



LES EAUX THERMO-MINERALES EN FRANCHE-COMTE

B. R. G. M.
11. SEP. 1992
BIBLIOTHEQUE



DIRECTION REGIONALE DE L'INDUSTRIE
DE LA RECHERCHE ET DE L'ENVIRONNEMENT
7, rue Léonard de Vinci - 25000 BESANCON

LES EAUX THERMO-MINERALES EN FRANCHE-COMTE

C. JAVEY

Juin 1992

R 35 173 - FRC 4S 92



Etude réalisée dans le cadre des
actions de Service Public du BRGM,
menées sous la tutelle du Ministère de
l'Industrie et du Commerce extérieur.

DIRECTION REGIONALE DE L'INDUSTRIE,
DE LA RECHERCHE ET DE L'ENVIRONNEMENT

LES EAUX THERMO-MINERALES EN FRANCHE-COMTE

R 35 173 - FRC 4S 92

Juin 1992

Résumé

Dans le cadre du contrat Etat-BRGM, la DRIRE de Franche-Comté a demandé à l'Agence Franche-Comté du BRGM d'établir un état des connaissances actuelles concernant les ressources régionales en eaux thermo-minérales.

L'étude, basée sur l'exploitation des documents archivés à l'Agence Franche-Comté du BRGM et dans les subdivisions départementales de la DRIRE, donne, pour chacune des ressources actuellement exploitées :

- les principales caractéristiques (origine, débit, composition chimique...),
- les utilisations,
- la situation du point de vue sanitaire et administratif (autorisations),
- les perspectives d'avenir en cas d'accroissement des besoins.

Pour les autres ressources connues, qui ont été exploitées jadis ou qui ne l'ont jamais été, quelques indications plus ou moins précises, relevées dans des archives et documents anciens, sont fournies.

Ce rapport comprend 39 pages de texte, et 6 figures.

Sommaire

1 - INTRODUCTION.....	1
2 - EAUX THERMO-MINERALES DE LONS-LE-SAUNIER (39).....	3
2.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	3
2.2 - HYDROGEOLOGIE - ORIGINE DES EAUX CAPTEES.....	3
2.3 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EAUX CAPTEES.....	5
2.4 - TRANSPORT ET UTILISATION DES EAUX CAPTEES.....	7
2.5 - ASPECT SANITAIRE - PROTECTION DES CAPTAGES.....	8
2.6 - SITUATION ADMINISTRATIVE.....	9
2.7 - PERSPECTIVES D'AVENIR.....	10
3 - EAUX THERMO-MINERALES DE SALINS-LES-BAINS (39).....	11
3.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	11
3.2 - HYDROGEOLOGIE - ORIGINE DES EAUX CAPTEES.....	11
3.3 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EAUX CAPTEES.....	13
3.4 - TRANSPORT ET UTILISATION DES EAUX CAPTEES.....	15
3.5 - ASPECT SANITAIRE - PROTECTION DES CAPTAGES.....	16
3.6 - SITUATION ADMINISTRATIVE.....	17
3.7 - PERSPECTIVES D'AVENIR.....	18
4 - EAUX THERMO-MINERALES DE LUXEUIL-LES-BAINS (70).....	19
4.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	19
4.2 - HYDROGEOLOGIE - ORIGINE DES EAUX CAPTEES.....	21
4.3 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EAUX CAPTEES.....	21
4.4 - TRANSPORT ET UTILISATION DES EAUX CAPTEES.....	22
4.5 - ASPECT SANITAIRE - PROTECTION DES CAPTAGES.....	23

4.6 - SITUATION ADMINISTRATIVE.....	24
4.7 - PERSPECTIVES D'AVENIR.....	24
5 - EAUX THERMO-MINERALES DE BESANCON "LA MOUILLERE" (25).....	25
5.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	25
5.2 - HYDROGEOLOGIE - ORIGINE DES EAUX CAPTEES.....	25
5.3 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EAUX CAPTEES.....	27
5.4 - TRANSPORT ET UTILISATION DES EAUX CAPTEES.....	28
5.5 - ASPECT SANITAIRE - PROTECTION DES CAPTAGES.....	28
5.6 - SITUATION ADMINISTRATIVE.....	29
5.7 - PERSPECTIVES D'AVENIR.....	29
6 - SOURCES MINERALES NON UTILISEES.....	30
6.1 - SOURCE MINERALE DE VELLEMINFROY (70).....	30
6.2 - SOURCE SULFUREUSE DE GUILLON-LES-BAINS (25).....	35
6.3 - AUTRES SOURCES.....	36
7 - CONCLUSION.....	38

Table des figures

<u>Figure 1</u> - Plan de situation des sources thermo-minérales en Franche-Comté.....	2
<u>Figure 2</u> - Plan de situation des sources de l'Etablissement thermal de LONS-LE-SAUNIER.....	4
<u>Figure 3</u> - Plan de situation des sources de l'Etablissement thermal de SALINS-LES-BAINS.....	12
<u>Figure 4</u> - Plan de situation des sources thermales de LUXEUIL- LES-BAINS.....	20
<u>Figure 5</u> - Plan de situation des sources de l'Etablissement thermal de BESANCON "La Mouillère".....	26
<u>Figure 6</u> - Plan de situation de la source minérale de VELLEINFROY.....	31

1 - INTRODUCTION

La région de Franche-Comté dispose de plusieurs sources et établissements thermaux (cf. figure 1) dont l'histoire, ancienne, a connu parfois quelques vicissitudes. Actuellement, l'activité thermale régionale est en plein développement et il paraît opportun de s'interroger sur l'importance des ressources en eaux souterraines thermo-minérales afin de savoir si celles-ci sont capables d'assurer les besoins futurs, tant quantitativement que qualitativement.

Dans le cadre du contrat Etat-BRGM, la DRIRE de Franche-Comté a confié à l'Agence Franche-Comté du BRGM une étude documentaire dont l'objectif est de faire le point sur les ressources régionales en eaux thermo-minérales.

Le présent rapport, basé sur l'exploitation des documents archivés à l'Agence Franche-Comté du BRGM et dans les subdivisions départementales de la DRIRE donne pour chacun des Etablissements thermaux en activité l'état des ressources exploitées et les mesures envisageables ou envisagées pour répondre à un éventuel accroissement des besoins.

Il convient de signaler que, pour chacun de ces Etablissements, c'est la ville qui prend à sa charge l'approvisionnement en eaux thermo-minérales et, donc, les études et travaux éventuels de recherche, de captage et d'adduction de nouvelles ressources.

La dernière partie est consacrée aux ressources qui ne sont pas ou plus utilisées et pour la plupart desquelles on ne dispose que de vagues indications tirées d'ouvrages anciens.

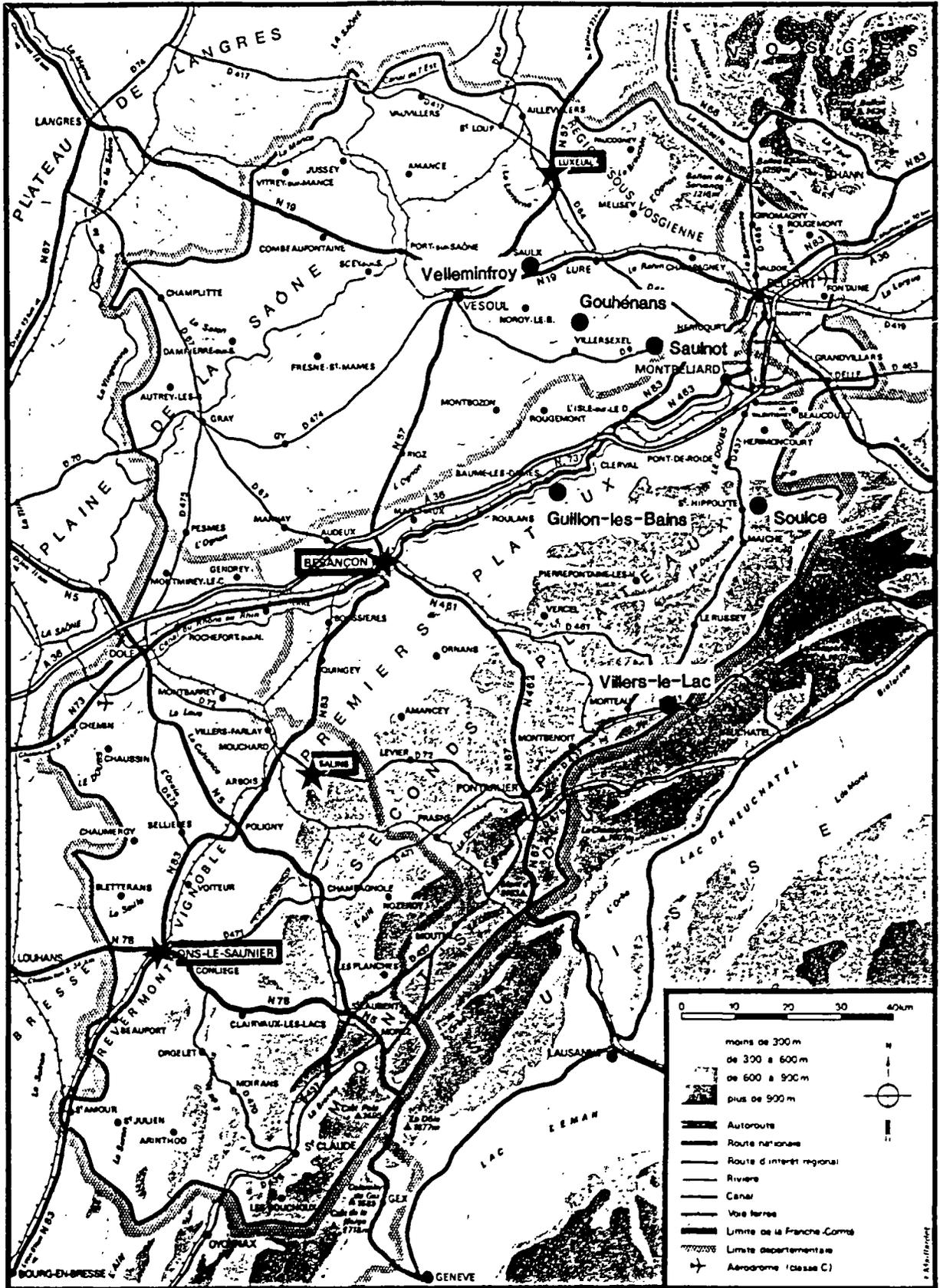


Figure 1 - Plan de situation des sources thermo-minérales de Franche-Comté

- ★ Source exploitée (Etablissement thermal)
- Source non exploitée

2 - EAUX THERMO-MINERALES DE LONS-LE-SAUNIER (39)

2.1 - Situation géographique (figure 2)

L'Etablissement thermal de LONS-LE-SAUNIER, actuellement géré par la Compagnie Européenne des Bains, a été construit en 1892 dans un vaste parc de 7 ha, au coeur de la ville, à une altitude de 260 m environ.

Les eaux exploitées par la ville de LONS-LE-SAUNIER pour alimenter l'Etablissement thermal ont deux origines :

- l'eau de la source Lédonia, captée par le Puits Salé situé à 600 m au NW des Thermes,
- la saumure ou "eaux vierges" captée par le Puits à Sel situé à 840 m au SE des Thermes, sur la commune de MONTAIGU.

2.2 - Hydrogéologie - origine des eaux captées

2.2.1 - SOURCE LEDONIA

L'eau de la source Lédonia est ascendante et jaillit au fond d'un puits de captage appelé "Puits Salé" situé au milieu d'un vaste entonnoir creusé dans les formations du Keuper supérieur, au pied du versant oriental de la petite vallée du Solvan.

