

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01

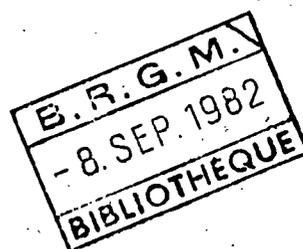
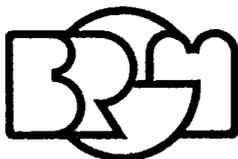
DOCUMENT NON PUBLIC

VILLE DE METZ

Piscine Lothaire et
Centre Hospitalier Régional :

ETUDE TECHNIQUE D'AVANT-PROJET SOMMAIRE
D'UNE OPERATION DE GEOTHERMIE BASSE-TEMPERATURE

J. M. LEJEUNE



Service géologique régional LORRAINE

Rue du Parc de Brabois - 54500 Vandœuvre-lès-Nancy
Tél. : (83) 51.43.51

R E S U M E

La Ville de Metz (57) a confié au B.R.G.M. (Service Géologique Régional Lorraine) la réalisation d'une étude technique d'avant-projet sommaire de géothermie basse énergie sur le site de METZ-AMOS.

Deux utilisateurs principaux de chaleur sont prévus à terme dans cette zone :

- la piscine Lothaire,
- le futur centre hospitalier régional.

L'étude a été menée parallèlement à celles confiées au bureau d'études SODETEG pour l'ingénierie du CHR et au cabinet GUYOT pour l'étude d'économies d'énergie pour la piscine.

L'existence d'un forage proche de la piscine réalisé en 1965/66 mais non exploité, captant l'aquifère du Trias dans des conditions de productivité satisfaisante conduit à envisager une valorisation de ce potentiel géothermique pour tout ou partie des besoins énergétiques de la zone concernée.

La mission du B.R.G.M. a pu être mieux définie au cours des différentes réunions de travail entre les différents organismes concernés. Elle vise à présenter à la Ville de Metz, les différentes possibilités pour la fourniture de chaleur au CHR et à la piscine Lothaire et à réaliser une comparaison technico-économique des solutions les plus favorables. Le B.R.G.M. a recueilli les données fournies par les deux bureaux d'études thermiques, les conceptions techniques ayant été précisées au cours de plusieurs réunions de travail ; chacun des deux bureaux d'études reste responsable des choix propres à chacune des installations et des hypothèses retenues en ce qui concerne les coûts d'investissement ou d'exploitation dans chacune des solutions.

La réalisation d'un projet de géothermie alimentant une centrale d'énergie pour les deux équipements voisins que constituent à Metz la piscine Lothaire et le CHR à construire paraît viable dans la mesure où un montage financier adapté permettra de couvrir des pertes de trésorerie éventuelles les premières années.

Dans ces conditions, le CHR pourrait disposer d'une énergie à un coût/prix compétitif par rapport aux autres solutions possibles et à terme de 20 à 25 % moins chère.

Une analyse poussée des investissements et des coûts d'exploitation devrait être réalisée en optimisant les schémas techniques prévus. Il resterait alors à se rapprocher des organismes en charge de l'incitation pour ce type de projets (AFME, EPR) afin d'assurer le montage financier définitif.

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION.....	1
I - <u>Solutions possibles pour le chauffage de la piscine</u> <u>Lothaire et du CHR.....</u>	2
I.1. Possibilités géothermiques.....	2
I.2. Solutions alternatives.....	5
I.3. Solutions analysées.....	5
II - <u>Conception de la boucle géothermale.....</u>	6
II.1. Connaissance de la ressource.....	6
II.2. Reprise du forage de Metz-Amos.....	7
II.3. Analyse des problèmes liés à l'injection.....	8
II.4. Programme technique prévisionnel sommaire du puits d'injection.....	10
III - <u>Solutions techniques de surface.....</u>	11
III.1. Rappel des besoins en énergie.....	11
III.2. Conception technique des différentes solutions	12
III.2.1. Première solution de référence : A1	12
III.2.2. Seconde solution de référence : A2	13
III.2.3. Solution géothermie piscine seule : B	13
III.2.4. Solutions avec centrale d'énergie : C	13
IV - <u>Bilans économiques et énergétiques des différentes</u> <u>solutions.....</u>	15
IV.1. Coûts d'investissement.....	15
IV.2. Bilans énergétiques.....	18
IV.2.1. Consommations annuelles d'énergie.....	18
IV.2.2. Coûts d'investissement ramenés à la TEP/an économisée.....	20
IV.3. Coûts annuels d'exploitation.....	20
IV.3.1. Coûts unitaires des énergies utilisables	20
IV.3.2. Coûts d'entretien et de renouvellement	21
IV.3.3. Comparaison des coûts annuels d'exploitation	21
IV.4. Conclusion de la comparaison économique des différentes solutions.....	22
V - <u>Analyse financière prévisionnelle (solution C1').....</u>	22
VI - <u>Conclusions.....</u>	25

L I S T E D E S F I G U R E S

- Figure 1 - Schéma de localisation
- Figure 2 - Conception générale centrale d'énergie

L I S T E D E S T A B L E A U X

- Tableau 1 - Coûts d'investissement (en KF hors taxes valeurs 6/82)
- Tableau 2 - Consommations annuelles d'énergie (hors ECS d'été pour le CHR)
- Tableau 3 - Coûts d'exploitation annuels et économies d'exploitation
- Tableau 4 - Trésorerie du projet sur 20 ans en monnaie courante

L I S T E D E S A N N E X E S

- Annexe 1 - Eléments sous-sol
- Annexe 2 - Eléments relatifs au CHR (données SODETEG)
- Annexe 3 - Eléments relatifs à la piscine (données cabinet GUYOT)
- Annexe 4 - Etude centrale d'énergie CHR de Metz et piscine (données cabinet GUYOT)

INTRODUCTION

La ville de Metz (57) a confié au B.R.G.M. (Service Géologique Régional Lorraine) la réalisation d'une étude technique d'avant projet sommaire de géothermie basse énergie sur le site de METZ-AMOS.

Deux utilisateurs principaux de chaleur sont prévus à terme dans cette zone :

- la piscine LOTHAIRE
- le futur centre hospitalier régional

L'étude a été menée parallèlement à celles confiées au bureau d'études SODETEG pour l'ingénierie du CHR et au cabinet GUYOT pour l'étude d'économies d'énergie pour la piscine.

L'existence d'un forage proche de la piscine réalisé en 1965/66, mais non exploité, captant l'aquifère du TRIAS dans des conditions de productivité satisfaisante conduit à envisager une valorisation de ce potentiel géothermique pour tout ou partie des besoins énergétiques de la zone concernée.

La mission du BRGM a pu être mieux définie au cours des différentes réunions de travail entre les différents organismes concernés. Elle vise à présenter à la ville de METZ, les différentes possibilités pour la fourniture de chaleur au CHR et à la piscine LOTHAIRE et à réaliser une comparaison technico-économique des solutions les plus favorables. Le BRGM a recueilli les données fournies par les deux bureaux d'études thermiques, les conceptions techniques ayant été précisées au cours de plusieurs réunions de travail ; chacun des deux bureaux d'études reste responsable des choix propres à chacune des installations et des hypothèses retenues en ce qui concerne les coûts d'investissement ou d'exploitation dans chacune des solutions.

Pour une présentation claire des résultats de cette étude, nous avons retenu le découpage suivant :

- Synthèse des résultats
- Eléments sous-sol (Annexe 1)
- Eléments relatifs au CHR (Annexe 2)
- Eléments relatifs à la piscine (Annexe 3)
- Etude centrale d'énergie alimentant le CHR et la piscine (Annexe 4)

I - SOLUTIONS POSSIBLES POUR LE CHAUFFAGE DE LA PISCINE LOTHAIRE ET DU CHR

I. 1 POSSIBILITES GEOTHERMIQUES

Différentes solutions sont possibles pour couvrir les besoins en calories pour le chauffage et la fourniture d'eau chaude sanitaire (ECS) de la piscine olympique LOTHAIRE et du futur Centre Hospitalier Régional de 400 lits, qui doit être construit à proximité, sur le terrain de l'ancienne foire-exposition et dont la mise en service est prévue pour 1985.

Le recours à une solution géothermique a paru possible, du fait de l'existence d'une ressource géothermale, reconnue dans les grès du TRIAS (grès vosgiens) entre 440 et 610 m de profondeur. Un forage réalisé en 1965/66, dit "forage AMOS", situé près de la piscine, a capté ce réservoir mais la qualité de l'eau, relativement minéralisée, a interdit son exploitation à des fins d'utilisation comme eau potable.

La ville de Metz a souhaité qu'une analyse détaillée soit menée pour connaître les possibilités d'exploitation de cette ressource, que ce soit pour les besoins de la piscine ou ceux du CHR. On notera qu'en cas de développement, d'autres utilisateurs limitrophes pourraient être trouvés, le cas échéant. Cette analyse n'a pas exclu la recherche d'économies d'énergie, en particulier pour la piscine, où ont été étudiées les possibilités de mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) en déshumidification.

Les contraintes liées à une utilisation optimale de la géothermie, à savoir la réalisation d'installations de chauffage à basse température pour le CHR, ont été analysées avec SODETEG, qui en assure l'ingénierie. L'adoption d'un système

de chauffage par air avec surdimensionnement des batteries, satisfait à ces contraintes ; l'opportunité d'un système mixte de chauffage, planchers + air, bien que valorisant mieux le potentiel géothermique par échange direct dans les planchers, ne paraît pas intéressante du point de vue économique.

La nécessité pour l'hôpital d'une fiabilité absolue dans la fourniture d'énergie, conduit à prévoir une puissance de secours totale en cas de défaillance de la géothermie ; plusieurs sources d'énergie satisferont donc les besoins. Compte tenu d'une surcapacité des installations actuelles de la piscine qui serait encore accrue par la mise en place d'une PAC, il a été envisagé d'utiliser ces installations (renforcées) en Centrale d'énergie, fournissant la totalité des besoins pour les deux équipements. La même garantie de fourniture, que pour un raccordement au chauffage urbain classique, serait ainsi assurée au CHR. La distribution de chaleur se ferait par un réseau à basse température (60/40° C par - 15° C).

La figure 1 indique la situation des équipements concernés.

La figure 2 indique le schéma sommaire du fonctionnement de la Centrale d'énergie.

Plusieurs points ont été analysés en liaison avec SODETEG et le Cabinet GUYOT dont :

- Fourniture des besoins en chauffage des blocs opératoires :

compte tenu des surcoûts en investissements nécessaires, dans le cas contraire, il a été retenu une couverture totale de ces besoins, malgré leur caractère de pointe et leur spécificité.

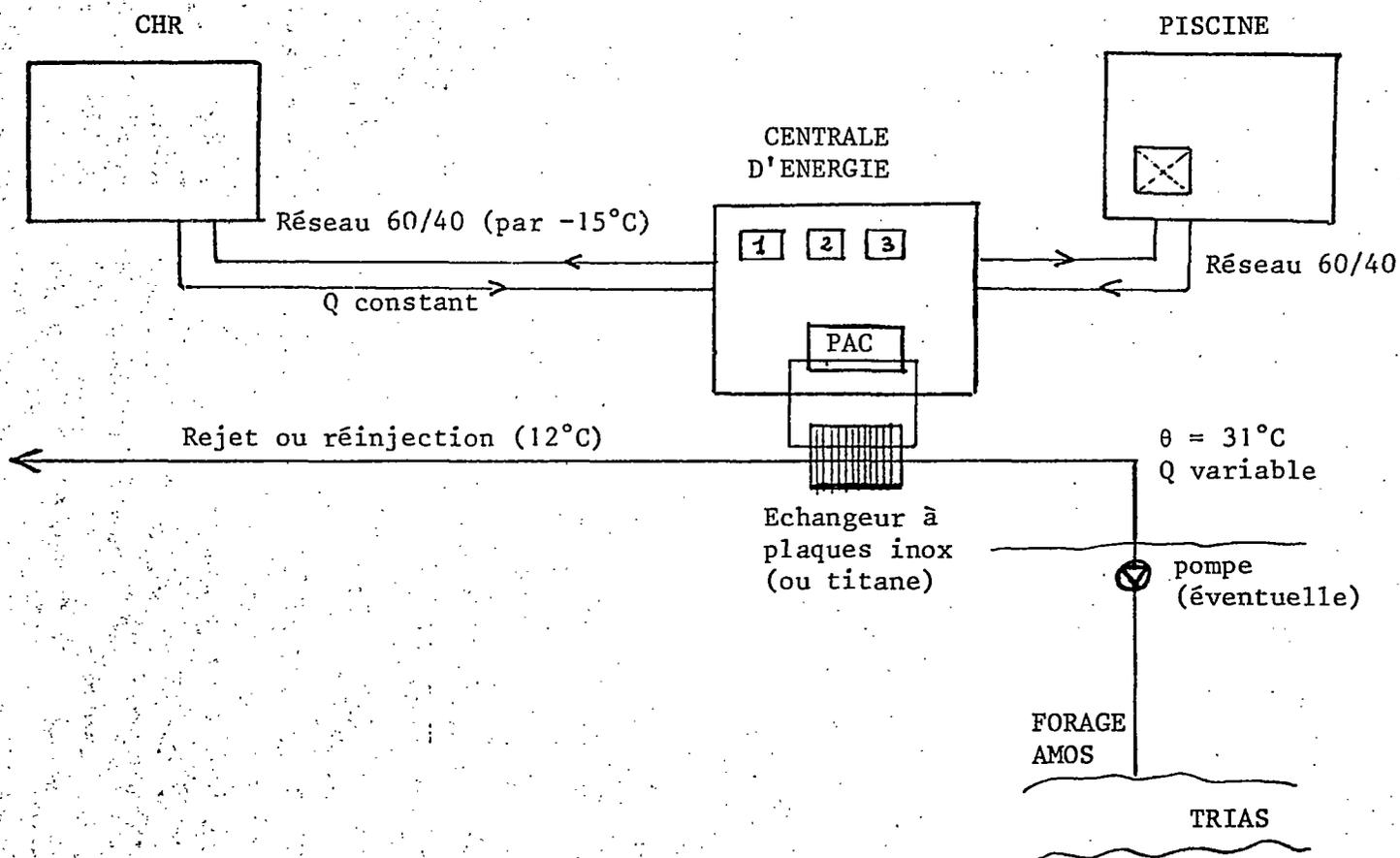


FIGURE 2

Conception générale Centrale d'énergie

 PAC en déshumidification (piscine)

-  1 chaudières gaz existantes
 2 " " classiques
 3 " " à condensation

- Fourniture de l'ECS, en particulier d'été :

les deux hypothèses doivent être analysées ; dans le cas où la Centrale d'énergie ne fournirait pas l'ECS, celle-ci serait produite par accumulation dans des ballons électriques.

- Mise en place ou non d'une PAC en déshumidification pour la piscine :

les deux hypothèses seront analysées.

I. 2 SOLUTIONS ALTERNATIVES

Les principales alternatives sont un raccordement au réseau de chauffage urbain de l'UEM pour le CHR et la mise en place de systèmes économisant l'énergie pour la piscine.

Par ailleurs, la piscine seule, pourrait, le cas échéant, utiliser les ressources géothermales ; cette hypothèse est à considérer, soit comme solution définitive, soit pour la première phase avant le raccordement du CHR en 1985.

I. 3 SOLUTIONS ANALYSEES

Après examen des différentes possibilités, en accord avec les bureaux d'études thermiques et les organismes concernés et compte tenu des études techniques qui ont été réalisées, les solutions suivantes ont donné lieu à une comparaison technico-économique :

A1 Première solution de référence

- Piscine solution actuelle Gaz
- CHR UEM

A2 Seconde solution de référence

- Piscine Gaz + PAC déshumidification
- CHR UEM

B Géothermie piscine seule

- Piscine Gaz + PAC déshumidification + PAC forage
- CHR UEM

C Solutions avec Centrale commune d'énergie

C1 Fourniture totale d'énergie

- Piscine sans PAC déshumidification

C1' Fourniture totale d'énergie

- Piscine avec PAC déshumidification

C2 Fourniture à l'exclusion de l'ECS

- Piscine sans PAC déshumidification

C2' Fourniture à l'exclusion de l'ECS

- Piscine avec PAC déshumidification

On a rassemblé en annexes 2,3 et 4 les éléments techniques et économiques fournis par SODETEG et le Cabinet GUYOT permettant la comparaison de ces différentes solutions.

II - CONCEPTION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

Avant d'analyser chacune des solutions possibles pour le chauffage de ces équipements, on analysera ou rappellera ci-dessous, les principaux problèmes spécifiques à la ressource géothermale et à son captage.

On a rassemblé en annexe 1, les principaux éléments des études concernant le sous-sol.

II. 1 CONNAISSANCE DE LA RESSOURCE

Celle-ci est maximale puisqu'un forage existe déjà, à proximité de la piscine Lothaire. Des essais y ont été

réalisés récemment (fin 81) qui ont permis la production d'un débit artésien de 240 m³/h à 31° C en tête de puits. Des analyses chimiques du fluide ont pu être réalisées, montrant une salinité totale du fluide de l'ordre de 5g/l.

L'ensemble des résultats figure en annexe 1.

II. 2 REPRISE DU FORAGE DE METZ-AMOS

L'utilisation du forage de METZ-AMOS pour la production permanente de fluide géothermal nécessite des travaux d'examen de l'état des tubages en place et de complétion ; en effet, le trou n'est pas crépiné et il serait nécessaire de procéder à la mise en place d'une complétion formée d'un tube crépiné isolé du terrain naturel par un massif de gravier.

