

**SYNDICAT INTERCOMMUNAL A VOCATION MULTIPLE  
DU LAC DU BOURGET**

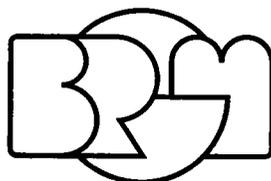
6, Rue de Tunis — 73100 AIX-LES-BAINS

Téléphone (79) 35.00.51

**PROJETS D'UTILISATION DU FORAGE ESSO-REP - LA TAILLA 1 A  
SAINT-GERMAIN-LA-CHAMBOTTE (73)**

par

Y. BARTHELEMY



**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

B. P. 6009 — 45018 ORLEANS CEDEX — Téléphone (38) 63.80.01 — TELEX : BRGM 780258 F.

**Service géologique régional JURA-ALPES**

B. P. 6083 — 69604 VILLEURBANNE CEDEX — Tél. (78) 52.26.67 — TELEX : BRGM 380966 F.

PROJETS D'UTILISATION DU FORAGE LA TAILLA 1  
A SAINT GERMAIN-LA-CHAMBOTTE (73)

78 SGN 152 JAL

Par Y. BARTHELEMY

R E S U M E

Modalités administratives - But

Au cours de l'année 1975, la société ESSO-REP a exécuté à Saint Germain-la-Chambotte le forage dit de "LA TAILLA 1" qui a rencontré à 2000 m un réservoir aquifère avec de l'eau à 65°C. Le Service de l'Industrie et des Mines Rhône-Alpes avait alors demandé au SGR/JURA-ALPES du B.R.G.M., de faire une enquête destinée à déterminer dans quelles conditions ce forage pourrait être utilisé. Cette première étude a fait l'objet d'un rapport daté du mois de Mai 1977 (rapport B.R.G.M. 77 SGN 122 JAL). A la suite de celui-ci, le Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple du Lac du Bourget, a demandé au SGR/JURA-ALPES, une étude complémentaire destinée à chiffrer l'impact économique des diverses solutions envisageables. Le présent rapport se propose de répondre à ces questions.

Objet

Trois grandes directions ont été abordées successivement sous l'aspect technique puis économique. Ce sont deux "utilisations géothermiques" du forage :

- chauffage urbain et chauffage industriel
- chauffage de serres
- et une utilisation de l'eau en tant qu'eau potable.

Principaux résultats

Si, faute de concentrations urbaines et industrielles importantes à proximité du forage, on ne peut envisager à l'heure actuelle de monter une opération de chauffage géothermique dans une de ces directions, en revanche l'utilisation de l'eau du forage pour un chauffage de serres, serait économiquement très intéressante. Faute de serres existant à proximité, il faudrait envisager d'en implanter au voisinage immédiat du forage (il semble que les problèmes fonciers pourraient être résolus sans grandes difficultés), si tant est qu'un marché régional suffisant puisse être espéré. Des contacts sont en cours avec des serristes susceptibles d'être intéressés par un tel projet.

La neutralité de l'eau du forage de La Tailla 1 et l'altitude élevée du puits, constituent d'excellents atouts pour l'alimentation en eau potable. Compte tenu des besoins en eau des collectivités, cette ressource importante pourrait se révéler très précieuse dans l'avenir. Jointe à un chauffage de serres, cette utilisation de l'eau du forage constituerait une excellente solution tant technique qu'économique.

Interlocuteur du S.I.V.O.M. du Lac du Bourget ..... Monsieur le Président BLIN  
Rédaction du rapport ..... Y. BARTHELEMY  
Dessinateurs ..... M. RODET et J.F. RIEUX  
Secrétaire ..... G. BARROUE

---

Outre le résumé, ce rapport contient : 75 pages de texte, 2 annexes, 16 figures hors texte.

TABLE DES MATIERES

Pages

I - <u>PRESENTATION</u>	7
II - <u>DONNEES TECHNIQUES</u>	7
III - <u>POSSIBILITES D'UTILISATION DU Puits LA TAILLA 1</u>	8
IV - <u>CONCLUSIONS</u>	9

1ère Partie

CHAUFFAGE DE LOGEMENTS ET CHAUFFAGE INDUSTRIEL	10
1 - <u>RECENSEMENT DES UTILISATEURS POTENTIELS</u>	12
1 - <u>Saint Germain-la-Chambotte</u>	12
2 - <u>Albens</u>	12
3 - <u>Saint-Félix</u>	13
4 - <u>Grésy-sur-Aix</u>	13
5 - <u>Aix-les-Bains</u>	13
51 - <u>Caserne des pompiers</u>	13
52 - <u>Zac de La Fin</u>	14
521 - Six tours de 75 appartements	14
522 - Immeuble "Les Mouettes"	14
53 - <u>Ensemble "Franklin Roosevelt 1"</u>	14
54 - <u>Immeuble "Les Cigognes"</u>	15
55 - <u>Ensemble "Franklin Roosevelt 2"</u>	15
56 - <u>Hôpital Léon Blanc</u>	16
6 - <u>Rumilly</u>	16
61 - <u>Société des Lait Mont Blanc</u>	16
62 - <u>Société Téfal</u>	16
63 - <u>Tanneries B.C.S.</u>	16

7 - <u>La Biolle</u>	17
2 - <u>ETUDE TECHNIQUE</u>	18
1 - <u>Schéma de principe d'une installation de chauffage par géothermie</u>	18
2 - <u>Données techniques</u>	19
21 - <u>Données climatiques</u>	19
22 - <u>Potentiel géothermique du forage de la Tailla 1</u>	20
23 - <u>Données urbaines</u>	21
3 - <u>Etude thermique</u>	21
31 - <u>Détermination du nombre de logements desservis</u>	22
311 - Puissance géothermique utile	22
312 - Puissance géothermique maximale par logement	23
313 - Nombre de logements desservis	23
32 - <u>Partage entre énergie géothermique et énergie fossile</u>	24
33 - <u>Energie thermique d'origine fossile économisée par la géothermie</u>	26
331 - Consommation annuelle d'énergie thermique par logement	27
332 - Quantité d'énergie récupérée par la géothermie	29
3 - <u>ETUDE ECONOMIQUE</u>	30
1 - <u>Remarques préliminaires</u>	30
2 - <u>Solution technique envisagée</u>	31
3 - <u>Investissement</u>	32
31 - <u>Investissements ne dépendant que du débit d'exploitation du forage</u>	32
311 - Mise en production du forage de la Tailla 1	32
312 - Conduite principale d'aménée	33
313 - Echangeurs	34
32 - <u>Investissements liés au nombre d'immeubles raccordés</u>	35
321 - Réseau de distribution	35
322 - Adaptation des chaufferies	36

33 - <u>Investissements propres à chacune des trois hypothèses envisagées</u>	36
331 - Hypothèse 1	36
332 - Hypothèse 2	37
333 - Hypothèse 3	38
4 - <u>Frais de fonctionnement</u>	38
5 - <u>Economies permises par la géothermie</u>	40
51 - <u>Coût des énergies fossiles</u>	40
511 - Fuel oil domestique	40
512 - Gaz naturel	41
52 - <u>Economies sur les combustibles</u>	41
521 - Hypothèse 1	41
522 - Hypothèse 2	42
523 - Hypothèse 3	42
6 - <u>Bilan d'exploitation</u>	43
61 - <u>Hypothèse 1</u>	43
62 - <u>Hypothèse 2</u>	44
63 - <u>Hypothèse 3</u>	44
7 - <u>Actualisation des dépenses sur 20 ans</u>	45
71 - <u>Hypothèse 1</u>	45
72 - <u>Hypothèse 2</u>	45
73 - <u>Hypothèse 3</u>	46
8 - <u>Influence de la température du forage</u>	46
81 - <u>Détermination de la température de transition</u>	46
82 - <u>Pourcentage d'énergie thermique fourni annuellement par la géothermie</u>	48
83 - <u>Conséquences économiques</u>	48
4 - <u>CONCLUSIONS</u>	51

2ème Partie  
-----

CHAUFFAGE DE SERRES

	52
1 - <u>INTRODUCTION</u>	53
2 - <u>ETUDE TECHNIQUE</u>	54
21 - <u>Généralités</u>	54
22 - <u>Solutions techniques</u>	55
221 - Fonctionnement en "circuit ouvert"	55
222 - Fonctionnement en "circuit fermé"	56
23 - <u>Conditions climatologiques</u>	56
24 - <u>Paramètres caractéristiques d'une serre à Saint Germain-la-Chambotte</u>	58
241 - Type de culture et température de la serre	58
242 - Surface de serre	58
2421 - Puissance thermique maximale consommée par la serre	58
2422 - Puissance thermique fournie par les paillages radiants	59
2423 - Puissance thermique fournie par le forage	59
3 - <u>ETUDE ECONOMIQUE</u>	60
31 - <u>Energie thermique consommée annuellement</u>	60
32 - <u>Investissements propres à la géothermie</u>	61
321 - Considérations générales	61
322 - Mise en production du forage	61
323 - Conduite d'amenée	62
324 - Echangeurs	62
325 - Investissements géothermiques globaux	63
33 - <u>Frais de fonctionnement propres à la géothermie</u>	63
331 - Puissance de la pompe immergée	63
332 - Durée annuelle de pompage	63
34 - <u>Economies de combustibles permises par la géothermie</u>	64
35 - <u>Bilan économique</u>	65

	<u>Pages</u>
351 - Bilan économique sur 5 ans	65
3511 - Fonctionnement en "circuit ouvert" (sans échangeur)	65
3512 - Fonctionnement en "circuit fermé" (avec échangeur)	66
352 - Bilan économique sur 10 ans	66
3521 - Fonctionnement en "circuit ouvert" (sans échangeur)	66
3522 - Fonctionnement en "circuit fermé" (avec échangeur)	67
353 - Analyse des résultats	67
354 - Plan financier en francs courants	68
4 - <u>CONCLUSIONS</u>	70

3ème Partie

-----

ALIMENTATION EN EAU POTABLE	71
1 - <u>CONTEXTE REGIONAL</u>	72
11 - <u>Communes de Cessens et de Saint Germain-la-Chambotte</u>	72
12 - <u>Commune de la Biolle</u>	73
13 - <u>Commune d'Albens</u>	73
2 - <u>UTILISATION DU FORAGE DE LA TAILLA 1</u>	73
21 - <u>Position du problème</u>	73
22 - <u>Approche économique</u>	74
3 - <u>CONCLUSIONS</u>	75



## I - PRESENTATION

A la suite de l'étude entreprise par le Service géologique régional JURA-ALPES du B.R.G.M., à la fin de l'année 1976, cherchant à définir une ou des utilisations possibles du forage de LA TAILLA 1 (cf. plan de situation fig. 1 en annexe 1) - réalisé par ESSO-REP, puis mis à la disposition de la commune de Saint Germain-la-Chambotte - le Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple du Lac du Bourget a confié au B.R.G.M., une étude technico-économique destinée à étudier la rentabilité de divers projets de mise en valeur de cette ressource géothermique.

Plusieurs directions ont été envisagées et font l'objet de ce rapport. Ce sont successivement :

- le chauffage de logements et le chauffage industriel
- le chauffage de serres
- l'alimentation en eau potable.

## II - DONNEES TECHNIQUES

Les caractéristiques, tant géologiques que techniques, du forage de la Tailla 1 ayant été précisées dans un rapport précédent (1), nous ne ferons que les rappeler brièvement (cf. planches 2 et 3 en annexe 1 pour coupes détaillées).

Le forage de la Tailla 1, exécuté par la compagnie ESSO-REP entre le 16/08/75 et le 18/11/75, a atteint la profondeur de 3557,20 m, sans avoir permis de détecter d'indices d'hydrocarbures. En revanche, un important réservoir aquifère a été mis en évidence dans le Jurassique supérieur entre 1987 m et 2080 m. Un test réalisé le 31 Octobre 1975, a permis d'obtenir un débit d'eau de 13,6 m<sup>3</sup>/h et le niveau piézométrique s'est stabilisé à 127 m sous la table de rotation. L'eau est à la température de 65°C.

---

(1) - Rapport B.R.G.M. 77 SGN 122 JAL : "Projet d'utilisation du forage d'ESSO-REP La Tailla 1 à Saint Germain-la-Chambotte pour le chauffage de serres et l'alimentation en eau potable" par A. CLOT, A. PACHOUD et G. RAMPON.

Les analyses d'eau effectuées par la suite ont montré que l'eau ne présentait aucun caractère d'agressivité et que son usage en tant qu'eau potable, pouvait même être envisagé (cf. analyse chimique, planche 4 en annexe 1).

Les auteurs du rapport mentionné ci-dessus, spécifient que les différentes mesures réalisées jusqu'à ce jour, demandent à être confirmées par de nouvelles expérimentations mais peuvent raisonnablement servir de point de départ à une étude économique destinée à étudier la rentabilité de divers projets.

Dans les différentes études qui suivent, on a retenu les hypothèses suivantes:

- eau non agressive et potable
- température 65°C
- niveau piézométrique à 127 m sous la tête de forage
- débit envisageable : 50 m<sup>3</sup>/h, voire 100 m<sup>3</sup>/h avec 50 m de rabattement.

### III - POSSIBILITES D'UTILISATION DU PUIS LA TAILLA 1.

Nous analyserons successivement les trois grandes directions énumérées dans la présentation. Bien qu'elles fassent chacune l'objet d'une étude distincte, il est bien évident que l'on pourrait envisager toute réalisation en faisant intervenir une, deux ou trois, à condition de pouvoir en dégager un facteur de rentabilité économique.

## IV - CONCLUSIONS

---

---

Si, faute de concentrations urbaines et industrielles importantes à proximité du forage, on ne peut envisager à l'heure actuelle de monter une opération de chauffage géothermique dans une de ces directions, en revanche l'utilisation de l'eau du forage pour un chauffage de serres, serait économiquement très intéressante. Faute de serres existant à proximité, il faudrait envisager d'en implanter au voisinage immédiat du forage (il semble que les problèmes fonciers pourraient être résolus sans grandes difficultés), si tant est qu'un marché régional suffisant puisse être espéré. Des contacts sont en cours avec des serristes susceptibles d'être intéressés par un tel projet.

La neutralité de l'eau du forage de La Tailla 1 et l'altitude élevée du puits, constituent d'excellents atouts pour l'alimentation en eau potable. Compte tenu des besoins en eau des collectivités, cette ressource importante pourrait se révéler très précieuse dans l'avenir. Jointe à un chauffage de serres, cette utilisation de l'eau du forage constituerait une excellente solution tant technique qu'économique.

1ère Partie

-----

CHAUFFAGE DE LOGEMENTS ET  
CHAUFFAGE INDUSTRIEL.

Le forage de la Tailla 1, possède deux atouts très importants :

- le fait qu'il soit déjà réalisé et productif
- la neutralité de son eau.

Par contre, il a aussi deux handicaps, particulièrement rédhibitoires pour une réalisation de chauffage de logements ou de chauffage industriel:

- la température de l'eau relativement basse : 65°C
- l'éloignement de toute concentration tant urbaine qu'industrielle.

Partant de ces considérations antagonistes, il a paru intéressant d'étudier une utilisation de l'eau géothermale en tant que moyen de chauffage de logements ou d'industries.

L'étude s'est déroulée en trois phases successives, à savoir :

- un recensement des utilisateurs potentiels
- une étude technique
- une étude économique.

1 - RECENSEMENT DES UTILISATEURS POTENTIELS

=====

Pour qu'une opération de chauffage par géothermie soit rentable, il importe que les utilisateurs soient bien regroupés, de façon à limiter le plus possible les frais de canalisations calorifugées et d'adaptation des chaufferies existantes.

Le recensement des utilisateurs potentiels voisins du forage a donné les résultats suivants :

1 - Saint Germain-la-Chambotte

L'habitat très dispersé et la vocation agricole de la commune n'offrent pas d'autre débouché que l'implantation de serres, ce qui fait l'objet de la deuxième partie du rapport.

2 - Albens

Les entreprises d'Albens, de dimensions relativement modestes, ne se montrent pas grandes consommatrices d'eau chaude, étant essentiellement tournées vers le bâtiment et la petite métallurgie.

Le C.E.G., qui abrite actuellement 350 élèves, constitue le seul utilisateur potentiel important. A noter aussi que l'Office Départemental de H.L.M. gère 45 appartements dont 33 à chauffage collectif. Mais ces deux gros consommateurs de chaleur ne peuvent justifier à eux seuls des investissements tels que la pose d'une conduite calorifugée de St-Germain-la-Chambotte à Albens.

### 3 - Saint-Félix

La fromagerie PICON est grosse consommatrice de chaleur, mais sous une forme assez peu adaptée à la géothermie puisque le circuit d'exploitation en est le suivant :

Une chaudière au fuel lourd produit environ 3 tonnes/heure de vapeur à 180°C et 9 bars qui sont utilisées sous deux formes :

- . une partie intervient dans la fabrication (pression d'utilisation : 5 bars)
- . l'autre partie sert pour le chauffage des locaux et permet grâce à un échangeur de produire l'eau chaude nécessaire au lavage des cuves, canalisations, et locaux (pression d'utilisation : 5 bars).

### 4 - Grésy-sur-Aix

Les industries mécaniques, électriques, métallurgiques et les maisons individuelles de cette agglomération ne correspondent pas aux cibles de la géothermie.

### 5 - Aix-les-Bains

Plusieurs ensembles ont été répertoriés et sont implantés sur le plan de situation fig. 5 de l'annexe 1.

#### 51 - Caserne des pompiers

- . L'ensemble des installations consomme actuellement une énergie calorifique du même ordre de grandeur que celle utilisée par 25 logements. Si l'on prend aussi en compte les 36 logements en construction, cela représente un total de 60 logements, dont l'installation de chauffage a les caractéristiques suivantes :

- . chauffage central par radiateurs
- . combustible : gaz naturel

52 - Zac de La Fin

521 - Six tours de 75 appartements : Le Beaupré, la Vigie, l'Artimon, la Misaine, la Carène, le Grand Pavois.

- . Organisme gestionnaire : Office Public Départemental d'H.L.M. de la Savoie, 7, rue de l'Iserand CHAMBERY.
- . Combustible : gaz naturel (chauffage + eau chaude sanitaire)
- . chauffage central par radiateurs
- . chaque tour a une chaufferie indépendante constituée de 15 chaudières en cascade, de 35 th/h de puissance unitaire.

En 1976, la consommation de gaz pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire a été de 8512 Kth P.C.S.

522 - Immeuble "Les Mouettes"

- . Trente trois appartements
- . Organisme gestionnaire : Office Public Départemental d'H.L.M. de la Savoie
- . chauffage central par radiateurs
- . chaufferie au fuel domestique, 2 chaudières de 90 th/h.

53 - Ensemble "Franklin Roosevelt 1"

- . Cinq immeubles : la Corvette, la Frégate 1, la Frégate 2, le Galion, la Coélette, soit 272 logements au total.

- . Organisme gestionnaire : Office Public Départemental d'H.L.M. de la Savoie.
- . chauffage central par radiateurs
- . L'ensemble Franklin Roosevelt est chauffé par deux chaudières, de puissance respective 1000 th/h et 1200 th/h.

La consommation annuelle moyenne est de 600 000 litres de fuel domestique, ce qui correspond à une énergie thermique de 4320 Kth.

54 - Immeuble "Les Cigognes"

- . Cinquante six appartements
- . Organisme gestionnaire : Centrale Immobilière de Gestion, 18, rue du Temple  
73100 AIX LES BAINS
- . Chauffage central par radiateurs

55 - Ensemble "Franklin Roosevelt 2"

- . Quatre immeubles : 42 + 42 + 28 + 56 = 168 appartements
- . Organisme gestionnaire : Société Coopérative d'H.L.M. La Savoisienne - La Martinière - Bassens - chambéry.
- . chauffage central par radiateurs
- . Quatre chaufferies indépendantes au fuel domestique

56 - Hôpital Léon Blanc

L'hôpital est équipé d'un chauffage central au gaz fonctionnant avec deux chaudières de puissances respectives 1000 kth/h et 2000 kth/h. Une chaudière de dépannage de 1000 kth/h est alimentée au fuel domestique. La consommation annuelle de chaleur (eau chaude sanitaire à 60°C et chauffage) est de l'ordre de 4100 kth , ce qui correspond à celle d'environ 250 logements.

