ancien établissement thermal (05/81)

En 1949, A. AUBIGNAT formule une nouvelle hypothèse sur l'origine des eaux thermales (Hydrologie de Chaudes-Aigues) : "C'est sans doute après la période de paroxysme, au Pliocène supérieur, qu'apparurent les sources de Chaudes-Aigues. A travers une couverture de roches aussi compactes et peu perméables que les gneiss et micaschistes, l'eau minérale ne pouvait en effet trouver passage qu'à la faveur d'un ou plusieurs plans de fracture mettant en communication les terrains de grande profondeur avec la surface; or cette circonstance n'a pu se faire, à Chaudes-Aigues, que grâce à la réouverture des filons de microgranulite et de porphyres qui paraissent constituer les seuls accidents dont le substratum est affecté.

Les filons parallèles et croiseurs de microgranulite, porphyre et quartz constituent, dans la région, un ensemble de fractures se rejoignant vraisemblablement en profondeur en un point où l'eau minérale y est emmagasinée sous pression; elle emprunte alors le passage qui lui est offert par cette fracture et peut ascensionner rapidement en cheminant par la voie la plus facile et la moins résistante.

A partir d'une certaine profondeur au-dessous de la surface, la fracture se divisant, la montée de l'eau thermominérale, jusqu'alors unique, s'anastomose à son tour et vient finalement constituer à la sortie autant d'émergences distinctes qu'il est donné de le constater.

Quant à l'origine de l'eau minérale, il semble qu'il faille plutôt rechercher la possibilité d'une descente facile et à grande profondeur d'eaux superficielles qui donnent lieu, par leur résurgence artésienne, à la formation des sources thermales de Chaudes-Aigues, du côté du Massif Cantalien, dont certaines bouches éruptives ne sont situées qu'à une dizaine de km et dont la dénivellation atteint plusieurs centaines de mètres.

Ce n'est que dans cette région très disloquée où le soubassement de schistes cristallins (offrant naturellement très peu de voies de cheminement aux eaux d'infiltration) a été transpercé par de nombreuses cheminées volcaniques et à la faveur de ces dernières, que les eaux de surface, emmagasinées dans les énormes réservoirs naturels que constituent les matériaux volcaniques poreux, peuvent facilement et rapidement descendre à grande profondeur pour y acquérir la température élevée qui se manifeste à leur résurgence.

Pour l'origine des gaz, on peut supposer que l'air entraîné par l'eau depuis la surface jusqu'en profondeur a son oxygène absorbé par les oxydations, tandis que l'azote, inaltérable, peut remonter avec l'eau minérale. Quant au CO₂ qui constitue l'autre partie de ces gaz, il ne peut provenir, et cette origine est des plus naturelles et normale, que de quelque événement ou mofette volcanique de profondeur, situé sur le trajet de l'eau minérale et dont l'activité se manifeste encore; ainsi, qu'il est constant de l'observer dans toutes les régions volcaniques".

En 1953, le Professeur P. LAPADU-HARGUES analyse les dépôts de la source du PAR, qu'il définit comme étant de la calcite et de la dolomite ferrière.

Entre 1962 et 1964, il est procédé à la rénovation et à la reconstruction de l'ET, à la place du premier. Il est inauguré par le Premier ministre de l'époque : Georges POMPIDOU le 19 juin 1964, M. Pierre RAYNAL, Député-Maire de Chaudes-Aigues était Président de la Société Thermale (SAEM) dans laquelle la commune de Chaudes-Aigues est majoritaire. L'ET agréé par la Sécurité Sociale est doté d'installations modernes : grandes douches, étuves, massages sous l'eau, piscine de rééducation fonctionnelle, etc ... Les cures dispensées s'adressent aux malades souffrant de rhumatismes, de névralgies, de séquelles de traumatismes, ... La station accueille alors près de 2 000 curistes par an.

Dans la thèse de B. HENOU en 1973 (CA21) qui cite les deux auteurs précédents, une troisième hypothèse est formulée sur l'origine des eaux chaudes : "Si à l'affleurement, la relation : sources minérales - filons de microgranite n'est pas aussi évidente qu'à Teissières-les-Boulies, quand on regarde une carte géologique, ces filons représentent l'accident le plus important de la région et doivent donc jouer un rôle de premier ordre dans l'ascension des eaux thermales, en supposant leur réouverture à l'époque tertiaire.

Quant à l'interprétation d'une ceinture hydrostatique, en forme d'ellipse de ces filons qui joueraient le rôle d'une colonne de captage, cette hypothèse paraît peu probable, à la suite d'une cartographie détaillée de ces filons. Il ne fait pas de doute, par contre, que certains filons doivent se rejoindre en profondeur et pourraient jouer un rôle dans un possible réservoir.

A l'émergence, les sources se trouvent limitées par deux directions : à l'Est par la direction du filon de microgranite du Moulin du Ban, et au Nord par la brèche de la faille silicifiée de la source du Par; cette dernière bloquerait les sources au Nord.

La diversité des griffons serait due à un déplacement du Remontalou vers le Sud. Le griffon originel qui reste toujours le plus important, est la source du Par; les émergences ont proliféré par l'intermédiaire des diaclases dans les micaschistes, en suivant le déplacement du lit du ruisseau.

Le débit et la température des sources de Chaudes-Aigues doivent indiquer une profondeur importante atteinte par les eaux, de l'ordre de 2000 m. La faible minéralisation est fonction du faible volume de gaz carbonique dégagé par les sources (voir en comparaison Evaux, Nérès, Bourbon-Lancy, etc...), ce qui leur procure aussi une température plus élevée que les autres sources thermominérales du Massif Central, à cause de la détente adiabatique du CO₂.

Si l'azote et l'oxygène ont de fortes chances d'être superficiels, certains gaz comme l'argon, et peut-être aussi le CO₂, seraient d'origine volcanique.

L'origine de l'eau est superficielle, mais sa remontée n'est pas exclusivement artésienne; la température en profondeur et peut-être même le faible volume de CO₂, doivent jouer un rôle non négligeable dans l'ascension des eaux (Nérès, dont la température est plus faible, mais de débit supérieur, n'a pas un énorme massif volcanique à proximité pour l'alimenter)".

En 1971, il est procédé à une demande d'autorisation d'exécution d'un forage profond pour accroître la quantité d'eau minérale disponible à l'intérieur du périmètre de protection de la source du PAR. Il s'agit d'un recaptage de la source du MOULIN DU BAN et des sources voisines. Cette même année, les études structurales du BRGM conduisent à l'implantation du forage dans le secteur des sources ABRIAL, LESTANDE 1 et 2, de l'HOSPICE et de la GROTTÉ DU MOULIN à 60 m environ au nord de l'ET, en rd du Remontalou. Il s'agissait de recouper les filons de quartz à eaux chaudes.

Le Forage du BAN a été réalisé entre le 28 janvier et le 8 février 1974. D'une profondeur finale de 64,50 m/TN, il fournissait à l'origine un débit artésien de 91 l/min (soit 5,46 m³/h) d'une eau thermique à la température de 75°C. La source de la BONDE du MOULIN (ou du Moulin du BAN) donnait à ce moment là un débit de 20 l/min (soit 1.2 m³/h) pour T = 57°C.

Depuis février 1974, plus rien n'a été entrepris sur l'ensemble des captages.

En 1976, P. CAILLEAUX et al., donnent une quatrième hypothèse lors d'une étude géochimique détaillée sur l'origine des eaux thermales du bassin de Chaudes-Aigues (CA12).

Comme les pertes de chaleur par conduction de la source du PAR sont négligeables, ils sont conduits à envisager que les eaux jaillissant dans cette localité peu chargées en Fe^{++} proviennent d'un mélange d'une eau profonde à $190 \pm 10^\circ\text{C}$ avec des eaux de surface (!). Ce sont les eaux superficielles oxygénées qui oxyderaient ce fer ferreux en Fe^{+++} insoluble.

Entre 1978 et 1983, en marge des usages thermaux, il a été établi un projet pilote par le BRGM puis construit avec l'appui technique de SOFRETES MENGIN une microcentrale électrique utilisant en saison thermique l'énergie géothermique de la source du PAR pour l'eau chaude, et l'eau du Remontalou pour l'eau froide de la boucle de conversion. Elle devait produire **une puissance de l'ordre de 20 KWe**. Cette microcentrale, installée en avril 1981 sur le site jouxtant en aval de l'Office de Tourisme, a fonctionné épisodiquement entre le 20 et le 22 mai 1981, puis à l'occasion de visites de délégations étrangères en août et octobre 1981.

Lors de l'expertise effectuée par SOFRETES et le BRGM en avril 1983 il n'a pas été possible de remettre la microcentrale en fonctionnement : canalisations oxydées, bacs du Remontalou ensablés et encombrés, débit d'eau froide insuffisant. Elle est restée depuis en arrêt définitif et encore "en l'état" à l'intérieur de son bâtiment qui surplombe le lit de la rivière sous l'Office de Tourisme (Cf. détails en **annexe 3**).

Des travaux de réfection et d'extension de l'ET pour augmenter la capacité d'accueil de 50%, et la construction vers le nord de l'Hôtel du BAN ont été ensuite entrepris dans les années 1980, et mis en service en mai 1983, le forage du BAN et les sources (recaptage de la BONDE du MOULIN) y sont attenants sur son côté nord.

En 1995, l'audit technique réalisé par le BE CODEF Ingénierie de Toulouse, porte sur les installations d'exploitation et sur le réseau interne à l'ET (canalisations, échangeurs, ..), il définit les besoins pour les différents usages de l'eau thermique.

En 1997, VASSEUR G., MICHARD G., et FOUILLAC C. (CA15) établissent une compilation des données sur les émergences de Chaudes-Aigues, sur la structure géologique et géophysique profonde de ce secteur pour discuter du circuit profond des eaux et du fonctionnement de l'aire d'émergence qui produit 500 l/min, soit 30 m³/h, à une température atteignant 80°C.

Ils formulent (*pp.3-17 de la revue Hydrogéologie*) une cinquième hypothèse sur l'origine et le circuit en profondeur des eaux, beaucoup mieux étayée que les 4 précédentes :

- agrémentée de nombreuses cartes géologiques, structurales et topographiques,
- de schémas, graphiques, diagrammes, figures et de tableaux de mesures.

"Ils montrent tout d'abord que l'émergence de Chaudes-Aigues provient du mélange entre une eau minéralisée, équilibrée vers 190°C avec le quartz, et des eaux superficielles (!) peu minéralisées. Ceci est confirmé par la signature chimique et isotopique de deux sources thermales voisines, en même position structurale que Chaudes-Aigues, qui sont des mélanges avec la même eau profonde mais avec des proportions différentes."

Ces auteurs ont examiné en détail les différentes données publiées (ou inédites) sur ce district hydrothermal, et sur les données isotopiques des différentes sources (teneurs en ^{18}O , D, ^3H).

Ils ont ré-interprété les contextes géologiques, structuraux (fracturation des roches) et géophysiques (écoulements à très haute température, anomalies négatives de Bouguer, données de sismique-réfraction, observations télésismiques, et imageries tomographiques, ... Ils suggèrent l'existence régionale d'un manteau "anormalement chaud" associé à un phénomène diapirique), et, en utilisant de simples modèles thermaux, chimiques et hydrodynamiques, en concluent :

"Le circuit des eaux correspond à une infiltration sur les hauteurs du massif granitique de la Margeride, vaste batholite qui domine la zone d'émergence. L'eau infiltrée atteint (d'après les géothermomètres SiO_2 , Na/K et Na/K/Ca) une profondeur de l'ordre de 5 km où elle acquiert sa signature profonde.

Un réservoir intermédiaire vers 2 km stocke le mélange avec des eaux superficielles (!) et la remontée finale emprunte l'un des accidents de la zone de Chaudes-Aigues qui la mettent directement en connexion avec le granite à travers des schistes métamorphiques. Une fissure de 1,25 mm d'ép. environ suffit à ce dernier drain en direction de chaque source, pour une largeur horizontale cumulée de 20 m. Sur la base d'arguments divers, on peut spéculer que le système fonctionne depuis quelque 10 000 ans et concerne une eau météorique d'origine glaciaire (calotte sur l'Aubrac lors de la dernière glaciation du Würm). La conductivité hydraulique à grande échelle du granite est estimée à 1 mD sur la base de modèles hydrodynamiques fonctionnels. Contrairement à ce qu'on pourrait être tenté de croire, **le régime hydrodynamique du système s'apparente beaucoup plus à un régime permanent que transitoire.**"

Ils indiquent en outre une circulation souterraine de l'eau qui résulte de la différence d'altitude de plus de 500 m entre l'aire d'infiltration des eaux à 1 400 m environ ou un peu moins (donnée altimétrique "discutable"), et leur exutoire, en précisant une infiltration de l'ordre de 10 mm (1% de la pluviométrie) sur une superficie de transit des eaux au sein du granite autour de 10 km², et une longueur totale du circuit de l'ordre de 20 km.

***"Il apparaît clair que l'eau provient du granite* qui surplombe le site, ...
le granite apparaît comme un véritable réservoir
par rapport aux roches schisteuses qui l'entourent".***

(*sans doute des Monts d'Aubrac, au travers des granites de la Margeride).

Sans doute aussi faut-il rester modeste et humble lorsque ces données sont annoncées par les auteurs comme "incertaines" ou "discutables", il ne devait donc pas y avoir de sixième hypothèse, et pourtant ...,

même si *"un circuit profond provenant des reliefs situés au nord (Cantal) ne pourrait être exclu mais paraît hautement improbable"*.

3.1.2. A propos des autorisations administratives

Après *un Mémoire établi par M. DERAÏN en 1998 (CA8)* sur le captage, transport et mélange de l'eau thermale, et l'instruction avec "avis favorable aux autorisations sollicitées" de l'Ingénieur des Mines de la DIRE T. ZETWOOG (CA9a) accompagnant les demandes d'autorisation du Dr P. RAYNAL, le dossier de la station thermale de CHAUDES-AIGUES est en cours d'examen. Suivant ces deux dossiers précités établis le 14 avril 1998 pour le Mémoire de M. DERAÏN, et la transmission à la DGS de ce dossier par la DIRE le 9 décembre 1998, *les dernières demandes d'autorisation sont en cours d'instruction.*

Il s'agissait des demandes d'autorisation établies par la Société Thermale de Chaudes-Aigues, relatives :

- ☞ à l'exploitation à l'émergence du forage du BAN,
- ☞ au transport par canalisation de l'eau minérale gazeuse des trois captages du PAR, de la BONDE DU MOULIN et du FORAGE du BAN, de leur émergence à la bache de mélange,
- ☞ au mélange de l'eau de ces trois émergences.

Il était pris l'engagement de ne faire subir à l'eau minérale aucune opération susceptible d'altérer sa nature ou sa composition.

Ce dossier a été *complété le 8 octobre 1998* par l'analyse du mélange des différentes émergences, et a été déclaré recevable suivant les pièces jointes (cartes de situation à 1/100 000 et 1/25 000, description de l'hydrogéologie du site, des travaux entrepris et des installations, copie des précédents actes administratifs).

Des prélèvements d'eau pour analyses officielles ont de plus été exécutés par l'AFSSA le 17 avril 2002, les résultats n'ont pas été édités à la date de parution du présent rapport.

Dans un premier temps,

- ☞ les émergences dites du PAR et LESTANDE 1 et 2,
- ☞ puis l'émergence de la BONDE du MOULIN (appelée aussi source du BAN),

ont été autorisées à l'exploitation et à la vente au public respectivement par les arrêtés ministériels du 28 mars 1884 et du 14 janvier 1897.

L'émergence de la Source du PAR, qui présente le débit le plus important, a été **déclarée d'intérêt public (DIP) et dotée d'un périmètre de protection (Pp) par décret du 21 février 1895**. Un plan précise l'extension de ce périmètre, il s'étend **sur une superficie de 19ha 16a**, et englobe au droit du bourg l'ensemble des émergences thermales de Chaudes-Aigues (Cf. **figure 5**).

Une autre autorisation ministérielle d'exploitation citée par HENOU (1973) aurait été donnée le 9 juin 1931, elle distingue 2 griffons pour l'émergence principale : le PAR I et le PAR II. Ce document, s'il existe encore, n'a pas été consulté.

Le Forage du BAN, réalisé en 1974 après autorisation au titre de l'article L 737 du Code de la santé publique a depuis, donné satisfaction. Il n'a pas été réellement un recaptage des émergences antérieures car ces dernières n'ont pas été tarées. **Ce forage, utilisé depuis 1974 sans autorisation, doit être considéré comme une nouvelle émergence.**

La source de la BONDE du MOULIN a donc été conservée après un réaménagement important du captage lors de la construction de l'Hôtel du BAN en avril 1982.

Les émergences de la BONDE du MOULIN et du FORAGE du BAN se situent sur la propriété de l'ET. La Source du PAR appartient par contre à la commune. La Société thermale de Chaudes-Aigues dispose cependant d'un droit d'usage des deux tiers de cette émergence pendant la saison des cures.

***Sur un débit global mesuré à la Source du PAR de 18 m³/h,
l'ET dispose en principe pour ses usages thermaux de 12 m³/h.***

A ce débit principal s'ajoute 3,4 m³/h fournis par artésianisme par le Forage du BAN, et 2 m³/h, fournis gravitairement par la BONDE du MOULIN pour **un total à la bâche de mélange de 17,4 m³/h.**

3.1.3. Sur les différents usages de l'eau anciens et actuels

Nombre des différents usages de l'eau thermale de Chaudes-Aigues au cours des temps ont été cités dans l'historique précédent. On retiendra la domestication de l'eau et de la chaleur de la "bouillante et tumultueuse" source du PAR, mais aussi de celles des nombreuses autres sources du bourg dont celles du BAN :

* le principal usage concerne tout simplement **le chauffage de ces lieux en hiver** depuis les temps les plus reculés, qui, grâce à la température élevée de l'eau a conduit dès le Moyen Age au chauffage des maisons, et à payer pour cela une redevance au seigneur, et lui fournir le bois. Les conduites mises en place, construites, et entretenues par les heureux (?) bénéficiaires étaient alors en bois de pin ou "fut dryras", percées au "paradou" et jointoyées à l'argile noire. Devant les abus, les usagers se sont ensuite occupé de tout, moyennant une diminution des taxes, ce qui a conduit en 1332 à l'appropriation des sources par la commune pour la principale (la source du PAR), à qui désormais on paye l'entretien du réseau, et par les habitants privilégiés qui possèdent leur propre source à domicile "la maïsou caoudo".

L'instauration d'une réglementation au XIX^e siècle et la création de la fonction de "fontainier" prend en compte l'état de délabrement des réseaux, des conduites et de leur colmatage. "Mais cela ne suffit toujours pas, et certains accusent leurs voisins situés en amont, de puiser l'eau dans le réseau d'eau chaude, d'y mettre de l'eau froide ou d'y rejeter des eaux usées. Si bien qu'en 1854, : *il est expressément défendu d'avoir dans l'intérieur des maisons chaudes la moindre ouverture pour prendre l'eau. Elle devra être rendue en même quantité qu'à l'entrée et sans autre déperdition calorifique que celle que comportera son passage et qui ne pourra excéder deux degrés centigrades*".

Le chauffage par le sol était né, un système de vannes dans chaque maison régule le débit de l'eau qui circule sous les dalles du rez de chaussée. Il a été complété ensuite par la mise en place d'échangeurs thermiques qui permettaient de disposer d'eau chaude sanitaire (du réseau d'AEP) et d'alimenter les radiateurs par circulateurs pour chauffer les étages. ***Cet usage essentiel et profondément ancré chez les anciens, permet encore aujourd'hui de chauffer via les 5 réseaux en place environ 150 maisons*** (109 parcelles bâties : doc CEH, 1999), en contrebas des sources. En 1994, les habitants payaient entre 250 et 850 F/an selon la taille de leur maison et la température de l'eau qu'ils reçoivent, qui passe de 75°C en amont, à 50°C au centre du bourg, et à moins de 30°C pour les habitations situées plus en aval du réseau.

Ce même principe d'échangeur au droit de la source du PAR a permis aussi pendant un certain temps le chauffage du CEG (abandonné), puis par pompage celui de l'église.

En été, la piscine municipale dispose en permanence d'une eau à 27°C, c'est la source VIALARD qui est utilisée. L'ET l'a adopté sur ses deux captages, ainsi que l'Hospice, et l'un des principaux hôtels de la ville en 1981 (au moment des travaux), et, plus récemment, le Centre de Rééducation Fonctionnelle du Cantal (CRF15).

La géothermie était née bien avant l'invention de ce mot.

*** Rappel des autres nombreux usages domestiques et semi-industriels :**

- le dessuintage et le blanchiment de la laine,
- le lavage du linge au lavoir public encore en service et utilisé en 2002,
- le dégraissage et l'assouplissement des peaux,
- une éclosérie d'œufs restée en projet éphémère,
- tout comme la microcentrale testée pour la production d'électricité destinée au départ à l'Hospice à titre pilote et démonstratif, ...

Le musée GEOTHERMIA implanté à proximité du captage du PAR, est lui-même chauffé par une source particulière, la source RECOURBET. Il retrace les principales origines et usages thermaux des eaux chaudes à CHAUDES-AIGUES et de la géothermie (Cf. *annexe 4*). Il reçoit 25 à 30 000 visiteurs par an.

*** La Fontaine du PAR** ou "Gargouille" qui donne directement dans la rue l'eau et ses volutes de vapeur d'eau fumantes en hiver par l'un de ses trop plein a été ***longtemps utilisée pour des besoins domestiques*** : épilage des cochons (parage), des pieds et des têtes de veau, plumage des oies, soupe, tripoux et enfin œufs durs en 8 minutes, tasses de thé etc..., c'est désormais la Fontaine touristique du bourg (Cf. *photo 3*).

* **7 bornes fontaines** ont par la suite réparti dans le bourg cette eau chaude.

* L'autre usage fondamental des eaux de CHAUDES-AIGUES a donc été celui **du bienfait pour la santé des eaux minérales et thermales**, guérissant la lèpre, les rhumatismes, la sinusite,... , en prenant les bains de vapeur dans les étuves, les douches, les bains en piscine, les massages au jet, l'eau en boisson, etc... Ces eaux convenaient du point de vue thérapeutique en 1832 (et encore à ce jour) aux rhumatismes nerveux et articulaires, musculaires et fibreux, goutteux et à la goutte, aux arthrites, aux névroses.

L'utilisation à titre privé et thermal, mais aussi public des eaux chaudes s'est faite tout d'abord dans des maisons et hôtels particuliers du secteur haut de la place du Marché, où devait exister bien avant des baignoires publiques et une piscine commune.

Les trois ET privés en 1848, avec pour noms FELGERES, CLAVIERES et ABRIAL, étaient équipés de piscines rustiques, baignoires et douches, étuves et lits de repos.

Il n'en restait plus qu'un en 1936, celui de **la famille FEBVRET-VIROLLEAU**, dans le secteur des sources du BAN, qui a été "mis en Société SAEM" puis totalement rénové et reconstruit en 1964, et enfin étendu en 1982 avec l'Hôtel du BAN.



Photo 3 : Fontaine publique du Par

3.1.4. A propos des projets et projections à moyen terme

*Faut-il "tout raser" pour ensuite mieux reconstruire ?
Suffit-il de "rafistoler" l'existant pour continuer de faire avec ??
Faut-il chercher plus ? oui, mais où ? et comment ? et pour quels besoins ???*

Comment valoriser le potentiel thermal existant en conjuguant à la fois les aspects médicaux des cures, les bienfaits de la crénothérapie sous toutes ses formes, en diversifiant les usages de l'eau du PAR et celles du BAN ?, en réduisant ou en annulant certains des usages "historiques" pour en développer d'autres ?

L'orientation vers le thermo-ludique est en cours de réflexion,

- ☞ celle de la création d'un centre de recherche sur les caractéristiques des eaux thermominérales en est une autre,
- ☞ et pourquoi pas d'une antenne des Facultés de Médecine traitant spécifiquement de l'Hydrologie médicale ?

Des axes de recherche sont donc à promouvoir, concernant tout d'abord l'identification précise et la connaissance détaillée de la ressource disponible dans sa globalité, et dans son fonctionnement hydrogéologique supposé, pour ensuite envisager l'accroissement des débits disponibles, et par suite la diversification des usages.

Ce double aspect relatif aux améliorations souhaitables du qualitatif et du quantitatif des eaux minérales et hyperthermales carbogazeuses de CHAUDES-AIGUES doit être mené de pair.

En parallèle, des actions sont à conduire pour améliorer les conditions de captage et de mobilisation des eaux souterraines pour l'eau potable et pour les autres usages municipaux (piscine). *Une station thermale se doit d'être exemplaire en quantité et en qualité, tant pour ses eaux minérales et thermales que pour ses eaux d'AEP.*

Des procédures de régularisation des conditions de protection de tous les captages à ce jour en service sont à initier. Une réflexion est à entreprendre pour réduire le nombre de sources captées, et/ou pour identifier des réservoirs sensiblement plus profonds et plus productifs, qui se trouveront naturellement mieux protégés.

3.2. DESCRIPTION DE L'ENSEMBLE DES POINTS D'EM DU BOURG

3.2.1. Modalités du recensement des sources et résultats à juin 2002

Sur la trentaine de sources répertoriées au XIX^e s., seulement 12 griffons étaient analysés par le Service de Mines en 1932. Au recensement de BLANQUET et TRONCHE en 1959, le nombre est porté à 15. Elles sont numérotées de 1 à 11 pour le groupe du PAR, de 12 à 15 pour le groupe du MOULIN du BAN.

Un tableau récapitulatif repris dans la thèse de B. HENOU de 1973 est reproduit ci-après (Cf. **tableau 2**). Il a servi de base aux investigations, avec les plans qu'il a été possible de retrouver, dont les siens, qui donnent l'implantation de 11 sources pour le groupe dit du PAR, et 4 sources pour le groupe dit du BAN (Cf. **figures 6 et 7**). Avec 15 sources identifiées, l'auteur a donc retrouvé 3 sources de plus qu'au XIX^e s.,
mais a aussi perdu la mémoire de 50% des griffons antérieurement cités.

Dans le cadre de la synthèse hydrogéologique, a-t-on, en 2002, mieux fait le tour de l'ensemble des sources thermales ?? Il s'est agi :

- * de recenser les sources existant actuellement, de noter les nouvelles et les disparues,
- * d'observer l'état des captages au plus près des griffons, et dans leur environnement immédiat,
- * d'effectuer des mesures de Q, T, C, CO₂ dissous, lorsque possible,
- * d'établir la composition physico-chimique et isotopique de certaines sources afin de pouvoir valablement les comparer, (*analyses prochainement réalisées*)
- * d'effectuer la synthèse des données disponibles, et de proposer un schéma de fonctionnement hydrodynamique explicatif (qui ne devrait pas être le dernier).

Certaines sources sont définitivement "oubliées", pour d'autres, les noms ont changé.

La position exacte de chacun des griffons est très difficile à retrouver, à l'intérieur des maisons particulières ils sont souvent masqués sous les dalles du rez de chaussée. Les propriétaires de ces sources particulières sont parfois absents, ou réticents à les montrer. Quelques-unes ne sont pas "momentanément" accessibles, seulement 2 d'entre elles, dans des résidences secondaires, n'ont pour l'instant pas été visitées.

Est-on sûr de la réalité des griffons visités ? ou bien les regards ne sont-ils que des surverses du réseau de la source du PAR ?, ou des arrivées de sources thermales situées un tant soit peu à l'amont ou au droit des habitations ? Certaines sources ont-elles disparu par colmatage des conduites ou de venues d'eau ?

Autant de questions pour l'instant sans réponse :

Seule une investigation de détail apporterait les éléments recherchés, conduite évidemment avec l'accord de tous les utilisateurs actuels connus et supposés.

*Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine
des sites thermaux en Auvergne – Site de Chaudes-Aigues (15)*

Sources mentionnées dans le rapport du Service des Mines en 1932	Sources numérotées par l'Institut d'Hydrologie 17 novembre 1948	Sources "pointées" par B. HENOU dans sa thèse en octobre 1973	Sources répertoriées dans le cadre de l'étude en cours en mai-juin 2002	N° adoptés 2002	Usage
Groupe du PAR					
Source du PAR	n°1 du PAR	n°1	Source du PAR	1	Eth
Source de la maison Coulomb-Sabit	NR	NR	NR		
Beaufils	NR	NR	NR		
Vigouroux le Sourd	NR	NR	NR		
Brunel	n°2	NR	source Pouget	2	Ec
			source Bonnal L. (rue)	18	Ec
Fayet	NR	NR	NR		
Vigouroux-Moussy	n°3	n°3 sce de la Baraque	sce Recourbet (Musée)	3	Ec
		source Porte	source Portes P.	19	Ec
Passenaud	maison écroulée	maison écroulée	NR		
Casteroste	maison écroulée	maison écroulée	NR		
Gastal	n°4	n°4, source Batifal	source Quillet C.	4	Ec
Dombergues	?	?	NR		
Boucharin (ex Glodet)	n°5	n°5 (2 griffons)	sce Boucharin G. (1)	5	Ec
Bougnol	n°6	n°6, source Julien	scs Costerousse (2)	6	Ec
Baratin Barbis	n°7	n°7, source Barbès	source Henry	7	Ec
			sources Portes J.P. (2)	20	Ec
		source Fraisse	source Albaret	21	Ec
	source Pelat	NR	NR		
Felgères a, (principale)	source Felgères	NR, cas. gendarmerie	source Poste PTT	8	Ec
Felgères b, (ptte source)	n°8	NR	NR		
Boyer	source Nouvelle Poste	NR	NR (? cf n°8))		
Mouthiez/Juery/Rochette	source Mouthiez	scs Mouthiez (3)	scs Pécoule (absents)	22	Ec
Lebregeal-Teyssedre	n°9	(source Barbès)	source Tourette	9	Ec
			jardin Henry (2 grif.)	23	n.u.
			sce Miquel (H du Par)	24	Ec
			sce Girard (Bar Poste)	25	Ec
Rougier-Lemouzy	n°10	n°10	sce Viallard (piscine municipale)	10	EC + église ?
Clavières	n°11	n°11	source Clavières (piscine CRF)	11	EC
Puisard voie publique	NR	NR	NR		
Groupe du BAN					
Lestande 1 source de l'Hospice	n°12	n°12	source de l'Hospice (+ CRF)	12	EC
Lestande 2 (sce Lavoir)	n°13	n°13	source du Lavoir	13	EL
Abrial ou sce "GCV"			Gemarin / Chavignier /Vert	16	Ec
la Grotte du Moulin	n°14	n°14	sce "squattée" par l'Hôtel Beauséjour	14	EC
du Moulin du Ban	n°15	n°15	sce de la Bonde du Moulin	15	Eth
			Forage du BAN	17	Eth
TOTAL : 26 sources	19 sources	15 sources	25 = 19 PAR+6 BAN		

NR = non retrouvée, n.u. = non utilisée, CRF = Centre de Rééducation Fonctionnelle

E = source exploitée, pour le thermalisme (th), pour le chauffage (C et c), L pour le lavoir public

Tableau 2 : Recensement des émergences thermales de CHAUDES-AIGUES

Il s'agirait d'effectuer des mesures in-situ précises : de température, de conductivité, de pH, Eh, et CO₂ dissous, et sur les paramètres chimiques les plus représentatifs. La mesure du débit est elle presque toujours impossible, du fait de la situation des griffons dans les caves et sous les dallages du sol, elle serait donc à entreprendre "à la sortie", après usage, mais où ? car le point de rejet des eaux est encore méconnu ou masqué.

Une coloration à la fluorescéine bien réfléchie de l'eau de chaque source individuelle, puis de la source principale du PAR en tête des 5 réseaux, ne pourrait se faire qu'en dehors de la période thermale, avant et après raccordement "au chauffage" des habitations.

Nota : dans les tableaux qui suivent au chapitre 3.3.1 (tableaux 4 à 7) ainsi que sur les extraits de plans cadastraux (Cf. figures 8 et 9) et autres cartes et schémas reproduits en annexe, c'est la numérotation ancienne de chaque captage qui a été adoptée.

Elle va de 1 à 11 pour les principales émergences du groupe du PAR et de 12 à 17 pour celles du groupe du BAN, de 18 à 25 pour les nouvelles du PAR. Les sources froides sont indicées de la lettre "F", et les eaux superficielles du Remontalou de la lettre "r".

3.2.2. Captages exploités dans le cadre du thermalisme

Trois captages sont exploités pour les usages thérapeutiques à Chaudes-Aigues :

la Source du PAR	n° 1	propriété de la commune de CA
la BONDE du MOULIN	n°15	propriété de l'ET
le FORAGE du BAN	n°17	propriété de l'ET.

La description détaillée de ces 3 captages est donnée ci-après.

L'ET de Chaudes-Aigues dispose donc de ses propres captages avec :

- la source de la BONDE du MOULIN située sous l'établissement thermal captée de façon gravitaire qui fournit un débit de l'ordre de 2 m³/h,
- et le forage du BAN dont la profondeur est de 64,50 m, réalisé en 1974 pour recapter un ensemble de sources de ce secteur attenantes au nord du nouveau bâtiment. Ce forage est artésien, il est exploité sans pompage et fournit un débit d'environ 3 à 4 m³/h, débit qui était de 91 l/min (soit 5,5 m³/h) à l'origine, qui aurait donc baissé de plus du tiers.

Le débit cumulé de ces deux captages, d'environ 5 à 6 m³/h, est nettement insuffisant.

L'essentiel de l'eau minérale et thermale, 60 à 70%, est fourni par la source du PAR avec en principe 12 m³/h,

ce qui conduit pour l'ET à un total actuel disponible de l'ordre de 17 à 18 m³/h, d'une eau qui se trouve en moyenne après mélange à la température de 75°C.

Nota : en fonction des besoins en eau de l'ET récemment évalués par le BE CODEF en 1995 (CA3), les volumes journaliers en eaux minérales sont tout juste suffisants.

L'eau minérale et thermale participe aux différents usages thermaux en étuves (en cabines individuelles de 48 à 54°C), en cabines de sudation et lits de repos (à 29°C), en douches au jet et pulvérisées, en bains bouillonnants, en baignoires et en aérobaïns (à 38°C), en massages sous l'eau, et en piscine de mobilisation (à 36°C), en illutions et en hydrothérapie interne. Les eaux chaudes des deux captages de l'ET assurent par ailleurs en hiver le chauffage par échangeur de l'établissement et de l'Hôtel du BAN.

L'eau du Remontalou est, dans le même temps, utilisée pour abaisser la température de l'eau thermale en fonction des différents types d'usages.

A noter que toutes les eaux du site de Chaudes-Aigues, de ces 3 captages pour l'ET, et celles des autres sources thermales, sont de nature identique et de même type :

ce sont des eaux bicarbonatées sodiques, hyperthermales, et carbo-gazeuses, dont les températures à l'émergence sont comprises entre 40 et 80,5°C.

Des informations plus complètes sur certains points, et en particulier sur les 3 captages actuellement utilisés en mélange dans le cadre des usages thérapeutiques et pour le chauffage des eaux de la piscine de l'ET (branchée sur le réseau communal) sont bien connues des administrations DRIRE et DRASS et DDASS 15 (Cf. ***figures 10a.10b.10c***). On se reportera aux deux rapports les plus récents établis :

- à l'initiative de M. le Dr P. RAYNAL alors Directeur de l'ET par M. DERAÏN pour le Mémoire du 14 avril 1998 sur le captage, transport et mélange de l'eau thermale (CA8),
- repris ou complété par l'Ingénieur des Mines en date du 9 décembre 1998 (CA9a) sur l'instruction du dossier de demande d'autorisations précitées concernant les 3 émergences du FORAGE du BAN, de la BONDE du MOULIN et de la Source du PAR.

Il y est indiqué dans ces rapports : les éléments de débits, et ***les analyses de référence en date du 4 décembre 1997, et du mélange en date du 3 et du 11 septembre 1998*** (avec une erreur de mesure probable notée sur la conductivité du mélange) : ***annexe 6***.

Il est de plus rappelé le projet de révocation des autorisations des sources LESTANDE 1 et 2, qui "ne sont plus exploitées depuis au moins un siècle", reprenant les propositions de révocation du 26 juillet 1957 et du 10 mai 1967, jamais confirmées par le Ministère de la Santé, même si :

" compte tenu de l'état vétuste de leur captage,

S'agissant d'émergences naturelles dans le ruisseau le "Remontalou"
aucun travaux particuliers n'apparaissent nécessaires pour les obturer".

(il est sans doute préférable de conserver ces sources, cette "obturation" n'étant pas à priori si facile à mettre en œuvre).

Les 2/3 du débit nominal de la source du PAR, évalué autrefois à 18 m³/h (non mesuré depuis), *soit 12 m³/h ne sont fournis à l'ET que pendant la saison thermique*. L'adduction est gravitaire, par une conduite de 300 m de long, pour partie calorifugée. Ce débit alloué est "variable", suivant les autres usages, il reste très difficile à contrôler.

Pour des raisons techniques, pratiques et sécuritaires en matières de qualité, afin d'éviter la mobilisation de fines ou de dépôts, aucune mesure de débit des sources utilisées pour l'ET n'a été réalisée, seul le forage a été sommairement contrôlé pendant quelques minutes.