Les travaux à entreprendre seraient donc :

- contrôle des tubages 13" 3/8 et 9" 5/8
- contrôle du découvert 8" 1/2 et lavage
- mesures de diagraphies électriques
- 1) si l'état des tubages est satisfaisant, mise en place d'une complétion 6" gravillonnée (l'éventualité d'un élargissement préalable sera à examiner au stade de l'APD)
- 2) si l'état des tubages n'est pas satisfaisant, retubage en 9" 5/8 et 7", par une colonne mixte, cimentation, mise en place de la complétion au diamètre 4" 1/2.
- essais de débit, analyses et tests complémentaires

Ces travaux de reprise du puits par la mise en place d'une complétion et, le cas échéant, rechemisage en diamètre inférieur, peuvent se traduire par une baisse de productivité de l'ouvrage. Cependant, ils sont nécessaires afin d'assurer

une pérennité et une fiabilité à l'exploitation. Les débits nécessaires tels qu'ils ont été évalués dans le cas d'une Centrale d'énergie (cf Annexe 4) devraient cependant pouvoir être produits sans difficultés, un débit artésien de l'ordre de 200 m³/h paraissant garanti.

II. 3 ANALYSE DES PROBLEMES LIES A L'INJECTION

Nécessité :

Au delà d'un certain débit, il est clair que le rejet du fluide géothermal refroidi dans la Seille peut poser des problèmes à cause de sa salinité. Les services concernés (cf Annexe 1) ont été saisis et il apparaît qu'un débit de l'ordre de 100 m³/h y est admissible. Au delà de cette valeur, on procèdera donc à la réinjection de tout ou partie du fluide produit au sein de la nappe par un second forage.

Par ailleurs, la réinjection est favorable au maintien de la pression du réservoir et donc à la permanence des caractéristiques en débit.

Conception du doublet :

Il paraît souhaitable de localiser l'ensemble du doublet dans l'enceinte du parc des expositions et donc de disposer le second forage à proximité du CHR, au Nord du premier ouvrage. Compte tenu du sens d'écoulement de la nappe vers le Nord/Nord-Est, le second ouvrage serait le puits d'injection.

La distance nécessaire entre les deux ouvrages, afin d'éviter un recyclage thermique précoce (avant 25/30 ans), est de l'ordre de 600 à 1000 m, selon les hypothèses retenues pour le débit moyen annuel et la hauteur réelle productrice de l'aquifère.

La présence d'une faille à 2,5 km environ au Nord du forage actuel peut modifier les profils d'écoulement entre

les deux forages ; cette faille peut, en effet, constituer une barrière de transmissivité, compte tenu de son rejet important (plus de 100 m). Néanmoins, elle devrait se situer à plus de 1500 m de l'ouvrage le plus proche et son incidence sur le comportement hydrodynamique du doublet devrait être réduite.

Problèmes éventuels liés à l'injection :

L'injection dans les réservoirs détritiques du type triasique peut se traduire par des phénomènes de colmatage mécanique par des particules fines et une réduction des caractéristiques d'exploitation (débit d'injection inférieur aux prévisions et pressions de pompage à majorer). Afin de minimiser au maximum ces effets, les dispositions suivantes doivent être prévues :

- complétion par crépines et massif de gravier du puits de production (prévu, cf II. 2)
- déferrisation et filtrage du fluide géothermal produit avant sa réinjection
- forage d'injection en ϕ 9" 5/8, complété en crépines ϕ 6", avec massif de gravier après élargissement éventuel du réservoir. Il pourra être examiné la possibilité d'un test d'injectivité sur le premier forage, avant la réalisation du second ouvrage.

Caractéristiques, pompage d'injection :

Il est nécessaire de pomper afin de procéder à l'injection du fluide géothermal refroidi. Sur la base des hypothèses retenues pour les caractéristiques du réservoir, on peut estimer à 12 bars, la pression d'injection nécessaire pour injecter 200 m³/h soit une puissance électrique de 95 kw, environ. Afin de tenir compte des problèmes éventuels

signalés ci-dessus, on prendra une hypothèse plus pessimiste de 17 bars et 135 kw pour 200 m³/h. Pour 150 m³/h, les hypothèses seront 10 bars et 60 kw (calcul théorique), ou 13 bars et 80 kw (pessimiste).

II. 4 PROGRAMME TECHNIQUE PREVISIONNEL SOMMAIRE DU PUIT D'INJECTION

Ce puits sera foré au Nord du forage existant, à une distance supérieure à 600 m et proche de 1000 m, si possible, en fonction de la disponibilité en terrain adéquat. On rappellera que durant les quelques semaines de forage, un terrain de 0,3 à 0,4 ha est nécessaire (carré de 50 à 60 mètres de côté) pour la machine de forage et ses annexes.

Le puits sera droit. Le programme technique pourra comporter les phases suivantes, qu'il conviendra de détailler pour l'APD :

- colonne de surface en ϕ 20" à 15/16 mètres
- forage en ϕ 17" 1/2 et tubage en ϕ 13" 3/8 jusqu'à 150 mètres
- forage en ϕ 12" 1/4 et tubage en ϕ 9" 5/8 jusqu'au toit du réservoir à 440 mètres. Le tubage serait cimenté jusqu'au sol
- forage du réservoir en ϕ 8" 1/2 et prise de carottes jusqu'à 610 m
- diagraphies en trou nu
- élargissement éventuel du réservoir en ϕ 10"
- complétion du réservoir par crépines et massif de gravier

- essais de débit, mesures de diagraphies, analyses du fluide.

III - SOLUTIONS TECHNIQUES DE SURFACE

On a recensé au § I.3 les solutions qui doivent donner lieu à une comparaison technico-économique ; les annexes 2,3 et 4 rassemblent les éléments techniques tels qu'ils ont été élaborés par les deux bureaux d'études thermiques. On rappellera ci-dessous les besoins appelés en énergie, d'une part, et la conception technique des différentes solutions, d'autre part.

III. 1 RAPPEL DES BESOINS EN ENERGIE (CHAUFFAGE ET ECS)

Piscine

Les consommations actuelles sont en moyenne de 7.700 MWh PCS par an de gaz (dont environ 200 MWh pour l'ECS).

Dans le cas où une PAC en déshumidification et des travaux annexes d'économie d'énergie seraient réalisés, les besoins non couverts par le PAC seraient de 2.970 MWh PCS, à fournir par les chaudières gaz ou les PAC sur le forage.

CHR

Les besoins ont été estimés pour la seule saison de chauffe, soit 251 jours par an. Ils se décomposent de la façon suivante :

- chauffage
(hors blocs opératoires)..... 12.230 MWh

- ECS.....	1.210 MWh
- chauffage (blocs opératoires).....	2.500 MWh

TOTAL	15.940 MWh

La puissance appelée par - 15° C, température de base minimale à METZ, est de 5424 kW, hors blocs opératoires et de 2600 kW pour les blocs.

On rappellera qu'il s'agit là d'hypothèses tant que la définition même de l'hôpital (dont le nombre exact de lits) n'est pas garantie.

III.2 CONCEPTION TECHNIQUE DES DIFFERENTES SOLUTIONS

III.2.1 Première solution de référence : A1

Cette solution consiste à raccorder le CHR au réseau de chauffage urbain de l'UEM. On ne dispose pas ici des éléments précis relatifs à cette solution qui ne nous sert qu'en référence. En particulier, on ne peut préciser si la totalité des besoins serait assurée par l'UEM ou seulement une partie. La seconde solution paraît vraisemblable si on se réfère aux puissances souscrites envisagées (cf Annexe 2-B) de 3000 kW uniquement.

Pour les besoins de la comparaison, nous supposerons cependant que c'est la totalité de la puissance nécessaire qui est souscrite et la totalité des besoins qui sont fournis par l'UEM.

En ce qui concerne la piscine, on prend comme référence son fonctionnement actuel.

III.2.2 Seconde solution de référence : A2

Par rapport à la solution A1, elle consiste à réaliser un programme important d'économies d'énergie pour la piscine par la mise en oeuvre d'une PAC en déshumidification et la récupération de calories. La PAC aurait les caractéristiques suivantes :

Puissance restituée : 433 kW

Puissance absorbée : 83 kW

COP : 5,2

III.2.3 Solution géothermie piscine seule : B

Cette solution n'a été analysée (cf Annexe 3) que dans le cas où une PAC en déshumidification était installée pour la piscine. La faiblesse relative des besoins restant à couvrir fait perdre de l'intérêt à l'utilisation de la géothermie et pour un tel schéma définitif, l'optimisation de l'utilisation du forage passerait par l'adjonction de besoins complémentaires. Le débit d'eau géothermale nécessaire pour la piscine ne serait que de 20 m³/h environ ; son rejet dans la Seille serait possible sans difficultés.

Les caractéristiques de la PAC prélevant des calories sur l'eau du forage seraient :

Puissance restituée : 500 kW

Puissance absorbée : 94 kW

COP : 5,31

III.2.4 Solutions avec centrale d'énergie : C

La création d'une centrale d'énergie se fait par augmentation de capacité des installations actuelles de la piscine. Des chaudières supplémentaires à gaz (à condensation et classiques) permettent d'obtenir une puissance installée,

couvrant la totalité de la puissance en cas de défaillance de la géothermie au niveau de l'extraction (peu probable car débit artésien) ou de la récupération des calories (échangeurs, PAC...). Cette contrainte est impérative pour le CHR ; on peut, par contre, discuter sa nécessité pour l'ensemble, y compris la piscine, soit une puissance globale installée de 10.000 kW, alors que la puissance maximale appelée par l'hôpital serait de 8000 kW environ par - 15° C.

Pour chacune des solutions et, compte tenu des débits géothermiques nécessaires, on procèdera à la réinjection. On supposera que la totalité du fluide produit est réinjecté ; cependant une solution de réinjection partielle et de rejet complémentaire dans la Seille pourrait être envisagée en particulier si des problèmes d'injection existaient à débit élevé. De la même façon, on pourrait envisager le rejet dans la Seille d'un débit limité en été en cas de production d'eau chaude sanitaire pendant cette période.

On admettra les hypothèses suivantes pour la boucle géothermale :

Solutions C1 et C2 : - Débit de 200 m³/h constant pendant la saison de chauffe
- Puissance nécessaire à l'injection : 135 kW

Solutions C1' et C2' :
- Débit de 150 m³/h constant pendant la saison de chauffe
- Puissance nécessaire à l'injection : 80 kW

En réalité, une modulation du débit devra être recherchée au niveau des groupes de pompage, afin de se caler aux besoins exacts.

Le fluide géothermal passerait au travers d'un échangeur à plaques, cédant ses calories à une boucle alimentant l'évaporateur des PAC de la centrale d'énergie (cf figure 2). La température de rejet ou de réinjection serait de l'ordre de 12° C.

Solutions C1 et C2

La centrale d'énergie comprendrait les puissances complémentaires suivantes :

- chaudière(s) à condensation : 3000 kW
- chaudière(s) classique(s) d'appoint : 2348 kW (soit un total de 7.000 kW avec l'existant)

La puissance des PAC sur le forage serait de 4300 kW.

Solutions C1' et C2'

Dans ces solutions, la piscine, pour son compte propre, est équipée de la PAC en déshumidification, telle qu'indiquée en III.2.2.

De ce fait, la centrale d'énergie comprendrait les puissances complémentaires suivantes :

- chaudière(s) à condensation : 2000 kW
- chaudière(s) classique(s) d'appoint : 2348 kW (soit un total de 7000 kW avec l'existant).

La puissance des PAC sur le forage serait de 3500 kW.

IV - BILANS ECONOMIQUES ET ENERGETIQUES DES DIFFERENTES SOLUTIONS

IV.1 COUTS D'INVESTISSEMENT

Le tableau 1 ci-joint récapitule pour les différentes solutions retenues, les coûts d'investissement prévisionnels. En ce qui concerne les équipements de surface, on a repris, après actualisation, les estimations des bureaux d'études thermiques. Pour les investissements sous-sol, la décomposition suivante peut être envisagée :

Remise en état du forage METZ-AMOS

Des consultations d'entreprise ont été lancées, fin 1981, pour l'établissement d'un devis estimatif. Dans le cas d'un rechemisage en \emptyset 9" 5/8 et 7", complétion du réservoir et mise en production, les estimations étaient de l'ordre de 900.000 F (hors-taxes, valeur septembre 81) pour la société de forage. Il convient d'ajouter à ce coût celui des mesures de diagraphies, des analyses du fluide, du suivi et de la maîtrise d'oeuvre de l'opération. Par ailleurs, ce coût doit être actualisé à mi-82. On retiendra une estimation globale de l'ordre de 1.300.000 F (hors-taxes, valeur juin 82).

Réalisation du second forage d'injection

Par analogie avec les opérations ou études récentes visant le même type d'objectif, on peut retenir les estimations suivantes :

- Coût du forage sous-sol.....	2.500.000 F
- Diagraphies, analyses.....	200.000 F
- Imprévus, divers, maîtrise d'oeuvre.....	300.000 F
TOTAL.....	3.000.000 F
(hors-taxes, valeur juin 82)	

Par ailleurs, liés à la réalisation du doublet, les investissements suivants doivent être prévus :

- Pompe(s) d'injection
 - pour 200 m³/h : 300.000 F HT
 - pour 150 m³/h : 250.000 F HT
- Station de déferrisation et de filtration
 - pour 200 m³/h : 600.000 F HT
 - pour 150 m³/h : 500.000 F HT
- Réseau d'injection entre les deux puits
(pris en compte dans les coûts des réseaux de surface).

TABLEAU 1 : COUTS D'INVESTISSEMENT (en kF Hors-Taxes - Valeur 6/82)

SOLUTIONS	A1	A2	B	C1	C2	C1'	C2'
<u>PISCINE</u>							
PAC déshumidification.....	-	800 (1)	} 1 400 (2)	-	-	800 (1)	800 (1)
PAC forage.....	-	-		-	-	-	-
<u>CHR</u>							
Raccordement UEM.....	250 (3)	250 (3)	250 (3)	- (4)	- (4)	- (4)	- (4)
Surcoûts d'inv/A1.....	-	-	-	1 100 (5)	1 450 (6)	1 100 (5)	1 450 (6)
<u>CENTRALE D'ENERGIE</u>							
Chaudières gaz.....	-	-	-	} 6 000 (7)	} 5 400 (7)	} 4 400 (7)	} 3 600 (7)
PAC forage.....	-	-	-				
Réseaux.....	-	-	-				
<u>FORAGES</u>							
Mise en état, 1er forage....	-	-	1 300	1 300	1 300	1 300	1 300
2ème forage (injection).....	-	-	-	3 000	3 000	3 000	3 000
<u>DIVERS</u>							
	-	-	-	900	900	750	750
Total.....	250	1 050	2 950	12 300	12 050	10 350	10 900

Par référence au tableau 1, on indiquera ci-dessous les remarques et commentaires relatifs à certains postes :

- (1) cf annexe 3, estimation : 720 kF (valeur août 81)
- (2) " " : 1250 kF (")
- (3) cf annexe 2B, valeur de 120 kF (valeur octobre 81) pour 3000 kW ; on retiendra une estimation de 250 kF pour 8000 kW environ en valeur juin 82.
- (4) Dans l'évaluation des solutions C, il n'est pas indiqué de droits de raccordements pour le CHR, vis à vis de la centrale d'énergie. Il s'agit en effet de l'évaluation globale des coûts pour les trois entités CHR, piscine et centrale d'énergie, considérées comme une seule et même structure. Il est clair que les ajustements financiers pourront prévoir une répartition des charges, prenant en compte des droits de raccordement, d'une part, et des surcoûts d'investissement, d'autre part.
- (5) cf annexe 2C, coût solution C1 : 14.235 kF TTC
à comparer à 12.970 kF
soit surcoût de $14.235 - 12.970 = 1.265$ kF TTC
(valeur avril 82)
soit environ 1.100 kF HT (valeur juin 82)
- (6) cf annexe 2C, coût solution C2 : 14.624 kF TTC
soit surcoût de $14.624 - 12.970 = 1.654$ kF TTC
(valeur avril 82)
soit environ 1.450 kF HT (valeur juin 82)
- (7) cf annexe 4

TABLEAU 2 : CONSOMMATIONS ANNUELLES D'ENERGIE (hors ECS d'été pour le CHR)

SOLUTION	A1	A2	B	C1	C2	C1'	C2'
<u>Fournitures UEM</u>							
- MWh fournis.....	15 940	15 940	15 940	-	-	-	-
<u>Gaz (MWh)</u>							
- Piscine.....	7 700	2 970	400	-	-	-	-
- Centrale d'énergie.....	-	-	-	10 418	9 087	10 200	8 869
<u>Electricité (MWh)</u>							
-PAC déshumidification.....	-	500	500	-	-	500	500
- PAC forage.....	-	-	200	3 442	3 442	2 100	2 100
- Pompage d'injection.....	-	-	-	810	810	480	480
- ECS hiver CHR.....	-	-	-	-	1 331	-	1 331
Total électricité.....	-	500	700	4 252	5 583	3 080	4 411
TEP équivalentes/an.....	2 447	2 166	1 995	1 959	2 177	1 647	1 865
TEP économisées par rapport à A1.....	-	281	452	488	270	800	582
" " " " " A2.....	-	-	171	207	(- 11)	519	301

IV.2 BILANS ENERGETIQUES

IV.2.1 Consommations annuelles d'énergie

Le tableau 2 ci-joint indique les consommations annuelles d'énergie, pour chacune des solutions.

Les trois sources d'énergie consommées sont :

- les MWh fournis par le réseau UEM (chaufferies charbon avec appoint fuel, et utilisation des calories produites par une usine d'incinération d'ordures ménagères)
- le gaz alimentant les chaudières à condensation ou classiques
- l'électricité alimentant les pompes à chaleur, les pompes d'injection et les ballons d'accumulation pour l'ECS.

