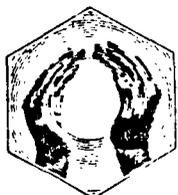




BRGM



A.F.M.E.

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE**
Délégation Régionale d'Ile-de-France

**EXAMEN DES OPÉRATIONS GÉOTHERMIQUES
D'ILE-DE-FRANCE**

**PARTIE SOUS-SOL
Champigny**

Gilbert BRETTE

87 SGN 539 SIE

Introduction

1. Situation géographique

2. Réalisation des forages

3. Importance des zones productives

4. Description des installations de la boucle géothermale

5. Observations sur le fonctionnement des installations de la boucle géothermale

5.1 Mise en service

5.2 Principaux incidents de fonctionnement

5.3 Taux de disponibilité

5.4 Problèmes de corrosion et de dépôts

5.4.1 Problèmes de dépôts

5.4.1.1 Dans les équipements de surface

5.4.1.2 Dans les forages

5.4.1.3 Evaluation des risques de dépôts

5.4.2 Problèmes de corrosion

5.4.3 Réhabilitation et essais d'additifs

6. Fourniture d'énergie géothermale

7. Evolution des débits

8. Consommation d'énergie de la boucle géothermale

8.1 Consommation annuelle

8.2 Puissance absorbée

9. Comptes d'exploitation prévisionnels

9.1 Hypothèse optimiste

9.2 Hypothèse pessimiste

10. Conclusion

LISTE DES FIGURES

1. Plan de situation
2. Coupe technique des forages
3. Répartition des zones productives
4. Schéma d'installation de la boucle géothermale
5. Energie géothermale fournie
6. Relation Débit-HMT
7. Puissance électrique totale absorbée par les pompes géothermales

LISTE DES TABLEAUX

1. Caractéristiques hydrogéologiques
2. Liste des principaux incidents de fonctionnement
3. Dépenses d'exploitation de la boucle géothermale - Hypothèse optimiste
4. Dépenses d'exploitation de la boucle géothermale - Hypothèse pessimiste

INTRODUCTION

Le présent document s'inscrit dans le cadre de l'audit sur les situations techniques et économiques des opérations géothermiques du Bassin parisien.