Le Puits Salé est un ouvrage de plus de 4 m de diamètre, profond de 11 m environ, reconstruit par lestage sur un ancien puits romain. La base de l'ouvrage repose sur le "rocher" (vraisemblablement un banc de dolomie intercalé dans les marnes du Keuper supérieur) et coiffe une fissure par laquelle l'eau jaillit. Cette fissure est sans doute en relation avec un accident profond (faille) qui joue un rôle de drain et permet la remontée en surface des eaux d'aquifères profonds en charge, ce qui explique :

- Source Lédonia
- Puits à Sel
- E.T. Etablissement Thermal
- Canalisation eau source Lédonia
- - - Canalisation saumure Puits à Sel
- + Poste de vidange et de puisage pour le déneigement



Figure 2 - Plan de situation des sources de l'Etablissement thermal de LONS-LE-SAUNIER (39) - échelle 1/5 000

- d'une part, la température de l'eau (17°C) plus élevée que la normale (de l'ordre de 10°C),
- d'autre part la salinité de l'eau (environ 10 g/l).

Les deux principaux aquifères profonds plus ou moins salés sont constitués par :

- les calcaires et calcaires dolomitiques du Muschelkalk supérieur (Trias moyen),
- les grès du Buntsandstein (Trias inférieur).

Une partie du sel peut provenir également du lessivage des couches salifères du Keuper inférieur.

2.2.2 - EAUX VIERGES

Les "eaux vierges" sont en fait de la saumure, eau pratiquement saturée en sel, obtenue par dissolution des couches de sel gemme du Keuper inférieur. Elles sont extraites par pompage dans un forage vertical appelé "Puits à Sel", qui a atteint le toit du sel à 216 m et a été arrêté dans cette formation à 240 m de profondeur. Lors de son exécution, en 1972, le forage a été tubé et rendu étanche par cimentation depuis la surface jusqu'à 220 m de profondeur pour obturer les différents aquifères rencontrés ; la dissolution du sel était obtenue grâce à une injection d'eau douce (eau de la ville) depuis la surface. Aujourd'hui, il semble que l'étanchéité de l'ouvrage ne soit plus assurée car la saumure est prélevée par pompage, en fond de forage grâce à un tube de puisage, sans qu'il soit nécessaire d'injecter de l'eau douce. De fait, en 1985, à l'occasion de travaux de remise en état, on a constaté des arrivées d'eau dans le forage vers - 35 m et - 70 m.

2.3 - Principales caractéristiques des eaux captées

2.3.1 - SOURCE LEDONIA

Débit :

- Le débit fourni par écoulement naturel artésien est, en moyenne, de l'ordre de 9,5 m³/h, avec une fluctuation saisonnière de 25%. La relative constance du débit naturel indique un aquifère assez profond et relativement éloigné de ses affleurements, sa fluctuation pouvant s'expliquer par celle de ses conditions d'alimentation.

- En 1986, à la demande de la ville de LONS-LE-SAUNIER, un pompage d'essai a été réalisé par le BRGM pour déterminer les conditions optimales d'exploitation du Puits Salé (rapport BRGM 87 SGN 067 FRC). Un pompage à débit constant de 14,8 m³/h a provoqué un rabattement stabilisé de 3,10 m.

Température :

- 16 à 17° en saison froide,
- 17 à 18° en saison chaude,
- Pendant toute la durée (49 heures) du pompage d'essai réalisé en 1986, l'eau a gardé une température pratiquement constante de 16,8°C à 17,1°C.
- La valeur relativement élevée de la température et sa quasi constance indiquent une origine de l'eau assez profonde.

Caractéristiques physico-chimiques :

- L'eau de la source Lédonia est limpide, de type bicarbonaté calcique, chloruré sodique, potassique et magnésien et sulfaté calcique et magnésien. Elle est légère et gazeuse (gaz CO₂ et H₂S dissous) avec une saveur légèrement acidulée par le gaz carbonique. Elle présente à l'émergence des dépôts de barégine (algues + soufre).
- La minéralisation est très élevée (résistivité à 18°C de 43,3 à 95 ohms-cm, résidu sec de 15 g à 20 g/l, environ 10 g/l de ClNa), et son pH varie de 6,9 à 8,0. Les éléments en traces sont le Fluor (0,01 à 0,55 mg/l), le Brome (2,4 à 3,7 ppb), le Lithium (0,16 à 0,30 mg/l), le Rubidium (0,070 mg/l), le Strontium (13,3 à 13,5 mg/l), le Bore (1,2 mg/l), ainsi que, selon des analyses précédentes, le Cuivre (0,06 mg/l), le Baryum, l'Antimoine et les Arséniates.
- La composition chimique subit quelques fluctuations à caractère saisonnier (résistivité, teneurs en chlorures, sulfates, bicarbonates) qui semble indiquer une corrélation entre la température et la minéralisation. La variation simultanée de ces deux paramètres est attribuable à une variation de la quantité des apports issus de l'aquifère semi-profond (dolomies du Keuper moyen) dans le mélange avec les eaux des aquifères profonds (Muschelkalk supérieur, Buntsandstein).
- Par ailleurs, l'eau est exempte de pollution : absence de NH₄⁺, NO₂⁻, teneur négligeable en nitrates (0 à 0,4 mg/l), teneur en matières organiques en O faibles (0,5 à 1,8 mg/l).

2.3.2 - EAUX VIERGES

Débit d'exploitation :

Le débit de pompage de la saumure dans le Puits à Sel est limité par la faible puissance de la pompe immergée et par la nécessité de descendre celle-ci aussi bas que possible. Par ailleurs, il est nécessaire de pomper par intermittence car le pompage en continu provoque un rabattement trop important qui risque de dénoyer la pompe.

Il en résulte que le débit pompé est faible, de l'ordre de 3 000 m³ par an.

Température :

La température de la saumure prélevée par aspiration à la base du tube de puisage, vers 230 m de profondeur, est la même que celle des terrains encaissant qui, à cette profondeur, peut être estimée à 17°C environ.

Caractéristiques physico-chimiques :

Les "eaux vierges" sont de type chloruré sodique fort (pratiquement saturé en chlorure de sodium : 305 g/l), sulfaté sodique, calcique et magnésien, avec présence de bromures et d'iodures.

2.4 - Transport et utilisation des eaux captées (figure 2)

- L'eau de la source Lédonia prélevée dans la bêche de reprise par les pompes électriques, est refoulée jusqu'à l'Etablissement thermal dans une canalisation enterrée en fonte standard de diamètre 60 mm, longue de 720 m environ, datant de 1948, partiellement rénovée en fonte ductile en 1981. A son arrivée à l'Etablissement thermal, l'eau contient du fer en suspension qui résulte vraisemblablement de la corrosion de la fonte dans les parties de l'adduction qui n'ont pas été rénovées.
- La saumure du Puits à Sel est stockée dans un réservoir dès sa sortie du forage. Elle est ensuite envoyée par gravité jusqu'à l'Etablissement thermal, dans une canalisation enterrée en PVC 78,2/90 mm, longue de 1 150 m, mise en place au cours des années 1974-1975. Un poste de vidange et de puisage aménagé sur la conduite permet de prélever la saumure nécessaire au déglacage des routes en hiver.
- Les eaux thermo-minérales de LONS-LE-SAUNIER ont un usage principalement thérapeutique.

La saumure ("eaux vierges") du Puits à Sel est impropre à la consommation et, même en bains, on l'emploie diluée. La plupart des pratiques thermales dispensées par l'Etablissement utilisent des mélanges d'eaux vierges et d'eau Lédonia à des concentrations progressives allant de 1/5 (saumure) - 4/5 (Lédonia) à 1/3 (saumure) - 2/3 (Lédonia).

L'eau de source Lédonia est utilisée, seule, pour alimenter la fontaine (buvette) de l'Etablissement thermal et pour la préparation des boues servant aux illutations locales.

A noter que de l'eau douce (eau de la ville), chaude, est également utilisée pour élever la température de la saumure qui ne peut être chauffée directement.

A une certaine époque, l'eau Lédonia était également mise en bouteille et vendue en pharmacie comme eau minérale naturelle chlorurée, sodique, sulfureuse, ferrugineuse.

Par ailleurs, la saumure du Puits à Sel est utilisée également, en hiver, par la Ville, pour le déglacage des chaussées.

2.5 - Aspect sanitaire - protection des captages

2.5.1 - PUIITS SALE (source Lédonia)

Une étude hydrogéologique, réalisée en 1985 par le BRGM, a montré que, pour des raisons hydrodynamiques, les eaux superficielles s'écoulant par gravité vers l'entonnoir du Puits Salé ou s'infiltrant autour de celui-ci ne paraissent pas intervenir dans la constitution des eaux de la source Lédonia. Cependant, un accroissement du débit par pompage direct dans le Puits Salé, aurait pour effet d'attirer les eaux superficielles et d'augmenter les risques de pollution.

2.5.2 - PUIITS A SEL

La saumure pompée dans le Puits à Sel a une origine profonde (supérieure à 200 m) qui la met, en principe, à l'abri des risques de pollution bactérienne par des infiltrations d'eaux superficielles. Cependant, le risque de pollution chimique ne peut être exclu par les arrivées d'eau qui ont été mises en évidence à - 35 m et - 70 m de profondeur dont on connaît mal l'origine et la nature.

Par ailleurs, le Puits à Sel est protégé par une clôture qui entoure la parcelle cadastrale sur laquelle il est implanté (ainsi que le réservoir).

Ni le Puits Salé, ni le Puits à Sel ne possèdent de périmètre de protection réglementaire. Cependant, on peut considérer que, dans les conditions actuelles, la protection de ces deux ouvrages vis-à-vis des risques de pollution est satisfaisante.

2.6 - Situation administrative

- La source Lédonia a été autorisée par arrêté ministériel du 29 novembre 1876. Cependant, cette autorisation est caduque du fait de son non renouvellement en application du décret du 28 mars 1957.
- Le Puits à Sel, implanté dans la concession minière de PERRIGNY, est exploité par la Ville de LONS-LE-SAUNIER par convention avec la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est à qui a été mutée en dernier lieu cette concession, par décret du 13 septembre 1968.

Un arrêté du 29 mai 1894 autorisait l'utilisation de la saumure dans l'Etablissement thermal mais cette autorisation concernait un ancien "Puits à Sel" implanté sur la commune de PERRIGNY (39) et abandonné depuis longtemps.

En définitive, l'Etablissement thermal de LONS-LE-SAUNIER utilisait jusqu'à présent des ressources en eaux thermo-minérales pour lesquelles il ne possède aucune des autorisations administratives requises par le décret n° 57-404 du 28 mars 1957 :

- autorisation à l'émergence,
- autorisation d'exploitation à distance du point d'émergence (transport),
- autorisation d'utilisation en mélange,

aussi bien en ce qui concerne l'eau de source Lédonia du Puits Salé que les "eaux vierges" du Puits à Sel.

Pour remédier à cette situation, un dossier de demande d'autorisation a été constitué, qui est actuellement en cours d'instruction.

2.7 - Perspectives d'avenir

2.7.1 - SOURCE LEDONIA

Un contrat passé récemment entre la Ville de LONS-LE-SAUNIER et la Compagnie Européenne des Bains, nouveau gérant de l'Etablissement thermal, prévoit dans les prochaines années un fort accroissement de l'activité de ce dernier, en particulier dans le traitement du psoriasis (doublement du nombre de curistes en 5 ans).

Les études effectuées par la Ville de LONS-LE-SAUNIER ont montré que le débit naturel de la source Lédonia ne sera plus suffisant pour assurer les besoins de l'Etablissement thermal. Par ailleurs, les études réalisées par le BRGM ont montré qu'il était possible d'augmenter sensiblement le débit d'exploitation par pompage direct dans le Puits Salé ; mais, cette solution, qui aurait pour effet d'abaisser (rabattement) le niveau de l'eau dans le puits, présente deux inconvénients importants :

- le bois des parois de la partie supérieure dénoyée du puits risque de se décomposer rapidement au contact de l'air, ce qui rend nécessaire de rechemiser préalablement l'ouvrage,
- le pompage, en attirant les eaux superficielles, risque de provoquer une contamination de l'eau de la source Lédonia.