Les équivalences énergétiques qui ont été retenues pour établir les bilans en énergie primaire sont les suivantes :

$$- 1 \text{ MWh fourni par l'UEM} = \frac{10^{-4}}{1,1625} \times \frac{1}{0,85} \times \frac{1}{0,9} = 0,112 \text{ TEP}$$

où - 0,85 est le rendement estimé en chaufferie centrale

- 0,90 est le rendement estimé du réseau de distribution

$$- 1 \text{ MWh gaz} = \frac{10^{-4}}{1,1625} = 0,086 \text{ TEP}$$

$$- 1 \text{ MWh électrique} = 0,25 \text{ TEP}$$

Cette dernière valeur, retenue généralement pour 1 MWh électrique, correspond à un parc de centrales thermiques alimentées en grande partie au fuel ; la pénétration de l'électricité nucléaire devrait faire revoir cette valeur, qui pénalise l'analyse des projets substituant de l'électricité à d'autres combustibles.

On a estimé les consommations électriques des pompes d'injection sur la base d'un fonctionnement continu, pendant la saison de chauffe, soit 6000 heures.

On rappellera que, ne sont indiqués ici que les postes relatifs au chauffage et à la fourniture d'ECS, susceptibles de varier d'une solution à l'autre ; les autres consommations annexes, telles que pour les pompes de distribution, sont supposés identiques dans chacune des solutions.

IV.2.2 Coûts d'investissement ramenés à la TEP/an économisée

Malgré les réserves liées à l'évaluation des TEP "électriques", il est intéressant de calculer le ratio du coût d'investissement ou, plus précisément du surcoût, par rapport à l'une ou l'autre des solutions de référence, sur le nombre de TEP annuelles économisées.

Le tableau ci-dessous indique les résultats de ces calculs.

SOLUTION	A2	B	C1	C2	C1'	C2'
Surcoût par rapport à A1 (kF - HT)	800	2 700	12 050	11 800	10 100	10 650
I/TEP (F - HT ; valeur juin 82)	<u>2 847</u>	<u>5 973</u>	24 693	43 704	<u>12 625</u>	<u>18 299</u>
Surcoût par rapport à A2 (kF - HT)	-	1 900	11 250	11 000	9 300	9 850
I/TEP (F - HT ; valeur juin 82)	-	<u>11 111</u>	54 348	(-)	<u>17 919</u>	32 724

Au vu de ces résultats, il apparaît que, seules, les solutions A2, B et C1' semblent réalisables ; en effet, les valeurs admises généralement ne doivent pas excéder 15 000 ou 20 000 F HT.

IV.3 COÛTS ANNUELS D'EXPLOITATION

IV.3.1 Coûts unitaires des énergies utilisables

UEM

On trouvera en annexe 2, les coûts valeur août 81, soit 138,63 F HT/MWh, auxquels s'ajoute une prime fixe de 69,19 F par kW souscrit.

Pour une puissance souscrite proche de 8000 kW et une consommation annuelle de 15 940 MWh, l'incidence sur le coût unitaire de la prime fixe est d'environ 25 %. Par ailleurs, on admettra entre août 81 et juin 82 une actualisation des coûts de 12 %.

Le coût du MWh fourni par l'UEM peut ainsi être estimé à $138,63 \times 1,25 \times 1,12 = 194$ F HT (valeur juin 82).

Gaz

On peut estimer en valeur juin 82, compte tenu de la prime fixe, le coût moyen du MWh gaz à 140 F HT.

Electricité

On peut estimer le coût moyen du MWh électrique Tarif Vert, Moyenne Tension avec effacement des pointes et compte tenu des primes fixes à 350 F HT.

IV.3.2 Coûts d'entretien et de renouvellement

Ces postes n'ayant pas été clairement explicités par les bureaux d'études thermiques, on a estimé les surcoûts d'entretien et de renouvellement des équipements sur la base des coûts d'exploitation de la façon suivante :

- 10 %/an des coûts d'investissements pour la centrale d'énergie et les PAC
- 5 %/an des coûts d'investissements pour les forages et divers
Doivent être inclus dans ces surcoûts les postes suivants, en particulier :
 - entretien et renouvellement des PAC
 - " " " " chaudières gaz
 - " " " " pompes d'injection
 - coûts de la déferrisation et du filtrage du fluide géothermal
 - suivi et entretien des forages

L'entretien courant et le suivi des installations peuvent être considérés comme indépendants de la solution retenue.

IV.3.3 Comparaison des coûts annuels d'exploitation

Le tableau 3 ci-joint indique les coûts d'exploitation annuels pour les postes variables d'une solution à l'autre et les économies dégagées par rapport aux solutions de référence. Le rapport des surcoûts d'investissement à ces économies annuelles correspond à un délai de retour brut en années.

TABLEAU 3 : COUTS D'EXPLOITATION ANNUELS ET ECONOMIES D'EXPLOITATION

(Valeur en milliers de francs - HT - Juin 82)

SOLUTION	A1	A2	B	C1	C2	C1'	C2'
<u>Combustibles et électricité</u>							
- UEM.....	3 092	3 092	3 092				
- Gaz.....	1 078	416	56	1 459	1 272	1 428	1 242
- Electricité.....	-	175	245	1 488	1 954	1 078	1 544
<u>Sous-total</u>	4 170	3 683	3 393	2 947	3 226	2 506	2 786
<u>Surcoût d'entretien et renouvellement</u>	-	80	205	860	800	772	692
<u>TOTAL ANNUEL</u>	<u>4 170</u>	<u>3 763</u>	<u>3 598</u>	<u>3 807</u>	<u>4 026</u>	<u>3 278</u>	<u>3 478</u>
<u>Comparaison avec A1</u>							
- Economies.....	-	407	572	363	144	892	692
- Délai de retour brut (années).....	-	<u>2,0</u>	<u>4,7</u>	33,2	81,9	<u>11,3</u>	<u>15,4</u>
<u>Comparaison avec A2</u>							
- Economies.....	-	-	165	(- 44)	(- 263)	485	285
- Délai de retour brut (années).....	-	-	<u>11,5</u>	-	-	<u>19,2</u>	34,6

IV.4. Conclusion de la comparaison économique des différentes solutions

La comparaison des différentes solutions conduit à ne retenir comme viables que les solutions A2, B et C1'. Cette dernière mérite d'être analysée plus en détail et doit être considérée comme le schéma de base pour la création d'une centrale d'énergie commune au CHR et à la piscine. On rappellera que ce schéma prévoit la mise en place d'une PAC en déshumidification pour la piscine et la fourniture de l'ECS pour chacun des deux équipements.

Il conviendrait de pouvoir affiner en liaison avec les bureaux d'études thermiques les coûts d'investissement et d'exploitation ; en ce qui concerne ces derniers, en particulier, on a été conduit à une estimation qui pourra être jugée pessimiste. Par ailleurs, il pourrait être intéressant d'analyser une solution prévoyant des PAC à moteur thermique alimentés au gaz ; ces équipements bien que d'un caractère encore novateur, permettraient vraisemblablement une diminution des coûts d'exploitation en substituant des MWh gaz à des MWh électriques, d'une part, et en évitant les pénalisations éventuelles des tarifications d'hiver pour l'électricité et de consommation minimale pour le gaz (50 jours de la consommation maximale journalière), d'autre part.

V - ANALYSE FINANCIERE PREVISIONNELLE (Solution C1')

Dans un projet visant à l'utilisation d'une énergie nouvelle ou à des économies d'énergie, les bilans financiers doivent tenir compte des aides susceptibles d'être apportées, en particulier sous forme de subventions par les différents organismes concernés.

Toutefois, deux éléments caractéristiques de ce projet risquent de modifier les modalités généralement admises :

- la substitution concerne principalement du charbon et même, pour partie, des rejets thermiques d'une usine d'incinération d'ordures ménagères ;

- l'existence de la ressource n'est pas à démontrer du fait du forage existant ; cependant, des risques, ou plutôt des incertitudes, existent quant aux possibilités d'injection pour le fonctionnement en doublet.

La reconnaissance du caractère démonstratif du projet devrait cependant prévaloir dans l'attitude des organismes concernés et on peut envisager les aides suivantes :

- Aide spécifique géothermie (AFME - ex. Comité Géothermie)

Celle-ci porte habituellement sur le premier forage ; elle représente une subvention de 30 % de son coût. On rappellera que, par ailleurs, la garantie est portée à 80 % en cas d'échec géologique.

Dans le cas de METZ, on retiendra une aide de 30 % sur le forage d'injection, soit en valeur juin 82 : 900 kF HT.

. Aide spécifique économies d'énergie et réseaux de chaleur (AFME - ex. AEE)

Celle-ci est basée sur les TEP économisées annuellement et/ou sur d'autres critères pour les réseaux de chaleur. On estimera ici une aide de 600 F HT par TEP soit dans la solution C1' : $800 \times 0,6 = \underline{480 \text{ kF HT}}$

. Aides régionales (EPR)

Des aides régionales doivent pouvoir être acquises en cas de réalisation du projet géothermie. On les prendra égales à 10 % du coût du forage soit 300 kF HT valeur Juin 82.

Le total des aides en subvention devrait donc pouvoir atteindre de l'ordre de 1680 kF HT valeur Juin 82.

Le reste des investissements, soit $10\,350 - 1\,680 = 8\,670$ kF HT devrait être financé par des emprunts classiques de la CDC et de la CAECL en cas de maîtrise d'ouvrage publique. Les conditions possibles par référence aux projets "classiques" de géothermie pourraient être :

- Prêt CDC (11,75 % - 15 ans - annuités constantes) : 70 % du forage soit 2 100 kF HT (valeur 6/82)
- Prêt CAECL (16,50 % - 15 ans dont 4 ans de différé de remboursement) : solde soit 6 570 kF HT (valeur 6/82)

Dans ces conditions les annuités seraient de 1 385 kF HT/an pendant 4 ans puis de 1 636 kF HT/an dans les 11 années suivantes.

Ces valeurs sont à comparer aux économies annuelles évaluées à 892 kF HT valeur Juin 82 dont l'accroissement en cours du temps devrait être supérieur au taux du coût de la vie.

Le tableau 4 ci-joint indique de façon simplifiée la trésorerie prévisionnelle du projet en comparant les gains réalisés et les annuités de remboursement.

On a admis le planning suivant :

- Mi 1983 :
 - mise en place PAC en déshumidification pour la piscine,
 - première PAC sur le forage fonctionnant dans les conditions actuelles et alimentant la piscine,(total des investissements 83 = 1 350 kF HT valeur 6/82)
- Mi 1985 :
 - Réalisation des autres investissements(total 9 000 kF HT valeur 6/82 dont 1 680 kF subvention)

La totalité des coûts et des économies ont été actualisés à + 12 % par an.

ANNEE	INVESTISS. A FINANCER PAR EMPRUNT	ANNUITES DE REMBOURSE- MENT A	ECONOMIES D'EXPLOITATION B	ECART B - A	CUMUL
1983	1 512 (1)	139	320 (3)	181	181
1984	-	278	717 (3)	439	620
1985	10 284 (2)	1 100	1 028	(-72)	548
1986	-	1 922	1 404	(-518)	30
1987	-	1 922	1 572	(-350)	(-330)
1988	-	1 922	1 761	(-161)	(-491)
1989		1 922	1 972	50	(-441)
1990		2 213	2 009	(-204)	(-645)
1991		2 213	2 474	261	(-384)
1992		2 213	2 770	557	173
1993			3 103	890	1 063
1994			3 475	1 262	2 325
1995			3 892	1 679	4 004
1996			4 855	2 146	6 150
1997		2 213	4 882	2 669	8 819
1998		2 074	5 468	3 394	12 213
1999		1 935	6 125	4 190	16 403
2000		968	6 859	5 891	22 294
2001		0	7 683	7 683	29 977
2002		0	8 604	8 604	38 581

TABLEAU 4 : Trésorerie du Projet sur 20 ans en monnaie courante

(1) financement : CAECL 16,5% - 15 ans sans différé → annuités 278 kF

(2) financement : CDC 11,75 % - 15 ans pour $2100 \times (1,12)^2 = 2 634$ kF → ann. = 382 kF

CAECL 16,50 % - 15 ans pendant 4 ans de différé pour
7 650 kF → ann. = 1 262 kF pendant 4 ans puis 1 553 kF pendant
11 ans

(3) cf. solution B : économies annuelles = 572 kF - valeur 6/82

La lecture du tableau 4 montre la possibilité d'adopter un montage financier tel que les pertes d'exploitation des premières années soient très limitées et qu'un bénéfice important puisse être dégagé à moyen et long terme.

VI - CONCLUSION

La réalisation d'un projet de géothermie alimentant une centrale d'énergie pour les 2 équipements voisins que constituent à METZ la piscine Lothaire et le CHR à construire paraît viable dans la mesure où un montage financier adapté permettra de couvrir des pertes de trésorerie éventuelles les premières années.

Dans ces conditions, le CHR pourrait disposer d'une énergie à un coût/prix compétitif par rapport aux autres solutions possibles et à terme de 20 à 25 % moins chère.

Une analyse poussée des investissements et des coûts d'exploitation devrait être réalisée en optimisant les schémas techniques prévus. Il resterait alors à se rapprocher des organismes en charge de l'incitation pour ce type de projets (AFME, EPR) afin d'assurer le montage financier définitif.

ANNEXES

ANNEXE 1

ELEMENTS SOUS-SOL

- A/ CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES DES RESSOURCES GEOTHERMIQUES
BASSE TEMPERATURE SUR LE SITE DE METZ - AMOS (57)
- B/ POMPAGE D'ESSAI DU 8 AU 11/9/81
- C/ QUALITE DE L'EAU
- D/ DEBIT ET QUALITE DE LA SEILLE (POUR REJET EVENTUEL)
- E/ COPIE CORRESPONDANCES AGENCE DU BASSIN ET DDA
(REJET EVENTUEL DANS LA SEILLE)

CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES DES RESSOURCES
GEOOTHERMIQUES BASSE TEMPERATURE
SUR LE SITE DE METZ - AMOS (57)

1 - INTRODUCTION

En 1963, la ville de METZ avait envisagé de renforcer son alimentation en eau potable à partir de la nappe des grès du Trias inférieur.

Un forage profond de 620,20 m réalisé en 1965/1966 * permit de préciser les caractéristiques hydrodynamiques de ce réservoir, ainsi que la qualité de la ressource en eau disponible.

Compte tenu de la salinité de la nappe des grès du Trias inférieur, la mise en service de ce forage fut abandonnée.

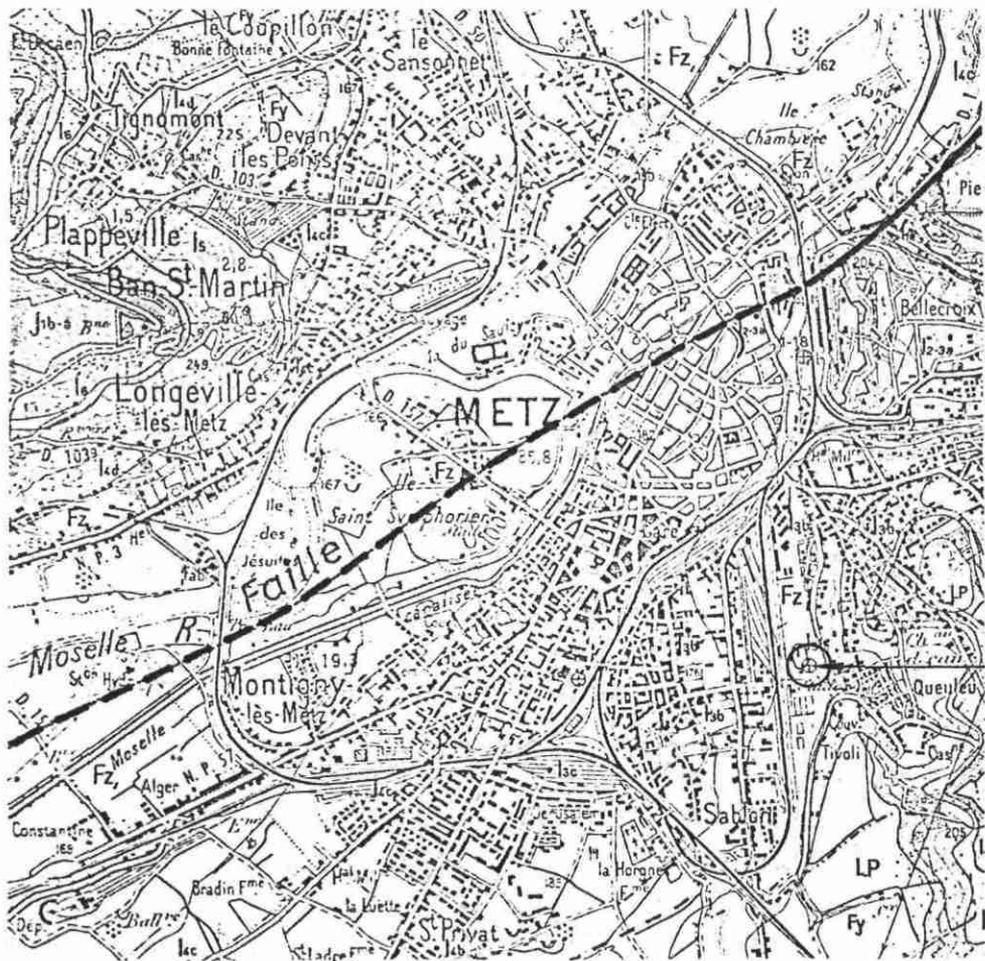
La crise énergétique qui sévit depuis 1973 conduit à envisager l'utilisation de cet ouvrage pour le chauffage de l'actuelle piscine Lothaire située à proximité immédiate du futur Centre Hospitalier Régional dont la mise en service est prévue en 1985.

2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL

La ville de METZ correspond à la prolongation de l'anticlinal Sarrolorrain de direction NE-SW, limité sur sa bordure septentrionale par la faille dite de METZ dont le rejet atteint 80 à 100 m.