Du fait de la température très élevée des eaux thermales, à plus de 70°C, **il n'a jamais été noté de problème bactériologique particulier au droit des 3 griffons principaux du PAR, du BAN et de la BONDE du MOULIN.**

Il apparaît toutefois fondamental de procéder à des aménagements et à la mise en place "on-line" d'appareils qui permettent ces mesures de débit (Q), et les différents autres contrôles en continu (niveaux ou pression, T, C, CO₂, ...) en des points précis, à situer au plus près des griffons thermaux.

3.2.3. Autres captages exploités dans le secteur du BAN

Le terrain où sont situés la source de la BONDE du MOULIN, et le forage du BAN est la propriété de l'ET, il s'agit de la parcelle n°524, antérieurement 267.

Sur ce même terrain et dans l'environnement immédiat du forage du BAN, (cf plan cadastral et plan détaillé dressé en mai 2002 des *figures 11b et 12*) 4 à 5 sources non autorisées autrefois, ou "abandonnées" (?) par l'ET, mais anciennement exploitées, le sont encore à ce jour pour au moins trois d'entre elles avec d'ouest en est :

- * **la source du LAVOIR** (ou LESTANDE 2) qui alimente en permanence le lavoir public, dont un réservoir se situe au droit d'une retenue sur le Remontalou dans l'axe de la rivière, mais dont l'origine n'a pas été identifiée,

- * **la source ABRIAL** (*probable*), dite "GVC", située à moins de 1 m au sud du forage à un niveau bas, qui desservait par "un usage acquis de très longue date" en eau chaude 4 maisons dont de l'Office de Tourisme au n°1, et les habitations Gemarin, Chavignier et Vert aux n°7, 5 et 3 de l'avenue Pompidou,

- * **la source de la GROTTTE du MOULIN** (*probable*) utilisée depuis 1981 pour les besoins en chauffage de l'Hôtel Beauséjour et de sa piscine privée (ancien moulin devenu propriété GEMARIN), captée à 4 m au sud-est du forage, sous la voûte d'un mur,

- * **la source de l'HOSPICE** (ou LESTANDE 1) utilisée à la fois pour le chauffage de l'Hospice et, en aval de son échangeur, par le CRF15 en complément de sa propre source (la source Clavières). La source de LESTANDE 1 n'a pas pu être localisée avec précision.

Toutes ces sources et le forage du BAN fonctionnent normalement en adduction gravitaire, du fait de l'artésianisme de l'eau chaude. Seule la GROTTÉ du MOULIN a été récemment pourvue sur sa conduite d'adduction d'une pompe de surface ("accélérateur"), pour en accroître le débit prélevé en direction de l'Hôtel Beauséjour. Lors de l'installation de cette pompe en février-mars 2002, et du côté nord-est du forage du BAN des venues thermales diffuses ont, en outre, été captées.

Il apparaît donc urgent dans ce secteur particulièrement "sensible" :

- de reprendre l'historique réel des usages de l'eau,
- de procéder à une expertise hydrogéologique qui complète nos observations,
- de préciser les différentes origines des eaux au plus près des griffons,
- de limiter les utilisateurs actuels aux seuls "ayant-droits" anciens, reconnus sur la base de documents officiels et non contestables.

Beaucoup trop d'erreurs, et de grossières imprécisions, ou acquisitions temporaires, se sont faites dans ce secteur du BAN au détriment des intérêts de l'établissement thermal.

3.2.4. L'ensemble des émergences du secteur du PAR

En dehors de la période thermique, c'est à dire de novembre à fin mars, les eaux de la source du PAR participent :

- au chauffage urbain "géothermique" pour les parties basses d'environ 150 maisons du bourg toutes situées à un point plus bas que la cote de l'émergence,
- au chauffage de l'église, celui du CEG ayant été abandonné.

Il existe ***plus de 25 sources plus ou moins sommairement captées par les particuliers, dont on ne connaît ni le débit, ni les caractéristiques physico-chimiques.*** Ces sources sont situées soit en amont de la source principale du Par (dont celle du Musée GEOTHERMIA) soit en aval.

Ces surverses et sources d'eaux chaudes participent par échangeur et circulateur à leurs propres besoins en chauffage le plus souvent par le sol, et en eau chaude sanitaire.

En outre, une partie des eaux thermales de la source du PAR est dirigée :

- ☞ vers **la Fontaine du PAR**, source "touristique" à raison de 2 à 3 m³/h, (*mesure du 15/05/02 = 3.9 m³/h*),
- ☞ et vers **les fontaines publiques**, dont le nombre maximal a été de 7, réparties dans divers quartiers du bourg, et qui sont pourvues de robinets à poussoir.

Autrefois indiqué à 4 500 hl/j soit 18,75 m³/h, **le débit global de la source du PAR** est actuellement estimé entre 15 et 17 m³/h, **il a été mesuré en 1978 à 16,38 m³/h.**

Le débit total des émergences de Chaudes-Aigues incluant les émergences du PAR jusqu'en rive gauche du Remontalou, et celles du BAN a été évalué à 10 000 hl/j (soit 41,7 m³/h). Très difficilement contrôlable pour nombre de sources privées, ***il serait à ce jour de l'ordre de 30 m³/h, voire plus.***

Les températures vont de 44 à 81°C, la température de 81,5°C n'a été contrôlée qu'une seule fois au griffon du PAR lors d'aménagements anciens, elle devrait effectivement y être très proche de 82°C.

Les eaux de ces deux groupes sont du même type :

- * bicarbonatées sodiques hyperthermales et souvent carbogazeuses,
- * ***faiblement minéralisées : 845 à 950 mg/l,***
- * ***à pH acide avant dégazage, et incrustantes ou entartrantes.***

Les émanations de gaz sont quasi-permanentes à des taux modestes, dans ces émanations gazeuses le gaz carbonique (CO₂) est nettement dominant.

3.3. CARACTERISTIQUES DES EM DU SECTEUR DE CHAUDES-AIGUES

Les observations précédentes sont complétées en abordant dans le détail les données rassemblées et nouvellement acquises sur chacune des émergences minérales, et sur les autres sources du secteur de CHAUDES-AIGUES minérales ou non, et sommairement captées, et en identifiant certains des "aléas" locaux.

3.3.1. Description détaillée des captages d'EM

La Source du PAR n°1

n°BSS : 08136X0002

X = 652,65 Y = 3283,95 Z # 750 m NGF

La source du PAR (1998, *CA9a*) a été autorisée par l'AM du 28 mars 1884. Elle dispose en outre par le Décret du 21 février 1895 d'une DIP et d'un périmètre de protection décliné selon 6 points A à F qui représente une superficie de 19 ha et 16 a et qui englobe l'ensemble des autres émergences chaudes du bourg, y incluant également celles du groupe du BAN (Cf. *figure 5*).

Le captage actuel de la source du PAR est situé en haut de la Place du Marché, il est fermé par une porte métallique à deux vantaux pourvue d'un cadenas (Cf. *photo 4*), muni de 12 petites ouvertures qui laissent passer les volutes de vapeur d'eau.



Photo 4 : Captage de la source du Par

Ce captage se trouve forcément à quelques mètres en aval du (ou des) griffon(s) qui serait localisé dans le jardin attenant au sud le bâtiment de GEOTHERMIA (Cf. *figure 11a*). Il n'est peut-être pas à l'entrée du jardin où a été placé récemment un globe de plexiglas, mais sans doute plus en amont sous l'un des deux murs en côté ouest de ce jardin. En tous cas, aucune roche du substratum n'est affleurante ici et les 2 ou 3 sources repérées plus haut : "gourgue" du jardin Pouget, source Canche, ..., sont des sources superficielles froides. Les gneiss et micaschistes affleurent cependant à une cinquantaine de mètres plus haut en direction de la colline de la Jarrige.

En 1891, l'Ingénieur des Mines précisait : "l'eau arrive d'une fente naturelle du terrain, à faible distance de la niche, le griffon est recouvert de dallage sur une hauteur de 2 m, puis par la terre du jardin". En 1936, le Dr A.L. GAILLARD indique "qu'elle jaillit dans un massif informe fait de pierre granitique grossièrement travaillée au ciseau" (CA26).

A 6 m en aval du captage se trouve le premier des trop pleins qui alimente en permanence *la Fontaine du PAR : source touristique à 82°C, la plus chaude d'Europe*.

Même si depuis plusieurs dizaines d'années, personne ne s'est aventuré à aller rechercher le griffon principal de la source (*de peur de la perdre ??*), il est très probable que les 82°C annoncés y sont atteints, une seule mesure indique "au plus près" de l'émergence naturelle 81,5°C.

"D'importants travaux de réfection de la partie accessible du captage et du réservoir auraient été effectués en 1934 à la demande du Service des Mines" (in rapport DRIRE du 4 février 1949).

Cette température de l'eau qui est de 80,5°C au captage, a déjà subi une perte de 1,5°C, et celle de 80°C à la Fontaine démontre les abaissements rapides de la température de l'eau sur quelques mètres seulement, par déperdition dans les terrains de surface.

Une goulotte tapissée de schistes "blanchis" par la chaleur de l'eau, amène donc l'eau du PAR le long du mur de la bâtisse depuis le sud, dans le captage proprement dit représenté par un bassin de distribution rectangulaire encombré de concrétions de calcite et d'aragonite colorées en rouge par les hydroxydes de fer (calcite et dolomite ferrique d'après P. LAPADU-HARGUES, 1953).

Il s'y trouve 4 départs et une bonde de fond (de vidange ??), respectivement :

- vers la Fontaine haute touristique (Cf. *photo 5*),
- vers les 7 autres fontaines publiques réparties dans le bourg, dont la première est la Fontaine du Calvaire,
- en direction du réseau de canalisations du chauffage urbain,
- et vers l'échangeur visible à travers une vitre depuis le musée GEOTHERMIA.

Le cinquième départ est celui de la canalisation d'adduction d'eau thermique à l'établissement thermal (Cf. *figure 13*).



Photo 5 : Fontaine du Par

Dans sa thèse de médecine, A.L. GAILLARD en 1936 donne une température de 81,03°C et indique un débit de 18 m³/h :

" L'eau est claire et, "brûlante", elle est limpide par n'importe quel temps, en se refroidissant elle devient légèrement opalescente. Elle n'a pas d'odeur. Onctueuse au toucher, le goût pour les anciens était atypique et astringent. Soit chaude, soit froide, elle ne donne pas une impression gustative spéciale, et ressemble fort bien à l'eau de source habituelle. Aujourd'hui les malades qui la boivent la trouvent bonne, sans goût particulier, ni onctuosité".

Plus tard, en 1948, son débit était noté à 273 l/min, soit 16,4 m³/h. L'eau avait un pouvoir "antianaphylactique et anagocytique" (CA5).

Les observations précises tant sur les débits que sur les variations de la température de l'eau, de son pH, de sa conductivité, de ses teneurs en CO₂ sont rares. Le capteur de température mis en place par GEOTHERMIA et connecté au musée, placé sur l'arrivée de l'eau au captage, ne fonctionne plus.

Il n'y a encore à ce jour aucune mesure qui soit effectuée en continu sur les paramètres fondamentaux à l'arrivée de l'eau du PAR à l'ET : Q, T, C, pH, (débit, température conductivité et pH). Par rapport au débit théorique fourni pour les périodes d'utilisation thermique qui devrait être de 12 m³/h, les chiffres cités (ou repris) dans les rapports successifs, même les plus récents, n'atteignent pas souvent cette valeur, ils sont pour le moins disparates avec des valeurs annoncées entre 6,5 et 10 m³/h.

Les analyses de contrôle périodiques sont toutefois assez nombreuses, plus souvent effectuées sur le réseau qu'au droit de la ressource. On dispose par ailleurs des analyses officielles complètes, effectuées dans le cadre des demandes d'autorisation.

On retiendra pour la source du PAR :

- * une température de l'eau au griffon de 81,5 à 82°C, et de 80,5°C au captage,
- * un débit global au captage compris entre 16,4 (1978) et 18 m³/h,
- * un pH acide à l'émergence qui devient basique après dégazage,
- * une conductivité à 25 °C de 1300 à 1520 µS/cm,
- * un résidu sec compris entre 850 et 950 mg/l.

Il n'a pas été possible de contrôler le débit total de la Source du PAR. Les mesures in-situ effectuées au captage le 14 mai 2002 donnent une température de l'eau de 80,1°C et une conductivité de 1415 µS/cm (à la T de 18°C), la teneur en CO₂ dissous a été mesurée au Karat entre 9 et 11%. Les teneurs en CO₂ sont supérieures à 250 mg/l.

Suivant les analyses effectuées aux différentes dates il est à souligner la constance de la température de l'eau, de sa conductivité, de sa minéralisation totale, et de la plupart des éléments analysés.

Comme pour l'ensemble des autres sources du groupe du PAR et du groupe du BAN, les teneurs en bicarbonates sont de 690 à 700 mg/l, celles en sodium sont toujours supérieures à 250 mg/l. On note de fortes teneurs en silice (> 100 mg/l), en fluor (> 3 mg/l), en strontium et en arsenic (> 0,4 mg/l), en bore (1 mg/l), et en fer (0,4 mg/l), et la quasi-absence de nitrates (< 0,2 mg/l).

D'où l'hypothèse admise d'une part "d'un même gisement thermal" ou celle "d'un tronc commun" à toutes les eaux minérales et thermales du bourg de Chaudes-Aigues, contenues dans les micaschistes et gneiss du substratum, les filons de microgranites et de quartz favorisant la remontée des eaux, et d'autre part de leur appartenance à celles du Massif Central connues régionalement en Auvergne et en Lozère, avec, pour les plus proches, celle de La Chaldette à Brion en Lozère, et dans une autre gamme de température et de minéralisation celles de Montchanson "ODIVINE et Saint-JEAN".

Remarque : La source froide de MONTCHANSON ($T = 10,5$ à $11,5^{\circ}\text{C}$), située dans le Cantal sur la commune de Faverolles (à quelques kms à l'ENE de CA) a été anciennement autorisée comme Eau Minérale : AM du 26 août 1890, et exploitée en embouteillage jusqu'en 1939, l'autorisation a été révoquée par l'AM du 11 mars 1958. Un projet de relance de l'exploitation avait été examiné, un accès aménagé, et les captages dégagés en mars 1978. Lors de la visite réalisée le 16 mai 2002, la température de l'eau d'ODIVINE était à $10,5^{\circ}\text{C}$, sa conductivité $C = 2,89 \text{ mS/cm}$ (à 25°C), et son débit de l'ordre de 150 l/h (3,6 m³/j), avec des teneurs très élevées en CO₂ dissous allant de 32 à 41%. Le 30/07/02 les valeurs suivantes ont été notées : C à $25^{\circ}\text{C} = 2.32 \text{ mS/cm}$, $T = 11.9^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 5.92$, $E_h = 59 \text{ mV}$, Alcalinité = 22.046 meq/l.

La BONDE du MOULIN
n°15

n°BSS : 08136X0002

X = 652,70 Y = 3283,69 Z # 755 m NGF

Autre nom : Source du MOULIN du BAN, elle a été autorisée par l'AM du 14 janvier 1897, elle se trouve dans le périmètre de protection de la Source du PAR.

Elle émerge comme un affleurement d'eau à l'intérieur de l'ET, en amont d'une digue construite sur le Remontalou (Cf. *photo 6*). Le rapport de l'Ingénieur des Mines du 7 novembre 1890 présente le captage initial comme suit :

"Une fouille de 4 m par 6,50 m et profonde de 2,08 m a retrouvé au sein des micaschistes kaolinisés un filon de quartz blanc de 0,70 m de large à pyrite de fer, blende et cuivre. Orienté à N70 ouest (N160), il présente un pendage de 20° vers le nord. L'eau arrive au milieu de la fouille :

avant travaux, le débit était	de 38 l/min (2,28 m³/h) et la température de l'eau de 63°C,
à -1 m on avait	Q = 51 l/min (3,06 m³/h), et T = 70°C,
et à -2 m,	Q = 100 l/min (6 m³/h), et T = 52 à 55°C, le 7/11/1890".



Photo 6 : Captage actuel de la source de la Bonde du Moulin

C'est cette digue construite avant 1843 en travers du lit du Remontalou qui aurait permis de relever le niveau de l'eau thermale à l'intérieur de l'ET. On note qu'elle s'est traduite lors des travaux par un apport d'eaux superficielles, à l'origine de la baisse de la température de l'eau thermale, notamment par rapport à celle des sources voisines de LESTANDE 1 et 2.

En 1892, BICHEVET (CA17) précise un débit de 70 l/min (4,2 m³/h), et une température de 65°C, passant en 1893 à 44 l/min (2,64 m³/h) et à une température un peu plus élevée, à 67°C. Un plan détaillé du captage de cette époque est présenté à la *figure 14*.

En 1936, "La source d'eau chaude de l'ET présente les mêmes qualités de goût, odeur, transparence que celle du PAR, sa température est de 61°C et son débit de 6 m³/h, avec des dégagements gazeux".

Les aménagements successifs conduisent à la mise en place sur le captage de plaques perforées qui la surmontent, formant le plancher des étuves de l'ET qui reçoit également déjà l'eau du PAR (CA5). Le débit de la source du MOULIN du BAN est alors indiqué en 1948 à 31 l/min (1,86 m³/h).

Le vieillissement constaté du captage à la fin des années 1960 se traduit par un débit ramené à 20 l/min (1,2 m³/h), et par une température qui n'est plus que de 57°C. Le Dr RAYNAL, sollicite alors en 1971 le BRGM pour procéder à des études en vue de son recaptage par forage : études structurales par photo-interprétation, levés géologiques détaillés, et analyses physico-chimiques. Elles conduisent à la réalisation du forage du BAN à proximité des sources de LESTANDE 1 et 2 et de la GROTTTE du MOULIN, au début de l'année 1974.

Actuellement, en avril-mai 2002, le captage de la BONDE du MOULIN se trouve dans les sous-sols du bâtiment construit en 1983 de l'Hôtel du Ban. Il résulte des travaux de dégagement des griffons, puis de réfection entrepris en 1982 lors de la construction de l'Hôtel du BAN (voir *photos 7 et 8* d'après les diapositives de G. BARTHOMEUF). La source est désormais totalement masquée par une chape en béton banché (Cf. *figure 15*). Au fond de l'enceinte bétonnée, où on accède par une échelle (et où de nombreuses grosses blattes y prolifèrent), un regard circulaire surélevé de 20 à 30 cm et de Ø 0,50x0,62 m, est très sommairement fermé par une plaque de polystyrène. Il permet cependant d'y effectuer les prélèvements et les mesures in-situ.

En 1982, après travaux, le débit mesuré à l'arrivée dans le réservoir extérieur intermédiaire était de 42 l/min (2,52 m³/h) et la température à cet endroit était à 52°C.

En 2002, lors des différentes visites, on notait au griffon :

- * le 9 avril : T = 62,9°C, et CO₂ dissous au karat : K = 10,5%,
- * le 14 mai : T = 62,9°C, C = 1275 µS/cm, et K = 10%.



Photo 7 : Ancien captage de la source de la Bonde du Moulin (02/82)



Photo 8 : Arrivée de gaz carbonique au griffon de la bonde du Moulin

Le FORAGE du BAN
n°17

n°BSS : 08136X0002

X = 652,72 Y = 3283,71 Z # 755 m NGF

Implanté par le BRGM (DAGUE, JEAMBRUN et RISLER J.J.), le FORAGE du BAN a été réalisé par la Société SONDARALP entre le 28 janvier et le 8 février 1974. Il s'agissait au départ d'un recaptage de la source du MOULIN du BAN (vétuste et défectueuse) et des sources satellites de LESTANDE 1 et 2 afin de fournir plus de débit d'eau thermale à l'ET, dans de meilleures conditions de température et de protection.

Il a été situé entre les sources dites de la GROTTTE du MOULIN et la source ABRIAL ou source "GCV" (Gémarin, Chavignier, Vert), à quelques mètres en amont des sources LESTANDE 1 et 2, immédiatement au nord de l'Hôtel du Ban, à une dizaine de mètres en rive droite du Remontalou (Cf. *figure 12*).

Aucun rapport de fin de travaux n'a été fourni, par contre, une plaquette de 4 pages éditée par le BRGM en 1974 donne les étapes de sa réalisation avec des photos, la coupe géologique de ce forage (Cf. *figure 16*), les résultats de l'analyse d'eau et des isotopes, et ses principales caractéristiques (CA18).

La foreuse utilisée était une FAILING 1500 capable de forer au rotary et en carottage. Un avant-trou a été foré en Ø 8^{1/2}, tubé en acier et cimenté de 0 à 3 m au travers des remblais et alluvions. La suite du forage a été réalisée en carottage continu en Ø 5" et 4^{1/4} jusqu'à 38 m au travers des gneiss gris-verts, traversant de nombreux filons de quartz (ép. 0,10 à 0,40 m) et des brèches filoniennes à sulfures. Il a été terminé de 38 à **64,50 m (sa profondeur finale)** au rotary en Ø 5", *et laissé en trou nu de 3 à 64,50 m*.

Les venues d'eaux thermales ont été notées :

- à 33 m avec 9,5 l/min et T = 69,5°C,
- de 42 à 52 m avec 53 l/min,
- et de 63 à 64 m avec **91 l/min (5,46 m³/h) et T = 71°C.**
(au lieu de 20 l/min et 54°C pour la source du MOULIN du BAN).

L'eau est bicarbonatée sodique (Na = 255 mg/l), son résidu sec est de 940,5 mg/l.
Les isotopes indiquent une activité tritium < 2 UT, et un ¹⁸O = 9,1 ± 0,1 SMOW.

Il n'a pas été procédé à des tests de pompages (forage artésien jaillissant), et aucune incidence (!) n'aurait été notée avec les sources voisines.

Des relevés ont été effectués ensuite entre le 9 février 1974 et novembre 1975 par l'ET avec des mesures de débit, de température de l'eau et de niveau sur le FORAGE du BAN, sur les sources de l'HOSPICE (LESTANDE 1) et du LAVOIR (LESTANDE 2), sur la BONDE du MOULIN et sur l'eau venant de la Source du PAR

Le **tableau 3** récapitule les observations de cette période de 22 mois :

	débit <i>en l/min</i>	<i>en m³/h</i>	temp. °C	niveau <i>cm*</i>	observations
FORAGE du BAN	90	5,4	74/76 puis 75	artésien	Q stable, T stabilisée à 75°C à p. d'oct. 1974
BONDE du MOULIN	-	-	48/54 43/48	8 à 13 14 à 16	* pas de repère de mesure indiqué stabilisée à p. de mars 1975
Source de l'HOSPICE (LESTANDE 1)	67/78 68/72	4,2	55/63	-	jusqu'en oct. 1974 moyenne à 70 l/min
Source du LAVOIR (LESTANDE 2)	13/6/16 10/13/20	0,36 à 1,2	58/62 47/67	-	jusqu'en mars 1975 Q variable, T moyenne à 70°C

Tableau 3 : Captages du BAN, mesures allant du 9 février 1974 à novembre 1975

Le FORAGE du BAN est stable en température à $75 \pm 1^\circ\text{C}$, et en débit à 90 l/min.

Le niveau de la BONDE du MOULIN varie peu puis se stabilise entre 14 et 16 cm, sa température est élevée pendant 3 mois, puis baisse à compter de juillet 1974, pour se situer entre 43 et 48°C à partir de mai 75 (débit non mesuré). Le débit de la source de l'HOSPICE se situe autour de 4 m³/h, mais sa température est relativement variable entre 54 et 63°C. La source du LAVOIR présente les plus grandes variations de débit, de 6 à 20 l/min, et de température entre 47 et 67°C.

Ni la source de la GROTTÉ du MOULIN, ni la source ABRIAL (dite "GCV") n'ont été suivies depuis par l'ET, tant en niveau, que température, conductivité ou débit.

Le FORAGE du BAN a été complété en tête par un piquage latéral Ø 180 mm avec vanne de fermeture utilisée hors saison thermale pour la fourniture de chaleur, et qui est le lieu extérieur où s'effectuent les prélèvements et mesures (avaloir à la base pour l'évacuation des eaux). Il y a deux autres départs latéraux en Ø 80 mm dont le premier, pourvu d'une vanne, conduit l'eau à la bêche de stockage de la BONDE du MOULIN, et le deuxième à la bêche générale où s'effectue le mélange des eaux. En partie terminale, un coude ouvert recourbé vers le bas évacue les gaz, "d'ailleurs peu abondants" (Cf. *photo 9*).



Photo 9 : Forage du BAN

Ce forage est utilisé sans agrément ni autorisation depuis 1974. Un périmètre sanitaire d'émergence (PSE) a été proposé en décembre 1998 (CA9a) selon le bâti cimenté en parpaings de (1,85 et 2,32) x 4,50 m qui jouxte l'Hôtel du BAN côté nord. Le plan dressé par l'ET le 15 mai 2002 donne toutes les indications sur la situation du forage et des deux sources de la GROTTTE du MOULIN et ABRIAL (GCV) (Cf. *figure 12*), et sur les niveaux repères respectifs (nivellement relatif local).

Le débit du forage se serait ensuite stabilisé à 70 l/min (4,2 m³/h), à 12% de moins que le débit initial, il était noté en 1982 à 3,48 m³/h. Un autre jaugage a été fait le 18 août 1998 situant le débit du forage à 57 l/min soit 3,4 m³/h, ce qui représentait une baisse de 37% par rapport au débit de la première année d'exploitation.

La température de l'eau était en 1982 à T = 75,2°C, elle a été notée le 9 avril 2002 à 73,8°C (durée brève de l'écoulement), et le CO₂ dissous au Karat était de 4,5%.

Le 14 mai 2002, la température de l'eau était à 75,6°C, le débit mesuré à 60,5 l/min ou 3,63 m³/h, et le karat à 9% après un temps d'écoulement plus long.

La baisse de débit constatée par rapport à 1974-75 est de 33%.

D'où l'intérêt primordial de disposer d'enregistreurs en continu des Q (ou volumes), T, C sur la tête de forage, qui est intégralement à réaménager.

Après presque 30 ans de fonctionnement permanent en artésianisme, il serait très important de procéder à un examen vidéo-caméra, couplé à une identification des venues d'eau actuelles au micromoulinet (profil débitmétrique), avec enregistrement du profil des températures et de la conductivité de l'eau en continu et à différents niveaux.

Les équipements de tête : tubage acier et vannes, sont en assez mauvais état, les risques d'incident en cours de saison thermale sont importants, si bien qu'une intervention préventive importante (tubages inox en place du prétubage acier, compteur, capteurs de pression et de conductivité, robinet de prélèvement, vannes etc...) paraît indispensable sur ce forage.

Autres émergences thermales utilisés ou non
--

Les 4 tableaux suivants (Cf. **tableaux 4 à 7**) présentent l'ensemble des caractéristiques des émergences thermales de Chaudes-Aigues, et des autres captages existants.

Sont ainsi présentées les mesures effectuées in-situ au niveau des émergences thermales, des sources froides de Chaudes-Aigues, des eaux superficielles du Remontalou, les mesures de la température des émergences de l'aire du PAR et de l'aire du BAN de la thèse de POURQUIER, 1983 (CA32), en commençant par la liste des émergences non retrouvées (NR), à voir, ou à rechercher.

NR = non retrouvée, n.u. = non utilisée, a/b = griffons secondaires, CRF = Centre de Rééducation Fonctionnelle
E = source exploitée, pour le thermalisme (th), pour le chauffage (C et c), L pour le lavoir public,

Source de la maison Coulomb-Sabit	NR	NR	NR		
Beaufils	NR	NR	NR		
Vigouroux le Sourd	NR	NR	NR		
Fayet	NR	NR	NR		
Passenaud	maison écroulée	maison écroulée	NR		
Casteroste	maison écroulée	maison écroulée	NR		
Dombergues	?	?	NR		
	source Pelat	NR	NR		
Felgères a, (principale)	source Felgères	NR, cas. gendarmerie	source Poste PTT	8	Ec
Felgères b, (ptte source)	n°8	NR	NR		
Boyer	source Nouvelle Poste	NR	NR (? cf n°8)		
Puisard voie publique	NR	NR	NR		

Tableau 4 : Emergences non retrouvées (NR), restant à rechercher et à voir

Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine
des sites thermaux en Auvergne – Site de Chaudes-Aigues (15)

Sources répertoriées		date	n° PC	Débit l/min	m³/h	Temp °C	Cond. µS/cm	à °C	Karat %CO ₂	Remarques
en avril-mai 2002		2002								
Groupe du PAR										
Source du PAR	1	14/05	483	66	3,94	80,1	1328	13,5	10,5	Fontaine rue
							1415	18		
Source de la maison Pouget ex Brunel	2	14/05	347	nm	nm	60,4	1326	12,7	0	à l'échangeur
Bonnal L.	18	14/05	(491)	nm	nm	43,8	1332	43,8	2	regard dans la rue
Recourbet ex Vigouroux-Moussy	3	16/05	490	< 0,25		59,8				non mesurable GEOTHERMIA
"grotte" Géothermia	G1	16/05	484	nm	nm	45	(201)	45	2	à droite
"grotte" Géothermia	G2	16/05	484	nm	nm	32,5	(205)	32,5	-	au fond à gauche
Portes P.	19	16/05	477	nm	nm	62,7	1243	49,5	2	au griffon
Quillet C ex Gastal	4	15/05	469	nm	nm	39,9	903	39,3	0	à l'échangeur
Boucharinc G. ex Glodet	5	14/05	478	nm	nm	63,5	1315 (1644)	62 10	4,5	à l'échangeur
Costerousse ex Bougnol, 2 griffons	6a 6b	15/05	350	4 nm	0,24 nm	65 -	1301 -	18 -	2 -	après la cour dans la maison
Henry ex Baratin Barbis	7	14/05	348	nm	nm	62,1	1315	10,3	0	nombreux dépôts et concrétions
Portes J.P. (2 griffons)	20a 20b	15/05	346	nm nm	nm nm	62,9 56	1350 1295	15 49,5	2 -	à l'échangeur au regard
Albaret (ex Fraisse)	21	15/05	353	nm	nm	61,4	1332	17,2	4	dépôts
Poste PTT, ex, Felgères (principale)	8	15/05	354	12,8	0,77	70,2	1167	14,2	5,5	arrière cour (WC)
Pécoule ex Mouthiez /Juery/Rochette	22 a/b/c		356							absent, à revoir (3 griffons)
Tourette ex Lebregeal-Teyssedre	9	15/05	359	(2,3)	(0,14)	58,5	1405 1459	51 12,8	3,5	sous une voûte
jardin Henry (2 griffons)	23a 23b	15/05	360	faible id	faible id	46,4 42,1	1170 1094	46,4 11,7	10 4	mur principal ouest côté nord (n.u.)
Miquel, Hôtel de la source du Par	24	15/05	401	nm	nm	56,2	1326	33,5	2,5	à l'échangeur
Girard Bar de la Poste	25	14/05	402	nm	nm	53,8	1339	12,6	4	à l'échangeur (n.u.)
Viallard ex R.-Lem.	10	15/05	-	16,5	0,99	69,3	1327	13,2	8	rg Remontalou
Clavières	11	15/05	-	nm	nm	64,8	1342	13,9	12	rg Remontalou
Groupe du BAN										
Lestande 1 source de l'Hospice	12	15/05	524	55,8	3,35	67,3	1273		13	sous le griffon Hospice + CRF
Lestande 2 (du Lavoir)	13	14/05	524	4,3	0,26	50,5	1345	50,5	9	au Lavoir public
sce Abrial ("GCV") Gemarin/ Chavignier/Vert	16	14/05 15/05	524	nm 7,5	nm 0,45	68,1	1309	8,5	5	au griffon au rejet maisons
source de la Grotte du Moulin	14	14/05 15/05	524	nm 33,3	nm 2	55,4	1255	8	8	au griffon, Hôtel Beauséjour
source "piratée"	p		524	nm	nm	-	-	-	-	"Gemarin" 2002
sce Bonde du Moulin	15	14/05	524	(nm)	(nm)	62,9	1275	8,4	10	au regard griffon
Forage du BAN	17	14/05	524	60,5	3,63	75,6	1326	8,6	9	forage ouvert (art.)
Total 19 PAR + 6 BAN	25									

NR = non retrouvée, n.u. = non utilisée, a/b = griffons secondaires, CRF = Centre de Rééducation Fonctionnelle
E = source exploitée, pour le thermalisme (th), pour le chauffage (C et e), L pour le lavoir public

Tableau 5 : Caractéristiques des émergences thermales de CHAUDES-AIGUES

*Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine
des sites thermaux en Auvergne – Site de Chaudes-Aigues (15)*

Sources répertoriées de l'étude en cours	n° plan	date	n° PC	Débit l/min	m³/h	Temp °C	Cond. µS/cm	à °C	Karat %CO ₂	Remarques
en avril-mai 2002		2002								
<i>Autres mesures in-situ</i>										
Source du PAR	1	9/04	483	> 250	> 15	80,5			(gaz)	Captage principal
	1b	16/04 14/05	483	34 66	2,04 3,95	78,5 80,1	1305 1415	18	10,5	Fontaine rue, à 6 m en aval du captage
"grotte" Géothermia	G1	12/04 16/05	484	nm	nm	31,6 45	197 (201)	31,6 45	- 2	à droite
"grotte" Géothermia	G2	12/04 16/05	484	nm	nm	30,6 32,5	205 (205)	30,6 32,5	- -	au fond à gauche
sce Bonde du Moulin	15	1982 9/04	524	42 (nm)	2,52 (nm)	62,9	- -	- -	- 10,5	au regard griffon
Forage du BAN	17	1982 9/04	524	58 -	3,48 -	75,2 73,8			- 4,5	forage ouvert (art.)
Source de l'Hospice	12e	16/04	(248)	nm	nm	49,8	1273	49,8	-	échangeur Hospice
id aval griffon	(12a)		524	50	3,0	67,3	1263	60	-	au piquage sur la conduite d'amenée
Trop plein piscine ET	mél.	14/05	524	7,3	0,44	(45,1)	1050	36	0	sources 1+15+17
Source du Lavoir	13	9/04	524	-	-	67,0	-	-	(gaz)	au Lavoir public
		16/04	524	6,5	0,39	67,8	1354	40	(gaz)	id
CRF mélange	12+11	15/05				(40,6)	1301	40,6	?	mélange Hospice + Clavières
Surverse du pont face au Marché	(1p)	15/05	-	27,5	1,65					arrivée du PAR ? rg Rementalou
<i>* Sources froides</i>										
Sce de la Condamine	1F	12/04	-			13,3	150	13,3	-	à 1,5 km au nord
		16/04	-			13,2	150	13,2	0	
		14/05	-	5,6	0,335	13,7	151	13,5	0	
Fontaine RD921 route de Rodez	2F	15/05	519	0,83	0,05	11,7	69,4	11,7	0	"eau non potable"
jardin Pouget ("gourgue")	3F	14/05	345	# 1	# 0,06	14,1	84,8	14,1	0	à 15 m en amont, au NW du PAR
source Canche	4F	12/04	341	#1,1	#0,07	9,9	88	9,9	-	rue de la Raze
face Beauséjour (rd)	5F	12/04	263	#1,3	#0,08	12,1	111,5	12,1	-	suint. micaschistes
<i>* Eaux superficielles du Rementalou</i>										
amont forage du Ban	1r	16/05	-			13,8	45,1	13,8	-	
amont rejet Beauséjour	2r	16/05	-			12,2	56,1	12,2	-	
aval CRF	3r	16/05	-			15,5	81,5	15,5	-	
aval de la STEP (pont)	4r	16/05	-			15,9	102,6	15,9	-	
affluent rd au pont	5r	16/05	-			16,9	62,7	16,9	-	

**Tableau 6 : Autres mesures in-situ des émergences thermales,
des sources froides de Chaudes-Aigues et des eaux superficielles du Rementalou**

n° sce	T °C	n° 2002	Nom supposé de la source	n° PC	Dénominations actuelles et remarques
Aire d'émergence du PAR					
A	80	1	source du PAR	483	dans le jardin attenant à Géothermia
B	18	NR	source haute	489 ?	ou 491 ? non connue ?, à revoir
C	68,8	3	Vigouroux-Moussy (source de la Baraque)	490	source Recourbet ? (<i>non mesurable in-situ</i>) Ec + musée GEOTHERMIA
D	45,8	18		(491)	source Bonnal L. ?, dans la rue du Par
E	64	20a		346	sources Portes Jean-Paul, griffon a
		20b	non citée		source Portes J.P., griffon b
F	72,4	2	Brunel	347	source Pouget
G	61,2	19	Porte	477	Portes Pierre
H	60	7	Baratin Barbis (source Barbès)	348	Henry
I	60,2	21	Fraisse	353	source Albaret
			source Pelat (<i>non citée</i>)		
J	65	5	Glodet (2 griffons ?)	478	source Boucharinc Georgette, 1 seul griffon vu
K	54,4	4	Gastal (source Batifal)	469	source Quillet Cosette
L	62	NR		350	non connue, 6a ?, à revoir
M	64,2	6b	Bougnol (source Julien)	350	sources Costerousse, 2 griffons
N	68,8	8	Felgères principale (2 griffons)	354	ex-Boyer ?, source anc. gendarmerie, nlle poste (PTT)
			Felgères b, (petite source)	354	
O	41,4	-(22)	Mouthiez (3 griffons)	356	sources Pécoule (<i>absent</i>), 3 griffons, à voir (ML)
P	64,4	-(22)	Mouthiez/Juery/Rochette	356	sources Pécoule (<i>absent</i>), 3 griffons, à voir (ML)
Q	48,2	9	Lebregeal-Teyssedre	359	source Tourette (ex-Barbès)
		23a 23b	(<i>non citées</i>)	360	jardin Henry, 2 griffons
R	60,2	24		401	source Miquel, Hôtel de la source du Par
		25		402	source Girard (Bar de la Poste)
S	69,2	10	Rougier-Lemouzy	-	source Viallard (piscine municipale)
T	64,2	11	Clavières	-	source pour le CRF (piscine)
Aire d'émergence du Moulin du BAN					
U	52,4	15	source de la Bonde du Moulin	524	en sous-sol de l'Hôtel du Ban
V	71,6	12	source de Lestande 1	524	source de l'Hospice
W	61	13	source de Lestande 2	524	source du Lavoir public
X	41,6	NR		524	à rechercher à 100 m en retrait de la rivière
Y			source Abrial	524	source "GCV" : Gemarin/Chavignier/Vert
		14	source de la grotte du Moulin	524	non citée ?
	74,8	17	Forage du BAN	524	

**Tableau 7 : Mesures de la température des émergences de l'aire du PAR
et de l'aire du BAN in Thèse POURQUIER J.F., 1983 (CA32)**

Après être passé de 26 sources identifiées en 1932, à 19 en 1948, et à seulement 15 en 1973, **25 émergences ont été retrouvées en 2002**, grâce notamment à l'aide des fontainiers de la Mairie, actuel et ancien.