Pour ces raisons, la Ville de LONS-LE-SAUNIER a confié au BRGM des études visant à rechercher dans le sous-sol, au voisinage de l'Etablissement thermal, une ressource en eau thermo-minérale naturelle complémentaire, voire de substitution. Ces études sont en cours actuellement.

2.7.2 - PUIITS A SEL

En 1985, des désordres liés probablement à un effondrement de la cavité de dissolution du sel à la base du forage, ont provoqué un arrêt de la production et ont nécessité des travaux coûteux de remise en état du dispositif de pompage.

Avec raison, la Ville de LONS-LE-SAUNIER craint qu'à plus ou moins long terme, de tels désordres ne se reproduisent, entraînant la mise hors service définitive du forage, comme cela s'est produit pour l'ancien puits de PERRIGNY. C'est pourquoi, elle envisage dès maintenant, avec l'accord de la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est, de forer un nouveau puits à sel dans la concession de PERRIGNY, sur la commune de MONTAIGU. Une concertation est engagée avec la municipalité de MONTAIGU concernant le choix de l'emplacement du futur ouvrage, dans un secteur où la structure géologique est identique (même compartiment tectonique) à celle traversée par le forage actuellement en service.

3 - EAUX THERMO-MINERALES DE SALINS-LES-BAINS (39)

3.1 - Situation géographique (figure 3)

L'Etablissement thermal de SALINS-LES-BAINS a été construit vers les années 1850 à l'emplacement de l'ancienne saline du Puits à Muire, en pleine ville.

Les eaux qui alimentent l'Etablissement thermal ont deux origines :

- le Puits à Muire qui capte des venues d'eaux ascendantes dites "eaux de sources", à proximité immédiate des Thermes, sous l'Hôtel des Bains,
- le Puits d'Amont qui fournit la saumure ou "eaux vierges", implanté sous les bâtiments de l'ancienne saline, à 280 m en amont de l'Etablissement thermal.

3.2 - Hydrogéologie - origine des eaux captées

3.2.1 - PUIITS A MUIRE

La source salée dite "Puits à Muire", est constituée par des venues d'eau ascendantes qui émergent à travers la roche par quatre griffons, au fond d'un ancien puits à captage.

Les points d'émergence sont situés à la cote 313,50 environ, soit 27 m en-dessous de l'altitude moyenne des terrains au voisinage de l'Etablissement thermal.

Les eaux jaillissent par des fissures de la "Dolomie Moellon", partie supérieure du Keuper moyen, au contact d'une faille très importante qui traverse la vallée de la Furieuse obliquement et se prolonge sur des kilomètres aussi bien vers le NNE que vers l'WSW.

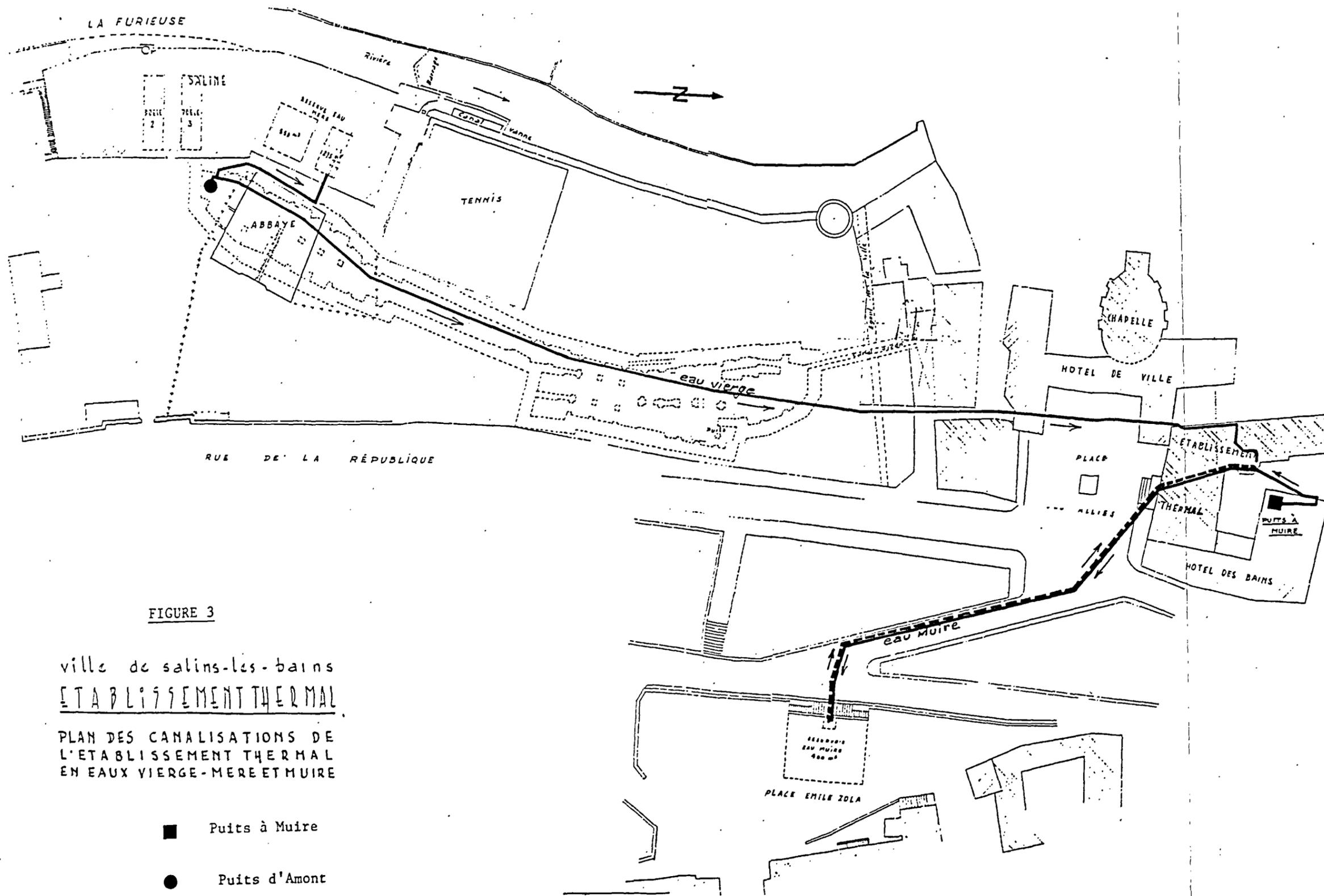


FIGURE 3

ville de salins-les-bains
ETABLISSEMENT THERMAL

PLAN DES CANALISATIONS DE
 L'ETABLISSEMENT THERMAL
 EN EAUX VIERGE-MERE ET MUIRE

- Puits à Muire
- Puits d'Amont

ECHELLE : 1/1 000

Les venues d'eau sont sans doute en relation avec cet accident qui joue le rôle de drain et permet la remontée à la surface de fluides en provenance d'aquifères profonds en charge, dont les deux principaux sont, outre la "Dolomie Moellon" :

- les calcaires et calcaires dolomitiques du Muschelkalk supérieur (Trias moyen),
- les grès du Trias inférieur (Buntsandstein).

Au cours de leur ascension, les eaux peuvent également se charger en sel au contact des formations salifères du Keuper inférieur qu'elles traversent.

3.2.2 - PUIITS D'AMONT

Il s'agit d'un ouvrage très ancien, foré et mis en service en 1848 pour l'exploitation du sel par la Saline de SALINS. Depuis 1962, date de la fermeture de la Saline, ce forage alimente en saumure l'Etablissement thermal.

La saumure, ou "eaux vierges" est obtenue par dissolution des couches de sel gemme du Keuper inférieur à la base du forage, entre 225 m et 250 m de profondeur.

Comme on n'injecte pas d'eau douce, on peut admettre que la dissolution est obtenue grâce à des venues d'eau internes probablement au niveau des intercalations calcaréo-dolomitiques aquifères du Keuper moyen, ce qui suppose un défaut d'étanchéité entre la paroi du forage et le tubage.

3.3 - Principales caractéristiques des eaux captées

3.3.1 - PUIITS A MUIRE

Débit :

Les travaux réalisés en 1957 pour améliorer les conditions de captage du Puits à Muire ont montré que cet ouvrage était en fait un puisard au fond duquel jaillissent 4 émergences, dont le débit naturel, artésien, cumulé, est de l'ordre de 5 à 6 m³/h en moyenne, mais peut montrer des variations importantes suivant la saison.

Caractéristiques physico-chimiques :

- Deux des émergences captées (7 et 11), plus minéralisées, à température plus élevée (14,5°C) ont probablement la même origine.
- Les deux autres (8 et 10), nettement moins minéralisées et à température moindre (12°C), ont sans doute une origine différente, moins profonde.
- Les travaux réalisés en 1957 et 1958 pour tenter de capter séparément ces deux groupes d'émergences, n'ont pas eu d'effet durable, si bien qu'actuellement, l'eau captée, reprise dans une bêche de pompage, a une température et une minéralisation intermédiaires qui prouvent que les différentes venues d'eau sont mélangées dès le griffon.

L'eau captée est du type chloruré sodique, potassique et magnésien, sulfaté calcique et magnésien.

On note également la présence de bromures et d'un peu d'iodures, ainsi que du nickel, du zinc et du fer.

Par ailleurs, le mélange d'eaux de différentes origines se traduit par des variations importantes des caractéristiques physico-chimiques (notamment la teneur en chlorures) de l'eau captée dans le Puits à Muire.

Ces différences de composition du "mélange" s'expliquent par un taux de dilution plus ou moins important des eaux les plus minéralisées (émergences 7 et 11) par les eaux les moins minéralisées (émergences 8 et 10) dont le débit est beaucoup plus sensible aux variations pluviométriques, du fait de leur origine moins profonde.

D'autre part, la teneur en nitrate (de l'ordre de 14 mg/l) est anormalement élevée pour ce type d'eau et peut être un indice de pollution d'origine superficielle.

3.3.2 - PUIITS D'AMONT

Débit d'exploitation :

Aucun pompage d'essai n'a jamais été effectué sur cet ouvrage.

Actuellement, le Puits d'Amont est exploité pratiquement comme à l'origine, il y a plus de 140 ans.

Le système de pompage utilisé limite le débit d'extraction de la saumure à 1 m³ à 1,5 m³/h.

Pendant la période estivale, la pompe fonctionne en moyenne 12 heures par jour. Pendant la période hivernale, la durée journalière de pompage varie suivant les besoins qui sont liés en partie aux conditions climatiques, la saumure étant utilisée aussi pour le déneigement des chaussées.

Caractéristiques physico-chimiques :

L'eau du Puits d'Amont (dite "eaux vierges") a une minéralisation totale proche de la saturation (325 g de sel/l), est de type chloruré sodique fort (pratiquement saturé en chlorure de sodium) sulfaté sodique, calcique et magnésien, bicarbonaté calcique et magnésien.

On y trouve également des bromures en teneur relativement élevée (120 mg/l), des iodures (8 mg/l) et très peu de fluorures. Le nickel est présent 3,8 mg/l), ainsi que le zinc, mais il n'y a pas de fer.

L'absence de nitrates et de phosphates témoigne de l'origine profonde de ces eaux qui sont ainsi préservées de la pollution.

3.4 - Transport et utilisation des eaux captées (figure 3)

L'eau du Puits à Muire se déverse dans une bache d'où elle est reprise et refoulée par une pompe immergée jusque dans un réservoir de 400 m³ situé sous la Place Emile Zola, à une distance de 170 m environ. Depuis ce réservoir, l'eau est envoyée gravitairement par une canalisation jusqu'aux robinets des baignoires, en passant ou non par un bac réchauffeur.

