

**SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DES EAUX ET THERMES
D'ENGHIEN-LES-BAINS**

3, avenue de la Ceinture – 95880 ENGHIEN-LES-BAINS

**ÉTUDE DES INFILTRATIONS
DANS LES SOURCES HYDROMINÉRALES
DU LAC D'ENGHIEN-LES-BAINS (95)**

par

G. BERGER, B. BOSCH, J. CAMPINCHI,

A. DUMAS, S. MAIRET, A. MARCÉ, Cl. MÉGNIEN.



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex – Tél.: (38) 63.00.12

Service géologique régional BASSIN DE PARIS

65, rue du général-Leclerc – B.P. 34, 77170 Brie-Comte-Robert

Tél.: 405.01.46 et 405.05.02

75 SGN 106 BDP

Brie-Comte-Robert, avril 1975

R E S U M E

L'expertise de la "Source" et de la "Cheminée" du lac, situées dans le plan d'eau d'Enghien-les-Bains, a été demandée par M. le Directeur du Casino de cette ville, gérant des eaux minérales, à la suite des contaminations de ces captages par des infiltrations "en provenance du Lac."

Cette étude a été réalisée par le B.R.G.M. (SGR BDP) avec l'aide de la section "Isotopes" d'Orléans, grâce à des pompages, des analyses physicochimiques et bactériologiques et des mesures du Tritium dans les eaux. Deux expérimentations ont été effectuées les 17.12.74 et 6.2.75.

Les eaux étudiées restent représentatives du site hydrominéral sulfureux d'Enghien-les-Bains. Elles ne sont pas actuellement affectées, mais demeurent vulnérables (surtout la "Cheminée").

Les infiltrations vers les captages proviennent bien du lac ; elles peuvent s'opérer par l'intermédiaire de pores dans la canalisation amenant l'eau des captages aux thermes et aussi au travers des vases à proximité des deux sources. Ces percolations sont minimales et ne représentent que 8 % de l'alimentation totale des deux captages.

A priori, quelques mesures simples doivent permettre d'assurer la qualité des eaux captées (nettoyage, stérilisation, protection des ouvrages, exploitation en continu en saison thermale, non utilisation des premières eaux pompées).

Si les analyses de contrôle démontraient cependant l'insuffisance des précautions suggérées, différents moyens de lutte complémentaire seraient envisagés ; mais, les travaux dans le lac présentant des risques, il serait préférable d'envisager, après étude, l'édification d'un captage de remplacement hors du plan d'eau.

S O M M A I R E

RESUME

I. INTRODUCTION	1
II. TRAVAUX REALISES	1
III. REMARQUES SUR LES OBSERVATIONS EFFECTUEES LORS DES EXPERIMENTA- TIONS ET SUR LES RESULTATS DES MESURES OBTENUES	2
3.1 - Expérimentation du 17.12.74	2
3.11 Avant pompage	2
3.12 Durant le pompage	3
3.2 - Expérimentation du 6.2.75	4
3.21 Avant pompage	4
3.22 Durant les pompages	4
3.23 Après l'arrêt des pompages	6
IV. SYNTHESE DES RESULTATS : CARACTERISTIQUES ET CONTAMINATIONS ACTUEL- LES DES EAUX CAPTEES - ORIGINE DES INFILTRATIONS EN PROVENANCE DU LAC	7
V. MOYENS DE LUTTE PRECONISES CONTRE LES CONTAMINATIONS ET LES INFIL- TRATIONS	8
5.1 - Mesures immédiates	8
5.2 - Mesures complémentaires éventuelles	9
VI. CONCLUSIONS	10

PLANCHES DANS LE TEXTE

1. Plan de situation
2. Essais du 17.12.74 - Pompage aux thermes
3. Expérimentation du 17.12.74 - Comparaison des analyses
4. Essais du 6.2.75 - Pompage direct sur chacun des deux ouvrages
5. Coupes des captages
6. Expérimentation du 6.2.75 - Comparaison des analyses

ANNEXES

1. Pompage du 17.12.74 dans la station des thermes
2. Résultats des analyses effectuées les 17.12.74 et 6.2.75
3. Pompages sur la "Cheminée" et la "Source" du lac (6.2.75)

I. INTRODUCTION

En octobre 1974, M. BORGO, directeur du Casino d'Enghien-les-Bains et gérant des captages des thermes, nous a demandé d'expertiser les deux sources hydrominérales situées dans le lac, La "Source dite du lac" et celle de la "Cheminée du lac" semblant affectées par des infiltrations en provenance du plan d'eau (Cf plan de situation - Pl. 1).

Le but de l'étude confiée au B.R.G.M...était de préciser l'origine de la pénétration de l'eau du lac dans chacun des deux captages et de préconiser des moyens de lutte contre ces infiltrations.

II. TRAVAUX REALISES

Pour mener à bien cette étude, le B.R.G.M. a réalisé deux séries d'expérimentations :

- La première, effectuée le 17.12.74, a consisté à pomper dans la station des thermes sur la canalisation amenant l'eau des deux captages. Une série de prélèvements sur l'eau arrivant aux thermes, ainsi que dans le lac et chacune des sources, enfin sur l'eau venant de la source "Coquil" (référence) ont été analysés (chimie complète + Tritium par le laboratoire du B.R.G.M. - bactériologie par le laboratoire Lacomme d'Enghien).