* DSGR 66 A 5 Forage de METZ - rapport final de surveillance géologique des travaux par J. DE MAUTORT, M. GUILLAUME, J. MARCER et JC. RENAUD.

— CARTE GEOLOGIQUE DE METZ —



FORAGE AMOS

— 1/50000 —

Les terrains sédimentaires récents de couverture (Trias au Lias) ont été plus ou moins affectés par le rejeu tardif d'accidents structuraux antétriasiques.

Ces terrains plongent sous couverture vers l'Ouest avec un pendage général de quelques degrés et sont affectés d'un bombement général, reflet des structures profondes permocarbonifères.

Le recouvrement alluvial ou colluvial est discontinu et principalement lié aux dépôts laissés par la Moselle et ses affluents (Seille). Leur puissance dépasse exceptionnellement quelques mètres.

Le principal réservoir utilisé dans la région Lorraine correspond aux grès du Trias inférieur sollicité à diverses fins :

- stockage de gaz à Cerville - Velaines (54)
- exploitation d'eau potable pour la desserte des collectivités et industriels (160 à 180 millions m³/an) par forages profonds ou exhaure minière
- climatisation de piscines (Nancy Thermal - 1908 et Lunéville 1980 -).

Ces diverses sollicitations ont conduit à modifier profondément les écoulements de la nappe circulant dans cet aquifère au cours des dernières décennies. Localement, des chutes de pression piézométrique notables ont pu être enregistrées, en particulier dans le Bassin Houiller Lorrain (80 à 100 m), dans le secteur de Nancy (35 à 40 m) et du Bassin de Vittel (30 à 40 m).



CHR

Sondage existant

Piscine Lothaire

VILLE DE METZ

— PLAN DE SITUATION — ECHELLE: 1/15.000

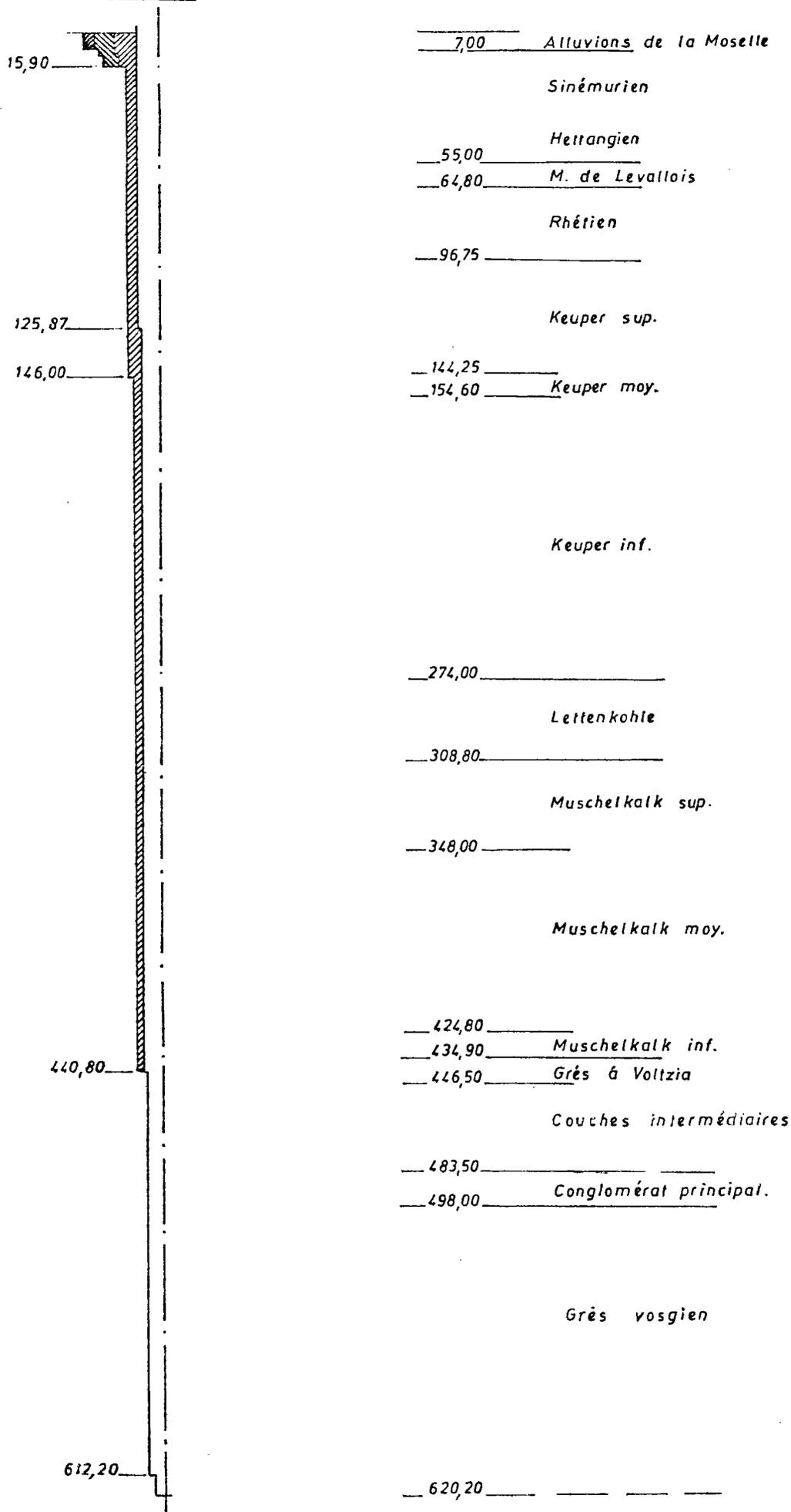
3 - RAPPEL DES DONNEES RECUEILLIES SUR LE FORAGE DE METZ-AMOS EN 1965 -1966

3.1. COUPE GEOLOGIQUE

-	0	à	7	m	alluvions de la Moselle
-	7	à	35	m	marnocalcaires de l'Hettangien - Sinémurien
-	35	à	64,80	m	marnes de Levallois du Rhetien
-	64,80	à	96,75	m	argiles noires et pelrites gréseuses du Rhetien
-	96,75	à	144,25	m	marnes irisées à évaporites du Keuper supérieur
-	144,25	à	154,60	m	dolomie, marne et grès du Keuper moyen
-	154,70	à	274,00	m	marnes irisées à évaporites du Keuper inférieur
-	274,00	à	308,80	m	dolomie et marne dolomitique de la Lettenkohle
-	308,80	à	348,00	m	marnes, calcaires et dolomie du Muschelkalk supérieur
-	348,00	à	424,80	m	marnes dolomitiques, marnes gypseuses du Muschelkalk moyen
-	424,80	à	434,90	m	marnes gréseuses du Muschelkalk inférieur
-	434,90	à	446,50	m	grès à Voltzia
-	446,50	à	483,50	m	grès des couches intermédiaires
-	483,50	à	498,00	m	Conglomérat principal
-	498,00	à	620,20	m	grès vosgien.

Forage de Metz-Amos

1965-1966



3.2. RESULTATS DES TESTS DE PRODUCTION DE 1965-1966

Profondeur en m	Débit m ³ /h	Pression au sol en kg	Température en °C
458,20 à 442,30	7	5,5	28,9
497,60 à 513,50	2	6,5	30
440,80 à 612,20	306 à 243	5,5	31

Comparés aux résultats du pompage d'essai réalisé en septembre 1981, ces tests montrent que le débit exploitable sur l'ouvrage, avec une hauteur d'aquifère découvert de 434,90 à 620,20 m, est resté sensiblement constant au cours de ces quinze dernières années.

3.3. ANOMALIES CONSTATEES LORS DE L'EXECUTION DU FORAGE

En 1965, les seules anomalies constatées au cours de la réalisation de cet ouvrage ont été les suivantes :

- Zones ébouleuses dans les alluvions superficielles et dans la partie supérieure des marnocalcaires sinémuriens.
- Forage à la boue chargée en baryte à partir de 429,20 m afin d'éviter la mise en éruption de l'ouvrage, ainsi que la remontée de sables, graviers et galets d'argile liée à un niveau ébouleux dans les grès à Voltzia ;
- Pertes partielles à la base des calcaires du Sinémurien - Hettangien, ainsi que les grès rhétiens.

3.4. QUALITE DE L'EAU DE LA NAPPE DES GRES VOSGIENS

Nous rappelons ci-après, les résultats des analyses effectuées lors des différents tests de 1965 - 1966 :

Profondeur en m	Résistivité à 20 °C ohm/cm	Ph	TH °F	R.S à 105 °C mg/l	SO4 ⁻⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	Fe ++ mg/l	Fe +++ mg/l	Date
458,20 à 443,20	146	7,60	127	4930	381	2310	1	-	1966
497,60 à 513,50	135	7,35	133	5310	357	2560	0,60	1,36	1966
440,80 à 612,20	-	7,60	60,8	5145	257	2769	5,70	-	1975

On constate, notamment, une baisse de la concentration en sulfate et un accroissement de la concentration en chlorure qui sont fonction d'une part de la profondeur de prélèvement, d'autre part, de la hauteur d'aquifère captée.

4 - ANALYSE DES ALEAS GEOLOGIQUES ET HYDROGEOLOGIQUES LIES A L'EXPLOITATION DE LA NAPPE DES GRES DU TRIAS INFERIEUR EN GEOTHERMIE BASSE ENERGIE

Les risques liés à l'exploitation de la nappe du Trias en géothermie basse énergie sont de trois ordres :

- Au niveau de la réalisation des forages :

Ces risques concernent plus particulièrement les aléas susceptibles d'intervenir lors de la foration (zones ébouleuses, pertes partielles,

traversée des niveaux à évaporites, équipement de l'ouvrage et développement de l'aquifère).

Ceux-ci peuvent être facilement maîtrisés par l'adaptation des techniques de forage et la mise en oeuvre de techniques appropriées (forage à la boue sursaturée en sel et en bentonite...)

- Au niveau du fonctionnement du doublet

La faille de METZ distante d'environ 2,5 km au Nord de l'actuel forage de METZ-AMOS est susceptible de modifier de façon sensible les écoulements entre forage de pompage et forage d'injection dont la distance, fonction du régime d'exploitation, serait comprise entre 1000 et 1200 m (vitesse de transfert au sein des grès du Trias inférieur 5 à 20 m/an).

Par ailleurs, l'interférence entre les effluents refroidis et les composés lithologiques du réservoir conduira probablement au déplacement de certains équilibres physico-chimiques et à des difficultés au niveau du forage d'injection. Aussi, par soucis de sécurité, la déférisation des effluents est-elle prévue avant injection dans les grès du Trias inférieur.

- Au niveau de la rentabilité économique du projet

Les installations fonctionnant à partir de géothermie basse énergie avec appoint d'énergie fournie par une pompe à chaleur eau-eau, sont encore peu nombreuses, et on manque pour l'heure de recul sur la durée de vie de telles installations qui a une influence directe sur la rentabilité du projet.

5 - CONCLUSIONS

La ressource géothermale basse énergie disponible à partir de la nappe des grès du Trias inférieur est susceptible d'être mobilisée dans des conditions intéressantes à l'aplomb de l'agglomération messine. Toutefois un certain nombre d'aléas devront être levés dans le cadre d'un avant-projet détaillé afin de juger en toute connaissance de la rentabilité de telles installations.

RESSOURCES GEOTHERMIQUES		Localité : METZ (57)
IMPLANTATION		
Coordonnées (approximatives)	:	X = 881,03 Y = 162,82
Cote sol	:	168 m EPD
Observations	:	néant
FORMATION CONSIDEREE		: grès et Conglomérat du Trias inf.
STRUCTURE DU RESERVOIR		
Cote du toit (NGF)	:	-260 ⁺ 5 m
Profondeur du toit	:	435 ⁺ 10 m
Hauteur utile	:	non définie
Hauteur totale	:	215 m ⁺ 30 m
Profondeur totale des forages à envisager	:	620 m ⁺ 30 m
Observations	:	ouvrage artésien (5,63 kg/sol en 1963)
CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR		
Porosité	:	10 à 20 %
Perméabilité	:	1,3 à 1,7 . 10 ⁻⁵ m/s
Pression de gisement	:	non définie
Niveau piézométrique	:	225 ⁺ 5 m
Observations	:	débit de 310 m ³ /h avec un rabattement de 56 m
CARACTERISTIQUES DU FLUIDE		
Température	:	30 ⁺ 2 °C
Salinité	:	5 + 0,2 g/l de résidu sec à 105 °C
Observations	:	Présence H ₂ S occlus dans l'eau

POMPAGE D'ESSAI DU 8 AU 11/9/1981
SUR LE FORAGE DE METZ - AMOS

Afin de préciser l'état de forage de Metz Amos réalisé en 1965-1966, un pompage d'essai a été réalisé du 8 au 11 Septembre 1981 par le Service Géologique Régional du BRGM avec l'appui des Services Techniques de la ville de Metz.

1 - MODE OPERATOIRE :

Le pompage d'essai a été mené en n'utilisant que les possibilités d'artésianisme (au maximum $240 \text{ m}^3/\text{h}$ pour 50 m de rabattement le 8 et 9.9.1981).

Les mesures de débit ont été réalisées à l'aide d'un compteur fourni par la SME et ont été entravées au début par la température (dilatation) et la remontée de particules de grès en suspension.

Les mesures de niveau ont été appréciées à l'aide d'un manomètre à mercure.

2 - RESULTATS :

L'essai a été mené à débits décroissants du 8.9.1981 au 11.9.1981 suivant 4 paliers ($240 \text{ m}^3/\text{h}$ - $190,2 \text{ m}^3/\text{h}$ - $158,4 \text{ m}^3/\text{h}$ et $123,3 \text{ m}^3/\text{h}$).

Le niveau statique de référence nous a été fournie par la mesure effectuée par l'AFBRM au manomètre Bourdon en février 1981.

De ces données et des mesures de pression en tête d'ouvrage, il a été possible de déduire la courbe débit - rabattement dressée en annexe.

Il ressort de cette courbe que le débit spécifique de l'ouvrage s'est sensiblement amélioré depuis 1966, ce qui peut être lié à un décolmatage progressif dû à la forte pression artésienne mesurée en tête d'ouvrage.

Toutefois, cet essai ne permet de fournir aucun diagnostic sur l'état des tubages.

On notera cependant que la pression en tête d'ouvrage (à la précision des mesures prêt) a peu évolué au cours de ces quinze dernières années, contrairement à ce que l'on a pu observer sur la nappe des grès du trias inférieur dans d'autres secteurs de la Lorraine (Nancy, Dieuze, Sarreguemines...).

3 - QUALITE DE L'EAU :

La résistivité de l'eau, et par voie de conséquence sa minéralisation totale à 105°C, a peu évolué sur la période 1966-1981.

Toutefois, la concentration en fer a légèrement augmenté, ce qui peut être l'indice d'une détérioration des tubages.

La température mesurée en début et en fin de paliers au cours de l'essai réalisé du 8 au 11 septembre 1981 n'a pas évolué, elle est restée constante et égale à 31°C.

4 - CONCLUSIONS :

Le pompage d'essai effectué du 8 au 11 septembre 1981 sur le forage de Metz Amos conduit à préciser qu'il est possible d'être exploité à un régime de 240 m³/h pour un rabattement voisin de 50 m. L'eau est moyennement minéralisée, tiède (31°C), chargée en fer et en trace d'hydrogène sulfuré.