6 - Rumilly

Les trois plus importantes industries de la ville ont été contactées et nous ont permis d'obtenir les renseignements suivants :

61 \* Société des Laits Mont Blanc

Au cours de leur fabrication, un certain nombre de produits sont chauffés sous vide. Leur refroidissement produit de grosses quantités d'eau chaude inutilisées qui sont rejetées à des températures pouvant atteindre jusque 45°C.

62 \* Société Téfal

Cette société est grande consommatrice d'eau chaude à 80°C pour ses bains de dégraissage. Un raccordement avec la Société des Laits Mont Blanc est en cours et devrait rapidement fournir 60 m<sup>3</sup>/h, couvrant ainsi la plus grande part des besoins de la Société Téfal et rentabilisant du même coup les rejets de la Société des Laits Mont Blanc.

63 \* Taneries B.C.S.

Les taneries B.C.S. utilisent quant à elles de l'eau vaporisée par l'intermédiaire d'une chaudière à fuel. Sans entrer dans le détail du processus de fabrication, on conçoit bien que l'on puisse déjà pratiquer le pré-chauffage de l'eau à l'aide des vapeurs condensées, sans avoir recours à l'apport d'une eau d'origine géothermique dont la température ne dépasserait pas 60°C.

7 - La Biolle

Les deux coopératives laitières utilisent de la vapeur pour chauffer leurs cuves et de l'eau chaude pour les laver. Avant d'envisager un chauffage par géothermie, on pourrait déjà faire de sensibles économies d'énergie en intercalant un échangeur entre les rejets de vapeur et l'arrivée d'eau froide à la chaudière.

-----

Les seuls utilisateurs potentiels que l'on puisse envisager au voisinage du forage de LA TAILLA 1, semblent donc être essentiellement représentés par les habitations collectives de la Zac de La Fin à Aix-les-Bains. Les paragraphes qui suivent se proposent d'étudier les incidences techniques et économiques qui découleraient pour eux d'un chauffage par géothermie à partir de Saint-Germain-la-Chambotte.

## 2 - ETUDE TECHNIQUE

=====

### 1 - Schéma de principe d'une installation de chauffage par géothermie.

Deux possibilités peuvent se présenter suivant la nature de l'eau géothermique.

- Si l'eau n'a aucun caractère agressif ou entartrant, on peut sans problème la faire circuler directement dans les circuits de chauffage, ce qui représente la solution la plus économique.

- Si l'eau est agressive ou entartrante, il convient de placer un échangeur (dont la réalisation est fonction des propriétés chimiques et physiques de l'eau) entre le circuit géothermique et le circuit de chauffage.

En tout état de cause, les chaufferies existantes doivent être conservées en chaufferie de pointe ou de secours, l'énergie géothermique ne permettant pas d'assurer complètement le chauffage de grand froid, mais fournissant par contre la majeure part des thermies utilisées tout au long de l'année.

Pour un forage géothermique donné, la quantité d'énergie récupérée augmente avec le nombre de logements desservis, mais les investissements en font autant.

Il importe bien sûr, de concilier ces deux effets antagonistes et de déterminer un optimum économique. Pour cela, il faut connaître avec précision, un certain nombre de données techniques qui conditionnent le projet.

## 2 - Données techniques

### 21 - Données climatiques

Les deux stations météorologiques voisines d'Aix-les-Bains dont les mesures ont été étudiées sont celle de Challes-les-Eaux (altitude 291 m), à 18 km au Sud-est d'Aix-les-Bains, et celle de Rumilly (altitude 345 m), à 18 km au Nord.

La légère différence d'altitude (54 m) entre ces deux stations, se traduit par le fait que la température de Challes-les-Eaux est supérieure d'environ  $0,5^{\circ}\text{C}$  à celle de Rumilly.

Nous avons admis que la température d'Aix-les-Bains (altitude 256 m dans la Z.A.C. de Lafin, soit 89 m au-dessous de Rumilly) est supérieure d'un degré à celle de Rumilly, ce qui semble raisonnable compte tenu des constatations mentionnées ci-dessus et du gradient aérothermique généralement estimé à  $6,5^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$ .

Les relevés thermométriques faits par la station météorologique de Rumilly et portant sur les dix dernières années (1966-1975), permettent d'obtenir la répartition annuelle moyenne des températures moyennes journalières, d'où l'on peut tirer la courbe des durées moyennes annuelles cumulées des températures moyennes journalières.

Si l'on suppose que la température moyenne d'Aix-les-Bains est supérieure d'un degré à celle de Rumilly, il suffit de faire une translation d'un degré de la courbe relative à Rumilly, pour obtenir celle d'Aix-les-Bains. On obtient alors la courbe qui figure à la planche 1 de l'annexe 2.

## 22 - Potentiel géothermique du forage de la Tailla 1

L'étude a été menée en considérant que la température de l'eau atteignait 62 °C à la sortie du forage, soit une perte de 3 °C dans la conduite de refoulement et la tête de puits.

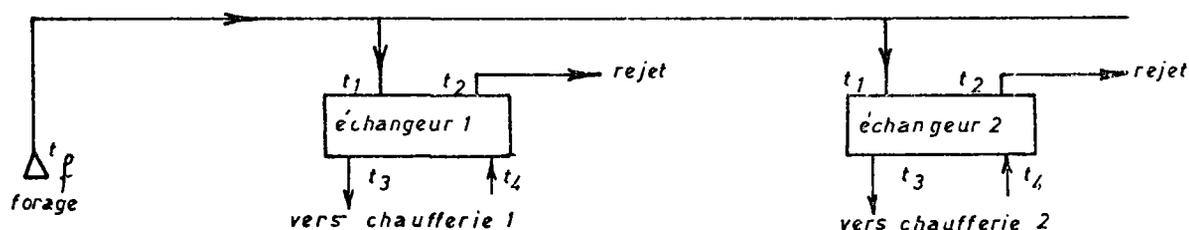
N'ayant pas de données suffisamment déterminantes sur le pouvoir agressif et entartrant de l'eau du forage, on s'est volontairement placé dans un cas défavorable pour lequel le recours à un échangeur était nécessaire.

Deux montages sont alors envisageables :

- placer un échangeur à l'emplacement du forage
- placer un échangeur dans chaque chaufferie raccordée.

La deuxième solution, plus économique parce que ne nécessitant qu'une seule canalisation entre le forage et les utilisateurs, a été retenue bien qu'elle fasse perdre le bénéfice d'une importante source d'eau potable en altitude.

Le schéma du réseau est alors le suivant :



La distance entre le forage et les utilisateurs est de l'ordre de 8 km, ce qui entraîne une baisse de température de 3 °C, si l'on retient 0,375 °C/km pour valeur de perte thermique en ligne. En fait, on doit même pouvoir descendre jusqu'à 2 °C pour 8 km.

On peut donc tabler sur une température de 59°C à l'entrée des échangeurs. Si l'on utilise des échangeurs dont les débits primaires et secondaires sont égaux, on peut limiter à 2°C l'écart caractéristique entre les températures à l'entrée du primaire et à la sortie du secondaire.

Nous avons retenu 57°C comme température utilisable à la sortie des échangeurs et mené l'étude en examinant successivement les incidences de débits géothermiques de l'ordre de 50 m<sup>3</sup>/h, 75 m<sup>3</sup>/h et 100 m<sup>3</sup>/h.

### 23 - Données urbaines

On a supposé que la surface moyenne des logements était proche de la valeur usuelle de 70 m<sup>2</sup> (volume = 175 m<sup>3</sup>) et que les conditions d'isolation thermiques étaient telles que le coefficient volumique global de déperdition soit voisin de  $G = 1,30 \text{ kcal/h/m}^3/\text{°C}$  ou  $1,51 \text{ W/m}^3/\text{°C}$ . Cette valeur correspond sensiblement à la qualité moyenne des logements construits avant le décret du 10 Avril 1974, fixant les nouvelles normes d'isolation.

Dans les circuits de chauffage concernés, les corps de chauffe sont des radiateurs dimensionnés pour fonctionner avec des températures de départ et de retour à la chaudière respectivement égales à 90°C et 70°C quand la température extérieure est de - 7°C. Ces deux températures caractéristiques varient linéairement avec la température extérieure suivant le schéma de la planche 2 (annexe 2).

### 3 - Etude thermique

Une fois les caractéristiques utiles du forage géothermique définies, il reste à choisir le nombre optimum de logements à desservir ou, ce qui revient au même, à choisir au mieux la puissance géothermique maximale que l'on attribuera à chaque logement.

La façon la plus simple de procéder à cette détermination est de recourir à ce que l'on appelle la "température de transition", c'est-à-dire la température extérieure au-dessus de laquelle l'énergie géothermique suffit à assurer tous les besoins de chauffage - en dessous de cette température, la chaufferie existante assure le complément du chauffage.

### 31 - Détermination du nombre de logements desservis

#### 311 - Puissance géothermique utile

La puissance thermique utile fournie par le forage géothermique est donnée par la relation :

$$P = Q \times \Delta t$$

où Q est le débit extrait du forage

$\Delta t = t_1 - t_2$  : écart de température entre l'entrée et la sortie de l'échangeur sur le circuit géothermique.

Les débits primaires et secondaires de l'échangeur étant égaux, on a l'égalité :  $t_1 - t_2 = t_3 - t_4$ .

Dans ces conditions, la puissance thermique maximale fournie par l'eau géothermale peut s'écrire :

$$P = Q (t_3 - t_4) \quad \text{où} \quad \begin{array}{l} t_3 = 57^\circ\text{C} \\ t_4 = \text{température de retour à la chaudière (fonction} \\ \text{de la température extérieure)}. \end{array}$$

On constate donc que la puissance géothermique utile augmente lorsque la température de retour à la chaudière diminue, c'est-à-dire lorsque la température extérieure augmente, ce qui correspond justement à une diminution des besoins de chauffage (c'est là le gros handicap du chauffage géothermique).

### 312 - Puissance géothermique maximale par logement

La puissance géothermique maximale attribuée à chaque logement est définie par la température de transition. En effet, lorsque la température extérieure est égale à la température de transition, la totalité du chauffage est assurée par la géothermie (au-dessous il faut faire appel à la chaufferie traditionnelle pour maintenir la température intérieure à 20°C). La puissance géothermique fournie est alors juste égale à la puissance calorifique nécessaire pour compenser les pertes thermiques du logement.

La température intérieure du logement est de 20°C, mais on admet communément que le logement reçoit une puissance calorifique "gratuite", (émanant des logements voisins et des radiations solaires) équivalente à un accroissement de sa température de l'ordre de 3°C.

D'où la puissance nécessaire au chauffage d'un logement lorsque la température extérieure est la température de transition :

$$P \text{ Kcal/h} = G.V.\Delta t = 1,30 \cdot 175 \cdot (17 - t_t)$$

où  $t_t$  : température de transition

17°C : température dite de "non chauffage".

On admet couramment qu'il faut majorer cette valeur de 10 % pour prendre en compte les pertes relatives aux parties communes d'un immeuble. D'où la valeur retenue :  $P_{\text{Kcal/h}} = 1,1 \cdot 1,30 \cdot 175 \cdot (17 - t_t)$

### 313 - Nombre de logements desservis

A la température de transition, la géothermie assure seule le chauffage de N logements et l'on a la relation suivante :

$$Q (57 - t_4) = N \cdot 1,1 \cdot 1,30 \cdot 175 \cdot (17 - t_t).$$

Cela permet de dresser un tableau donnant le nombre de logements desservis en fonction du débit du forage et de la température de transition retenue.

Température de transition $t_t$ (°C)	Température retour chaudière $t_4$ (°C)	N : Nombre de logements desservis en fonction du débit géothermique.		
		50 m <sup>3</sup> /h	75 m <sup>3</sup> /h	100 m <sup>3</sup> /h
4	49,5	115	173	230
6	45,8	203	305	407
8	42,2	328	492	657
10	38,5	528	792	1056
12	34,8	887	1330	1774

Ces différentes valeurs permettent de tracer les courbes représentant le nombre de logements desservis en fonction de la température de transition, ceci pour différentes valeurs du débit géothermique (cf. planche 3, annexe 2).

### 32 - Partage entre énergie géothermique et énergie fossile.

Une fois choisie la température de transition ou, ce qui revient au même, la puissance maximale utile pour chaque logement, il reste à déterminer la part de la puissance de chauffage couverte par la géothermie lorsque la température extérieure varie.

On considère que la puissance nécessaire au chauffage d'un logement varie linéairement avec la température extérieure. Sur la planche 1(annexe 2) l'axe des températures extérieures peut donc être assimilé à l'axe des puissances thermiques appelées.

Par ailleurs, pour chaque logement, la puissance géothermique disponible est fonction linéaire de la température de retour à la chaudière, elle-même fonction linéaire de la température extérieure.

Partant de ces trois relations linéaires, on peut construire point par point les courbes frontières faisant la part entre l'énergie calorifique fournie par la géothermie, et l'énergie calorifique fournie par le chauffage traditionnel. Il suffit pour cela de choisir une température de transition, c'est-à-dire la puissance géothermique maximale que l'on souhaite attribuer à chaque logement, puis, par l'intermédiaire des trois relations linéaires énumérées précédemment, de calculer point par point la puissance géothermique utilisable pour un logement lorsque la température extérieure varie. Ce calcul peut être avantageusement remplacé par la construction graphique indiquée à la planche 4,(annexe 2).

Pour chaque température de transition, on peut donc tracer une courbe séparant en deux le domaine des puissances appelées :

- au-dessous de cette courbe, le domaine limité par la droite  $t_{ext} = 17^{\circ}C$  et la courbe monotone des températures extérieures représente la part de l'énergie calorifique prise en compte par la géothermie.
- au-dessus de cette courbe, le domaine limité par l'axe des températures extérieures et la courbe monotone des températures extérieures représente la part d'énergie calorifique fournie par le chauffage traditionnel.

Quant au domaine compris entre la courbe monotone des températures extérieures, la droite  $t_{ext} = 17^{\circ}C$  et l'axe des ordonnées, il représente l'ensemble de l'énergie thermique appelée au cours d'une année moyenne.

En planimétrant ces différentes surfaces, on peut dresser le tableau suivant :

Température de transition (°C) $t_t$	Part d'énergie thermique fournie par la géothermie pour le chauffage d'un logement.
0	83 %
4	68 %
6	57 %
8	44 %
10	33 %
12	23 %

D'où la courbe de la planche 5 (annexe 2) qui représente, pour un logement, la proportion annuelle d'énergie thermique fournie par la géothermie en fonction de la température de transition.

### 33 - Energie thermique d'origine fossile économisée par la géothermie

Si la proportion d'énergie thermique fournie par la géothermie à un logement donné augmente lorsque la température de transition diminue, en revanche nous avons vu précédemment (cf. paragraphe 313), que le nombre de logements desservis par le réseau géothermique diminuait lorsque la température de transition diminuait.

Il y a lieu de conjuguer ces deux effets antagonistes pour évaluer l'influence exacte de la température de transition sur la quantité annuelle d'énergie thermique susceptible d'être fournie par la géothermie.

331 - Consommation annuelle d'énergie thermique par logement

La puissance calorifique nécessaire au chauffage d'un logement peut s'obtenir par la relation suivante :

$$P \text{ Kcal/h} = 1,1 \cdot 1,30 \cdot 175 \cdot (17 - t_{\text{ext}}) \quad (\text{cf. paragraphe 312})$$

Pour calculer la consommation annuelle d'énergie calorifique d'un logement, on est amené à intégrer cette relation le long de la courbe monotone des températures extérieures ou, plus simplement, à profiter de sa linéarité pour écrire :

$$Q \text{ Kcal} = 1,1 \cdot 1,30 \cdot 175 \cdot (17 - t_m) \cdot T$$

où :  $t_m$  = température extérieure moyenne pendant la saison de chauffage.  $t_m = 7,4 \text{ }^\circ\text{C}$  à Aix-les-Bains.

$T$  = durée en heures de la période de chauffage (281 jours).

$$T = 24 \cdot 281 \text{ h} = 6744 \text{ h} \quad \text{à Aix-les-Bains.}$$

En réalité, avec les circuits de chauffage traditionnels, on doit tenir compte des pertes thermiques ou rendements suivants :

95 % rendement d'émission et de régulation

96 % rendement de distribution

96 % rendement d'équilibrage.

D'où la consommation annuelle d'énergie thermique d'origine fossile nécessaire au chauffage d'un logement :

$$Q \text{ Kcal} = \frac{1,1 \cdot 1,30 \cdot 175 \cdot (17 - 7,4) \cdot 24 \cdot 281}{0,95 \cdot 0,96 \cdot 0,96}$$

$$Q = 18,51 \text{ Kth} \quad (\text{par définition } 1 \text{ Kth} = 10^3 \text{ th} = 10^6 \text{ Kcal})$$

th = thermie                      cal = calorie

Au cours de l'année 1976, les quantités d'énergie calorifique consommées par logement ont été les suivantes (on retiendra la valeur usuelle de 0,72 Kth/hl comme rendement de combustion du fuel domestique) :

- . Zac de Lafin : 18,92 Kth/logement (chauffage + eau chaude sanitaire)
- . Ensemble Franklin Roosevelt : 14,56 Kth/logement (chauffage seul)

L'année 1976 ayant été relativement clémente, il est probable que les consommations thermiques annuelles moyennes soient quelque peu supérieures à ces valeurs, tout en restant inférieures à la valeur théorique calculée précédemment. Pour la suite de l'étude, nous retiendrons une valeur moyenne de 16,5 Kth/h, bien en accord avec les études géothermiques réalisées auparavant en France, ce qui correspond à un coefficient volumique global de déperditions :  $G = 1,158 \text{ Kcal/h/m}^3/\text{°C}$  ou  $1,35 \text{ W/m}^3/\text{°C}$ .

Compte tenu de cette nouvelle valeur du coefficient G, il est nécessaire de recalculer le nombre de logements desservis en fonction du débit géothermique.

Température de transition $t$ (°C)	Température retour chaudière $t_4$ (°C)	N : Nombre de logements desservis en fonction du débit géothermique.		
		50 m <sup>3</sup> /h	75 m <sup>3</sup> /h	100 m <sup>3</sup> /h
4	49,5	129	194	258
6	45,8	228	342	457
8	42,2	368	552	738
10	38,5	593	889	1185
12	34,8	996	1493	1992

Les courbes correspondantes figurent à la planche 3 (annexe 2).

332 - Quantité d'énergie récupérée par la géothermie

En faisant la synthèse des résultats précédemment acquis (cf. paragraphe 32 et 331), on peut calculer, pour chaque débit géothermique et chaque température de transition, la quantité totale d'énergie thermique récupérée annuellement par la géothermie.

Température de transition (°C)	Pourcentage d'énergie thermique récupérée annuellement par la géothermie (pour un logement).	Energie thermique récupérée annuellement par la géothermie pour l'ensemble des logements desservis. Kth/an		
		Débit géothermique		
		50 m3/h	75 m3/h	100 m3/h
0	83 %	0	0	0
4	68 %	1447	2171	2895
6	57 %	2144	3216	4288
8	44 %	2672	4007	5343
10	33 %	3229	4843	6458
12	23 %	3780	5670	7560

Ce tableau, traduit par les courbes de la planche 6 (annexe 2), montre que la quantité annuelle d'énergie économisée par la géothermie croît, pour un débit donné, lorsque la température de transition croît, ce qui se traduit en pratique par l'augmentation du nombre de logements desservis (cf. planche 7, annexe 2).

Pour rentabiliser au maximum le procédé géothermique, on a donc intérêt à desservir le plus grand nombre possible de logements; mais cela revient du même coup, à augmenter de façon importante le coût du réseau (longueur des canalisations, adaptation des chaufferies, etc ...)