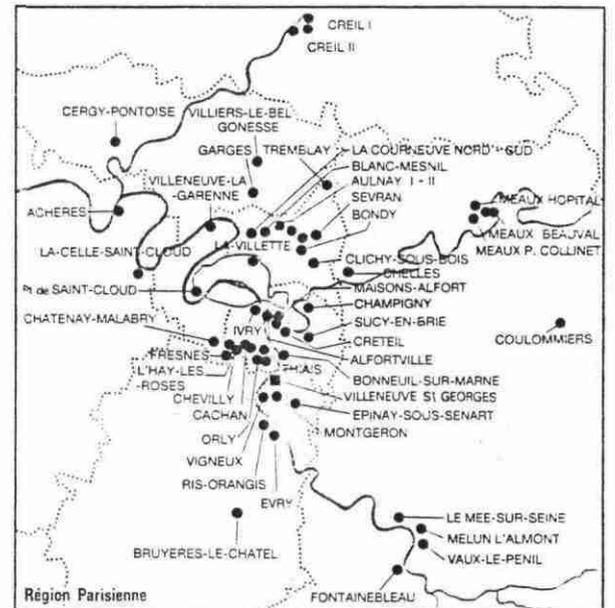
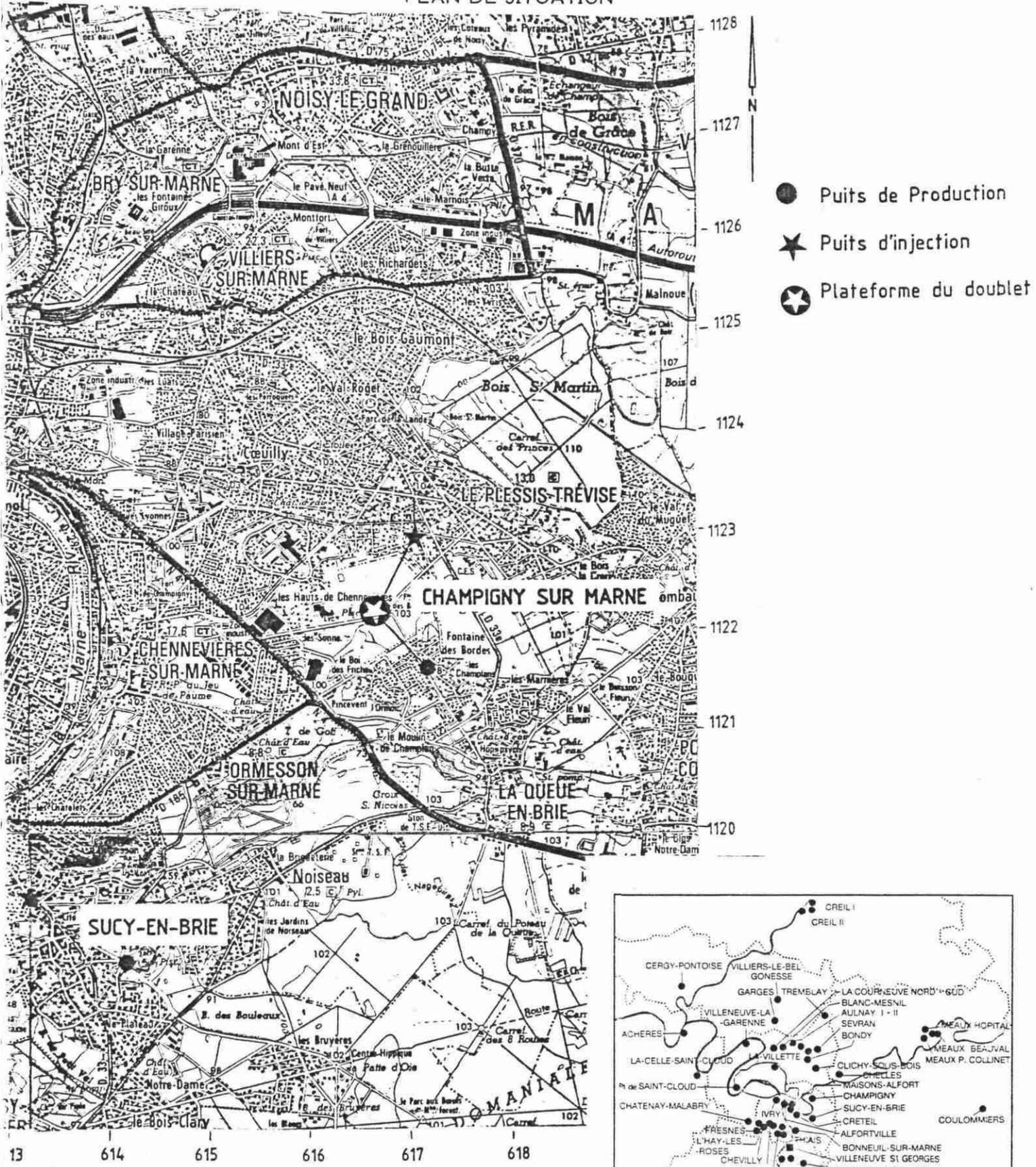
Il analyse le fonctionnement actuel des boucles géothermales et, après avoir fait certaines hypothèses de fonctionnement futur, définit différents coûts à intégrer dans le compte d'exploitation prévisionnel de l'opération.

Un travail similaire est réalisé par un bureau d'études "surface" pour la boucle géothermique, tandis qu'un autre bureau examine la situation économique, financière et juridique de l'ensemble de l'opération.

L'énergie géothermale est exploitée à Champigny sur Marne (94) par un seul doublet (sur les 2 prévus initialement), le maître d'ouvrage étant la commune et l'exploitant étant la Cofreth.

Figure 1.