100

200

$Q \text{ m}^3/h$

Forage de Metz
Courbe caractéristique

$$J = 0,175 Q + 0,012 \cdot 10^{-2} Q^2$$

$$\Delta = 0,175 Q$$

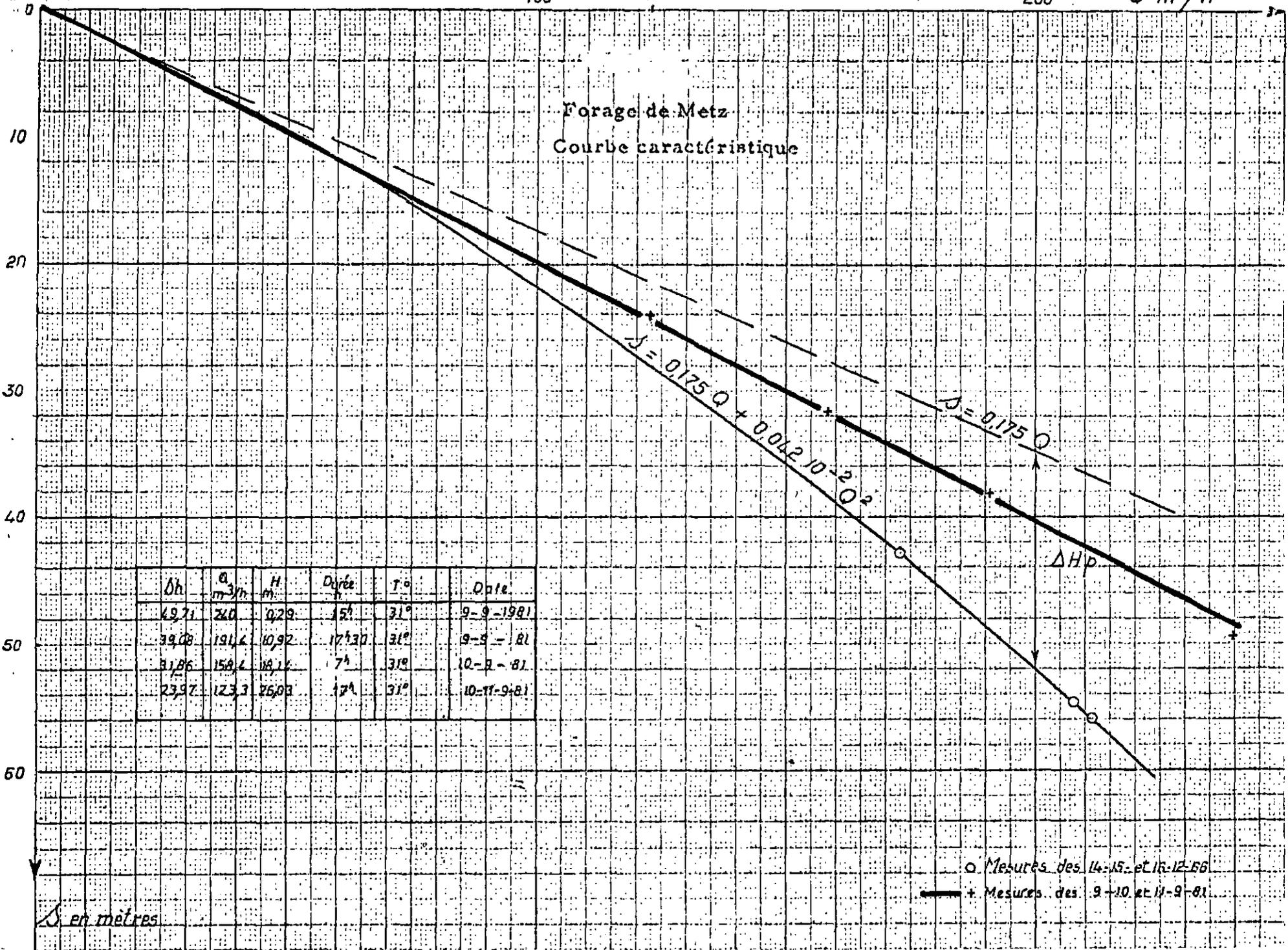
ΔH_p

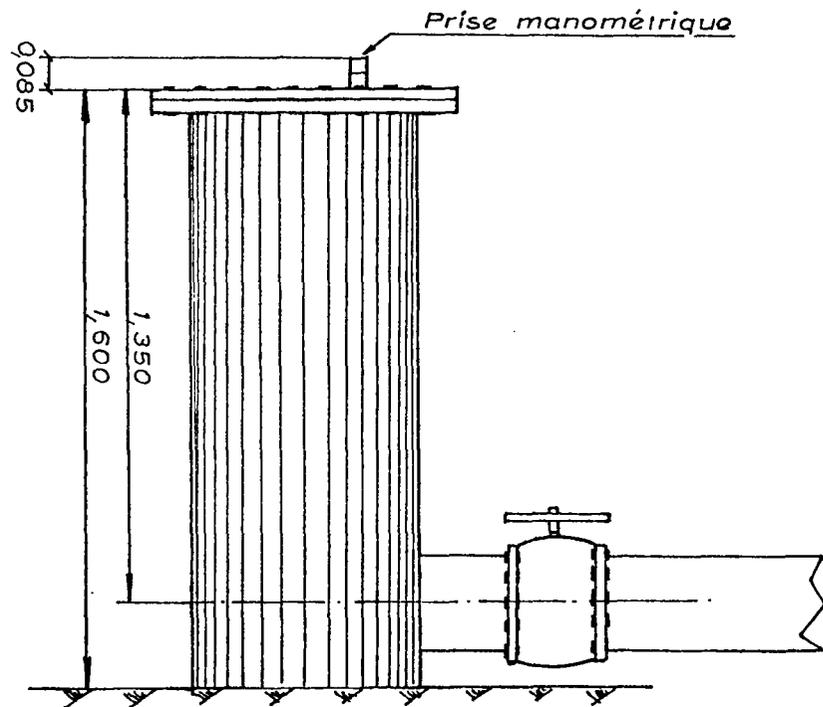
Δh	Q m^3/h	H m	Durée	T°	Date
49,71	260	0,29	15'	31°	9-9-81
39,08	191,4	0,92	17'30"	31°	9-9-81
31,86	159,4	0,11	7'	31°	10-9-81
23,97	123,3	0,03	12'	31°	10-11-9-81

○ Mesures des 14-15- et 16-12-86

— + Mesures des 9-10- et 11-9-81

S en mètres





FORAGE DE METZ-AMOS (57)

Repère de mesure lors du pompage d'essai
réalisé du 8 au 11/9/1981

Cet essai ne permet cependant de formuler aucune conclusion sur l'état des tubages et de la cimentation du forage. Avant d'envisager sa mise en service, il conviendrait donc d'exécuter une série de diagraphies susceptibles de conduire à une meilleure appréciation de l'état des colonnes et de la cimentation en place dans les morts terrains de 0 à 450 m.

J. RICOUR

EVOLUTION DE LA PRESSION EN TÊTE D'OUVRAGE

Date	Pression en tête d'ouvrage en m	Cote piézométrique N G F	Observations
14-12-1966	54,6	222,90	
07-07-1975	55,15	223,45	Manomètre à mercure
08-08-1975	52,13	220,43	
20-10-1975	52,51	220,81	
24-11-1975	54,39	222,69	
28-06-1979	48	216,30	Manomètre Bourdon
03-01-1980	(38) ?	(206,30) ?	
13-02-1981	50	218,30	

QUALITE DE L'EAU
FORAGE DE METZ-AMOS (57)

Prélèvements réalisés
lors du pompage d'essai
du 8 au 11.09.1981

- QUALITE DE L'EAU

Date	Débit m ³ /h	Température °C	Dureté °F	Résistivité ohm/cm	Résidu sec à 105 °C mg/l	Cl ⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ mg/l	Labora- toire
9.09.1981	240	31	150	148	-	-	-	BRGM
9.09.1981	191,4	31	148	148	-	-	-	
10.09.1981	158,4	31	150	148	-	-	-	
10.11.1981	123,3	31	150	148	-	-	-	
10.11.1981	123,3	31	143,5	124	5,080	2700	1,56	LHRST

- MESURES ANTERIEURES

Date	14.12.1966	15.12.1966	08.10.1975
Profondeur de prélèvement	442,30 à 458,20 m (grès à Voltzia)	497,60 à 513,50 m (grès vosgiens)	440,80 à 620,20 m (grès vosgiens)
Température °c	28,9	30	31
Résistivité /cm	196	135	(118)
T °F	127	133	60,8
Cl ⁻ mg/l	2 310	2 560	2 769
Fe ⁺⁺ mg/l	1	0,60	5,7

DEBIT ET QUALITE DE LA SEILLE EN AMONT DE SA CONFLUENCE
AVEC L'ANCIEN BRAS DE LA MOSELLE CANALISEE A METZ

Origine des données : AFBRM - Catalogue des débits d'étiage.

Bassin versant référencé	A 788
Surface bassin versant	1288 Km ²
Q moyen	= 7,98 m ³ /s
Q (F1/2)	= 1,54 m ³ /s
Q (F1/5)	= 1,28 m ³ /s
Q (F1/10)	= 1,16 m ³ /s

Inventaire qualité 1976 : médiocre.

TH > 100°F.

Cl - >1000 mg/l (soit un flux supérieur à 1160 g/s en F/10)

Conductivité S/cm à 20°C : >3000

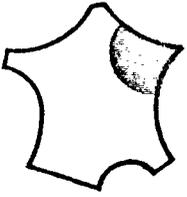
Température 25 à 30°C

DBO₅ mg^O/l₂ = 10 à 25

DCO mg^O2/l = 40 à 80

NO₃ : mg/l = 44 à 100

NH₄ mg/l : = 2 à 8



agence financière de bassin rhin-meuse

établissement public de l'état - loi du 16 décembre 1964 - décret n°66 700 du 14 septembre 1966

"le longeau" - 57 rozérieulles - tél.(8)760.48.88 - b.p. 36 - 57160 moulins-lès-metz

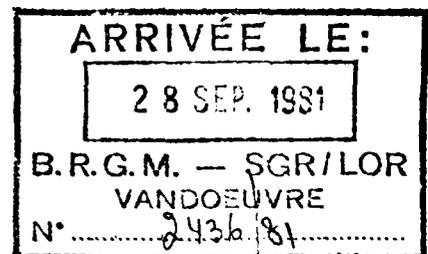
N/Réf : FL/ML
V/Réf : SGR/LOR JR/BJ

Rozérieulles, le 23 SEP. 1981

Objet : Rejet de chlorures dans la
Seille à METZ

Monsieur le Directeur
du Bureau de Recherches Géologiques
et Minières
Rue du Parc de Brabois

54500 VANDOEUVRE-LES-NANCY



Monsieur le Directeur,

En réponse à votre demande du 7 septembre, j'ai l'honneur de vous informer qu'un rejet de 75 g/s de Cl⁻ dans la Seille à METZ n'aura aucune incidence pratique sur la salinité de ce cours d'eau, puisque le flux moyen naturel est de l'ordre de 1 500 g/s.

Il est toutefois indispensable que la Ville de METZ consulte la Direction départementale de l'agriculture au titre de la police des eaux afin d'obtenir une autorisation de rejet précisant les contraintes éventuelles sur les différents facteurs de pollution qu'ils soient d'origine naturelle (chlorures, fer, température) ou d'origine artificielle (produits de conditionnement de l'eau...).

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de ma considération distinguée.

Le Chef de la Division
Ressources et Qualité
du Milieu Naturel

F. LANGENFELD

Nota BRGM : 75 g/s de Cl⁻ correspondent à un rejet de 100 m³/h environ.

DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE

**SERVICE DU GÉNIE RURAL,
DES EAUX ET DES FORÊTS**

BOITE POSTALE N° 1034

57036 METZ CEDEX

TEL : (8) 774.91.21

M. STIFFEL
Ingénieur en Chef

**L'INGÉNIEUR EN CHEF,
DIRECTEUR DÉPARTEMENTAL DE L'AGRICULTURE**

Monsieur le Directeur du Bureau
de Recherches Géologiques et Minières
Rue du Parc de Brabois

54500 - VANDOEUVRE LES NANCY

VIRéf. :

METZ, le 2 Octobre 1981

Cité Administrative

N/Réf. ND/DA

OBJET : Rejet d'effluent dans la Seille en amont
de sa confluence avec le bras de la
Moselle canalisée -

Dossier suivi par : Madame DELLINGER

Poste : 356 -

Monsieur le Directeur,

En réponse à votre demande du 7 Septembre 1981, j'ai l'honneur de vous informer que le rejet dans la Seille, à METZ, à l'aplomb du Stade Amos, des effluents refroidis ayant servi au chauffage de la piscine Lothaire n'aura aucune incidence notable sur ce cours d'eau.

En effet, la Seille est actuellement de qualité passable à sa traversée de METZ où elle est classée en catégorie 3. Elle présente notamment une salinité élevée : le flux moyen avoisine 1500 g/s. en période de crue et atteint 2200 g/s. à l'étiage. Les chlorures représentent une part importante de la minéralisation totale de ce cours d'eau avec un taux variant de 130 mg/l à 770 mg/l.

D'autre part, l'effet de dilution est prépondérant puisque le débit moyen interannuel de la Seille à METZ et le débit d'étiage s'élèvent respectivement à 8,2 m³/s. et 1,2 m³/s.

Toutefois, un tel déversement doit faire l'objet d'une demande préalable d'autorisation de rejet dans le cadre de l'arrêté interministériel du 13 Mai 1975 (J.O. 18-05) parce que l'apport de sels dissous dépasse le seuil des 300 kg/j.

Veillez agréer, Monsieur le Directeur, l'assurance de mes sentiments distingués.

**l'Ingénieur en Chef, Directeur
Départemental de l'Agriculture,**



ANNEXE 2

ELEMENTS RELATIFS AU CHR

(Données SODETEG)

- A/ PUISSANCES ET BESOINS D'ENERGIE POUR LE CHR
DEBITS D'EAU CHAUDE NECESSAIRES SELON REGULATIONS

- B/ COUTS DU RACCORDEMENT DU CHR AU RESEAU DE CHAUFFAGE
URBAIN UEM

- C/ .PLUS VALUES ET SURCOUTS ENVISAGEABLES POUR LE LOT
CHAUFFAGE - CLIMATISATION DU CHR

.SURCOUTS D'EXPLOITATION

C.H.R. METZ

BILAN TOUT SAISON D' HIVER DE 251 JOURS

MISE A JOUR DU 29 03 82

HOSPITALISATION ZONES AVISUELES S = 13 760 m ²		HOSPITALISATION ZONES DEPENDIVENS S = 8 440 m ²		LABORATOIRES & ATELIERS S = 4 640 m ²		HORAYRE = 0h 10h BLOCS OPERATOIRES S = 6 400 m ²		EAU CHAUDE SANITAIRE	BUREAUX ADMINISTRATION S = 2 000 m ²		PISCINE	TOTAL S = 36 420 m ²	
K9	0,35H	K9	0,35H	K9	0,35H	K9	0,35H	+8° - +50°	K9	0,35H		K9	0,35H
-	56 920	36 720	34 912	6 410	6 695	-	70 450		2 570	2 625			
-	2 050	1 322	1 257	231	241			135	93	95			5424

PUISSANCES

Puissance appelée par -15° C (kW)

REPARTITION D'ENERGIE EN kWh

Chauffage "Hebdomadaire"
 Chauffage de préchauffage de l'air
 Divers
 Pompes, centrales et divers "Cubos"
 Station d'appoint terminale

TOTAL

-	-	2 504 000	-	457 000	-	-	-	-	170 000	-			
-	3 100 000	-	1 987 000	-	362 000	-	-	-	-	139 000			
-	1 588 000	-	938 000	-	208 000	+	-	1.210.000	46 000	81 000			
-	-	440 000	-	80 000	-	-	-	-	-	-			
-	-	-	40 000	-	7 000	-	-	-	-	3 000			
-	1 760 000	2 944 000	2 965 000	537 000	577 000			1.210.000	216 000	223 000			TOTAL GENERAL 13.440.000

REPARTITION NETTE D'ENERGIE EN kWh

Electricité compresseurs
 Electricité pompes
 Electricité effet joule
 Gaz ou système urbain (combustible)

TOTAL

		pour Δt de 20°C		271	m ³ /heure	(soit par exemple 60/40°)
		pour Δt de 15°C		361	m ³ /heure	(" " " 60/45°)

(A)

COUTS DU RACCORDEMENT DU CHR AU RESEAU DE CHAUFFAGE URBAIN UEM (valeur 10/81)

Extraits de la lettre du 28/10/81 de l'UEM au CHR

"2 - Raccordement au réseau de chauffage urbain

Le raccordement projeté est issu du réseau de chauffage urbain le plus proche situé place Mazelle et comprend une extension de notre réseau et le branchement proprement dit. Le tracé envisagé traverse l'ancienne Foire Exposition (voir plan ci-joint, tracé vert).

Le coût du raccordement (aux conditions économiques actuelles d'octobre 1981) pour une puissance souscrite de 3 000 kW (3 500 kW installés), est de 120 000 F ht dont 50 000 F de participation à l'extension du réseau et 70 000 F pour le branchement. Le montant de la participation serait revu si la puissance souscrite devait être inférieure à 3 000 kW. Le délai de validité de cette offre est de un an.

L'extension du réseau est entièrement réalisée par nos soins jusqu'en limite de propriété.

Par contre, comme vous nous l'avez demandé, nous vous laissons le soin de réaliser le génie civil (caniveau en béton, couverture étanche et chambre à vannes) du branchement en propriété privée.

Le coût du branchement réalisé par l'UEM comprend donc :

- les tuyauteries et le calorifuge,
- les vannes de sectionnement dans la chambre à vannes,
- la fourniture du compteur de chaleur.

Pour une puissance souscrite de 3 000 kW, le tarif suivant est appliqué (prix au 1.11.1981) :

- prime fixe annuelle : 69,30 F/kW ht
- énergie : 13.885 c/kWh ht "

le 22 Avril 1982

OBJET : C.H. R. DE METZ

- RESUME DES CONSIDERATIONS PROVISOIRES D'A.P.S. SUR LES PLUS-VALUES ET SURCOUTS ENVISAGEABLES ET APPLICABLES AUX PRIX DU LOT "CHAUFFAGE-CLIMATISATION" (C.V.C.) DU NOUVEL HOPITAL. (dans le cas d'un fluide 60°/40° à l'entrée de l'Etablissement)

1°) En confirmation de la réunion du 21.04 et pour l'Hôpital à créer :

1.01 - dans le cas où un "concessionnaire" fournirait (avec toutes les garanties nécessaires au niveau des combustibles), (circulaire du 18.10.65 et compléments), de l'eau chaude à + 60°/40° en permanence toute l'année :

- . il y aurait lieu de prévoir un surcoût sur batteries eau chaude du système "Tout Air",
- . un grossissement simultané des caissons de traitement d'air (conséquence)
- . un agrandissement minime mais fort probable des surfaces de locaux techniques.

1.02 - Pour un 400 lits de 35 000 m2 H.O., s'il y a 2.500 m2 de locaux techniques on peut raisonnablement prévoir une plus value de surfaces de 200 m2 environ, soit un surcoût Hors Taxe de 460.000 Francs, correspondant au Génie Civil, soit T.T.C. environ, 540.960 Francs

Ce chiffre est provisoire en l'absence d'élément précis concernant les puissances distribuées et raccordées, et d'éléments architecturaux pour la répartition de cette nouvelle surface de locaux techniques.

2°) Énumération des premières incidences

Sur la base d'un coût d'installation de chauffage (C.V.C.),
liée au chauffage urbain (valeur provisoire de référence) 12 970 KF/TTC

. Plus values estimées sur batteries, ventilateurs et
sur les caissons : pour Solution C1 environ 5% 648 KF/TTC

. Plus values estimées sur Eau Chaude Sanitaire et régulations
pour Solution C2 environ 3% 389 KF/TTC

3°) Récapitulation des deux solutions retenues

(Prix en KF/ TTC)

A	B
<u>Solution c1</u>	<u>Solution c2</u>
(décrite en réunion le 21.04)	(décrite en réunion de 21.04)
"clim.100% + Blocs 100% + ECS 100%"	"Clim + Blocs (les deux à 100%)"
Report 12 970	Report..... 12 970
+ 5% 648	+ 7,9%..... 1 037
TOTAL..... 13 618 (A)	TOTAL..... 14 007 (B)
+ GROS OEUVRE.... 617 (1)	+ GROS OEUVRE... 617 (2)
Nouveau Total.... 14 235	Nouveau Total.... 14 624
(1) soit 4,5% de 13 618	(2) soit 4,4% de 14 007

- Conclusion provisoire : il faut donc ajouter environ 5% pour une marge concernant les locaux techniques aux prix A et B ci-dessus.