L'étude économique qui suit se propose de trouver un compromis entre ces deux tendances opposées.

=====

1 - Remarques préliminaires :

Une opération géothermique utilisant le forage de la Tailla 1 pour chauffer des logements à Aix-les-Bains, différerait sensiblement des réalisations effectuées jusqu'à ce jour. En effet, dans ce cas particulier la part principale de l'investissement serait représentée, non par le coût du forage géothermique puisque celui-ci existe déjà, mais par le coût du réseau de distribution, beaucoup plus étendu qu'il n'en est coutume.

Le coût très élevé de ce réseau peut lui-même être décomposé en deux parties distinctes, d'une part une conduite d'amenée forage-Aix-les-Bains, et d'autre part le réseau de distribution proprement dit constitué par le raccordement des différentes chaufferies et leur adaptation à la géothermie. La longueur de la liaison forage-utilisateurs rend prépondérants les investissements correspondants qui jouent le rôle de "frais fixes" indépendants du nombre de logements raccordés.

Afin d'appréhender au mieux le rôle des différents facteurs, nous avons analysé successivement trois hypothèses :

- + 1ère hypothèse : raccordement des utilisateurs suivants : 6 tours de la ZAC de Lafin, "les Mouettes", 5 immeubles de l'ensemble Franklin Roosevelt 1, soit 755 logements.
- + 2ème hypothèse : raccordement des mêmes immeubles plus : "les Cigognes", 4 immeubles de l'ensemble Franklin Roosevelt 2, soit 980 logements.
- + 3ème hypothèse : mêmes utilisateurs + hôpital, soit 1230 équivalent-logements.

Pour chaque hypothèse, les calculs ont été menés avec deux ou trois valeurs de débit géothermique suivant les possibilités.

Dans un premier temps, on précise la solution technique envisagée pour l'adaptation des chaufferies à la géothermie, puis on analyse successivement les investissements, les frais de fonctionnement et les économies permises par une solution géothermique. En rassemblant ces divers résultats et en les comparant, il est alors possible de dresser un bilan économique complet pour chacune des hypothèses envisagées.

## 2 - Solution technique envisagée

Le schéma de principe de la solution technique envisagée figure à la planche 8 (annexe 2). Il fonctionne de la façon suivante :

L'eau géothermique est véhiculée par conduite calorifugée jusqu'aux différentes chaufferies où elle cède ses calories au réseau de chauffage central, par l'intermédiaire d'un échangeur.

Dans chaque chaufferie on trouve les matériels suivants :

- un jeu de vannes d'isolement V1
- une vanne by-pass V2
- un jeu de deux vannes couplées V31 et V32; ces deux vannes tout ou rien peuvent être motorisées, la commande ayant lieu pour une température extérieure correspondant à la température de transition  $t_t$ .

- Lorsque  $t_{ext} > t_t$

V31 est fermée et V32 ouverte, l'eau va directement de A en B sans passer par les chaudières, toute la chaleur est alors fournie par la géothermie.

- Lorsque  $t_{ext} < t_t$

V 31 est ouverte et V32 fermée, l'eau va de A en B en passant par les chaudières, celles-ci fournissent le complément d'énergie demandé pour le chauffage.

La vanne de régulation V4 règle la température de départ du réseau en fonction de la température extérieure, suivant la loi donnée par la planche 2 (annexe 2).

### 3 - Investissements

Les investissements nécessaires pour l'utilisation de l'énergie géothermique sont de deux types : d'une part, ceux qui ne sont fonction que du débit du forage et d'autre part, ceux qui sont directement liés aux utilisateurs raccordés.

#### 31 - Investissements ne dépendant que du débit d'exploitation du forage

Ce sont essentiellement les investissements ayant trait à la mise en production du forage et aux échangeurs (puisque ceux-ci ne sont fonction que de la température et de la nature de l'eau ainsi que de la puissance thermique échangée, elle-même directement liée au débit géothermique). Dans le cas particulier étudié, on peut y ajouter le coût de la conduite principale d'amenée (forage - ZAC de Lafin) qui est indépendante du nombre d'utilisateurs.

#### 311 - Mise en production du forage de la Tailla 1

Le forage de la Tailla 1 qui est susceptible de débiter 15 m<sup>3</sup>/h dans son état actuel, nécessite un certain nombre d'études et d'aménagements si l'on veut pouvoir tester ses caractéristiques et porter son débit à 50, voire 100 m<sup>3</sup>/h.

Les coûts de mise en production pour des débits importants, si tant est que l'aquifère puisse les fournir, peuvent s'évaluer par le devis estimatif de la page suivante .

DESIGNATION DES TRAVAUX	Débit géothermique		
	50 m3/h	75 m3/h	100 m3/h
+ Equipement du forage : amenée et repli du matériel de sondage, tête de forage.	130 000	130 000	130 000
+ Diagraphie, perforations, acidification	150 000	150 000	150 000
+ Coupage du tubage 9" 5/8 et récupération (seulement pour les débits supérieurs à 50 m3/h)		110 000	110 000
+ Essais de production : location d'une pompe immergée et d'un groupe électrogène, mise en place de la pompe et de la colonne de refoulement, pompages d'essai, interprétation des mesures	270 000	300 000	350 000
+ Achat d'une pompe, de la colonne de refoulement et raccordement au réseau électrique (si les essais de production se sont montrés concluants).	120 000	160 000	200 000
TOTAL HORS TAXES .....	670 000	850 000	940 000

### 312 - Conduite principale d'amenée

Le coût de la conduite principale d'amenée est chiffré dans l'hypothèse d'une canalisation calorifugée réalisée en stratifié de verre (type Bondstrand ou PRV).

Compte tenu de la forte dénivellation entre le forage (altitude 478 m) et les utilisateurs (altitude 256 m), on dispose d'une charge importante (222 m) à dissiper tout au long des canalisations, ce qui doit permettre d'utiliser des canalisations de diamètre relativement modeste.

La conduite véhiculant l'eau depuis le forage jusqu'à la ZAC de Lafin à une longueur de 8000 m dont 2000 m sur la route nationale 201 et 6000 m sur les chemins vicinaux.

Pour une conduite du type envisagé, on peut compter sur un prix de 650 F HT/ml, tout compris pour une pose en rase campagne. Il y a lieu de majorer ce chiffre pour une installation en bordure de route nationale. Si l'on prend 1,30 pour valeur du coefficient prenant en compte ces frais supplémentaires, on arrive au décompte suivant :

6000 x 650	=	3 900 000
2000 x 650 x 1,30	=	1 690 000
<hr/>		
Coût estimé de la conduite principale	=	5 590 000

### 313 - Echangeurs

Les échangeurs retenus sont des échangeurs à plaques en inox dont les performances sont telles que l'écart entre les températures entrée primaire et sortie secondaire soit inférieur ou égal à 2°C lorsque les débits sont identiques dans les deux circuits, et que les températures sont de l'ordre de celles décrites précédemment.

De part leur conception, les coûts de ces échangeurs sont principalement fonction de la puissance thermique échangée. Lorsque celle-ci est déterminée, donc ici lorsque le débit géothermique est défini, on peut raisonnablement considérer que le coût global des échangeurs est indépendant de leur nombre.

Débit (m <sup>3</sup> /h)	50	75	100
Coût des échangeurs F. HT.	270 000	390 000	500 000

32 - Investissements liés au nombre d'immeubles raccordés

321 - Réseau de distribution

Les canalisations secondaires, en acier noir calorifugé, permettent de raccorder la conduite principale aux différentes chaufferies.

Les longueurs de réseau varient suivant les hypothèses envisagées (cf. plan N° 5 en annexe 1). On peut chiffrer les coûts de ces canalisations secondaires de la manière suivante :

Diamètre (mm)	Prix unit. F. HT/ml	Hypothèse N°1		Hypothèse N°2		Hypothèse N°3	
		longueur en m.	Coût to- tal F.HT	longueur en m.	Coût to- tal F.HT	longueur en m.	Coût to- tal F.HT
100	650	800	520 000	950	617 500	1500	975 000

En prenant un coefficient de majoration de 1,25 pour aléas et difficultés dûs à l'implantation du réseau en zone urbaine, on aboutit aux coûts totaux estimés de :

	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3
Coût total du réseau secondaire F. H.T.	650 000	771 900	1 218 750

322 - Adaptation des chaufferies

Chaque chaufferie doit être aménagée pour permettre d'utiliser l'eau géothermique du forage. Cette adaptation comprend l'installation d'un échangeur et d'un système de canalisations et de vannes.

- 50 m de canalisation en acier noir calorifugé, soit environ 17 500 F H.T.
- mise en place du système de vannes prévu (cf. planche 8, annexe 2).  
Estimation : 50 000 F par chaufferie, soit au total 67 500 F H.T. par chaufferie.

33 - INVESTISSEMENTS PROPRES A CHACUNE DES TROIS HYPOTHESES ENVISAGEES

331 - Hypothèse 1

L'hypothèse 1 correspond à 755 logements regroupés en 12 immeubles chauffés par 6 chaufferies au gaz naturel (450 logements) et 2 chaufferies au fuel domestique (305 logements).

Débit (m3/h)		50	75	100
Température de transition (°C)		11,0	9,3	7,1
Investissement F. HT	Mise en production du forage	670 000	850 000	940 000
	Conduite principale	5590 000	5590 000	5590 000
	Echangeurs	270 000	390 000	500 000
	Réseau de distribution	650 000	650 000	650 000
	Adaptation des chaufferies	540 000	540 000	540 000
Investissements totaux F. H.T.		7720 000	8020 000	8220 000

332 - Hypothèse 2

L'hypothèse 2 englobe l'hypothèse 1 plus 225 logements supplémentaires, soit 980 logements.

Au total 6 chaufferies au gaz naturel (450 logements) et 7 chaufferies au fuel domestique (530 logements).

Débit (m <sup>3</sup> /h)		50	75	100
Température de transition (°C)		12,0	10,3	9,3
Investissement  F. HT	Mise en production du forage	670 000	850 000	940 000
	Conduite principale	5590 000	5590 000	5590 000
	Echangeurs	270 000	390 000	500 000
	Réseau de distribution	618 000	618 000	618 000
	Adaptation des chaufferies	878 000	878 000	878 000
Investissements totaux F. H.T.		8026 000	8326 000	8526 000

333 - Hypothèse 3

Identique à la précédente mais avec un surplus de 250 équivalent-logements, soit un total de 1230 logements.

L'ensemble est équipé de 8 chaufferies au gaz naturel (700 logements) et de 7 chaufferies au fuel domestique (530 logements).

Débit (m <sup>3</sup> /h)		75	100
Température de transition (°C)		10,1	11,2
Investissement  F. HT	Mise en production du forage	850 000	940 000
	Conduite principale	5590 000	5590 000
	Echangeurs	390 000	500 000
	Réseau de distribution	975 000	975 000
	Adaptation des chaufferies	1013 000	1013 000
Investissements totaux F. H.T.		8818 000	9018 000

#### 4 - Frais de fonctionnement

Les frais de fonctionnement sont réduits au minimum puisqu'en dehors de l'électricité nécessaire au pompage, il suffit de prévoir une provision d'entretien du forage et des installations de surface de l'ordre de 100 000 F H.T par an.

#### Coût de l'électricité pour le pompage

Compte tenu de la dénivellation entre le forage et les utilisateurs, le réseau de surface peut fonctionner sans pompe de refoulement. Par contre, la pompe immergée dans le forage doit fonctionner pendant toute la période de chauffage, soit près de 9 mois.

Le niveau piézométrique statique est à 127 m sous la tête de forage et les rabattements prévisibles pour chaque débit d'exploitation du forage, sont estimés d'après les caractéristiques géologiques connues de l'aquifère.

Débit (m <sup>3</sup> /h)	50	75	100
Niveau statique (m)	- 127	- 127	- 127
Rabatement (m)	- 25	- 38	- 50
Perte de charge + charge à la sortie du forage (m)	- 15	- 15	- 15
Hauteur de refoulement (m)	167	180	192
Puissance mécanique (Kw) nécessaire	22,7	36,8	52,3
Puissance électrique (Kw) avec un rendement de pompe de 0,7	33	53	75

Au tarif général moyenne tension, le coût de la prime fixe s'appliquant à ces puissances est de 125,11 F H.T/Kw et les Kwh consommés sont facturés suivant la période d'utilisation selon la grille suivante :

- . Heures de pointe hiver (7H-9H et 17H-19H du 1/11 au 28/02) : 0,3285 F / Kwh
- . Heures pleines hiver (6H-22H du 1/10 au 31/03) : 0,1730 F / Kwh
- . Heures creuses hiver (22H-6H du 1/10 au 31/03) : 0,0733 F / Kwh
- . Heures pleines été (6H-22H du 1/04 au 30/09) : 0,1136 F / Kwh
- . Heures creuses été (22H-6H du 1/04 au 30/09) : 0,0699 F / Kwh

En supposant que la pompe fonctionne 6740 heures à pleine puissance, on peut calculer les proportions des différents postes horaires d'E.D.F. et en déduire un coût moyen pondéré :

- . Heures de pointe hiver : 412 soit 6,1 %
- . Heures pleines hiver : 2084 soit 30,9 %
- . Heures creuses hiver : 1872 soit 27,8 %
- . Heures pleines été : 1360 soit 20,2 %
- . Heures creuses été : 1016 soit 15,0 %

Coût moyen pondéré :  $0,1282 \text{ F / Kwh} = 128,2 \text{ F / Mwh}$ . D'où les dépenses annuelles d'électricité.

Débit (m3/h)	50	75	100
Prime fixe F. H.T.	4130	6630	9385
Energie (Mwh)	223	358	506
Coût d'énergie F. H.T.	28 590	45 900	64 870
Coût total F. H.T.	32 720	52 530	74 260

#### 5 - Economies permises par la géothermie

Une solution de chauffage par géothermie permet des économies importantes grâce aux quantités d'énergie fossile épargnées par le recours à l'énergie géothermique.

#### 51 - Coût des énergies fossiles

L'ensemble des chaufferies concernées fonctionne au fuel oil domestique ou au gaz naturel.

#### 511 - Fuel oil domestique

La ville d'Aix-les-Bains est rattachée à la zone de prix F, ce qui correspond depuis le 14 Octobre 1977, à un coût de 74,40 F T.T.C/hl pour des livraisons au tarif C4 (livraison unitaire de 27000 litres et plus).

Le rendement moyen de combustion du fuel oil domestique étant de 0,72 Kth/hl, on en déduit le prix de la kilothermie: 88 F H.T./Kth.

512 - Gaz naturel

Le prix de la thermie PCS gaz est de 6,30 c H.T; avec un rendement de 0,77 th/th PCS, le prix de la chaleur est de 82 F HT/Kth.

52 - Economies sur les combustibles

La courbe de la planche 7 (annexe 2), permet de déterminer l'énergie thermique économisée annuellement en fonction du débit du forage et du nombre de logements raccordés.

Connaissant le coût des combustibles et la répartition entre fuel domestique et gaz naturel pour chaque hypothèse, on peut chiffrer les économies réalisées annuellement.

521 - Hypothèse 1

755 logements dont 450 chauffés au gaz naturel et 305 au fuel domestique.

Débit (m3/h)		50	75	100
Energie Kth/an	Total économisé	3500	4500	5400
	Fuel domestique	1410	1820	2180
	Gaz naturel	2090	2680	3220
Coût écono- misé. F. H.T./an	Fuel domestique	124080	160160	191840
	Gaz naturel	171380	219760	264040
	Total	295460	379920	455880

522 - Hypothèse 2

980 logements dont 450 chauffés au gaz naturel et 530 au fuel domestique.

Débit (m3/h)		50	75	100
Energie Kth/an	Total économisé	3800	5000	6000
	Fuel domestique	2060	2700	3240
	Gaz naturel	1740	2300	2760
Coût économisé F. H.T.	Fuel domestique	181280	237600	285120
	Gaz naturel	142680	188600	226320
	Total	323960	426200	511440

523 - Hypothèse 3

1230 logements dont 700 chauffés au gaz naturel et 530 au fuel domestique.

Débit (m3/h)		75	100
Energie Kth/an	Total économisé	5400	6500
	Fuel domestique	2330	2800
	Gaz naturel	3070	3700
Coût économisé F. HT/an	Fuel domestique	205040	246400
	Gaz naturel	251740	303400
	Total	456780	549800

6 - BILAN D'EXPLOITATION

61 - Hypothèse 1

Coût d'exploitation annuel F. H.T.	Débit (m3/h)	50	75	100
Installations traditionnelles	Fuel domestique	442 860		
	Gaz naturel	608 850		
	Total	1051 710		
Adaptation géothermique	Economic brute	295 460	379 920	455 880
	Electricité de pompage	32 720	52 530	74 260
	Main d'oeuvre et en- tretien.	100 000	100 000	100 000
	Total	888 970	824 320	770 090

62 - Hypothèse 2

Coût d'exploitation annuel F. H.T.	Débit (m3/h)	50	75	100
Installations traditionnelles	Fuel domestique	769 560		
	Gaz naturel	608 850		
	Total	1378 410		
Adaptation géothermique	Economie brute	323 960	426 200	511 440
	Electricité de pompage	32 720	52 530	74 260
	Main d'oeuvre et entretien.	100 000	100 000	100 000
	Total	1187 170	1104 740	1041 230

63 - Hypothèse 3

Coût d'exploitation annuel F. H.T.	Débit (m3/h)	75	100
Installations traditionnelles	Fuel domestique	769 560	
	Gaz naturel	947 100	
	Total	1716 660	
Adaptation géothermique	Economie brute	456 780	549 800
	Electricité de pompage	52 530	74 260
	Main d'oeuvre et entretien.	100 000	100 000
	Total	1412 410	1341 120

7 - Actualisation des dépenses sur 20 ans

Somme des coefficients d'actualisation sur 20 ans : taux 5 % : 12,463  
 taux 10 % : 8,514

71 - Hypothèse 1

Débit (m3/h)	Investissement F. H.T.	Exploitation F. H.T/an	Coût global actualisé	
			Taux 5 %	Taux 10 %
50	7 720 000	888 970	18 800 000	15 289 000
75	8 020 000	824 320	18 294 000	15 039 000
100	8 220 000	770 090	17 818 000	14 777 000
Installations traditionnelles		1051 710	13 108 000	8 955 000

72 - Hypothèse 2

Débit (m3/h)	Investissement F. H.T.	Exploitation F. H.T/an	Coût global actualisé	
			Taux 5 %	Taux 10 %
50	8 026 000	1 187 170	22 822 000	18 134 000
75	8 326 000	1 104 740	22 095 000	17 732 000
100	8 526 000	1 041 230	21 503 000	17 391 000
Installations traditionnelles		1 378 410	17 180 000	11 736 000

73 - Hypothèse 3

Débit (m <sup>3</sup> /h)	Investissement F. H.T.	Exploitation F. H.T./an	Coût global actualisé	
			Taux 5 %	Taux 10 %
75	8 818 000	1 412 410	26 421 000	20 844 000
100	9 018 000	1 341 120	25 733 000	20 437 000
Installations traditionnelles		1 716 660	21 395 000	14 616 000

Aucune de ces trois hypothèses ne permet de dégager un avantage économique en faveur d'un chauffage par géothermie à partir du puits de La Tailla 1, et ne peut donc justifier les importants travaux qui en découleraient.

8 - Influence de la température du forage

Les résultats précédents sont fondés sur une température de réchauffage de 57°C par la géothermie. Une augmentation de cette température peut intervenir dans deux hypothèses différentes :

- + température de l'aquifère supérieure aux mesures réalisées
- + pertes thermiques inférieures aux prévisions

Pour apprécier l'influence de ce paramètre, nous allons étudier les conditions économiques découlant d'accroissements de la température de réchauffage de 1°C, 5°C et 10°C dans un des cas les plus favorables, c'est-à-dire celui de l'hypothèse 3 avec un débit géothermique de 100 m<sup>3</sup>/h.