La canalisation de refoulement jusqu'au réservoir, initialement en fonte de diamètre 80/100 mm, a été remplacée en partie par une conduite en PVC de diamètre 100 mm.

La fonte étant particulièrement sensible à la corrosion par les eaux salées, la canalisation doit être intégralement remplacée par du PVC.

Du réservoir, l'eau arrive à l'Etablissement thermal par une canalisation entièrement en PVC, mise en place il y a une douzaine d'années.

Les "eaux vierges" du Puits d'Amont sont dirigées suivant les besoins :

- d'une part, jusqu'à l'Etablissement thermal par une canalisation de diamètre 40/50 mm, disposée dans les sous-sols de l'ancienne Saline et débouchant dans une bache de reprise, dans le sous-sol de l'Etablissement,

- d'autre part, dans un réservoir de 275 m³ de l'ancienne Saline (réservoir d'eaux mères résiduelles de l'évaporation des eaux salées traitées à la Saline) où elle est stockée en attendant d'être utilisée pour le déglacage des chaussées en hiver.

Les canalisations en PVC simple, de diamètre 40/50 mm, sont en très bon état. Leur longueur est approximativement de :

- 40 m entre le Puits d'Amont et le réservoir pour le déneigement,
- 300 m entre le Puits d'Amont et la bache de reprise de l'Etablissement thermal.

Les eaux thermales de SALINS-LES-BAINS ont, avant tout, un usage thérapeutique. Les pratiques thermales dispensées par l'Etablissement utilisent généralement des mélanges d'eaux de source (captées par le Puits à Muire) et d'eaux vierges (saumure pompée dans le Puits d'Amont), à des concentrations variables.

Depuis 1988, la Direction de l'Etablissement thermal a créé et développé une activité hivernale qui offre à tous la possibilité de suivre des séances de remise en forme avec aérobain, douche au jet, douche sous-marine et massage sous l'eau, sauna, bassin de détente...

3.5 - Aspect sanitaire - protection des captages

Ni le Puits à Muire, ni le Puits d'Amont ne possèdent de périmètre de protection réglementaire. Ces périmètres seraient d'ailleurs difficiles à établir, les deux ouvrages se trouvant en pleine ville et à proximité de la Furieuse.

Les eaux vierges du Puits d'Amont sont, a priori, préservées de la pollution du fait de leur origine profonde et les analyses faites jusqu'à présent n'ont jamais décelé de signes de contamination bactérienne.

Avant 1953, compte-tenu des conditions de captage existantes alors, on peut supposer que les eaux du Puits à Muire étaient polluées en quasi permanence. Les travaux réalisés entre 1954 et 1958 ont considérablement amélioré la situation mais ne sont pas parvenus à éliminer totalement les risques de pollution liés aux infiltrations d'eaux d'origine superficielle qui percolent à travers les roches fissurées encaissantes et viennent se mêler aux eaux des sources d'origine plus profonde jaillissant dans le fond du Puits à Muire.

De fait, les analyses de contrôle récentes ont révélé encore des signes de contamination bactérienne épisodique. La teneur en nitrates relativement élevée (environ 14 mg/l) est aussi un indice de pollution.

3.6 - Situation administrative

3.6.1 - PUIITS A MUIRE

La source minérale du Puits à Muire aurait été autorisée par arrêté ministériel du 25 mars 1856, mais cette autorisation n'a jamais été retrouvée, ni confirmée.

En 1960, la Régie Municipale de l'Etablissement thermal de SALINS-LES-BAINS, a été invitée, en application du décret du 28 mars 1957, à présenter une demande d'autorisation d'exploiter l'eau minérale naturelle du Puits à Muire .

Cette demande a fait l'objet du rapport de l'Ingénieur des Mines daté du 18 août 1960, qui donne "avis favorable aux demandes présentées, sous la réserve que l'eau du Puits à Muire sera utilisée uniquement pour l'usage externe".

Cependant, depuis, il n'a été trouvé aucune trace de l'arrêté donnant acte de l'autorisation.

3.6.2 - PUIITS D'AMONT

Un rapport de l'Ingénieur des Mines daté du 18 août 1960, signale que "tout ce qui a été produit par les archives départementales du Jura, c'est un rapport de l'Académie de Médecine, en date du 05/02/1856 relatif à l'autorisation d'ouvrir à SALINS, un établissement de bains médicaux alimenté par les eaux-mères (eaux résiduelles de l'évaporation de la saumure) de la Saline".

Aucune autre demande d'autorisation d'exploiter les "eaux vierges", en particulier celles du Puits d'Amont, pour alimenter l'Etablissement thermal de SALINS n'a été trouvée dans les archives.

En conclusion, force est de constater qu'actuellement, l'Etablissement thermal de SALINS-LES-BAINS utilise des ressources en eaux thermales pour lesquelles elle ne possède aucune autorisation administrative officielle (en application du décret du 28 mars 1957) :

- ni d'exploitation à l'émergence,
- ni de transport (eaux vierges),
- ni d'utilisation en mélange,

aussi bien en ce qui concerne les eaux de sources du Puits à Muire que les eaux vierges du Puits d'Amont.

3.7 - Perspectives d'avenir

- Le puits d'Amont, dans lequel on ne pompe actuellement que 12 heures par jour, en moyenne, est capable d'assurer les besoins en eaux vierges de l'Etablissement thermal de SALINS-LES-BAINS, même si l'activité de celui-ci est amenée à s'accroître. Cependant, on peut s'interroger sur la durée de vie de cet ouvrage qui est très ancien (143 ans).
- Par ailleurs, la ressource en eau minérale naturelle du Puits à Muire ne paraît pas très fiable dans ses conditions actuelles de captage, surtout si l'on envisage de développer l'activité de l'Etablissement, pour deux raisons :
 - . le débit relativement modeste, particulièrement en étiage,
 - . la vulnérabilité du captage à la pollution et la difficulté d'assurer sa protection, compte-tenu de sa situation au coeur de la ville.

Consciente de ce problème, la Ville de SALINS-LES-BAINS a confié récemment à la CPGF des études visant à rechercher, dans le sous-sol de la commune, une ressource en eau thermo-minérale naturelle complémentaire, voire de substitution, mieux protégée contre les risques de pollution.

4 - EAUX THERMO-MINERALES DE LUXEUIL-LES-BAINS (70)

Jusqu'à présent, la ville de LUXEUIL-LES-BAINS exploitait pour les besoins de l'Etablissement thermal, géré par la Société THERMALIUM, un ensemble de sources et de forages d'eaux chaudes naturelles situées au voisinage des Thermes, dans la ville.

L'hétérogénéité de la ressource, la vétusté et la non conformité de la plupart des captages ont conduit la municipalité à envisager l'abandon définitif de ces derniers au profit de nouveaux captages capables d'assurer une ressource thermo-minérale équivalente en qualité et, éventuellement, plus importante en quantité, tout en ayant un état administratif d'autorisation agréé.

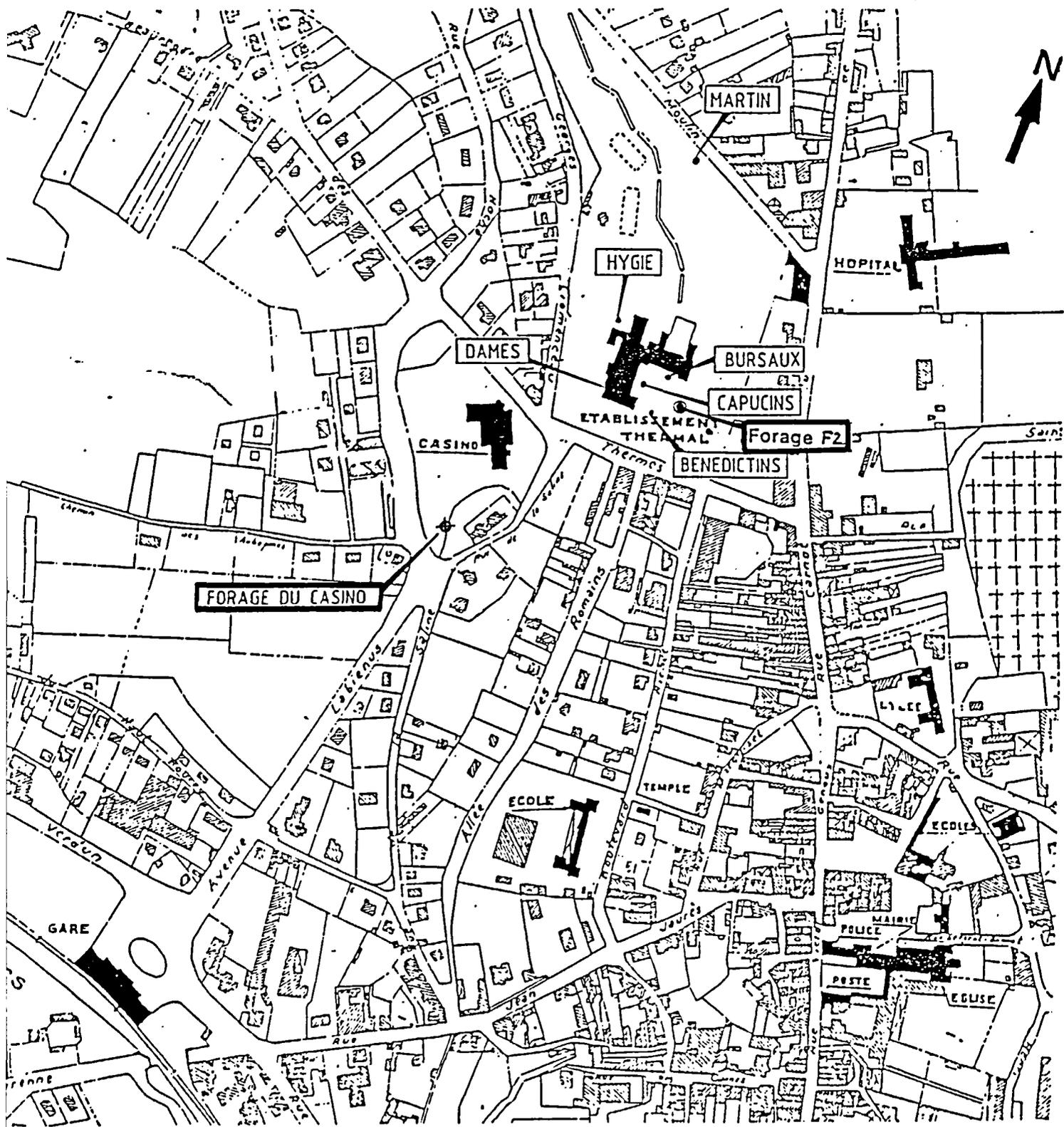
Des études menées en 1988 par la Société GEOTHERMA et en 1991 par le BRGM ont abouti à la réalisation de deux nouveaux captages qui, à l'avenir assureront l'approvisionnement en eaux de l'Etablissement thermal de LUXEUIL-LES-BAINS :

- forage GEOTHERMA F2 récemment baptisé "Source du Soleil",
- forage BRGM F2 pour lequel il est demandé le nom de "Source du Docteur Pierrat".

Dans les paragraphes qui suivent, on ne parlera que de ces deux ouvrages, les anciens captages étant sur le point d'être définitivement abandonnés.

4.1 - Situation géographique (figure 4)

- Le forage de la Source du Soleil, réalisé en juin 1988, est implanté à proximité du Casino de LUXEUIL-LES-BAINS, à 250 m environ, au SSW de l'Etablissement thermal.
- Le forage de la Source du Docteur Pierrat, réalisé en janvier 1991, est implanté dans la cour des Thermes, à l'ESE immédiat des bâtiments de l'Etablissement thermal.



