

**DOCUMENT PUBLIC**

*Gisements d'eau Minérale et légionelles*

**Etude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 01-ETM-108**

**février 2001  
BRGM/RP-50710-FR**



**DOCUMENT PUBLIC**

***Gisements d'eau Minérale et légionelles***

**Etude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 01-ETM-108**

**Michel Lopoukhine**

**février 2001  
BRGM/RP-50710-FR**



Mots clés : Eaux minérales, légionelles, AIX LES BAINS, BALARUC, BAGNOLS LES BAINS, LA LECHERE.

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

Michel LOPOUKHINE (2001) : Gisements d'eau minérale et légionelles

© BRGM, 2000, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.



## **Synthèse**

A l'occasion de contrôles microbiologiques réglementaires effectués sur des échantillons d'eaux prélevés à l'émergence, la présence de légionelles a été notée parfois de façon répétée dans les eaux minérales d'un certain nombre de sites thermaux.

Peut-on considérer pour autant que les gisements d'eau minérale correspondants sont contaminés ?

Pour répondre à cette question, on a procédé à une enquête basée sur les résultats de contrôle disponibles dans les archives du laboratoire d'hydrologie de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.

Il apparaît que la vulnérabilité à la contamination par légionelles de la ressource de chacun des sites thermaux est extrêmement variable en fonction notamment du contexte hydrogéologique, mais également en fonction de l'historique de l'exploitation de ces sites.

Une étude plus approfondie de quatre sites ayant présenté les problèmes de qualité les plus persistants (Aix les Bains, Bagnols les Bains, Balaruc les Bains et La Léchère), permet de conclure que, en dépit du long historique de contamination de chacun de ces sites, des ressources en eau minérale de bonne qualité peuvent néanmoins y être mobilisées et exploitées, moyennant la mise en œuvre de précautions particulières.

## Sommaire

<b>1. Avant propos</b> .....	1
<b>2. Déroulement de l'étude</b> .....	1
<b>3. État de la réglementation sur ce sujet</b> .....	1
<b>4. Remarques sur les données disponibles</b> .....	2
<b>5. Examen des données obtenues</b> .....	3
5.1 Sites ayant été contaminés de façon occasionnelle .....	3
5.2 Sites à risques .....	4
5.3 Sites à problèmes .....	4
<b>6. Discussion</b> .....	6
6.1 Recherche de corrélation .....	6
6.2 Environnements hydrogéologiques concernés .....	6
<b>7. Description synthétique des problèmes rencontrés sur les sites d'Aix les Bains, Balaruc les Bains, Bagnols les Bains et la Léchère</b> .....	7
7.1 Aix les Bains.....	7
7.2 Balaruc les Bains .....	8
7.3 Bagnols les Bains .....	9
7.4 La Léchère .....	10
<b>8. Discussion</b> .....	11
<b>9. Enseignements tirés</b> .....	13
<b>10. Conclusions</b> .....	15

## **1. Avant propos**

La multiplication et le resserrement des contrôles réglementaires portant sur les légionelles a entraîné la mise en évidence de leur présence, parfois persistante sur un certain nombre de sites thermaux.

Bien que cette présence ait surtout été mise en évidence aux points d'usage localisés à l'intérieur des établissements thermaux, la question s'est posée de savoir si certaines ressources en eau minérale n'étaient pas contaminées au niveau du gisement.

Il a donc été convenu entre la Division Nationale des Eaux Minérales et Thermales (DNEMT) du Secrétariat d'État à l'Industrie et la Direction Générale de la Santé (DGS) de tenter d'apporter une réponse à cette question.

L'étude correspondante, à charge du BRGM dans le cadre de ses actions de Service Public, après avoir été programmée en 1999, a finalement été repoussée jusqu'à la publication en mai 1999 d'un rapport du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, sur la gestion du risque microbien lié à l'eau minérale dans les établissements thermaux, puis de la circulaire correspondante (19 juin 2000).

## **2. Déroulement de l'étude**

Il a été convenu avec les parties prenantes (DGS et DNEMT) que pour des raisons de confidentialité, cette étude ne s'appuierait que sur les résultats des analyses réglementaires de contrôle à l'émergence, disponibles dans les archives du laboratoire d'hydrologie de l'AFSSA (ex LNEHT) ; la compilation de ces données a été réalisée durant l'été 2000.

## **3. État de la réglementation sur ce sujet**

L'arrêté du 20 juillet 1992 relatif au contrôle des sources d'eau minérale imposait pour les sources utilisées en établissement thermal une recherche annuelle des légionelles à l'émergence. Depuis le 19 juin 2000, cette fréquence est portée à 3 ou 4 contrôles par an en fonction de la durée d'ouverture de l'établissement (inférieure ou supérieure à 7 mois par an).