81 - Détermination de la température de transition

Si nous reprenons l'équation permettant de calculer le nombre de logements raccordés en fonction de la température de transition et que nous y tenons compte de la remarque faite concernant la valeur du coefficient volumique global de déperdition, nous pouvons écrire :

$$Q (t_r - t_4) = N. 1,1. 1,158. 175. (17 - t_t)$$

où : N = nombre de logements raccordés : 1230 dans l'hypothèse 3

$t_t$  = température de transition

$t_4$  = température de retour à la chaudière lorsque la température extérieure est la température de transition

$t_r$  = température de réchauffage par la géothermie

Q = débit du forage : 100 m<sup>3</sup>/h = 10<sup>5</sup> l/h

L'équation précédente se ramène à :

$$t_4 - 2,74 t_t = t_r - 46,61$$

Lorsque la température extérieure est égale à la température de transition, la température de retour à la chaudière est donnée par la relation (cf. planche 2 annexe 2).

$$t_4 = 57 - 1,85 t_t$$

D'où la relation permettant le calcul direct de la température de transition (pour 1230 logements desservis) :

$$t_t = \frac{103,61 - t_r}{4,59}$$

Température de réchauffage par la géothermie (°C)	57	58	62	67
Température de transition (°C)	10,1	9,9	9,1	8,0

82 - Pourcentage d'énergie thermique fourni annuellement par la géothermie

Comme précédemment, le partage entre énergie géothermique et énergie fossile se fait par construction géométrique, à partir de la courbe monotone des températures extérieures, de la courbe traduisant la relation entre température de retour à la chaudière et température extérieure, et de la droite représentant la température de l'eau géothermique à son arrivée chez les utilisateurs.

Les courbes obtenues (cf. planche 9, annexe 2), diffèrent sensiblement des précédentes (cf. planche 4 annexe 2) et la part de la géothermie est beaucoup plus significative.

Température géothermique utile (°C)	57	58	62	67
Pourcentage énergie géothermique/énergie thermique annuelle	32 %	34 %	43 %	54 %

83 - Conséquences économiques

En procédant de la même façon qu'aux paragraphes 6 et 7, on obtient les résultats suivants :

hypothèse 3, débit géothermique 100 m<sup>3</sup>/h.

Température de réchauffage (°C)	Economie brute F. H.T.	Investissement. F. H.T.	Exploitation F. H.T./an	Coût global actualisé	
				Taux 5 %	Taux 10 %
57	549 800	9 018 000	1 341 120	25 733 000	20 437 000
58	583 700	9 018 000	1 307 220	25 310 000	20 148 000
62	738 200	9 018 000	1 152 720	23 385 000	18 833 000
67	927 000	9 018 000	963 920	21 104 000	17 225 000
Installations traditionnelles			1 716 660	21 395 000	14 616 000

Même avec des conditions géothermiques très favorables (débit 100 m<sup>3</sup>/h, température de l'eau 75°C) et avec de bonnes conditions économiques (taux d'actualisation de 5 % alors que la valeur préconisée par le Plan est de 10 %), la rentabilité d'un chauffage de logements à Aix-les-Bains à partir du forage de La Tailla 1, est tout juste assurée si l'on s'en tient à une actualisation des dépenses sur 20 ans, ce qui est la valeur généralement adoptée.

-----

La Société PONT-A-MOUSSON développe actuellement une fabrication de canalisations calorifugées (en fonte à graphite sphéroïdal) aux performances thermiques sensiblement équivalentes à celles des produits qui existent déjà dans ce domaine et aux coûts nettement inférieurs. Pour une conduite en Ø 150 reliant le forage La Tailla 1 à Aix-les-Bains, on pourrait abaisser le coût estimé au paragraphe 312 (5 590 000 F H.T. pour du stratifié de verre) à environ 3 655 000 F H.T. soit un gain de l'ordre de 2 000 000 F H.T.

Si l'on répercute cette moins-value sur les investissements géothermiques, on diminue de la même valeur les coûts globaux actualisés sur 20 ans d'une solution géothermique (cf. paragraphe 7) mais en restant encore au-dessus des coûts actualisés d'un chauffage traditionnel, quelle que soit l'hypothèse de raccordement retenue.

En tenant compte d'une dérive des prix des combustibles de l'ordre de 6 % par an et d'un taux d'actualisation de 10 %, on est ramené sensiblement aux calculs faits avec un coefficient d'actualisation de 5 %, ce qui donne des résultats plus favorables à la géothermie, mais sans atteindre encore le seuil de la rentabilité tant que la température de l'eau reste à 65°C. Par contre, à partir d'une température de réchauffage de 62°C (ce qui correspond à 70°C dans l'aquifère) et pour un débit de 100 m<sup>3</sup>/h, on atteint le seuil de la rentabilité.

Comme on peut le voir, la notion rentabilité est très liée à la valeur du coefficient d'actualisation et à la dérive des prix des combustibles, ainsi, bien sûr, qu'à la durée d'amortissement des installations.

#### 4 - CONCLUSIONS

=====

Compte tenu de l'éloignement des utilisateurs potentiels actuels, on ne peut guère espérer bâtir une opération rentable de chauffage de logements ou de chauffage industriel à partir du forage géothermique La Tailla 1.

En effet, l'étude économique précédente ne laisse espérer une opération rentable, que dans le cas où le forage débiterait 100 m<sup>3</sup>/h à une température de 70°C en supposant que le taux d'actualisation soit de 10 % et que la dérive des prix des combustibles soit de l'ordre de 6 % par an. Il est peu probable que toutes ces conditions soient réunies simultanément, et même si c'était le cas, il ne resterait guère de marge de sécurité.

On pourrait très certainement améliorer le bilan financier global en mettant en place des pompes à chaleur dans chaque chaufferie, mais cela accroîtrait du même coup la complexité technique des installations.

Par contre, les conclusions précédentes qui concernent le chauffage d'installations déjà existantes, ne condamnent en rien la rentabilité possible d'une opération de chauffage par géothermie pour un ensemble de logements neufs pouvant se construire à Albens, La Biolle, St Germain-la-Chambotte, Grésy-sur-Aix, ou Aix-les-Bains et ce d'autant plus que ces constructions neuves pourraient alors avoir des systèmes de chauffage mieux adaptés à la géothermie (dalles de sol, aérothermes ou radiateurs de grande dimension par exemple).

Il faut donc retenir que si l'on ne peut actuellement utiliser le forage La Tailla 1 pour un chauffage de logements ou un chauffage industriel par géothermie, cela n'est en aucune sorte une conclusion définitive et qu'il faut bien garder à l'esprit l'existence d'une telle ressource qui peut se montrer très avantageuse à l'avenir pour un développement urbain ou industriel aux environs de Saint Germain-la-Chambotte.

2ème Partie

-----

CHAUFFAGE DE SERRES.

## 1 - INTRODUCTION

=====

La présence de nombreuses serres au voisinage d'Aix-les-Bains permet de penser que de telles installations sont rentables dans la région. Il convient toutefois de noter que la production actuelle est principalement orientée vers l'horticulture (fleurs et plantes d'intérieur), alors que l'implantation de nouvelles surfaces de serres devrait se faire dans un autre créneau, de façon à ne pas créer un état de surproduction dommageable à tous. Tout laisse à penser qu'une production de primeurs pourrait, sans grande difficulté, trouver des débouchés importants.

L'étude qui suit se propose de définir un schéma d'exploitation permettant d'utiliser les calories du forage de la Tailla 1 pour un chauffage de serres.

## 2 - ETUDE TECHNIQUE

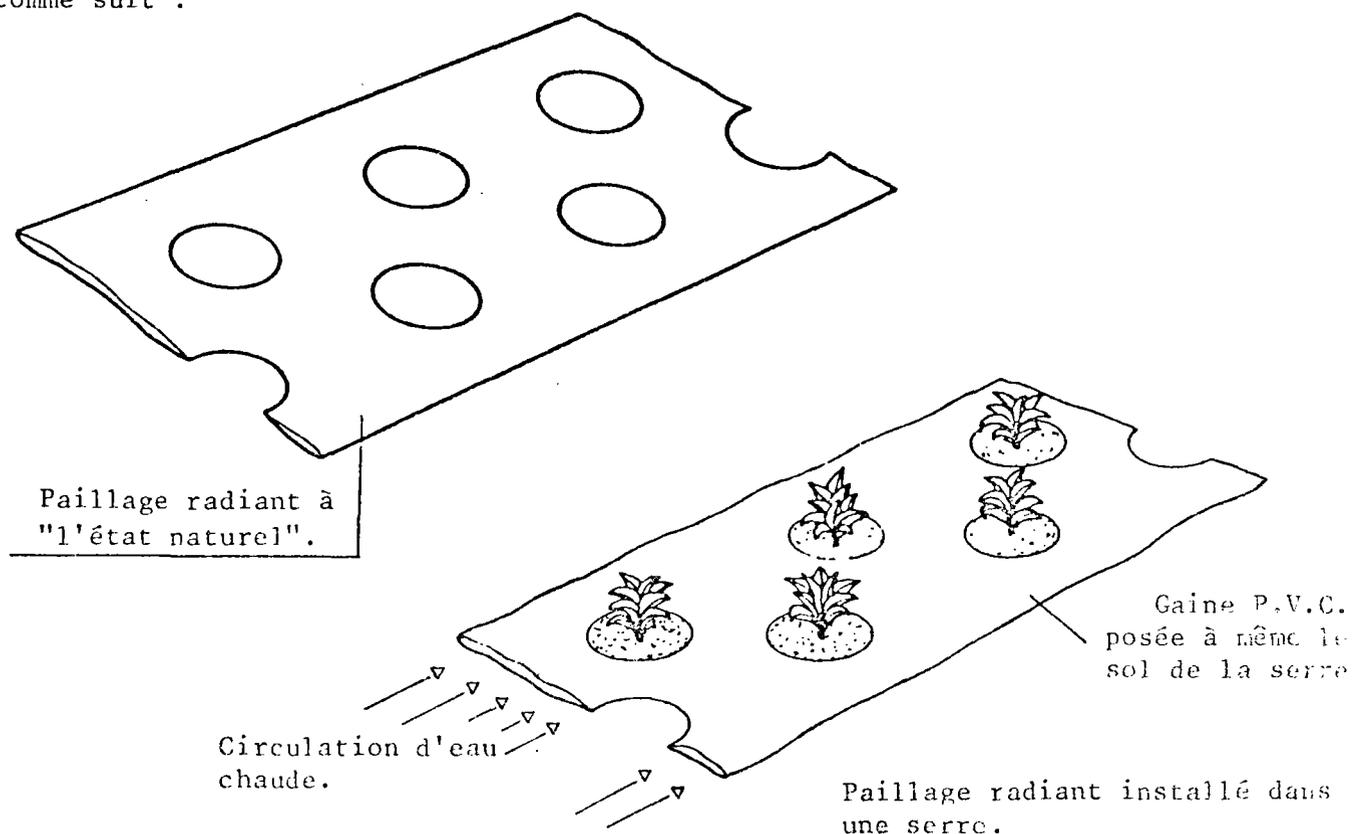
=====

### 21 - Généralités

Différents types de serres sont en service de nos jours mais peuvent être regroupés en deux grandes catégories, suivant le mode de chauffage utilisé. Ce sont :

- les serres de conception traditionnelle où le fluide caloporteur circule à une température élevée (de l'ordre de 70 à 90 °C) à travers des radiateurs métalliques aériens ou souterrains. Leur coefficient surface d'échange surface / sol se situe aux alentours de 25 %.

- les serres dites à "paillage radiant" où l'eau est à une température de 10 à 40°C et circule dans des gaines en P.V.C. couvrant 40 à 80 % de la surface du sol. Ce procédé, mis au point avec l'aide du Commissariat à l'Energie Atomique, est relativement récent, mais tend à se répandre rapidement car il possède de nombreux atouts et permet en particulier d'utiliser de l'eau à moyenne, voire à basse température. Dans le cas particulier du forage de la Tailla 1, ce type de chauffage est certainement le plus adapté. On peut le représenter schématiquement comme suit :



## 22 - Solutions techniques

Plusieurs schémas d'installation sont possibles selon l'utilisation que l'on peut et que l'on veut faire de l'eau géothermique.

### 221 - Fonctionnement en "circuit ouvert"

Si le seul utilisateur potentiel de l'eau géothermique se trouve être le serriste concerné et si l'eau géothermique ne présente pas de caractère agressif, la solution la plus simple techniquement consiste à faire circuler directement l'eau géothermique dans les gaines en P.V.C.. Le schéma de l'installation est alors celui qui figure à la planche 10 (annexe 2); on peut l'appeler fonctionnement en "circuit ouvert".

Le principe en est le suivant :

L'eau venant du forage par une conduite calorifugée est stockée dans une cuve enterrée qui tient lieu de réservoir. Une autre cuve enterrée, dite "cuve tampon", collecte par gravité l'eau refroidie à la sortie des gaines en P.V.C. L'eau qui circule dans ces gaines est pompée dans les deux cuves et mélangée à l'aide d'une vanne trois voies qui permet de réguler la température à l'entrée des paillages. Sur le refoulement de la pompe, une vanne supplémentaire permet d'ajuster la pression à l'entrée des paillages (environ 0,5 m C.E.).

Dans le cas de températures extérieures particulièrement basses, on peut être amené à utiliser un chauffage d'appoint par aérotherme fonctionnant lui aussi avec les calories prélevées sur l'eau géothermique.

En cas de panne sur la pompe immergée du forage, il faudrait compter plusieurs jours d'immobilisation et de travaux avant que les réparations nécessaires puissent être effectuées. Il va de soi que l'on doit avoir dans l'intervalle une solution de rechange, c'est-à-dire une chaudière classique fonctionnant au fuel ou au gaz et réchauffant l'eau de la "cuve tampon" pour la rejeter dans la cuve réservoir.

Le volume de ces cuves est à optimiser en fonction des cultures envisagées et des températures de fonctionnement, mais on retiendra qu'elles jouent un rôle important de volant thermique et doivent être largement dimensionnées (environ 150 m<sup>3</sup> pour la cuve réservoir et 50 m<sup>3</sup> pour la cuve tampon).

#### 222 - Fonctionnement en "circuit fermé"

Au cas où l'eau géothermique ne peut sans dommage circuler dans les gaines en P.V.C., ou si l'on souhaite pouvoir la réutiliser à d'autres fins (eau potable par exemple), il faut recourir à un échangeur pour séparer le circuit de chauffage de la serre du réseau géothermique. Dans ce cas, la serre fonctionne en "circuit fermé" selon le schéma de la planche 11 (annexe 2), mais le principe général est identique à celui du fonctionnement en "circuit ouvert".

#### 23 - Conditions climatologiques

Afin de limiter le plus possible les longueurs de canalisations calorifugées, il conviendrait d'implanter les serres à proximité immédiate du forage. Nous considérerons que les conditions climatiques sont celles qui règnent en ce lieu.

La station météorologique la plus proche est celle de Rumilly dont l'altitude est de 345 m, alors que le forage est à 478 m. Si l'on table sur un gradient aérothermique moyen de 6,5 °C/1000 m, on peut considérer que la température de Saint Germain-la-Chambotte est inférieure d'un degré à celle de Rumilly. En revanche, faute de données suffisantes, on misera sur des pluviométries identiques dans les deux localités.

Les conditions d'ensoleillement à Challes-les-Eaux sont fournies à titre indicatif et portent sur la période s'étendant de Juillet 1950 à Juillet 1970.

Les données relatives à la station de Rumilly sont les valeurs moyennes des 14 années 1962-1975.

Le tableau suivant regroupe toutes ces données.

DONNEES METEOROLOGIQUES REGIONALES

Station météoro- logique.	M O I S	JAN.	FEV.	MARS	AVR.	MAI	JUIN	JUIL.	AOUT.	SEPT.	OCT.	NOV.	DEC.	TOTAL ou MOYENNE ANNUEL (LE)
RUMILLY	Température moyenne °C	0,2	2,1	4,8	9,0	12,5	16,3	18,9	18,3	15,1	10,1	5,2	0,4	9,4 m
	Moyenne des températures minimales °C	-3,8	-2,6	-0,6	2,5	6,0	9,9	11,9	11,8	8,9	4,5	0,9	-3,1	3,8 m
	Moyenne des températures maximales °C	4,2	6,8	10,2	15,5	19,0	22,7	25,9	24,9	21,4	15,7	9,6	3,9	15,0 m
	Nombre de jours de gel T° < 0°C	25,0	18,6	17,8	7,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,1	3,9	13,4	24,6	111,9 t
	Nombre de jours de gel T° < 5°C	31,0	28,4	29,3	23,6	11,8	1,8	0,1	0,6	4,3	18,4	26,6	31,0	206,9 t
	Hauteur totale des précipitations mm	76,5	85,2	98,2	85,9	86,7	96,6	91,7	87,8	115,6	107,1	137,8	79,7	1148,9 t
	Nombre de jours de pluie	10,4	10,0	11,1	11,1	12,3	11,1	8,6	10,3	10,1	8,2	12,9	10,0	127,5 t
CHALLES-LES- EAUX	Insolation heures/mois.	73	102	155	182	225	238	277	241	188	141	71	58	1951 t

Indice : t = total  
m = moyenne

24 - Paramètres caractéristiques d'une serre à Saint-Germain-la-Chambotte

241 - Type de culture et température de la serre

Pour les raisons évoquées précédemment (cf.introduction ), l'étude est menée en tablant sur une culture maraîchère et sur une production de primeurs. Dans ces conditions, la température de la serre doit être maintenue au voisinage de 10 / 15°C suivant les plantes cultivées et leur stade de croissance.

242 - Surface de serre

Si l'on fait abstraction des problèmes de toutes sortes liés à la maîtrise foncière d'un terrain et à la nécessité d'adapter l'offre à la demande, la surface de serre se déduit directement de tous les paramètres déjà énoncés.

En effet, en dimensionnant le circuit de chauffage pour qu'il soit suffisant tant que la température extérieure est supérieure à - 10°C (au-dessous on fait appel aux aérothermes, et dans les conditions extrêmes, à la chaudière de secours) et en connaissant le coefficient d'échange thermique entre le paillage radiant et l'environnement, on est ramené à une simple équation de conservation de l'énergie :

Puissance thermique consommée par la serre = puissance thermique fournie par les paillages radiants = puissance thermique fournie par le forage.

2421 - Puissance thermique maximale consommée par la serre

Les déperditions calorifiques d'une serre sont difficiles à estimer parce qu'elles dépendent éminemment de facteurs tels que: dimensions de la serre, type de fabrication, vent extérieur, etc ... On peut néanmoins retenir la valeur de 9 Kcal/h/°C/m<sup>2</sup> sol comme coefficient d'échange thermique entre la serre et le milieu extérieur (valeur maximum).

## 2422 - Puissance thermique fournie par les paillages radiants

Donc, par une température extérieure de  $- 10^{\circ}\text{C}$ , si l'on veut maintenir la température de la serre à  $+ 15^{\circ}\text{C}$ , il faut être en mesure de fournir  $225 \text{ Kcal/h/m}^2$  sol, ce qui correspond au taux d'émission d'un paillage radiant couvrant 80 % de la surface du sol et véhiculant de l'eau à une température moyenne de  $40^{\circ}\text{C}$  lorsque la température de la serre est de  $15^{\circ}\text{C}$ .

Or, pour un paillage radiant couvrant 80 % de la surface du sol, le débit d'eau chaude est de l'ordre de  $17 \text{ m}^3/\text{h}$  pour  $1000 \text{ m}^2$ . Un abaissement de température de  $1^{\circ}\text{C}$  produit une puissance calorifique de  $17 \cdot 10^3 \text{ Kcal/h/} 1000 \text{ m}^2$ .

Pour fournir  $225 \text{ Kcal/h/m}^2$  sol à une serre de  $1000 \text{ m}^2$ , il faut donc faire circuler  $17 \text{ m}^3/\text{h}$  d'eau dont la température s'abaissera de  $13^{\circ}\text{C}$  autour de  $40^{\circ}\text{C}$ . Ce qui revient à utiliser  $17 \text{ m}^3/\text{h}$  d'eau à  $46,5^{\circ}\text{C}$ , la température de retour étant de l'ordre de  $33,5^{\circ}\text{C}$ .