On notera que 12 anciennes sources n'ont pas pu être reconnues, ou rattachées à leurs nouveaux noms, ce qui justifie le chiffre total de la trentaine de sources thermales émergeant sur le site de CHAUDES-AIGUES.

3.3.2. Remarques sur les mesures in-situ

La mesure du débit des sources particulières est très difficile ou impossible à effectuer du fait de leur localisation en ville, dans les habitations et en rez-de-chaussée. Elle n'a été possible,

qu'en 4 points pour le groupe du PAR :

- ☞ à la Fontaine du PAR n°1b, ce qui ne représente avec 2 à 4 m³/h que 10 à 20% du débit global de la source, qui normalement devrait être à l'arrivée au captage à 18 m³/h, (*la tentative de mesure du débit acheminé à l'ET n'a pas réussi*),
- ☞ la source Costerousse n°6a, 240 l/h,
- ☞ à la Poste (ex-Felgères) n°8, mesurée à 770 l/h,
- ☞ à la source Viallard n°10, en rg du Remontalou où on a noté 1 m³/h,

et en 5 points pour le groupe du BAN :

- ☞ à la source de l'Hospice, LESTANDE 1 n°12, avec 3,35 m³/h,
- ☞ à la source du Lavoir, LESTANDE 2, avec 260 l/h au lavoir lui-même,
- ☞ au point de rejet de la source GCV n°16, avec 450 l/h,
- ☞ à la sortie de la source ABRIAL n°14, en rg du Remontalou, avec 2 m³/h,
- ☞ au FORAGE du BAN n°17, avec une mesure notée à 3,63 m³/h,
- ☞ à la source de la BONDE du MOULIN n°15, 2 m³/h indiqués.

Selon ces bases, le débit global du groupe du PAR serait au minimum de 20 m³/h, et celui du groupe du BAN de 11,7 m³/h, pour **un total minimum des sources de Chaudes-Aigues de 31,7 m³/h, soit 530 l/min.**

A noter que l'établissement thermal fonctionne actuellement avec un débit total de 17,4 m³/h, qui est à peine suffisant pour l'ensemble de ses besoins en eau journaliers qui sont de l'ordre de 400 à 500 m³/j.

Les mesures de températures, conductivités et teneurs en CO₂ dissous (au Karat), ont pu être effectuées sur la plupart des points visités. En l'absence de mesures antérieures du CO₂ dissous, et de mesures de conductivités (valeurs anciennes de résistivités également trop rares), la comparaison des températures a été la seule possible. On a comparé les mesures de T des 14 et 15 mai 2002 à celles retenues dans la thèse de POURQUIER de 1983 (CA32) qui avait adopté la numérotation de A à Y.

Seules les sources C : Haute en amont du PAR, et X : ? dans le secteur du BAN n'ont pas été retrouvées. Cette dernière pourrait être la source de la Grotte du Moulin, où l'écart serait de +13,8°C, elle se trouverait nettement plus sollicitée actuellement (accélérateur sur la conduite en direction de l'Hôtel Beauséjour) et donc plus chaude. Du fait de son exploitation à plus fort débit depuis mars-avril 2002, on observe un rabattement permanent de l'ordre de 0,15 m dans le captage, souligné par les traces d'oxydation sur les parois internes du captage.

On note des différences notables de -6 à -12,4°C sur les sources n°2, 3, 4, 13 et 16 qui s'expliquent peut-être par la date de la mesure après arrêt du chauffage des maisons pour le PAR ??, mais qu'on ne s'explique pas pour la source du Lavoir, et de +10°C pour la source Tourette (?) retrouvée plus près de son origine sous une voûte, et pour la BONDE du MOULIN qui bénéficierait de meilleures conditions de confinement après les travaux effectués en sous-sol en 1983.

En général les autres mesures concordent allant de -4 à +2,4°C sur un ensemble de 12 sources re-visitées, se situant souvent positives de l'ordre de +0,2 à +1,5°C lors du passage sur le terrain. Le point Y de 1983 indiqué Abrial serait en fait le FORAGE du BAN avec seulement +0,8°C d'écart.

Remarques : *Les différentes sources particulières ne sont pas décrites, un plan détaillé et les conditions d'accès restent à établir pour chacune. Un repérage précis et un marquage des points nivelés ont été faits autour du Forage du BAN, il serait à instaurer pour l'ensemble des sources de CHAUDES-AIGUES si on veut en effectuer le suivi ultérieur par de nouvelles mesures ou prélèvements.*

Les caractéristiques physico-chimiques élémentaires des deux sources "Du Par" et "Du Ban" (éléments majeurs) ainsi que le suivi de l'évolution des conductivités et de la température dans le temps sont présentés par les **figures 17 et 18**.

On note une stabilité de composition des eaux dans le temps.

Les mesures in-situ : débit lorsque possible, température, conductivité et teneurs en gaz dissous (CO₂) des eaux thermales ont été présentées et analysées quant à leur validité et représentativité ou rattachement aux anciennes mesures au chapitre précédent (Cf. tableaux précédents).

Il est à noter, aux erreurs de mesures près, **la constance de ces températures au droit de chaque émergence allant de 40°C pour la plus froide à 80,5°C pour la plus chaude**. La "thermalité" des eaux est variable suivant les secteurs du fait des abaissements consécutifs à une mesure effectuée "un peu trop en aval" du griffon, ou du fait de possibles mélanges avec des eaux superficielles parasites. Dans ce dernier cas, comme pour la source Quillet n°4, où on n'a pas trace de CO₂, ou pour la source n°23b du jardin Henry à 4% seulement et où la conductivité mesurée in-situ n'est respectivement que de 903 et 1094 µS/cm, on peut logiquement penser à un apport aux eaux thermales d'un certain pourcentage d'eaux souterraines peu minéralisées contenues dans les sables et graviers des anciennes terrasses fluvio-glaciaires reconnues en quelques secteurs du bourg par B. HENOU en 1973 (CA21).

La conductivité moyenne des eaux est de l'ordre de 1300 à 1325 µS/cm, entre des mesures basses au jardin Henry n°23, à la source Abrial (de la Grotte du Moulin) n°14, et à la Poste n°8 inférieures à 1300 µS/cm, et les mesures les plus élevées à 1350 et à plus de 1400 µS/cm reconnues aux sources Portes J.P. n°20a et Tourette n°9, atteignant 1405 à 1459 µS/cm.

Les eaux des 3 émergences exploitées par l'ET se situent à 1328 pour la source du PAR, 1275 pour la Bonde du Moulin et à 1326 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour le forage du BAN, les sources Viallard (piscine) et Clavières (CRF) se situent respectivement à 1327 et à 1342 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui donne **une moyenne de 1320 $\mu\text{S}/\text{cm}$** .

Les teneurs en CO_2 dissous (mesurées au Karat) sont également variables suivant les points de mesures, **avec 9 émergences à plus de 8%**, dont les 3 captages de l'ET entre 9 et 10,5% à la Bonde du Moulin, au Forage du BAN et à la source du PAR, et 12 et 13% à Clavières et à la source de l'Hospice (Lestande 1). Seules les sources Pouget n°2, Quillet n°4 et Henry n°7 n'ont pas montré de trace de CO_2 , ce qui va de pair avec les moindres conductivités et températures.

Les résultats des analyses d'eau sont par ailleurs nombreux et ont fait l'objet d'études spécifiques et complètes à différentes époques, depuis CHEVALLIER A. en 1828 (CA5), JACQUOT E., WILLM M. en 1894, puis BLANQUET L. et TRONCHE P. en 1948 (CA34), etc...

La typologie des eaux est la même pour toutes les sources thermales de Chaudes-Aigues, avec à l'origine un "tronc commun" et une trentaine d'émergences distinctes cheminant en transfert terminal par les fissures et fractures du substratum gneissique. Il a été possible de distinguer 2 pôles thermaux principaux avec le groupe du PAR (17 émergences) et celui du BAN (6 émergences), entre les deux, on peut estimer que les deux émergences de Viallard n°10 et de Clavières n°11 en rive gauche du Remontalou peuvent en être séparées pour constituer un troisième pôle (à 2 émergences distinctes) indépendant et plus fortement carbo-gazeux.

Pour disposer d'un complément analytique sur les divers pôles thermaux évoqués, 3 sources ont été échantillonnées (le 30/07/02) :

- la source Hospice ou Lestande 2 (08136X0017) du groupe du Ban, très productive et pour laquelle on ne dispose pas d'analyse,
- la source Viallard (08136X0018) pour préciser l'existence d'un troisième pôle,
- la source "Montchanson" (08137X0002) la plus distante de Chaudes-Aigues mais que l'on considère rattachée à un système hydrothermal commun.

Les résultats des analyses sont présentés en **annexe 6**, en complément des résultats des analyses des sources thermales utilisées.

L'analyse de ces données permet de noter que les sources Viallard et Hospice correspondent au pôle thermal général de Chaudes-Aigues mais que la source de Montchanson se situe dans un contexte de circulation distinct. L'eau de Montchanson est caractérisée par des teneurs en ions majeurs (bicarbonate, chlorure, sodium, calcium) sensiblement égale au double des teneurs des eaux de Chaudes-Aigues.

Les analyses réalisées permettent de noter que plusieurs paramètres ne rentrent pas dans les limites définies pour une eau d'alimentation (cf données soulignées du tableau en **annexe 6** notamment As, F, B). Une attention particulière devra être portée à ces éléments pour le cas où des projets d'utilisation de cette eau minérale seraient concernés par la réglementation des eaux de consommation humaine.

Pour ce qui concerne les isotopes et la datation des eaux, on se référera à la publication de VASSEUR G., et Al. en 1997 (CA15). Leur étude de la structure profonde et de l'hydrodynamique qui préside au fonctionnement du système hydrothermal de Chaudes-Aigues indique une eau météorique d'origine glaciaire et **un âge des eaux de l'ordre de 10 000 ans** qui se mélangent à 2 000 m de profondeur en proportions différentes avec des eaux superficielles. Les eaux du Forage du BAN indiquent en 1974 une teneur en tritium négligeable (CA18, activité < à 2 UT), confirmée par une valeur plus récente par OLIVE en 1995 avec $1,6 \pm 0,3$ UT). Pour le critère indiquant la zone d'alimentation (impluvium) concernant les teneurs en ^{18}O (environ -9,5%), il est indiqué **une altitude de l'ordre de 1 400 m** pour les eaux de Chaudes-Aigues, quel que soit le pôle considéré. Il est toutefois souligné dans cette note que l'interprétation des données isotopiques en termes d'altitude est discutable.

3.3.3. Autres sources repérées et aléas constatés sur les EM

On citera avec des eaux assez peu minéralisées ($C \approx 150 \mu\text{S/cm}$), à 1 500 m au nord du bourg et en bordure ouest de la route de Saint-Flour : **la source de la CONDAMINE**, utilisée en boisson dite "source ferrugineuse pour les anémiés".

Toutes les autres petites sources, ou "gourgues" plus ou moins bien captées, parfois pour des jardins, sont froides ($T < 12^\circ\text{C}$) et très peu minéralisées ($C = 40$ à $60 \mu\text{S/cm}$), de faibles débits, toujours inférieurs à 200 l/h.

Les eaux minérales et thermales qui peuvent en certains secteurs du PAR se trouver "contaminées" par des eaux superficielles froides (baisse des températures) sont issues de formations métamorphiques anciennes : micaschistes et gneiss de l'antécambrien, parcourus de filons de microgranite et de quartz plus récents. Les seuls affleurements visibles le sont dans le lit mineur du Remontalou, et en amont du PAR. Des traces de formations fluvio-glaciaires ont été citées par B. HENOU (1973), elles pourraient effectivement véhiculer des eaux superficielles froides et très peu minéralisées en amont des griffons. Les eaux du Remontalou, par suite d'aménagements anciens dans son lit mineur, ont pu à certaines époques sinon se mélanger aux sources minérales captées, du moins en abaisser la température.

Outre le débit disponible juste suffisant pour l'établissement thermal, et celui de la baisse supposée du débit du forage du BAN, les problèmes spécifiques rencontrés sur les EM sont :

- ☞ celui de la vétusté des captages, et des mauvaises conditions de protection,
- ☞ du colmatage fréquent et rapide des conduites,
- ☞ du "piratage" de certaines sources,
- ☞ et de l'absence de suivi des paramètres principaux de l'eau (Q, T, C, pH, CO_2 ,...), qui pénalisent les observations essentielles à la compréhension des évolutions de la ressource en eau minérale et thermale.

3.4. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET SCHÉMA HYDROGÉOLOGIQUE

3.4.1. Cadre géologique et fonctionnement hydrogéologique

La compréhension du cadre géologique et structural, au même titre que les évolutions récentes en matière de volcanisme et de tectonique, puis de géomorphologie doivent expliquer de façon la plus claire possible l'hydrodynamisme des eaux thermales.

Plusieurs hypothèses ont été formulées, cinq d'entre elles sont rappelées dans l'historique, et plusieurs schémas ont tenté d'expliquer, en plus ou moins grande cohérence avec les données disponibles (chimiques, géochimiques et isotopiques) le fonctionnement du système thermal de CHAUDES-AIGUES. Les vérifications sont soit difficiles, soit impossibles, lorsqu'il s'agit d'intégrer à la fois les lieux et altitudes d'infiltration des eaux météoriques, les conditions qui ont régi la minéralisation des eaux, l'apport du CO₂ profond, et les possibilités de cheminement des eaux jusqu'en surface de la façon la plus cohérente possible avec les observations géologiques et structurales, et les mesures effectuées aux différents griffons.

Comme on ne peut être spécialiste dans toutes les disciplines de la géologie et de l'hydrogéologie, une approche naturaliste intégrée se doit de faire "la part des choses" entre ce qui est théoriquement possible, et ce qui "physiquement" paraît sinon douteux, du moins très incertain. L'impossibilité des vérifications ne doit pas laisser la place à des théories trop orientées. Des données précises sont encore à acquérir et des observations de terrain détaillées restent à entreprendre dans bien des domaines touchant à l'ensemble des disciplines, à commencer par celles qui déterminent le cheminement terminal des eaux minérales dans leur gisement aquifère.

3.4.2. Géologie et structures tectoniques, évolutions récentes

CHAUDES-AIGUES se situe en contexte géologique de socle cristallin et métamorphique, affecté à différentes époques par des épisodes tectoniques majeurs entre l'orogénèse hercynienne à 400 Ma, la mise en place des granites de la Margeride à 325 Ma, et du Couffour à 270 Ma (les plus récents de France). Les épisodes volcano-tectonique du Cantal et de l'Aubrac allant de l'Oligocène au Miocène et au Pliocène supérieur, puis au Quaternaire jusqu'à moins de 7 000 ans ont été déterminants sur les conditions d'apparition et d'évolution du gisement d'eaux minérales (*figure 19*).

En matière d'eaux minérales et thermales, ce sont les épisodes les plus récents : volcaniques et sismiques, et les évolutions géomorphologiques du Quaternaire, qui sont essentiels, mais trop souvent occultés ou ignorés.

Avec l'orogénèse hercynienne entre 360 et 290 Ma, les formations précambriennes, ordoviciennes et siluriennes, voire dévoniennes (-600 à -380 Ma) sont métamorphosées donnant les séries de *micaschistes et de gneiss du substratum des sources thermales orientés à N60-70, dont le pendage général de la foliation plonge faiblement vers le nord-ouest.*

Cette série dite "unité para-autochtone" est surmontée en secteur nord de la Truyère et à 5 km à l'ouest de Chaudes-Aigues par une "unité allochtone" gneissique, leptyno-amphibolique à matériel ordovicien, soulignée par un chevauchement majeur et par des pseudo-klippes résiduelles, pouvant résulter de l'érosion. Le chevauchement s'effectue vers le sud, il serait du Viséen inférieur (PIN et LANCELOT, 1982).

C'est à cette même époque au sud, que se met en place, suivant la foliation des micaschistes et des gneiss l'immense **batholite des granites de la Margeride**. La limite nord des granites intrusifs est parallèle à la foliation des gneiss.

D'après la notice de la carte géologique de NASBINALS (1994), "Dans le détail, la découpe dentelée du contact par la tectonique cassante indique que le granite s'enfonce en concordance avec la schistosité sous son toit gneissique". Ce granite porphyroïde ou pluton post à tardi-tectonique de 4 à 8 km d'épaisseur est d'âge Carbonifère moyen (320 Ma), il s'est mis en place à la fin d'une phase de collision. Il est injecté de filons d'aprites et de leucogranites plus récents (270 à 300 Ma). Ces leucogranites sont soit disséminés au sein du précédent en de multiples amas ou masses disjointes d'extension kilométrique, ou forment de nombreux filons subverticaux.

Le granite du Couffour monzonitique à grain fin situé à 1 km au sud-ouest du bourg est également intrusif dans les gneiss. Bien circonscrit (superficie de 0,7 km²), il a été daté du Permien par BELLON et GIBERT (1975) entre 265 et 271 ± 10 Ma, ce qui le place comme **le granite le plus jeune de France**. Il se trouve séparé de moins d'1 km de la bordure nord du granite de la Margeride.

Les filons de microgranite qui le recoupent orientés à N125-135, et larges de 1 à 20 m ont donné (K/Ar en 1975) sur roche totale un âge absolu liasique à 191 ± 10 Ma, qui pourrait répondre à un rajeunissement hydrothermal et non à leur mise en place. Ils constituent un faisceau de 17 km de long et de 1 à 3 km de large orienté de N155 à N165 depuis la dépression circulaire de Brion-Vieux (maar supposé), et via la source chaude de la Chaldette en Lozère, jusqu'à Chaudes-Aigues. Au nord du pluton du Couffour, un autre faisceau prend une direction subméridienne N185-05, croisé par un troisième faisceau à N40-60.

Les filons de quartz hydrothermal sont ultérieurs, souvent orientés à N30-60, ils recoupent, interrompent ou décalent les filons de microgranite, les injectent et participent à la silicification tardive des zones broyées au sein des gneiss.

Sur le site des sources de Chaudes-Aigues on note donc encore, en plus des zones broyées et mylonitisées, une série de fractures N-S, NW-SE et NE-SW qui peuvent être au moins pour partie associées aux épisodes sismo-tectoniques qui ont accompagné les **éruptions**. La fissuration de surface est plutôt dépendante des processus locaux d'érosion et de décompression.

On a ensuite une lacune totale de sédiments allant de l'orogénèse hercynienne à la réactivation paléogène du Massif Central.

Au début du tertiaire les roches du vieux socle sont altérées sous un climat subtropical engendrant une couverture d'argiles fersialitiques rutilantes. A l'Oligocène, les distensions E-W engendrent les fossés subsidents des Limagnes où s'accumulent les formations d'altérites et détritiques (argiles sableuses et graveleuses bariolées et sables). Après une nouvelle lacune portant sur 15 à 20 Ma, jusqu'au Miocène supérieur, la compression alpine se traduit par une surélévation généralisée du Massif Central, par des processus d'intenses érosions, suivis des premières manifestations éruptives.

Le vaste strato-volcan du Cantal (2 700 km²) s'édifie au Tortonien, entre 9 à 6,5 Ma, son altitude en fin d'activité devait être de l'ordre de 1900 m. Il est caractérisé par les cataclysmes accompagnant certaines éruptions et par des paroxysmes éruptifs tardifs. Le volcanisme de l'Aubrac (plus modeste en superficie) est daté à 7,5 Ma, avec un épisode précurseur de 8,7 Ma à Saint-Urcize, et des éruptions plus tardives vers le nord, en bordure du Bès de 6,5 à 6 Ma, s'échelonnant entre 7,1 et 2,9 Ma (Mont Mournac) pour les venues éruptives du plateau d'Espinasse à 6 km à l'ouest de Chaudes-Aigues.

Le cours d'un affluent rg de la proto-Truyère est d'ailleurs fossilisé à la Montagne d'Arjalet par une coulée basaltique descendue du Puy des Agneaux. Cet ancien édifice (< 7 Ma) qui se trouve seulement à 3 km au sud-ouest du bourg devrait être utilement daté. La coulée d'Arjalet recouvre un dépôt de sables et argiles claires à graviers et cailloutis quartzeux émoussés et roulés, et à la base des argiles bariolées de teintes plus vives, sédiments identiques à ceux d'Espinasse du Miocène supérieur et terminal (Tortonien-Messinien).

De 1011 m à 750 m dans le lit mineur du Remontalou, *l'érosion a débarrassé 260 m de formations de couverture du socle gneissique en moins de 6 Ma*, laissant apparaître le granite du Couffour, et les affleurements de gneiss avec leurs cortèges filoniens, et leurs sources thermales (cf. cadre géologique simplifié de la *figure 20*).

Enfin, au Quaternaire, une puissante calotte de glace s'installe sur l'Aubrac (jusqu'au Würm). Les dépôts morainiques sont alors évacués pour partie et alimentent les séries fluvio-glaciaires du Remontalou dont le bassin versant amont est capturé par le Bès à 3 km en aval de la Chaldette.

3.4.3. Approche dynamique des écoulements souterrains

Au sein des séries de micaschistes et de gneiss, recoupées par des filons de microgranites et de quartz, qui ont injecté les fissures et fractures, les eaux minérales circulent et émergent à une température excessivement élevée.

Cette circulation s'effectue elle aussi par des drains principaux et secondaires, représentés d'abord par la foliation des roches en place, ou au travers d'horizons secondairement plus perméables, puis par des fissures et des fractures ouvertes, ou par des zones mylonitisées.

Comme les formations en place sont à priori imperméables, les filons peuvent jouer le rôle de drains, mais aussi celui d'écrans imperméables qui favorisent ou interdisent l'écoulement souterrain des eaux dans leur partie ascensionnelle terminale qui finalement est bien localisée dans le secteur du bourg de CHAUDES-AIGUES, et également très ponctuelle pour chaque griffon.

L'infiltration des eaux météoriques s'effectue en altitude, en des lieux distants de quelques centaines de mètres pour les eaux froides les plus superficielles, et de plusieurs km ou d'une dizaine de km pour les eaux minéralisées et chaudes, ce qui impose d'intégrer dans le schéma des circulations souterraines possibles l'ensemble des roches granitiques et volcaniques qui se sont mises en place tardivement au sein des gneiss du substratum (Cf. *figure 21*).

Il s'agit au sud du granite du Couffour, des granites de la Margeride, des séries basaltiques du Cantal côté nord, de l'Aubrac côté sud, mais aussi plus locales sur la colline de Jarrige, datées entre 7 et moins de 3 Ma. L'infiltration des eaux emprunte des cheminements préférentiels "ouverts", participe à la dissolution de certains minéraux au sein de ces séries, sous les effets conjugués de la pression, d'une température élevée liée au gradient géothermique ou à des chambres magmatiques "résiduelles" en cours de refroidissement, et d'apports de CO₂ profond associés au volcanisme.

***Les conditions sont réunies avec la très forte température des eaux
(sous forme de vapeurs ?)
et le gaz carbonique, pour procéder à une dernière et "rapide" ascension".***

Le mélange entre des eaux très profondes et très minéralisées avec des eaux plus superficielles et moins minéralisées a été proposé à partir de l'analyse des données géochimiques dans la publication la plus récente de VASSEUR et Al. de 1997. Cette cinquième hypothèse venant après celles de L. de LAUNAY en 1906, d'A. AUBIGNAT en 1949, de B. HENOU en 1973, et enfin celle de P. CAILLEAUX et Al. en 1976, est-elle géologiquement, structuralement puis hydrodynamiquement la plus défendable, alors qu'invérifiable ? N'y en a-t-il pas une sixième plus récente et plus valable ? , elle a été trouvée dans le document (CA9a) établi par la DRIRE en décembre 1998.

Il y est fait appel à la géologie, à l'environnement volcanique et à la structure, ainsi qu'à des notions plus simples en termes de fonctionnement hydrodynamique. C'est à ce jour l'hypothèse qui pourrait le mieux convenir :

"Les deux groupes principaux d'émergences de Chaudes-Aigues (émergences du PAR et de la BONDE du MOULIN) sont très voisins d'un filon de microgranites. Les émergences principales se produisent en fait près de la jonction de cet accident avec des filons de quartz croiseurs.

Ces deux groupes d'émergences distantes de 240 m sont indépendantes bien qu'elles aient des origines profondes communes. Les températures d'émergence sont en particulier différentes (66°C à la BONDE du MOULIN et 80°C au PAR).

Il est actuellement admis que l'eau minérale du secteur a pour origine les eaux superficielles des plateaux volcaniques situés au nord-ouest de Chaudes-Aigues. Ces eaux qui s'infiltrant doivent descendre à une grande profondeur à la faveur des nombreuses cheminées volcaniques qui ont "transpercé" le sous-bassement des schistes cristallins. Ces eaux remontent ensuite par l'intermédiaire des plans de fractures sous l'effet de l'allègement de la densité par la température et le gaz dissous provenant du socle".

***L'origine des eaux, sinon celle de leur température élevée,
serait à repenser depuis le plateau de Lespinasse à l'ouest où le volcanisme recoupe
en aval pendage la foliation des gneiss, ou depuis le Puy des Agneaux,
dans la direction de cette foliation à N50-70***

Cette approche plus géologique, plus structurale, et plus géomorphologique, couplée aux connaissances des réservoirs des milieux cristallins et métamorphiques peut permettre de mieux définir la dynamique des écoulements souterrains.

C'est sur ces bases que l'évaluation des potentialités de la ressource thermique du secteur de CHAUDES-AIGUES doit être repensée, dans le cadre de futures reconnaissances qui seront à adapter au mieux du contexte local et des moyens modernes d'investigations.

3.5. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DES SOURCES D'EM ET D'AEP

Le diagnostic environnemental des eaux minérales et des sources d'AEP de la commune de CHAUDES-AIGUES a permis de mettre en évidence un certain nombre d'éléments "à risques" et d'actions qui conditionnent directement la vulnérabilité des captages exploités, et qui vont présider à la définition de mesures élémentaires de protection.

3.5.1. Conditions environnementales des captages thermaux

Dans leur trajet terminal les eaux minérales et thermales de CHAUDES-AIGUES émergent au sein des micaschistes et des gneiss en trois secteurs principaux du bourg :

- ☞ du PAR à l'altitude la plus haute,
- ☞ des sources Viallard et Clavières pour les plus basses,
- ☞ et du BAN les plus au sud à une altitude intermédiaire.

Les affleurements du socle sont visibles à proximité des émergences en rive droite et gauche du lit mineur du Remontalou, ils sont masqués partout ailleurs dans le bourg, et en particulier autour de la place du Marché.

Les formations alluviales anciennes et perchées, notamment sur le bas du versant de la Jarrige, sont le siège de venues d'eaux superficielles froides qui circulent dans la zone altérée et décomprimée des gneiss, puis qui peuvent se mélanger aux eaux thermales lorsque le captage est distinct du griffon d'origine.

Ces eaux superficielles très peu minéralisées induisent une baisse de la température et ponctuellement de la conductivité (ou résistivité) des eaux minérales, et du potentiel redox, elles peuvent être à l'origine de leur contamination. Les courbes iso-T, pH, résistivité et redox de la note de G. BERTRAND et al en 1977 sont très explicites à ce sujet dans le secteur des sources en aval du PAR (*figures 22a et 22b*).

A la source de la BONDE du MOULIN :

la réalisation d'un barrage sur le Remontalou face aux captages de la BONDE du MOULIN, d'ABRIAL et de LESTANDE 1 et 2, a été conçue avant la réalisation du forage pour permettre de mieux capter les eaux de la BONDE du MOULIN en y élevant le niveau. Il est probable que cet ouvrage participe, avec le relèvement des eaux superficielles du Remontalou, au refroidissement des eaux thermales, et pour une faible partie à leur mélange.

Le captage de cette source située au sous-sol de l'Hôtel du BAN a été refait en avril 1982. Le regard de prélèvement où ont été effectuées les mesures in-situ (niveau, T, C, CO₂) bien que surélevé de 20 à 30 cm par rapport au fond de l'enceinte bétonnée est très mal fermé par une plaque de polystyrène. Il devrait être soigneusement obturé par un capot étanche type AEP ou inox, et équipé de capteurs d'enregistrement en continu du niveau de l'eau, de T et de C.

Dans le secteur du Forage du BAN :

l'exécution du forage profond tubé et cimenté en acier ordinaire dans les 3 premiers mètres de formations alluviales (et déblais) de couverture est celui qui répond le mieux aux conceptions modernes de re-captage des eaux minérales et thermales.

***En sollicitant les venues profondes, le Forage du BAN présente
à la fois le meilleur débit (5,4 m³/h à l'origine)
et la température de l'eau la plus élevée de ce secteur avec 75,6°C.***

Les conditions de protection par rapport aux eaux de surface du Remontalou d'un forage d'exploitation mieux conçu (au départ il s'agissait d'un sondage de reconnaissance) auraient été encore plus optimales si un tubage inox avait été ancré à plus grande profondeur, entre 30 et 31 m, soit 2 à 3 m au-dessus des premières venues d'eaux thermales.

Le Forage du BAN dispose d'un périmètre sanitaire d'émergence (PSE) matérialisé par une enceinte en parpaings clôturée au sein de laquelle on trouve les sources de la GROTTÉ du MOULIN et la source ABRIAL (ou GCV) utilisées pour des usages privés. De meilleures conditions de surélévation de la margelle et de fermeture en tête de ces deux sources sont à entreprendre pour y éviter l'intrusion d'eaux superficielles.

La tête du forage est à réaménager en totalité, incluant la mise en place d'une colonne en inox, et d'un ensemble de dispositifs de vannes et de piquages qui permettent les prélèvements, les mesures de débit et l'enregistrement en continu des volumes prélevés, de la température et de la conductivité des eaux.

Ignorant la localisation exacte des sources de l'HOSPICE (Lestande 1) et du LAVOIR (Lestande 2), ignorant les caractéristiques de débit, de température et de conductivité de la dernière source "piratée" à 4 ou 5 m en aval de la clôture, il s'agirait de procéder dans le voisinage du forage du BAN à un "assainissement global et exemplaire" dans un rayon de 15 à 20 m vers le nord et vers l'est jusqu'en limite de la parcelle de l'ET.

Les objectifs seraient les suivants :

- ☞ identifier clairement l'origine de chaque conduite, et les venues d'eau de l'ensemble des captages jusqu'au plus près des griffons,
- ☞ améliorer leur dispositif de fermeture en tête si elles sont conservées, ou définir les conditions de leur obturation si elles sont "révoquées et abandonnées",
- ☞ procéder à leur couverture par des matériaux inertes,
- ☞ niveler et clôturer efficacement le terrain propriété de l'établissement thermal jusqu'en limite de propriété, en rive droite du Remontalou pour en interdire l'accès.

Les captages des eaux thermales doivent être vus et visitables, au moins de l'extérieur, ils doivent rendre compte aux curistes de l'exemplarité de l'origine, du captage des eaux minérales et du suivi de leurs caractéristiques.

A la source du PAR :

qui jouxte le musée GEOTHERMIA, le captage se trouve être "dans la rue", à quelques mètres en aval du griffon dont on ignore encore l'origine exacte dans le jardin amont.

Les conditions de protection du griffon doivent conduire à ne rien entreposer dans le jardin et à ne procéder à aucun épandage de produits toxiques susceptibles de polluer les eaux, et à y éviter toute infiltration d'eaux superficielles et de pluie.

Au droit du captage il s'agirait - dans la mesure du possible - d'interdire d'en ouvrir les portes lors des visites des touristes, et de munir les trous d'aération d'un fin grillage de type "moustiquaire" qui serait soudé à l'intérieur.

Ici encore moyennant quelques réaménagements, on devrait pouvoir équiper le captage pour y contrôler le débit global d'arrivée de l'eau thermique, et pour disposer d'enregistrements en continu sinon des volumes fournis à chaque utilisateur (et c'est sans doute faisable), du moins de la température et de la conductivité de l'eau.

Ces mesures précises et fiables : protocoles à respecter en eaux très chaudes, sont fondamentales pour le suivi des variations journalières et saisonnières des principaux paramètres au plus près du griffon.

3.5.2. Contexte environnemental et vulnérabilité des captages d'AEP

Un inventaire complet et une visite de tous les captages d'AEP de la commune ont été entrepris afin de déterminer les potentialités en eau potable, de vérifier les conditions de protection spécifiques aux captages et à leur environnement immédiat et rapproché.

Il est absolument indispensable d'allier à la bonne qualité des eaux thermales à la fois des quantités d'eaux douces (non minérales) suffisantes en débits pour les différents usages, ne serait-ce que pour les besoins domestiques et les piscines, et de qualité physico-chimique et bactériologique irréprochable.

C'est également pour ces aspects environnementaux que l'enquête a porté sur les conditions d'évacuation et d'élimination des déchets ménagers, des encombrants et inertes, sur les modalités de raccordement et de traitement des eaux usées, sur les activités agricoles et artisanales susceptibles de polluer les sols, ou directement et indirectement les eaux de surface et souterraines.

Cette approche bien que sommaire et rapide est reprise au chapitre 4. Elle attire l'attention de la commune sur les impératifs d'exemplarité des stations thermales tant dans les domaines de l'eau thermale et d'AEP que dans celui de la limitation des pollutions de toutes natures. Il faut être conscient lors de la saison thermale, puis en été par suite de l'afflux touristique, que la population locale passe de 1 000 à plus de 4 000 habitants générateurs de nuisances de toutes sortes, qu'il faut gérer au mieux.

Une démarche globale sur la régularisation de l'ensemble des procédures relatives aux conditions de protection des captages des eaux thermales, mais aussi et à plus forte raison d'AEP reste à entreprendre

3.5.3. Abandon et révocation de certains captages anciens

Il est prévu de révoquer les autorisations des captages de LESTANDE 1 et de LESTANDE 2, qui sont encore exploitées pour les besoins en chauffage de l'HOSPICE, et en aval de la piscine du CRF15, et pour le Lavoir public.

Par suite de ces utilisations, leur révocation ne devrait pas forcément se traduire par une obturation parce que sans doute difficile à mettre en œuvre.

On préférera donc identifier clairement les conditions de leur captage "par un décapage" bien mené, jusqu'au plus près des griffons, et préconiser à la fin de ces travaux de terrassement les mesures les plus efficaces de re-captage si nécessaire, et d'aménagements bâtis indispensables à de bonnes conditions d'accès, de fermeture et de protection sanitaire, y compris avec l'édification d'un solide mur de protection en rive gauche du Remontalou.

3.5.4. Amélioration des conditions d'exploitation et de protection

Des investigations détaillées devront être entreprises sur le Forage du BAN, pour vérifier les potentialités actuelles d'exploitation en artésianisme et/ou en pompage, et pour contrôler les réelles interférences sur les sources voisines.

L'examen des possibilités d'accroissement des débits d'exploitation sur cet ouvrage, tout comme l'opportunité de l'utilisation du débit des sources voisines, qui sont propriété de l'ET, doivent être vérifiés en préalable à de nouvelles reconnaissances.

Avant ces opérations, les équipements en continu devront être opérationnels sur les trois ouvrages actuellement exploités de la BONDE du MOULIN, du forage du BAN et sur l'arrivée des eaux de la source du PAR.

Il s'agit d'impératifs liés au suivi de l'évolution des paramètres essentiels et au maintien de la qualité des eaux minérales.

Dans le même temps, d'autres secteurs et créniaux de recherche pourront être initiés, notamment sur le suivi des caractéristiques des eaux superficielles du Remontalou, en basses eaux, et si possible en hiver, entre l'amont et l'aval du bourg, tous les 5 m, en rd et en rg de la rivière, depuis le pont en amont de l'ET, jusqu'à celui en aval du rejet des eaux usées sur la route de Fridefont.

La photo-interprétation détaillée, les reconnaissances des microstructures de l'encaissant, les prospections par émanométrie Radon et CO₂, doivent guider, avec la réinterprétation des anciennes données thermométriques, à la sélection de cibles potentiellement les plus intéressantes en vue d'identifier, par de nouveaux sondages de reconnaissance, des ressources en eaux minérales et thermales complémentaires.

Il sera temps et plus aisé de définir des projets de développement sur du "concret".