Plan de situation
Echelle 1/5 000

Figure 4 - Plan de situation des sources thermales de LUXEUIL-LES-BAINS (70)

FORAGE DU CASINO : Source du Soleil (nouvelle source - 1988)

FORAGE F2 : Source du Docteur Pierrat (nouvelle source - 1991)

4.2 - Hydrogéologie - origine des eaux captées

Les deux forages, distants l'un de l'autre de 250 m environ, bien qu'ayant une profondeur différente, captent les eaux d'un même gisement thermal. Il s'agit de venues d'eaux chaudes et minérales qui, après avoir circulé à grande profondeur dans le socle granitique, remontent le long de cassures (failles) jusqu'en surface où elles se mélangent plus ou moins aux eaux des aquifères superficiels présents dans les grès du Trias inférieur constituant le sous-sol de la région.

L'avantage des forages est d'intercepter les venues d'eaux chaudes en profondeur, avant qu'elles ne soient refroidies et diluées au contact des eaux superficielles.

Ainsi, chacun des deux forages capte les venues d'eau les plus profondes, donc les plus chaudes, entre 70 m et 105 m (profondeur finale : 112 m) en ce qui concerne le forage de la Source du Soleil et entre 23,5 m et 34 m (profondeur finale) en ce qui concerne le forage de la Source du Docteur Pierrat. Une cimentation complète de l'espace annulaire entre la paroi du forage et la colonne de captage, au-dessus de la crépine, empêche le mélange des eaux chaudes avec les eaux supérieures plus froides et assure une bonne protection vis-à-vis des risques d'infiltration à partir d'écoulements superficiels.

4.3 - Principales caractéristiques des eaux captées

4.3.1 - DEBIT - TEMPERATURE

Forage de la Source du Soleil :

Les pompages d'essais ont donné les principaux résultats suivants :

- niveau statique : - 6,50 m environ par rapport au sol,
- débit critique Q_c : 26 m³/h,
- débit spécifique Q_s : 1,5 m³/h/m,
- débit d'exploitation envisageable : 25 m³/h, proche du débit critique,
- température t : 41,3°C pour $Q = 24$ m³/h, ce qui correspond à la température d'équilibre thermique du forage.

Forage de la Source du Docteur Pierrat :

Les pompages d'essais ont donné les principaux résultats suivants :

- niveau statique : supposé à + 6 m par rapport au sol (artésianisme),
- débit critique Q_c : 40 m³/h,
- débit spécifique Q_s : 3,3 m³/h/m,
- température t : 59,8°C pour $Q = 41,5$ m³/h.
- débit d'exploitation envisageable Q_e : 30 m³/h (dont 15 m³/h de débit naturel artésien), pour une température de 62°C, à condition de supprimer les anciens captages qui sont dans la zone d'interférence du forage.

4.3.2 - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Les eaux captées par les deux forages sont issues du même gisement thermal et ont des caractéristiques physico-chimiques tout à fait comparables à celles des sources chaudes exploitées jusqu'à maintenant par l'Etablissement thermal, en particulier la source des Bénédictins et la Source Bursaux.

Elles sont alcalines (pH = 7,5 à 7,7), de minéralisation moyenne à importante, avec des conductivités de 1 500 à 2 000 μ S/cm.

Elles sont de type légèrement bicarbonaté calcique, chlorosulfaté sodique (NaCl, SO₄ Na₂), avec un enrichissement minéral important en sulfates, chlorures, silice et, pour ce qui concerne les éléments mineurs, en fluor, manganèse, iode, bore, baryum, lithium.

4.4 - TRANSPORT ET UTILISATION DES EAUX CAPTEES

Les caractéristiques du réseau de transport qui sont définies dans les dossiers de demande d'autorisation d'exploiter ces deux nouvelles sources sont les suivantes :

- L'eau de la Source du Soleil sera amenée de la station de pompage, en tête de forage, jusqu'au réservoir de stockage de l'Etablissement thermal, soit sur une distance de 250 m environ, par une canalisation de polyéthylène "bande bleue" (qualité alimentaire), de diamètre intérieur 97 mm, extérieur 125 mm. La conduite sera placée en fond de tranchée et noyée dans 500 mm de béton, avec armature inférieure.

- L'eau de la Source du Docteur Pierrat sera amenée au réservoir de l'Etablissement thermal par une courte canalisation d'une quarantaine de mètres, en acier inox, placée en caniveau.

La mise en exploitation de ces deux nouvelles ressources dont les caractéristiques physico-chimiques sont identiques à celles des captages anciens, plus ou moins vétustes, utilisés jusqu'à présent, va permettre d'abandonner définitivement ces derniers, sans que cela change quoi que ce soit à la nature des activités de l'Etablissement thermal.

Les eaux thermo-minérales de LUXEUIL-LES-BAINS ont, en premier lieu, un usage thérapeutique grâce à leurs actions reconnues : sédatives et antalgiques, décongestionnantes et anti-inflammatoires, détoxifiantes. Les cures thermales ont été mises au point principalement pour les indications phlébologiques et gynécologiques.

Elles sont utilisées également pour les différentes pratiques de l'aquathérapie.

4.5 - Aspect sanitaire, protection des captages

Les deux forages sont situés à l'intérieur et dans la partie aval hydraulique du périmètre de protection des sources thermales de LUXEUIL-LES-BAINS, déclarées d'utilité publique par décret du 26/07/1858. Ce périmètre a été défini par décret du 12/07/1859.

Par ailleurs, pour chacun des deux ouvrages, la protection de l'émergence contre les risques de pollution est assurée :

- par la profondeur des eaux captées et la cimentation qui les protège contre toute venue d'eau en provenance des niveaux supérieurs ; les analyses effectuées sur des échantillons prélevés lors des pompages d'essai n'ont décelé aucune pollution bactériologique,
- par la conception de l'abri de tête de puits qui sera entièrement enterré et parfaitement étanche,
- par l'existence d'un périmètre sanitaire de protection d'un rayon de 6 m autour de l'émergence,
- par les dispositions prises pour éliminer tout risque de pollution au niveau de la canalisation amenant l'eau jusqu'à l'Etablissement thermal,
- par l'obturation et le colmatage des anciens captages.

4.6 - Situation administrative

Pour chacun des deux nouveaux captages, le dossier de demande d'autorisation d'exploiter la ressource à l'urgence et de la transporter jusqu'à l'Etablissement thermal, conformément au décret n° 57-404 du 28 mars 1957, est en cours d'instruction.

4.7 - Perspectives d'avenir

Jusqu'à présent, l'Etablissement thermal de LUXEUIL-LES-BAINS est alimenté en eaux minérales chaudes par 4 sources (Bursaux, Bénédictins, Capucins, Dames) dont la température varie de 30,5°C à 63,5°C et le débit cumulé est de l'ordre de 17 m³/h.

Le captage de la Source du Soleil fournit 25 m³/h d'eau thermo-minérale à 41,3°C.

Le captage de la Source du Docteur Pierrat fournit 30 m³/h d'eau thermo-minérale à 62°C.

Ces deux nouvelles ressources d'eaux chaudes minérales récemment découvertes et captées sont capables d'assurer les besoins de l'Etablissement thermal de LUXEUIL-LES-BAINS, même si celui-ci connaît, dans les années à venir, un développement important de son activité.

5 - EAUX MINÉRALES DE BESANCON "LA MOUILLÈRE"

5.1 - Situation géographique (figure 5)

L'Établissement thermal de "La Mouillère" à BESANCON est situé au centre ville, dans les jardins du Casino, en bordure du Doubs, rive droite.

Les eaux exploitées par la ville de BESANCON pour les besoins de l'Établissement thermal sont extraites de deux puits situés à 6,2 km au Nord-Ouest, sur la commune de MISEREY-SALINES. Ces deux ouvrages, appelés "Puits de MISEREY n° 1 ou Puits Bas" et "Puits de MISEREY n° 2 ou Puits Haut", sont distants l'un de l'autre de 90 m, environ.

5.2 - Hydrogéologie - origine des eaux captées

Le Puits Bas et le Puits Haut sont, en fait, deux anciens forages d'exploitation de la Société des Salines et Mines de sel gemme de MISEREY dont l'activité a cessé depuis des décennies. Ces forages servaient à extraire, par dissolution naturelle, le sel contenu dans les couches salifères profondes du Keuper inférieur, entre 180 m et 200 m de profondeur.

Actuellement, la saumure ou "eaux vierges", est extraite par pompage, sans injection d'eau douce. Les couches de sel et les assises marneuses encaissantes sont imperméables et l'eau n'y circule pas. La dissolution du sel ne peut donc se faire que par des arrivées d'eau internes, d'origine indéterminée, peut-être à la faveur d'un défaut d'étanchéité entre la paroi des forages et les tubages. Ces venues d'eau peuvent se produire au niveau de l'un ou l'autre des horizons aquifères traversés par les sondages, au-dessus du Trias salifère, à savoir :

- les calcaires fissurés du Sinémurien,
- les grès du Rhétien,
- les dolomies fissurées du Keuper moyen, notamment la "Dolomie moellon" ou "Dolomie en dalles".

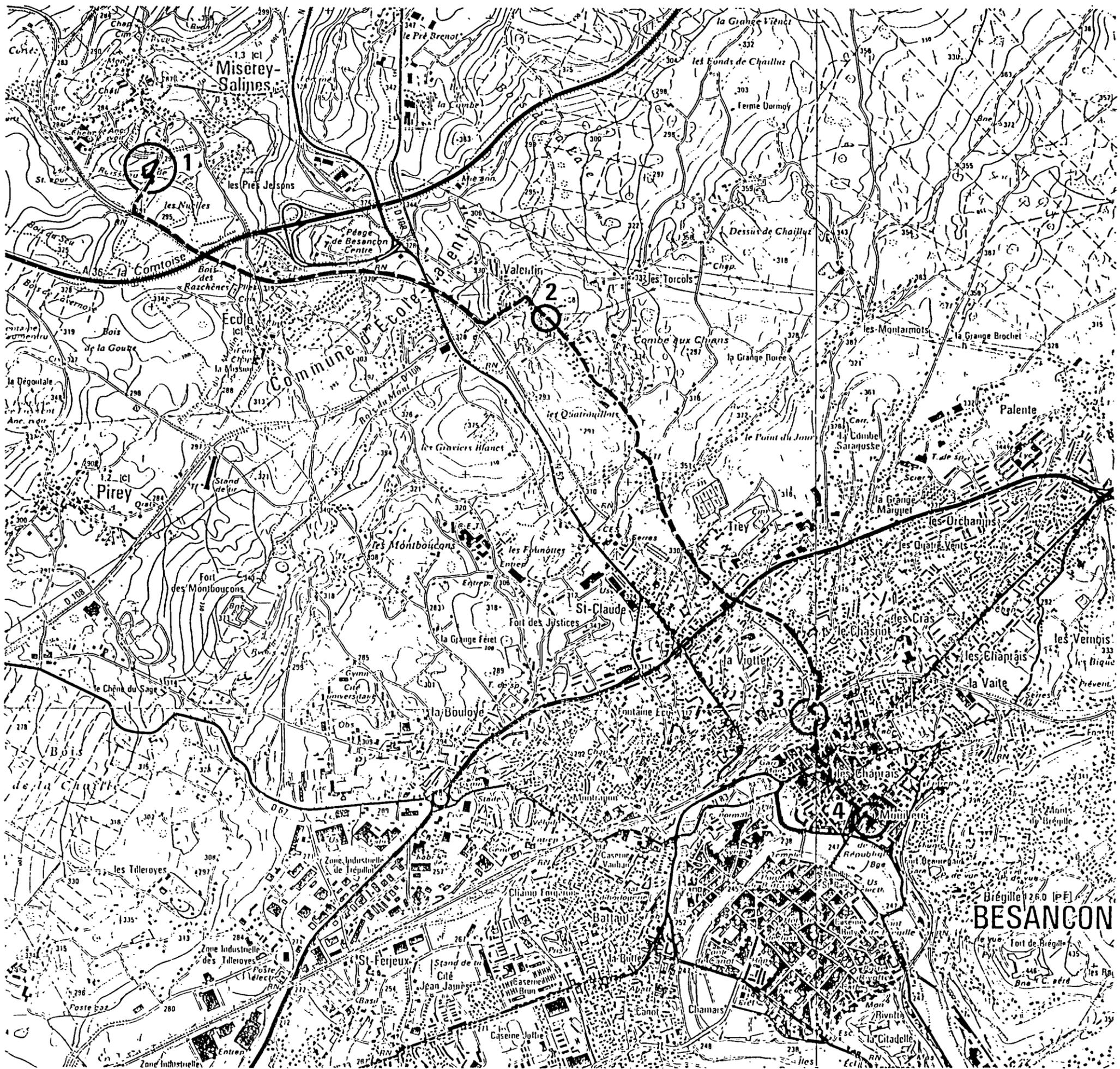


Figure 5 : Plan de situation des forages (ou puits) de MISEREY et des canalisations amenant les eaux à l'Etablissement thermal de BESANCON "la Mouillère" (extrait de la carte IGN au 1/25 000)