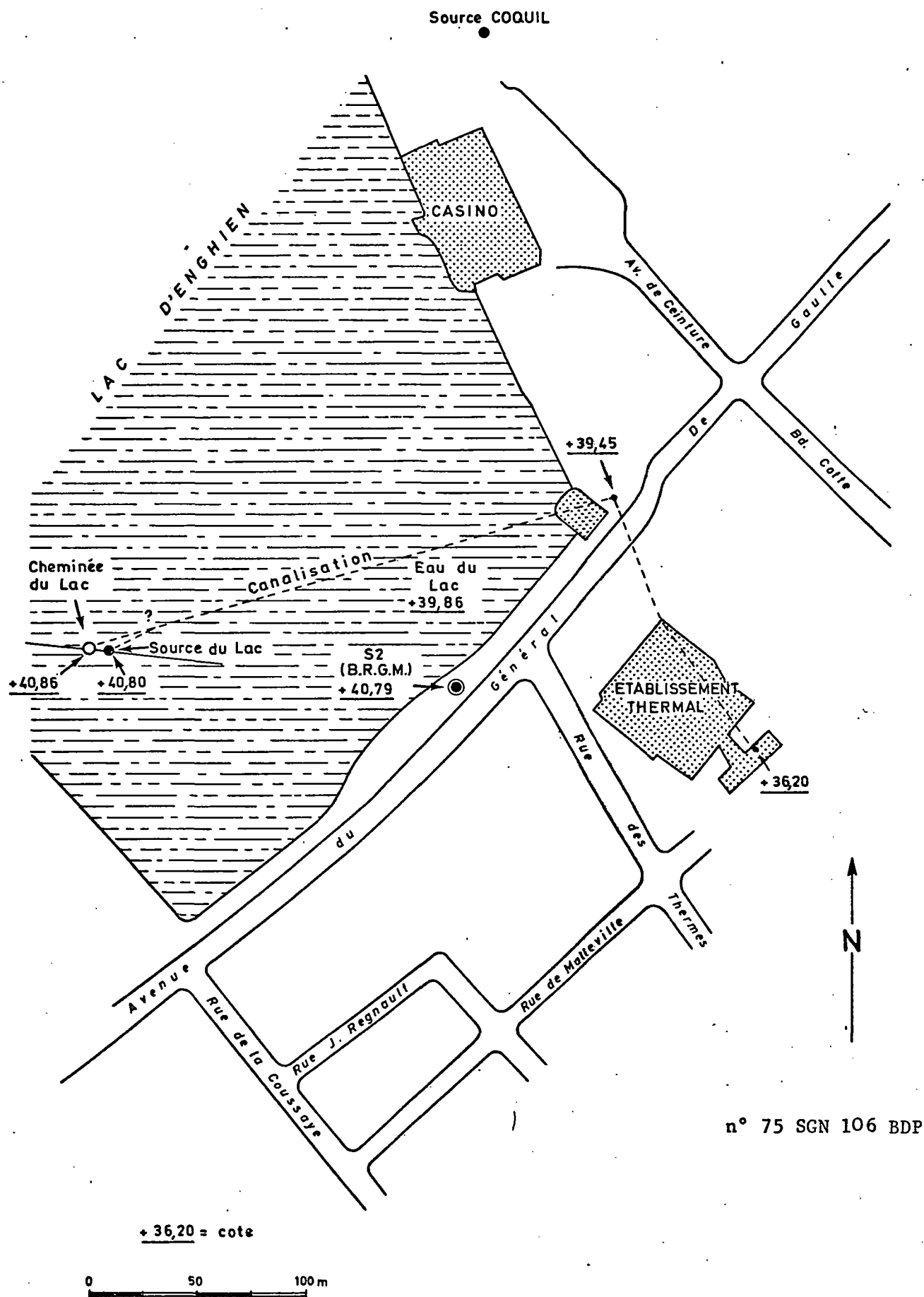
Durant la seconde expérimentation (6.2.75), il a été procédé aux opérations complémentaires suivantes :

- . pompage sur chacun des deux captages du lac, surveillance des remontées d'eau.
- . descente dans les captages pour observation des cuvelages et établissement de coupes techniques précises.
- . prélèvements avant, pendant et après pompage, des eaux des captages et du lac pour analyses (température, résistivité, sulfates, tritium).
- . nivellement des différents ouvrages.

SOURCES DU LAC D'ENGHIEN-LES-BAINS

-0-0-0-

PLAN DE SITUATION



n° 75 SGN 106 BDP

III. REMARQUES SUR LES OBSERVATIONS EFFECTUEES LORS DES EXPERIMENTATIONS ET SUR LES RESULTATS DES MESURES OBTENUES

3.1 - Expérimentation du 17.12.74

Les résultats bruts de cette expérimentation sont consignés dans les annexes 1 et 2. Ces résultats sont illustrés dans le texte (Pl. 2 et 3).

3.11 Avant pompage

Avant le démarrage du pompage (*) à la station des thermes, l'eau dans la "Cheminée" se trouvait à la cote + 39,66 m, dans la "Source" à + 39,65 m, dans le lac à + 40,55.

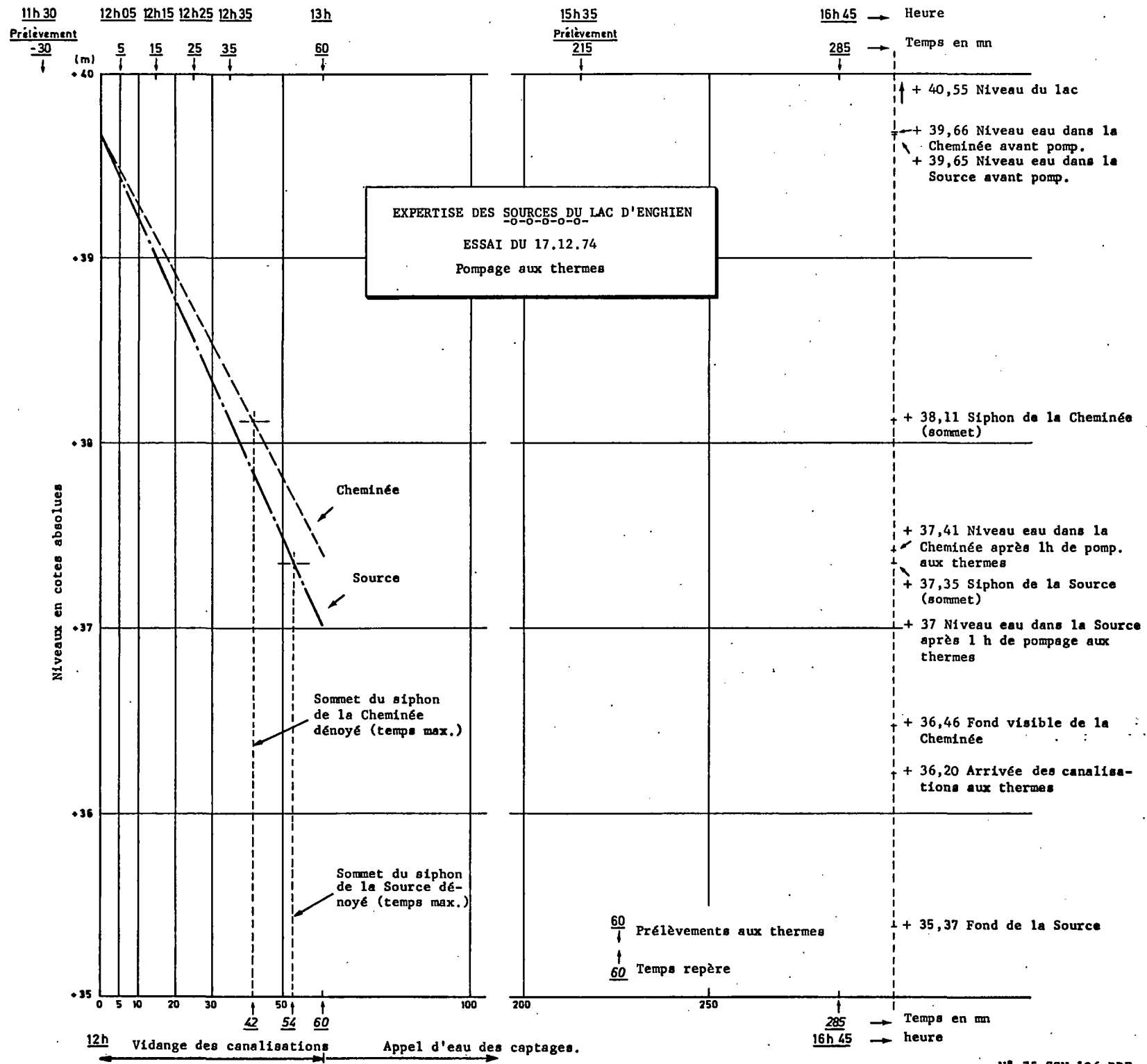
Les deux captages situés à 9,75 m l'un de l'autre sont donc vraisemblablement en communication. La pénétration d'eau du lac n'est pas directe, sinon les niveaux d'eau dans les ouvrages se trouveraient à la même cote que dans le lac.