## 4. Remarques sur les données disponibles

Dans les archives consultées, le nombre de résultats de recherche de légionelles à l'émergence est extrêmement variable suivant les régions et les sites ; ceci est probablement dû à des différences d'habitudes d'un laboratoire à l'autre, concernant la transmission de ces résultats :

- ainsi on ne trouve aucun résultat concernant les sources alimentant les établissements thermaux de la région Auvergne ;
- aucun résultat non plus pour les sources alimentant les établissements thermaux du département du Bas-Rhin.

Dans ces deux cas, un certain nombre d'informations ont été transmises par les DDASS correspondantes sur demande de la DGS.

- Dans d'autres cas (la plupart), on a disposé d'un résultat annuel à l'émergence sur une période s'étendant en général de 1992 à 2000.
- un certain nombre de sites (à problèmes) ont fait l'objet de contrôles resserrés sur tout ou partie de cette période ;

A l'occasion de cette collecte d'information, un certain nombre de remarques ont été faites :

- En cas de contrôle positif à l'émergence, il semble n'y avoir que rarement de seconde analyse de confirmation (ou alors les résultats n'en sont pas transmis).
- Alors qu'il serait souhaitable que le contrôle annuel obligatoire ait lieu avant ou au début de la période d'ouverture de l'établissement thermal, dans nombre de cas, il n'a lieu que quelques mois après l'ouverture ou parfois à la fin de la saison thermale, ce qui ne laisse pas d'être absurde.
- Enfin, on ne peut que s'interroger sur la signification réelle d'un résultat obtenu sur un litre d'eau prélevé par an sur des sources coulant pour la plupart toute l'année à des débits de plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>/heure.

## 5. Examen des données obtenues

Les informations dépouillées amènent à classer les sites concernés en trois catégories :

- **sites dont le ou les captages ont présenté une contamination occasionnelle ;**
- **sites à risques : contamination plus ou moins répétitive combinée à un schéma d'exploitation n'offrant pas d'alternative ;**
- **sites à problèmes où les contaminations à l'émergence sont systématiques.**

### 5.1. SITES AYANT ETE CONTAMINES DE FAÇON OCCASIONNELLE

- **ROCHEFORT SUR MER (17) :** sur l'un des captages (Blondel) des légionelles ont été détectées en 1995.
- **EVAUX LES BAINS (23) :** l'émergence Ste Marie a été contaminée en 1993 et 1994. Elle ne fait pas partie des captages actuellement utilisés.
- **TERCIS LES BAINS (40) :** la source Bagnère 1 a été contaminée en 1995, Bagnère 2 en 1996 et 1998.
- **BAGNOLES DE L'ORNE (61) :** l'émergence exploitée (Grande Source) a été contaminée en 1998 et 1999.
- **VERNET LES BAINS (66) :** les anciens captages ont été contrôlés positifs à plusieurs reprises ; les nouveaux captages exploités sont indemnes de pollution ; néanmoins, on n'a pas trouvé de résultats concernant les légionelles à partir de 1998.
- **SAINT GERVAIS (74) :** le captage Gontard a été contaminé en août et septembre 1998 ; le captage De Mey Est a été contaminé le 20 avril 2000.

### 5.2. SITES A RISQUES

- **POGGIOLO (2A) :** présence de légionelles en 1999 sur le seul captage existant.
- **ZIGLIARA (2A) :** . présence de légionelles en 1995 sur le seul captage existant.
- **PIETRAPOLA (2B) :** présence de légionelles en 1995 sur le seul captage existant.
- **SAUBUSSE (40) :** des légionelles ont été détectées à plusieurs reprises sur les trois captages autorisés ; mais l'exploitation se fait actuellement sur un captage non autorisé (Rajah) pour lequel il n'a pas été trouvé de résultats de contrôles de légionelles.

- **BAGNERES DE BIGORRE (65)** : l'un des captages exploités (Régina) a été contaminé en 1994, 1998 et 1999.
- **LA PRESTE (66)** : les deux captages exploités (Apollon 1 et Apollon 2) ont été contaminés à plusieurs reprises.
- **BOURBON LANCY (71)** : quatre captages (puits anciens) sont exploités sur ce site. Pour trois d'entre eux nous n'avons trouvé de résultats de contrôles que pour 1999. Les deux seuls résultats de contrôles disponibles pour le puits Lymbe sont positifs (1998 et 1999).
- **BRIDES LES BAINS (73)** : la source Hybord a été contrôlée positive à plusieurs reprises (1993, 1994, 1996 et 2000). Pas de résultats pour la période janvier 1998 à mars 1999. Le schéma d'exploitation est en cours de réorganisation.