**Le respect des améliorations et des aménagements préconisés,
et le suivi des recommandations énoncées ci-avant,
vont dans le sens du développement des activités thermales et connexes
sur le site de CHAUDES-AIGUES.**

En matière de protection globale de la ressource thermique il paraît fortement souhaitable de *procéder à la révision du périmètre de protection (Pp) qui date du décret du 21 février 1895*, même si son extension englobe le forage du BAN de 1974, et l'ensemble des autres émergences minérales et thermales du PAR et de CLAVIERES-VIALLARD.

Cette redéfinition devrait logiquement s'étendre vers le nord et le nord-est du bourg, afin de tenir compte des nouvelles connaissances géologiques et structurales, et de préserver le secteur de futures investigations profondes dans ces deux directions.

4. Les eaux potables de la commune

4.1. LES RESSOURCES EXISTANTES ET LEUR MODE DE GESTION

4.1.1. Localisation des captages AEP

La commune de Chaudes-Aigues, localisée dans le Sud du département du Cantal sur l'axe Saint-Flour–Rodez, est un passage obligé pour atteindre le plateau de l'Aubrac. Située à une altitude de 750 m, elle comprend au dernier recensement de 1999, 986 habitants pour 53 km² (soit 19 hab/km²).

En période estivale sa population peut facilement atteindre 2000 à 3500 habitants. Afin d'alimenter en eau potable tout le bourg et quelques villages, la commune a recours au captage de 9 sources sur son territoire et de 9 autres sur celui de la commune voisine des Deux-Verges.

La situation de l'approvisionnement en eau potable peut se résumer en quelques chiffres :

- Sources captées : 18
- Points de captage (il s'agit des ouvrages regroupant les sources captées) : 13
- Captages projetés : 2
- Communes concernées : Chaudes-Aigues et les Deux-Verges
- Consommation en m³/an* : 72240 (volume facturé)
- Nombre d'abonnés* : 608

Ceci ramène la consommation d'eau en fonction des volumes facturés à 80-100 l/j/hab sur la base moyenne de 2000 à 2500 habitants en 1997.

*(d'après CEH en 1997).

La répartition des regards de captage et des sources est définie par le **tableau 8** ci-après :

Regards de captage	Commune d'implantation	Nombre de sources captées
Rioussalat Bas 1	Chaudes-Aigues	2
Rioussalat Bas 2	Chaudes-Aigues	2
Rioussalat Haut 1	Chaudes-Aigues	1
Rioussalat Haut 2	Chaudes-Aigues	1
Boullaran 1	Chaudes-Aigues	1
Boullaran 2	Chaudes-Aigues	1
Boullaran 3	Chaudes-Aigues	1
Mas de Pêtre	Deux-Verges	1
Magot 1	Deux-Verges	2
Magot 2	Deux-Verges	1
Podevigne	Deux-Verges	1
Moutouse 1	Deux-Verges	1
Moutouse 2	Deux-Verges	3

Tableau 8 : Répartition des regards de captage et sources AEP

Seuls 22 écarts de la commune, souvent de petits hameaux et des fermes isolées, non desservis par ce réseau d'AEP, s'alimentent au moyen de sources privées.

4.1.2. Contextes géologique et hydrogéologique

En complément des observations faites au chapitre 3.4 sur les contextes géologique et hydrogéologique, il convient de rappeler le contexte géologique spécifique des captages AEP.

Il est représenté par :

- des formations cristallophylliennes constituées de micaschistes et gneiss : partie Nord du territoire communal, sur laquelle est localisé le bourg de Chaudes-Aigues,
- des formations plutoniques constituées par les granites intrusifs du Couffour (d'extension limitée) et de la Margeride au Sud du territoire, ce dernier étant associé à de petits massifs de leucogranite.

Le contact entre ces deux formations résulte de l'injection tardive du granite sous forme de batholite au travers de la foliation des gneiss. Ces roches sont recoupées par de nombreux filons de microgranite et de quartz, qui jouent un rôle notable dans l'émergence des sources minérales.

Toutes les sources d'AEP sont localisées sur le granite de la Margeride, recouvert par des altérations superficielles : arènes sableuses ou argileuses. Celles-ci sont le siège de nappes d'extension latérale très variable mais d'une puissance généralement limitée (épaisseur réduite à quelques mètres, voire quelques dizaines de mètres : Cf *figure 23*). L'aquifère des arènes est donc vulnérable car sujet aux pollutions de surface et soumis aux aléas climatiques en ce qui concerne sa réalimentation en eau. Ceci explique les variations de débit aux sources.

Sous la nappe contenue dans les altérites (à effet capacitif) se trouve un aquifère profond associé aux fissures et fractures du granite. Il est mieux protégé, mais ne peut être sollicité que par forages profonds de 30 à 90 m.

4.1.3. Aspect qualitatif et quantitatif

D'un point de vue quantitatif, le débit des sources, de l'ordre de quelques litres par minute pour certaines peut s'avérer plus important pour d'autres (>100 l/min) suivant l'extension du bassin versant amont.

Lors des étiages, l'alimentation à partir du réseau des sources de Rioussalat Bas devient insuffisante : elle est alors renforcée par les sources de Rioussalat Haut.

Afin d'assurer une alimentation permanente, du camping et du village vacances desservi Rioussalat Bas, des ressources en eaux souterraines complémentaires ont été prospectées sur la commune de CA (Cf *figure 23*).

Ces ressources complémentaires ont fait l'objet d'un avis hydrogéologique (B. Hénou 1998) portant sur deux sources susceptibles de correspondre aux exigences de l'AEP des zones précitées :

- une au lieu-dit des Saignes
- une au lieu-dit des Plots.

D'un point de vue qualitatif, les eaux des sources du secteur granitique sont faiblement minéralisées ($C \approx 25$ à $90 \mu\text{S/cm}$) et leur température s'échelonne entre 6 et 12°C . Ces températures à l'émergence sont comparables à la moyenne annuelle de celles relevées au niveau du sol traduisant l'absence de circulation profonde.

Les mesures réalisées les 4 et 5 juin 2002 (*tableau 9*) ont permis d'apporter les précisions suivantes pour les différentes sources du secteur :

Dénomination	Débit		Température °C	Conductivité $\mu\text{S/cm}$
	l/min	m3/h		
Rioussalat Bas 1	9.45	0.57	10.1	64.93
	26.55	1.59	12.1	86.73
Rioussalat Bas 2	17.91	1.07	10.5	79
	25.00	1.50	10.7	77.6
Rioussalat Haut 1	74.05	4.44	9.8	40.93
Rioussalat Haut 2	25.43	1.53	9.7	47
Boularan 1	26.91	1.61	11.5	32
Boularan 2	20.62	1.24	8.3	49.82
Boularan 3	28.04	1.68	10.3	38.23
Mas de Pêtre	51.72	3.10	7.6	47.88
Magot 1	35.42	2.13	6.6	35.14
	21.51	1.29	6.7	34.41
Magot 2	48.00	2.88	7.5	30.3
Podevigne	124.34	7.46	7.8	36.69
Moutouse 1	43.48	2.61	<u>6.1</u>	33.19
Moutouse 2	16.71	1.00	6.5	<u>23.85</u>
	15.87	0.95	6.2	32.85
	7.53	<u>0.45</u>	6.2	29.91
TOTAL	618,54	37,11		

Tableau 9 : Analyses des paramètres physiques des sources AEP

Analyses chimiques et bactériologiques

Des contrôles sanitaires réguliers sont effectués sur l'initiative de la DDASS (15) sur la ressource et au niveau du réseau de distribution et points d'usage.

D'autres analyses chimiques plus précises ont été réalisées en 1998 et 2000 par le laboratoire de contrôle des eaux de Clermont-Ferrand, l'Institut Louise Blanquet sur la source de Rioussalat Bas. Les résultats sont présentés en *annexe 7*.

Les eaux de Rioussalat Bas sont de **type bicarbonatées sodiques**, très peu minéralisées et de pH acide (<6 unités pH).

La silice, dont les teneurs sont assez conséquentes, proviendrait des produits d'altération du granite encaissant.

Ces eaux ne présentent pas de quantités anormales en métaux lourds. Souvent l'oxydation des minéraux sulfurés en contexte de socle produit des eaux enrichies en métaux tels que l'arsenic, l'antimoine...

Ces résultats indiquent une circulation plutôt superficielle (dans les arènes) que profonde (dans les fissures et fractures du granite) où on peut attendre des minéralisations plus élevées.

La qualité bactériologique des eaux est bonne, d'après les analyses obtenues sur Rioussalat Bas en 1997, 1998 et 2000 et Rioussalat Haut en 1995 et 1997.

Aucune pollution d'origine anthropique n'est constatée : pas de contamination bactérienne, peu de nitrates, pas de pesticides ni d'hydrocarbures en liaison avec l'environnement "isolé" des captages AEP.

4.1.4. Installations annexes

Afin d'effectuer un recensement et un état des lieux exhaustif de toutes les sources AEP alimentant la commune de Chaudes-Aigues, plusieurs jours de terrain ont été nécessaires courant juin 2002. Ces visites sont à l'origine d'un certain nombre de remarques. De ce fait, chaque point de captage a fait l'objet d'une fiche descriptive présentée en annexe (Réf 7.1 à 7.13).

On y trouve la dénomination du point de captage ainsi que ces coordonnées BSS (Banque du Sous-Sol) nécessaires à toute localisation.

Les résultats des mesures in-situ, lorsque celles-ci étaient possibles, sont retranscrits : débit, température, conductivité et CO₂ dissous.

Enfin, un certain nombre de remarques concernant l'environnement immédiat des sources sont évoquées, afin de permettre d'en améliorer la protection.

Le bureau d'études CEH (Centre d'Etudes Hydrauliques) a réalisé pour la commune de Chaudes-Aigues une étude diagnostique du réseau d'eau potable en 1999 et 2000.

Outre le descriptif des points de captage déjà relevés lors des passages sur le terrain début juin 2002, on y trouve la liste des points de captage, regards et réservoirs.

La figure synoptique du réseau d'eau potable réalisée par CEH, a été reprise et complétée suivant les observations de terrain (Cf **figure 24**) de mai et juin 2002.

Une station de neutralisation localisée au lieu-dit de la Valette, "traite" les eaux venant des Moutouses, de Podevigne, de Magot, du Mas de Pètre et du Bois du Boularan (élévation du pH suite au passage des eaux brutes au travers la neutralite). Un compteur récemment installé permet de calculer le débit cumulé des eaux arrivant à la station de la Valette. Aucune autre action de traitement n'est mise en place sur le réseau de distribution des AEP.

4.2. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DES CAPTAGES AEP

Deux échelles d'étude sont utilisées pour faire les constats d'impact en ce qui concerne le degré de vulnérabilité des points de captage AEP (Cf *figure 25*) :

- environnement immédiat et rapproché (Ppi et Ppr), à l'échelle de la parcelle : mise en évidence des problèmes au niveau des captages eux-mêmes,
- environnement éloigné, à l'échelle de la commune et en partie du bassin versant en amont des captages : mise en évidence des points noirs susceptibles d'occasionner des pollutions ponctuelles, chroniques et/ou diffuses.

4.2.1. Environnement immédiat et rapproché des captages

Suite à la tournée sur le terrain, début juin 2002, un certain nombre d'observations au niveau des captages AEP peuvent être formulées :

- absence de clôtures pour 3 d'entre-eux, ou clôtures délabrées,
- assise des poteaux non stable : risques de chute,
- "pied-sec" en eau pour 3 captages,
- présence de faune et racines dans les bassins de décantation,
- chantiers forestiers au droit des canalisations,
- ruisseaux pénétrant dans les périmètres de protection immédiat (Ppi) et au droit des drains,
- prairies de pacage en amont immédiat des périmètres de protection ou des captages lorsque ces derniers sont absents,
- regard de "captage" souvent en dehors du Ppi.

Ces observations permettent de préciser qu'il existe des risques de dégradation des ouvrages et/ou de pollution des eaux.

4.2.2. Recommandations

La réalisation d'aménagements ponctuels (drains et bassins collecteurs) et des mesures efficaces de protection (périmètres de protection à régulariser) est fortement conseillée.

Etant entendu qu'il est souvent difficile de mettre en place les protections réglementaires pour tous les captages AEP, une réflexion sur une distribution AEP plus rationnelle, à l'échelle de la commune, pourrait être envisagée (regroupement des captages, identification de ressources profondes mieux protégées par forage, intercommunication des réseaux).

A noter qu'une campagne "Objectif eau pure" sur le département du Cantal a été mise en place. Trois sites expérimentaux (Saint-Flour, Mauriac et la Châtaigneraie) ont fait l'objet d'un diagnostic de la ressource en eau, et d'un examen approfondi quant à la mise en place d'une gestion plus raisonnée.

Concernant l'environnement immédiat des captages AEP, il est recommandé d'améliorer la protection des ouvrages, notamment au niveau de leurs abords immédiats et autant que possible d'interdire ou de limiter les activités agricoles et le pacage du bétail à proximité des sources.

4.3. CONCLUSION CONCERNANT LES EAUX POTABLES

Les eaux captées pour l'AEP se situent dans un contexte hydrogéologique particulier (aquifères d'arènes granitiques peu étendus) et sensibles car peu profonds (<5m).

Ce contexte explique que le débit cumulé des captages AEP ne semble pas suffisant (surtout pendant la période d'étiage qui correspond à la période estivale, là où les besoins en eau sont les plus conséquents) pour envisager de couvrir des besoins complémentaires.

Il n'existe pas pour l'instant de véritables ressources complémentaires d'eau souterraine de type AEP mobilisables.

On note une relative différence entre le débit mesuré des sources (37 m³/h soit 350 l/j/hab en juin 2002) et les débits facturés aux particuliers (80 l/j/hab en 1997).

D'après les personnes rencontrées sur le terrain, il existe un réel déficit en eau lors de la période d'étiage pour alimenter le village vacances et le camping. A cette période le débit cumulé des sources est sûrement inférieur à 37 m³/h.

Des pertes durant le transport peuvent également être à l'origine de ce déficit.

Une étude complémentaire pourrait être envisagée afin de statuer sur le débit des sources AEP de la commune, notamment en installant des compteurs et en effectuant un suivi régulier de chacune d'entre-elles aux différentes époques de l'année.

L'identification de nouvelles ressources en eau reste à envisager : les aquifères des milieux fissurés et fracturés sont susceptibles de fournir des ressources en eau intéressantes.

Sachant que les eaux ne sont pas traitées et arrivent directement aux points d'usages des habitants, il paraît utile de souligner que des améliorations significatives pourraient être réalisées dans le cadre notamment des procédures de régularisation administrative (DUP).

Cette régularisation des procédures de DUP est fortement conseillée, d'autant qu'elle permet à la commune de bénéficier de subventions pour la réalisation des travaux de protection et de réfection des captages eux-mêmes et des clôtures.

5. Contexte environnemental à l'échelle de la commune

Ce chapitre met en évidence les points noirs susceptibles d'occasionner des pollutions ponctuelles, chroniques et/ou diffuses, à l'échelle de la commune et en partie du bassin versant des captages AEP et des sources ETM.

Ceci concerne donc la ressource en eau dans sa globalité tant sur le plan de l'alimentation en eau potable que sur celui de l'utilisation des sources à des fins thermales.

5.1. LES ORDURES MENAGERES ET ENCOMBRANTS

Les ordures ménagères de la commune de Chaudes-Aigues sont acheminées sur la commune de Saint-Flour.

Seule une décharge d'encombrants existe sur le territoire. Elle est située en bordure de la D513, direction les Deux-Verges. Elle n'est pas clôturée, mal entretenue, et génère odeurs et fumées (Cf. situation sur *figure 25* et photo ci-après). Un ruisseau, affluent du Remontalou, passe aux abords (en dessous) de cette décharge et en reçoit les lixiviats.



Photo 10 : Décharge d'encombrants de la commune

Il est recommandé :

De dévier le cours du ruisseau, ou tout au moins de vérifier qu'il est parfaitement canalisé, sans pertes, ni apports d'eau polluée.

La solution la plus efficace serait de déplacer cette décharge sur un secteur moins visible et moins sensible et sur un bassin versant autre que celui du Remontalou.

En outre il convient de noter l'existence d'une ancienne mine de mispickel (arsénopyrite = sulfure FeAsS) dite de Sansard, qui a servi de décharge d'encombrants jusqu'en 1983. Cette ancienne mine reste un autre point de pollution potentielle (Cf. situation sur figure 25 et photo ci-après) : des carcasses de voitures et objets divers longent le Remontalou, à moins de 1 000 m en amont du bourg.



Photo 11 : Ancienne décharge d'encombrants en bordure de ruisseau

Il est recommandé :

De débarrasser le site et la vallée de tous les encombrants, et d'entretenir la végétation. Un sentier pédestre est, semble-t-il, projeté dans ce secteur : l'amélioration la situation sanitaire du lieu est au préalable nécessaire.

5.2. LES CONDITIONS DE L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF ET INDIVIDUEL.

La presque totalité des habitations du bourg de Chaudes-Aigues est raccordée au réseau d'eaux usées. Les hameaux du plateau disposent d'installation individuelle de type assainissement autonome ou non collectif.

Diverses études réalisées par CEH ont conduit la municipalité à faire des choix en ce qui concerne la gestion de son assainissement :

- tout le bourg et les villages suivants en assainissement collectif : la Jarrige, Bel-Air, la Croix de Sansard, le village de vacances VAL, le camping du Couffour, Lescure, la Valette
- les autres écarts de la commune restant en assainissement individuel.

La station d'épuration est une station biologique à boues activées (Cf. situation sur *figure 25*). Elle se trouve en surcharge hydraulique par suite des apports d'eaux pluviales, et des eaux chaudes servant au chauffage individuel des maisons.

Des travaux de déconnexion sont prévus, ils devraient permettre :

- de désengorger les réseaux,
- d'éviter que le déversoir d'orage en entrée de station ne fonctionne en permanence en hiver.

5.3. AUTRES ACTIVITES POTENTIELLEMENT POLLUANTES

On recense sur la commune de Chaudes-Aigues 41 dossiers répertoriés au titre de la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) :

- 4 se rapportent au régime de la DDAF,
- 4 se rapportent au régime de la DRIRE,
- 33 se rapportent au régime de la DSV.

Ces sites peuvent présenter des pollutions potentielles sur l'environnement, à l'échelle de la commune.

5.3.1. Les activités agricoles

Sur l'ensemble du territoire de la commune, l'activité agricole prédominante est l'élevage de bovins : 30 dossiers sont classés en déclaration au titre des ICPE.

A noter qu'en milieu rural de haute montagne comme c'est le cas à Chaudes-Aigues, l'élevage est plutôt de type extensif, engendrant des flux de pollution moins concentrés.

Dans le cadre des Programmes de Maîtrise des Pollutions d'Origine Azotée (PMPOA) et du respect des Bonnes Pratiques Agricoles, les sites d'exploitation doivent effectuer des travaux de remise aux normes (plan DEXEL), diminuant ainsi le rejet des flux polluants dans le milieu hydraulique superficiel.

On note en outre sur la commune, la présence d'une porcherie et d'un chenil, tous deux classés en déclaration.

Excepté le passage d'animaux à proximité de certains points de captage (Cf. paragraphe 4.2.1 et fiches techniques en *annexe 7*) les activités agricoles ne présentent pas de risques majeurs de pollution.

5.3.2. Les activités artisanales et industrielles

Sur les 64 commerces, services et petites entreprises de la commune, on ne dénombre que 8 dossiers répertoriés au titre des ICPE :

- 2 en autorisation
- 6 en déclaration.

Ces activités sont généralement concentrées dans le bourg de Chaudes-Aigues et bénéficient donc du réseau d'assainissement collectif.

Dans le cadre du zonage d'assainissement de la commune des remises aux normes sont proposées en vue de réduire les flux polluants susceptibles d'être rejetés dans le milieu superficiel.

5.3.3. Les infrastructures touristiques

On dénombre 18 structures d'accueil pour les touristes et curistes sur la commune. Aucune de ces infrastructures n'est classée au titre de la réglementation sur les ICPE.

La majorité est regroupée dans le bourg de Chaudes-Aigues : les eaux usées sont directement envoyées à la station d'épuration. Il en est de même pour le camping, pourtant situé en dehors du bourg.

Les villages vacances recensés sur le reste du territoire font l'objet d'une mise au norme en ce qui concerne leur assainissement individuel.

Les activités touristiques ne présentent pas de risques majeurs quant à la qualité de l'eau dans le milieu superficiel et souterrain.

5.4. CONCLUSIONS CONCERNANT LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

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

Ceci touche aussi bien les habitations que les infrastructures industrielles, artisanales et touristiques.

En ce qui concerne les activités agricoles, des mises aux normes des bâtiments d'exploitation sont également recommandées.

Cependant deux "points noirs" ont été relevés : l'ancienne et l'actuelle décharges d'encombrants. Ils constituent un risque de pollution pour les eaux superficielles et souterraines et mériteraient que des dispositions soient prises pour éliminer toutes nuisances ou dégradations de la qualité des eaux exploitées.

6. Conclusions pour le site de CHAUDS-AIGUES

6.1. EN MATIERE DE RESSOURCES EN EAU THERMALE

Le secteur de CHAUDS-AIGUES bénéficie d'une ressource en eau thermale exploitée depuis très longtemps "en cueillette", tant pour les usages thermaux que pour de nombreux autres usages anciens, abandonnés au cours des périodes les plus récentes.

L'analyse réalisée permet de citer l'exemplarité de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux sur le plan, notamment, de la stabilité de la ressource.

En l'absence de possibilité d'exploitation complémentaire (augmentation du débit d'eau chaude utilisable), il est probable que des choix devront être faits si une utilisation plus rationnelle de la ressource est envisagée.

En effet, si le développement du thermalisme et de ses différents dérivés est souhaité, ce développement ne pourra se faire, sur la base de la ressource existante, qu'au détriment d'autres usages anciens, consentis ou usurpés, à moins d'identifier de ressources nouvelles (reconnaitances par sondages) sur l'un des 3 sites du bourg :

- ☞ dans le secteur du BAN sur le forage existant,
- ☞ en aval ou en amont du PAR,
- ☞ dans le secteur des sources VIALARD et CLAVIERES.

Des aménagements sont conseillés afin de mieux protéger les captages et de mieux gérer l'exploitation de la ressource. Il est notamment recommandé de mettre en place un dispositif de suivi en continu des paramètres essentiels des volumes exploités et de la qualité des eaux : T°, C, niveaux,...

6.2. EN MATIERE DE RESSOURCES EN EAU POTABLE

Les très nombreuses sources exploitées, en contexte d'arènes granitiques, permettent de répondre aux besoins eau potable mais n'autorisent pas, en période d'étiage, la couverture de besoins complémentaires.

S'il est conseillé de renforcer la protection des captages en assurant une mise en place plus rigoureuse des protections réglementaires, il n'en demeure pas moins que le secteur se situe, globalement, dans un contexte naturellement " peu vulnérable".

Le renforcement des capacités d'exploitation et de protection des eaux potables pourrait être envisagé avec la réalisation de forages captant la zone fissurée du granite.

6.3. EN MATIERE D'ENVIRONNEMENT

Le contexte environnemental de la commune est, globalement, favorable à l'exploitation des eaux potables et thermales. On se situe en effet en milieu agricole peu intensif et des aménagements relatifs aux réseaux d'assainissement ont été réalisés au niveau du bourg.

Deux "points noirs" ont cependant été recensés en amont des points d'émergence de la ressource thermique, ils mériteraient que soient réalisés des aménagements pour éviter que des désordres n'apparaissent. Le risque, tout relatif, semble cependant réel.

FIGURES

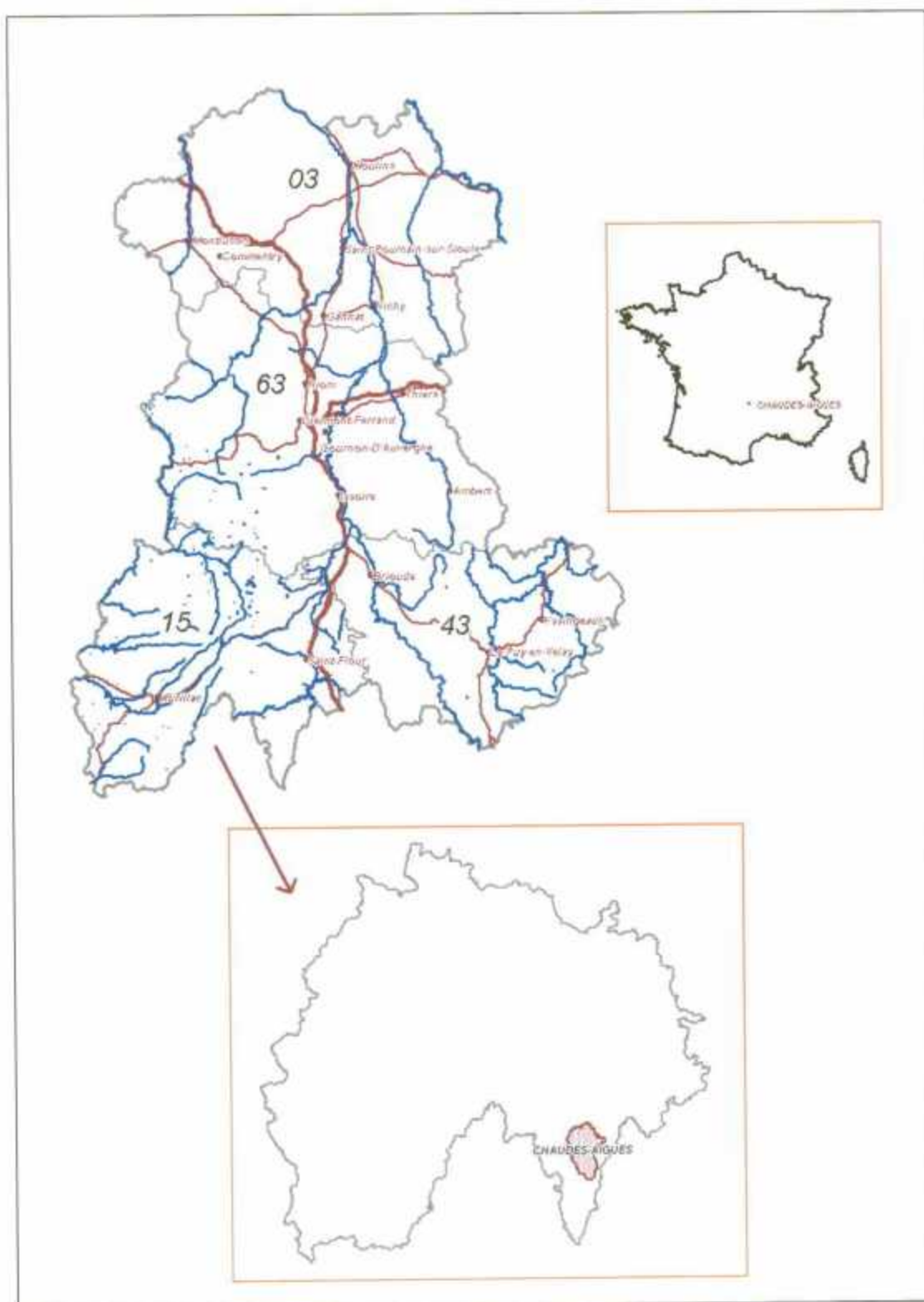
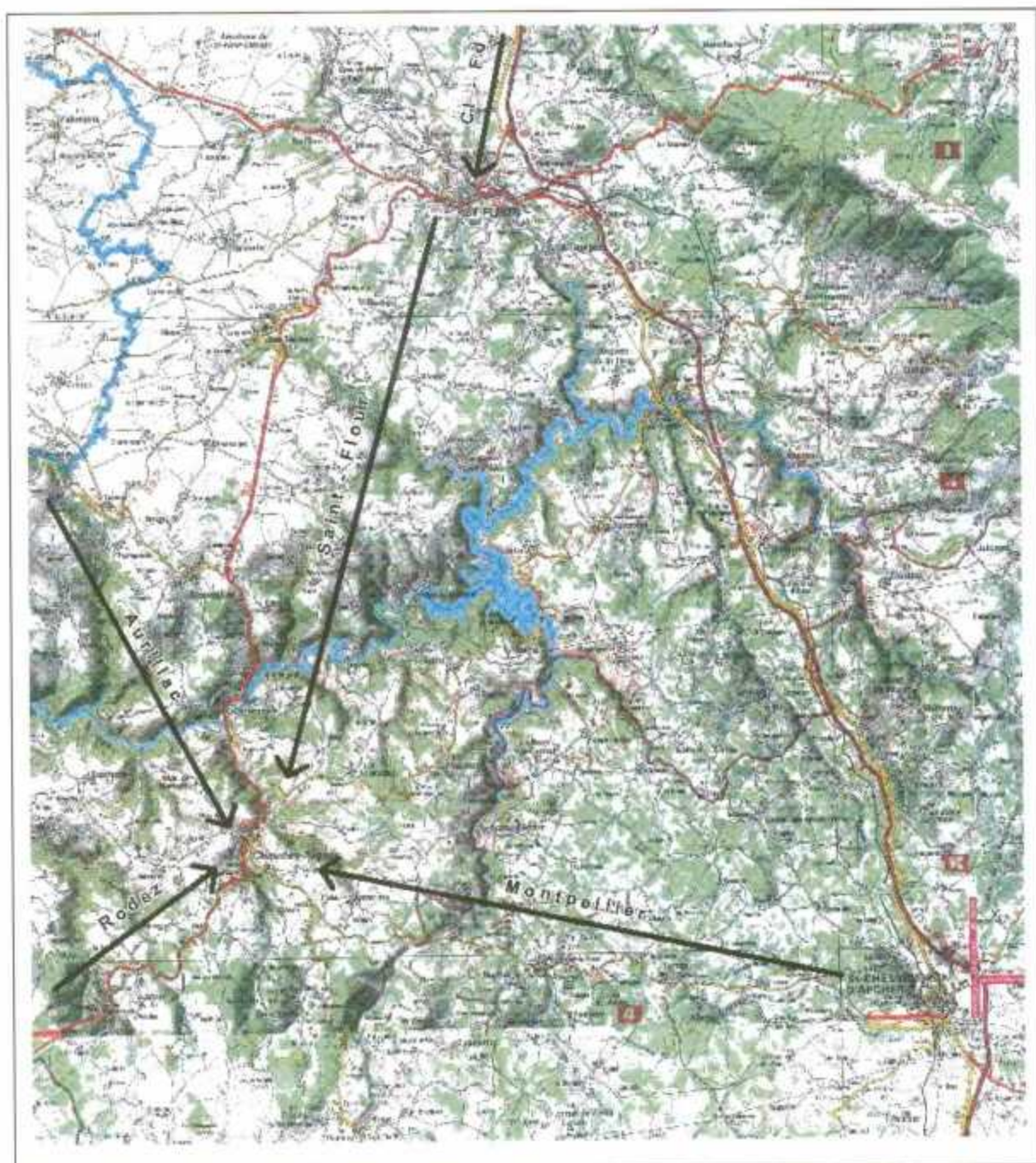


Figure 1 : Localisation de la commune de Chaudes-Aigues



Copyright IGN

Figure 2 : Situation géographique

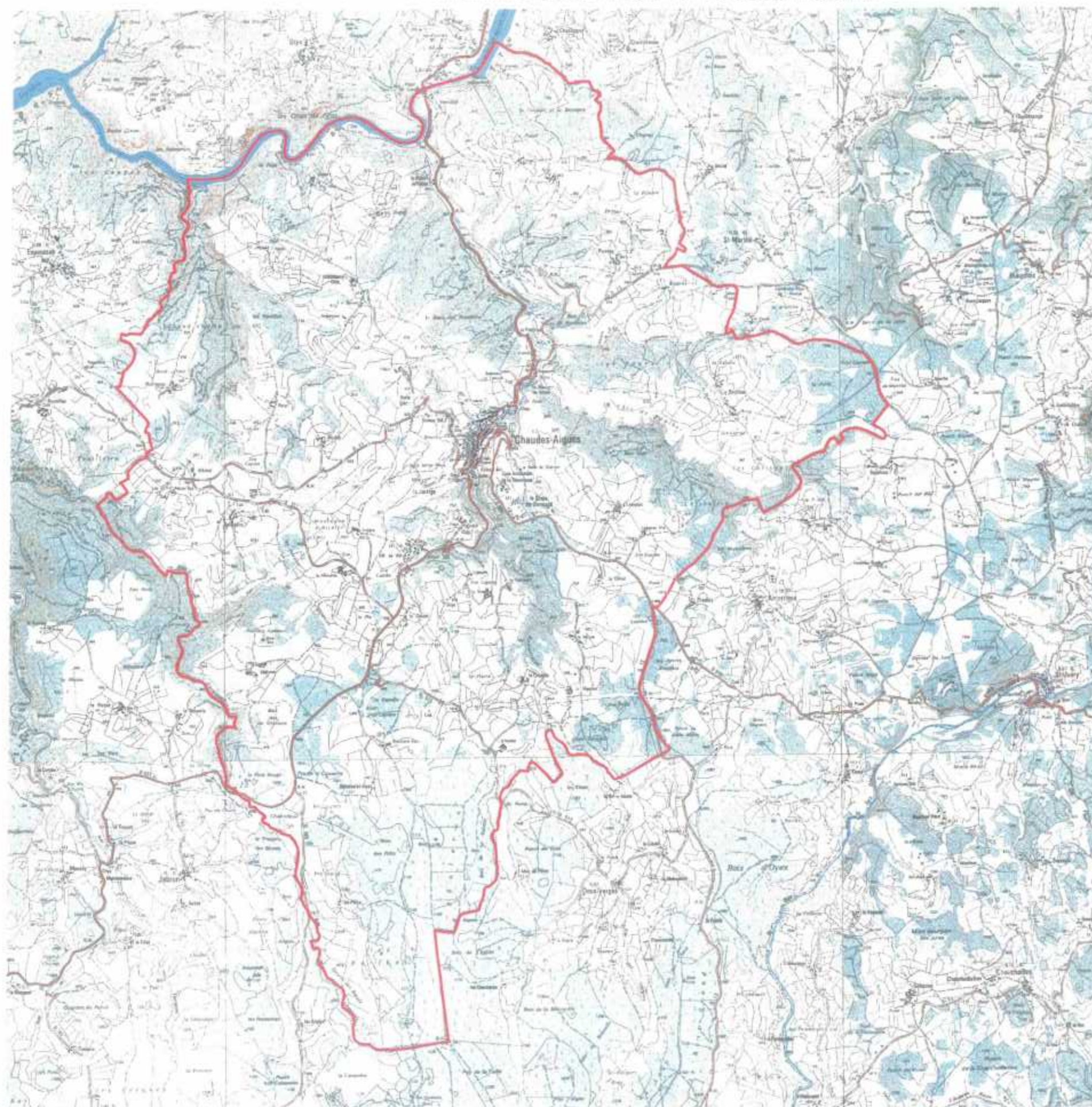


Figure 3

Localisation topographique
de la commune de Chaudes-Aigues (extrait IGN)