Si l'on compare sur la planche 3 les diagrammes de la qualité des eaux de la "Cheminée" et de la "Source" avant pompage, on note un étroit parallélisme des courbes reliant la plupart des éléments dosés. Ceci confirme les relations entre les deux ouvrages.

Il faut signaler, d'autre part, que l'eau de ces captages contient beaucoup de bactéries, surtout celle de la "Cheminée" (5750/ml), mais qu'aucun d'eux ne contient de colibacilles. Les contaminations notées avant notre intervention ne doivent donc être considérées que comme accidentelles.

La comparaison de ces courbes avec celle du lac indique que les eaux des captages sont différentes de l'eau du lac. La minéralisation en ions Ca, Mg, Na, K, HCO₃, Cl, le pH, la teneur en tritium des eaux captées est supérieure à celle du lac. C'est l'inverse pour les sulfates et les nitrates (le lac récupère des eaux ruisselant sur des terrains gypseux à l'amont.

(*) Depuis août 1974, aucun pompage n'a été effectué sur les captages.



Le parallélisme des courbes reliant les éléments chimiques majeurs et l'égalité des températures montrent cependant qu'il doit exister des relations indirectes entre ces trois eaux, ces relations étant plus fortes entre l'eau du lac et celle de la "Cheminée", qu'entre celles du lac et de la "Source".

Notons, d'autre part, que les eaux des deux captages ressemblent beaucoup à l'eau de la source "Coquil", mais ont des teneurs en sels un peu différentes, en général inférieures. Les eaux des deux captages du lac sont donc encore actuellement des eaux minérales, bien représentatives du gîte sulfureux d'Enghien-les-Bains, surtout la "Source" du lac qui présente un degré sulfhydrométrique de 21,34, la "Cheminée" pour sa part n'ayant qu'un degré de 10,16.

La comparaison des rapports Ca/Mg (14,2 pour le lac) (12,5 pour la "Cheminée") (9,5 pour la "Source" du lac) (9,0 pour la source "Coquil") situe bien les eaux des deux captages entre celle du lac et celle de la source "Coquil". La "Cheminée" est plus influencée par le plan d'eau.

Indépendamment du problème étudié ici, soulignons la présence de colibacilles dans la source "Coquil" ; ce captage devra être stérilisé avant la reprise de la saison thermale et son eau surveillée.

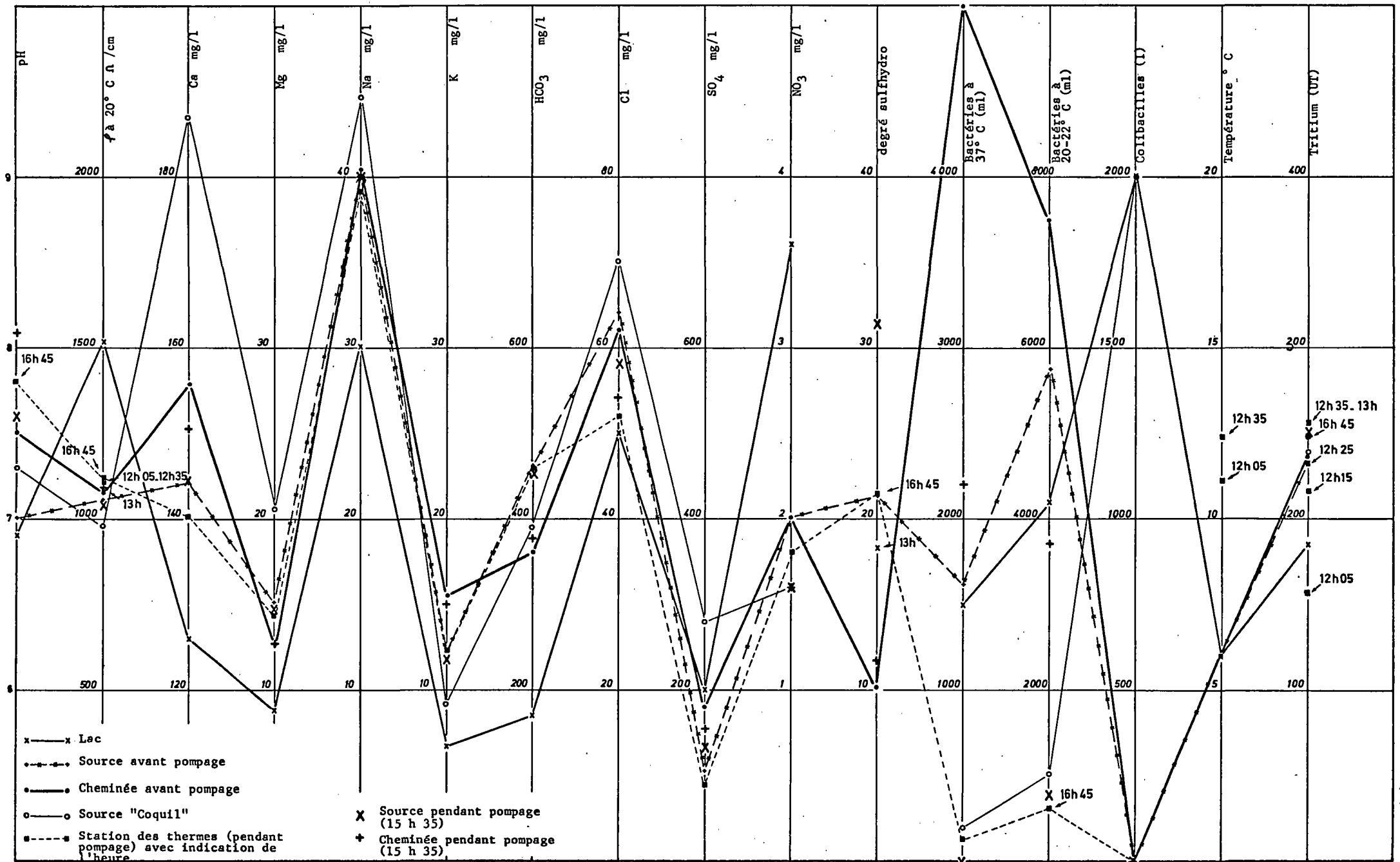
3.12 Durant le pompage

Le pompage sur l'arrivée des thermes a débuté à 12 h et a duré 4 h 45 (285 mm). Le débit qui était au départ de 30 l/mn a baissé progressivement, il n'était déjà plus que de 15 l/mn après 1 h de pompage. Au terme de l'essai, l'eau arrivait toujours à la station.

Durant ce pompage, il y a eu des rabattements différents dans la "Cheminée" et dans la "Source" (respectivement 2,25 m et 2,65 m au bout d'une heure d'essai). L'alimentation de la "Cheminée" est donc plus forte que celle de la "Source".