### 5.3. SITES A PROBLEMES

Sur ces sites, des contaminations à répétition ont été mises en évidence, parfois à des niveaux extrêmement importants.

- **RENNES LES BAINS (11)** : les deux captages Bains Forts et Marie (puits peu profonds en bordure du torrent, en terrains karstifiés) étaient régulièrement contaminés sur toute la durée de la période d'observation (1992-1999). Ils ont été abandonnés au profit du forage profond Yvroux (1460 m) qui, depuis sa mise en service est indemne de pollution.
- **BALARUC LES BAINS (34)** : les différents captages qui ont été réalisés dans cette station consistaient en forages à moyenne profondeur au sein de formations calcaires karstifiées. Tous ont été sujets à des pollutions répétitives de tous types (contaminations fécales, pseudomonas, légionelles). Cependant le dernier captage en date (F9, source Ase) mis en service en 1995 et contrôlé en moyenne tous les 15 jours depuis cette date, s'est avéré indemne de toute pollution, hormis un contrôle positif en novembre 1998 et autorise ainsi tous les espoirs.
- **BAGNOLS LES BAINS (48)** : la station de Bagnols, en dépit d'études et de travaux pratiquement ininterrompus depuis 1977 a été caractérisée également par un long historique de pollution de tous types ; néanmoins, un nouveau forage (F6) réalisé en août 2000 est en production depuis cette date. Tous les contrôles réalisés se sont avérés négatifs, ce qui pour la première fois, autorise les meilleurs espoirs.
- **AMELIE LES BAINS (66)** : les émergences naturelles encore exploitées ont été caractérisées par des contaminations occasionnelles parfois répétitives pour certaines d'entre elles. Cette situation est aggravée par le fait que toutes sont exploitées en mélange. Un forage réalisé en 1984 (Couchant Est) est indemne de pollution.

- **MOLITG LES BAINS (66)** : sur ce site, deux émergences naturelles sont régulièrement contaminées, mais ne sont plus utilisées que pour la fabrication de cosmétiques. Les deux forages de moyenne profondeur utilisés pour le thermal ont été occasionnellement contaminés (en 1996 et 2000).
- **AIX LES BAINS (73)** : les deux émergences naturelles qui ont pendant longtemps constitué la seule alimentation possible des thermes nationaux étaient situées en environnement de calcaire karstique et, depuis toujours, extrêmement vulnérables à tous les types de contamination microbiologique (fécale, pseudomonas et légionelles). La réalisation de deux forages profonds (1100 et 2200 m) a permis de sécuriser l'approvisionnement en eau minérale.
- **LA LECHERE (73)** : l'histoire de la Léchère est également une longue succession d'efforts destinés à remédier aux contaminations chroniques de l'eau minérale, dans un environnement hydrogéologique particulièrement vulnérable. Le dernier forage réalisé (Radiana 11, rebaptisée Natacha) et mis en exploitation en 1999 est jusqu'à présent indemne de contamination.
- **BAINS LES BAINS (88)** : deux types de captages existent sur ce site :
  - des griffons naturels aménagés (captage Romaine, Robinet de Fer, Silicia, Souterraine, Tempérée et de La Vache) qui sont caractérisées par une chronique continue de présence de légionelles à l'émergence.
  - des puits et forages qui sont les seuls à être exploités à l'heure actuelle (sources Artéria, Casquin, Cendis, Féconde, La Forêt et Grosse Source). Ce sont des puits peu profonds (15 à 30 m) et un forage de recaptage (La Forêt 162 m). Les contrôles effectués sur ces captages exploités, ont montré la présence épisodique de Légionelles (non Pneumophila).
- **PLOMBIERES LES BAINS (88)** : Les captages de Plombières les Bains forment un ensemble particulièrement complexe de captages en galerie et en sous sol, dans un environnement notoirement vulnérable. Les données recueillies, très incomplètes, font cependant état de présence épisodique de légionelles sur deux des systèmes de captages utilisés. Des recaptages par forage sont en cours.

## 6. Discussion

### 6.1. RECHERCHE DE CORRELATION

6.1.1 Chimie : les sites présentant des contaminations avérées de la ressource en eau, étant relativement peu nombreux, on n'a pas pu procéder à une recherche sérieuse de corrélations éventuelles entre la composition chimique de l'eau et la fréquence de contamination par légionelle. Un balayage superficiel des éléments caractéristiques essentiels n'a pas permis de dégager de tendance particulière.

6.1.2 Autre contamination : De même, sur la base des documents consultés, aucune corrélation n'apparaît entre les contaminations par légionelle et les autres types de contamination.