— Limite de la commune
de Chaudes-Aigues



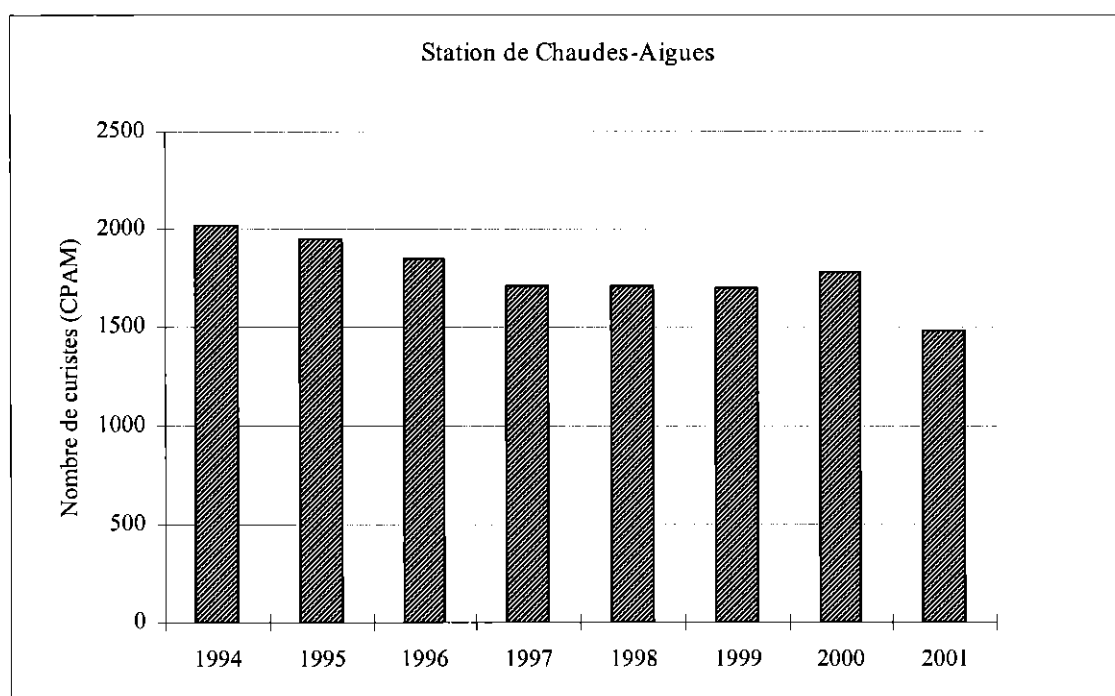
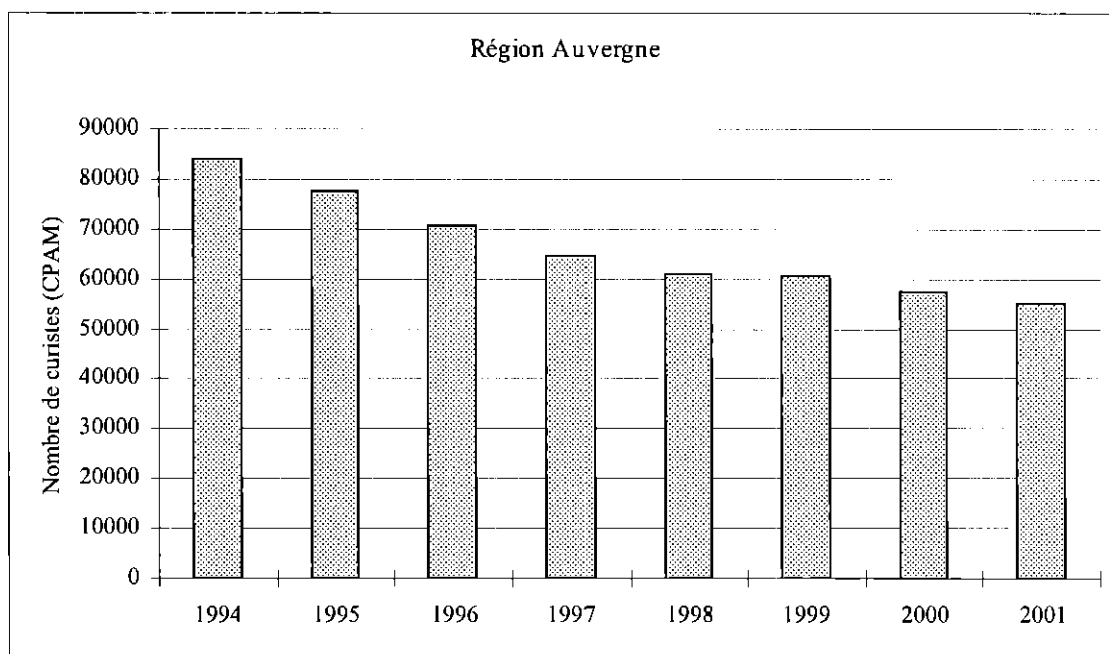
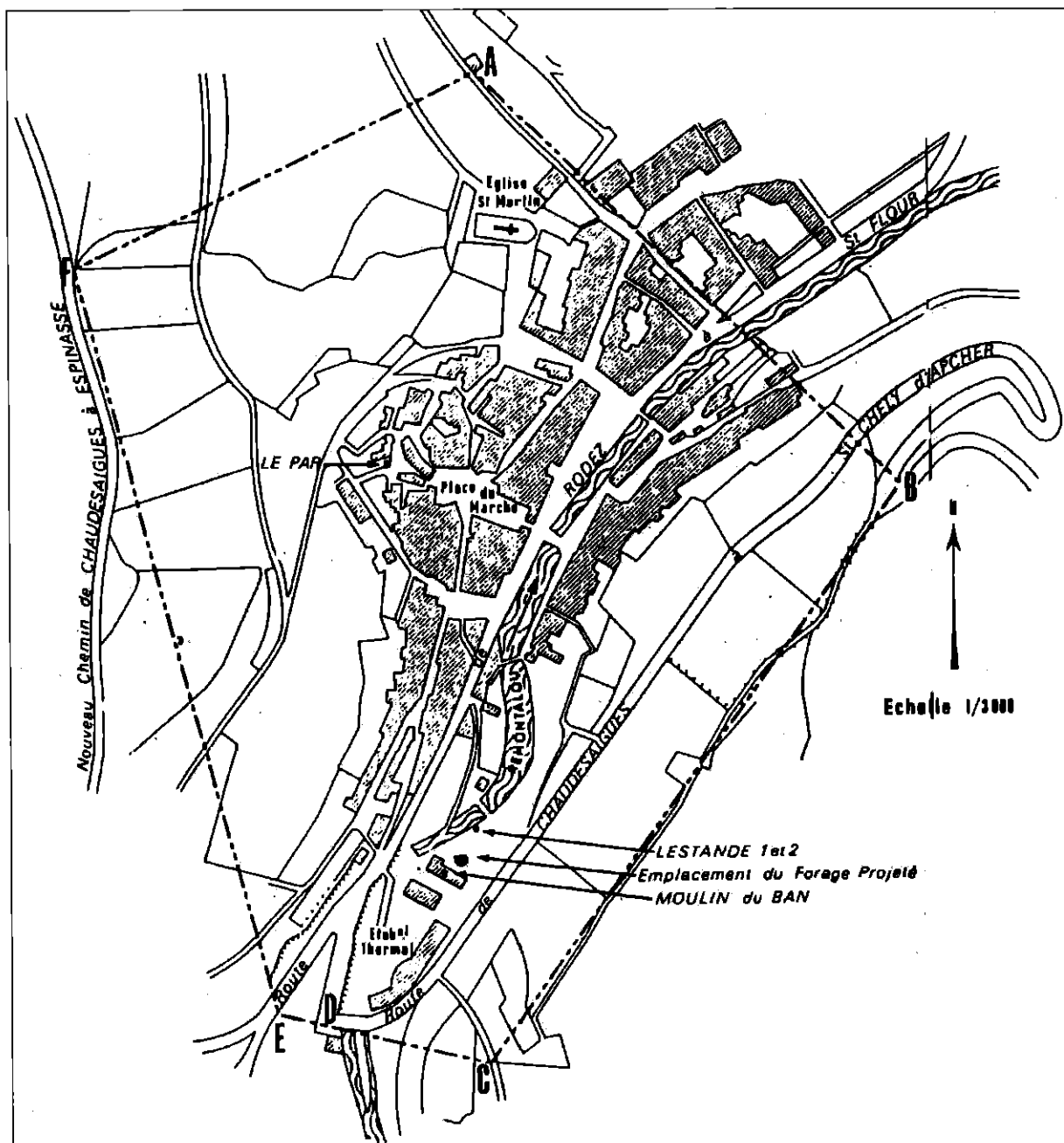
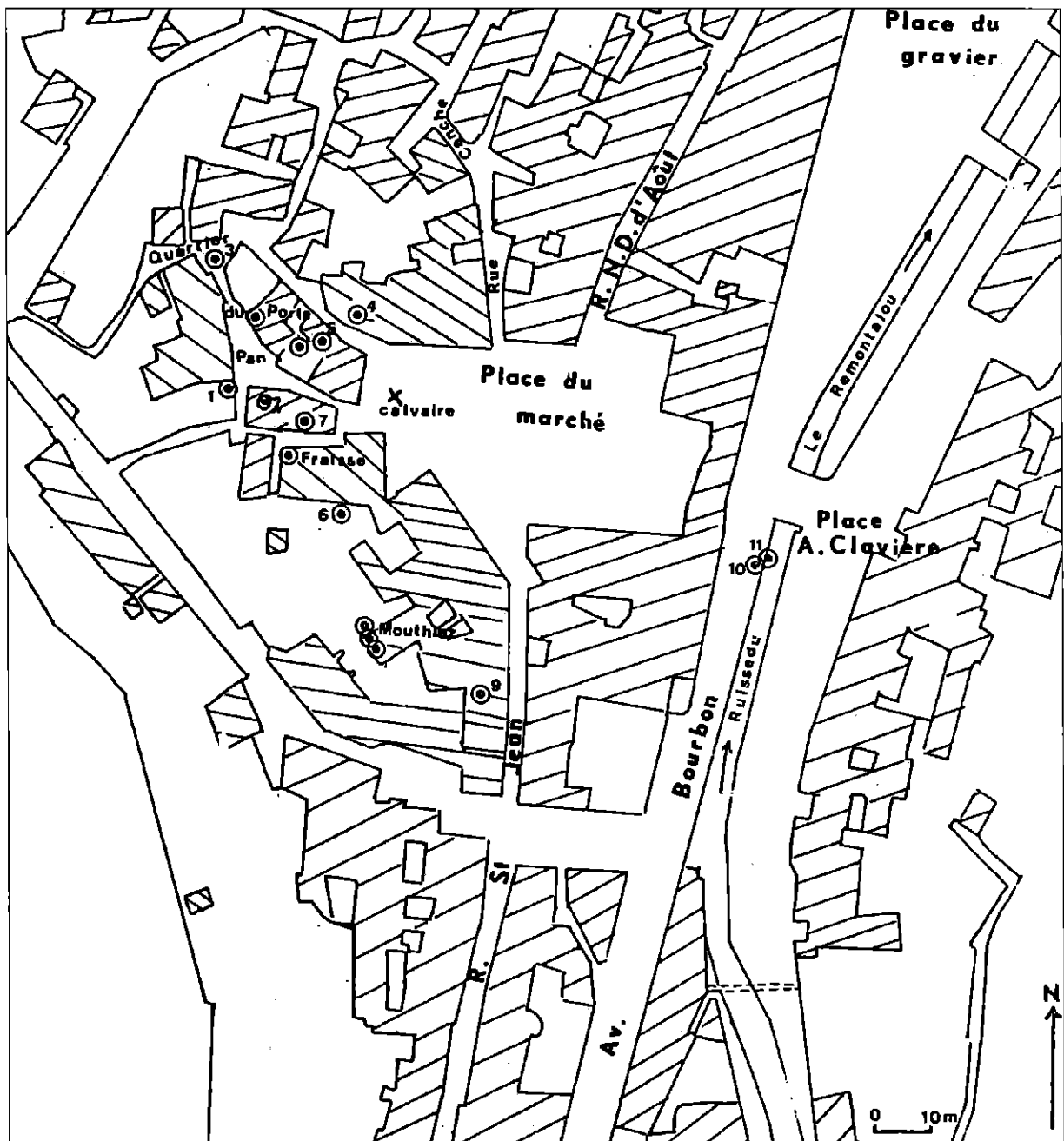


Figure 4 : Evolution de la fréquentation de l'ensemble des stations thermales d'Auvergne et de la station de Chaudes-Aigues de 1994 à 2001



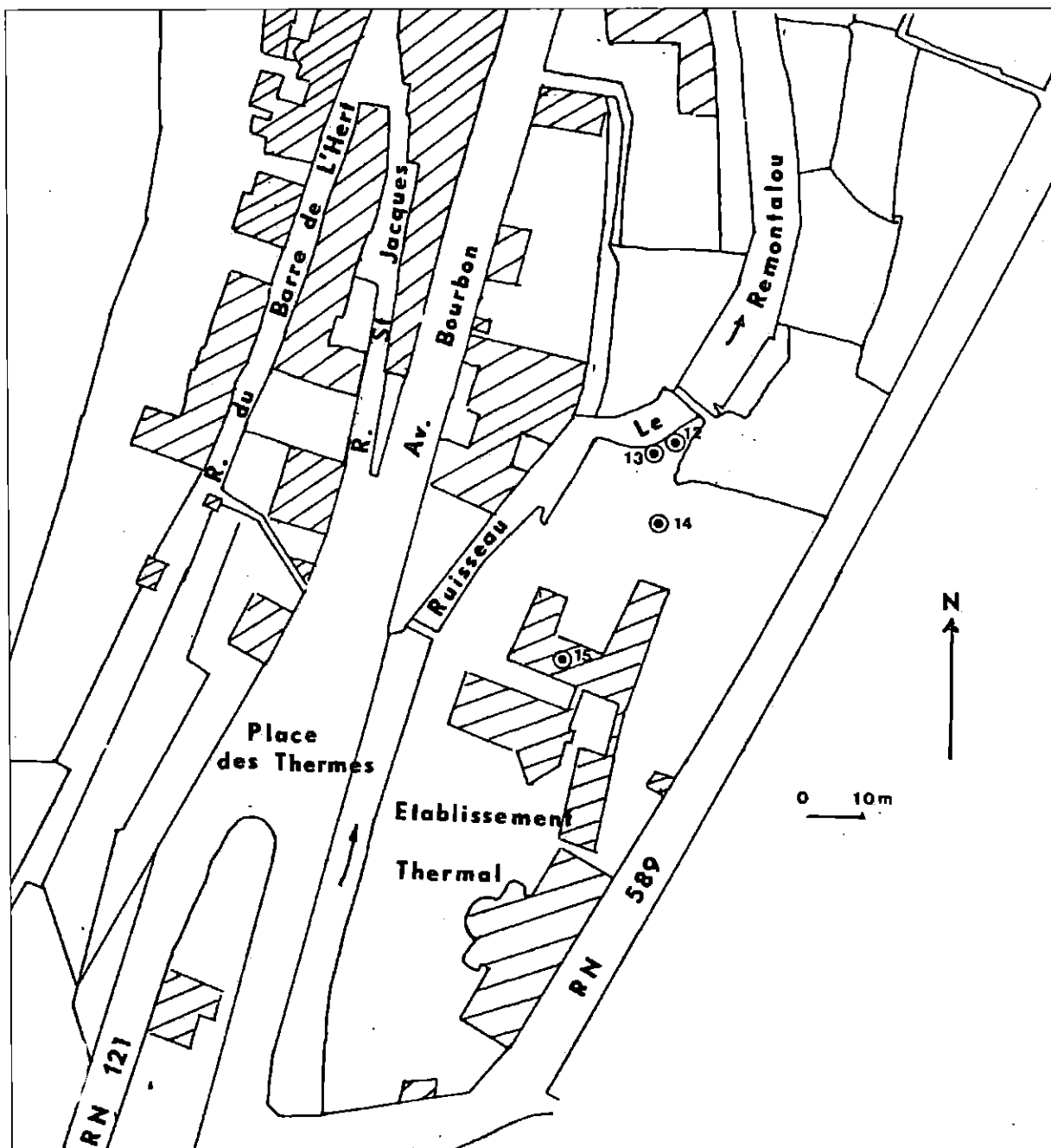
In ARDOUREL S., 1965 (in doc CAET 4)

**Figure 5 : Situation de la source du Par et de son périmètre de protection (DIP 1895)
et des sources Moulin du Ban et Lestande 1 et 2**



In thèse HENOU B., 1973 (CA 21a)

Figure 6 : Position des différents griffons du groupe du Par (points 1 à 9)



In thèse HENOU B., 1973 (CA 21b)

**Figure 7 : Position des différents griffons du groupe du Moulin du Ban
(points 12 à 15)**

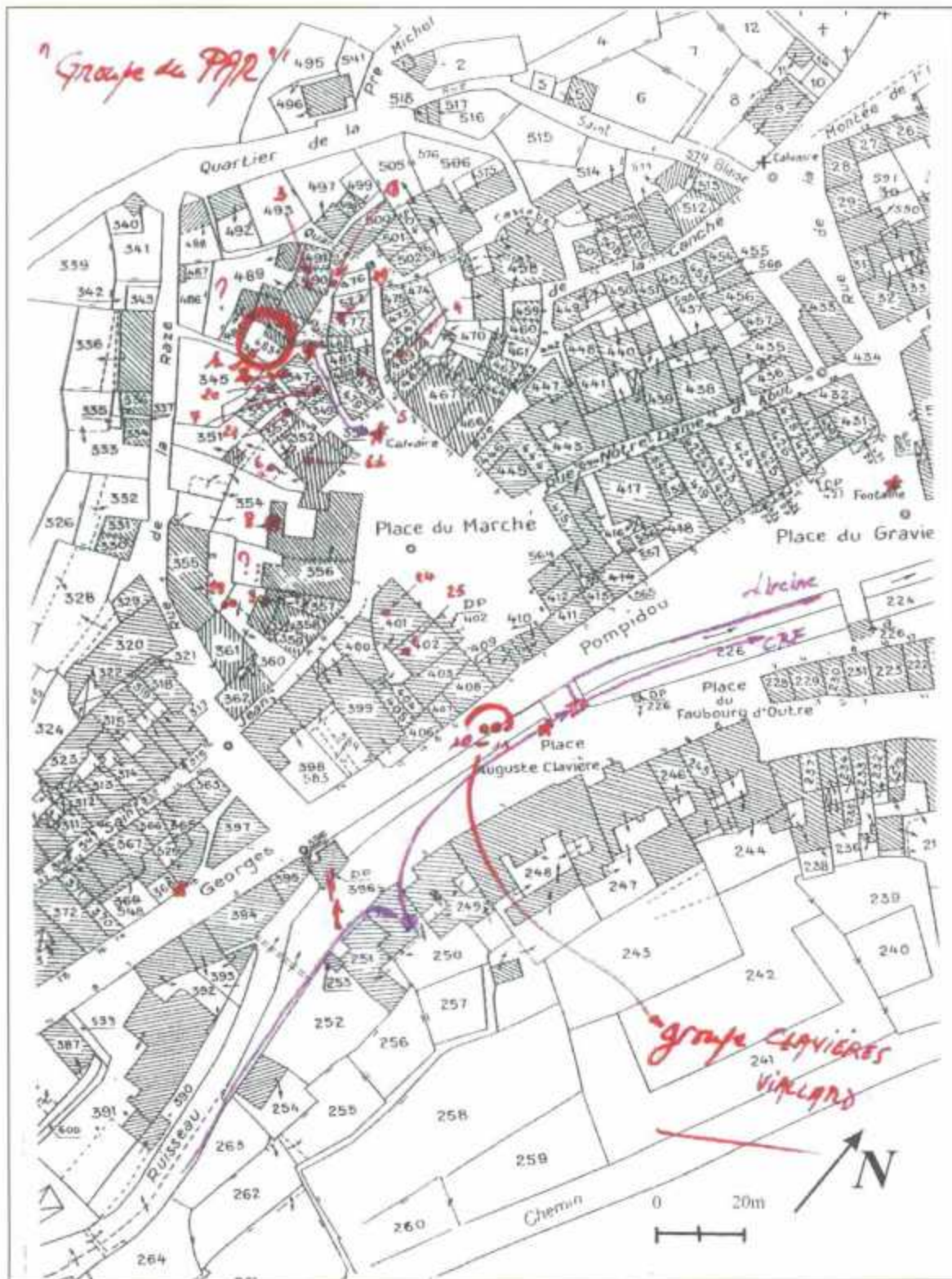


Figure 8 : Situation cadastrale des sources du Par (1 à 9 et 18 à 25)
et de Clavières-Viallard (10 et 11)

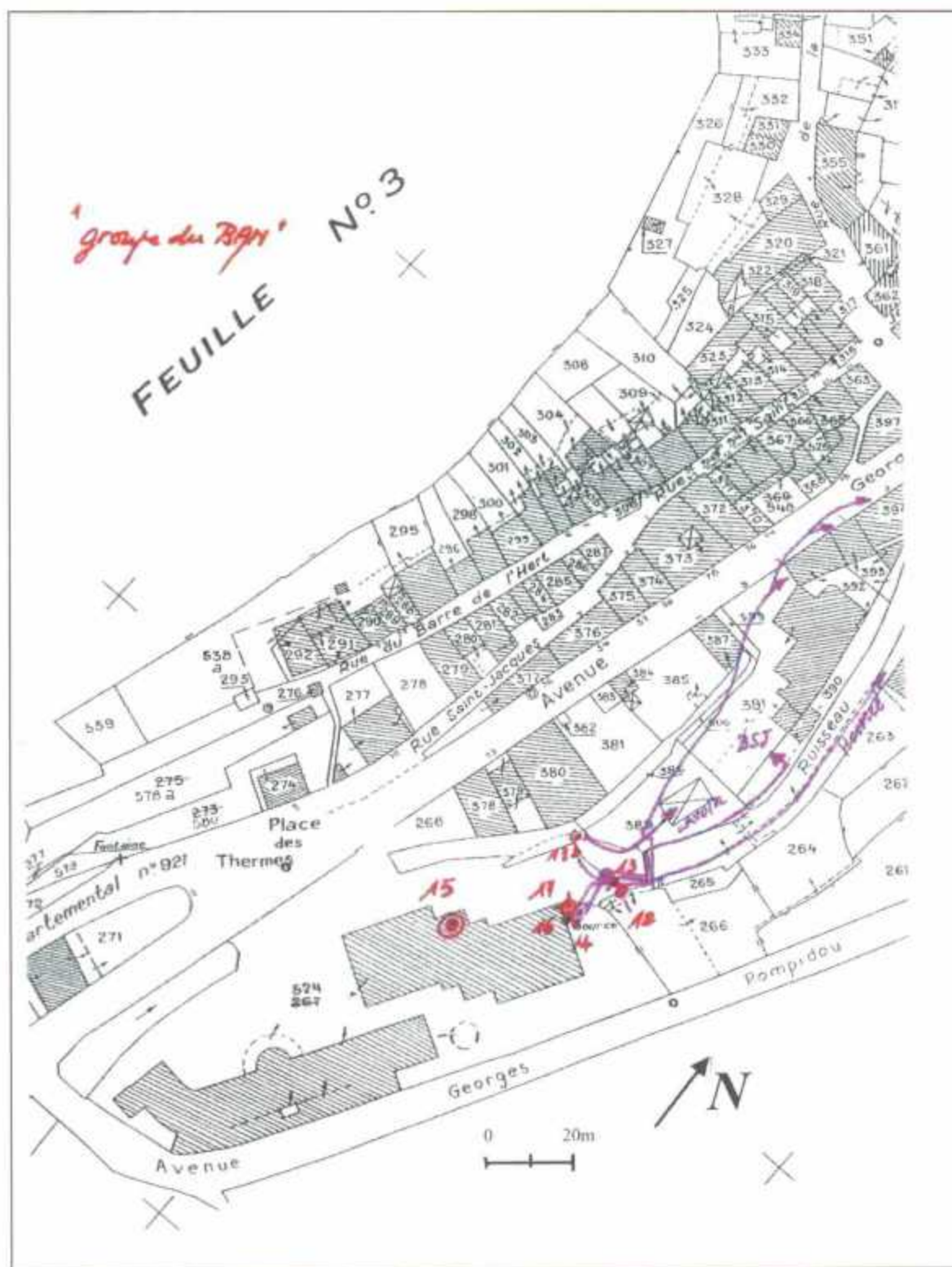
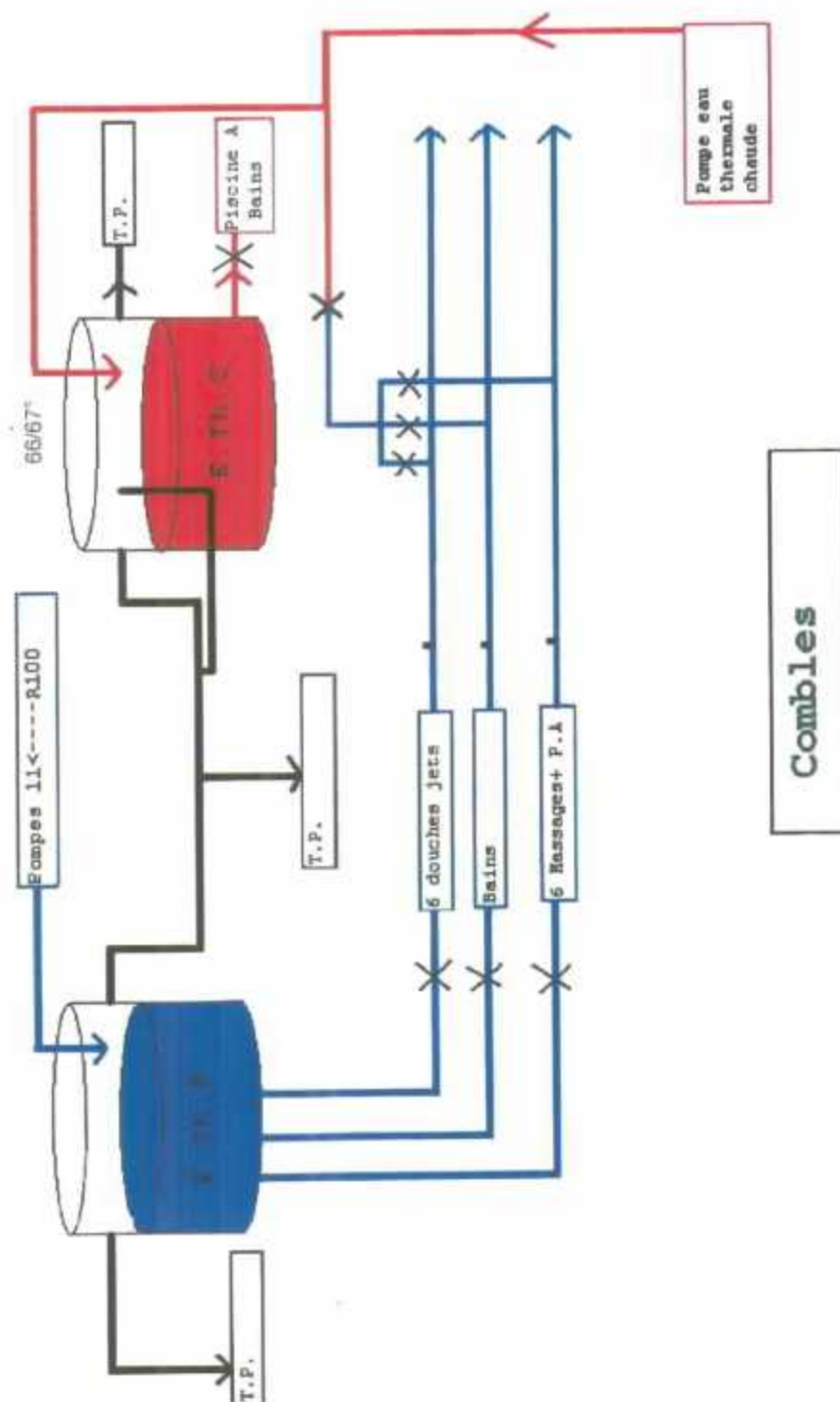
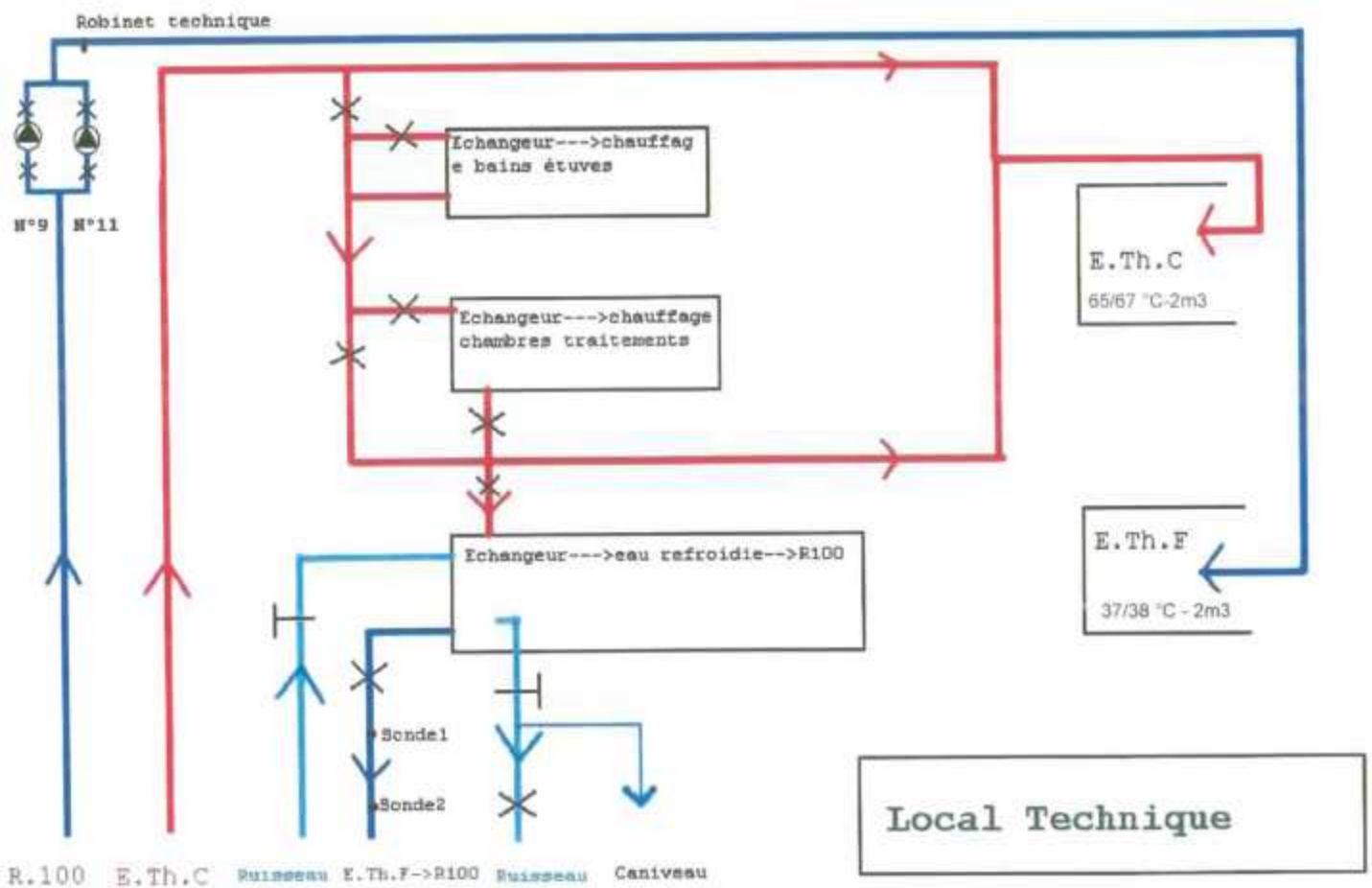


Figure 9 : Situation cadastrale des sources du Ban (12 à 16) et du forage du Ban (17)



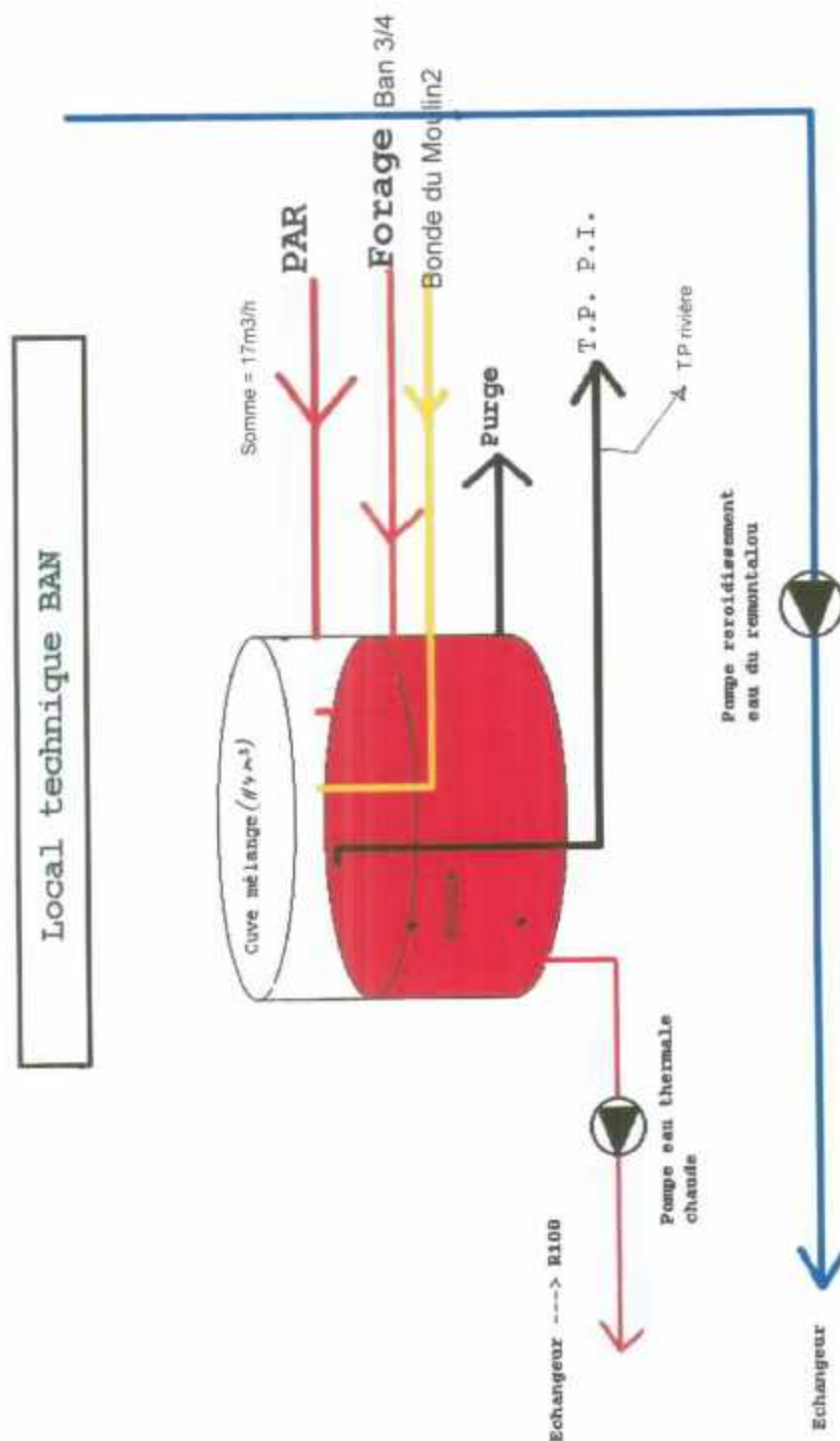
(Document des services techniques de l'établissement thermal)

Figure 10 a : Schéma de fonctionnement du réseau d'eau dans l'établissement thermal



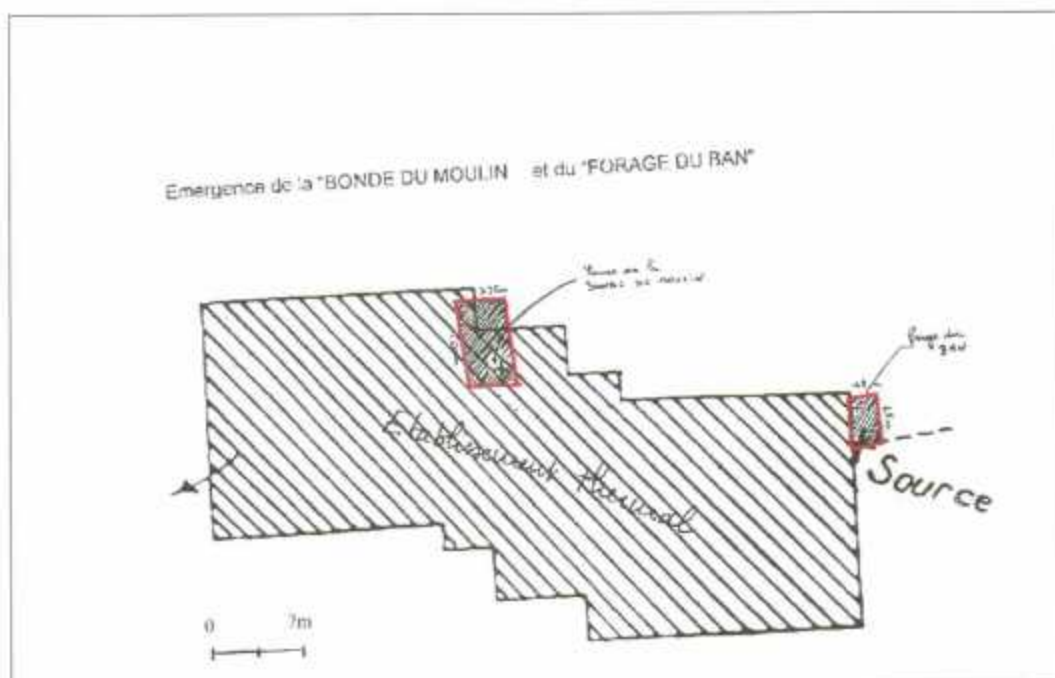
(Document des services techniques de l'établissement thermal)

Figure 10 b : Schéma de fonctionnement du réseau d'eau dans l'établissement thermal



(Document des services techniques de l'établissement thermal)

Figure 10 c : Schéma de fonctionnement du réseau d'eau dans l'établissement thermal



In doc DRIRE, 1998 (CAET 4)

Figure 11a et 11b : Schéma des périmètres sanitaires pour les émergences de la Bonde du Moulin, du Forage du Ban et du Par