## 2423 - Puissance thermique fournie par le forage

Compte tenu des diverses pertes thermiques, on peut considérer que la température utile de l'eau du forage est de l'ordre de  $60^{\circ}\text{C}$ . Pour obtenir de l'eau à  $46,5^{\circ}\text{C}$ , on mélange l'eau de la cuve réservoir ( $60^{\circ}\text{C}$ ) avec l'eau de la cuve tampon ( $33,5^{\circ}\text{C}$  ramené à  $30^{\circ}\text{C}$  si l'on admet quelques pertes thermiques dans les canalisations et le réservoir).

Pour  $1 \text{ m}^3$  d'eau à  $60^{\circ}\text{C}$ , il faut rajouter  $x \text{ m}^3$  d'eau à  $30^{\circ}\text{C}$  de façon à respecter l'égalité :

$$\begin{aligned} 1. (60 - 46,5) &= x \cdot (46,5 - 30) \\ \Rightarrow x &= 0,8 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Donc le débit du forage qui est de l'ordre de  $14 \text{ m}^3/\text{h}$  peut fournir un débit de  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  pour les paillages radiants ce qui, compte tenu des remarques faites précédemment, correspond à une surface de serre de  $1500 \text{ m}^2$ .

Avec des débits de forage de  $50,75$  et  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  dans les mêmes conditions de température, on pourrait chauffer respectivement  $5300 \text{ m}^2$ ,  $7900 \text{ m}^2$  et  $10600 \text{ m}^2$ .

### 3 - ETUDE ECONOMIQUE

=====

Pour chiffrer l'impact d'une solution de chauffage par géothermie, il faut prendre en compte les investissements supplémentaires correspondants et les mettre en balance avec les économies qui peuvent en découler. C'est ce que nous allons voir dans les paragraphes suivants.

#### 31 - Energie thermique consommée annuellement

Si l'on est en mesure d'évaluer correctement la déperdition thermique maximale d'une serre, en revanche il est très difficile d'en calculer la consommation annuelle d'énergie. En effet, celle-ci dépend de nombreux paramètres qui sont souvent difficiles à évaluer, paramètres tels que : apport calorifique par rayonnement solaire (ou effet de serre), vents locaux, etc ... Lorsqu'on en a la possibilité, il est préférable de se fonder sur l'expérience des serristes déjà implantés dans la région.

Pour notre part, nous avons obtenu les renseignements suivants fournis aimablement par Messieurs MILLIERET et PROVENT, serristes installés respectivement à AIX-LES-BAINS et TRESSERVE :

- plantes d'appartement (serres à 18-20°C) : consommation annuelle de fuel domestique de l'ordre de 60 à 65 l/m<sup>2</sup>.
- roses (serres à 18°C) : 60 l/m<sup>2</sup>/an de fuel domestique.

Pour des cultures maraîchères et des primeurs, il faut compter sur 30 à 40 l/m<sup>2</sup>/an de fuel domestique, toute cette énergie calorifique pouvant être fournie par la géothermie.

32 - Investissements propres à la géothermie

321 - Considérations générales

Ainsi que nous l'avons noté précédemment (cf. paragraphe 221), la durée de travaux éventuels sur le forage en cours d'exploitation serait suffisamment importante pour compromettre gravement les récoltes à venir. Il importe donc d'équiper les serres comme si elles devaient fonctionner avec une chaufferie au fuel domestique, puis de rajouter le circuit géothermique. Celui-ci est très rudimentaire puisqu'il ne comporte qu'une canalisation calorifugée joignant le forage à la cuve réservoir, et éventuellement un échangeur.

Pour une implantation de serres à proximité immédiate du forage, le rejet des eaux refroidies ne poserait aucun problème, car une évacuation a déjà été mise en place par ESSO-REP lors des travaux de forage.

Les investissements propres à la géothermie sont donc ceux qui correspondent à la mise en production du forage, à son raccordement avec les serres et, au besoin, à la mise en place d'un échangeur.

322 - Mise en production du forage

Les investissements correspondants ont été indiqués à la page pour des débits géothermiques de 50,75 et 100 m<sup>3</sup>/h. Pour le débit actuel qui est de 14 m<sup>3</sup>/h, il faudrait compter sur les postes suivants :

. Amenée et repli du matériel de sondage, tête de forage	130.000 F
. Essais de production	190.000 F
. Achat d'une pompe et de la colonne de refoulement. Raccordement au réseau électrique	90.000 F
	-----
TOTAL .....	410.000 F H.T.

Débit géothermique (m3/h)	14	50	75	100
Investissements (F. H.T.) de mise en production du forage	410 000	670 000	850 000	940 000

### 323 - Conduite d'amenée

La conduite calorifugée joignant le forage à la cuve de stockage d' eau chaude , peut être d'une longueur relativement réduite si les serres sont implantées à proximité immédiate du forage. En prenant 50 m comme ordre de grandeur, il faut compter sur un investissement voisin de 30.000 F hors taxes.

### 324 - Echangeurs

Les coûts d'échangeurs à plaques en acier inoxydable ayant un écart caractéristique de l'ordre de 2°C entre circuit primaire et circuit secondaire, sont fonctions des débits y transitant et peuvent, dans le cas présent, être estimés par les valeurs suivantes :

Débit géothermique (m3/h)	14	50	75	100
Coût des échangeurs F. HT.	90 000	270 000	390 000	500 000

325 - Investissements géothermiques globaux

Débit géothermique (m <sup>3</sup> /h)	14	50	75	100
Installation sans échangeur F. HT.	440 000	700 000	880 000	970 000
Installation avec échangeur F. HT.	530 000	970 000	1270 000	1470 000

33 - Frais de fonctionnement propres à la géothermie

Les frais de fonctionnement engendrés par la géothermie correspondent aux frais de pompage dans le forage géothermique.

331 - Puissance de la pompe immergée

La puissance de la pompe immergée est fonction du débit extrait et a été calculé à la page .

Débit géothermique (m <sup>3</sup> /h)	14	50	75	100
Puissance de la pompe immergée (Kw)	10	33	53	75

332 - Durée annuelle de pompage

Si l'on considère que l'on consomme 30 l/m<sup>2</sup> de fuel domestique par an, cela revient à fournir une énergie calorifique de 0,22 Kth/m<sup>2</sup>/an\*  
220 Kcal/m<sup>2</sup>/an.

---

\* : Le rendement de combustion du fuel domestique est généralement considéré comme étant voisin de 0,72 Kth/hl.

Or, dans les conditions les plus extrêmes, on fournit 225 Kcal/h/m<sup>2</sup>. La consommation annuelle correspond donc à 1000 h de pompage. Globalement et pour une année on considèrera que l'on pompe 2000 heures à plein régime. Avec un coût moyen de 0,150 F/Kwh et une prime fixe de 125 F. HT/Kw, les frais annuels de pompage s'établissent comme suit :

Débit géothermique (m <sup>3</sup> /h)	14	50	75	100
Prime fixe F. HT.	1250	4130	6630	9385
Energie (M wh)	20	66	106	150
Coût de l'énergie F. HT.	3000	9900	15900	22500
Coût annuel d'exploitation F. HT.	4300	14000	22500	32000

#### 34 - Economies de combustibles permises par la géothermie

En ayant recours à une solution géothermique, toute l'énergie calorifique nécessaire au chauffage des serres, peut être fournie sans brûler de combustible fossile comme c'est le cas dans une installation traditionnelle. D'où une importante économie d'énergie que l'on peut chiffrer en sachant que le prix du fuel domestique est de 63,27 F H.T./hl et que la consommation annuelle de fuel est estimée à 35 l/m<sup>2</sup>/an.

Débit géothermique (m3/h)	14	50	75	100
Surface de serres (m2)	1500	5300	7900	10600
Economie annuelle de fuel (hl)	525	1855	2765	3710
Economie annuelle de fuel (F. HT)	33200	117400	174900	234700

35 - Bilan économique

Un bilan économique sur 5 ans puis sur 10 ans avec des taux d'actualisation de 5 % et 10 %, permet de bien prendre en compte les résultats trouvés ci-dessus.

351 - Bilan économique sur 5 ans

Somme des coefficients d'actualisation sur 5 ans :

- taux 5 % : 4,329
- taux 10 % : 3,791

3511 - Fonctionnement en "circuit ouvert" (sans échangeur).

Débit géothermique (m3/h)		14	50	75	100	
Chauffage géothermique.	Investissement propre F. HT	440000	700000	880000	970000	
	Exploitation propre F. HT	4300	14000	22500	32000	
	Coût global actualisé F. HT.	Taux 5 %	458600	760600	977400	1108500
		Taux 10 %	456300	753100	965300	1091300
Chauffage traditionnel.	Exploitation (combustible) F. HT	33200	117400	174900	234700	
	Coût actualisé F. HT.	Taux 5 %	143700	508200	757100	1016000
		Taux 10 %	125900	445100	663000	889700

La solution "chauffage par géothermie" est beaucoup plus onéreuse que la solution dite "traditionnelle".

3512 - Fonctionnement en "circuit fermé" (avec échangeur)

Le bilan économique est encore moins favorable que le précédent et ne présente donc pas d'intérêt.

352 - Bilan économique sur 10 ans

Somme des coefficients d'actualisation sur 10 ans :

- taux 5 % : 7,722

- taux 10 % : 6,145

3521 - Fonctionnement en "circuit ouvert" (sans échangeur)

Débit géothermique (m3/h)		14	50	75	100	
Chauffage géothermique.	Investissement propre F. HT.	440000	700000	880000	970000	
	Exploitation propre F. HT.	4300	14000	22500	32000	
	Coût global actualisé F. HT.	Taux 5 %	473200	808100	1053700	1217100
		Taux 10 %	466400	786000	1018300	1166600
Chauffage traditionnel	Exploitation (combustible) F. HT.	33200	117400	174900	234700	
	Coût actualisé. F. HT.	Taux 5 %	256400	906600	1350600	1812400
		Taux 10 %	204000	721400	1074800	1442200

A partir d'un débit géothermique de 50 m3/h, le chauffage par géothermie se montre très concurrentiel par rapport au chauffage par combustibles fossiles.

3522 - Fonctionnement en "circuit fermé" (avec échangeur)

Débit géothermique (m3/h)		15	50	75	100
Coût global actualisé. Taux = 5%	chauffage géothermique	563200	1078100	1443700	1717100
	chauffage traditionnel	256400	906600	1350600	1812400
Coût global actualisé. Taux = 10%	chauffage géothermique	556400	1056000	1408300	1666600
	chauffage traditionnel	204000	721400	1074800	1442200

353 - Analyse des résultats

Si un bilan économique sur 5 ans ne se montre pas favorable à un chauffage par géothermie, en revanche un bilan sur 10 ans laisse envisager des bénéfices dans les cas suivants :

Bilan économique sur 10 ans	Fonctionnement en "circuit ouvert"		Fonctionnement en "circuit fermé"	
	Taux 5%	Taux 10%	Taux 5 %	Taux 10 %
Surface de serres minimum pour laquelle le chauffage par géothermie est rentable (m2)	≈ 5000	≈ 7800	≈ 9000	≈ 13000
Débit géothermique correspondant (m3/h)	≈ 50	≈ 75	≈ 90	≈ 125

Il faut noter que les calculs ont été menés en considérant que le prix du fuel domestique était fixe en francs constants, ce qui est démenti par les expériences récentes. Cette "dérive" des prix du fuel accroît encore les atouts financiers d'une solution géothermique.

354 - Plan financier en francs courants

Il est probable que le Comité de Géothermie prenne à sa charge le "risque géothermique" lié à la recherche d'un débit supérieur à celui disponible actuellement. Cette prise en charge se ferait sous forme d'un prêt qui serait remboursable si les conditions prévues étaient atteintes, ou resterait acquis au maître d'ouvrage (le Syndicat Intercommunal du Lac du Bourget ?), si le forage ne fournissait pas le débit espéré après les travaux d'aménagement.

Le prêt du Comité de géothermie est remboursable dans les conditions suivantes : deux années de différé d'amortissement, puis remboursement pendant les cinq années suivantes avec un intérêt sur le capital restant à rembourser de 0, 1, 2, 3 et 5 %.

Nous avons construit un plan financier correspondant à l'implantation d'une surface de serres de 5300 m<sup>2</sup>, fonctionnant en "circuit ouvert" avec un débit géothermique de 50 m<sup>3</sup>/h.

Rappelons que dans ce cas, l'investissement et les frais de fonctionnement propres à la géothermie seraient respectivement de 700.000 F H.T. et de 14.000 F H.T./an et qu'ils permettraient une économie de combustible voisine de 117.400 F. HT/an.

Si le prêt du Comité de géothermie couvre les frais d'équipement du forage jusqu'aux pompages d'essai compris, cela représente une somme de 550.000 F H.T. Pour les investissements restants (150.000 F H.T.), il faudra faire appel à un prêt complémentaire que nous avons considéré remboursable en dix annuités constantes, avec un taux d'intérêt de 11 %. Dans ces conditions l'annuité de remboursement est de 16,980 %, soit 25.470 F H.T.

Entre 1962 et 1977, les produits pétroliers ont augmenté de 9,5 % par an et l'électricité de 6 %. Nous prendrons comme taux d'évolution prévisionnel respectivement 8 % et 6 % pour ces deux postes.

Dans le tableau ci-après, le solde annuel du compte pertes et profits correspond à la différence entre les recettes d'exploitation d'une part, et les frais financiers (remboursement des emprunts et frais de trésorerie) d'autre part.

PLAN FINANCIER EN FRANCS COURANTS

Exercice	Position trésorerie début exercice.	Exploitation			Remboursement des prêts		Intérêt trésorerie (11 %)	Solde annuel compte pertes et profits	Position trésorerie. Fin exercice.
		Exploitation traditionnelle A	Electricité géothermie B	Recettes d'exploitation A - B	Comité de géothermie	Prêt à 11 %.			
1	0	117 400	14 000	103 400		25 470		77 930	77 930
2	77 930	126 792	14 840	111 952		25 470	8 572	95 054	172 984
3	172 984	136 935	15 730	121 205	110 000	25 470	19 028	4 763	177 747
4	177 747	147 890	16 674	131 216	114 400	25 470	19 552	10 898	188 645
5	188 645	159 721	17 674	142 047	116 600	25 470	20 751	20 728	209 373
6	209 373	172 499	18 735	153 764	116 600	25 470	23 031	34 725	244 098
7	244 098	186 299	19 859	166 440	115 500	25 470	26 850	52 320	296 418
8	296 418	201 203	21 051	180 152		25 470	32 606	187 288	483 706
9	483 806	217 299	22 314	194 985		25 470	53 208	222 723	706 429
10	706 429	234 683	23 653	211 030		25 470	77 707	263 267	969 696
				1516 191	573 100	254 700	281 305	969 696	

#### 4 - CONCLUSIONS

=====

L'étude économique précédente ne prétend pas juger de la rentabilité d'une installation de serres à Saint Germain-la-Chambotte, mais permet d'affirmer que si celle-ci s'avérait envisageable, il y aurait grand intérêt à ce que le système de chauffage fonctionne à l'aide de paillages radiants alimentés par l'eau du forage de la Tailla 1.

Cela nécessiterait des investissements supplémentaires et entraînerait des frais de pompage accrus, mais permettrait des économies considérables par rapport à un chauffage au fuel domestique.

Un plan financier prévisionnel en francs courants établi pour une serre de 5300 m<sup>2</sup> et fondé sur un prêt probable du Comité de Géothermie, permet d'envisager dès la première année, un profit de 78 000 F induit par le seul recours à l'eau du forage de la Tailla 1. Par la suite, les profits vont en augmentant à chaque exercice et soulignent l'intérêt d'une telle solution.

3 ème Partie

-----

ALIMENTATION EN EAU POTABLE.

Les analyses chimiques réalisées par l'Institut Dolomieu (cf. planche 4, annexe 1), laissent envisager une utilisation possible de l'eau du forage pour l'alimentation en eau potable. L'étude qui suit se propose d'en étudier les modalités.

## 1 - CONTEXTE REGIONAL

=====

### 11 - Communes de Cessens et de Saint Germain-la-Chambotte

Un certain nombre de petites sources, souvent tariées en été, ont permis jusqu'à une date très récente, de subvenir aux besoins de ces deux communes, de façon très partielle il est vrai, puisqu'en été il n'était pas rare de devoir faire appel à des citernes montées depuis La Biolle.

Depuis 1973, un réseau d'eau potable a été mis en service, géré par la Compagnie Générale des Eaux. Une station de pompage située à Chindrieux, à quelques kilomètres au Nord du lac du Bourget, refoule un débit pouvant atteindre 40 m<sup>3</sup>/h dans une conduite qui monte jusqu'à un réservoir de 400 m<sup>3</sup>, situé au lieu dit La Chapelle, avant de redescendre gravitairement sur Cessens (300 habitants) et Saint Germain-la-Chambotte (280 habitants). Une dérivation alimente en outre les villages de Pringy et Marigny dans le département de Haute-Savoie.

Les besoins de ces communes sont maintenant très largement satisfaits.

12 - Commune de La Biolle

L'importante commune de La Biolle (950 habitants) a un système d'adduction d'eau qui fonctionne depuis 1963 à partir des deux sources, l'une au voisinage de la rivière La Deisse, l'autre sur le territoire de la commune de Saint Germain-la-Chambotte. Toutefois, un certain nombre de problèmes apparaissent au cours de périodes sèches prolongées. Aussi une étude est-elle en cours actuellement avec la D.D.A. pour accroître le nombre de sources captées.

13 - Commune d'Albens

La commune d'Albens (1550 habitants) est alimentée à partir de St Girod et St Félix (Hte Savoie), mais d'après la D.D.A. de Chambéry, on peut considérer que tout l'Albanais a besoin d'eau.

2 - UTILISATION DU FORAGE DE LA TAILLA 1

21 - Position du problème

Compte tenu de la situation esquissée ci-dessus, on peut constater que d'ores et déjà une bonne partie de la région a des problèmes pour son alimentation en eau, problèmes qui s'accroîtraient si ces communes venaient à se développer. Il va de soi que dans ces conditions le forage La Tailla 1, peut se révéler extrêmement utile, et ce d'autant plus qu'il possède plusieurs atouts très intéressants :

- le débit disponible est très certainement indépendant des conditions météorologiques locales, ce qui en fait une ressource privilégiée.
- de par l'épaisseur des terrains de recouvrement, on peut pressentir

que les qualités chimiques et biologiques de l'eau sont stables et préservées de toute pollution superficielle

- l'altitude de la tête de puits (478 m) permet d'envisager d'alimenter gravitairement les agglomérations de La Biolle (386 m) et d'Albens (370 m).

En revanche, dans le cas d'une utilisation du forage pour l'alimentation en eau potable, la température de 65°C qui est celle de l'eau, présente l'inconvénient d'imposer un nécessaire refroidissement en recourant à un échangeur eau/air ou en prévoyant un temps de séjour très important en réservoir de stockage ou en conduite d'aménée. Il est certain que la mise en place de serres chauffées par géothermie permettrait de résoudre élégamment ce problème thermique.

## 22 - Approche économique

Les valeurs avancées ci-dessous ne le sont qu'à titre purement indicatif pour permettre de se faire une idée des incidences économiques d'une utilisation du forage La Tailla 1 comme ressource pour l'alimentation en eau potable d'une commune voisine. Nous avons retenu la commune d'Albens pour exemple.

Avec le débit actuel de 13,5 m<sup>3</sup>/h, on peut fournir 210 litres par jour à chacun des 1550 habitants, ce qui couvre une bonne partie des besoins de la commune. Si l'on facture 2,20 F/m<sup>3</sup> à l'utilisateur (ordre de grandeur du prix de vente pratiqué dans cette région), on peut compter sur un revenu journalier de 712 F, soit 21 500 F/mois et 260 000 F/an. Les frais de pompage peuvent être estimés à 15 000 F/an. Avec en outre 15 000 F/an pour les frais d'entretien des installations, on peut compter sur un revenu annuel de 230 000 F.