### 6.2. ENVIRONNEMENTS HYDROGEOLOGIQUES CONCERNES.

Si l'on considère les environnements hydrogéologiques de l'ensemble des stations thermales françaises, on peut les classer en trois types, en fonction de leur vulnérabilité :

- contexte sédimentaire autre que carbonaté karstique. Le niveau de protection naturelle ou de vulnérabilité peut être extrêmement variable en fonction des conditions géologiques locales.
- contexte carbonaté karstique : distingué pour sa vulnérabilité toujours importante.
- contexte cristallin ou volcanique (granite, métamorphique ou volcanique) surmonté d'alluvions ou de faciès détritiques provenant de leur érosion, protection naturelle ou vulnérabilité a priori imprévisibles (circulation en milieu fracturé). La vulnérabilité peut être importante si le captage est réalisé dans la partie sédimentaire.

#### **Répartition des stations thermales et des sites contaminés (à problèmes) en fonction de ces trois catégories**

Contexte sédimentaire	Contexte karstique	contexte cristallin/alluvion détritique
50 sites thermaux dont 1 site contaminé	12 sites thermaux dont 2 sites contaminés	40 sites thermaux dont 6 sites contaminés
Rennes les Bains	Balaruc les Bains Aix les Bains	Molitg les Bains La Léchère Bains les Bains Bagnols les Bains Amélie les Bains Plombières les Bains

L'essentiel des contaminations environnementales significatives (sites à problèmes) est limité aux deux contextes hydrogéologiques les plus difficiles à développer et à protéger, le contexte karstique et le contexte cristallin/détritique.

Quatre sites ont ainsi une histoire témoignant de leur vulnérabilité aux contaminations notamment environnementales ; deux en contexte calcaire karstique (Aix les Bains : Thermes nationaux, Balaruc les Bains) et deux en contexte cristallin/alluvion ou cristallin/détritique (Bagnols les Bains, La Léchère).

## **7. Description synthétique des problèmes rencontrés sur les sites d'Aix les Bains, Balaruc les Bains, Bagnols les Bains et la Léchère.**

### **7.1. AIX LES BAINS**

La ville d'Aix les Bains abrite trois exploitations d'eau minérale :

- Trois établissements thermaux, les Thermes Chevalley, les Thermes Nationaux et les Thermes de Marlioz.
- Une usine de conditionnement à Raphy Saint Simon.

**Les problèmes évoqués ci-après ne concernent que les deux émergences naturelles, les sources Alun et Soufre ayant alimenté de tous temps les Thermes Nationaux.**

Une partie de la ville d'Aix et son établissement des thermes nationaux sont bâtis sur un bombement anticlinal de calcaire Urgonien, ayant fait l'objet d'une karstification importante. L'existence des deux émergences Alun et Soufre est liée à ce caractère karstique ; elles sont situées dans des grottes sous ou à proximité des thermes, et présentent des débits naturels importants (110 et 47 m<sup>3</sup>/h).

On a noté depuis très longtemps que leur débit et leur température pouvaient varier de façon très importante en relation avec les précipitations, entraînant également des bouffées périodiques de pollution microbiologique.

L'existence d'un périmètre de protection très étendu (englobant l'essentiel de l'agglomération) tout en ayant à certaines époques aidé à la mise en œuvre de travaux d'assainissement, n'a guère contribué à une protection efficace de ces sources ou de leur environnement ; les contaminations observées sont de tous types et depuis que des méthodes d'identification des légionelles existent, on en a trouvé dans l'établissement thermal et aux émergences.

Depuis 1850, études, travaux et expertises de tous ordres se sont succédés, se traduisant dans l'ensemble par une amélioration de la situation (diminution de la fréquence des contaminations fécales) mais inopérantes quant à la sécurisation définitive des sources, traduisant le fait que dans un environnement hydrogéologique aussi gravement dégradé (agglomération construite sur un karst) la mise en sécurité d'émergences naturelles était impossible, dans les conditions imposées par la réglementation des eaux minérales.

Il a fallu attendre la fin des années 1980 pour que soit réalisée une étude approfondie du gisement de ces eaux, qui a permis la réalisation de deux forages ayant du, compte-tenu de la structure géologique particulière de ce site, aller capter l'eau à 1100 et 2000 m de profondeur, pour assurer sa sécurité au plan microbiologique. Depuis leur mise en service, l'eau de ces deux forages est indemne de contamination et on peut considérer que les problèmes sont résolus.

## 7.2 BALARUC LES BAINS

Le schéma géologique et hydrogéologique admis pour le site de Balaruc les Bains est particulièrement complexe.

Les eaux thermales ont une origine profonde qui se situe, d'après les géothermomètres entre 1500 et 1600 m avec une température initiale de 65°C.