- 1 - Forages (ou puits) de MISEREY
- 2 - Cheminée d'équilibre
- 3 - Réservoir du Chasnot
- 4 - Etablissement thermal (centre de rééducation) de BESANCON "la Mouillère"

5.3 - Principales caractéristiques des eaux captées

Débit d'exploitation :

La saumure ou "eaux vierges" est extraite alternativement dans chacun des deux puits grâce à une pompe immergée et un tube de puisage descendu au fond.

Aucun pompage d'essai n'a jamais été réalisé dans l'un ou l'autre de ces ouvrages dont on ignore les capacités réelles ; cependant, comme on n'injecte pas d'eau douce, celles-ci sont certainement limitées mais suffisent largement aux besoins de l'Etablissement thermal qui sont très modestes, de l'ordre de 250 m³ à 300 m³ par an.

Le pompage est intermittent, suivant les besoins, le fonctionnement des installations étant entièrement automatisé.

Température :

La saumure prélevée vers 200 m de profondeur, à la base du tube de puisage a une température normale de 15°C à 16°C.

Caractéristiques physico-chimiques :

L'eau pompée dans les forages de MISEREY, résultant du lessivage des couches salifères du Keuper inférieur, a, globalement, une composition proche (bien que sa minéralisation totale soit notablement inférieure) de celle des "eaux vierges" qui alimentent les établissements de LONS-LE-SAUNIER (Puits à Sel) et de SALINS-LES-BAINS (Puits d'Amont) dont l'origine et les conditions d'exploitation sont identiques.

Il s'agit d'une eau de type chloruré sodique fort (220 g/l de chlorure de sodium, en moyenne), calcique, potassique et magnésien, sulfaté sodique, bicarbonaté calcique et magnésien.

On y trouve également des bromures en petite quantité, des traces de iodures et quelques autres éléments mineurs et oligo-éléments à l'état de traces.

Par ailleurs, l'absence de nitrates et de phosphates témoigne de l'origine profonde de ces eaux qui semblent ainsi préservées de la pollution.

Cependant, avant d'être livrée à l'Etablissement thermal de BESANCON, la saumure est fortement diluée.

5.4 - Transport et utilisation des eaux captées (figure 5)

L'adduction d'eau salée de MISEREY à l'Etablissement thermal, longue de 7,5 km, a été entièrement refaite en 1976, par la Ville de BESANCON. L'ancienne conduite en fonte a été remplacée par une canalisation en PVC, série 16 bars, de diamètre 75,8/90 mm.

Les pompes immergées dans les puits de production de MISEREY, refoulent (alternativement) la saumure dans une cheminée d'équilibre construite au point haut du chemin de Valentin et à partir de laquelle le cheminement de l'eau salée se continue gravitairement jusqu'au réservoir du Chasnot.

A l'intérieur de cet ancien réservoir, une nouvelle installation a été mise en place, qui réalise, dans une proportion de 1/10, le mélange de la saumure avec l'eau douce du réseau de la ville. Deux cuves en fibre de verre, d'une capacité unitaire de 10 m³ permettent le stockage d'un volume d'eau diluée égal à la consommation journalière.

C'est donc cette saumure considérablement diluée qui arrive gravitairement à la station hydro-minérale de "la Mouillère" où, avant d'être utilisée en hydrothérapie, elle est filtrée, réchauffée et, en ce qui concerne l'alimentation de la piscine, recyclée.

La station hydro-minérale de "la Mouillère", créée en 1976, est en fait un centre spécialisé dans la rééducation exclusivement médicale, exécutée selon les indications d'un médecin traitant, rééducation relevant également de la kinésithérapie. La saumure des puits de MISEREY, après dilution, filtration, chauffage, comme indiqué ci-dessus, est utilisée dans les différentes pratiques suivantes :

- rééducation en piscine à 33°C,
- bain bouillonnant, bain tourbillonnant, aérobaïn,
- massage sous l'eau,
- douche au jet, douche sous-marine,
- illutations locales de boues.

5.5 - Aspect sanitaire - protection des captages

Ni le Puits Bas, ni le Puits Haut ne possèdent de périmètre de protection défini réglementairement. Toutefois, sur le terrain, chacun de ces deux ouvrages est entouré d'un espace entièrement clos de 1 000 m² environ qui peut être assimilé au périmètre sanitaire de protection réglementaire.

Par ailleurs, les eaux vierges prélevées au fond des forages sont, a priori, préservées des pollutions superficielles du fait de leur origine profonde et de la forte épaisseur des séries marneuses triasico-liasiques quasi imperméables qui constituent l'essentiel de la couverture.

5.6 - Situation administrative

Les puits de MISEREY sont implantés dans la concession minière de MISEREY pour l'exploitation du sel, instituée le 02/09/1868, par décret impérial. La Ville de BESANCON exploite les puits de MISEREY par convention en date du 13/08/1970 avec la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est à qui la concession a été mutée en dernier lieu, par décret du 13/09/1968.

Du point de vue administratif, il n'existe que l'arrêté ministériel initial du 23 décembre 1892 autorisant la Société Fermière de l'Etablissement hydrominéral et du Casino de la Mouillère de BESANCON à exploiter une source d'eau minérale naturelle située à MISEREY. Or, les conditions actuelles ne sont plus du tout les mêmes, tant en ce qui concerne l'origine des eaux qu'en ce qui concerne le mode de leur exploitation.

Force est donc de constater que l'Etablissement thermal de BESANCON-la Mouillère utilise actuellement des ressources en eaux thermales pour lesquelles la Ville ne possède aucune autorisation administrative officielle :

- ni d'exploitation à l'émergence,
- ni de transport,
- ni d'utilisation en mélange,

et ce, aussi bien en ce qui concerne le Puits Bas que le Puits Haut.

5.7 - Perspectives d'avenir

L'Etablissement thermal de BESANCON-la Mouillère a des besoins très modestes (environ 250 m³/an) en eau salée, et il n'est pas envisagé d'accroître son activité de façon importante.

Dans ces conditions, la ressource actuelle paraît largement suffisante et le restera aussi longtemps que l'état des installations existantes le permettra. En effet, considérant les désordres survenus en 1982 (Puits Bas) et en 1984 (Puits Haut), on peut craindre, à plus ou moins long terme, une baisse de la productivité des ouvrages (tant en ce qui concerne le débit que la concentration en sel), voire un nouvel arrêt de la production pouvant avoir un caractère définitif. Dans ce cas, la Ville de BESANCON aura toujours la possibilité, avec l'accord de la Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est, de réaliser un nouveau forage d'exploitation.

6 - SOURCES MINÉRALES ABANDONNÉES OU NON UTILISÉES

6.1 - Source minérale de VELLEMINFROY (70)

L'exploitation de la source minérale de VELLEMINFROY a cessé en 1962.

6.1.1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE (cf. figure 6)

La source minérale de VELLEMINFROY est située entre les villes de LURE et VESOUL, à 15 km à l'ENE de cette dernière, sur la commune de VELLEMINFROY, au lieu-dit "Prés le Moulin", à 700 m au Nord du village, en bordure du ruisseau de la Colombine.

6.1.2 - HYDROGÉOLOGIE - ORIGINE DES EAUX CAPTEES

Les eaux de la source minérale de VELLEMINFROY sont issues d'une fissure dans les calcaires magnésiens ("Dolomie moellon") du Keuper moyen, subordonnés aux marnes irisées. Cette émergence serait déterminée par une faille de direction SSW-NNE suivant le vallon du ruisseau et abaissant le compartiment ouest de la série géologique.

6.1.3 - PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES EAUX CAPTEES

Débit :

En 1859, le débit mesuré par le Service des Mines était de 73 440 l en 24 heures (environ 3 m³/h), correspondant vraisemblablement au débit naturel.

Dans la décennie 1970, les mesures effectuées par N. THEOBALD font état de débits de 46 m³/jour (1977) et 56 m³/jour (1978), soit 20% de moins que le débit encore mesuré en 1958 (71,5 m³/jour).

En mars 1992, à la demande de la Société THERMALIUM (cf. § 6.1.6), le BRGM a mesuré :

- en écoulement de surface : 30 m³/jour,
- en pompage, dans le réservoir qui entoure la colonne d'eau ascensionnelle : 86,4 m³/jour (soit 3,6 m³/h), avec un niveau pseudo-stabilisé à 1 m de profondeur.