La liaison forage-Albens aurait une longueur voisine de 5 km, soit un coût de conduite de l'ordre de 1 500 000 F. En ajoutant le coût de mise en production du forage (410 000 F) et les nécessaires réservoirs de stockage et échangeurs (estimés à 600 000 F), on arrive à un investissement global de l'ordre de 2 000 000 F. Si cette somme peut être obtenue par un prêt remboursable en 20 annuités constantes avec un taux d'intérêt de 11 %, les annuités de remboursement sont de 12,56 %, soit 251 200 F.

Un calcul rapide permet donc de constater que le bilan financier est pratiquement équilibré. Il va de soi qu'il pourrait certainement être sensiblement amélioré en combinant alimentation en eau potable et chauffage de serres ou chauffage industriel ou urbain.

### 3 - CONCLUSIONS

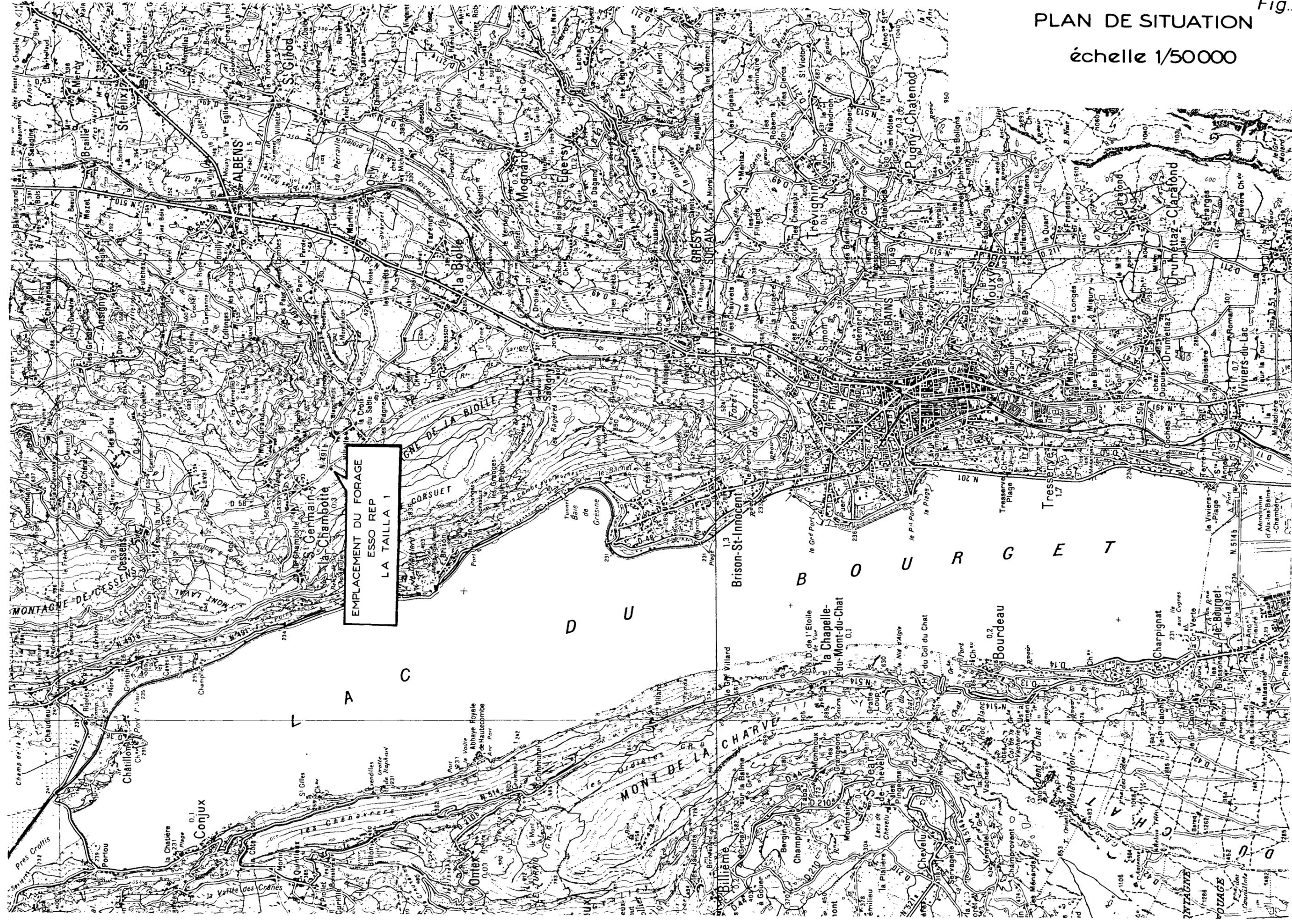
=====

Compte tenu des difficultés rencontrées par les communes voisines de Saint Germain-la-Chambotte pour leur alimentation en eau potable, une utilisation du forage La Tailla 1 dans ce domaine ne doit pas être sous-estimée et pourrait être avantageusement combinée à un chauffage par géothermie de quel que type qu'il soit.

ANNEXE 1

---

PLAN DE SITUATION  
échelle 1/50000



CONCLUSIONS

planche 2

I RESUME STRATIGRAPHIQUE

	<u>Cote forage</u>	<u>Epais.</u>	<u>Epais. vraie approx.</u>	<u>Cote verticale zéro=Zt=480 m</u>	
<u>1 Série Allochtone</u>					
Molasse	0 - 53	53 m	53 m	0 - 53	
Barrémien	53 - 238	185 m	159 m	53 - 238	
Hauterivien	(Pierre Jaune	238 - 295	57 m	49 m	238 - 295
	(Marnes d'Hauterive	295 - 342	47 m	40 m	295 - 342
Valanginien	(Calcaire roux	342 - 358	16 m	14 m	342 - 358
	(Marnes d'Arzier	358 - 368	10 m	9 m	358 - 368
	(Marbre Batard	368 - 418	50 m	43 m	368 - 418
Berriasien	(Couche de la Corratèrie	418 - 435	17 m	15 m	418 - 435
	(Calcaire de Thoiry	435 - 456	21 m	18 m	435 - 456
Purbeckien	456 - 486	30 m	26 m	456 - 486	
Portlandien-Kimméridgien	486 - 1175	689 m	* 689 m	486 - 1115	
Oxfordien	1175 - 1272	97 m	97 m	1115 - 1195	
Dogger	1272 - 1647	375 m	axe anticlinal à 1608		
Chevauchement	1647				
<u>2. Série Autochtone</u>					
Hauterivien	(Marnes d'Hauterive	1647 - 1692	45 m	1508 - 1543	
	(Pierre Jaune	1692 - 1737	55 m	axe synclinal à 1717	
	(Marnes d'Hauterive	1737 - 1804	67 m	67 m	1580 - 1638
Valanginien	(Calcaire roux	1804 - 1828	24 m	24 m	1638 - 1660
	(Marnes d'Arzier	1828 - 1834	6 m	6 m	1660 - 1666
	(Marbre Batard	1834 - 1885	51 m	51 m	1666 - 1709
Berriasien	(Couche de la Corratèrie	1885 - 1898	13 m	13 m	1709 - 1722
	(Calcaire de Thoiry	1898 - 1922	24 m	24 m	1722 - 1746
Purbeckien	1922 - 1951	29 m	29 m	1746 - 1772	
Portlandien-Kimméridgien	1951 - 2731	780 m	780 m	1772 - 2488	
Oxfordien	2731 - 2828	97 m	97 m	2488 - 2581	
Dogger	2828 - 3177	349 m	349 m	2581 - 2917	
Lias	3177 - 3250	73 m	73 m	2917 - 2988	
Trias	3250 - 3525	275 m	275 m		
Paléozoïque	3525 - 3557,20	+ 32,20 m + 32,20 m			
T. D.	3557,20				

A compter du Portlandien-Kimméridgien allochtone les épaisseurs traversées en forage représentent approximativement les épaisseurs vraies, le forage étant - par la déviation - sensiblement perpendiculaire aux couches.

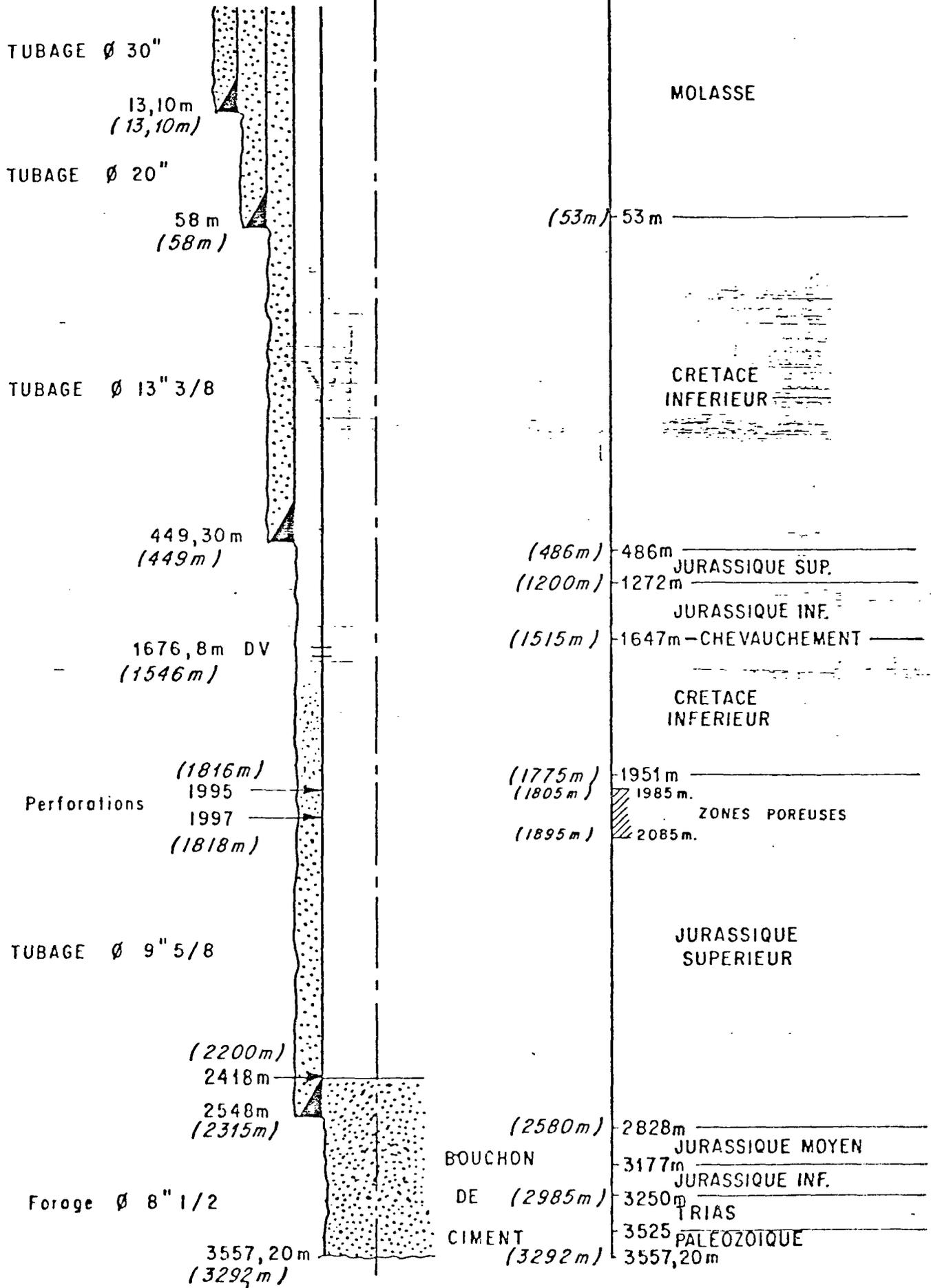
# LA TAILLA. I

## COUPE DE Puits

Planche 3 -

COTES SONDEUR (ZTable = 478,6m au dessus de la mer )

COTES SONDEUR



FORAGE DE LA TAILLA ( Saint Germain - La Chambotte )

Analyse chimique de l'eau prélevée entre la cote -1995 et -2086m  
( niveau Kimmeridgien- Portlandien ).

date du prélèvement : 19 Nov. 1975

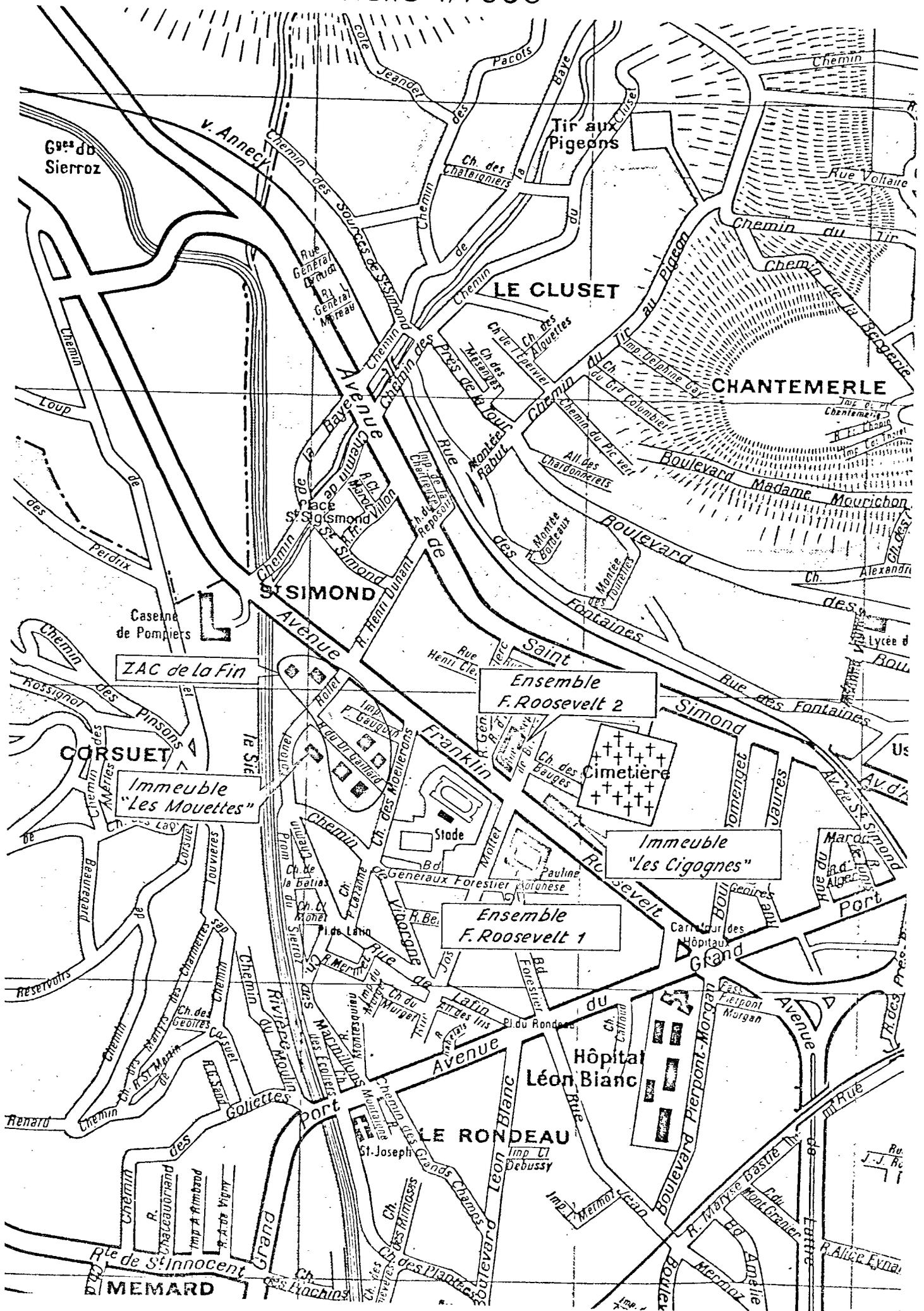
Résistivité ( à 20 °C ) : 2.120  $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$   
PH : 8,1 ( à 15°C )  
TH : 10,8 °F  
TAC : 4,15 °F

CATIONS

ANIONS

	mg/l	me/l		mg/l	Me/l
Mg	17,04	1,42	Cl	71	2,00
Ca	14,8	0,74	SO <sub>4</sub>	65	1,35
Na	40	1,73	HCO <sub>3</sub>	50,6	0,83
K	7,1	0,18			
		<u>4,07</u>			<u>4,18</u>