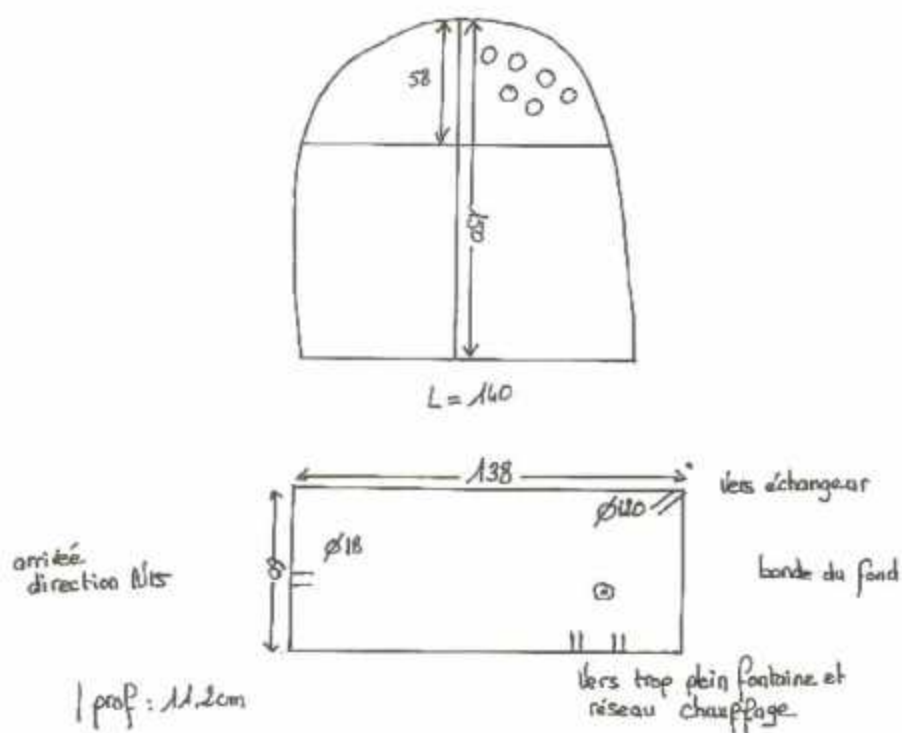
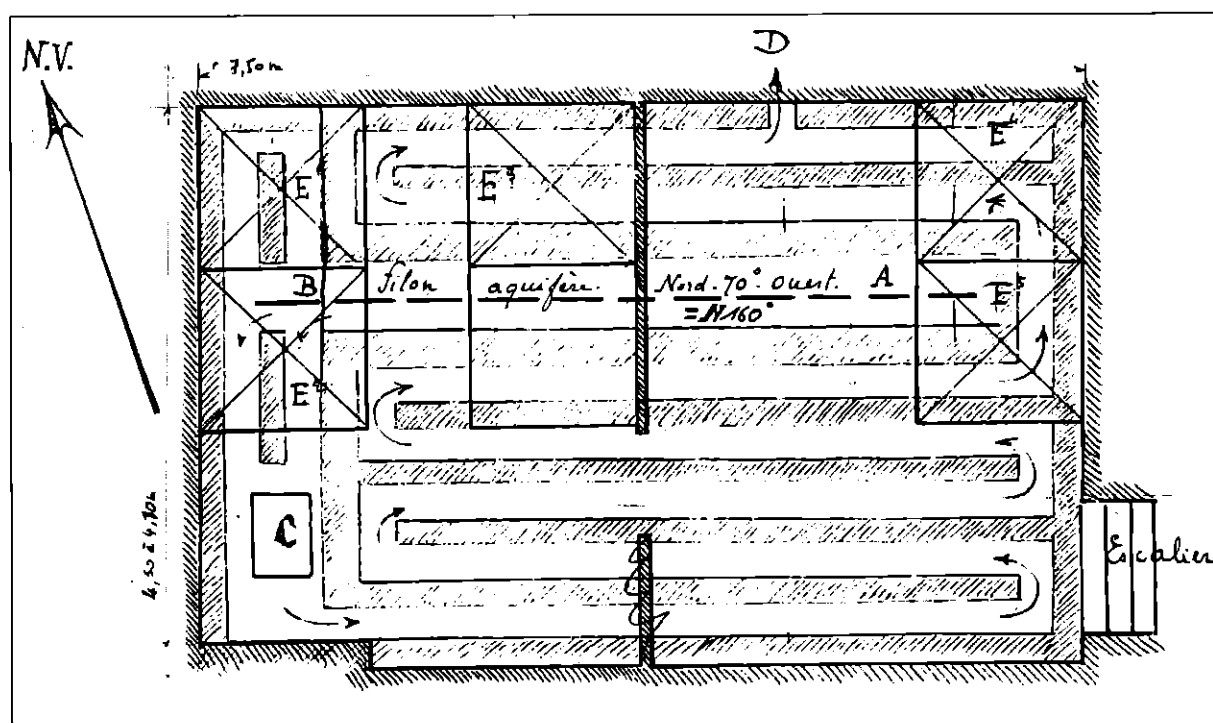


Figure 13 : Schéma du captage de la source du Par



In rapport Mines du 19.08.1893 (CA 17)

Figure 14 : Salle d'étuves et appareil de captage de la source dite "la Bonde du Moulin"

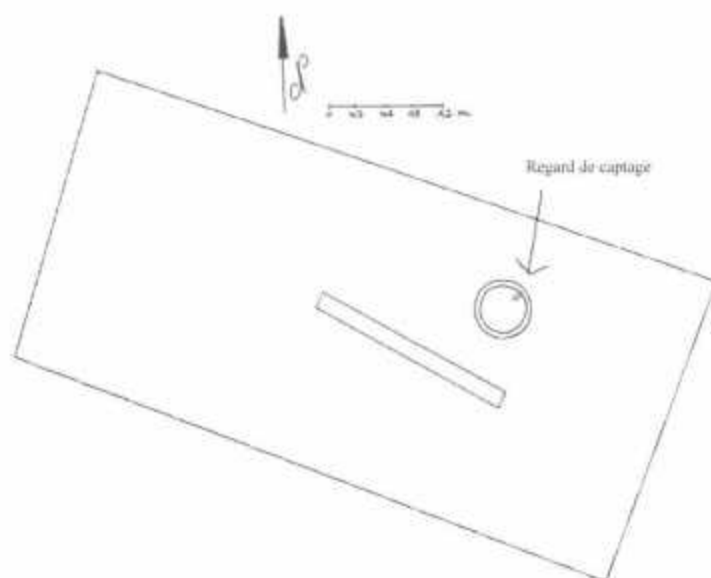
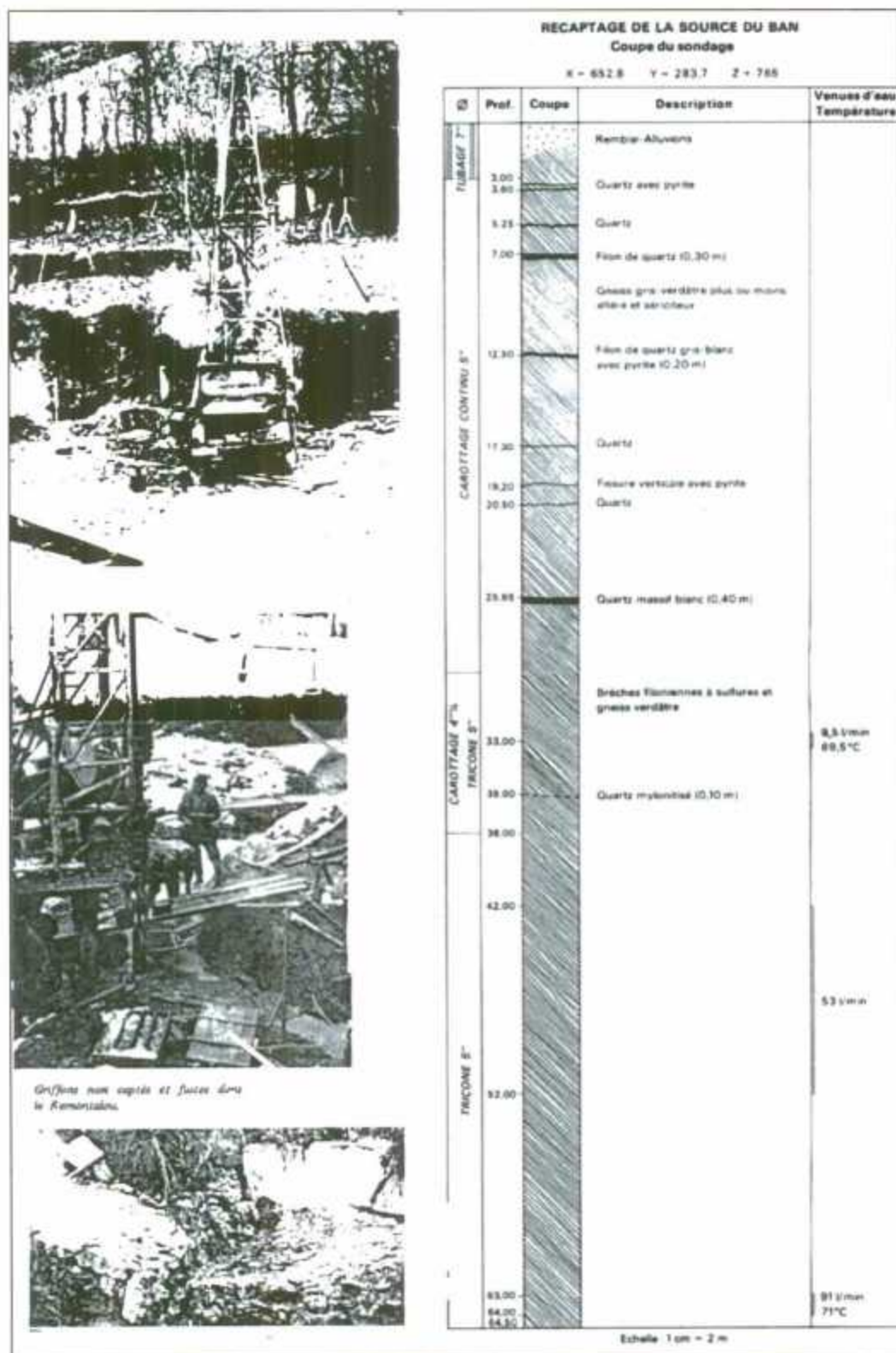


Figure 15 : Plan schématique de la Bonde du Moulin et photo du regard de captage



In doc BRGM, 1971 (CA 18)

Figure 16 : Recaptage de la source du Ban. Coupe du sondage

Indice national : 08136X0007/S
Dénomination : Forage du Ban

Département : Cantal (15)
Commune : Chaudes-Aigues

Date	Conductivité à 25°C $\mu\text{S/cm}$	Temp (°C)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)
4/12/97	1540	73.5	26.5	6.7	280	689.5	81

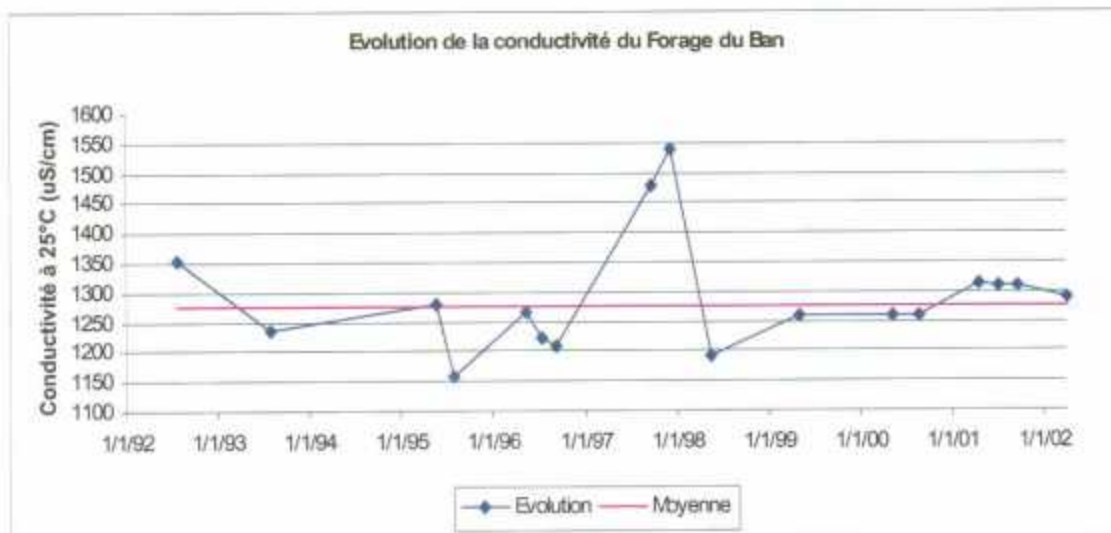
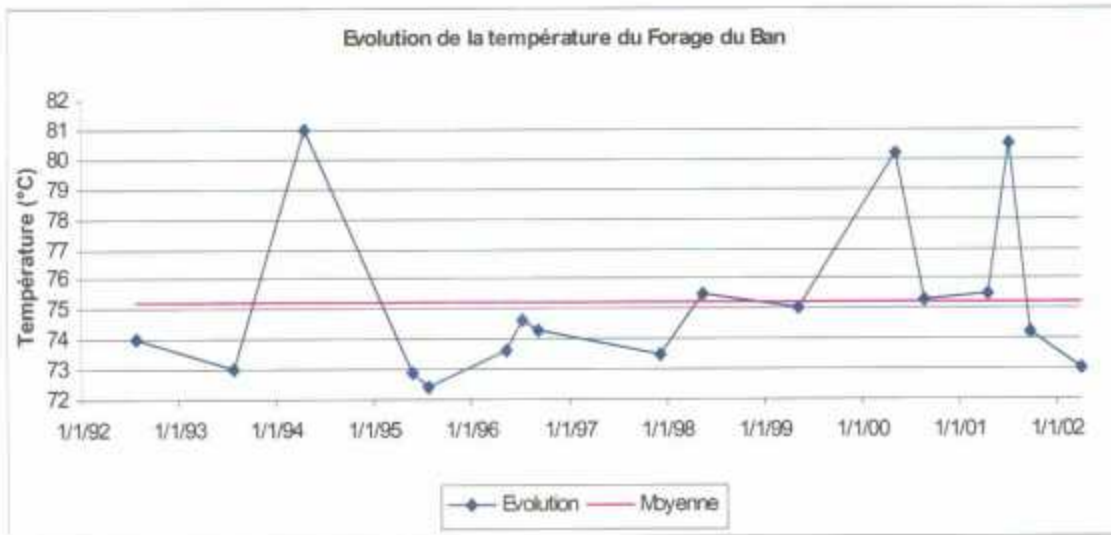


Figure 17 : Caractéristiques physico-chimiques (éléments majeurs) de la source du Forage du Ban et suivi de l'évolution, température et conductivité.

Indice national : 08136X0002/HY
Dénomination : Source du Par

Département : Cantal (15)
Commune : Chaudes-aigues

Date	Conductivité à 25°C $\mu\text{S/cm}$	Temp (°C)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)	Cl (mg/l)
4/12/97	1520	80	26.2	6.5	263	695.6	78.3

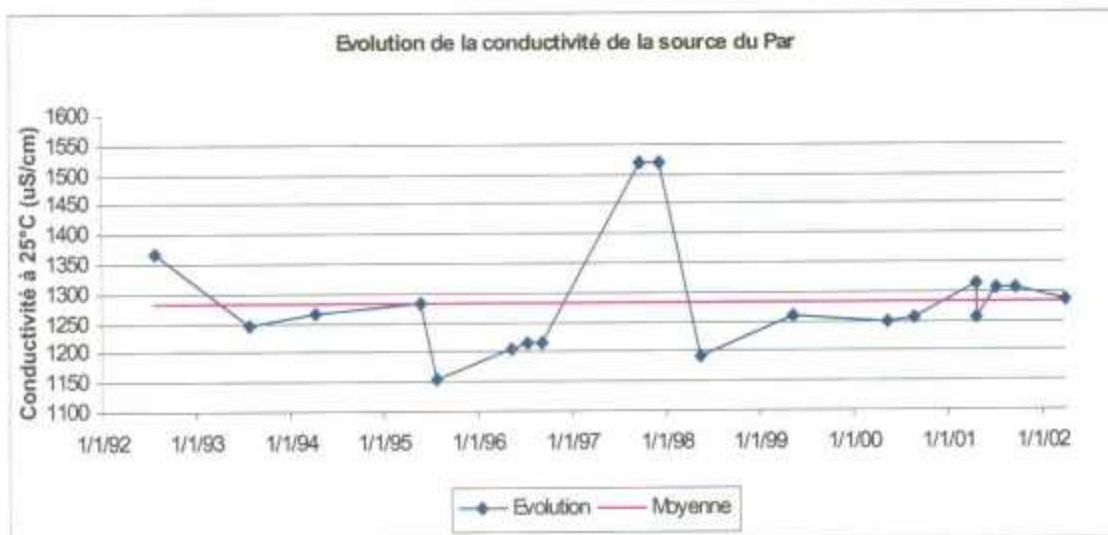
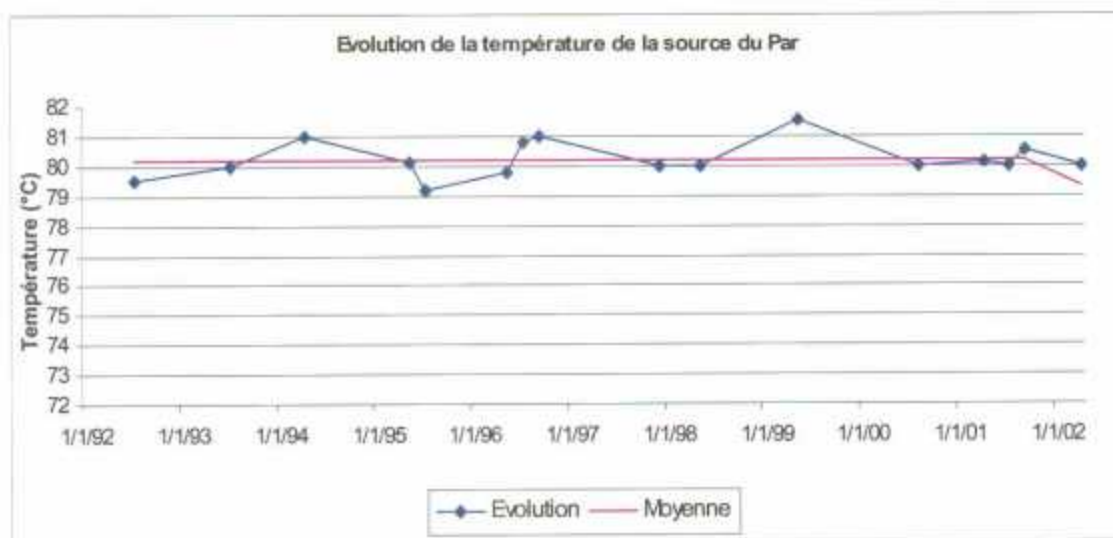
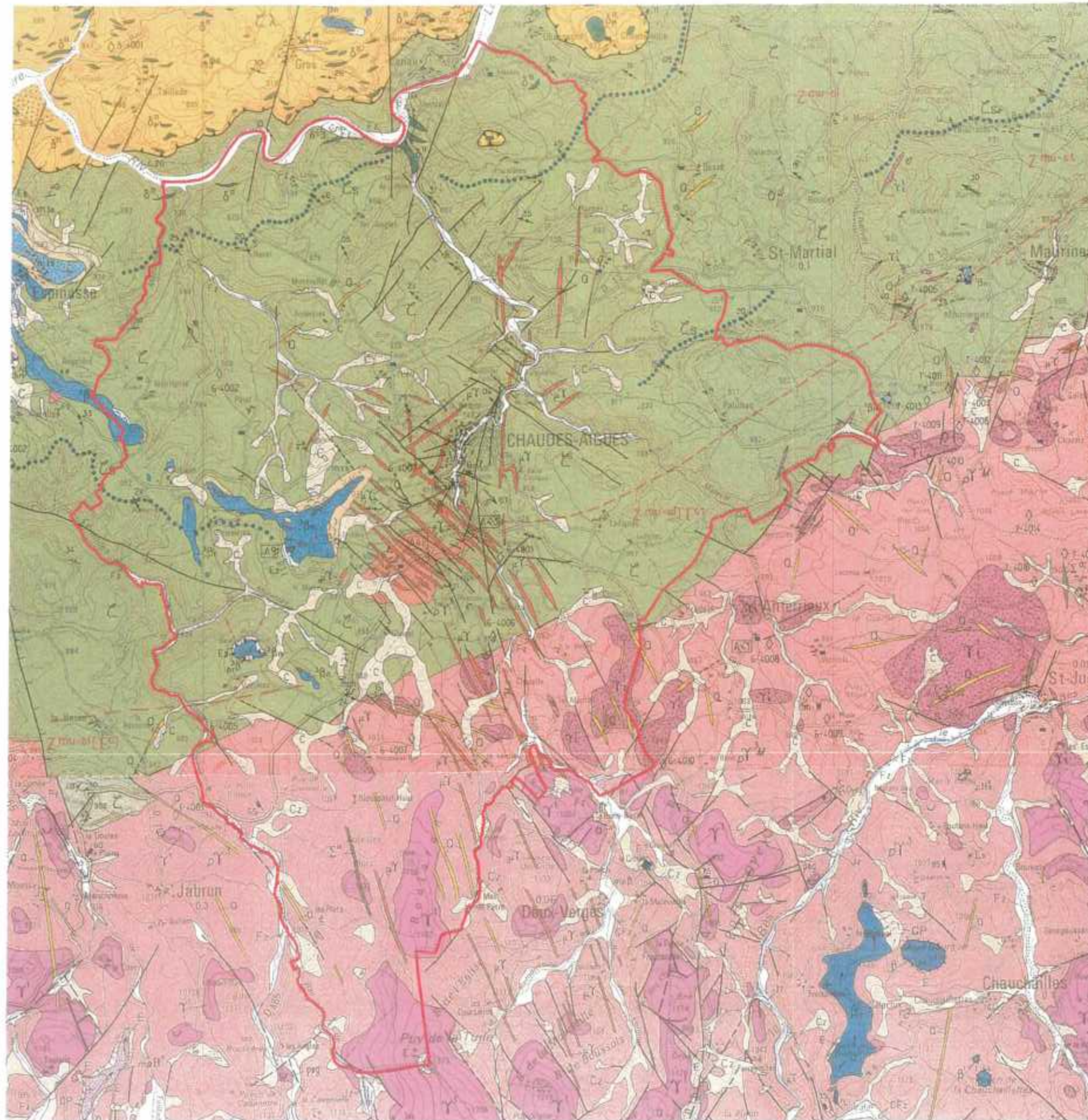


Figure 18 : Caractéristiques physico-chimiques (éléments majeurs) de la source du Par et suivi de l'évolution, température et conductivité.



FORMATIONS CRISTALLOPHYLLIENNES

Unité para-autochtone

- C_1 - Gneiss à biotite-sillimanite
- C_2 - Niveau à nodules de sillimanite
- C_3 - Lenticilles d'amphibolite

Unité allochtone

Groupe leptino-amphibolite

- $C\lambda$ - Gneiss leptyniques
- λS - Intercalations pélitiques à sillimanite souvent en nodules
- $C\lambda'$ - Gneiss leptyniques plus ou moins anastrophiques

FORMATIONS PLUTONIQUES ET FILONIENNES

- γ^1 - Leucogranite à biotite (granite du Port de l'Esbouli)
- γ^2 - Granite monzonitique porphyroïde à biotite (granite de la Margende)
- γ^3 - Granite monzonitique à biotite (granite de Chaudes-Aigues)
- γ^4 - Leucogranites à muscovite et tourmaline (associés au granite de la Margende)
- γ^5 - Leucogranites à muscovite (associés au gneiss de la Trognère)
- $\mu\gamma$ - Filons de microgranite
- $\sigma\alpha$ - Filons de porphyrite
- Q - Filons de quartz
- γ^1 - Filons d'aphte et péridotite

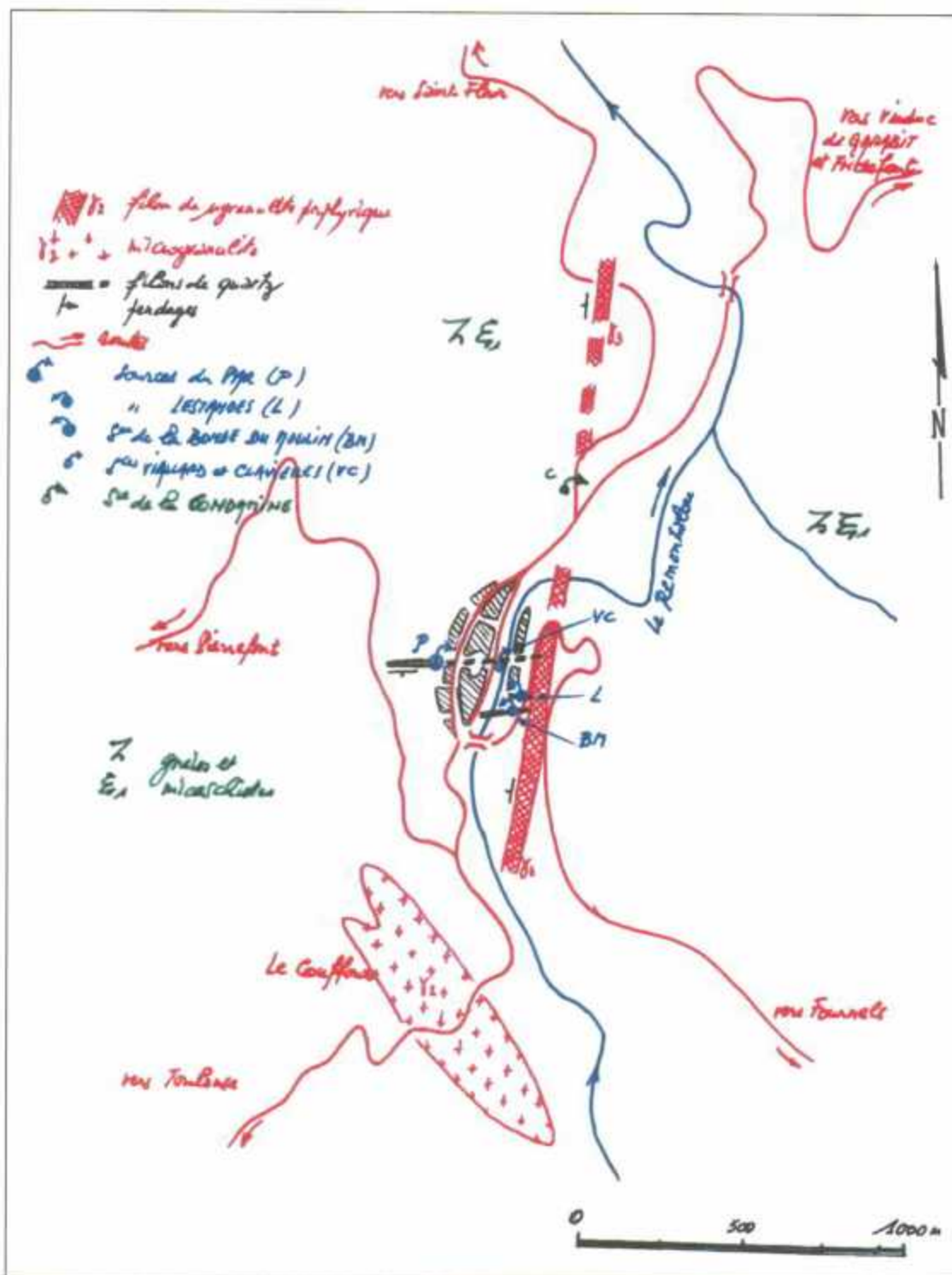
β_h - Basanites et melaphaires (amphibolites, à néphéline (ex. anafon) type ubiquiste, mélanocrate, oligoporphyrifère, pauvre en petits nodules de péridotite - lenticilles de coulées

Facies particulières :

- β_π - riche en grands nodules de péridotite (type Gussac)
- β_p - "semi-porphyrifère" riche en petits phénocristaux de pyroxène et pérodo
- β_b - "leucogranitique" riche en verre brun (Arpère-d'Aucher)
- β_γ - riche en enclaves de roche (Aubagnat, Laroche)

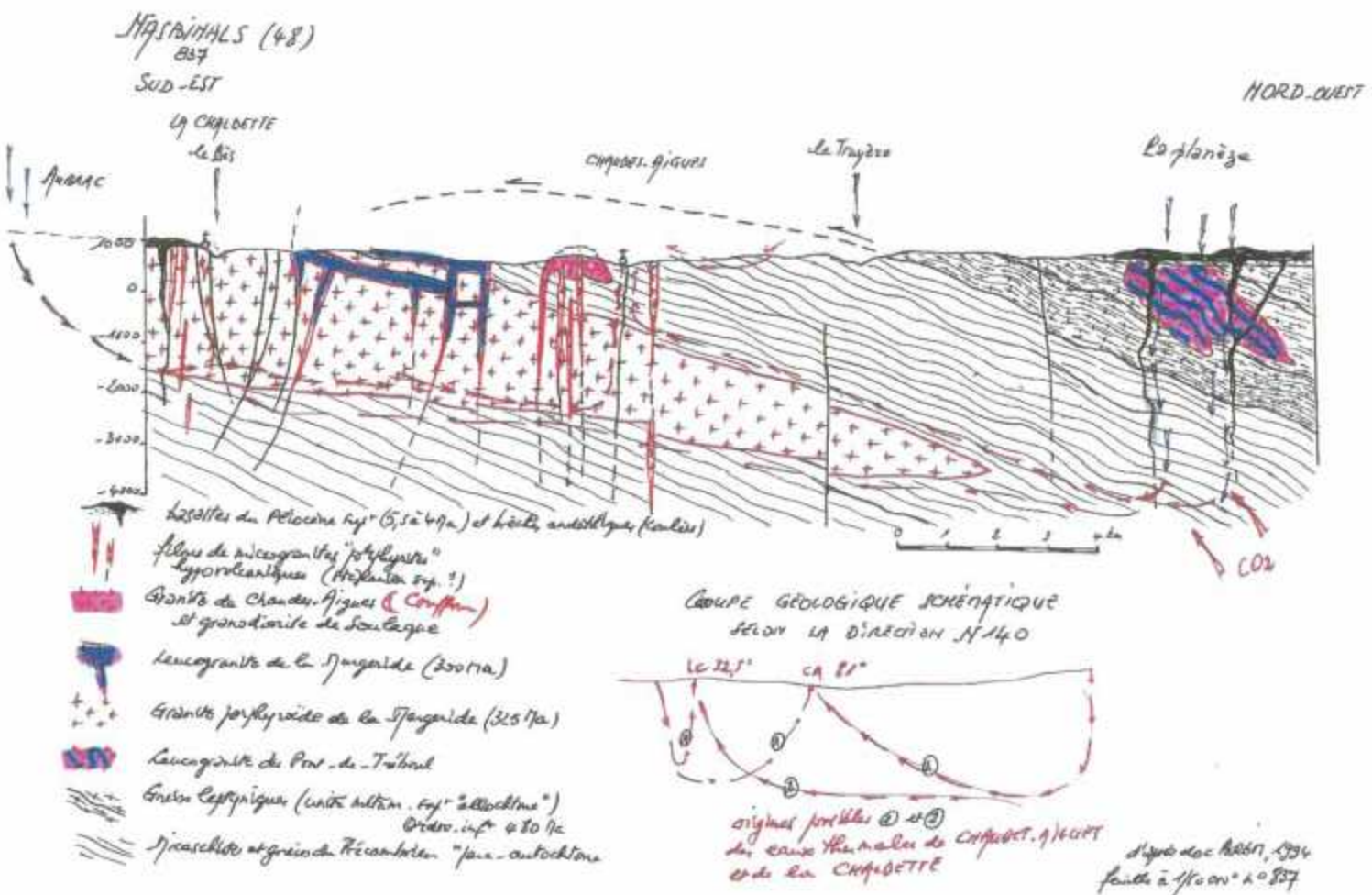
— Limite de la commune

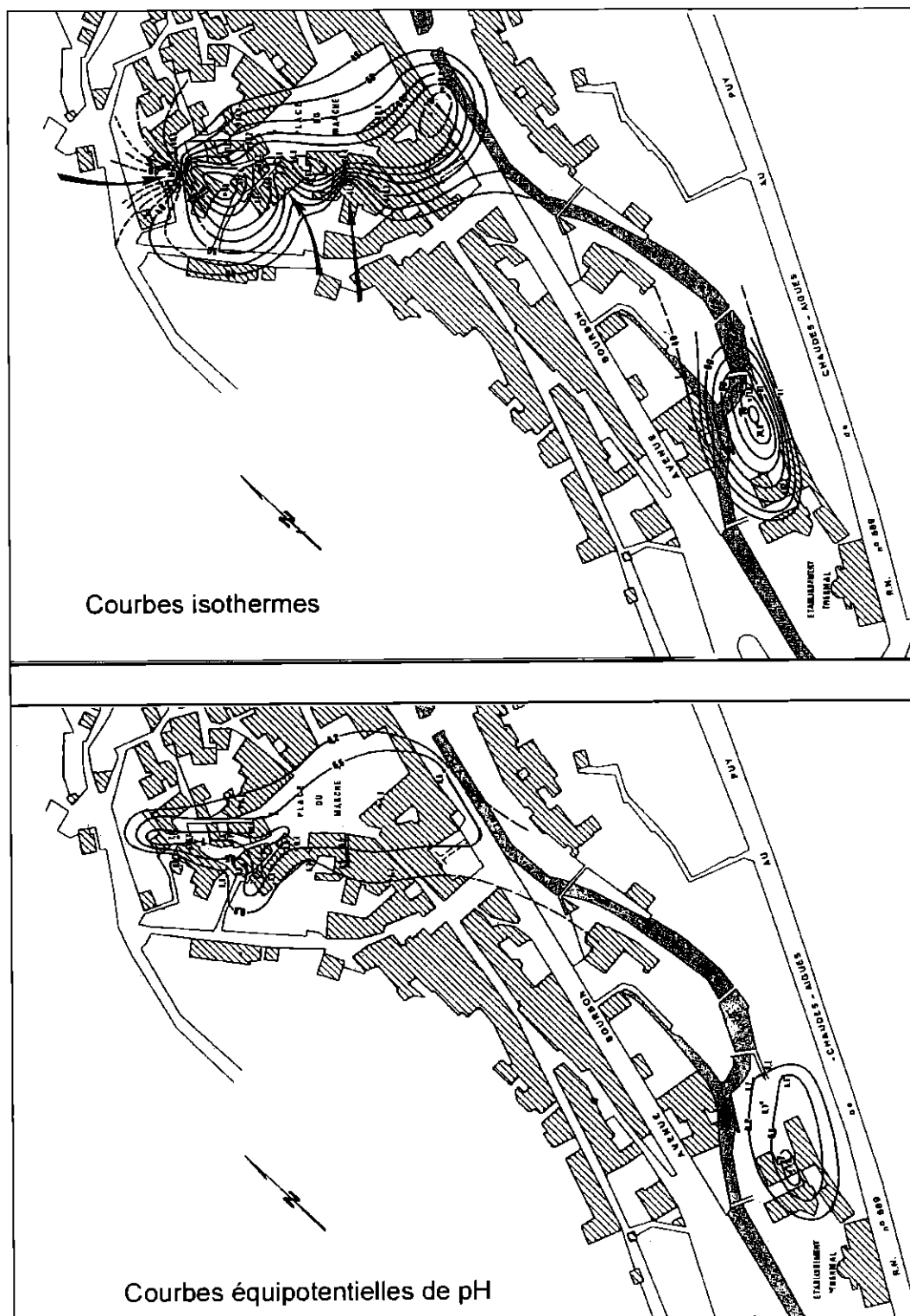




D'après ARDOUREL S., 1965 (CA 4)

Figure 20 : Cadre géologique des environs de Chaudes-Aigues





In doc BERTRAND G. et al, 1977 (CAET 20)

**Figure 22a : Contaminations locales possibles à partir des eaux superficielles
(mesures de température et pH)**

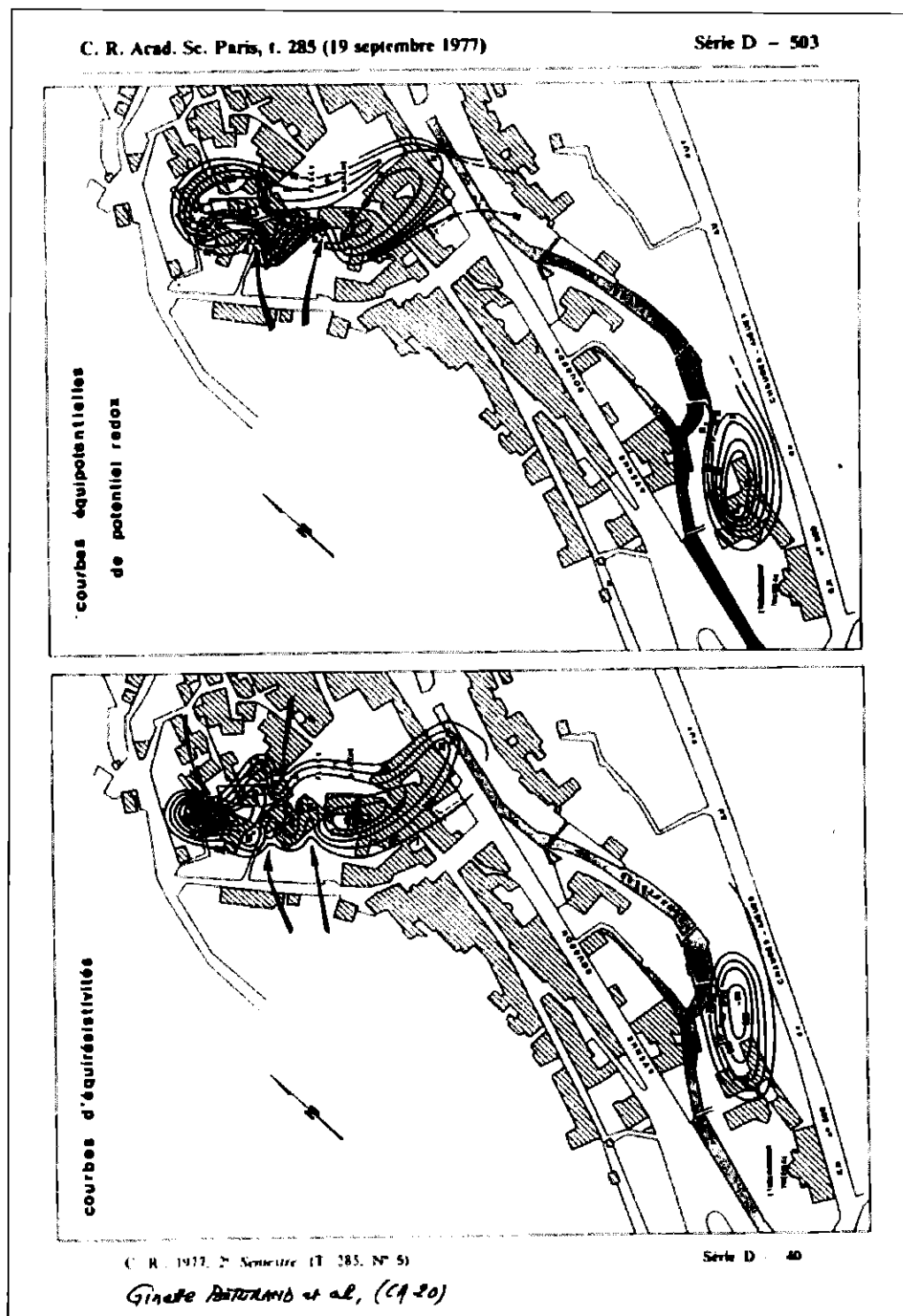


Figure 22b Contaminations locales possibles à partir des eaux superficielles
(mesures de résistivité et potentiel redox)

Figure 23

Localisation des sources AEP
en fonction du contexte géologique.