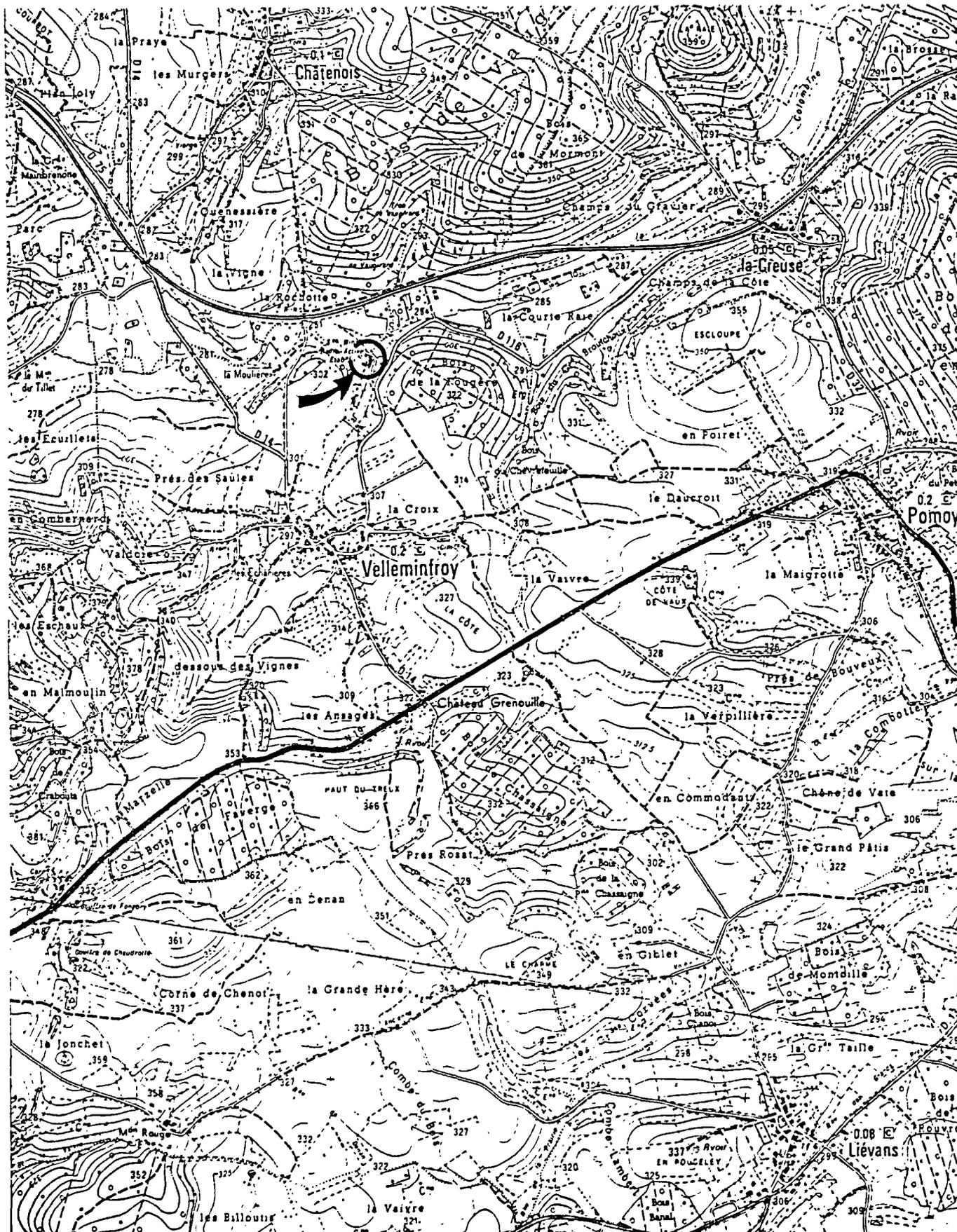


Figure 6 - Plan de situation de la source minérale de VELLEMINFROY (70)
 (extrait de la carte topographique IGN au 1/25 000)

Technique de la " Cure à Domicile ".

Mode d'emploi et Poses. — Jusqu'à présent l'Eau de Velleminfroy n'a guère été employée que par voie buccale.

Elle se boit, par verres ou demi-verres, généralement le matin à jeun, entre les repas et le soir en se couchant, la digestion étant faite.

La dose est de 1 litre à 1 litre 1/2 par jour, selon les cas et les prescriptions du médecin traitant.

Il convient de commencer par une petite dose (1/2 litre par jour) et après en avoir observé les effets diurétiques et laxatifs, d'augmenter progressivement la dose pour la porter jusqu'à 1 litre à 1 litre 1/2 par jour.

Il est recommandé de boire l'Eau lentement, par petites gorgées et pas trop froide (à la température de la maison ou, si l'on préfère, surtout pendant l'hiver, légèrement tiédie au bain-marie).

La cure à domicile est généralement de 21 jours ; elle peut être renouvelée après un repos de 10 jours entre les deux Cures.

Les personnes dont les occupations ne permettent pas une CURE complète et régulière quotidienne, peuvent cependant, après avoir bu 1 verre ou 2 d'Eau de Velleminfroy le matin au réveil, en faire usage aux repas, et en reprendre un verre le soir en se couchant.

L'eau de VELLEMINFROY ne doit jamais être employée au cours d'une crise de coliques hépatiques ou de coliques néphrétiques, ni au cours d'une crise aiguë de rhumatismes ; elle doit être prise pendant l'intervalle de ces crises, qu'elle a pour résultat d'espacer, puis de guérir.

Dans l'intervalle des Cures, l'Eau de VELLEMINFROY se consomme aux repas, comme " Eau de Régime ", soit pure, soit mélangée au vin ou à toute autre boisson, dont elle n'altère ni le goût ni la couleur.

Renseignements divers.

A proximité de la Source de Velleminfroy se trouve une bonne Hôtellerie (V. Dury, propriétaire), qui prend des pensionnaires à des prix modérés.

Les Auto-Cars de la Cie Saônoise des Transports Citroën assurent un service régulier et fréquent entre Vesoul, Lure, Belfort et Velleminfroy.

FOUR - BAINS
VESSIE - NUTRITION
ARTHEURITISME

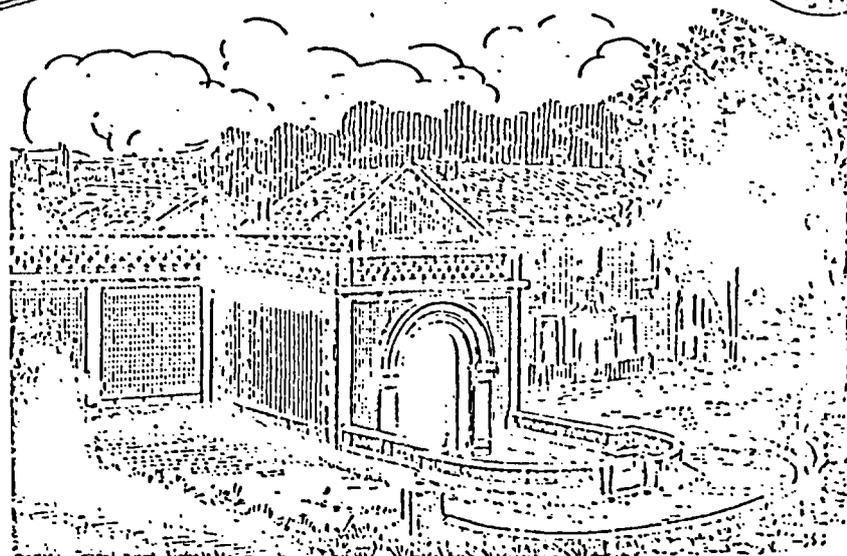
Traitement et Guérison

par l'EAU MINÉRALE NATURELLE
RADIO-ACTIVE
DE



Velleminfroy
(HAUTE-SAONE)

Cure à Domicile



PAVILLON DE LA SOURCE

Pour renseignements et commandes :

S'adresser à M. le Directeur de la SOURCE RADIO-ACTIVE, à VELLEMINFROY (Hte-Saône)

Tél. : 2 à Velleminfroy

Chartes de la Source.

L'Eau Minérale séleuto - magnésienne et radio-active de la Source de VELLEMINFROY a reçu l'Approbation de l'Académie de Médecine (1^{er} Mars 1859) et l'Autorisation de l'État (Décret du 29 Décembre 1859); elle est adoptée par le Corps Médical.

Situation et Exploitation de la Source.

La Source de VELLEMINFROY est située dans la Haute-Saône, à proximité de Vesoul. (11 kil.) - La gare la plus proche est CUVENY-SAULX, sur la grande ligne de Paris à Belfort et l'Alsace, d'où se font les expéditions d'Eau.

L'Établissement actuel sert principalement à l'embouteillage et à la manutention, en vue de l'exportation de l'Eau pour la Cure à domicile; il comprend notamment : un grand Atelier où ont lieu, à l'aide d'un outillage moderne mû par l'électricité, les opérations de rinçage, emplissage, capsulage et étiquetage des bouteilles et des bonbonnes; un coquet Pavillon-Buvette où l'on peut consommer l'Eau sur place; un Salon de Repos et divers autres Bâtiments servant à l'exploitation et à l'Administration de la Source.

Analyse Chimique de l'Eau de Velleminfroy.

(faite en Novembre 1927, au Laboratoire National de Recherches de Besançon sous la Direction de M. ARCAÏ)

Composition élémentaire :		Composition calculée :	
Pour 1 litre d'eau		Pour 1 litre d'eau	
Résidu fixe à 180.....	2 gr. 54	Gaz carbonique libre....	0 gr. 2967
<i>ions positifs :</i>		Sulfate de chaux.....	1 gr. 1130
Calcium.....	0 gr. 45	Bicarbonate de chaux...	0 gr. 4965
Sodium.....	0 gr. 17	Sulfate de soude.....	0 gr. 4850
Magnésium.....	0 gr. 09	Sulfate de magnésium...	0 gr. 4452
Fer.....	0 gr. 025	Bicarbonate de fer.....	0 gr. 0795
Lithium (examen spectroscopique).....	traces	Lithine (examen spectroscopique).....	traces
<i>ions négatifs :</i>			
Acide sulfurique (SO ₂)..	1 gr. 22	Chlorure de Sodium....	0 gr. 0330
Acide carbonique total...	0 gr. 5932	Silice.....	0 gr. 0110
Chlore.....	0 gr. 020	Arsenic.....	0 gr. 0025
Silicium.....	0 gr. 006	Matières organiques....	0 gr. 0001
Arsenic.....	0 gr. 0025		
Mat. organ. (mil. acide)	0 gr. 0001		
Mat. organ. (mil. alcal.)	0 gr. 0002		
		Total.....	2 gr. 9655

Comme on le voit, l'Eau de Velleminfroy se distingue par la richesse et l'harmonie de sa minéralisation : Sulfatée calcique, magnésienne et sodique, elle est, de plus, légèrement chlorurée et ferrugineuse.

Sa température est de 14 degrés centigrades.

Elle contient environ 1/15^e de son volume en gaz carbonique.

Analyse Bactériologique.

L'Eau de Velleminfroy est d'une pureté absolue au point de vue bactériologique. - (Analyse bactériologique, faite par M. le Dr. MARCHEL, Directeur du Laboratoire de Bactériologie et de sérologie de Besançon),

Radio-activité.

Radon, en millierocuries par litre d'eau, à l'émergence : 1,13. - Thoronradio-activité, en microcuries par heure, à l'émergence : 1,05 - Puissance radio-active, en mg. de radium : 0,53. - Radium-élément, en millimicrogrammes par litre d'eau : 0,001 (Mesures pratiquées par M. Adolphe LERAVE, du Collège de France).

Caractéristiques principales.

Par la stabilité de ses composants physico-chimiques et de son indice de nutrition, l'Eau de Velleminfroy présente cette particularité remarquable et très rare de conserver à distance du griffon toute son efficacité thérapeutique, - fait qui présente un intérêt considérable et pour le malade, qui peut se soigner à son domicile même sans déplacement ni frais, et pour le Médecin, qui peut suivre les effets du traitement ordonné.

Embouteillée avec le plus grand soin, l'Eau de Velleminfroy supporte les transports les plus éloignés, et peut se conserver de longs mois sans subir d'altération.

Action Physiologique.

Eminemment cholagogue, puissamment diurétique, lithotritique; légèrement laxative sans débiliter; anti-anaphylactique; désintoxicante, en même temps que reconstituante par le fer et l'arsenic qu'elle contient; hypotonique et hypothermique.

Légèrement alcaline, l'Eau de Velleminfroy n'acidifie pas les urines, ce qui, pour le traitement de certaines maladies urinaires notamment, est d'une importance primordiale.

Désensibilisante, l'Eau de Velleminfroy agit rapidement sur l'élément cutané, notamment dans les affections du fole et des reins et les manifestations de l'arthritisme.

Indications Thérapeutiques.

De l'avis de tous les Médecins qui la prescrivent, l'Eau de Velleminfroy est un agent thérapeutique de choix. (Prof. LENOÛX).

Elle triomphe des cas les plus rebelles et où toute autre médication a échoué, et se prête au traitement des maladies les plus variées.