- Tous ces prix excluent des plus values de caniveaux ou de liaisons complémentaires dus à la géothermie.

6°) Dans le cas où l'eau chaude sanitaire est fournie par le concessionnaire le traitement d'eau ("adoucissement" et "anti corrosion"), stockage et distribution, est à la charge du fournisseur d'eau chaude sanitaire.

- SURCOUTS D'EXPLOITATION

Solution N° 3 (repère A/ ci-avant)

- "P 2" petit entretien à priori identique au prix du P2 de la solution de Base

Solution N° 4 (repère B/ ci-avant) : Le surcoût du "P2" petit entretien, concerne l'entretien lié aux plus values d'investissement pour préparer l'eau chaude sanitaire.

On peut imaginer un surcoût assez faible du fait que dans tous les cas la maintenance est applicable à tous les composants ; le prix d'exploitation est aggravé quant la complexité du suivi de fonctionnement est suffisamment sensible.

En l'absence de schéma précis :

Ces considérations ne sont que très difficilement chiffrables actuellement et sont livrées à titre indicatif.

ANNEXE 3

ELEMENTS RELATIFS A LA PISCINE

*Extraits de l'étude de faisabilité Géothermie et Pompes à chaleur -
Piscine Olympique LOTHAIRE - APS du Cabinet GUYOT - Août 1981*

I - OBJET

La présente étude a pour objet la définition des travaux à effectuer et des prestations correspondantes à l'installation de chauffage par système de pompe à chaleur travaillant en déshumidification d'une part et l'utilisation des ressources géothermiques dont le potentiel serait relevé par pompe à chaleur pour les besoins en énergie de la piscine.

II - CHOIX DE LA TECHNIQUE

Deux solutions seront envisagées :

1ère solution

Une pompe à chaleur travaillant en déshumidification de l'air du local bassin permettrait un recyclage de l'air ambiant. L'énergie disponible au condenseur de la pompe à chaleur permettrait de réchauffer l'eau du bassin et le réchauffage de l'air.

Cette solution n'aurait pas recours à la géothermie et permettrait de couvrir partiellement les besoins en énergie de la piscine.

2ème solution

En plus de la pompe à chaleur travaillant en déshumidification de l'air, une deuxième pompe à chaleur travaillant sur l'eau du forage permettrait d'assurer le reste des besoins et permettrait une substitution presque complète du gaz par l'électricité.

III - DEFINITION DES BESOINSConsommation

Facturation gaz de France sur Kw h PCS

Année 1977 = 7 432 614 Kw.h

Année 1978 = 8 351 739 Kw.h

Année 1979 = 7 343 206 Kw.h

Soit une consommation moyenne annuelle de : 7 400 000 Kw.h

Correction des rendements de combustion estimés

annuellement à 0,8 ==> 5 920 000 Kw.h

Les besoins en énergie se décomposent de la manière suivante :

a) EAU

Réchauffage de l'eau "heuve"

base = 130 m3/jour - 350 jours de fonctionnement

soit $130 \times 1,163 \times 13 = 1\,965,4$ Kw.h

$1\,965,4$ Kw.h \times 350 = 687 914 Kw.h

où 13 est l'écart entre la température de l'eau de ville et l'eau du bassin.

Perte par évaporation :

Nous allons considérer que l'énergie nécessaire à l'évaporation est prise à 80 % à l'eau du bassin.

.../...

Soit en prenant 220 Kg en moyenne pour la période d'occupation et 150 Kg pour la période d'inoccupation nous avons :

- 220 x 0,68 x 12 x 350	=	628 320 Kw.h
- 150 x 0,68 x 12 x 350	=	428 400 Kw.h
- perte bassin estimée à 100 000 Kw.h		100 000 Kw.h
		<hr/>
	TOTAL EAU =	1 844 634 Kw.h
		=====

b) AIR (ventilation)

Caisson de traitement d'air bassin

$$D_j \text{ base} + 28^\circ \text{ C} = 6\,827$$

soit pour le caisson de traitement d'air de 37 200 m³/h

$$37\,200 \times 0,34 \times 6\,827 \times 24 = 2\,071\,038 \text{ Kw.h}$$

Nous allons estimer que le délestage des quatre heures de pointe E.D.F. nous produisent une économie de

$$170\,000 \text{ Kw.h soit} = 1\,901\,038 \text{ Kw.h}$$

Caisson vestiaire

$$D_j \text{ base} + 20^\circ \text{ C} = 3\,500$$

soit pour un débit de 11 500 m³/h

$$11\,500 \times 0,34 \times 3\,500 \times 24 = 328\,440 \text{ Kw.h}$$

Centrale Sud et Nord

Nous allons considérer que les deux caissons de

.../...

traitement d'air travaillent à 50 % en
recyclage

$$\text{soit } 18\,600 \times 0,34 \times 6\,827 \times 24 = 1\,036\,175 \text{ Kw.h}$$

Caisson hall

$$\text{Dj base } + 20^\circ \text{ C } = 3\,500$$

soit pour un débit de 9 000 M3/h

$$9\,000 \times 0,34 \times 3\,500 \times 24 = 257\,040 \text{ Kw.h}$$

Les autres caissons ne sont mis en fonctionnement
que très rarement et nous n'allons pas en tenir
compte dans notre bilan.

Eau chaude sanitaire

eau chaude à 37° C - 7 000 m3/an

soit

$$7\,000 \times 1,163 \times (37 - 13) = 196\,000 \text{ Kw.h}$$

TOTAL CONSOMMATION 5 563 327 Kw.h

=====

Comme on peut le constater, le chiffre des consommations
calculées par les formules est très proche de la consommation
réelle corrigée du rendement.

Les consommations calculées tiennent compte des renseignements
précis fournis par l'exploitant.

.../...

IV - DEFINITION DE LA TECHNIQUE

A) POMPE A CHALEUR TRAVAILLANT EN DESHUMIDIFICATION

La présence d'un plan d'eau dans une ambiance conduit inévitablement à une évaporation dans l'air ambiant d'une certaine quantité d'eau.

Cette vapeur d'eau qui augmente l'humidité relative de l'air ambiant doit être éliminée pour plusieurs raisons :

- éviter la sensation d'inconfort dû à une humidité relative trop élevée
- éviter les dégradations du bâtiment par le phénomène de condensation sur les parois froides.

Pour éliminer cette vapeur d'eau, plusieurs solutions sont envisageables.

- travailler avec d'importants débits d'air neuf et d'extraction (cas de l'installation actuelle)
- déshumidification par absorption (chlorure de lithium)
- condenser l'humidité contenue dans l'air en faisant passer cet air sur une batterie alimentée en eau glacée.

C'est cette dernière solution qui sera retenue pour la piscine:

a - Description de l'installation existante

L'installation existante met en oeuvre des débits d'air neuf très importants.

.../...

- Centrale de traitement d'air Sud

débit : 18 600 m³/h (possibilité de travailler à 50 %
en recyclage en fonction de l'humidité
relative).

- Centrale de traitement d'air Nord

débit : 18 600 m³/h (possibilité de travailler à 50 %
en recyclage en fonction de l'humidité
relative).

- Centrale de traitement d'air bassin

débit : 37 200 m³/h (sans possibilité de recyclage)

- Centrale hall

débit : 9 000 m³/h (sans possibilité de recyclage)

- Centrale vestiaire

débit : 11 000 m³/h (sans possibilité de recyclage)

- Centrale salle de réunions - bar

débit : 6 800 m³/h (sans possibilité de recyclage)

b - Principe de fonctionnement de l'installation pompe à chaleur
en déshumidification

- La déshumidification de l'air sera assurée par une pompe à chaleur, la centrale de traitement d'air Sud et la centrale de traitement d'air Nord. La centrale de traitement d'air qui souffle actuellement dans le faux plafond sera supprimée.

.../...

La pompe à chaleur produira de l'eau glacée à 8° C. Cette eau glacée alimentera dans les deux centrales de traitement d'air une batterie froide qui condensera l'humidité contenue dans l'air. Cette humidité éliminée, cet air pourra être entièrement recyclé.

La centrale de traitement d'air bar et réunion sera supprimée, des grilles de décompression entre le hall et ces locaux seront installées.

Seule la centrale de traitement d'air vestiaire sera conservée dans son état initial.

L'énergie récupérée sur le condenseur de la pompe à chaleur servira au réchauffage de l'air après refroidissement et à réchauffer l'eau de la piscine.

D'autres dispositions au niveau de l'installation existante permettront de faire une économie :

- sur l'eau de renouvellement
- récupération des eaux de goulottes
- possibilité par l'installation de deux bâches de laver les filtres tous les jours.

B) POMPE A CHALEUR POUR ASSURER LE COMPLEMENT SUR L'EAU DU FORAGE

L'eau du forage serait amené en local technique pour un refroidissement sur l'évaporateur de la pompe à chaleur. Cette eau serait refroidie de 32° C à 15° C. Après refroidissement, elle serait rejetée à la Seille. L'installation de cette pompe à chaleur et de la pompe à chaleur en déshumidification permettra une autonomie presque complète de la piscine et une substitution de gaz par l'électricité.

V - DESCRIPTION SOMMAIRE SOLUTION POMPE A CHALEUR EN
DESHUMIDIFICATION

Les deux centrales de traitement d'air Sud et Nord seraient remplacées par deux centrales comprenant :

- un caisson de mélange avec registre motorisé air neuf
- un caisson filtre
- une section batterie froide avec pare gouttelette
- une section batterie chaude alimentée avec l'eau chaude en provenance de la pompe à chaleur
- une section batterie chaude alimentée avec de l'eau chaude en provenance de la chaudière gaz existante dans la solution pompe à chaleur en déshumidification, ou alimentée avec de l'eau chaude en provenance de la pompe à chaleur sur le forrage dans la deuxième solution
- un caisson ventilateur d'un débit de 18 600 m³/h
- le réseau de soufflage dans le faux plafond sera réutilisé en réseau de reprise
- la centrale de traitement d'air plafond sera supprimée
- la centrale de traitement d'air bar et salle de réunions sera supprimée, des grilles de décompression permettront un transfert de l'air neuf entre le hall et ces locaux. Le réseau de soufflage de la centrale bar et salle de réunions sera utilisé en réseau de reprise intégrale pendant les périodes d'inoccupation et 50 % air neuf pendant les périodes d'occupation, (ce qui correspondra à une fréquentation de 100 personnes au bar et à la salle de réunions).
- deux bâches permettront la récupération partielle des eaux de goulotte et la récupération de l'énergie contenue dans les eaux de rejet pour respecter la législation en rigueur concernant le renouvellement des eaux du bassin.

.../...

L'installation d'une pompe à chaleur avec deux échangeurs à plaques en inox permettront la déshumidification et la récupération de calories (voir schéma de principe ci-joint).

VI - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET PRINCIPAUX MATERIAUX DE
L'INSTALLATION

Pompe à chaleur

Puissance froid	:	350 Kw
Puissance restituée	:	433 Kw
Puissance absorbée	:	83 Kw
Coefficient de performance	:	5,2

Régime de fonctionnement de la pompe à chaleur

Evaporateur	:	8/13° C
Condenseur	:	30/35° C

machine à deux circuits frigorifiques.

Centrale de traitement d'air Nord ou Sud

Comprenant :

- Caisson de mélange
- Caisson filtre
- Caisson batterie froide de 167 Kw alimenté en eau 8/13° C
- Caisson batterie chaude de 130 Kw alimenté en eau 30/35° C
- Caisson batterie chaude de 150 Kw alimenté en eau 90/70° C
- Caisson ventilateur de 18 600 m³/h

.../...

Echangeur à plaques en inox

Puissance : 80 Kw
Circuit primaire : eau glacée 8/13
Circuit secondaire : eau refroidie de 26° C à 10° C

Echangeur à plaques sur eau circuit bassin

Puissance : 240 Kw
Circuit primaire : eau chaude 30/35
Circuit secondaire : eau en provenance des bassins
Deux bâches dont une de 60 m3 avec revêtement
Pompes double circuit condenseur avec vannerie et appareil de mesure
Pompes double circuit évaporateur avec vannerie et appareil de mesure
Tuyauterie
Régulation
Gaines en acier galvanisé
Calorifuge

VII - INVESTISSEMENT

La réalisation d'une telle installation nécessiterait un investissement d'environ 720 000.00 F. H.T..

Ce chiffre représente le coût d'objectif et les honoraires du bureau d'études sont compris pour une mission du type M 5 dans le domaine , industrie avec une note de complexité de 4.

.../...

VIII - DESCRIPTION SOMMAIRE SOLUTION POMPE A CHALEUR SUR L'EAU
DU FORAGE

En plus de la solution pompe à chaleur travaillant en déshumidification une deuxième pompe à chaleur sur l'eau du forage permet d'assurer la substitution presque complète du gaz par l'électricité.

La pompe à chaleur en déshumidification couvre une partie des besoins en énergie, la deuxième pompe à chaleur permet de couvrir le reste des besoins.

L'eau en provenance du forage serait refroidie de 32° C à 15° C. Sur le condenseur à eau, une boucle d'eau serait réchauffée de 45° C à 55° C, cette eau alimenterait toutes les batteries chaudes des centrales de traitement d'air.

IX - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET PRINCIPAUX MATERIAUX DE L'INS-
TALLATION

Pompe à chaleur

Puissance froid	:	406 Kw
Puissance restituée	:	500 Kw
Puissance absorbée	:	94 Kw
Coefficient de performance	:	5,31

Règime de fonctionnement de la pompe à chaleur

Evaporateur	:	32/15° C
Condenseur	:	45/55° C
Débit d'eau nécessaire	:	20 m3/h (eau de forage)

Tuyauterie de liaisons en polyéthylène du forage à la piscine

Pompe de circulation

Régulation

Vannerie appareil de contrôle, appareil de mesure

Ballon d'eau chaude sanitaire

En fonction de l'analyse de l'eau du forage, il sera peut-être nécessaire de rajouter un échangeur à plaques en inox.

X - INVESTISSEMENTS

La réalisation d'une telle installation nécessiterait un investissement d'environ 1 250 000.00 F. H.T. avec la solution pompe à chaleur en déshumidification et la pompe à chaleur sur l'eau du forage.

Ce chiffre représente le coût d'objectif et les honoraires du bureau d'études sont compris pour une mission du type M 5 dans le domaine industrie avec une note de complexité de 4.

XI - BILAN D'EXPLOITATION

A - COUT D'UNE SAISON DE CHAUFFE AU PRIX ACTUEL DU KW.H

Prix du Kw.h gaz au 17/8/1981 = 0,144 F. TTC

=====

Soit sur la base d'une consommation de 7 500 000 Kw.h

7 500 000 x 0,144 = 1 080 000.00 F. TTC

.../...

B - COUT D'UNE SAISON DE CHAUFFE AVEC LA SOLUTION POMPE A CHALEUR
EN DESHUMIDIFICATION

Economie par rapport aux consommations actuelles : 4 800 000 Kw.h

Soit au prix du Kw.h gaz une économie financière de

$$4\ 800\ 000 \times 0,144 = 691\ 200,00 \text{ F. TTC}$$

Consommation en énergie électrique pour une saison de
chauffe = 500 000 Kw.h

Prix actuel du Kw.h électrique = 0,30 F. TTC

$$\text{Soit : } 500\ 000 \times 0,30 \text{ F} = 150\ 000,00 \text{ F. TTC}$$

$$\underline{\text{Economie}} \quad 691\ 200,00 - 150\ 000,00 = 541\ 200,00 \text{ F. TTC}$$

=====

Nous n'avons pas tenu compte des économies d'énergie dues à la suppression de deux centrales de traitement d'air et des extracteurs (centrale faux plafond = 11 Kw et centrale vestiaire et bar = 2,2 Kw). La puissance absorbée par les pompes évaporateurs et condenseurs sera largement compensée par la puissance absorbée de ces deux ventilateurs.

Le gain en énergie électrique sera de :

puissance absorbée pompes évaporateur et condenseur =

$$(2,2 \times 2) \times 350 \times 24 = 36\ 960 \text{ Kw.h}$$

.../...

Puissance absorbée par les ventilateurs et les extracteurs

$$13 \times 20 \times 350 = 91\ 000 \text{ Kw.h}$$

Economie

$$91\ 000 - 36\ 960 = 54\ 040 \text{ Kw.h}$$

=====

Economie

$$54\ 040 \times 0,3 = 16\ 212,00 \text{ F. TTC}$$

=====

Soit une économie totale

$$541\ 200,00 \text{ F} + 16\ 212,00 \text{ F} = \underline{557\ 412,00 \text{ F TTC}}$$

=====

Le surcoût de prime fixe pour une puissance souscrite de 50 Kw supplémentaire serait d'environ 10 000.00 Frs. soit :

$$547\ 412,00 \text{ F TTC}$$

=====

Soit coût d'une saison de chauffe au gaz naturel avec pompe à chaleur en déshumidification

$$522\ 588,00 \text{ F TTC}$$

=====

.../...

C - COUT D'UNE SAISON DE CHAUFFE AVEC POMPE A CHALEUR EN DESHUMIDIFICATION
ET POMPE A CHALEUR SUR L'EAU DU FORAGE

Sur la consommation totale d'une saison de chauffe soit
7 500 000 Kw.h gaz, il restera en consommation gaz
400 000 Kw.h.