Ces eaux, par le fait de leur température plus élevée et de leur densité inférieure à celle des eaux froides, saumâtres ou salées, remontent à la faveur d'accidents dans les calcaires, dont les failles principales pourraient être de direction NE/SW.

Elles cheminent ensuite au contact du toit imperméable représenté par les marnes du miocène et par les formations argilo-sableuses du Pliocène.

Dans le réservoir de subsurface, les transits vers la surface et les mélanges avec les eaux froides qu'elles soient douces, venant du continent, ou salées venant de l'étang de Thau, ramènent la température des eaux thermales entre 50 et 51°C.

Plusieurs schémas de circulation souterraine ont été proposés avec des situations indiquant le fonctionnement possible en "Inversac" à l'origine de l'invasion des eaux marines à travers la Vise. L'ensemble de ces situations et interactions supposées ou probables fait l'objet d'étude.

L'importance de la source de la Vise sur la qualité des eaux thermales du site de Balaruc mérite de détailler les conditions de cette émergence sous-marine :

- l'émergence est constituée par un vaste entonnoir s'étendant du fond de l'étang de Thau, sur un diamètre de 120 m, jusqu'à un niveau de -31 m de profondeur ;
- le débit de la source (flux ascensionnel) a été estimé entre 300 et 500 l/s et pourrait atteindre 1 m<sup>3</sup>/s lorsque le karst est en charge ;
- la minéralisation et la température des eaux élevées (entre 2 et 4 g de sel/l pour une température supérieure à 20°C), caractérisent des venues d'eau chaude d'un réservoir profond mélangées, de façon variable dans le temps, avec des arrivées d'eau douce ;
- la communication entre la source de la Vise et l'aquifère thermal profond, exploité sur le site de Balaruc les Bains, a été mise en évidence à plusieurs reprises :
  - . des produits de traçage injectés par l'un des forages du site thermal ont été identifiés dans l'eau de la Vise 4 jours après,
  - . l'application d'un pompage sur la source de la Vise (pour alimenter les installations d'aquaculture) entraîne des baisses de température des forages thermaux.

L'ensemble du secteur est particulièrement sensible à l'équilibre, en un point donné, entre l'eau douce froide du karst, l'eau minéralisée chaude d'origine profonde et l'eau marine de l'étang. Cet équilibre est fonction des conditions d'exploitation imposées en tous points du système, c'est à dire notamment au niveau des forages d'exploitation du site thermal, mais également des variations du plan d'eau de l'étang ou des conditions de mise en charge du karst dans sa zone d'alimentation.

Ce contexte hydrogéologique complexe et fragile entraîne une vulnérabilité certaine de la ressource exploitée à tous les facteurs pouvant perturber de façon notable l'équilibre hydrodynamique des différentes ressources en eau en présence, on conçoit donc que les différents captages ayant servi de support à l'exploitation thermique aient été contaminés à de nombreuses reprises au plan bactériologique.

Ainsi, la source originelle (Romaine) a été relayée dans un premier temps par 3 captages, dont la source Ancienne, déclarée d'intérêt public en 1866 et exploitée jusqu'en 1968. A partir de 1961, on retrouve dans les archives des traces d'épisodes d'instabilité de la qualité et de contaminations périodiques.

Pour y remédier, et sécuriser l'approvisionnement de cette station thermale (la troisième de France pour la fréquentation), un total d'au moins 12 forages d'exploitation a été réalisé depuis la fin des années 1960, sans compter une campagne de 26 sondages de reconnaissance réalisés en 1963.

Ce n'est qu'en 1995 que la création et la mise en service du Forage F9 (source Ase) marque apparemment pour la première fois de l'histoire de la station, la mise en évidence d'une ressource en eau indemne de contamination depuis 5 ans. Son exploitation fait néanmoins l'objet d'un suivi en continu de sa qualité chimique et d'un suivi resserré bimensuel de sa microbiologie ; la situation reste néanmoins difficile en terme de débit disponible.

### **7.3 BAGNOLS LES BAINS**

La station de Bagnols les Bains s'est développée autour d'un ensemble d'émergences naturelles localisées au bord du Lot et associées à un réseau de fractures affectant le socle de micaschistes. Des filons de quartz et de pegmatites les recoupent également. Ces sources connues depuis l'époque romaine étaient exploitées jusqu'en 1977 par un ensemble de bassins, complétée au 19<sup>ème</sup> siècle par des galeries.

En 1977 le thermalisme est relancé par la société d'équipement pour le développement touristique de la Lozère ; un nouvel établissement thermal est construit, et un puits est creusé afin de sécuriser la ressource disponible et augmenter le débit.

Ce puits, dénommé F1, est mis en exploitation et aussitôt s'avère vulnérable à tous types de contamination, coliformes, pseudomonas, puis dès qu'on les a recherchées, légionelles.