Légende:

(cf légende de la géologie à la carte 19)

- Sources captées (18)
- Captages AEP projetés (2)
- Limite de commune

Commune de CHAUDES-AIGUES

Rioussalat bas 1

Rioussalat bas 2

Les Saignes

Rioussalat haut 2

Rioussalat haut 1

Boullaran 2

Boullaran 3

Boullaran 1

Les Plots

Commune des DEUX-VERGES

Mas de Pêtre

Magot 2

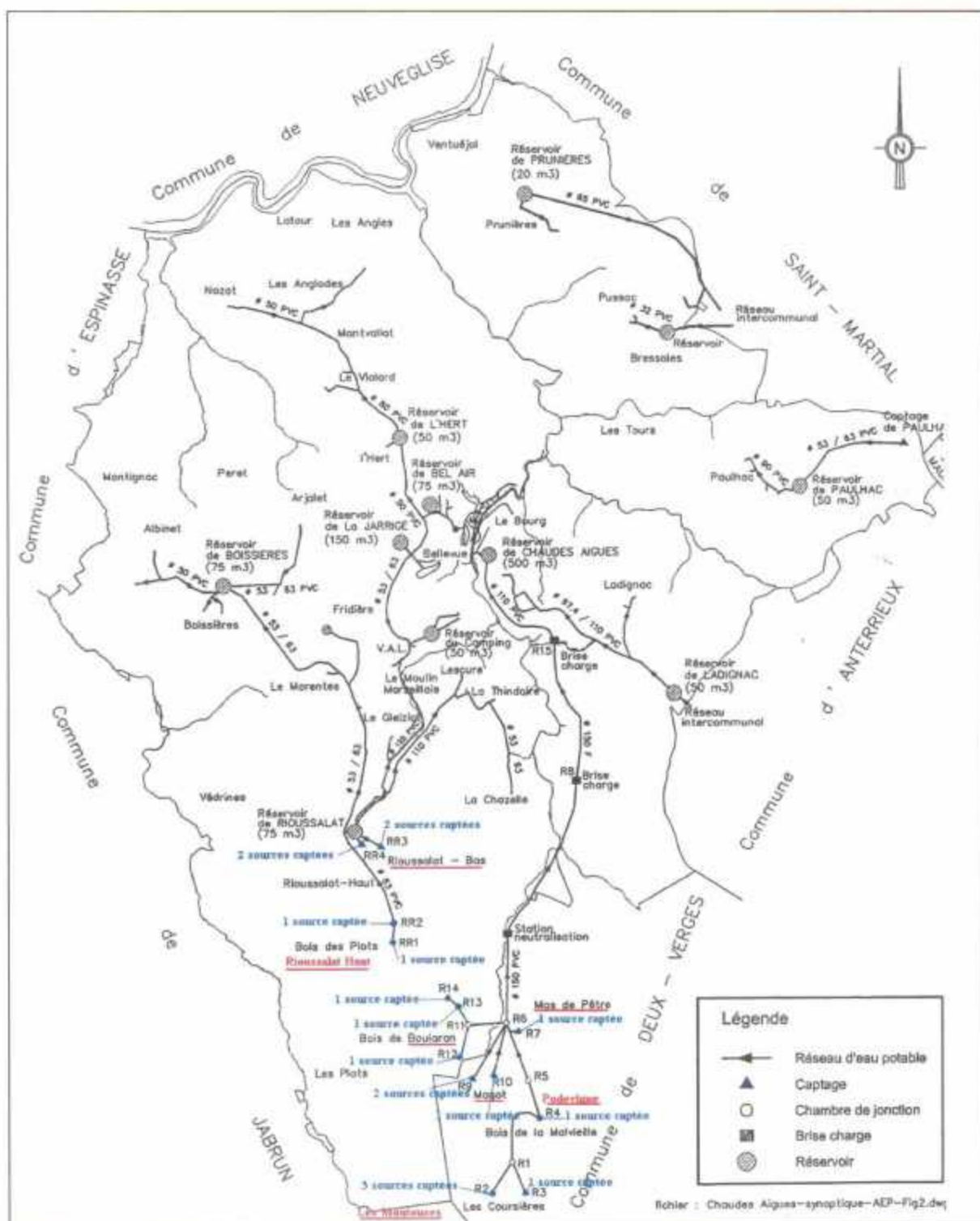
Magot 1

Podevigne

Moutouses 2

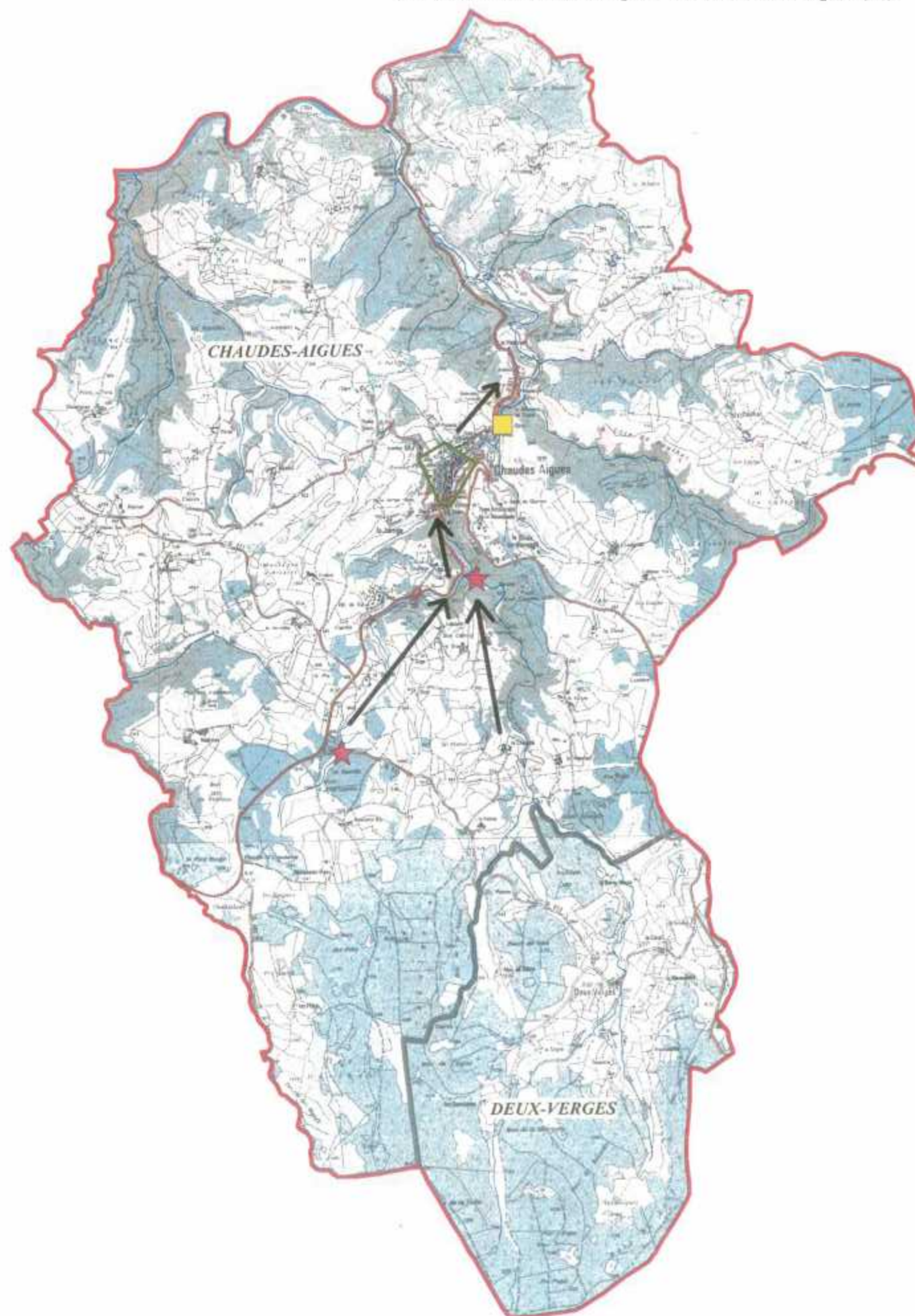
Moutouses 1





D'après CEH, 1999

Figure 24 : Synoptique du réseau AEP complété par les observations de terrain de 2002 (extrait du dossier CEH 1999)



Légende

- Station d'épuration de type boues activées
- Points noirs: sites de mise en décharge
- Secteur des émergences thermales
- Délimitation de la zone d'étude
- Limite entre les deux communes
- Sens des écoulements de surface

ANNEXES

Annexe 1

Lexique et abréviations employées dans le texte

15	Département du Cantal
AEP	Alimentation en Eau Potable
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AM	Arrêté Ministériel
AUV	Région Auvergne
BE CEH	Bureau d'Etudes, CEH (Centre d'Etudes Hydrauliques)
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS	Banque des Données du Sous-Sol
CA	Commune de CHAUDES-AIGUES
CEG	Collège d'Enseignement Général
CRF15	Centre de Rééducation Fonctionnelle du Cantal (à Chaudes-Aigues)
DDASS15	Direction de l'Action Sanitaire et Sociale du Cantal (Aurillac)
DGS	Direction Générale de la Santé
DIP	Déclaration d'Intérêt Public
DRASS	Direction Régionale de l'Action Sanitaire et Sociale
DRIRE	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EC	Eaux chaudes (température > à la moyenne annuelle du lieu)
EM	Eaux minérales
ET	Etablissement Thermal (de Chaudes-Aigues)
ETM	Eaux thermales et minérales
OT	Office de Tourisme (de Chaudes-Aigues)
Pp	Périmètre de protection
PSE	Périmètre Sanitaire d'Emergence
SAEM	Société Anonyme d'Economie Mixte
SGR	Service Géologique Régional

Données techniques

C	Conductivité de l'eau (en micro ou en milliSiemens : $\mu\text{S}/\text{cm}$, ou mS/cm)
(CA12)	Référence bibliographique rappelée en <i>annexe 2</i> .
captages	P = puits, F = forage, S = source, G = galerie
CO ₂	Gaz carbonique (CO ₂ dissous en %, mesuré in-situ au Karat)
griffon	Source émergeant au plus près de son arrivée en surface
Q	Débit (en l/min ou en m ³ /h)
rd	rive droite
rg	rive gauche
T	Température de l'eau en °C

Annexe 2

Bibliographie sur les ressources en eau de la station thermale de CHAUDES-AIGUES (15)

ALIBERT J.L., 1826 : Précis historique sur les eaux minérales les plus usitées en médecine, suivi de quelques renseignements sur les eaux minérales exotiques. Béchet Jeune, éd., Paris

Annales des Mines, 1975 : Fichier des sources d'eaux minérales françaises. Propriétaires, caractéristiques physiques (débits, rabattements, résistivités, températures). Recensement au mois de septembre 1975, 148 p.

Annales des Mines, 1983 : Fichier des sources d'eaux minérales françaises. Hydrochimie. Extrait du n°8-9, 1983, 204 p.

Annales des Mines, 1998 : Les eaux minérales naturelles. L'inventaire complet des sources en France des sources d'eau minérale naturelle en France. Recensement au 1er avril 1998). Réalités industrielles, 124 p. (CA46)

ARDOUREL S., 1965 : Les eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues. Thèse Doct. méd., Fac. Méd Montpellier, n°81 (CA4)

AUBIGNAT A., 1949 : Hydrologie de Chaudes-Aigues. Note technique du 29 janvier 1949. 5 p., et PV de visite du 4 février 1949

AUBIGNAT A., BLANQUET L., TRONCHE R., 1975 : Le bassin hydrominéral de Chaudes-Aigues. (Cantal). Ann. Inst. Hydrol., fasc.2, pp.109-136

AUBIGNAT A., 1975 : Les sources thermo-minérales : leur hydrogéologie, leur captage. Ann. Mines, octobre 1975, pp.9-22

AUBY J.F., 1994 : Les eaux minérales. Que sais-je n°2802, Coll. PUF, 127 p.

AUTHIER A., DUVERNOIS P., 1997 : Patrimoine et traditions du Thermalisme. Ed. Privat, Toulouse. (CA42)

BARDET G., LEPAPE A., 1934 : Analyse de la radio-activité des eaux de Tessières-les-Boullies. Arch. Mines de Clermont-Ferrand

BELLON H., GIBERT J.P., 1975 : Datations absolues du contexte géologique de l'aire d'émergence des eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues, Cantal, France. C.R. Acad. Sc., Paris, t.280, (D) pp.1849-1852 (CA14)

BERARD P., 1987 : Les sources thermales et minérales non utilisées en Lozère : La Chaldette, Jenny et Diva. BRGM 86 LRO 704 PR du 29 décembre 1987, 14 p., 3 fig.

BERARD P., BAUDON-JUVET A., 1991 : Réalisation de deux forages d'AEP dans le secteur de la Garde (Albaret-Ste-Marie - 48). BRGM 91 LRO 901 PR

BERARD P., HUC M., 1993 : Base de données des sources d'eaux thermales et minérales en Languedoc-Roussillon. BRGM R 36 890 4S LRO 93

BERTHIER P., 1820 : Analyse de l'eau de deux sources minérales de Chaudes-Aigues (Cantal). Ann. des mines, t.5, p.499

BERTRAND G., GIBERT J.P., LAUGIER R., 1977 : Caractères physiques et modalités d'émergence des eaux thermales de Chaudes-Aigues (Cantal). C.R. Acad. Sc. Paris, t.285, (D), pp.501-504 (CA20)

BICHEVET D. de, 1893 : Eaux minérales de Chaudes-Aigues. Source dite "la Bonde du Moulin". Rapport de l'Ingénieur des Mines sur la demande d'autorisation d'exploiter. Archives DRIRE à Clermont-Ferrand, 5 p., 1 anal., plan du captage (CA17)

BLANQUET L., TRONCHE P., 1948 : Etude physico-chimique et chimique des eaux de Chaudes-Aigues. 11 p. (CA5)

BLANQUET L., CUVELIER R., THIEBLOT L., TRONCHE P., 1949 : Etude physico-chimique, biologique et physiologique des eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues. Bull. Acad. Méd., 133, pp.393-396

BLANQUET L., CUVELIER R., TRONCHE P., TIXIER G., 1949 : Recherches sur le mode d'action de la cure thermique de Chaudes-Aigues. Sémin. Hôp., 25, pp.1140-1143

BLANQUET L., CUVELIER R., MOURE S., RAYNAL P., 1950 : Bilan d'une enquête sur les indications de la cure hydrominérale de Chaudes-Aigues. Centre méd., juin 1950

BLANQUET L., AUBIGNAT A., CUVELIER A., TRONCHE P., de la TOUR J., 1950 : Le bassin hydrominéral de Chaudes-Aigues. Ann. Inst. Hydrol. et Climato., t.21, 2ème fasc., pp.109-136

BLANQUET L., TRONCHE P., 1959 : Analyses physico-chimiques (doc. Et Thermal CA)

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

BONNARD L., 1908 : La Gaule thermique. Ed. Plon-Nourri, Paris, p.407

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

BOULE M., 1887 : Sur le bassin tertiaire du Malzieu (Lozère). BSGF, t.XVI, vol.3, pp.3-21

BOUT P., 1961 : Le remplissage du bassin du Malzieu (Lozère) et ses enseignements sur la morphogénèse du Massif Central. Revue d'Auvergne, Clermont-Ferrand, t.76, 1, pp.11-26

BOUT P., DE GOER DE HERVE A., 1976 : Le volcanisme pré-quaternaire, pléistocène et holocène dans le Massif Central français. La Préhistoire française. CNRS, Paris, 1, pp.304-310

BREMONT G., 1831 : Matière médicale des eaux thermales de Chaudes-Aigues, spécialement considérées sous le rapport des bains. Impr. Viallefont, Saint-Flour

BREMONT G., 1850 : Considérations sur les plus belles cures opérées aux thermes de Chaudesaigues en 1850 (Saint-Flour, 1851)

BREMONT G., 1853 : Eaux thermales de Chaudes-Aigues, saison des bains de 1853. Archives du départ. du Cantal

BRGM, 1972 : Atlas des ressources naturelles du sous-sol du département du Cantal, possibilités d'utilisation industrielle

BRGM, 1975 : Inventaire des ressources naturelles du département du Cantal : ressources minières, matériaux de carrière, sources minérales et thermales. Rapport BRGM, 75 SGN 096 MCE

CAILLEAUX P., FOUILLAC C., MICHARD G., OUZOUNIAN C., 1976 : Etude géochimique des sources thermales de Chaudes-Aigues (Cantal). Conséquences géothermiques. C.R. Acad. Sc. Fr., Paris, 282, (D), pp.1237-1240 (CA12)

CARRERE J.B.F., 1885 : Catalogue raisonné des ouvrages qui ont été publiés sur les eaux minérales en général, et sur celles de la France en particulier. Source "La Chaudette", mentionnée p.489, Cailleau éd., Paris

CHABROL E., 1931 : L'auvergne thermale à l'époque gallo-romaine. I Vol.

CHASSANG P., 1982 : Chaudes-Aigues, une description, une histoire. Préface du Dr Pierre RAYNAL. Ed. Gerbert, 336 p. (CA35)

CHEVALLIER A., 1828 : Essai sur Chaudes-Aigues, département du Cantal, et analyses des eaux minérales-thermales de cette ville, entrepris par ordre de S-Exc. le Ministre de l'Intérieur. Pharmacien, membre de l'Académie Royale de Médecine (et observations du Dr VERDIER), 82 p., (réédition Res Universis Paris, 1991, les eaux de Chaudes-Aigues) (CA34)

CHEVALLIER A., LONGECHAMP, CAVENTOU, 1828 : Essai sur Chaudes-Aigues. Analyse de la source du PAR. Annuaire des eaux minérales

CLUSEAU R., MUNCK F., 1965 : Contribution à l'étude de la structure du massif volcanique du Cantal par sondages électriques. BRGM DS-A4-10, inédit

CODEF Ingénierie, 1995 : Etablissement thermal de Chaudes-Aigues. Audit technique. 22 p., annexes (CA3)

COINÇON R., TARDY Y., GODARD A., 1976 : Les enseignements d'ordre morphogénique et paléoclimatique apportés par l'étude des bassins de l'Ouest de la Margeride. Revue géomorph. dyn., t.25, n°3, pp.81-91

COLIN F., 1966 et 1971 : Etude géologique du volcanisme basaltique de l'Aubrac (Massif Central français). Thèse Etat, Clermont-Ferrand, 1966. Mém. BRGM, n°62 (1971), 250 p., + 1 carte h.t.

CONSTANS J., 1997 : Du sacré à la santé : vers un thermalisme moderne par la science au service de l'empirisme. Mémoire Inst. Form. Cadres de Santé de Montpellier, 59 p. (CA41)

COQUE-DELHUILLE B., PAUL S., 1977 : L'apport de la télédétection par radar latéral aéroporté à l'étude des socles cristallins : l'exemple de la Margeride occidentale. Revue. Géomorph. Dynamique, t.26, pp.113-120

COQUE-DELHUILLE B., 1979 : Les formations superficielles et leur signification géomorphologique dans les régions de roches cristallines : l'exemple des plateaux de la Margeride occidentale (Massif Central français). Revue géol. dyn., géo., phys., v.21, fasc.2, pp.127-146

COUTURIE J.P., ROQUES M., VACHETTE M., 1971 : Age calédonien tardif du granite de la Margeride (Massif Central français) et âge hercynien des leucogranites qui le traversent. C.R. Acad. Sc., Paris, 272, pp.3235-3238

COUTURIE J.P., 1977 : Le massif granitique de la Margeride (Massif Central français). Etude pétrographique, géochimique et structurale. Thèse Etat, Clermont-Ferrand. Annales Sc. Univ. Clermont-Ferrand, n°62, 320 p., Géol. Min., fasc.29

COUTURIE J.P., CAEN-VACHETTE M., VIALETTE Y., 1979 : Age namurien d'un laccolite granitique différencié par gravité : le granite de la Margeride (Massif Central français). C.R. Acad. Sc., Paris, 289 D, pp.449-452

COUTURIE J.P., CAEN-VACHETTE M., 1980 : Age westphalien des leucogranitiques recoupant le granite de la Margeride (Massif Central français). C.R. Acad. Sc., Paris, 291, pp.43-46

CROZET R., 1995 (?) : L'Auvergne qui guérit. Ed AEDIS, Vichy, 189 p.

DERAIN M., 1998 : Société thermale de Chaudes-Aigues. Captage, transport et mélange de l'eau thermale. Mémoire. 16 p. (CA8)

DERIBIER M., 1904 : Les stations thermales et les eaux minérales en France sous l'ancien régime. I vol., Pousset édit., Paris.

DESSAURET, 1834 : Projet d'un établissement thermal à Chaudesaigues. Paris

DGSS, 1981 : Sources d'eaux minérales exploitées par département avec caractéristiques (7 p., tableaux, septembre 1981)

DUCLOS, 1675 : Observations sur les eaux minérales de plusieurs provinces de France. I vol., édit de Paris.

DUFRESNE de CHASSAIGNE, 1855 : Rapport sur les eaux thermales de Chaudes-Aigues. Impr. Viallefont, Saint-Flour

DUPIS A., GIBERT J.P., 1977 : Apport de la magnéto-tellurique de faible profondeur aux études hydrogéologiques : l'exemple de l'aire d'émergence d'eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues (Cantal, France). CNRS, CR Ac. des Sc., série D, pp.139-142 (CA19)

DUPUY G., 1998 : CHAUDES-AIGUES, la chaleur de la terre. Massif Central magazine, hors-série, été 98. Sur la route des villes d'eau, pp. 78-83 (CA38)

FAYOLLE, 1908-1909 : Les eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues. Thèse méd., Paris, n°123

FELGERES C., 1904 : Etude historique sur la Baronnie de Chaudesaigues depuis ses origines (XI^{ème} siècle) jusqu'en 1789. Ed. Champion, 1 vol., Paris, p.409

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

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

FOUILLAC C., MICHARD M., 1981 : Geochemistry of waters from Chaudes-Aigues, Massif Central, France. Manuscrit inédit

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

GAILLARD A.L., 1936 : Les eaux hyperthermales de CHAUDES-AIGUES (Cantal) et leurs indications thérapeutiques. Thèse doct. méd., Univ. Bordeaux, n°59 (CA26)

GEFFROY J., KRAUT F., 1952 : Signification génétique de l'adulaire dans le gisement plombo-zincifère de Magnac (Cantal). CR som. Soc. Géol. Fr., pp.304-306

GIBERT J.P., PAUL S., 1974 : Télédétection et géologie de terrain sur le secteur de Chaudes-Aigues (Cantal). Bull. inform. IGN, n°27, pp.17- 22

- GIBERT J.P., PAUL S., 1974 : Etude de l'aire d'émergence des eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues (Cantal). CR rech. DGRST, Action concertée Géothermie, partie télédétection, 12 p.
- GIBERT J.P., SOREL D., VERGELY P., 1975 : Tectonique cassante polyphasée et émergences d'eaux hyperthermales : le site de Chaudes-Aigues (Cantal). BSGF, (7), XVII, n°4, pp.629-636 (CA13)
- GIBERT J.P., 1976 : Etude de l'aire d'émergence d'eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues (Cantal). CR de fin d'étude DGRST/Univ. Paris-Sud, 35 p.
- GIBERT J.P., PAUL S., 1976: Directions tectoniques télédétectées par radar latéral aéroporté dans le secteur de Chaudes-Aigues (Cantal, France). Photogrammetria, 32, pp.15-24, Amsterdam
- GIBERT J.P., 1978 : Circulations de fluides dans les environs de Chaudes-Aigues (Cantal, France) avec précipitation d'halotrichite-pickeringite. Univ. Paris-Sud, bull. de Minéralogie, pp.573-574
- GIBERT J.P., 1980 : L'homme et la chaleur de la terre. Brochure
- GIBERT J.P., 1981 : CHAUDES-AIGUES et ses environs. Géologie, hydrologie, minéralogie. Ed. de Bussac, Clermont-Ferrand, 48 p. (CA36)
- GIBERT J.P., PAUL S., 1983 : Télédétection aérienne et phénomènes géothermiques; bilan des recherches technologiques et méthodologiques sur le site naturel de Chaudes-Aigues (Cantal, France). Univ. Paris 11, Cahiers géologiques, pp. 641-666 (CA16)
- GIBERT J.P., LAUGIER R., MASSICOT P., 1996 : Observations sur un groupe de sources minérales en Auvergne. CR ac. Sc, série II, pp.999-1006
- GIBERT J.P., JAUDIN F., 1999 : Using geothermal water in France ; the district heating system of Chaudes-Aigues from the Middle ages. Geothermal Ressource Council, USA, 20 p.
- GLANGEAUD P., 1922 : Le bassin oligocène effondré de Saint-Flour - Le Malzieu. La Truyère miocène, affluent de l'Allier. C.R. Acad. Sc., Paris, t.173, pp.919-921, t.174, pp.401-404
- GOËR de HERVE A.de, BURG J.P., COUTURIE J.P., DEPUECH A., DUTHOU J.L., ETIENNE R., MERCIER-BATARD F., PERICHAUD J.J., PIN C., TORT M., TURLAND M., 1991 : Notice explicative de la feuille de Chaudes-Aigues à 1/50 000 (n°813). Ed. BRGM (CA45)
- GRAVELINE F., 1994 : CHAUDES-AIGUES, les eaux les plus chaudes d'Europe, les sources ont de la ressource. GEOTHERMIE, l'énergie des volcans (doc. BRGM). Massif Central magazine, n°1, janv.-fév. 1994, pp. 10-16 et 18-19 (CA40)
- HENOU B., 1973 : Les sources minérales et thermales du Cantal : leur cadre géologique. Massif Central français. Thèse 3ème cycle, Clermont-Ferrand, 133 p., 2 cartes ann. (CA21)
- HENOU B., 1975 : Inventaire des ressources naturelles du département du Cantal "Sources minérales et thermales". BRGM 75 SGN 096 MCE, (annexe à la thèse de 1973), 120 p., 61 fiches, 1 carte ann. (CA10)
- ICHER J., 1975 : La station thermale de CHAUDES-AIGUES, son histoire, ses eaux hyperthermales, ses indications. Thèse n°325, doct. méd., Univ. Bordeaux II, 85 p. (CA37)
- JACQUOT E., WILLM M., 1894 : Les eaux minérales de la France. Etudes chimiques et géologiques entreprises conformément au vœu émis par l'Académie de Médecine. Librairie polytechnique, Baudry et C^{ie} éd., Paris, 1 vol., 602 p.

- JODOT P., REY R., 1956 : Observations stratigraphiques et malacologiques sur les bassins lacustres de St-Alban-sur-Limagnole (Lozère) et de Massiac (Cantal). BSGF, (6), t.VI, pp.937-968
- JUNG J., 1936 : Sur les gneiss à sillimanite de Chaudes-Aigues (Cantal). Rev. Sc. Nat. Auv., t.2, fasc.4, p.178
- JUNG J., 1939 : Introduction à la température des source dans les départements du Puy de Dôme, Cantal, Corrèze, Haute-Loire. Rev. Sc. Nat. Auv., t.5, fasc., fasc.3-4, p.74
- JUNG J., 1946 : Géologie de l'Auvergne et de ses confins bourbonnais et limousins. I vol., Imp. Nationale, Paris.
- LABOUE M., 1982 : Etude structurale du massif granitique de la Margeride. Thèse 3ème cycle, Clermont-Ferrand, 170 p.
- LANGENNIEUX-VILLARD P., 1990 : Les stations thermales en France. Que sais-je, n°229, Coll. PUF 125 p.
- LAPADU-HARGUES P., 1947a : Les massifs de la Margeride et du Mont-Lozère et leurs bordures. Bull. Serv. Carte géol. France, t.XLVI, n°212
- LAPADU-HARGUES P., 1947b : Une grande région de faible résistance dans la partie médiane du Massif Central français. BSGF, XVII, pp.55-59
- LAPADU-HARGUES P., 1951 : La structure du socle hercynien au Sud du Massif du Cantal. Feuilles de Saint-Flour et d'Aurillac à 1/80 000. BSGF, t.49, n°232, pp.179-191
- LAPADU-HARGUES P., 1953 : Note sur la constitution du dépôt de la source du Par de Chaudes-Aigues (Cantal). Revue Sc. Nat. Auvergne, fasc.1-2, pp.25-27
- LAPADU-HARGUES P., 1971 : En parcourant le Cantal. Plein Air Service, Clermont-Ferrand
- LAUBY A., GARRIGOU F., 1920 : La source thermo-minérale et la station de la Chaldette. Imp. typogr. A. Privat, Mende, 98 p.
- LAUNAY L. de, 1899 : Les sources thermo-minérales. Origine des eaux thermo-minérales, géologie, propriétés physiques et chimiques. Libr. Polytechnique. Ed. Baudry et Cie, Paris, 642 p.
- LAUNAY L. de, 1899 : Recherche, captage, et aménagement des sources thermo-minérales. Paris, Baudry, 1 vol., in-8°, 635 p., 160 fig.
- LAUNAY L. de, 1906 : Observations géologiques sur quelques sources thermales (Cestona, Bagnoles, Chaudes-Aigues, Mont-Dore, etc.). Ann. des Mines, t.IX, 10, pp.5-46
- LAUNAY L. de, 1906 : Sources de Chaudes-Aigues. Géologie. Ann. des Mines, 10, p.27
- LECOQ H., 1836 : Chaudes-Aigues et ses eaux thermales. Ann. scientifiques, historiques et industrielles
- LECOQ H., 1865 : Les eaux minérales du Massif Central de la France. Ed. Rothschild, Paris, 256 p.
- LEPAPE A., 1924 : Les données numériques actuelles sur la radioactivité des sources thermales françaises. Ann. Inst. Hydrol., Climatol. (Collège de France), t.III, fasc. n°1, p.43 et n°2, p.126
- LIEVRE H., GIBERT J.P., BROUSSE R., 1985 : Chaudes-Aigues : modèle géothermique d'un site historique (Enregistrement vidéo)

- LOPOUKHINE M., 1978 : Etude d'implantation en France d'une microcentrale électrique exploitant l'énergie géothermique. BRGM 78 SGN 304 GTH, RR-08175-FR, 50 p., (CA43)
- LOPOUKHINE M., 1978 : Etude d'implantation en France d'une microcentrale électrique exploitant l'énergie géothermique. Caractéristiques techniques du projet de Chaudes-Aigues (Cantal). BRGM-SOFRETES, 78 SGN 502 GTH, RR-00754-FR, 11 p. (CA44)
- LORMAND C., 1925-1927 : Analyses chimiques de l'eau de Chaudes-Aigues (Cantal). Ann. Inst. Hydro. Clim., t.III, p.11 et t.V, p.64
- LORMAND C., 1928 : Analyse des eaux de Chaudes-Aigues (analyse chimique de la source du PAR). Presse Thermale et Clim., p.151
- MAISONNEUVE J., RISLER J.J., 1974 : Le gaz carbonique hydrothermal en Auvergne. Rev. Sci. Nat. d'Auvergne, 40, pp.27-47
- MICHEL K., 2000 : Le thermalisme de Chaudes-Aigues. DEUG II de STU (CA39)
- MICHARD G., FOUILLAC C., GRIMAUD D., DENIS J., 1981 : Une méthode globale d'estimation des températures des réservoirs alimentant les sources thermales. Exemple du Massif Central Français. Géochim. Cosmochim. Acta, 45, pp. 1199-1207
- NIVET V., 1855 : Les eaux minérales du Cantal. Dict. stat. et hist. du Cantal, pp.405-452
- PAUL S., GIBERT J.P., PONTIER L., DECHAMBENOY C., MENENGER L., 1976 : A surface thermal anomaly in the region of Chaudes-Aigues (France) detected on aerial thermographs. Remote sensing of Environment, 5, pp.177-190
- PERRAZI J., 1984 : Contribution à l'étude de la station thermale de Chaudes-Aigues (Cantal). Thèse Doct. Univ. Pharmacie Clermont-Ferrand 1 (CA7)
- PESME M.F., 1974 : Contribution à l'étude géologique du Cantal méridional et du Nord de l'Aubrac. Thèse 3ème cycle, Orsay, 153 p.
- PODEVIGNE E-J-B., 1833 : Dissertation sur les eaux minérales de Chaudes-Aigues (Cantal) : topographie du lieu : description des sources, leur usage domestiques et médicaux, ..., précédés de quelques généralités sur les eaux minérales en général. Thèse Fac. médecine Paris, 36 p.
- POURQUIER J.F., 1983 : Les eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues (Cantal). Thèse Doct. médecine, Univ. Clermont-Ferrand 1 (CA32)
- REQUIER P., 1986 : Evolution du thermalisme en France et en région Auvergne. Thèse Pharmacie Rouen, France, Auvergne
- RESTITUITO J., 1971 : La vallée de la Truyère entre Garabit (Cantal) et Sarrans (Aveyron). Massif Central français. Le métamorphisme à muscovite-sillimanite, les niveaux sédimentaires et les ressources thermales. Thèse 3ème cycle, Clermont-Ferrand, 175 p., + annexes (2 cartes) (CA11)
- REY R., 1949 : Stratigraphie des bassins tertiaires de Saint-Alban et du Malzieu (Lozère), de Saint-Flour et de Neussargues (Cantal). C.R. Acad. Sc. Paris, t.299, (D), pp.63-65
- RIBIER du CHATELET M. de (Docteur), 1852 : Dictionnaire statistique du Cantal. Aurillac
- RIBIER du CHATELET M. de (Docteur), 1853 : Dictionnaire statistique et historique du département du Cantal. Impr. Picut et Bonnet, Aurillac, 3, pp.160-170

- RIBIER M. de (Docteur), 1904 : Les stations thermales et les eaux minérales en France sous l'ancien régime. Ed. Rousset J., Paris
- RICOUR J., POMEROL C., 1992 : Terroirs et Thermalisme de France. Les eaux minérales françaises. Editions du BRGM, 288 p. (CA23)
- RISLER J.J., 1974 : Description et classification géologique des sources minérales et thermales du Massif Central. BRGM 74 SGN 418 MCE
- RISLER J.J., DAGUE, JEAMBRUN, 1974 : Chaudes-Aigues, recaptage de la source du BAN. Détail des travaux de forage au marteau fond de trou réalisés sur le site du Moulin du Ban du 28 janvier au 8 février 1974. Plaquette BRGM, 4 p., coupe géol., anal., photos (CA18)
- RISLER J.J., 1974 : Apport des données de l'analyse chimique à l'étude de la thermalité des sources chaudes issues du Massif Central français. Utilisation de deux géothermomètres. BRGM 74 SGN 430 MCE
- RISLER J.J., 1976 : Point des travaux d'analyses chimiques et isotopiques réalisées sur les eaux thermo-minérales du Massif Central français. BRGM 76 SGN 450 MCE
- RISLER J.J., 1977 : Caractéristiques chimiques et isotopiques des gaz de quelques sources thermo-minérales du Massif Central français. XVIII Congr. Soc. Intern. Techn. Hydroth. Chaude, Fontaine les Bains, Belgique
- ROGER G., 1967 : Sur une tectonique cassante affectant les sédiments oligocènes et les basaltes pliocènes des environs de Massiac. CR Soc. Géol. Fr., fasc.2, pp.37-39
- ROUIRE J., ROUSSET C., 1973 : Causses, Cévennes, Aubrac. Guides géologiques régionaux, Masson, Paris, 190 p.
- ROUX J., 1962 : Séquelles d'activité du volcanisme en Haute Auvergne. C.R. Somm. Soc. Géol. Fr., fasc.2, p.38
- RUDEL A., 1974 : Sources merveilleuses d'Auvergne et du Bourbonnais. Volcans édit, Clermont-Ferrand, carte n°2.
- 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
- SIRNA C., 1980 : Tectonique cassante des granites de Grandrieu - Margeride. Thèse 3ème cycle, Université Louis Pasteur, Strasbourg
- TASSY, 1842 : Dépôts stalactiformes produits dans les tuyaux où circulent les eaux minérales de Chaudes-Aigues (Cantal). BSGF, série I, t.14, p.71
- TEILHARD J., 1842 : Recherches sur les propriétés médicales des eaux minérales, thermales, et froides de Chaudes-Aigues. Impr. Viallefont, Saint-Flour
- Thermalisme en Auvergne, 1966 : Ed. Regards par la France, II, p.29
- THERMAUVERGNE, 1996 : Thérapeutique thermale en Auvergne. Bilan et perspectives de la recherche. 96 p. (CA27)
- THUIZAT R., 1973 : Etude de la constitution isotopique de l'argon contenu dans les gaz d'accompagnement de certaines sources minérales du Puy-de-Dôme, de l'Allier, du Cantal, de la Creuse. Les sources thermo-minérales de Chatel-Guyon et leur environnement géologique (M.C.F.). Thèse 3° cycle pétrographie, Clermont-Ferrand, 128 p.