PLAN DE SITUATION



1. Situation géographique

Le doublet dit de Champigny sur Marne se situe en fait à l'extérieur de cette commune et est implanté sur le territoire de Chennevières sur Marne, au lieu-dit Ferme des Bordes (cf. figure 1). Il dessert principalement des logements situés à Champigny mais aussi des HLM bâtis à Chennevières.

La plateforme de forages et la centrale géothermale située à proximité disposent d'une aire largement dimensionnée, et ne sont pas à proximité immédiate de groupe d'habitations.

Il y aura donc de faibles contraintes d'environnement en cas de nécessité de réhabilitation de puits, par exemple.

La situation de la centrale ne prédispose pas à une inondation du local.

Sur le plan régional, le doublet de Champigny se situe à l'Est d'une concentration d'opérations géothermiques (cf. cartouche de la figure 1)

2. Réalisation des forages

Les travaux de forages se sont achevés en mars 1985. Les 2 forages du doublet ont été réalisés en déviation (cf. figure 2).

Commentaires :

- les forages n'ont pas été réalisés en petit diamètre : le forage d'injection a été foré en 8"½ dans l'aquifère et tubé en 9"5/8.

Le forage de production a cependant été foré en 6" dans l'aquifère mais dispose d'un tubage 9"5/8 sur 48% de la hauteur tubée sous la chambre de pompage.

Les diamètres plus importants sont moins sensibles aux phénomènes perturbateurs liés aux dépôts : les pertes de charge y apparaissent moins vite et y croissent moins rapidement (elles varient sensiblement en proportion inverse du diamètre à la puissance 5).

Figure 2.

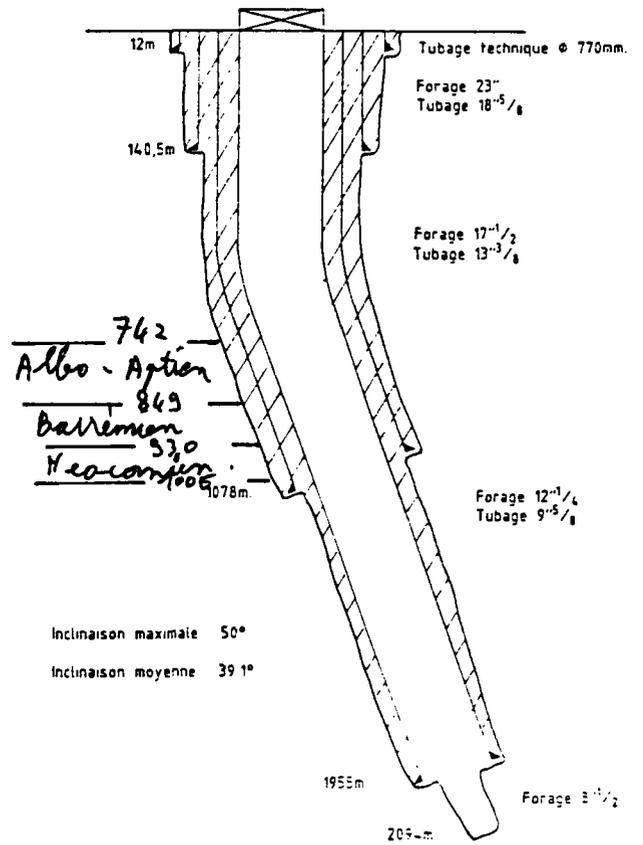
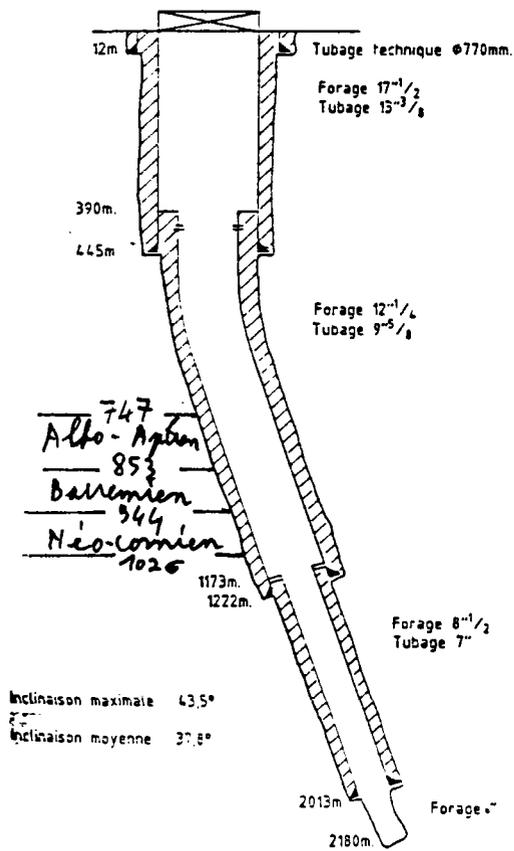
COUPES TECHNIQUES DES FORAGES