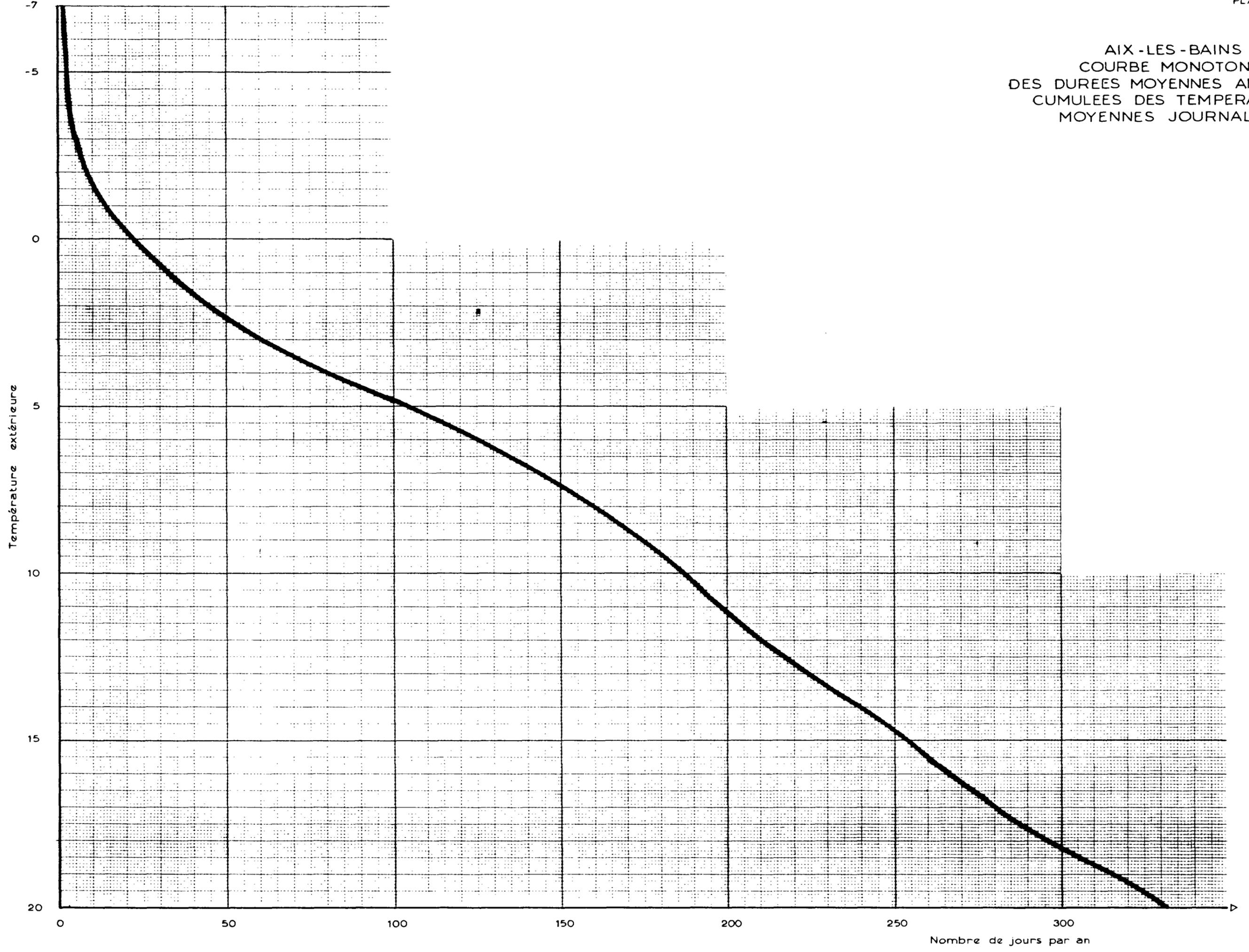
Analyse effectuée le 20 Novembre 1975



ANNEXE 2

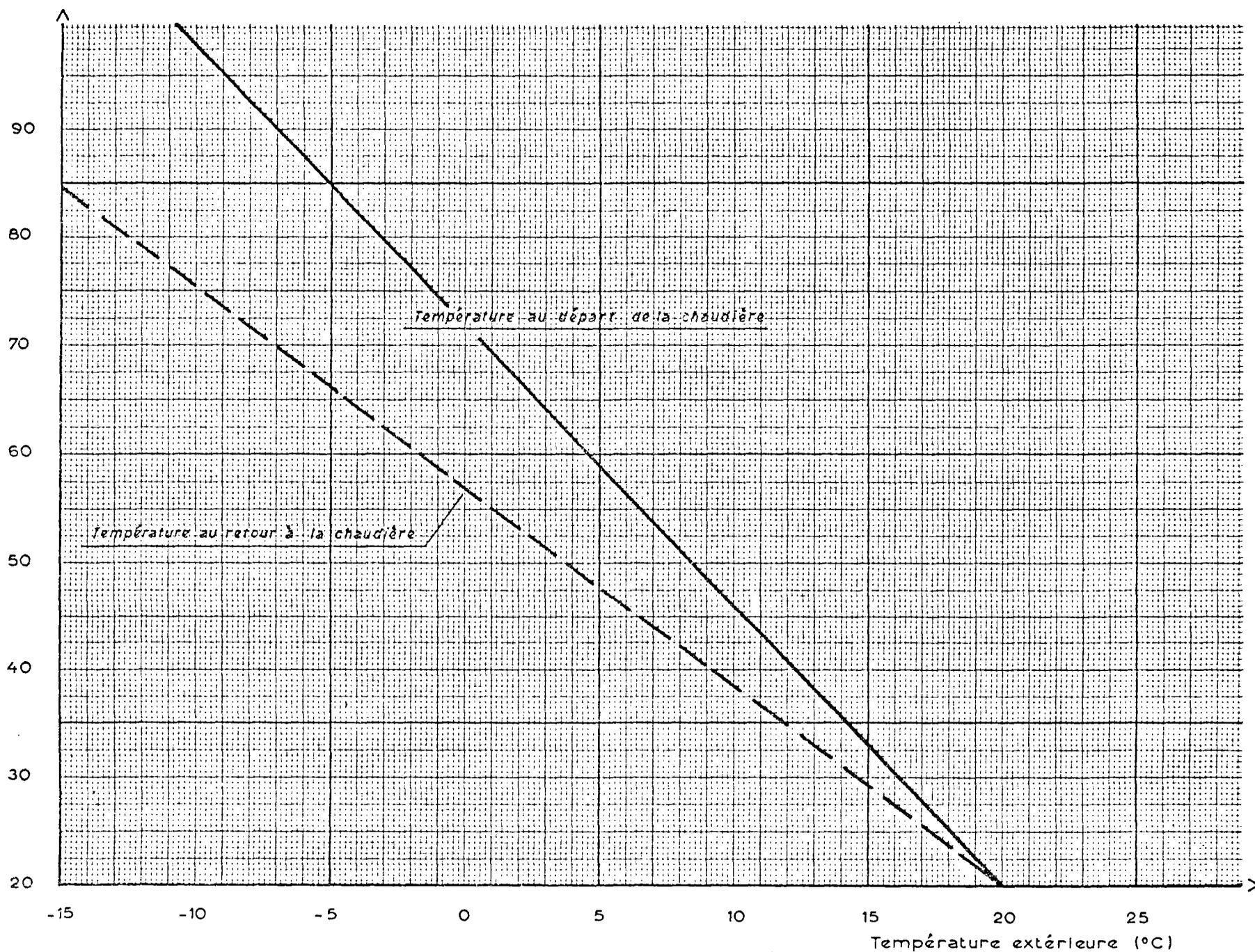
---

AIX-LES-BAINS  
COURBE MONOTONE  
DES DUREES MOYENNES ANNUELLES  
CUMULEES DES TEMPERATURES  
MOYENNES JOURNALIERES

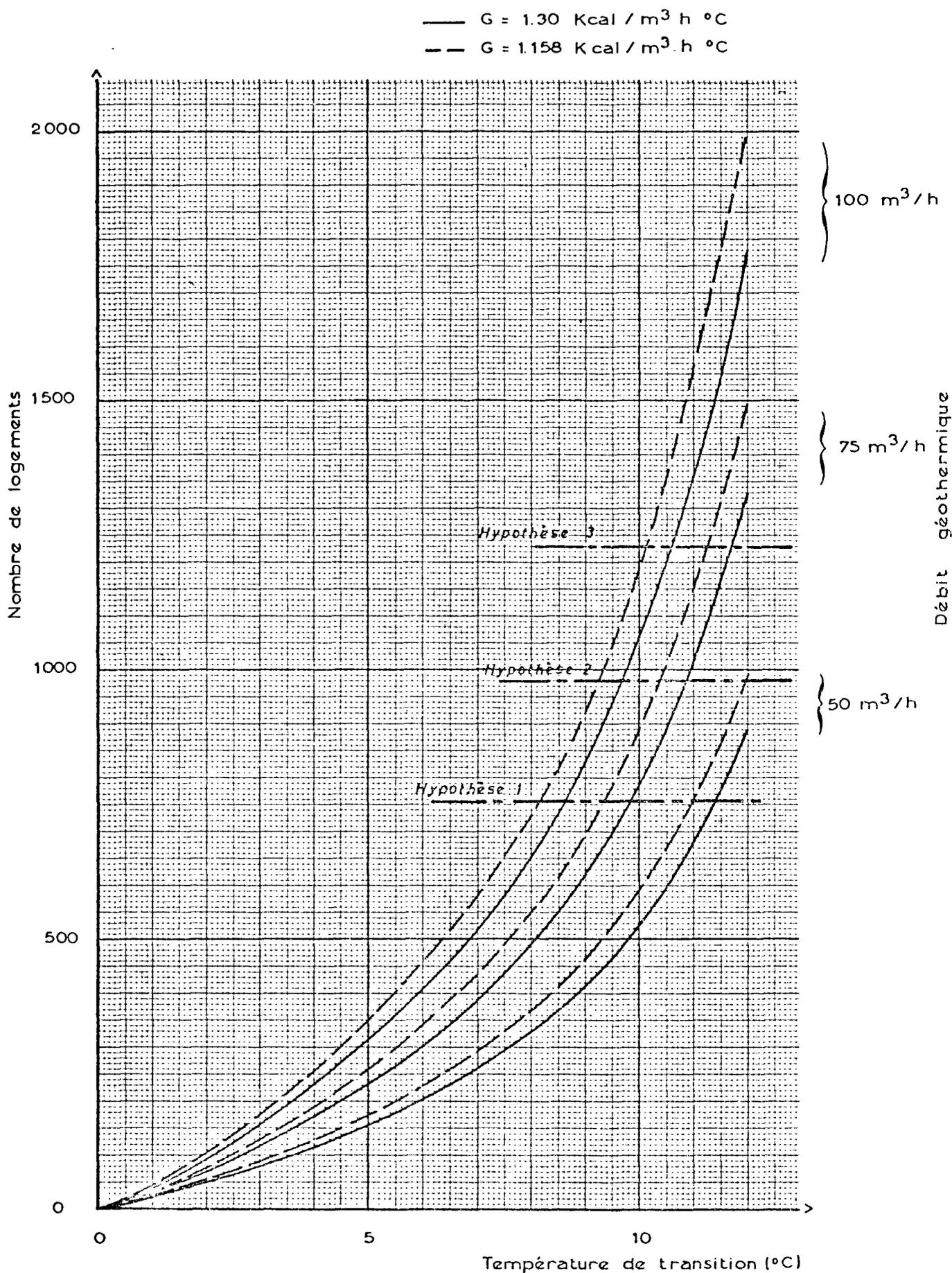


Nombre de jours par an

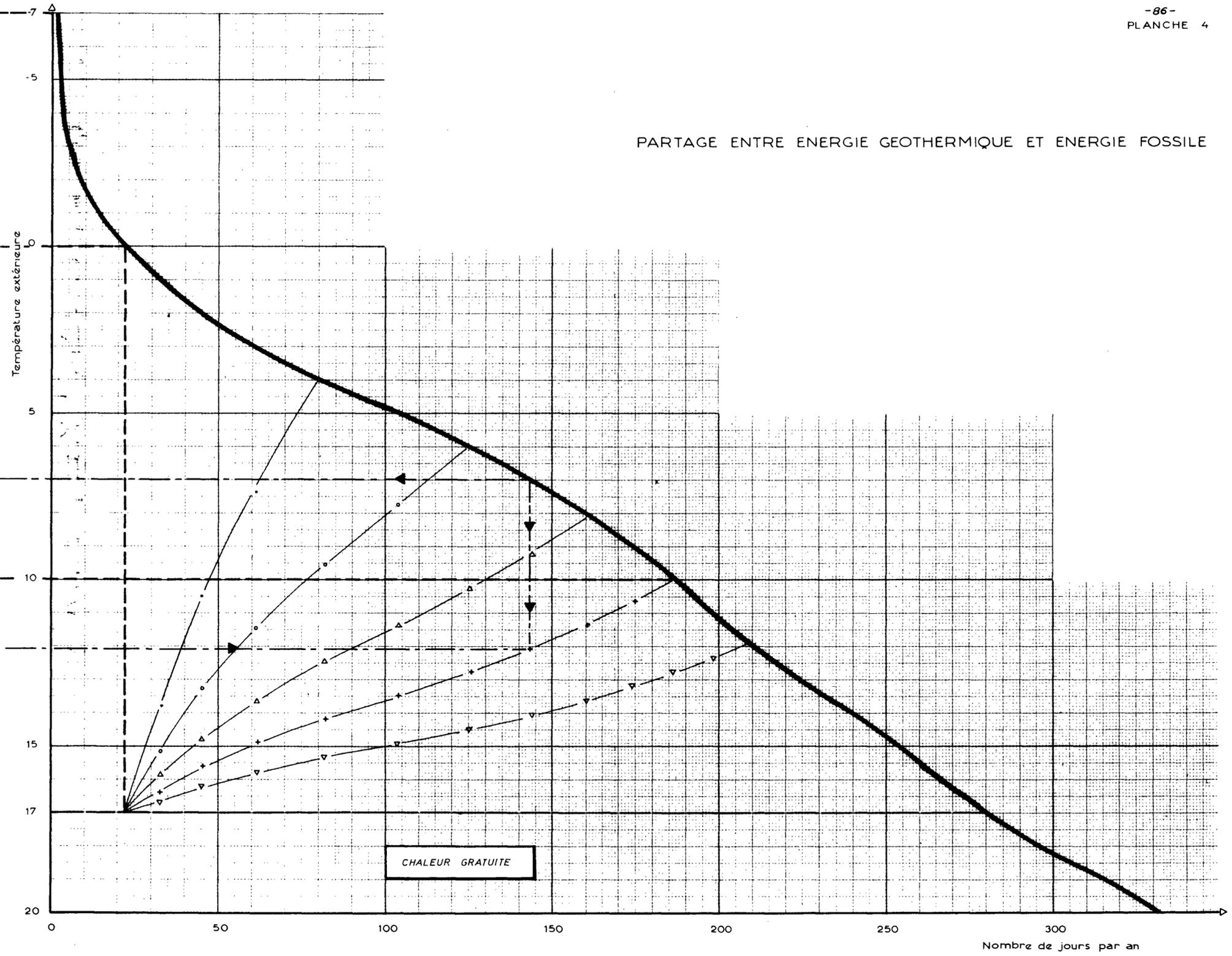
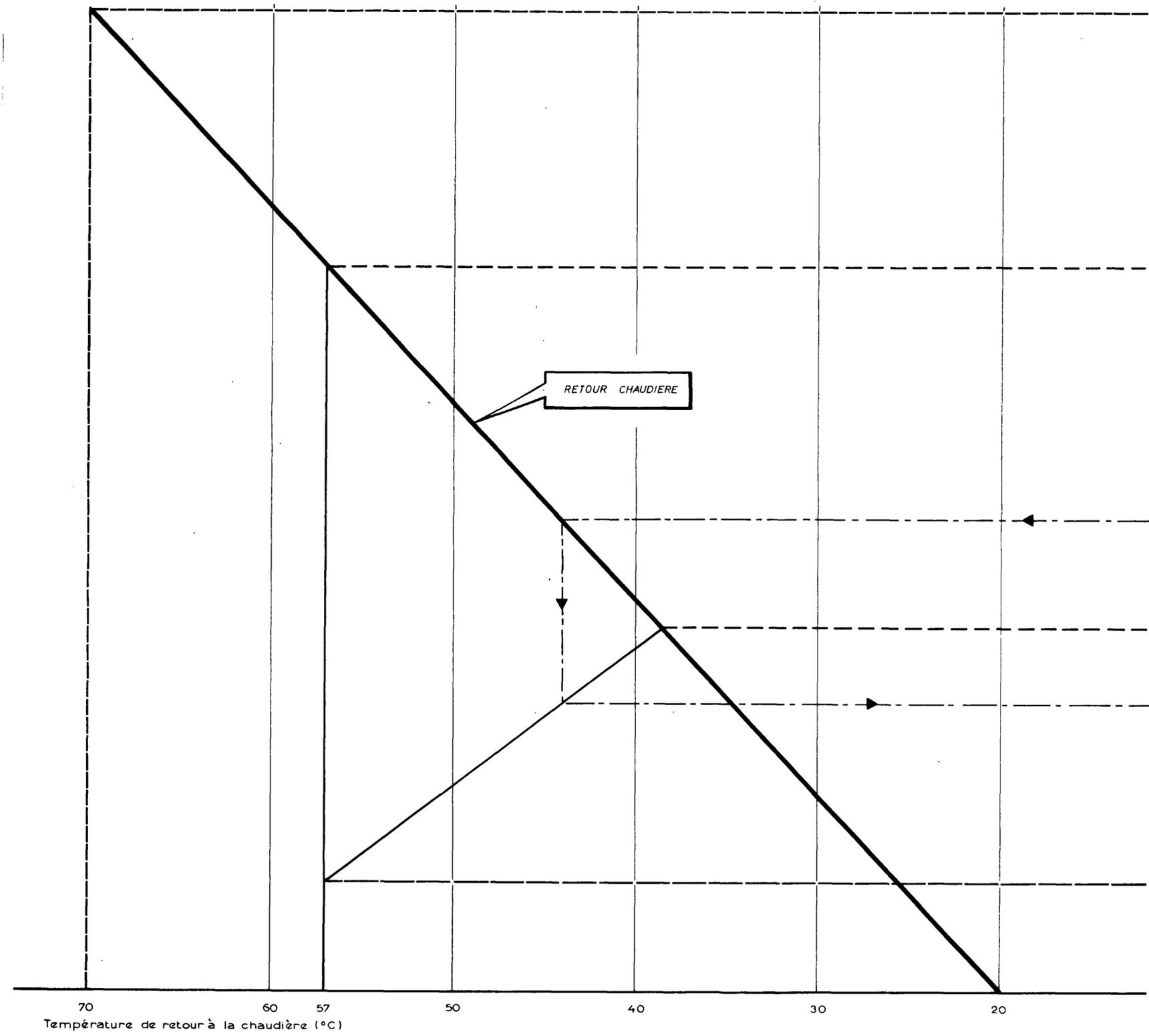
# TEMPERATURES CARACTERISTIQUES DU RESEAU DE CHAUFFAGE