L'eau pompée dans la "Cheminée" sort de l'ouvrage par une canalisation située à la cote + 38,11 ; l'eau prélevée dans la "Source" sort du captage à la cote + 37,35. Ces deux canalisations de 7 cm de diamètre se rejoignent pour n'en former plus qu'une seule à l'arrivée aux thermes. Pour une longueur totale de canalisations ($\varnothing$ 7 cm) de 400 m de long environ et un débit de 30 l/mn, on peut estimer à 1 h au maximum le temps nécessaire pour que la pompe des thermes vide toute l'eau qui se trouvait dans les conduites avant les essais. Après une heure de pompage, on est sûr que l'eau arrivant aux thermes provient bien de la "Cheminée" et de la "Source".

EXPERTISE DES SOURCES DU LAC D'ENGHIEN
-0-0-0-0-0-0-
EXPERIMENTATION DU 17.12.74 (Pompage à partir des thermes)
COMPARAISON DES ANALYSES



La teneur en tritium de l'eau pompée à la station a évolué entre 157 UT (départ) et 248 UT (fin des pompages) en passant par 256 UT après une heure de pompage, alors que l'eau des captages contenait avant les essais 233 et 234 UT. Au départ, l'eau prélevée est proche de celle du lac (186 UT), puis très rapidement la part d'eau du lac diminue. Les infiltrations d'eau du lac, dans les canalisations, sont certaines mais doivent être minimales et ne s'effectuent, pour la plus grande partie, que lorsque les deux captages sont au repos. La canalisation est peut-être percée de quelques petits orifices par lesquels l'eau du lac peut s'infiltrer lorsqu'aucun flux ne circule dans les canalisations.

3.2 - Expérimentation du 6.2.75

Les résultats bruts des mesures et analyses de cette seconde expérimentation sont rassemblés dans les annexes 2 et 3. Une illustration de ces résultats est fournie dans le texte sur les planches 4, 5 et 6.

3.21 Avant pompage

L'examen des cotes de l'eau dans les deux captages et dans le lac, ainsi que les variations de ces niveaux confirment que la pénétration des eaux du lac dans les captages ne peut être directe. Entre le 17.12.74 et le 6.2.75, le niveau du lac a baissé de 0,69 m (40,55 m - 39,86 m), alors que les niveaux d'eau dans les captages ne baissaient que de 5 cm. Le lac demeurerait, le 6.2.75, 25 à 26 cm au-dessus des niveaux d'eau dans les captages.

Les valeurs de la température, de la résistivité, des teneurs en sulfates et en tritium des eaux du lac et des captages avant pompage sont différentes. Il n'y a pas de parallélisme entre les courbes de la planche 6. Cependant, l'eau de la "Cheminée" a des caractéristiques plus proches de celle du lac que l'eau de la "Source". Par exemple, la teneur en tritium, de la première, est de 278 UT, alors que celle de la seconde est de 250 UT et que l'eau du lac contient 280 UT.

3.22 Durant le pompage

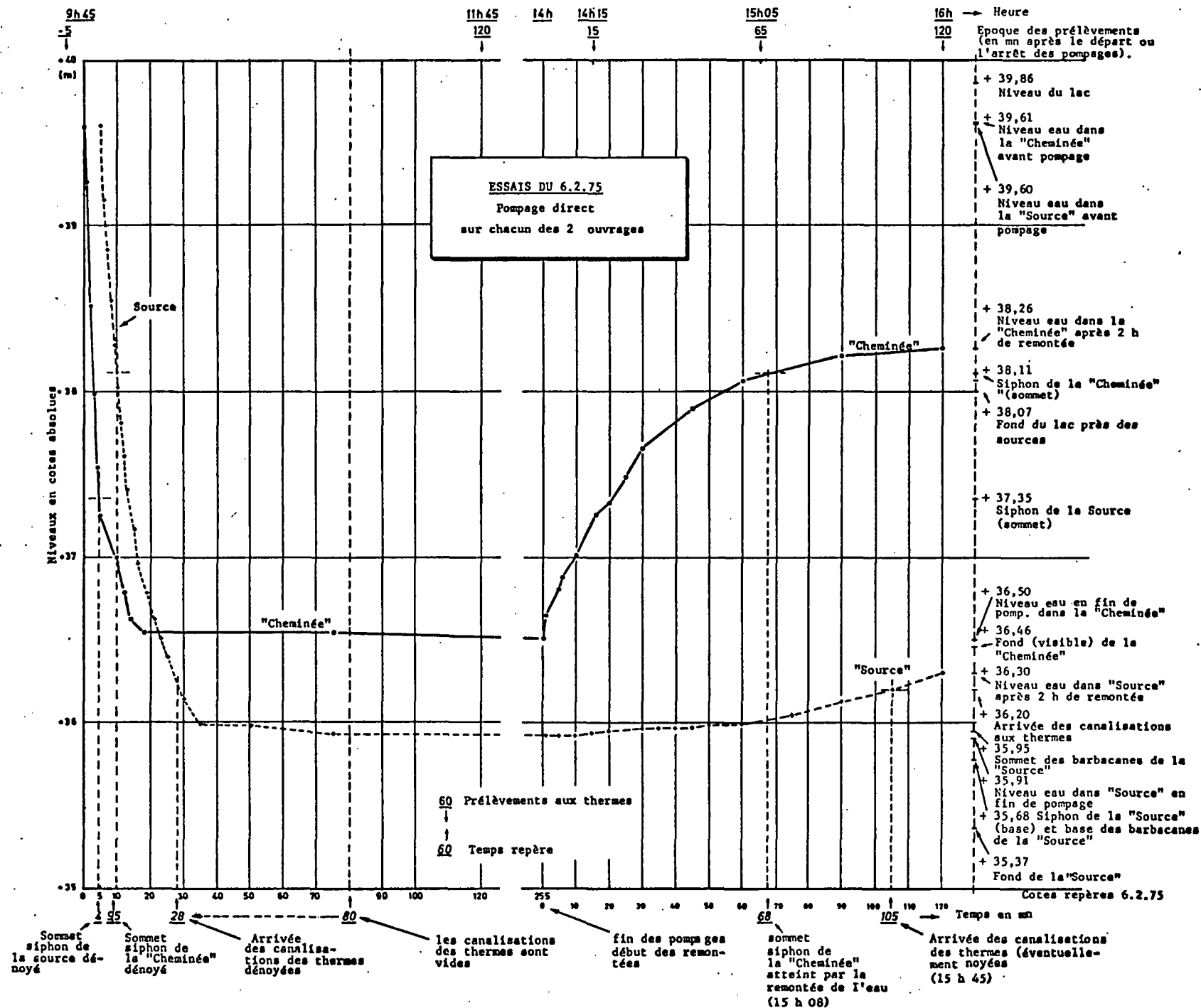
Des pompes ayant été installées sur chacun des deux ouvrages après aménagement d'un ponton par les soins du personnel du casino d'Enghien, il a été procédé à des essais qui ont commencé à 9 h 45. Les pompages ont duré au total 4 h 15, soit 255 mn. Dans la "Source" du lac, le débit au départ était de 133 l/mn ; à 10 h 20, la "Source" était pratiquement à sec. Dans la "Cheminée", le débit était au début de 120 l/mn ; à 10 h 03, il n'y avait presque plus d'eau dans l'ouvrage. Jusqu'à 14 h, il a été pompé par à-coups dans les deux captages pour maintenir leur épuisement et permettre l'observation directe de leurs parois, ainsi que de leur fond et faciliter l'établissement de leurs coupes techniques précises.