PRODUCTION

INJECTION

GCHM - 1

GCHM - 2



D'après document BRGM

- la "poubelle à sédiments", sous les derniers niveaux producteurs, paraît suffisamment dimensionnée : 1,2 m³ au forage de production et 2,3 m³ au forage d'injection.

- les déviations moyennes sont modérées sur les 2 ouvrages, mais on note une déviation maximale un peu forte (50°) au forage d'injection.
Les déviations ont une influence sur les conditions de contact eau géothermale-tubage (plus grandes longueurs de tubages donc surface de contact plus importante et temps de contact plus long), ainsi que sur les possibilités de réhabilitations éventuelles (nécessite des précautions supplémentaires pour minimiser les frottements tiges-casings).

- il existe un double-tubage et une double cimentation en face de l'aquifère de l'Albien-Néocomien pour le forage d'injection.
Par contre il n'existe qu'un seul tubage, cimenté, en face de cet aquifère d'eau douce dans le forage de production.

- les tubages en contact avec le fluide géothermal sont en acier ordinaire K55.

3. Importance des zones productrices

Les caractéristiques hydrogéologiques sont résumées en figure 3 et dans le tableau n°1.

On note :

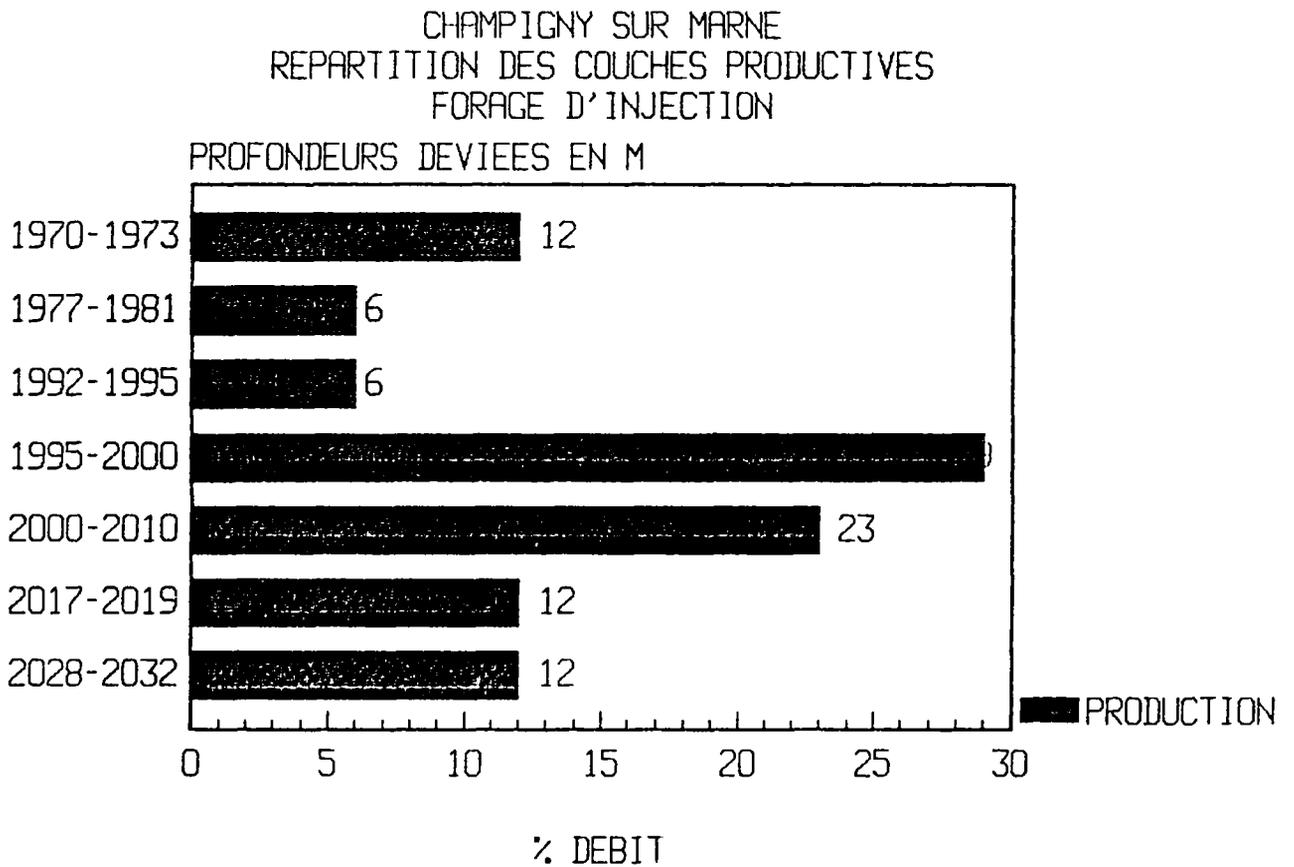
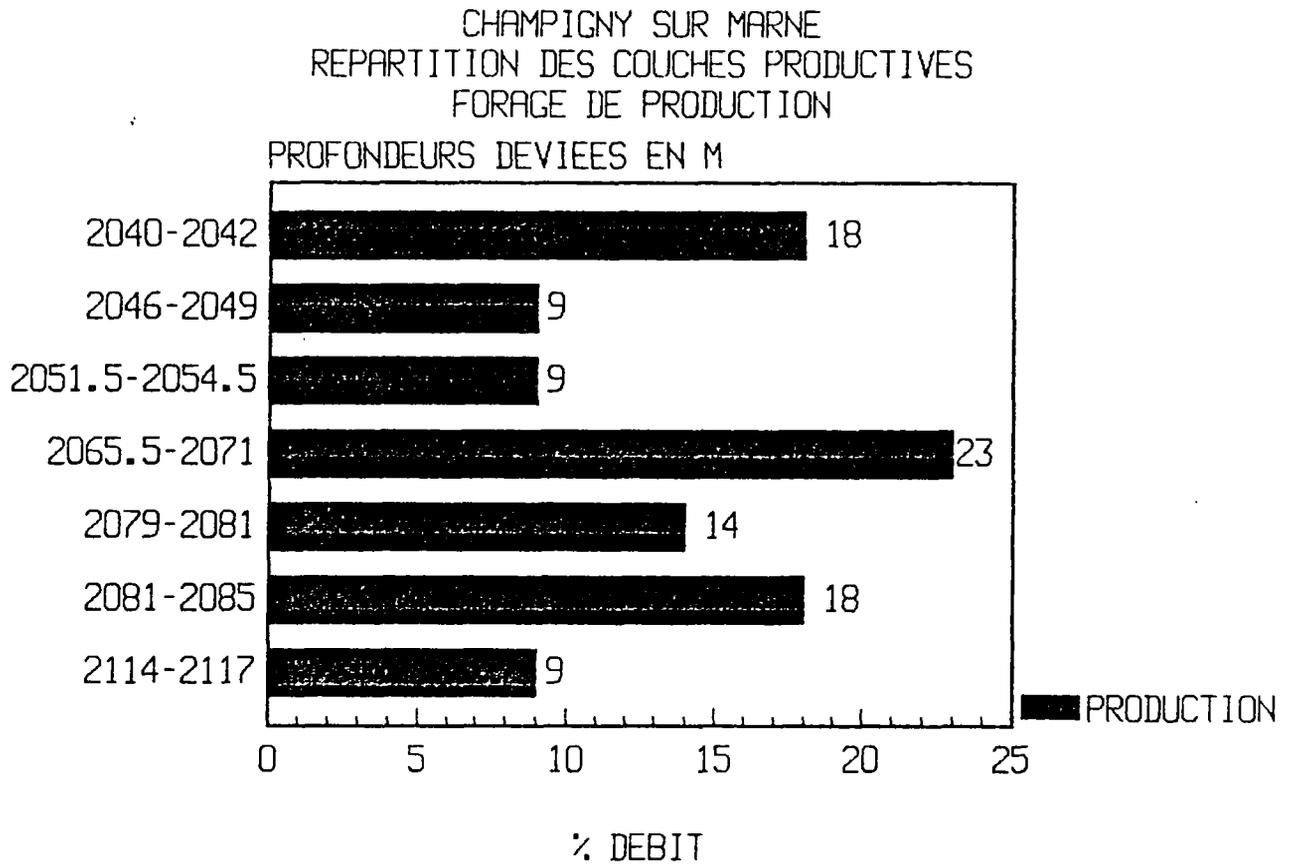
- des résultats supérieurs, dans l'ensemble, aux prévisions, en particulier en débit et température.