Les épisodes de pollution se répètent ; entre 1993 et 2000, un total de 13 forages a donc été réalisé, pour tenter de remédier à cette situation.

Ce n'est que tout récemment que le dernier d'entre eux, F6, implanté un peu à l'écart du site, a donné des résultats satisfaisants en termes de température, débit, qualité chimique et bactériologique.

Ce forage est en cours de test depuis 6 mois, sa qualité est jusqu'à présent satisfaisante et pour la première fois depuis 1977 la qualité microbiologique de l'eau alimentant la station est irréprochable.

#### **7.4. LA LECHERE**

Le gisement de la Léchère se situe au contact entre le socle (micaschistes) et une couverture de trias (quartzites, anhydrite et dolomies altérées) ; le contact est tectonique, subvertical et jalonné d'écaillés festonnées de lambeaux de gypse. L'eau minérale remonte le long de ces contacts et vient se déverser dans le remplissage alluvionnaire du lit de l'Isère, lui même extrêmement hétérogène, avec des niveaux plus ou moins indurés, imperméables mais discontinus et des niveaux de gypse soluble inclus dans ces alluvions. Les sources ayant donné lieu au développement de la station sont apparues en 1869 : apparition de 2 entonnoirs de dissolution dans les alluvions et formation d'un petit lac alimenté par des remontées d'eau thermale.

Des captages rudimentaires y sont aménagés ; il y a probablement très vite des problèmes de qualité, mais on manque d'informations précises à ce sujet. Les premières difficultés liées à la vulnérabilité du site sont mentionnées en 1957 : programme de réfection des égouts suite à des pollutions à répétition.

Dans un rapport de 1983, la DRIRE fait état de divers incidents depuis 1954.

En 1984, le propriétaire revend l'établissement au District d'Aigueblanche, qui fait édifier un établissement thermal moderne et fait réaliser de nouveaux forages pour en assurer l'alimentation.

L'activité se développe (6190 curistes en 1987, 8989 curistes en 1995) ; en parallèle les besoins en eau augmentent également et les conditions d'exploitation de l'eau minérale se durcissent, entraînant une aggravation importante de la contamination de l'eau par la légionelle notamment.

L'établissement thermal est fermé pendant la saison 1998 et une partie de la saison 1999 ; entre temps de nouveaux forages sont réalisés dont le Radiana 11 qui depuis sa mise en service donne enfin satisfaction et assure à lui seul l'alimentation de l'établissement thermal.

## 8. Discussion

L'analyse de l'évolution de l'exploitation et des résultats obtenus dans la lutte contre les contaminations par la légionelle des ressources en eau, sur les quatre sites ayant été les plus confrontés à ce problème, amène à dégager un certain nombre de points généraux.

Sur les exemples d'Aix les Bains, de Balaruc les Bains, de Bagnols les Bains et de la Léchère, on constate que les contaminations observées sont indiscutablement des contaminations de l'environnement hydrologique ; une fois que la géométrie du gisement et le schéma de circulation souterrain des eaux sont démontrés et compris, on est en possession de tous les éléments de décision nécessaires pour sécuriser l'approvisionnement en eau minérale. Cela semble être le cas pour les quatre sites concernés avec peut être une réserve pour Balaruc les Bains, où le manque d'informations précises concernant la partie profonde du gisement empêche d'imaginer le recours à des forages plus profonds que les forages actuels, qui seraient pourtant probablement un progrès important sur le plan de la sécurité.

Si l'on tente d'énumérer les éléments ayant contribué à la pérennisation trop longue sinon l'aggravation d'une situation de vulnérabilité caractérisée de la ressource sur chacun de ces sites, on aboutit au diagnostic suivant.

- **THERMES NATIONAUX D'AIX LES BAINS** : La structure géologique, particulièrement complexe et difficile à appréhender, a pendant longtemps limité les études de ce site à l'énoncé de théories, sur l'origine et la circulation des eaux minérales, qui n'étaient pas suffisamment probantes pour envisager un recaptage des sources. Pendant très longtemps, les efforts considérables pour solutionner les problèmes de contamination des sources, ont donc porté, sur la maîtrise de l'environnement et de l'assainissement, ce qui en milieu urbain dense, était pour le moins aléatoire. L'importance de l'enjeu économique et social, l'importance des débits et températures nécessaires compliquaient encore les prises de décision éventuelles.

Il a fallu l'apparition d'une situation grave pour déclencher de la part de l'État (propriétaire de l'établissement et des sources) la prise de décision et les moyens nécessaires à une étude lourde du site, et la réalisation de captages extrêmement profonds pour l'époque où ils ont été réalisés.