La mise en parallèle sur la planche 4 des coupes techniques cotées des deux ouvrages avec les coupes géologiques et techniques extraites d'études antérieures (rapport sur les "Thermes d'Enghien" par LECOMTE-DENIS - 1900 et rapport sur les "Sources minérales d'Enghien-les-Bains" n° 69 SGL 161 BGA par le B.R.G.M. - 1969) montrent que la "Source" qui a 1 m de diamètre et la "Cheminée" qui n'a que 0,600 m de diamètre sont faiblement ancrées dans le sommet du gîte hydrominéral d'Enghien composé de tourbes. La base de la "Source" se trouve à la cote + 35,37, celle de la "Cheminée" sans doute un peu au-dessous de la cote + 36,46 (fond non visible).

La "Cheminée" est alimentée par le fond, la "Source" par les barbacanes situées près de son assise. Durant toute la période, pendant laquelle les captages ont été dénoyés, aucun suintement n'a été visible sur leurs parois internes. Il n'y avait pas non plus d'eau qui arrivait par la base du siphon dans la "Source". Des tentatives de pompages réalisées entre 10 h 20 et 10 h 50 sur l'arrivée des thermes se sont soldées par des échecs.

Ces observations démontrent que les infiltrations en provenance du lac ne s'effectuent pas à travers les parois latérales des deux ouvrages ; la percolation d'eau du lac à travers les canalisations est nulle lorsque les captages sont en exploitation ; des infiltrations d'eau du lac dans les captages ne peuvent s'opérer qu'au travers des vases surmontant le gîte hydrominéral tourbeux peut-être le long des tubages des deux ouvrages à l'extérieur, ou le long des piquets qui sont ancrés dans l'assise du lac à proximité des captages (les efforts sur ces piquets qui servent parfois d'amarrage pour des bateaux peuvent faciliter la pénétration d'eau du lac). Les fluctuations du niveau du lac doivent jouer aussi un rôle dans la dégradation de la protection naturelle des tourbes sollicitées, et favoriser ainsi les infiltrations d'eau du lac vers les captages.

Les prélèvements réalisés à 11 h 45, une fois les canalisations vides, en concernent que les captages et leur alimentation par le gîte hydrominéral et les apports en provenance indirecte du lac dont les cheminements possibles ont été indiqués plus haut. En pompage, les apports du lac diminuent puisque les valeurs des caractéristiques physicochimiques des eaux des captages s'éloignent le plus souvent de celles du lac. Par exemple, pour la "Source" la teneur en sulfates qui était de 60 mg/l avant pompage tombe à 30 après 2 h d'essai, alors que la teneur en SO_4 du lac est de 400. Ceci est encore plus vrai pour l'eau de la "Cheminée" dont la teneur en SO_4 a chuté de 250 à 10 mg/l durant le même temps. On peut donc déduire de ces remarques que les pompages de longue durée auront un effet bénéfique sur la qualité de l'eau prélevée dans les captages du lac. Soulignons, d'autre part, que les prélèvements de 11 h 45 sont bien représentatifs de chacun des deux captages puisqu'il n'y a plus à ce moment là d'interaction entre eux par l'intermédiaire des canalisations.



3.23 Après l'arrêt des pompages

Entre l'arrêt des pompages (14 h) et l'instant où le siphon de la "Cheminée" s'envoie (15 h 08), les remontées observées (Pl. 5) caractérisent chacun des deux ouvrages indépendamment l'un de l'autre :

- le calcul du débit d'alimentation des deux captages durant la première heure de remontée donne les résultats suivants :

$$. \text{"Source"} = 2 \text{ l/mn} \quad - \quad \text{"Cheminée"} = 6 \text{ l/mn}.$$

- le débit total maximum de 8 l/mn pour les deux ouvrages indique une diminution de la productivité de ces sources. En effet, un test effectué sur la seule source du lac en 1895 fournissait 120 l/mn pour un rabattement stabilisé d'environ 3,6 m ($Q/\Delta = 0,033 \text{ m}^3/\text{mn/m}$) ; cet ouvrage ne fournissait déjà plus en 1968 que 21 l/mn pour un rabattement stabilisé d'1,5 m ($Q/\Delta = 0,015 \text{ m}^3/\text{mn/m}$).

- ce calcul montre d'autre part que les 3/4 du débit global arrivant aux thermes proviennent de la "Cheminée", 1/4 seulement de la "Source".

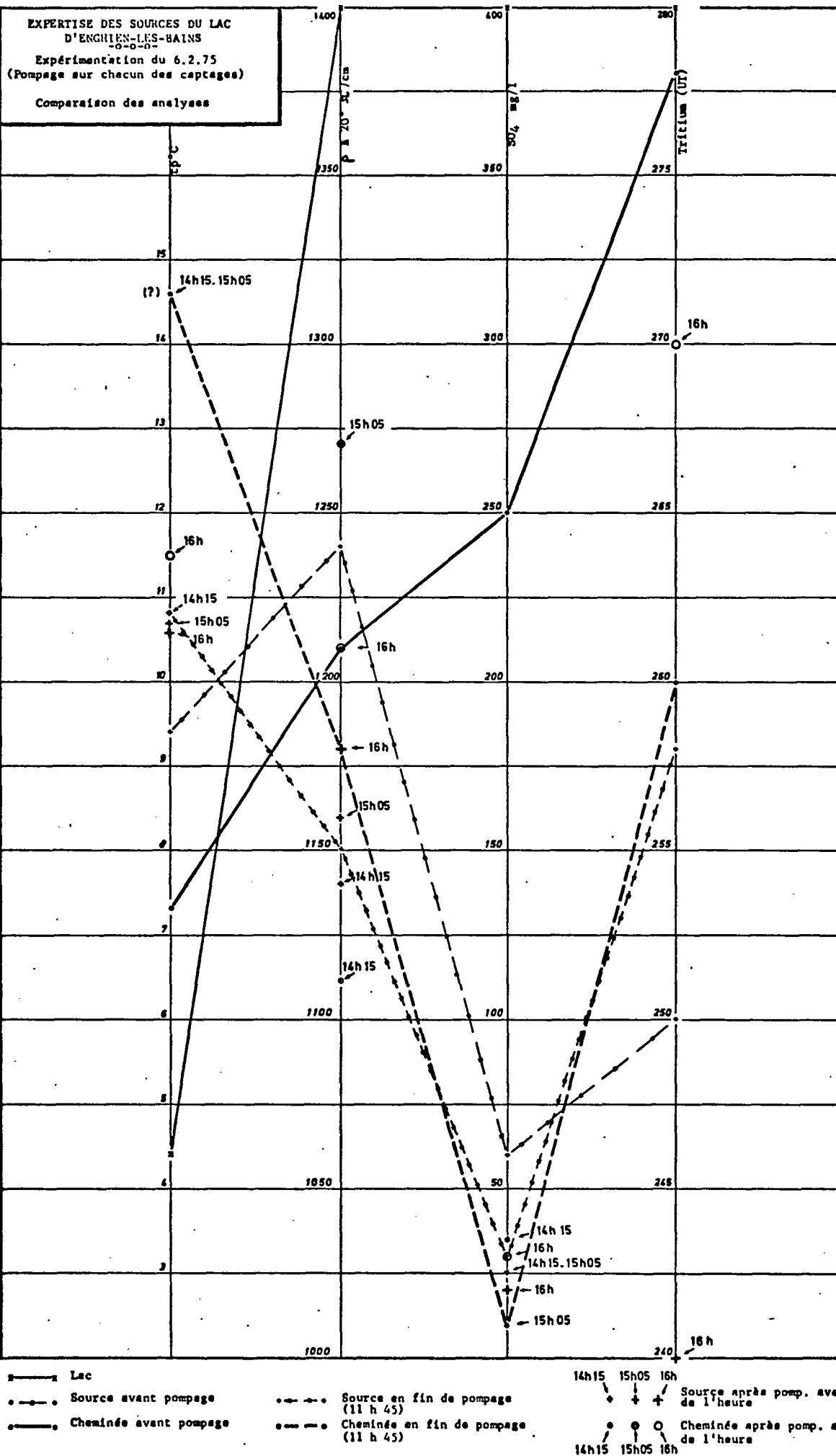
- à partir des résultats ci-dessus et des teneurs en tritium des eaux de chacun des captages (prélèvements de 11 h 45) comparées à celle de la "Source""Coquil", non influencée par le lac et prise comme référence, il est possible de calculer les parts respectives d'apport d'eau du lac et d'eau du gîte hydrominéral dans l'alimentation de chacun des captages en exploitation.