Soit :

$$400\ 000 \times 0,144 = 57\ 600,00 \text{ F. TTC}$$

Consommation de la pompe à chaleur = 200 000 Kw.h électrique

Soit :

$$200\ 000 \times 0,3 = 60\ 000,00 \text{ F. TTC}$$

Soit coût d'une saison de chauffe = 117 600,00 F. TTC

0

Economie globale avec pompe à chaleur en déshumidification plus
pompe à chaleur sur l'eau du forage =

Consommations :

$$117\ 600,00 + 150\ 000,00 = 267\ 600,00 \text{ F. TTC}$$

Soit une économie totale

$$1\ 080\ 000,00 - 267\ 600,00 = 812\ 400,00 \text{ F. TTC}$$

Le surcoût de prime fixe pour une puissance souscrite de 100 Kw sup-
plémentaires serait d'environ 20 000,00 Frs.

$$\text{Soit } 812\ 400,00 - 20\ 000,00 = 792\ 400,00 \text{ F. TTC}$$

=====

.../...

Il faut rajouter à cette économie l'économie réalisée dans la solution pompe à chaleur en déshumidification sur l'énergie absorbée par les ventilateurs

soit 792 400.00 F + 16 212.00 F = 808 612.00 Frs.

=====

ECONOMIE COMPLEMENTAIRE

La nouvelle réglementation nous permet de réaliser des économies supplémentaires au niveau du poste d'eau de renouvellement.

Cette nouvelle réglementation qui impose un renouvellement minimum de 30 litres par personne ayant fréquenté l'établissement, nous permet une économie de 80 m³ par jour (en partant sur la base de 50 m³/jour en moyenne sur l'année).

Soit 80 m³ x 350 = 28 000 m³/an

Soit sur la base de 3,20 Frs le m³ (y compris taxe d'assainissement) prix communiqué par l'exploitant de la piscine, une économie supplémentaire de

28 000 x 3,2 = 89 600.00 F

Le système pompe à chaleur proposé permettrait en plus un nettoyage journalier des filtres à sable avec les 50 m³ stockés dans la journée.

NOTE IMPORTANTE

Tous les calculs ont été effectués sur la base des données fournies par l'exploitant de la piscine. Notre bureau d'études engage sa responsabilité dans la mesure où ces renseignements correspondent à la réalité.

.../...

T A B L E A U R E C A P I T U L A T I F

NATURE DES TRAVAUX	INVESTISSEMENTS	ECONOMIE	ECONOMIE EN TEP	RAPPORT INVESTISSEMENTS TEP
I - INSTALLATION D'UNE POMPE A CHALEUR EN DESHUMIDIFICATION	720 000.00 F HT	547 412.00 F TTC	300 TEP	2 400 F / TEP
II - INSTALLATION D'UNE POMPE A CHALEUR EN DESHUMIDIFICATION ET POMPE A CHALEUR SUR L'EAU DU FORAGE	1 250 000.00 F HT	808 612.00 F TTC	448 TEP	2 790 F / TEP

Les montants de consommations ont été comparés toutes taxes comprises car la T. V. A. n'est pas récupérable dans ce cas.

ANNEXE 4

ETUDE CENTRALE D'ENERGIE CHR DE METZ ET PISCINE
OLYMPIQUE LOTHAIRE

(Réalisée par le Cabinet GUYOT)

CHAUFFAGE - CLIMATISATION - REGULATION - ISOLATION THERMIQUE - ACOUSTIQUE
ECONOMIES D'ENERGIE -- CHAUFFAGE SOLAIRE

B.
GUYOT

INGENIEUR I.S.I.N.

EXPERT près la Cour d'Appel de Nancy

Membre de la Chambre des Thermiciens de l'Est
et de la C.I.C.F. Equipements Techniques

CENTRALE D'ENERGIE - C.H.R. DE METZ
ET PISCINE OLYMPIQUE LOTHAIRE

ETUDE DE FAISABILITE

Bouxières le 15 juin 1982.

S O M M A I R E

- 1 - OBJET

- 2 - CONSOMMATION EN ENERGIE PREVISIONNELLE
 - A - C.H.R. :
 - a) hypothèse 1
 - b) hypothèse 2

 - B - PISCINE :

 - C - RECAPITULATION :

- 3 - CALCUL DES PUISSANCES :
 - A - PUISSANCE DEJA INSTALLEE A LA PISCINE

 - B - HYPOTHESE 1
 - a) pompe à chaleur
 - b) chaudières gaz à condensation
 - c) chaudières gaz

 - C - HYPOTHESE 1' :
 - a) pompe à chaleur
 - b) chaudières gaz à condensation
 - c) chaudières gaz

 - D - HYPOTHESES 2 et 2' :

 - E - TABLEAU RECAPITULATIF :

- 4 - DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA TECHNIQUE ENVISAGEE
 - A - POMPE A CHALEUR :

 - B - CHAUDIERES GAZ A CONDENSATION :

 - C - CHAUDIERES GAZ :

 - D - REGULATION :

E - PRODUCTION E.C.S. :

F - LIAISONS HYDRAULIQUES CENTRALE D'ENERGIE-C.H.R-PISCINE :

5 - CONSOMMATION PREVISIONNELLE D'EAU DE FORAGE :

6 - BILAN D'EXPLOITATION PREVISIONNEL

A - HYPOTHESE 1

B - HYPOTHESE 1'

C - HYPOTHESE 2 et 2'

7 - BILAN FINANCIER

A - HYPOTHESE 1

B - HYPOTHESE 1'

C - HYPOTHESE 2 et 2'

D - COMMENTAIRES SUR LES BILANS D'EXPLOITATION

8 - INVESTISSEMENTS

A - SITUATION ACTUELLE

B - HYPOTHESE 1

C - HYPOTHESE 1'

D - HYPOTHESE 2 et 2'

E - TABLEAU RECAPITULATIF

9 - CONCLUSIONS

10 - ANNEXES TECHNIQUES

B - PISCINE :

Si la piscine n'est pas équipée d'une pompe à chaleur en déshumidification, les consommations en énergie sont la moyenne des trois dernières années = Facturation GAZ DE FRANCE, kW.h PCS soit :

année 1977 - 7 432 614 kW.h

année 1978 - 8 351 739 kW.h

année 1979 - 7 343 206 kW.h

soit une consommation moyenne annuelle de 7 700 000 kW.h PCS ou 7 000 000 kW.h PCI.

Si la piscine est équipée d'une pompe à chaleur en déshumidification, y compris les travaux annexes, la consommation restante a été estimée à :

2 700 000 kW.h PCI ou 2 970 000 kW.h PCS.

3 - CALCUL DES PUISSANCES :

La solution technique choisie mettra en oeuvre les énergies suivante (électricité pour les pompes à chaleur) :

A - PUISSANCE DEJA INSTALLEE EN CHAUFFERIE PISCINE :

A l'heure actuelle, la puissance installée en chaufferie à la piscine est de 2 chaudières :

Marque : VIESSMANN

Type : PAROMAT E 13052 - 58

Puissance unitaire : 2000 t/h = 2 326 kW.

Puissance totale unitaire : = 4 352 kW.

B - HYPOTHESE 1 :

a) Pompe à chaleur :

Pour cette solution, la puissance des différents appareils serait la suivante :

Puissance pompe à chaleur = 4 300 kW

soit par exemple, deux fois 2 150 kW ou 4 fois 1 075 kW ou plusieurs machines de puissance différentes. Nous ne pourrions déterminer avec précision le nombre et la puissance qu'au stade ultérieur de l'étude. Nous rechercherons un optimum coût-performance-fiabilité.

b) chaudière gaz à condensation :

La puissance totale des chaudières gaz à condensation serait de : 3 000 kW soit par exemple deux fois 1 500 kW.

c) Chaudière gaz :

Pour permettre un secours total de l'énergie électrique, nous ajouterons aux deux fois 2 326 kW de puissance déjà installée, une troisième chaudière de 2 348 kW

soit un total de : 7 000 kW.

Soit en ajoutant la puissance des chaudières gaz à condensation une puissance totale de 10 000 kW.

Cette solution permettra de secourir intégralement et à 100 % le C.H.R. et la piscine olympique.

C - HYPOTHESE 1' :

a) Pompe à chaleur :

Pour cette solution, la puissance des différents appareils serait la suivante :

Puissance pompe à chaleur : 3 500 kW

soit par exemple deux fois 1 750 kW ou quatre 875 kW qui pourraient être dans ce cas : quatre machines d'un compresseur semi hermétique à piston ou plusieurs machines de puissances différentes.

Nous ne pourrions déterminer avec précision le nombre et la puissance qu'au stade ultérieur de l'étude. Nous recherchons un optimum coût-performances-fiabilité.

b) Chaudière gaz à condensation :

La puissance totale des chaudières gaz à condensation serait de : 2 000 kW soit par exemple deux fois 1000 kW.

c) Chaudière gaz :

Pour permettre un secours total de l'énergie électrique nous ajoutons aux deux fois 2 326 kW de puissance déjà installée, une troisième chaudière de 2 348 kW

soit au total : 7 000 kW.

soit en ajoutant la puissance des chaudières gaz à condensation une puissance totale de : 9 000 kW.

D - En ce qui concerne les hypothèses 2 et 2', l'incidence sur les puissances de la production d'eau chaude sanitaire étant négligeable, nous n'allons pas en tenir compte.

En effet, nous avons choisi de produire l'eau chaude sanitaire en semi-accumulation ou accumulation.

E - TABLEAU RECAPITULATIF DES PUISSANCES A INSTALLER

(Voir tableau page 5).

4 - DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA TECHNIQUE ENVISAGEE :

A - POMPE A CHALEUR :

La source froide alimentant les pompes à chaleur serait l'eau en provenance du forage AMOS situé à proximité de la piscine et de l'emplacement prévu pour le C.H.R.

Ce forage est existant et nous rappelons pour mémoire les caractéristiques de l'eau (document de référence : pompage d'essai du 8 au 11 septembre 1981)

- Température de l'eau en tête du forage = 31°C
- Débit maximum artésien mesuré = 240 m³/h pour un rabattement de 50 m

Cette eau sera refroidie par l'intermédiaire d'un échangeur à plaques qui sera alimenté par le circuit évaporateur des pompes à chaleur.

Nous avons considéré que cette eau serait à 30°C à l'entrée de l'échangeur à plaques.

E - TABLEAU RECAPITULATIF DES PUISSANCES A INSTALLER

DESIGNATION	PUISSANCE POMPE A CHALEUR	PUISSANCE CHAUDIERE GAZ A CONDENSATION	PUISSANCE CHAUFFERIE PISCINE ACTUELLE	PUISSANCE CHAUDIERE D'APPOINT	PUISSANCE TOTALE GAZ INSTALLEE
HYPOTHESE 1	4 300 kW	3 000 kW	4 652 kW	2 348 kW	10 000 kW
HYPOTHESE 1'	3 500 kW	2 000 kW	4 652 kW	2 348 kW	9 000 kW
HYPOTHESE 2	4 300 kW	3 000 kW	4 652 kW	2 348 kW	10 000 kW
HYPOTHESE 2'	3 500 kW	2 000 kW	4 652 kW	2 348 kW	9 000 kW

Le régime de fonctionnement de l'échangeur à plaques serait de 28°C à 10°C. L'eau du forage serait refroidie de 30°C à 12°C.

Le débit d'eau de forage sera variable et correspondra aux puissances à restituer par la pompe à chaleur. Nous avons fait une estimation des débits d'eau de forage nécessaires pour les deux hypothèses. Ces débits ont été calculés sur la saison de chauffe sans intégrer les consommations des blocs opératoires du C.H.R. En effet, nous ne connaissons pas actuellement la fréquence et la durée de fonctionnement des blocs.

Compte tenu du coefficient de performance des pompes à chaleur nous avons intérêt à les faire fonctionner au maximum et donc en inter-saison de couvrir les besoins des blocs opératoires avec les pompes à chaleur. La consommation d'eau de forage pour les blocs opératoires n'est pas intégrée sur les graphiques.

L'été, l'eau chaude sanitaire sera produite par les pompes à chaleur pour les hypothèses 1 et 1'. Nous pourrions également envisager de fournir au C.H.R. du kW.h froid en été. Nous n'avons pas à l'heure actuelle, suffisamment d'éléments pour envisager cette possibilité.

B - CHAUDIERE GAZ A CONDENSATION :

Ce type de chaudière permet de récupérer une grande partie de l'énergie contenue dans les fumées et donc d'augmenter considérablement les rendements. Cette augmentation de rendement est dû notamment à une récupération de chaleur sensible des fumées

- température des fumées sur un générateur normal :
= de 200 à 250°C
- température des fumées sur un générateur à condensation :
= environ 100 °C.

et à une récupération de chaleur latente par condensation de la vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion.

Pour une température de retour de 40°C, le rendement du générateur peut atteindre 105% de rendement sur PCI. Plus la température de retour est basse, plus le rendement augmente.

Il existe également d'autres techniques qui permettent de faire un préchauffage de l'air comburant au moyen d'un échangeur massique et thermique constitué principalement d'un laveur de fumées et d'un laveur d'air comburant fonctionnant en circuit fermé.

Ces chaudières seront mises en route dès que la puissance disponible au condenseur de la pompe à chaleur ne sera plus suffisante. Ces chaudières remplaceront également les pompes à chaleur pendant les délestages des heures de pointe E.O.F.

C - CHAUDIÈRES GAZ :

En plus des deux chaudières gaz existantes à la piscine, une troisième chaudière gaz sera installée et permettra de secourir intégralement la piscine et le C.H.R. en cas de problème sur les pompes à chaleur. Ces générateurs ne fonctionneront que pour les températures extérieures inférieures à 0°C.

Le nombre d'heures de fonctionnement de ces chaudières par saison de chauffe sera minime.

D - REGULATION :

La régulation serait du type à débit constant et température variable. Le régime de fonctionnement sera de 40/60°C pour une température extérieure de -15°C. La température de départ évoluera en fonction des conditions climatiques.

La régulation de l'ensemble de la centrale d'énergie sera gérée par l'intermédiaire d'un automate programmable.

E - PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE :

La production d'eau chaude sanitaire pour la piscine et le C.H.R. soit environ 90 m³ par jour sera faite par accumulation. Cette eau chaude sanitaire sera préparée par les pompes à chaleur en inter-saison et en été. En hiver, quand les pompes à chaleur fonctionneront à pleine charge, elle sera préparée par les chaudières gaz à condensation.

F - LIAISON HYDRAULIQUE CENTRALE D'ENERGIE-C.H.R - PISCINE :

Les liaisons hydrauliques entre la centrale d'énergie, le C.H.R. et la piscine, seront exécutées en tube fonte ductile pré-isolé en fouille.

Dans le cas où le C.H.R. serait également alimenté en eau glacée, le réseau d'eau glacée sera dimensionné de la même manière que le réseau d'eau chaude et permettra de disposer d'un double réseau de distribution et d'assurer dans ces conditions, un secours intégral.

La technique envisagée sera décrite en détails dans la phase avant-projet sommaire.

5 - CONSOMMATION ANNUELLE D'EAU DE FORAGE ;

Pour calculer le débit théorique d'eau de forage, nous avons pris les hypothèses suivantes :

- fonctionnement de la pompe à chaleur pour couvrir une partie des besoins du C.H.R. et de la piscine olympique
- nous n'avons pas tenu compte des délestages des heures de pointe pour le calcul de la consommation d'eau de forage (480 heures)
- nous n'avons pas tenu compte des consommations dûes au fonctionnement des pompes à chaleur en inter-saison pour couvrir une partie des besoins des blocs opératoires. Nous ne possédons pas à l'heure actuelle, suffisamment d'éléments pour intégrer ce fonctionnement dans les calculs.
- nous avons effectué les calculs pour les hypothèses 1 et 1'.
HYPOTHESE 1 : Pompes à chaleur centrifuges de 2 x 2 150 kW
HYPOTHESE 1' : Pompes à chaleur avec compresseur à piston de 4 x 875 kW

Les résultats sont les suivants :

<u>HYPOTHESE 1 :</u>	<u>HYPOTHESE 2 :</u>
Consommation théorique en eau de forage : 600 000 m ³	580 000 m ³
énergie thermique prélevée sur l'eau 12 560 400 kW.h (voir graphique en annexe)	12 141 720 kW.h
<u>HYPOTHESE 1' :</u>	<u>HYPOTHESE 2' :</u>
Consommation théorique en eau de forage : 420 000 m ³	400 000 m ³
énergie thermique prélevée sur l'eau 8 792 280 kW.h (voir graphique en annexe)	8 373 600 kW.h

Dans les deux cas, le débit d'eau nécessaire sera supérieur à ces valeurs et donc l'énergie prélevée sur l'eau du forage aussi.

Ces valeurs vont nous donner des résultats de bilan d'exploitation pessimistes. Le bilan d'exploitation sera refait au stade de l'A.P.S.

6 - BILAN D'EXPLOITATION PREVISIONNEL :

Dans tous les bilans d'exploitation qui suivent, nous avons choisi de délester les heures de pointe E.D.F. Nous rappelons pour mémoire que la période de pointe E.D.F dure quatre mois. Les heures de pointe sont de 9h à 11h et de 18h à 20h.