- **BALARUC LES BAINS** : Un contexte géologique et hydrogéologique très particulier rend ce site par nature extrêmement vulnérable. De tous temps, les épisodes de contamination ont été pris en compte et des efforts ont été consentis pour les solutionner, aboutissant progressivement à la compréhension du rôle capital de l'équilibre hydrodynamique entre les différentes nappes d'eau en présence. Cette prise de conscience progressive a été accompagnée d'un gros effort de suivi en continu de contrôle et de maîtrise des paramètres de cet équilibre, ainsi que d'un progrès notable dans les règles de l'art de la conception et la réalisation des différents captages.

L'équilibre atteint dans le suivi et le respect des conditions d'exploitation permettant l'intégrité de la ressource captée par le forage F9 est cependant extrêmement fragile dans la mesure où il signifie l'ajustement permanent des conditions d'exploitation à l'évolution éventuelle de paramètres extérieurs au système hydrothermal proprement dit mais pouvant avoir une influence sur lui (nappe d'eau douce et étang de Thau).

- **BAGNOLS LES BAINS** : La petite station de Bagnols les Bains (de l'ordre de 1000 curistes par an) a affronté de graves difficultés d'alimentation en eau minérale de bonne qualité microbiologique. Elle est également située en contexte hydrogéologique difficile à sécuriser : émergence des ressources en eau minérale au niveau du socle de micaschistes extrêmement fracturé avec peu ou pas de recouvrement et absence de niveaux imperméables.

On ne dispose pas d'information sur d'éventuels problèmes microbiologiques avant 1977 quand l'établissement ancien était alimenté par les systèmes de captage anciens, fonctionnant en écoulement naturel ; il est néanmoins probable qu'il y ait eu des difficultés au moins en relation avec la gestion des rejets de la ville.

Ces problèmes prennent de l'ampleur après la réalisation du puits de 1977 : mauvaise conception, mauvaise prise en compte des risques réels, défauts de réalisation et probablement conditions d'exploitation inadaptées ont conduit à une situation de contamination quasi chronique à laquelle on a cherché à remédier, en multipliant les tentatives de captage "propre" sur le site même, extrêmement restreint ; plus d'une dizaine de forages ont ainsi été réalisés en quelques années avec peu ou pas suffisamment de précaution, contribuant apparemment à "ensemencer" le proche sous sol de la station.

De plus, des inspections d'ouvrages démontrent de nombreuses malfaçons au niveau de la réalisation de ces captages.

Loin de constituer une solution, la multiplication de ces captages a probablement contribué à aggraver la situation.

Il a fallu attendre d'avoir suffisamment d'éléments géologiques pour permettre de s'éloigner de cette zone proche de l'établissement thermal, et pour réaliser, en prenant un maximum de précaution d'hygiène, un nouveau forage dans un secteur vierge et pouvoir ainsi trouver enfin une ressource en eau de qualité satisfaisante.

Le captage est en cours d'essais, en se limitant volontairement à des débits modestes, afin de d'éviter les risques d'appel d'eau en provenance de la zone contaminée.

- **LA LECHERE** : Le contexte hydrogéologique de la Léchère est probablement le plus difficile : à l'heure actuelle encore l'eau minérale est captée au sein du remplissage alluvionnaire de la vallée de l'Isère. Des contaminations sont apparues très tôt dans l'histoire de la station, et la vulnérabilité du site et de la ressource ont été caractérisés relativement vite. Des rapports datant du milieu des années 1980 font

état des risques liés à une augmentation du rabattement du niveau dynamique en cas de pompage excessif.

En dépit de cet état de fait, le rachat du site par la collectivité entraîne la construction d'un nouvel établissement thermal, la mise en place d'un plan de développement ambitieux et évidemment un accroissement concomitant des besoins en eau minérale.

De nouveaux forages ont été réalisés probablement sans prendre suffisamment en compte les difficultés techniques inhérentes au site et à la qualité des eaux (eau sulfatée chaude et mauvaise tenue des cimentations). Sur des ouvrages peu sûrs, des débits de pompage trop élevés ont été imposés entraînant une propagation et une généralisation de la contamination dans le proche sous sol.

La solution à cette situation a consisté en un programme lourd de sécurisation et d'abandon des anciens captages, la réalisation d'un nouveau forage réalisé suivant un cahier des charges technique et d'hygiène rigoureux, et en la définition des conditions d'exploitation sévères, et respectueuses des caractéristiques particulières du site.

## 9. Enseignements tirés

**Parmi l'ensemble des sites thermaux examinés, rien ne permet d'affirmer que telle ou telle ressource en eau minérale est d'ores et déjà contaminée par les légionelles au niveau de son gisement.**

Tout au plus, peut on identifier un certain nombre de sites dont le faible niveau de protection naturelle du gisement a entraîné en dépit des précautions techniques ou réglementaires prises, une aggravation de la contamination du proche sous sol par des bactéries de l'environnement.