- une différence notable (70 m) entre les côtes de toit du Bathonien (sommet du Dogger) : - 1623 m NGF au puits production et - 1553 m NGF au puits injection.
Le doublet se situe donc sur un flanc d'anticlinal.

- une assez bonne répartition du débit entre plusieurs niveaux productifs :

il n'y a pas ici de couches minces laissant transiter la majeure partie du débit et on peut donc moins craindre des circulations préférentielles pouvant entraîner des interférences plus rapides que prévues. Il serait utile de pouvoir réaliser une nouvelle flowométrie, après quelques années d'exploitation, pour contrôler la répartition des débits.

Figure 3.



CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

Tableau 1.

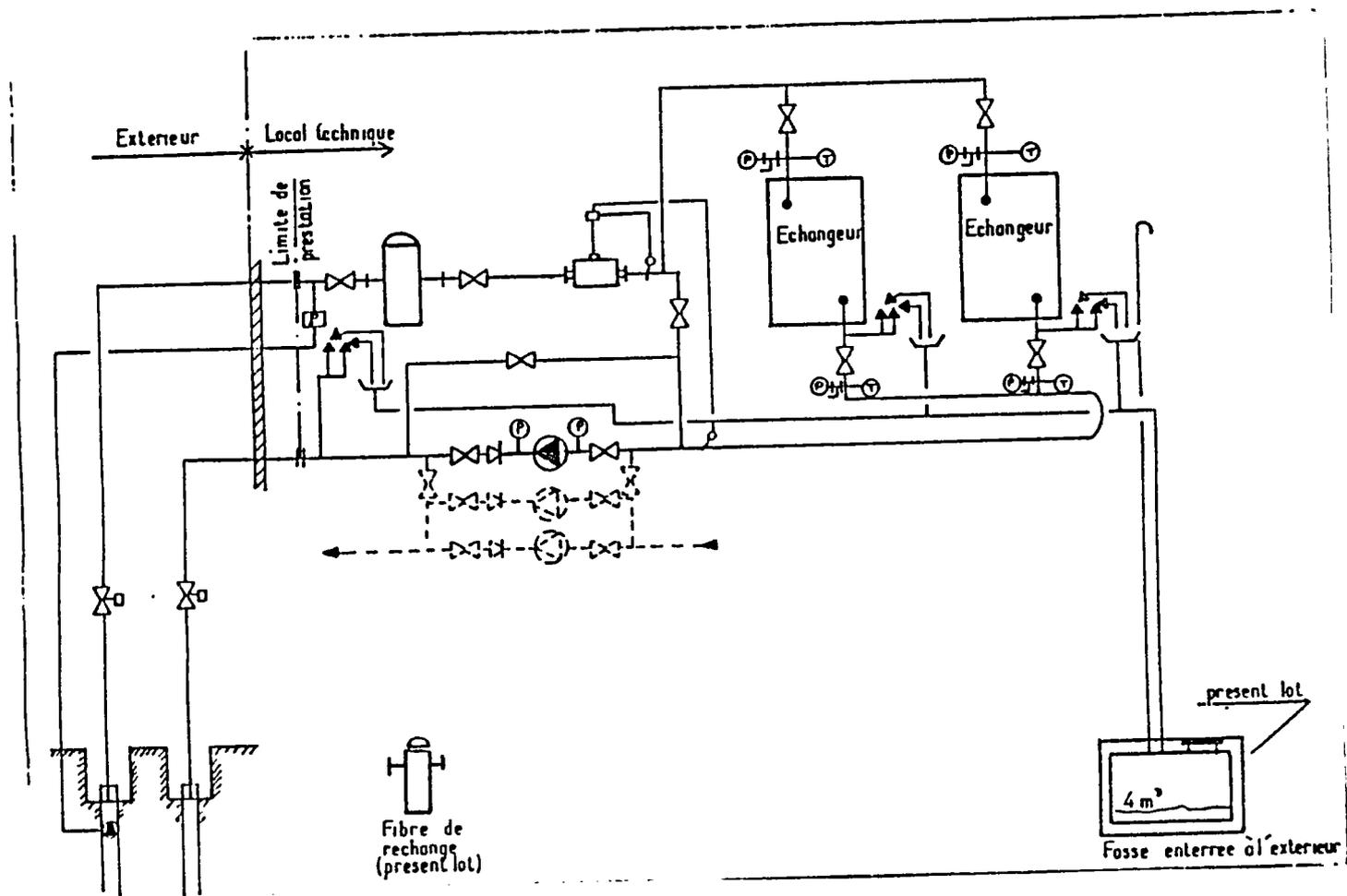
FORAGE	Profondeur finale du forage		Epaisseur productive en m.		Porosité %		Transmissivité D. m		Salinité g/l		T. de fond fin foration °C		Débit artésien fin de foration m ³ /h		Pression artésienne kg/cm ²	
	APS	Réalité (1)	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité
Production	1805 +-60	1856	20 +-10	26.5	14	17	15 à 45	51	20	20	58 à 70	78.2	35 à 80	113	4 +-2	3.5
Injection	1805 +-60	1769	20 +-10	26	14	16	15 à 45	58	20	24	58 à 70	73.9	35 à 80	188	4 +-2	3.5

APS : selon document BRGM 82 SGN 363 GTH de mai 1982