A - HYPOTHESE 1 :

a) Pompe à chaleur compresseur centrifuge :

		ENERGIE ELECTRIQUE	ENERGIE RESTITUEE PAC.
JANVIER	=	545 393 kW.h	2 409 481 kW.h
FEVRIER	=	461 915 kW.h	2 020 182 kW.h
MARS	=	490 287 kW.h	2 109 647 kW.h
AVRIL	=	357 362 kW.h	1 510 354 kW.h
MAI	=	164 845 kW.h	655 370 kW.h
SEPTEMBRE	=	110 401 kW.h	427 028 kW.h
OCTOBRE	=	349 153 kW.h	1 473 738 kW.h
NOVEMBRE	=	443 523 kW.h	1 909 632 kW.h
DECEMBRE	=	519 217 kW.h	2 276 065 kW.h
		<hr/>	<hr/>
total		3 442 096 kW.h [*]	13 791 497 kW.h

* Il est important de noter que ces bilans d'exploitation ont été effectués grâce à une première sélection de machines avec des hypothèses pessimistes. Le coefficient de performance réel devait être meilleur compte tenu des critères définis.

b) Chaudières gaz à condensation :

Pour simplifier les bilans d'exploitation, les chaudières gaz à condensation nous permettront d'assurer l'intégralité du chauffage des blocs opératoires et la production d'eau chaude sanitaire et une partie des consommations piscine en inter-saison

soit une consommation globale de : 7 210 000 kW.h PCS.

c) Chaudière gaz :

Les chaudières gaz fourniront le reste de l'énergie avec un rendement de combustion de 80 % soit : 3 208 000 kW.h PCS.

d) Remarque :

Le bilan d'exploitation présenté est pessimiste. En effet, les pompes à chaleur et les chaudières gaz à condensation, fonctionneront plus longtemps et devraient permettre d'avoir un bilan d'exploitation beaucoup plus favorable. Ce bilan sera calculé d'une manière plus précise au stade ultérieur de l'étude. Il sera encore plus favorable si nous rendons également du kW.h froid.

B - HYPOTHESE 1' :

a) Pompe à chaleur compresseur à piston :

	ENERGIE ELECTRIQUE ABS. PAC	ENERGIE RESTITUEE PAC
JANVIER	362 700 kW.h	1 709 804 kW.h
FEVRIER	295 940 kW.h	1 395 086 kW.h
MARS	303 220 kW.h	1 429 220 kW.h
AVRIL	195 486 kW.h	921 540 kW.h
MAI	86 215 kW.h	406 411 kW.h
SEPTEMBRE	56 668 kW.h	267 139 kW.h
OCTOBRE	198 462 kW.h	946 623 kW.h
NOVEMBRE	268 205 kW.h	1 264 346 kW.h
DECEMBRE	332 973 kW.h	1 569 686 kW.h
TOTAL	2 099 869 kW.h *	9 909 848 kW.h

* Le coefficient de performance des machines pris en compte résulte d'une sélection très précise d'une affaire en cours avec les mêmes conditions de fonctionnement.

b) Chaudière gaz à condensation :

Pour simplifier les bilans d'exploitation, les chaudières gaz à condensation nous permettront d'assurer partiellement les besoins du chauffage du bloc opératoire, la production d'eau chaude sanitaire intégralement et une partie des consommations piscine en inter-saison.

soit une consommation globale de : 5 100 000 kW.h PCS

c) Chaudières gaz :

Les chaudières gaz fourniront le reste de l'énergie avec un rendement de combustion de 80 % soit : 5 100 000 kW.h.

C - HYPOTHESES 2 et 2' :

Pour chacune de ces solutions, il faut retrancher aux consommations des chaudières gaz à condensation : 1 331 000 kW.h PCS.

TABLEAU RECAPITULATIF

DESIGNATION	CONSOMMATION ELECTRIQUE PAC	CONSOMMATION CHAUDIERE GAZ A CONDENSATION	CONSOMMATION CHAUDIERE GAZ
HYPOTHESE 1	3 442 096 kw.h	7 210 000 kw.h PCS	3 208 000 kw.h PCS
HYPOTHESE 1'	2 099 869 kw.h	5 100 000 kw.h PCS	5 100 000 kw.h PCS
HYPOTHESE 2	3 442 096 kw.h	5 879 000 kw.h PCS	3 208 000 kw.h PCS
HYPOTHESE 2'	2 099 869 kw.h	3 769 000 kw.h PCS	5 100 000 kw.h PCS

7 - BILAN FINANCIER :

- COUT DES DIFFERENTES SOURCES D'ENERGIE :

a) Réseau de chauffage URBAIN UEM au 8/08/1981

Prix du kW.h = 0,13863 Frs H.T.

Prime fixe annuelle au kW souscrit : 69,19 Frs H.T.

b) Gaz naturel au 8/08/1981 :

Prix du kW.h = 0,1224 Frs H.T.

Prime fixe annuelle = 1 936,08 Frs H.T.

c) Electricité au 8/08/1981 :

Hiver :

Heure pleine : 0,3434 Frs H.T.

Heure creuse : 0,1764 Frs H.T.

soit un tarif moyen de : 0,2766 Frs H.T.

Eté :

Heure pleine : 0,1820 Frs H.T.

Heure creuse : 0,1124 Frs H.T.

soit un tarif moyen de : 0,1588 Frs H.T.

Prime fixe annuelle au kW souscrit : 205,14 Frs H.T.

Coefficient de correction : 0,44

- COUT DE LA SAISON DE CHAUFFE AVEC LE SYSTEME ACTUEL :

a) C.H.R. :

Puissance souscrite :

69,19 x 7924

= 548 261,00 Frs H.T

Consommation prévisionnelle :

15 940 000 kW.h x 0,13 863

= 2 209 762,20 Frs H.T

COUT TOTAL DE LA SAISON DE CHAUFFE

= 2 758 023,20 Frs H.T

= 3 243 435,30 Frs TTC

=====

b) PISCINE :

7 700 000 kW.h x 0,1224

= 942 480,00 Frs H.T

prime fixe

= 1 936,08 Frs H.T

COUT TOTAL DE LA SAISON DE CHAUFFE

= 944 416,08 Frs H.T

= 1 110 633,30 Frs TTC

=====

SOIT UN COUT GLOBAL DE 4 354 068,60 Frs TTC

=====

HYPOTHESE 1 :

- Pompe à chaleur

cout des consommations électriques en tarification hiver :
1 970 048 kW.h x 0,2766 = 544 915,28 Frs H.T

coût des consommations électriques en tarification été :
1 472 048 kW.h x 0,1588 = 233 761,22 Frs H.T

consommations des auxiliaires :

hiver : 86 300 kW.h x 0,2766 = 23 898,24 Frs H.T

été : 95 040 kW.h x 0,1588 = 15 092,35 Frs H.T

Prime fixe :

(985 x 0,44) x 205,15 = 88 912,01 Frs H.T

COUT TOTAL ELECTRICITE = 906 579,10 Frs H.T

soit = 1 066 137,00 Frs TTC

- Chaudière gaz à condensation :

7 210 000 kW.h PCS x 0,1224 = 882 504,00 Frs H.T

Prime fixe = 1 936,08 Frs H.T

TOTAL = 884 440,08 Frs H.T

soit = 1 040 101,50 Frs TTC

- Chaudière gaz :

3 208 000 kW.h PCS x 0,1224 = 392 659,20 Frs H.T

soit = 461 767,22 Frs TTC

COUT TOTAL SAISON DE CHAUFFE 2 568 005,70 Frs TTC

JULY 11

HYPOTHESE 1'

- pompe à chaleur :

cout des consommations électriques en tarification hiver :
1 259 818 kW.h x 0,2766 = 348 465,66 Frs H.T

Coût des consommations électriques en tarification été :
840 051 kW.h x 0,1588 = 133 400,10 Frs H.T

Coût des consommations électriques des
auxiliaires :

Hiver : 57 600 kW.h x 0,2766 = 15 932,16 Frs H.T

Eté : 63 360 kW.h x 0,1588 = 10 061,56 Frs H.T

Prime fixe
(746 x 0,44) x 204,15 = 68 963,22 Frs H.T

COUT TOTAL ELECTRICITE 576 822,70 Frs H.T

soit 678 343,50 Frs TTC

- chaudière gaz à condensation :

5 100 000 kW.h x 0,1224 = 624 240,00 Frs H.T

prime fixe annuelle = 1 936,08 Frs H.T

TOTAL = 626 176,08 Frs H.T

736 383,07 Frs TTC

- chaudière gaz :

5 100 000 kW.h x 0,1224 = 624 240,00 Frs H.T

= 734 106,24 Frs TTC

COUT TOTAL SAISON DE CHAUFFE = 2 148 852,80 Frs TTC

A ce montant il convient d'ajouter l'énergie électrique absorbée par
la pompe à chaleur en déshumidification soit = 160 000,00 Frs TTC

HYPOTHESE 2 et 2'

Pour obtenir les bilans d'exploitation prévisionnels de ces deux
hypothèses, il suffit de retrancher au bilan d'exploitation de
l'hypothèse 1 et 1' un montant de :

1 331 000 x 0,1224 = 162 914,40 Frs H.T. = 191 587,33 Frs TTC

Soit respectivement :

HYPOTHESE 2 : cout de la saison de chauffe = 2 376 418,40 Frs TTC

HYPOTHESE 2' : Cout de la saison de chauffe = 1 957 245,50 Frs TTC

D - COMMENTAIRE SUR LES BILANS D'EXPLOITATION

Les bilans d'exploitation ont été réalisés avec des hypothèses très pessimistes. en réalité, nous allons diminuer les consommations de gaz naturel sur les chaudières gaz et les remplacer par du kW.h électriques en priorité et par du kW.h gaz sur les chaudières gaz à condensation.

En effet, nous avons intérêt en inter-saison à faire fonctionner au maximum les pompes à chaleur et ensuite les chaudières gaz à condensation.

Au stade ultérieur de l'étude, nous pourrons affiner ces bilans d'exploitation.

Nous pensons que l'économie financière supplémentaire devra représenter de 15 à 20 % de plus que les chiffres annoncés. L'économie sera encore plus importante si nous fournissons au C.H.R. du kW.h froid l'été.

B - INVESTISSEMENTS :

A - SITUATION ACTUELLE :

Par rapport à la situation prévue au niveau du C.H.R., nous aurons en moins le montant représenté par l'installation d'une sous-station de 1ere catégorie.

Nous pensons que la plus value demandée par la Sté SODETEG dans son document du 4 mai 1982, quant à l'agrandissement des locaux techniques n'est pas très réaliste. En effet, le fait d'alimenter une batterie en eau 40/60°C à la place de 90/70°C, représente une augmentation du caisson batterie d'environ 0,30 m.

Nous allons donc considérer que le 648 000,00 Frs supplémentaires seront compensés par la suppression de la sous-station UEM.

B - HYPOTHESE 1

Les investissements nécessaires pour réaliser la centrale d'énergie et les liaisons entre le C.H.R., la centrale d'énergie et la piscine, les liaisons entre le forage d'aspiration, la centrale d'énergie et le forage de réinjection ont été estimés à 6 000 000,00 Frs H.T. (valeur Mai 1982) y compris le bâtiment centrale d'énergie et les honoraires du concepteur. Le taux de tolérance est de 10 % .

C - HYPOTHESE 1'

Les investissements nécessaires pour réaliser la centrale d'énergie et les liaisons entre le C.H.T., la centrale d'énergie et la piscine, les liaisons entre le forage d'aspiration, la centrale d'énergie et le forage de réinjection ont été estimés à 5 200 000,00 Frs H.T. (valeur MAI 1982) y compris les investissements pompe à chaleur en déshumidification.

D - HYPOTHESES 2 et 2'

Pour obtenir les investissements nécessaires à ces deux solutions, il faut retrancher des investissements, les investissements nécessaires à la production d'eau chaude sanitaire soit : 600 000,00 Frs H.T. (Valeur MAI 1982.).

E - TABLEAU RECAPITULATIF
(voir page 17)

9 - CONCLUSIONS

Cette étude a été faite pour permettre de vérifier la faisabilité du projet. Les économies financières qui découlent des différentes solutions sont très pessimistes. En effet, pour effectuer un bilan d'exploitation correct, il faut simuler entièrement une saison de chauffe et recueillir un maximum d'éléments concernant le fonctionnement des blocs opératoires. Les économies financières réelles devraient être de 20 % supérieures aux économies annoncées.

Cette précision sera apportée au stade ultérieur de l'étude.

* dans les frais d'exploitation, nous avons pris en compte les prestations d'entretien supplémentaire pour la pompe à chaleur et les chaudières

* nous avons rajouté les investissements nécessaires à l'installation d'une pompe à chaleur en déshumidification.

TABLEAU RECAPITULATIF

=====

BILAN D'EXPLOITATION FINANCIER.-

DESIGNATION	COUT D'UNE SAISON DE CHAUFFE T.T.C.	FRAIS D'EXPLOITATION P2 T.T.C.	ECONOMIE FINANCIERE T.T.C.	SURINVESTISSEMENTS H.T.
Solution UEM + Gaz avec piscine	4 354 068,60 Frs	-	-	-
SOLUTION 1	2 568 005,70 Frs	150 000,00 Frs	1 636 062,90 Frs	6 000 000,00 Frs
SOLUTION 1'	2 308 832,80 Frs	150 000,00 Frs	1 895 235,20 Frs	6 000 000,00 Frs *
SOLUTION UEM + Gaz avec piscine sans production d'E.C.S. pour C.H.R.	4 156 803,70 Frs	-	-	-
SOLUTION 2	2 376 418,40 Frs	150 000,00 Frs	1 630 385,30 Frs	5 400 000,00 Frs
SOLUTION 2'	1 957 245,50 Frs	150 000,00 Frs	2 049 558,20 Frs	5 400 000,00 Frs *

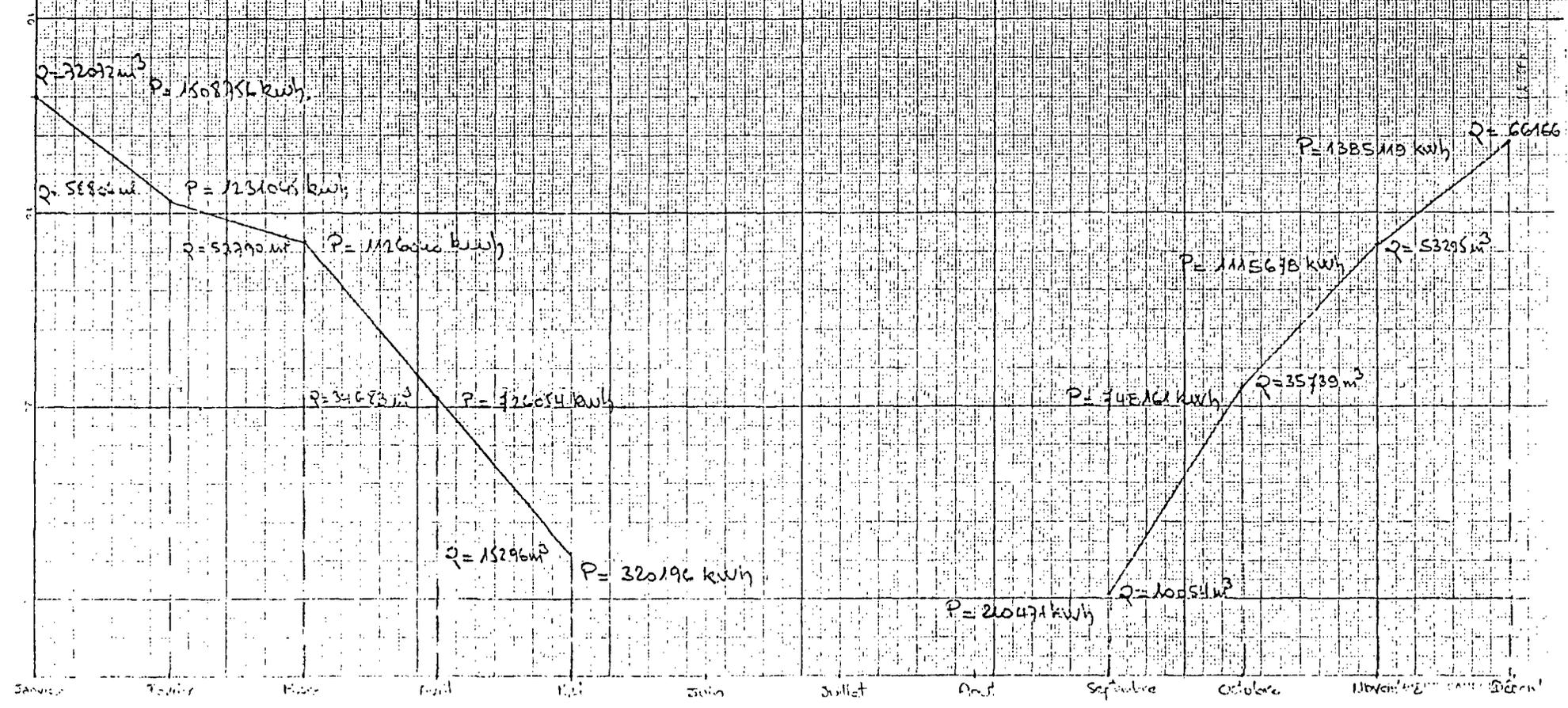
CONSOMMATION PREVISIONNELLE ET PUISSANCE THERMIQUE
PRELEVEE SUR L'EAU DE FORAGE

MOIS	POMPE A PISTONS		POMPE CENTRIFUGE	
	Q m3	P kWh	Q m3	P kWh
JANVIER	72 072	1 508 756	99 732	2 087 780
FÉVRIER	58 806	1 231 045	83 369	1 745 237
MARS	53 790	1 126 040	77 356	1 619 360
AVRIL	34 683	726 054	55 078	1 152 993
MAI	15 296	320 196	23 432	490 526
SEPTEMBRE	10 054	210 471	15 125	316 627
OCTOBRE	35 739	748 161	53 721	1 124 585
NOVEMBRE	53 295	1 115 678	78 439	1 642 042
DECEMBRE	66 166	1 385 119	93 994	1 967 670
TOTAL	399 901	8 371 520	580 246	12 146 820

GRAPHIQUE DES CONSOMMATIONS EN EAU

(Compresseur à Pistons)

P = Energie thermique prélevée sur l'eau de forage



GRAPHIQUE DES CONSOMMATIONS EN EAU

(Compresseur centrifuge)

P = Energie thermique prelevée sur l'eau de forage