Des situations de ce type sont parfois apparues dans les cas les plus graves en relation avec la réalisation et la mise en exploitation à un régime trop élevé de captages mal adaptés au niveau de vulnérabilité du site.

Lors de l'enquête bibliographique qui a été réalisée sur les gisements et les captages de Bagnols les Bains et de la Léchère, un certain nombre de non prise en compte des règles de l'art ou de dysfonctionnements ont été relevés, sans toutefois pouvoir prétendre être exhaustif :

**LA LECHERE :**

- mauvaise tenue des ciments, ne tenant apparemment pas compte du caractère sulfaté calcique chaud de l'eau ;
- défauts de conception de certains forages (télescopages) et mauvais positionnement des crépines ;
- coupes techniques réelles non conformes (défaut de suivi des maîtres d'œuvre) ;
- mauvaises techniques de rebouchage des captages abandonnés ;
- surexploitation par l'exploitant ;
- non respect des signaux d'alerte (baisse de la température de l'eau de 56 à 46°C en 8 ans) ;
- passivité des services administratifs locaux.

**BAGNOLS LES BAINS :**

- mauvaise prise en compte des difficultés inhérentes au contexte géologique dans la conception du puits en 1977 ;
- emploi de boues biodégradables dans un environnement déjà contaminé ;
- multiplication de captages dans un périmètre extrêmement restreint ;
- malfaçons au niveau de certaines complétions et défauts de surveillance de l'entreprise de forage par le maître d'œuvre ;
- négligence au niveau des précautions d'hygiène.

Ces exemples de non respect ou de négligence des règles de l'art, prises isolément et dans un contexte hydrogéologique moins vulnérable, pourraient probablement ne pas avoir de conséquences graves ; là dans les contextes hydrogéologiques de ces deux sites à peu près dépourvus de protection naturelle, ces manquements ont probablement eu des effets cumulatifs qui progressivement ont contribué à amplifier le niveau de contamination du sous sol.

En fait, il semble que la fuite en avant qui consiste, sans idée géologique directrice, à multiplier la réalisation de captages, loin de résoudre les problèmes de contamination immédiate, contribue au contraire à leur aggravation et leur pérennisation.

## 10. Conclusions

Sur chacun des sites thermaux dont la ressource en eau minérale a été contaminée de façon répétée à l'émergence par des légionelles, on peut affirmer qu'à l'heure actuelle des solutions ont été trouvées pour sécuriser et stabiliser la qualité de ces eaux.

Elles ont consisté en :

- un renforcement du niveau de connaissance de ces sites qui a permis de démontrer que les contaminations étaient dues à des circulations d'eau parasites ;
- la mise en place de captages mieux adaptés aux conditions hydrogéologiques particulières de chacun des sites ;
- la définition et le respect de protocoles d'exploitation adaptés à la fragilité de l'environnement hydrogéologique de chacun de ces sites.

Elles ont été accompagnées de la mise en œuvre de programmes rigoureux et stricts d'abandon et de rebouchage des anciens captages, le tout en observant des procédures d'hygiène très stricte.

Néanmoins, compte tenu du long historique de contaminations liées à l'environnement de certaines sources, quelques unes des solutions mises en œuvre pourraient ne pas être suffisamment pérennes ; l'avenir le dira. Cependant la preuve est faite malgré tout que sur ces sites, des ressources en eau minérale indemne de pollution sont disponibles et peuvent être préservées par la réalisation de captages d'autant plus soignés dans leur conception que les sites concernés sont vulnérables et moyennant l'application de condition d'exploitation particulièrement respectueuses de la fragilité et de la vulnérabilité intrinsèque de ces sites.

Enfin, l'examen de l'historique des travaux et des études sur quelques uns de ces sites permet de mettre en évidence des accumulations de négligences, d'approximations et de laxisme qui ont dans certains cas conduit à l'aggravation importante de l'état sanitaire de ces sites.

De ce point de vue enfin, l'augmentation de la fréquence des contrôles imposée par les textes récents (juin 2000), si elle constitue un progrès, n'est cependant pas suffisante en soi ; encore faudrait il que les résultats de ces contrôles soient régulièrement exploités par les différentes parties concernées, afin de prévenir l'apparition de situations sanitaires graves.

**BRGM**  
**SERVICE EAU**  
**Unité ADM – Cellule Eau Minérale**  
BP 6009 – 45090 Orléans cedex 2 – France – Tél. : 33 (0)2 38 64 34 34  
BP 2059 – 69616 Villeurbanne Cedex – France – Tel : 33(0)4 72 82 11 50