$$\text{"Source"} = \frac{2 \text{ l/mn} \times (258-238)}{258} = 0,16 \text{ l/mn}$$

$$\text{"Cheminée"} = \frac{6 \text{ l/mn} \times (260-238)}{260} = 0,51 \text{ l/mn}$$

avec teneur en tritium de la source "Coquil"	=	238 UT
" " " " du lac	=	258 UT
" " de la "Cheminée" du lac	=	260 UT

Sur les 8 l/mn, 0,67 l/mn peuvent provenir du lac, ce qui représente environ 8 % de l'alimentation globale des deux sources, les 92 % restant provenant du gîte hydrominéral. Un calcul analogue effectué en prenant cette fois l'eau du lac comme référence avec une concentration en tritium de 280 UT donne des pourcentages voisins.



Les derniers prélèvements pour analyses ont été effectués à 16 h. Bien qu'à ce moment là les deux captages soient à nouveau en communication par l'intermédiaire de leurs canalisations, les caractéristiques physicochimiques des deux ouvrages restent différentes. Ces paramètres ont évolués depuis le prélèvement de 11 h 45 ; l'eau de la "Source" demeure très différente de celle du lac, celle de la "Cheminée" est, par contre, influencée par le plan d'eau.

Par exemple, la température de l'eau de la "Cheminée" passe de 14° 5 à 11° 5 et se rapproche ainsi de celle du lac (5° 4). Il en est de même pour sa teneur en tritium qui se rapproche à nouveau de celle du lac en passant de 260 à 270 UT (lac = 280 UT).

Pendant ce temps, l'eau de la "Source" évoluait peu, sa teneur en tritium s'éloignant même de celle du lac en tombant de 258 à 240 UT.

Ces dernières remarques confirment que la "Cheminée" est plus sensible que la "Source" à des infiltrations d'eau du lac.

IV. SYNTHESE DES RESULTATS : CARACTERISTIQUES ET CONTAMINATIONS ACTUELLES DES EAUX CAPTEES, ORIGINE DES INFILTRATIONS EN PROVENANCE DU LAC

Les eaux de la "Cheminée" et surtout celle de la "Source" ont des caractéristiques physicochimiques différentes de celles du lac. Elles demeurent des eaux minérales du gîte sulfureux d'Enghien-les-Bains. Le 17.12.74, les eaux de ces captages ne contenaient pas de colibacilles. Les pollutions constatées auparavant sont accidentelles, mais démontrent cependant la vulnérabilité des deux captages.

Actuellement, bien que leur débit ait baissé, ces sources peuvent fournir encore aux thermes 8 l/mn au maximum, la "Cheminée" donnant les 3/4 de ce débit.

Ces ouvrages, peu profonds, sont alimentés par des venues d'eau existant dans les tourbes du sommet du gîte hydrominéral, mais aussi par des infiltrations en provenance du lac. Ces derniers apports sont minimes, ils représentent environ 8 % de l'alimentation globale des deux captages. La "Cheminée" est plus influençable que la "Source" par ces percolations. L'effet de pompages prolongés et continus améliore la qualité des eaux captées.

Les apports d'eau du lac dans les ouvrages sont indirects. Ils peuvent s'effectuer par l'intermédiaire de petits orifices qui existeraient dans les conduites reliant les captages aux thermes, mais aussi au travers des vases à proximité des deux sources (le long des tubages à l'extérieur et le long des piquets qui servent parfois à amarrer des bateaux). Les fluctuations du niveau du lac jouent aussi très certainement un rôle pour ces infiltrations en dégradant la protection naturelle des tourbes sollicitées.

V. MOYENS DE LUTTE PRECONISES CONTRE LES CONTAMINATIONS ET LES INFILTRATIONS

5.1 - Mesures immédiates

Il importe, en premier lieu, de nettoyer les deux captages et en particulier la "Cheminée" dont le fond est encombré de débris divers. Il faut prévoir des capots étanches de fermeture cadencés sur ces ouvrages.

L'effet de percolations d'eau du lac dans les canalisations est facilement annulé après une heure de pompage à la station des thermes. Il ne faudra donc pas utiliser l'eau pompée durant l'heure suivant la mise en service de la station.

L'amarrage des bateaux sur les piquets qui se trouvent autour des captages sera interdit. Il ne faut pas arracher ces piquets sous peine d'augmenter les infiltrations ; le mieux serait de les scier le plus bas possible sous l'eau. Des bouées de signalisation, reliées par un filin et placées tout autour de ces piquets et des captages, interdiront leurs approches.

Si possible, en saison de cure, il faudrait pomper sans arrêt sur les captages et ce à débit faible, bien inférieur à 8 l/mn, voisin par exemple de 4 l/mn, pour ne pas détruire la flore sulforéductrice du gîte minéral.

Enfin, avant le redémarrage de l'exploitation, il importera de stériliser les deux captages du lac ainsi que la canalisation d'amenée de leurs eaux aux thermes.

5.2 - Mesures complémentaires éventuelles

Si à la suite d'analyses de contrôle méthodique, par des laboratoires agréés, effectuées non seulement à l'arrivée aux thermes, mais aussi dans chacun des deux captages, on s'apercevait que les mesures immédiates conseillées s'avéraient insuffisantes, il faudrait envisager d'autres remèdes :

- soit peut-être mettre l'un des deux captages hors service et en particulier celui de la "Cheminée" du lac qui est le plus vulnérable et fournit de l'eau de moins bonne qualité. Dans ce but, des vannes pourraient être disposées sur chacun des siphons.
- soit renforcer la protection argileuse autour des fûts des deux captages,
- soit réaliser un forage dans la "Source" du lac,
- soit rechercher en dehors du plan d'eau un site plus favorable.