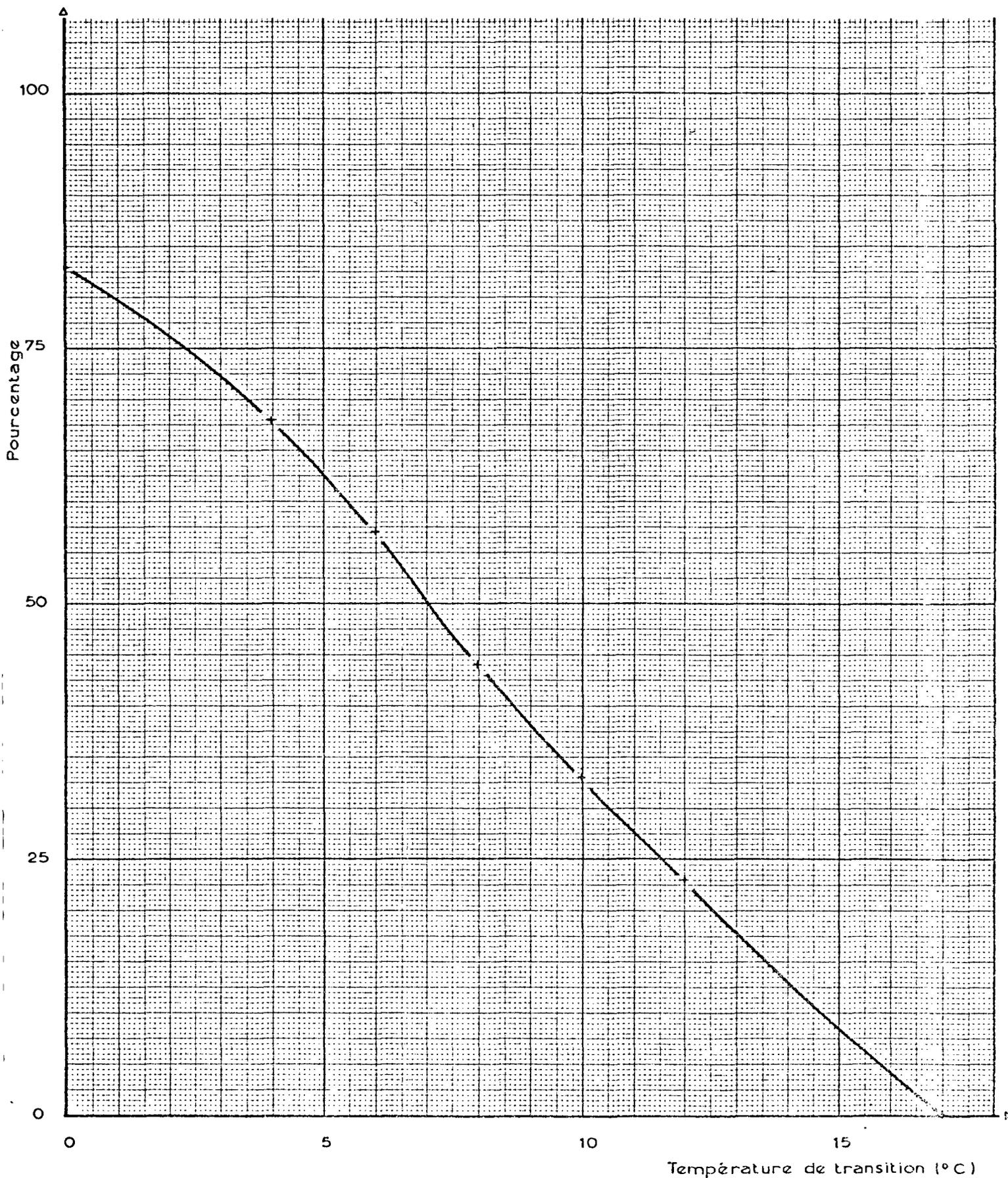
# NOMBRE DE LOGEMENTS DESSERVIS PAR LE RESEAU GEOTHERMIQUE



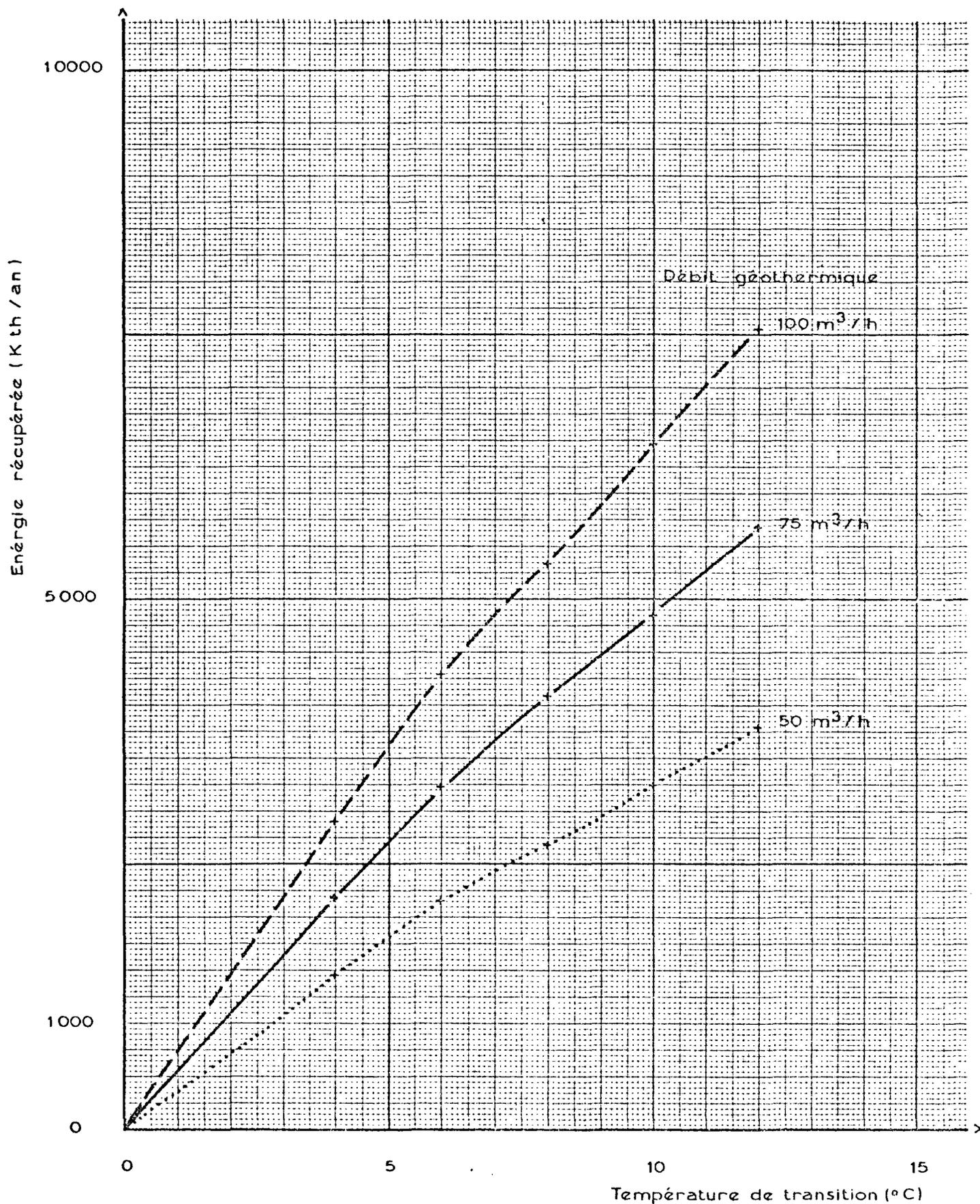
PARTAGE ENTRE ENERGIE GEOTHERMIQUE ET ENERGIE FOSSILE



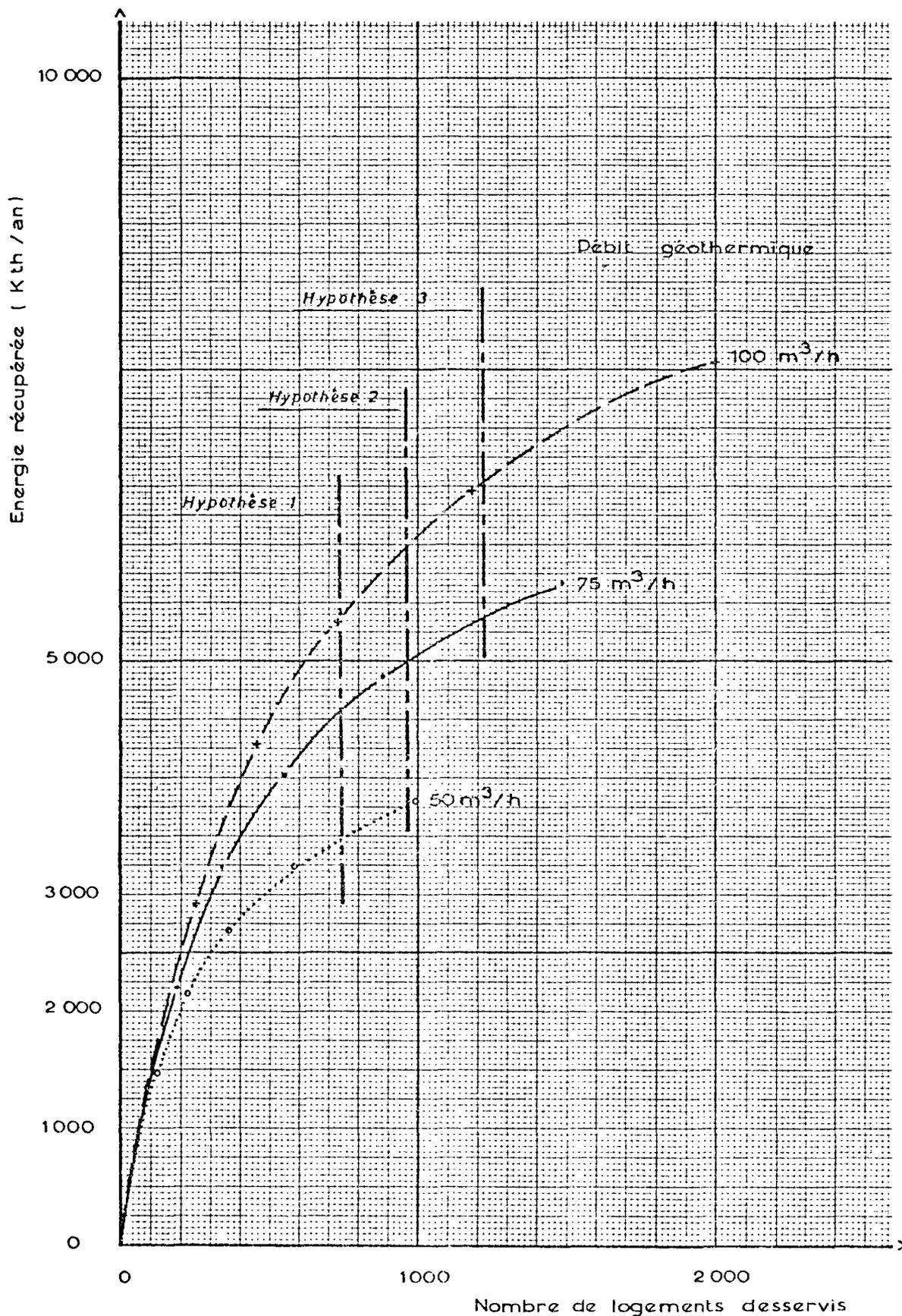
# PART D'ENERGIE THERMIQUE FOURNIE PAR LA GEOTHERMIE POUR LE CHAUFFAGE ANNUEL D'UN LOGEMENT



# ENERGIE THERMIQUE RECUPEREE ANNUELLEMENT POUR L'ENSEMBLE DES LOGEMENTS DESSERVIS PAR LE RESEAU GEOTHERMIQUE



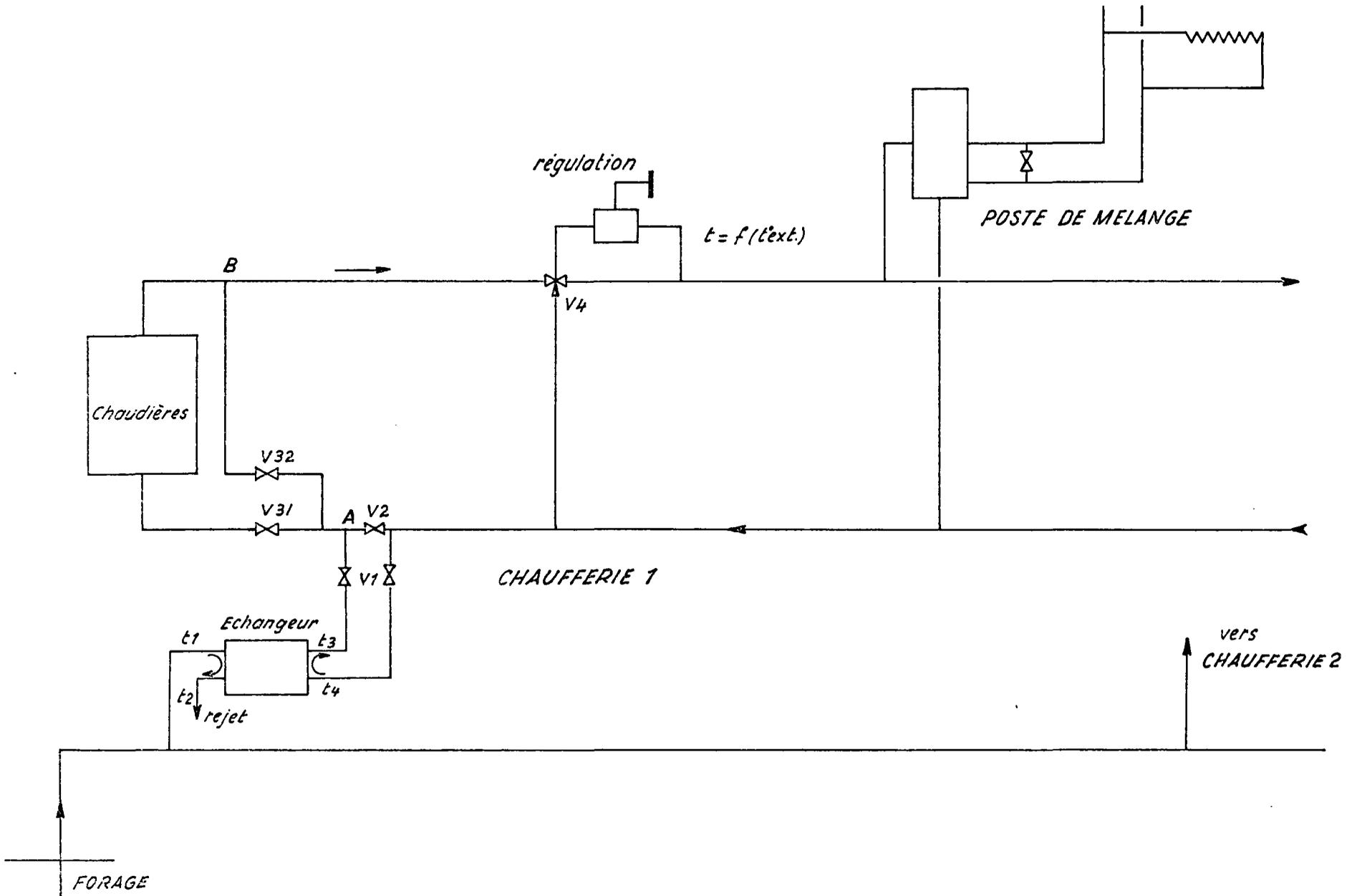
# ENERGIE THERMIQUE RECUPEREE ANNUELLEMENT POUR L'ENSEMBLE DES LOGEMENTS DESSERVIS PAR LE RESEAU GEOTHERMIQUE



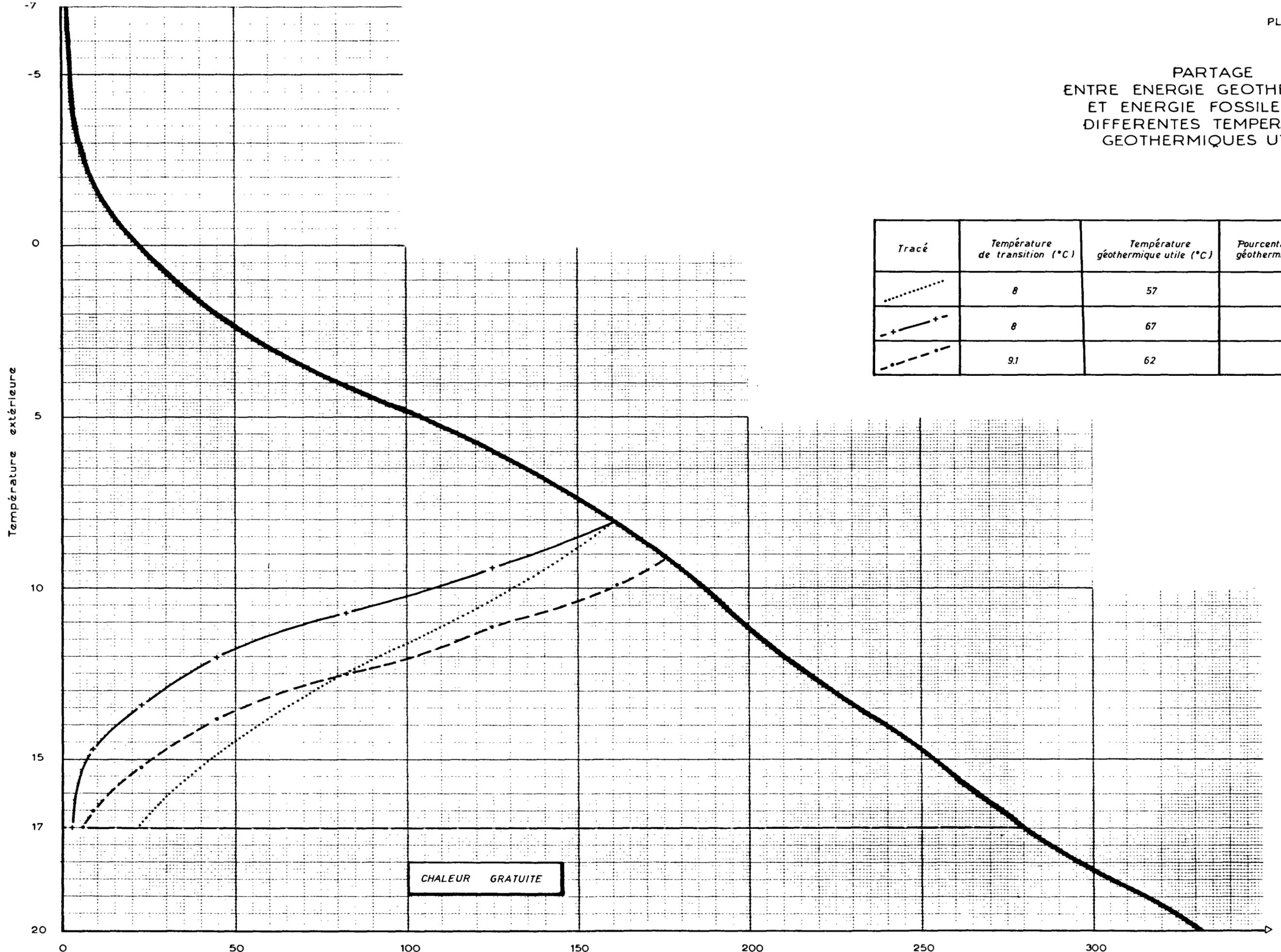
SCHEMA DE PRINCIPE D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE PAR GEOTHERMIE

BRGM / SGR JURA-ALPES /

78 SGN 152 JAL

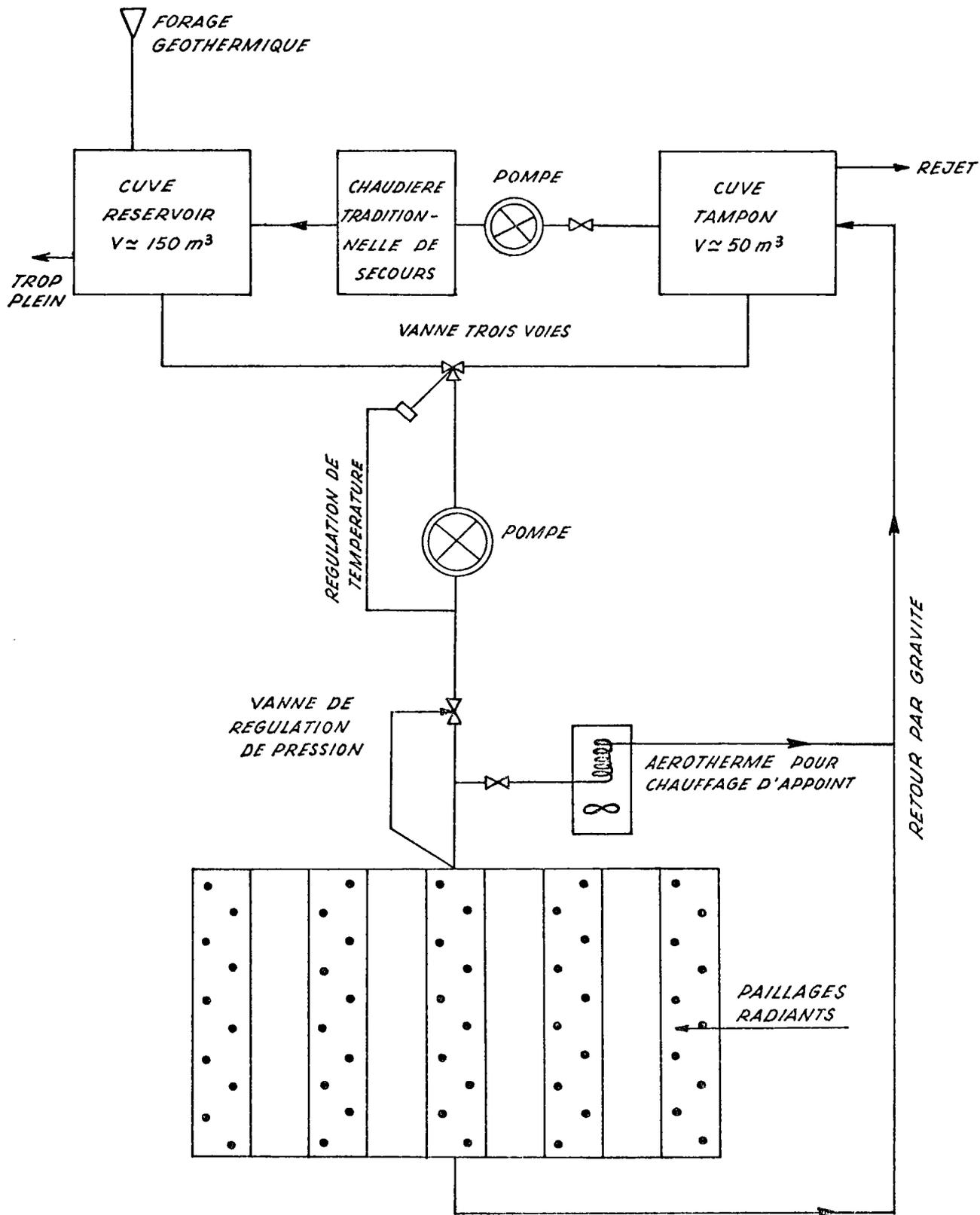


PARTAGE  
 ENTRE ENERGIE GEOTHERMIQUE  
 ET ENERGIE FOSSILE POUR  
 DIFFERENTES TEMPERATURES  
 GEOTHERMIQUES UTILES



Tracé	Température de transition (°C)	Température géothermique utile (°C)	Pourcentage énergie géothermique/thermique
	8	57	44 %
	8	67	54 %
	9,1	62	43 %

# SERRE A PAILLAGES RADIANTS FONCTIONNEMENT EN "CIRCUIT OUVERT"



# SERRE A PAILLAGES RADIANTS FONCTIONNEMENT EN "CIRCUIT FERME"