Ses indications principales sont les suivantes :

- | | | |
|---------------------------------|---|---|
| Maladies de l'appareil Digestif | } | Foie. - Insuffisance fonctionnelle hépatique, Atrophie du foie atrophique, Lithiase biliaire (calculs du foie et de la vésicule biliaire), Coliques hépatiques et Hépatite chronique (action très nette sur l'élément « douloureux ») Jaunisse simple ou compliquée, Cholestérinémie, Cholémie, Diabète, Eczéma, Furonculose. |
| | | Estomac et Intestins. - Dyspepsie intestinale congestive, Constipation opiniâtre, Entérite chronique, Gastro-entérite, Entéro-colite muco-membraneuse, Diarrhée, Affections coli-bacillaires. |
| Maladies de l'appareil Urinaire | } | Reins. - Lithiase urinaire (gravelle, sable, calculs), Coliques néphrétiques, Néphrite aiguë et Néphrite chronique, Urémie, Albuminurie des graveleux et Albuminurie fonctionnelle, Pyélie. |
| | | Vessie - Bones et Calculs de la vessie, Cystite chronique ou aiguë, Catarrhe vésical. |
| MALADIES GÉNÉRALES | } | Diathèse arthritique. - Manifestations diverses de l'Arthritisme, tels que : Goutte, Uricémie, Rhumatismes chroniques. |
| | | Maladies de la Nutrition. Maladies épidémiques et infectieuses. - Fièvre muqueuse, Fièvre typhoïde, Paludisme, Dysenterie des pays chauds. Maladies provenant de rétention de toxines. - Etats anaphylactiques. - Soins pré et post-opératoires concernant notamment les voies biliaires et les voies urinaires. |

Caractéristiques physico-chimiques :

La notice ci-après, de la Société d'exploitation de la source minérale de VELLEMINFROY (août 1962), donne les caractéristiques physico-chimiques des eaux captées sur la base des résultats d'une analyse réalisée en 1927.

Une analyse récente (février 1992) des eaux de la source révèle un faciès de type calcique, magnésien, sulfaté, hydrogéo-carbonaté, avec une certaine teneur en sodium, la minéralisation totale étant de 2,7 g/l. Par rapport aux analyses antérieures, il y a peu de changement, si ce n'est une diminution des alcalins Na et K, ainsi que du chlore.

La recherche des éléments en traces, si elle n'a pas confirmé les teneurs notables en arsenic (2,5 mg/l en 1927 contre moins de 10 µg/l en 1992) a néanmoins mis en évidence du manganèse (58 µg/l), du bore (425 µg/l) et du strontium (14 µg/l).

6.1.4 - UTILISATION DES EAUX CAPTEES

Jusqu'en 1962, les eaux captées de la source minérale de VELLEMINFROY étaient embouteillées et vendues comme boisson à vertu thérapeutique, pour les cures à domicile.

6.1.5 - SITUATION ADMINISTRATIVE

La source de VELLEMINFROY, captée depuis 1750, a été exploitée (embouteillage) jusqu'en 1962 pour les propriétés curatives de ses eaux sulfatées.

La notice ci-après, de la Société d'exploitation de la source minérale de VELLEMINFROY (août 1962), indique que : "l'eau minérale sélénitomagnésienne et radioactive de la source de VELLEMINFROY a reçu l'approbation de l'Académie de Médecine (01/03/1859) et l'autorisation de l'Etat (décret du 29/12/1859) ; elle est adoptée par le Corps Médical".

Abandonnées depuis 1962, les installations sont aujourd'hui en grande partie en ruine.

6.1.6 - PERSPECTIVES D'AVENIR

La Société THERMALIUM, gérante de l'Etablissement thermal de LUXEUIL-LES-BAINS s'est rendue récemment acquéreur de la source minérale de VELLEMINFROY, en vue d'une éventuelle reprise de l'embouteillage.

Une étude sommaire, réalisée par le BRGM à la demande de cette société (mars 1992), a montré que la source a gardé ses caractéristiques initiales de qualité et de pérennité de la ressource.

Si l'on se réfère au seul débit artésien actuel, on peut espérer obtenir une production plus importante (supérieure à 80 m³/jour) par des travaux de recaptage appropriés.

Dans ces conditions, une revalorisation de cette ressource régionale en eau minérale paraît tout à fait envisageable.

6.2 - Source sulfureuse de GUILLON-LES-BAINS (25)

H. RESAL (1) en 1864, repris par A. MERLE en 1905 (2) signalent une source d'eau sulfureuse assez importante pour être exploitée et alimentant un Etablissement de bains à GUILLON (25). Cet établissement a fonctionné jusqu'à la dernière guerre, la commune s'appelant d'ailleurs, aujourd'hui, GUILLON-LES-BAINS.

La Source de GUILLON-LES-BAINS émergeait en bordure de la vallée du Cusancin, au pied du Mont Adam, à 6 km environ de BAUME-LES-DAMES.

D'après A. MERLE, le soufre avait pour origine l'altération et la décomposition des pyrites de fer (FeS₂) disséminées dans les marnes et marno-calcaires du Jurassique inférieur (Lias) au niveau desquels elle surgit.

D'après H. RESAL, la composition des eaux sulfureuses de GUILLON était la suivante, pour 1 kg d'eau analysée :

- acide sulfurique	: 20,252 cc
- acide carbonique	: 21,320 cc
- azote	: 1,500 cc
- chlorure de sodium	: 0,312 g
- carbonate de chaux	: 0,126 g
- carbonate de magnésie	: 0,054 g
- sulfate de soude	: 0,020 g
- sulfate de chaux	: 0,005 g
- matières organiques	: non déterminées

Ces eaux étaient employées pour le traitement des maladies de peau, les affections chroniques des organes digestifs et urinaires, les douleurs rhumatismales, goutteuses, les sciaticques, luxations, entorses...

(1) H. RESAL - 1864 - Statistique géologique, minéralogique et minéralurgique des départements du Doubs et du Jura.

(2) A. MERLE - 1905 - Les gîtes minéraux et métallifères et les eaux minérales du département du Doubs.

Des travaux réalisés au voisinage du captage lors de la dernière guerre, auraient entraîné la disparition totale de l'émergence et l'abandon forcé de l'Etablissement de bains dont les bâtiments existent toujours.

Dans ces conditions, on peut penser que la source s'est frayé un nouveau parcours souterrain et qu'une étude appropriée permettrait peut-être de la retrouver.

6.3 - Autres sources

Quelques autres sources minérales sont signalées dans la littérature mais elles n'ont qu'un intérêt historique ou de curiosité.

- Les assises du Keuper (comportant des couches de sel gemme) fournissent des eaux froides, salées chlorurées sodiques :

- . à GOUHENANS (70),

- . à SAULNOT (70), où, d'après M.E. THIRRIA (3) "il existe deux sources salées connues depuis le 12^{ème} siècle et dont on ne tire aucun parti depuis 1825. Elles sourdent dans deux puits qui ont 16 m de profondeur". La plus importante fournissait, par jour, 11 m³ d'eau contenant 52 g de sel par litre. Ces eaux furent jadis exploitées par la Saline de SAULNOT,

- . à SOULCE (25), en bordure de la vallée du Doubs, où une source connue également depuis le 12^{ème} siècle, a été exploitée dans une Saline aux 15^{ème} et 16^{ème} siècles, jusque vers 1506. Elle faisait alors concurrence aux Salines de SALINS. D'après A. MERLE (1905), cette source a totalement disparu.

- Enfin, H. RESAL (1864) et A. MERLE (1905) signalent une source gazeuse et ferrugineuse à VILLERS-LE-LAC : la source du Pissoux, au lieu-dit "Mauron". Elle aurait été autorisée en 1824 mais il ne semble pas qu'elle ait été jamais exploitée. H. RESAL (1864) signale une analyse faite par l'Académie de médecine qui a donné la composition suivante, pour 1 litre d'eau analysée :

(3) M.E. THIRRIA - 1833 - Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône.

. acide carbonique	: 712,5 cc
. azote	: 20,5 cc
. bicarbonate de chaux	: 0,907 g
. bicarbonate de magnésie	: 0,150 g
. chlorure de sodium	
. sulfate de soude	: 0,050 g
. sulfate de potasse	
. "crénate" et silicate de potasse	: 0,280 g
. iode	: traces (non déterminées)
. oxyde de fer "crénaté"	: 0,110 g
. silice et alumine	: 0,144 g

Le fer aurait pour origine la limonite contenue dans les terrains du Néocomien dans lesquels la source prend naissance.

On ignore si cette source existe encore actuellement, avec les mêmes caractéristiques physico-chimiques.

7 - CONCLUSION

Les sources thermo-minérales actuellement exploitées à LONS-LE-SAUNIER, SALINS-LES-BAINS et BESANCON ont deux origines et conditions de gisements différentes :

- Les "eaux vierges" sont des saumures obtenues par lessivage des couches de sel présentes à la base du Keuper. Il s'agit d'eaux de type chloruré sodique fort (minéralisation totale très élevée, voire proche de la saturation), à température normale, extraites par pompage dans des forages profonds de 190 m à 250 m.

Chacun des établissements thermaux possède 1 (Puits à Sel à LONS-LE-SAUNIER, Puits d'Amont à SALINS-LES-BAINS) ou 2 (Puits Bas et Puits Haut à BESANCON) forage(s) de ce type.

- Les Etablissements thermaux de LONS-LE-SAUNIER et de SALINS-LES-BAINS disposent également, chacun, d'une source d'eau minérale naturelle (source Lédonia ou Puits Salé à LONS-LE-SAUNIER, Puits à Muire à SALINS-LES-BAINS) de température peu élevée mais supérieure à la normale, prouvant une origine profonde. Ces venues d'eaux, de type chloruré sodique, sont en relation avec des failles qui jouent le rôle de drains et permettent la remontée à la surface d'un mélange de fluides provenant des différents aquifères, en charge, du Trias, de bas en haut :

- . aquifère des grès du Trias inférieur (Buntsandstein),
- . aquifère des calcaires et dolomie du Muschelkalk supérieur,
- . aquifère des dolomies du Keuper moyen.

Elles sont captées à leur débit artésien naturel par un puits coiffant le (ou les) griffon(s).

Les eaux minérales naturelles des sources sont utilisées, seules, ou mélangées (en proportions variables) aux "eaux vierges", ces dernières ne pouvant être ni chauffées directement, ni employées seules, pour les traitements et les pratiques hydrothérapeutiques. A l'Etablissement thermal de BESANCON, les "eaux vierges" sont mélangées à l'eau de la Ville avant d'être utilisées.

Du point de vue administratif, il apparaît que, jusqu'à présent, aucun de ces 3 établissements thermaux n'était en règle avec le décret n° 57.404 du 28 mars 1957 portant règlement d'administration publique sur la police et la surveillance des eaux minérales, en vertu duquel sont soumises à autorisations ministérielles :

- . l'exploitation à l'émergence,
- . l'exploitation à distance du point d'émergence (autorisation de transport),
- . l'utilisation en mélange.

En ce qui concerne les perspectives d'avenir, compte-tenu de la potentialité des ressources captées et des projets de développement des établissements thermaux, des problèmes d'ordre quantitatif à LONS-LE-SAUNIER, qualitatif à SALINS-LES-BAINS, ont conduit ces municipalités à rechercher une ressource en eau thermo-minérale complémentaire, voire de substitution.

- Le gisement hydrothermal exploité à LUXEUIL-LES-BAINS est différent. Il s'agit d'eaux chaudes minérales ayant circulé dans le socle granitique et qui remontent, à la faveur d'accidents géologiques, vers la surface où elles se mélangent plus ou moins aux eaux froides de l'aquifère multicouches constitué par les grès du Trias inférieur (Buntsandstein). Plusieurs sources, de température et minéralisation variées sont ainsi captées et alimentent l'Etablissement thermal de LUXEUIL-LES-BAINS.

En 1989-1991, des études réalisées par la Société GEOTHERMA et le BRGM à la demande de la Ville de LUXEUIL-LES-BAINS, ont abouti à la réalisation de deux forages productifs d'eaux thermo-minérales qui doivent prochainement se substituer aux captages plus ou moins vétustes utilisés jusqu'à présent et pour lesquels les demandes d'agrément sont en cours d'instruction.

- Les autres sources minérales connues ne semblent pas présenter d'intérêt économique, à l'exception de la source de VELLEMINFROY, abandonnée depuis 1962, mais dont on envisage de reprendre l'exploitation pour embouteillage.

R 35 173 - FRC 4S 92