. La mise hors circuit d'un des captages et en particulier de la "Cheminée" aurait pour conséquence une perte de débit fort gênante pour l'exploitation des thermes.

. Pour renforcer la protection argileuse des captages, on peut penser par exemple à descendre délicatement un cuvelage métallique autour de chacun d'eux jusqu'à la cote + 35,95 juste au-dessus des tourbes ; entre les cuvelages et les parois extérieures des captages, les vases seront enlevées par pompes légères et remplacées par des boulettes d'argile expansible. Les cuvelages devront être étudiés pour pouvoir descendre plus bas que les canalisations sortant des captages sans créer de points faibles par lesquels les infiltrations d'eau du lac soient facilitées.

. Le forage réalisé à l'intérieur de la "Source" du lac aurait une profondeur d'environ 15 m et descendrait jusqu'à la cote + 25. Cet ouvrage ne serait crépiné qu'au droit des venues d'eau repérées dans les tourbes de base et dans les calcaires marneux dits de St Ouen qui constituent le véritable gîte hydro-minéral. Bien entendu, les venues d'eau supérieures et, en particulier, celles qui alimentent le captage actuel seraient colmatées ; on n'utiliserait plus ni la "Source", ni la "Cheminée" actuelles pour alimenter les thermes. Cette solution aurait l'avantage sur la précédente de diminuer plus sûrement la vulnérabilité aux infiltrations d'eau en provenance du lac et de fournir en principe plus d'eau que les deux captages actuels.

Après étude préalable, on pourrait enfin rechercher hors du lac un site moins vulnérable aux infiltrations du plan d'eau. Reprenant les conclusions du rapport B.R.G.M. de 1969, on peut déjà penser, a priori, par exemple au recaptage de "Peligot", capté lui aussi trop haut, ou à la réalisation d'un nouvel ouvrage dans le secteur de "Pécherie".

Cette dernière solution aurait notre préférence puisqu'elle serait réalisée hors du lac et des risques que sa présence entraîne.

VI. CONCLUSIONS

Les contaminations des deux captages des sources hydrominérales situées dans le lac d'Enghien-les-Bains par des infiltrations indirectes et faibles en provenance du plan d'eau semblent accidentelles.

Le nettoyage et la stérilisation de ces deux ouvrages ainsi que de la canalisation qui amène leurs eaux aux thermes, la protection de leur accès, leur exploitation en continu durant la saison thermale et la non-utilisation de l'eau pompée durant la première heure de mise en service, semblent a priori suffisants pour conserver la qualité de ces eaux.

Compte tenu de la vulnérabilité de ces deux captages et en particulier de celui de la "Cheminée", il importe d'assurer une surveillance constante des eaux pompées par des analyses physicochimiques et bactériologiques, effectuées par un laboratoire agréé.

Si les mesures préconisées s'avéraient insuffisantes, la solution la plus sûre serait de remplacer ces deux ouvrages par un nouveau captage à implanter, après étude, hors du lac.

- ANNEXES -

EXPERTISE DES SOURCES DU LAC D'ENGHIEN

-0-0-0-0-0-0-

POMPAGE DANS LA STATION DES THERMES (17.12.74)

L'eau du lac se trouve à la cote + 40,55

Date	Heure	Temps en minutes et heures	Débit l/mm	"Source" du lac				"Cheminée" du lac				OBSERVATIONS
				Prof. de l'eau par rapport au sommet du tubage	cote correspondante	Prélèvements pour analyses		Prof. de l'eau par rapport au sommet du tubage	cote correspondante	Prélèvements pour analyses		
						au refoulement des thermes en mélange	dans le captage			au refoulement des Thermes en mélange	dans le captage	
avec eau de la "Cheminée"		avec eau de la "Source"										
17.12.74	11 h 30			1,15 m	+ 39,65		x	1,20	+ 39,66		x	Eau noirâtre
	12 h	0 h 0	30									
	12 h 05	5				x				x		
	12 h 15	15				x				x		
	12 h 25	25				x				x		
	12 h 35	35				x				x		Arrêt du pompage
	13 h	1 h	15	3,80	+ 37	x		3,45	+ 37,41	x		
	15 h 35	3 h 35					x				x	
	16 h 45	4 h 45				x				x		

EXPERTISE DES SOURCES DU LAC D'ENGHIEN (RESULTATS DES ANALYSES EFFECTUEES LES 17.12.74 ET LES 6.2.75)

Lieu du prélèvement et n° des analyses	Date	Heure	RESULTATS DES ANALYSES (PRELEVEMENTS DU 17.12.74)																	OBSERVATIONS	
			pH	t°C	ρ g/cm à 20°	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	bilan cations	HCO ₃ mg/l	Cl (mg/l)	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	bilan anions	degré sulfhydro.	Bactéries par m/l à 37° C	Bactéries par m/l à 20-22° C	Colibacilles par litre	Tritium en U/T	analyses physicochimiques et isotopes par le laboratoire du B.R.G.M. analyses bactériologiques par le laboratoire Lacomme d'Enghien
1. Eau du lac	17.12.74	10h	6,9	6	1514	126,2	8,9	30,9	6,7	8,53	170,8	50	200	3,6	8,43		1500	4.200	≠ 2.000	186 ± 13	Le déséquilibre de la balance est dû à la forte concentration en NH ₄ .
2. Eau de la "Source" du lac avant pompage	"	10h	7	6	1062	144,4	15,1	39,9	12,3	10,50	1463,6	64	104	2,0	11,60	21,34	1620	5.750	néant	234 ± 15	
3. Eau de la "Cheminée" du lac avant pomp.	"	10h	7,5	6	1070	157,6	12,6	40,5	15,5	11,06	1363,0	62	180	2,0	11,48	10,16	5000	7.500	néant	233 ± 15	
4. Source "Coquil" (à l'arrivée au thermes)	"	14h30	7,3		956	186,8	20,6	44,6	9,2	13,18	1390,4	70	280	1,6	14,23		200	1.000	≠ 2.000	238 ± 15	
5. Station des thermes	"	12h05		11,1	1100															157 ± 12	
Refoulement des		12h15																		216 ± 14	
eaux des deux sources du lac (en pompage)		12h25																		232 ± 15	
		12h35		12,4	1100															256 ± 16	
		13h			1081															256 ± 16	
		16h45	7,8		1117	140,4	14,4	39,2	11,7	10,19	1460,6	52	88	1,8	10,88	18,30	130	630	néant	248 ± 15	
6. Eau de la "Source" du lac pendant pompage à partir de la station des thermes	"	15h35	7,6		1044	144,8	14,9	39,2	11,7	10,45	1454,5	58	132	1,6	10,86	30,48	néant	750	néant	252 ± 16	
7. Eau de la "Cheminée" du lac pendant pompage à partir de la station des thermes	"	15h35	8,1		1082	150,6	12,5	39,6	15,0	10,64	1378,2	54	156	1,6	11	11,68	2200	3.700	néant	237 ± 15	
RESULTATS DES ANALYSES (PRÉLEVEMENTS DU 6.2.75)																					
1. Eau du lac	6.2.75	8h50		4,4	1400								400							280 ± 17	
2. Eau de la "Source" du lac avant pomp.	"	8h50		9,4	1240								60							250 ± 16	
3. Eau de la "Cheminée" du lac avant pomp.	"	8h50		7,3	1210								250							278 ± 17	
4. Eau Source fin Pomp	"	11h45		10,8	1150								30							258 ± 16	
5. Eau Source après arrêt du pompage (durant remontée)	"	14h15		10,8	1140								25							Th du lac = 4°,5 à 15 h	
		15h05		10,7	1160								25								
		16h		10,6	1180								20							240 ± 15	
6. Eau Cheminée fin de pomp	"	11h45		14,5	1180								10							260 ± 16	
7. Eau Cheminée après arrêt du pompage (durant remontée)	"	14h15		14,5	1120								35							à 14 h, la cheminée "a été revidée par pompage.	
		15h05		14,5	1270								10								
		16h		11,5	1210								30							270 ± 16	