UFG (collectif), 2001 : Différents articles dans la revue "Géologues" n°130-131 de décembre 2001, consacrés à la géologie et à l'hydrogéologie du Massif Central (CA24)

VAISSADE L. A., 1893 : Etude sur les eaux thermales de Chaudesaigues. Thèse méd. Montpellier, n°12, Imp. du Midi

VASSEUR G., MICHARD G., FOUILLAC C., 1997 : Contraintes sur la structure profonde et le fonctionnement du système hydrothermal de Chaudes-Aigues (France). BRGM, Bull. Hydrogéologie, n°4, pp.3-17, 14 fig., 2 tabl. (CA15)

VEDRINES E., 1887 : Etude sur les eaux minérales du Cantal. n°426, 60 p.

VEDRINES E., 1888 : Les eaux minérales de Chaudes-Aigues. Thèse méd. Paris, n°426

VERZIER P., 1983 : Microcentrale géothermique de Chaudes-Aigues (Cantal). Rapport final. BRGM 83 SGN 698 GTH, RR-19590-FR,33 p. (CA33)

VIDAL J., 1924 : Etude sur Montchanson-les-Eaux. 1er janvier 1924

VUITTENEZ H., 1973 : Géologie cantalienne. Colmar SAEP édit., Aurillac, carte n°1.

ZETTWOOG T., 1998: Avis de la DIRE (Ing. des Mines) sur les demandes d'autorisation d'exploitation, de transport et de mélange de l'eau de trois émergences dites du PAR, de la BONDE DU MOULIN et du forage du BAN, présentée par de M. le Docteur P. RAYNAL, Président de la société Thermale de Chaudes-Aigues. 9 décembre 1998, 11 p., 2 fig., 1 plan (CA9a)

X , 1949 (?) : Note sur la géologie générale de Chaudes-Aigues (doc partiel CA6)

X , ? : Etablissement thermal de Chaudes-Aigues rénové en 1964. Plaquette publicitaire communiquée par la DDASS15 (CA22)

Plaquettes et dépliants du SI de Chaudes-Aigues, dont GEOTHERMIA. Office du tourisme (CA25)

Archives de la DIRE à Clermont-Ferrand sur les stations thermales d'Auvergne, rapports des Ingénieurs des Mines dans le cadre de l'instruction des dossiers et diverses demandes
1912 : Rapport de l'Ingénieur des Mines relatif à la demande en concession de Chaudes-Aigues

Décret du 21 février 1895 relatif à la déclaration d'intérêt public (DIP) de la source minérale dite "source du PAR", et à l'attribution d'un périmètre de protection (CA9b)

Cahier de mesures de débit, niveaux et température de la BONDE DU MOULIN, des sources LESTANDE 1 et 2, du forage du BAN et de la source du PAR, du 9 février 1974 à novembre 1975 (doc. établissement thermal CA1)

Bases SAPHIR, SUDOC, GEOREF et BRGM interrogées par le service de la documentation du BRGM à Orléans (CA28)

Bibliographie du Service Géologique Régional du BRGM/Auvergne, et d'ANTEA Auvergne (ML CA29)

ARCHIVES DEPARTEMENTALES DU CANTAL - AURILLAC

Série M - Eaux minérales et thermalisme : cotes d'archives citées par CHASSAN P,

93 M¹, 93 M², 93 M⁴, 93 M⁵, 94 M¹, 94 M², 95 M¹⁹, 95 M²⁰,

110 M⁴, 164 M², 164 M⁴, 165 M¹,

3 Z - Registre des délibérations de l'administration de Chaudesaigues (ventôse an XII - floral an XIII)

ARCHIVES COMMUNALES DE CHAUDES-AIGUES

Registre des délibérations de la commune de 1878 à 1882, de 1895 à 1918, de 1919 à 1924
Plans cadastraux

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES SUR L'AEP ET SUR LE CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

CEH, 1998 : Commune de Chaudes-Aigues. Etude du zonage d'assainissement. Rapport d'étude (phases 1 et 2), 36 p., annexes

CEH, 1998 : Commune de Chaudes-Aigues. Diagnostic des réseaux d'assainissement. Rapport d'étude (phases 1), 33 p., annexes

CEH, 1998 : Commune de Chaudes-Aigues. Plan général des réseaux d'assainissement

CEH, 1998 : Commune de Chaudes-Aigues. Réseaux d'assainissement : travaux de déconnexion des eaux chaudes

CEH, 1998 : Commune de Chaudes-Aigues. Plan général des réseaux d'eau chaude

CEH, 1999 : Commune de Chaudes-Aigues. Etude diagnostique du réseau d'eau potable. Rapport d'étude. Phase 1. 17 p., 3 fig. (CAep1)

CEH, 2000 : Commune de Chaudes-Aigues. Etude diagnostique du réseau d'eau potable. Complément du rapport de phase 1. 17 p., 7 ann. (CAep2)

CEH, 2001 : Commune de Chaudes-Aigues. Plan général de zonage d'assainissement. Notice, 11 p., et carte de zonage

CEH, 2001 : Commune de Chaudes-Aigues. Etude diagnostique du réseau d'assainissement. Rapport d'étude, schéma directeur, 16 p.

HENOU B., 1998 : Avis hydrogéologique préalable à la mise en place des périmètres de protection.

Annexe 3

La microcentrale géothermique de CHAUDES-AIGUES :

"la boucle de conversion" de 1980 à 1983

L'énergie des volcans se traduit à la surface de la terre par des formes de volcanisme éruptif, explosif ou effusif les plus spectaculaires, à l'origine de terres brûlantes qui ont participé dans certains pays et à des époques anciennes à la cuisson des aliments (en Nouvelle-Zélande, au Japon, en Islande, ...), elle est aussi à l'origine de séismes dévastateurs. Une fois les projections et les émissions de laves passées, il est fréquent de rencontrer associés aux secteurs volcaniques, et à plus forte raison pour les zones récemment actives, des fumerolles, des geysers, des vapeurs d'eau et de gaz sous pression, et des eaux thermales.

Les eaux hyperthermales ($T > 50^{\circ}\text{C}$) de Chaudes-Aigues qui ont été mesurées au griffon ***de la source du PAR*** masqué aujourd'hui à la température de 82°C , et qui encore, au captage actuel, ***se trouvent aujourd'hui à $80,5^{\circ}\text{C}$, sont les plus chaudes d'Europe.***

1 - Contexte géologique, datation des formations et schéma structural

Ces eaux très chaudes sont sans doute associées pour partie aux épisodes volcaniques soit de la bordure sud du massif du Cantal à une dizaine de km au nord de Chaudes-Aigues, entre Neuvéglise et Oradour, soit aux derniers témoins du volcanisme basaltique du plateau d'Espinasse à 6 km à l'WNW (lac de lave du Mont Mournac dont ***la basanite à leucite a été datée à $2,9 \pm 0,05$ MA*** par le CNRS de Clermont en 1988), ou à ceux du Puy des Agneaux (moins de 7 MA) à 3,5 km au SW du bourg, à l'origine de la coulée de la Montagne d'Arjalet qui domine le Remontalou de 250 m à seulement 1200 m à l'ouest de l'établissement thermal.

Des analyses chimiques ont été effectuées sur différentes roches volcaniques et granitiques :

- en 1979 (éch. A9) sur les basanites à néphéline de la carrière de la Plaine-de-Boissière,
- au sud d'Anterrieux sur les granites porphyroïdes de la Margeride,
- sur le granite monzonitique du Couffour (éch. A42 a et b, à 200 m à l'est et à 300 m au SW),
- et sur un filon de microgranite porphyrique (faciès de bordure et faciès central) à 1 km au sud de Chaudes-Aigues (éch. 43 a et b).

Elles sont indicatrices des éléments minéralogiques des roches en place et de celles du substratum, à l'exclusion des gneiss à biotite-sillimanite de l'unité para-autochtone affectés par le métamorphisme de contact du ***granite de la Margeride***.

Ce granite intrusif dans les gneiss, s'est mis en place lors des épisodes tectono-métamorphiques datés **entre 335 et 300 MA**. L'âge des gneiss du substratum, surmontés au nord de la Truyère par les gneiss leptyno-amphiboliques de l'unité allochtone (nappe de charriage majeure de la chaîne hercynienne dans la Massif Central), serait antécambrien, compris entre 570 et 415 MA.

Celui des granites monzonitiques du Couffour (petit massif de 0,7 km² de superficie à 1 km au sud du village), datés par BELLON H. et GIBERT J.P. en 1975 est **de 271 ± 10 MA** sur roche totale et **de 265 ± 10 MA** sur biotite. **Il s'agirait du granite le plus jeune du Massif Central**, avec un âge du Permien moyen (Saxonien).

Le réseau filonien reporté sur la carte géologique à 1/50 000 de Chaudes-Aigues (n°813) est par ailleurs très dense et complexe, notamment au droit et tout autour du bourg, indicatif des mises en place tardives dans les gneiss au travers des fissures et de fractures qui ont affecté le substratum. Les microgranites y sont orientés majoritairement à N135/N140, et dans une moindre mesure à N005 et à N50, les filons de quartz sont à N50/60 au nord, mais peuvent se trouver à N90, associés à des zones broyées et mylonitisées, ou silicifiées. Ces filons sont parfois minéralisés et également souvent associés aux sources thermo-minérales. Une mesure d'âge absolu, effectuée par la méthode K/Ar sur un filon de microgranite qui recoupe le granite du Couffour a donné **un âge liasique à 191 ± 10 MA** sur roche totale (Bellon et Gibert, 1975) qui paraît cependant répondre à un rajeunissement hydrothermal, et non à la mise en place elle-même de ces filons.

Il est remarquable de constater l'extension du faisceau filonien de Chaudes-Aigues sur 17 km de long et 1 à 3 km de large depuis Brion jusqu'au nord de Chaudes-Aigues, jalonné par les sources thermominérales de la Chaldette (à 10 km au SSW du bourg) et de Chaudes-Aigues. La direction subparallèle de ces filons est assez constante N155 à 165 dans le granite, puis oblique et bifurque dans les gneiss selon un double faisceau à N125-135 et à N005, croisé par un troisième à N40-60. Le site géothermal de Chaudes-Aigues est inclus sans un triangle formé par ces trois faisceaux. La plupart de ces filons sont subverticaux. Le maar supposé de Brion-Vieux (dépression cratériforme de 700 m de diamètre) sur la feuille de Nasbinals se trouve à l'extrémité SE de ce réseau filonien.

Le schéma structural reproduit sur la feuille de Nasbinals (n°837) situe Chaudes-Aigues, le granite de Couffour et son champ filonien à l'extrémité NW d'un accident qui traverse la feuille en totalité, et qui se sépare ici en une direction Nord qui affecte depuis le Pont de Lanau la série gneissique autochtone et para-autochtone, et une autre WNW-ESE selon le ruisseau de Lévandes

2 - Evolutions géomorphologiques récentes et identification des sources minérales

Il n'est pas impossible qu'avec un âge plus récent des formations volcaniques depuis l'Aubrac (8,7 à 6 MA soit Miocène) jusqu'au Cantal (2,9 MA soit Pliocène), il y ait eu un maar ou une caldeira au droit du site de Chaudes-Aigues.

L'altération normale des séries métamorphiques depuis l'Eocène jusqu'au Pliocène, puis l'importance de l'érosion qui a accompagné puis suivi la dernière période froide du Quaternaire (entre 80 000 et 15 000 ans) du fait de l'extension selon le Bès et le Remontalou de la calotte glaciaire würmienne de l'Aubrac (520 km² pour 200 m d'épaisseur) ont conduit à l'apport de matériaux fluvio-glaciaires dans les vallées, et ensuite à leur ablation.

L'érosion du talus granitique en référence aux coulées basaltiques les plus récentes a été au minimum de 300 m en 3 MA à Chaudes-Aigues, et de l'ordre de 350 m en direction de la Truyère. De nombreuses sources minérales émergent dans ce secteur à moins de 2 500 m de la bordure du granite de la Margeride dans la zone "décomprimée" affectée par le métamorphisme de contact, selon un axe à N50-60 dans le sens de la foliation des gneiss.

Elles ont pour nom du SW vers le NE, de :

- ☞ source de LAVAL (en Lozère),
- ☞ source de MAGNAC, sur la commune de Fridefont,
- ☞ sources carbo-gazeuses ODIVINE et St-JEAN à Montchanson, anciennement embouteillées, à partir de 1890 et jusque dans les années 1939-40,
- ☞ source de LOUBARESSE, d'accès difficile,
- ☞ source du TERRAN avec une ancienne buvette à Loubaresse,
- ☞ source CHRISTINE en rive gauche de la Truyère sur Loubaresse (feuille de Saugues n°814)
- ☞ source JENNY au Moulin de Paladines en rd de la Truyère, sur Chaulhac en Lozère.

Vers l'ouest ce sont les sources de SAINTE-MARIE, de FONTANES et de MOULINGES sur Paulhenc, et de TESSIERES-les-BOULIES, utilisées en buvettes et même pour l'embouteillage qui sont les plus connues. Elles se situent cependant dans les gneiss à biotite et sillimanite de l'unité para-autochtone.

Ce sont dans tous les cas des sources à très faibles débits et froides, carbogazeuses (origine profonde volcanique ou magmatique du CO₂), toutes du même type bicarbonaté sodique, caractéristique des eaux minérales d'Auvergne.

Seules celles de Chaudes-Aigues du groupe du PAR (20 sources) et du BAN (6 sources) présentent des températures élevées : de 45 à 81°C, et des débits ponctuels intéressants de 0,5 à 16,5 m³/h, justifiant en outre le projet BRGM-SOFRETES MENGIN monté entre 1978 et 1980, d'installation de la première microcentrale électrique française ayant comme source d'énergie la géothermie.

3 - "La boucle de conversion"

Le caractère de cette microcentrale géothermique était démonstratif (site pilote ou prototype), il utilise le principe de Carnot avec un fluide à point bas d'ébullition : le Fréon (ou flugène 114), qui, par sa vaporisation, agit sur une turbine couplée à un

alternateur. Le retour du fluide à la phase liquide s'effectue par refroidissement au moyen des eaux de la rivière pompées dans le Remontalou.

La microcentrale, dont le bâtiment a été construit en 1980 sur le lit mineur du Remontalou en aval du Syndicat d'Initiative est accessible depuis la rive droite, en face de l'Hospice. Les installations ont été mises en place entre le 7 et le 30 avril 1981, comprenant :

- un local technique en béton, pour partie insonorisé (salle des machines), et pour l'autre partie contenant les appareils de régulation et de raccordement au réseau EDF,
- une boucle de conversion thermodynamique "à cycle binaire", avec un échangeur-évaporateur à plaques soudées, un moteur rotatif à expansion de gaz couplé à l'alternateur pour réguler la tension, un condenseur et une pompe de réinjection,
- une retenue d'eau sur le Remontalou pour la source d'eau froide, équipée d'une motopompe de 3 KW pour fournir un débit de 80 m³/h (température de l'eau de 3°C en hiver et de 14°C en été),
- un regard en béton pour le piquage sur la canalisation d'eau chaude calorifugée depuis la source du PAR

On devait utiliser une partie de l'eau de la source du PAR (avec un débit de 15,5 m³/h et une température de 80,5°C) en s'intégrant au schéma de l'époque d'utilisations multiples en cascade et d'exploitation thermique des eaux, et produire **une puissance de l'ordre de 20 KWe**. Il n'était pas prévu de fonctionnement en hiver, les usages de l'eau thermique étant réservés au chauffage des habitations particulières et du CEG.

L'eau chaude devait avoir en sortie une température de 60°C (soit -20°C), l'eau froide devait en moyenne augmenter de 3°C entre l'entrée et la sortie (rejet à la rivière).

Le fluide thermodynamique était du Flugène 114 (ou Fréon), mélangé à de l'huile. La température en entrée était à 14°C et en sortie à 57,5°C.

Il était prévu d'utiliser l'énergie électrique fournie pour l'éclairage public et pour celui de l'Hospice.

Après montage de la boucle, des essais ont été effectués en usine entre décembre 1980 et février 1981. Lors de sa mise en route sur le site de Chaudes-Aigues entre le 20 et le 22 mai 1981, 7 essais ont été réalisés en disposant d'un débit d'eau chaude à 78°C en entrée (-2,5°C), et d'un débit total de 12,4 m³/h (une perte de 4 m³/h était constaté sur le réseau de distribution). La température de l'eau du Remontalou était de 12,2°C.

Suivant ces bases la microcentrale n'a fonctionné quelques heures seulement, **la puissance disponible a été de 16 à 19 KW**, la température de l'eau thermique en sortie était de 55 à 62°C.

En fonction d'une utilisation partielle dans l'année, possible seulement lors de la saison thermale entre le 1er mai et le 15 octobre, et discontinuée dans la journée pour les besoins de chauffage des étuves de l'établissement thermal de 5h à 8h30 (microcentrale arrêtée 3,5 h/j), et de l'impossibilité de se coupler au réseau EDF, ***l'installation a été mise en arrêt provisoirement.***

Elle a été remise en route du 14 au 17/08/81 et du 18 au 22/10/81 en vue d'une visite de deux délégations thaïlandaise et équatorienne.

Une expertise effectuée par SOFRETES et le BRGM en avril 1983 n'a pas permis de remettre la microcentrale en fonctionnement : canalisations oxydées, bacs du Remontalou ensablés et encombrés, débit d'eau froide insuffisant. Elle est restée depuis à l'arrêt.

Références bibliographiques

BELLON H., GIBERT J.P., 1975 : Datations absolues du contexte géologique de l'aire d'émergence des eaux hyperthermales de Chaudes-Aigues, Cantal, France. C.R. Acad. Sc., Paris, t.280, (D) pp.1849-1852

GRAVELINE F., 1994 : CHAUDES-AIGUES, les eaux les plus chaudes d'Europe, les sources ont de la ressource. GEOTHERMIE, l'énergie des volcans (doc. BRGM). Massif Central magazine, n°1, janv.-fév. 1994, pp. 10-16 et 18-19 (CA40)

LOPOUKHINE M., 1978 : Etude d'implantation en France d'une microcentrale électrique exploitant l'énergie géothermique. BRGM 78 SGN 304 GTH, RR-08175-FR, 50 p., (CA41)

LOPOUKHINE M., 1978 : Etude d'implantation en France d'une microcentrale électrique exploitant l'énergie géothermique. Caractéristiques techniques du projet de Chaudes-Aigues (Cantal). BRGM-SOFRETES, 78 SGN 502 GTH, RR-00754-FR, 11 p. (CA42)

VERZIER P., 1983 : Microcentrale géothermique de Chaudes-Aigues (Cantal). Rapport final. BRGM 83 SGN 698 GTH, RR-19590-FR, 33 p. (CA33)



Photo 12 : Vue extérieure de la microcentrale, au-dessus de Remontalou



Photo 13 : Panneau test d'éclairage

Annexe 4

GEOHERMIA : Musée européen de la Géothermie et du Thermalisme

Ce musée créé à l'initiative de M. G. BARTOMEUF présente les différentes utilisations possibles de l'eau chaude naturelle. Il est lui-même chauffé par géothermie à partir d'une source particulière, et situé à proximité immédiate de la source du PAR.

Au rez-de-chaussée, deux salles sont consacrées à l'histoire de la Géothermie et du thermalisme à CHAUDES-AIGUES. De mi-avril à mi-octobre 150 maisons du bourg sont chauffées à partir de 5 sources communales, dont celle du PAR attenante au musée. Les maisons trop éloignées ou trop hautes en altitude ne bénéficient pas de ce dispositif. Cette utilisation de l'eau thermale qui remonte aux années 1330 a été diversifiée à partir des années 1800 et 1900 avec le raccordement et le chauffage direct ou indirect :

- de 7 fontaines publiques,
- de maisons avec échangeurs et pompes à chaleur,
- de l'établissement thermal,
- de la piscine du Centre de Rééducation fonctionnelle,
- du CEG, puis de l'église,
- de la piscine municipale,
- de la microcentrale géothermique.

Une grotte a été aménagée qui montre deux petites sources, une thermale et une autre froide, présentant des dégagements de CO₂, et des dépôts de calcite et d'aragonite colorées en rouge par les hydroxydes de fer.

Au premier étage, trois salles présentent successivement :

* **la source du PAR** avec le circuit de l'eau météoriques dans son contexte géologique qui s'infiltre, se minéralise, acquiert sa température en profondeur, puis remonte accompagnée de gaz carbonique au travers des fissures et fractures du substratum gneissique. La chimie de la source, le suivi de sa température et les dépôts minéraux sont indiqués,

* Un grand panneau mural raconte ***l'histoire du thermalisme depuis les origines***, et la grande époque de la fin du XIX^e - début du XX^e siècle. Une maquette explique le fonctionnement des thermes Romains, des panneaux précisent les techniques thermales et le bienfait et l'efficacité des cures, les personnages illustres venus en cure, qui ont participé à la renommée de certaines stations,

* Le site de Larderello en Italie, référence de la Géothermie Européenne, retrace l'histoire de *l'utilisation industrielle de la Géothermie*, la première utilisation de la vapeur.

Au deuxième étage, deux salles sont consacrées aux origines de la Géothermie et à ses multiples utilisations. Le gradient géothermique, la géothermie basse énergie et haute énergie et la répartition mondiale des ressources thermales sont indiqués, allant du Bassin de Paris à l'Alsace, à l'Islande.

L'exemple du projet de Roches Sèches Chaudes de Soultz-sous-Forêts est évoqué ainsi que ceux de la production d'électricité, de l'aquaculture, ... Une dernière salle en cours d'aménagement sera consacrée aux manifestations naturelles de la Géothermie.

Textes, photos, schémas, consoles vidéo, et salle audiovisuelle de 30 places complètent et accompagnent les démonstrations, montrent les fumeurs noirs océaniques et l'organisation de la vie sous les mers aux très grandes profondeurs, à proximité des rides océaniques.

Le souci pédagogique et les démonstrations à caractères ludiques participent à la renommée de ce musée qui reçoit à ce jour environ 30 000 visiteurs par an.

Pour en savoir plus il faut aller *jusqu'à la gargouille de la source du PAR* en haut de la place du Marché, c'est la première grande maison à droite.

Géothermia

5, quartier du Par, 15110 - CHAUDES-AIGUES

Tél/Fax : 04 71 23 58 76 pour horaires des visites,

ou hors saison Office de Tourisme pour rendez-vous au 04 71 23 58 52

Annexe 5

Résultats des analyses physico-chimiques de la source « Rioussalat Bas »

Localisation	Date de prélèvement	T °C	Conductivité µS/cm à 25°C	pH à 20°C	O2 dissous mg/l
Rioussalat Bas	08/12/98	6,8	53,6	5,7	6
Rioussalat Bas	03/10/00		49,6	5,8	

Localisation	Ca mg/l	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	HCO3 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	SiO2 mg/l	NH4 mg/l
Rioussalat Bas	3,3	4,9	1,1	1,3	15,9	3,5	1,1	21,8	<0,05
Rioussalat Bas	3,1	4,5	0,8	1,1	19,5		1,1	11,2	<0,1

Localisation	P2O5 mg/l	Mn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Zn mg/l	Al mg/l	Cu mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l
Rioussalat Bas	0,19	<0,005	0,7	<0,005	<0,03	0,01	0,11	<0,01	9,5
Rioussalat Bas	0,05	<0,005	<0,5	<0,005	<0,03	0,01		<0,05	8,7

Annexe 6

Analyse des trois émergences et du mélange servant à l'établissement thermal

Date de prélèvement	04-déc-97			11-sept-98
Lieu de prélèvement	émergence			bâche générale
Désignation	Par	Bonde du Moulin	Forage du Ban	mélange
C en $\mu\text{S}/\text{cm}$	1520	1430	1540	1214
T°C	80	62	73.5	70.1
CO ₂ en mg/L	341	370	286	412
Cl en mg/L	78.3	73.3	81	74.7
NO ₃ en mg/L	0.1	0.2	<0.1	<.1
SO ₄ en mg/L	20	21.1	23.4	22.2
F en mg/L	3.47	3.37	3.6	3.07
Ca en mg/L	26.2	25.4	26.5	21.7
Mg en mg/L	6.5	6.4	6.7	6.6
Na en mg/L	263	278	280	276.3
K en mg/L	29	27.6	27.7	30.5
HCO ₃ en mg/L	695.6	689.5	689.5	689.5
Fe en mg/L	0.44	0.4	0.37	0.26
Mn en mg/L	0.028	0.025	0.025	0.025
As en mg/L	0.45	0.425	0.425	0.38
Sr en mg/L	0.435	0.415	0.41	0.38
B en mg/L	1.05	1	1.1	1.4
SiO ₂ en mg/L	108	109	108	86.5
poids du résidu sec à 180°C	865	830	880	869

Analyse de trois émergences échantillonnées au cours du projet en 2002

Date de prélèvement	30 juillet 2002			
Lieu de prélèvement	émergence			
Désignation	Viallard	Hospice ou Lestande 2	Montchanson	Limites AEP (décret 2001)
N° BSS	08136X0017	08136X0018	08137X0002	
Coordonnées Lambert 3 en mètre	X : 652 815 Y : (3) 284 032	X : 652 736 Y : (3) 283 725	X : 663 650 Y : (3) 289 570	
C en mS/cm à 25°C	1.30	1.26	2.32	
T°C	68.6	67.1	11.9	<25
pH	6.45	6.31	5.92	
Cl en mg/L	73.6	74.2	163	<250
NO3 en mg/L	< 0.2	< 0.2	< 0.2	<50
SO4 en mg/L	19.4	20.4	9.5	<250
PO4 en mg/L	0.1	0.1	<0.1	
NO2 en mg/L	< 0.01	< 0.01	0.04	<0.1
F en mg/L	3.4	3.4	4.4	<1.5
Ca en mg/L	20.9	20.3	46	
Mg en mg/L	6.4	6	33.9	
Na en mg/L	252	236	407	<200
K en mg/L	27.1	25.5	68.4	
NH4 en mg/L	0.3	0.2	0.7	<0.5
CO3 en mg/L	< 3	< 3	< 3	
HCO3 en mg/L	712	674	1367	
Ag en µg/L	< 5	< 5	< 5	
Al en mg/L	< 0.03	< 0.03	0.91	<0.2
Fe en mg/L	0.39	0.28	7.01	<0.2
Mn en µg/L	27	29	206	<50
As en µg/L	382	351	617	<10
Sr en mg/L	0.45	0.43	0.41	
B en µg/L	1625	1556	3411	<1000
Ba en µg/L	256	245	833	<700
Be en µg/L	6	5	27	
Cd en µg/L	< 2	< 2	< 2	<5
Co en µg/L	< 2	< 2	< 2	
Cr en µg/L	7	7	18	<50
Cu en µg/L	< 2	< 2	< 2	<2000
Li en mg/L	0.84	0.78	3.12	
Ni en µg/L	< 5	< 5	7	<20
Pb en µg/L	< 2	< 2	< 2	<10
Zn en µg/L	11	10	< 5	
SiO2 en mg/L	87.8	82.6	44.9	
résidu sec en mg/L	872	829		

Annexe 7

Fiches signalétiques des captages AEP

- Fiche 7.1 : Captage de BOULARAN I
- Fiche 7.2 : Captage de BOULARAN II
- Fiche 7.3 : Captage de BOULARAN III
- Fiche 7.4 : Captage de MAGOT I
- Fiche 7.5 : Captage de MAGOT II
- Fiche 7.6 : Captage de MAS DE PETRE
- Fiche 7.7 : Captage de MOUTOUSE I
- Fiche 7.8 : Captage de MOUTOUSE II
- Fiche 7.9 : Captage de PODEVIGNE
- Fiche 7.10 : Captage de RIOUSSALAT BAS I
- Fiche 7.11 : Captage de RIOUSSALAT BAS II
- Fiche 7.12 : Captage de RIOUSSALAT HAUT I
- Fiche 7.13 : Captage de RIOUSSALAT HAUT II

Fiche signalétique 7.1

Captage AEP concerné : BOULARAN 1

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0208
Situation (Commune)	Chaudes-Aigues (15) au lieu-dit Boularan
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues, Ladignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	652,488
Y en km	278,541
Z en km	1115

Photos :



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	11,5
C en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (à 25°C)	32
Q en l/min	26,91

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le périmètre de protection immédiat n'est pas clôturé,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.2

Captage AEP concerné : BOULARAN 2

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0206
Situation (Commune)	Chaudes-Aigues (15) à Boullaran
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues, Laignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	652,240
Y en km	278,867
Z en km	1155

Photos :



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	8,3
C en µS/cm (à 25°C)	49,82
Q en l/min	20,62

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le périmètre de protection immédiat n'est pas clôturé,
- Les canalisations sont parfois sujettes au passage d'engins forestiers,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.3

Captage AEP concerné : BOULARAN 3

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0207
Situation (Commune)	Chaudes-Aigues (15) à Boularan
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues, Laignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	652,514
Y en km	278,901
Z en km	1100

Photos :



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	10,3
C en µS/cm (à 25°C)	38,23
Q en l/min	28,04

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le périmètre de protection immédiat n'est pas clôturé,
- La partie "pied-sec" du captage est envahie d'insectes (moustiques...),
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.4

Captage AEP concerné : MAGOT 1

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0011
Situation (Commune)	Deux-Verges (15) au Bois de l'Eglise
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues, Laignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 2 sources captées
Zone Lambert	3
X en km	652,467
Y en km	278,095
Z en km	1140

Photos :



Environnement du point de captage.



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1	Source 2
Date du prélèvement	05/06/02	05/06/02
T en °C	6,6	6,7
C en µS/cm (à 25°C)	35,14	34,4
Q en l/min	35,42	21,51

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois et de prairies utilisées pour le bétail,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Un ruisseau passe aux abords immédiats du point de captage à l'intérieur du PPI,
- La clôture n'est pas continue autour du PPI, et les poteaux sont non consolidés,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.5

Captage AEP concerné : MAGOT 2

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0009
Situation (Commune)	Deux-Verges (15) au Bois de l'Eglise
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues, Laignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	652,780
Y en km	278,327
Z en km	1070

Photos :



Environnement du point de captage.



Périmètre de protection immédiat.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	7,5
C en µS/cm (à 25°C)	46,33
Q en l/min	48

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois, et de prairies utilisées pour le bétail,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.6

Captage AEP concerné : MAS DE PETRE

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0209
Situation (Commune)	Deux-Verges (15) au Mas de Pêtre
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues, Laignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	653,071
Y en km	278,704
Z en km	1065

Photos :



Périmètre de protection immédiat.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	7,6
C en µS/cm (à 25°C)	47,88
Q en l/min	51,72

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues)
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.7

Captage AEP concerné : MOUTOUSE I

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0211
Situation (Commune)	Deux-Verges (15) proche du Puy de la Tuile
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues et Ladignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	653,379
Y en km	275,913
Z en km	1230

Photos :



Environnement du point de captage.



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	6,1
C en µS/cm (à 25°C)	33,19
Q en l/min	43,48

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois et prairies. Le point de captage est situé en fond de talweg aux abords immédiats d'un ruisseau,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues)
- Le point de captage est situé en dehors du périmètre de protection immédiat,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.8

Captage AEP concerné : MOUTOUSE II

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0212
Situation (Commune)	Deux-Verges (15) proche du Puy de la Tuile
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues et Ladignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 3 sources captées
Zone Lambert	3
X en km	653,070
Y en km	276,025
Z en km	1245

Photos :



Tête du captage.



Arrivée des 3 sources au captage

Données techniques :

	Source 1	Source 2	Source 3
Date du prélèvement	05/06/02	05/06/02	05/06/02
T en °C	6,5	6,2	6,2
C en µS/cm (à 25 °C)	23,85	32,85	29,91
Q en l/min	16,71	15,87	7,53

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le point de captage est situé en dehors du périmètre de protection immédiat,
- La partie "pied-sec" du captage est en eau,
- La clôture n'est pas continue autour du PPI,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.9

Captage AEP concerné : PODEVIGNE

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0210
Situation (Commune)	Deux-Verges (15) au Bois de la Malvieille
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues et Ladignac et Pradels
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	653,590
Y en km	277,559
Z en km	1110

Photos :



Environnement du point de captage.



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	7,8
C en µS/cm (à 25°C)	36,69
Q en l/min	124,34
Karat en %	0

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- La clôture n'est pas continue autour du PPI,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles).

Fiche signalétique 7.10

Captage AEP concerné : RIOUSSALAT BAS 1

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0813 6X 0009
Situation (Commune)	Chaudes-Aigues (15) à Rioussalat Bas
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues et le village vacances, le Couffour, l'Hert, le Vialard, Andiergues, Montvallat, les Angles, Nazat, le Morentes, Fridière, Boissières et Albinet
Nature	1 captage regroupant 2 sources captées
Zone Lambert	3
X en km	651,413
Y en km	280,732
Z en km	1002

Photos :



Environnement du point de captage



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1	Source 2
Date du prélèvement	05/06/02	05/06/02
T en °C	10,1	12,1
C en $\mu\text{S/cm}$ (à 25°C)	64,93	86,73
Q en l/min	26,55	9,45

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois et prairies en aval,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- La partie "pied-sec" du captage est en eau,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit en période estivale est limité par rapport aux besoins.

Fiche signalétique 7.11

Captage AEP concerné : RIOUSSALAT BAS 2

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0813 6X 0010
Situation (Commune)	Chaudes-Aigues (15) à Rioussalat Bas
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues et le village vacances, le Couffour, l'Hert, le Vialard, Andiergues, Montvallat, les Angles, Nazat, le Morentes, Fridière, Boissières et Albinet
Nature	1 captage regroupant 2 sources captées
Zone Lambert	3
X en km	651,547
Y en km	280,611
Z en km	1025

Photos :



Environnement et tête du captage.

Données techniques :

	Source 1	Source 2
Date du prélèvement	05/06/02	05/06/02
T en °C	10,5	10,7
C en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (à 25°C)	79	77,6
Q en l/min	17,91	25

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de prairies utilisées pour le bétail,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le point de captage est situé en dehors des deux périmètres de protection immédiats,
- La partie "pied-sec" du captage est en eau,
- La clôture n'est pas consolidée autour des PPI,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit en période estivale est limité par rapport aux besoins.

Fiche signalétique 7.12

Captage AEP concerné : RIOUSSALAT HAUT 1

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0007
Situation (Commune)	Chaudes-Aigues (15) au Bois des Plots
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues et le village vacances, le Couffour, l'Hert, le Vialard, Andiergues, Montvallat, les Angles, Nazat, le Morentes, Fridière, Boissières et Albinet
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	651,936
Y en km	279,330
Z en km	1105

Photos :



Périmètre de protection immédiat.



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	9,8
C en µS/cm (à 25°C)	40,93
Q en l/min	74,05

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le point de captage est situé en dehors du périmètre de protection immédiat,
- La clôture n'est pas consolidée autour du PPI,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles). Un renforcement sur le réseau de Rioussalat Bas est possible en période estivale.

Fiche signalétique 7.13

Captage AEP concerné : RIOUSSALAT HAUT 2

Caractéristiques générales :

Numéro BSS (Banque du Sous-Sol)	0837 2X 0006
Situation (Commune)	Chaudes-Aigues (15) au Bois des Plots
Secteur approvisionné	Chaudes-Aigues et le village vacances, le Couffour, l'Hert, le Vialard, Andiergues, Montvallat, les Angles, Nazat, le Morentes, Fridière, Boissières et Albinet
Nature	1 captage regroupant 1 source captée
Zone Lambert	3
X en km	651,996
Y en km	279,666
Z en km	1095

Photos :



Tête du captage.

Données techniques :

	Source 1
Date du prélèvement	05/06/02
T en °C	9,7
C en µS/cm (à 25°C)	47
Q en l/min	25,43

Remarques :

- L'environnement du captage est constitué principalement de bois. Un chemin goudronné passe non loin du périmètre de protection immédiat et du point de captage,
- Le point d'eau est géré par régie communale directe (mairie de Chaudes-Aigues),
- Le point de captage est situé en dehors du périmètre de protection immédiat,
- Il existe une prolifération de végétaux dans les bassins de décantation,
- Le captage n'est pas équipé de mesure de débit en continu. Selon les informations recueillies, le débit reste constant dans le temps (variations saisonnières faibles) ou le débit en période estivale est limité par rapport aux besoins.