EXPERTISE DES SOURCES DU LAC D'ENGHIEN
-0-0-0-0-0-0-
POMPAGES SUR LA "CHEMINÉE" ET
LA "SOURCE" DU LAC (une pompe sur chacun des captages) - (6.2.75)

l'eau du lac se trouve à la cote + 39,86

Date	Heure	Temps en heure et minutes	"Source" du lac			"Cheminée" du lac			OBSERVATIONS				
			débit l/mn	prof. de l'eau par rapport au sommet du tubage	cote correspondante	prélèvements pour analyses	débit l/mn	prof. de l'eau par rapport au sommet du tubage		cote correspondante	prélèvements pour analyses		
6.2.75	9h					x			x	Cote du repère des mesures : - "Source" + 40,80 - "Cheminée" + 40,86 Démarrage pompage dans la "Cheminée" à 9 h 45			
	9h 45	0 h 0		1,20 m	+ 39,60			1,25 m	+ 39,61		Démarrage pompage dans la "Source" à 9 h 50		
		1						1,59	+ 39,27			Cote du sommet des siphons : - "Cheminée" + 38,11 - "Source" + 37,35	
		2						2,34	+ 38,52				De 10 h 20 à 10 h 50, les essais de pompage sur la pompe des thermes sont infructueux (canalisation vide).
		3						2,88	+ 37,98				
		4						3,32	+ 37,54	Le calcul du débit d'alimentation des 2 ouvrages durant la 1ère phase de remontée, avant qu'ils ne s'influencent, donne les résultats suivants : - "Source" = 2 l/mn - "Cheminée" = 6 l/mn			
	9h 50	5		1,20	+ 39,6			3,62	+ 37,24		Au bout d'1 h 10 environ l'eau dans la cheminée atteint la cote de son siphon (+ 38,11 à 2,75) sous le sommet du captage et réalimente par la canalisation la "Source" du lac dont le niveau se met à remonter plus vite.		
		6		1,64	+ 39,16								
		7		1,95	+ 38,85								
		8		2,25	+ 38,55		120						
		9		2,52	+ 38,28								
		10	133	2,77	+ 38,03			3,86	+ 37				
		11		3	+ 37,80								
		12		3,20	+ 37,60			4,08	+ 36,78				
		13		3,40	+ 37,40								
		14		3,55	+ 37,25			4,24	+ 36,62				
		15	133	3,62	+ 37,18		92						
		16											
		17		3,84	+ 36,96								
	10h 03	18					0	4,32	+ 36,54				
		19		4,02	+ 36,78								
		20											
		21		4,18	+ 36,62								
		23		4,30	+ 36,50								
		25	120	4,41	+ 36,39								
		30		4,66	+ 36,14								
	10h 20	35	arrêt 12 mn	4,81	+ 35,99								
		45	arrêt 10 mn										
		50		4,82	+ 35,98								
	10h 50	1 h 05		4,87	+ 35,93			4,32	+ 36,54				
	11h 45	2 h				x							
	14h	4 h 15		4,89	+ 35,91			4,36	+ 36,50				
	14h 01	1		4,89	+ 35,91			4,22	+ 36,64				
		2						4,19	+ 36,67				
		3						4,15	+ 36,71				
		4						4,09	+ 36,77				
		5		4,89	+ 35,91			4,06	+ 36,80				
		6						3,98	+ 36,88				
		10		4,89	+ 35,91			3,85	+ 37,01				
	14h 15	15		4,86	+ 35,94	x							
		16						3,61	+ 37,25				
		20		4,85	+ 35,95			3,54	+ 37,32				
		25						3,38	+ 37,48				
		30		4,86	+ 35,96			3,21	+ 37,65				
		35		4,86	+ 35,96								
		40		4,85	+ 35,96								
		45		4,84	+ 35,97			2,97	+ 37,89				
		50		4,83	+ 35,98								
		1 h		4,82	+ 35,99			2,80	+ 38,06				
	15h 05	1 h 05											
		1 h 15		4,76	+ 36,04	x							
		1 h 30		4,68	+ 36,12			2,65	+ 38,21				
		1 h 45		4,60	+ 36,20								
	16 h	2 h		4,50	+ 36,30	x		2,60	+ 38,26				

Au bout d'1 h 10 environ l'eau dans la cheminée atteint la cote de son siphon (+ 38,11 à 2,75) sous le sommet du captage et réalimente par la canalisation la "Source" du lac dont le niveau se met à remonter plus vite.

R E S U M E

L'expertise de la "Source" et de la "Cheminée" du lac, situées dans le plan d'eau d'Enghien-les-Bains, a été demandée par M. le Directeur du Casino de cette ville, gérant des eaux minérales, à la suite des contaminations de ces captages par des infiltrations "en provenance du Lac."

Cette étude a été réalisée par le B.R.G.M. (SGR BDP) avec l'aide de la section "Isotopes" d'Orléans, grâce à des pompages, des analyses physicochimiques et bactériologiques et des mesures du Tritium dans les eaux. Deux expérimentations ont été effectuées les 17.12.74 et 6.2.75.

Les eaux étudiées restent représentatives du site hydrominéral sulfureux d'Enghien-les-Bains. Elles ne sont pas actuellement affectées, mais demeurent vulnérables (surtout la "Cheminée").

Les infiltrations vers les captages proviennent bien du lac ; elles peuvent s'opérer par l'intermédiaire de pores dans la canalisation amenant l'eau des captages aux thermes et aussi au travers des vases à proximité des deux sources. Ces percolations sont minimales et ne représentent que 8 % de l'alimentation totale des deux captages.

A priori, quelques mesures simples doivent permettre d'assurer la qualité des eaux captées (nettoyage, stérilisation, protection des ouvrages, exploitation en continu en saison thermale, non utilisation des premières eaux pompées).

Si les analyses de contrôle démontraient cependant l'insuffisance des précautions suggérées, différents moyens de lutte complémentaire seraient envisagés ; mais, les travaux dans le lac présentant des risques, il serait préférable d'envisager, après étude, l'édification d'un captage de remplacement hors du plan d'eau.