1 : en cotes verticales/sol.

Figure 4.

SCHEMA D'INSTALLATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE



4. Description des installations de la boucle géothermale

La boucle comprend (cf. schéma de principe en figure 4),

- une pompe d'exhaure Byron-Jackson de forte puissance (450 kW), conçue à l'origine pour pouvoir assurer également une partie du travail nécessaire pour la réinjection.
- 2 échangeurs à plaques en titane Alfa-laval.
- un groupe de moto-pompe de réinjection Jeumont-Schneider.
- un dispositif de filtration (filtres Philippe, à paniers interchangeable, équipés de tamis à mailles de 500 μ).
Il existe un filtre avant les échangeurs, un autre avant la réinjection.
- des variateurs de fréquence Reliance, pour les pompes d'exhaure et de réinjection.
- des vannes automatiques en têtes de puits.
- des canalisations en inox entre les têtes de puits et le local technique.
- des canalisations en acier revêtu époxy à l'intérieur du local technique.

Commentaires :

- la pompe d'exhaure n'est pas celle prévue par le maître d'oeuvre et figurant dans l'appel d'offres, mais est de caractéristiques légèrement inférieures.

Le puits ayant des caractéristiques meilleures que prévues, la pompe livrée a cependant été conservée. Ceci suppose que la hauteur manométrique totale ne croisse pas, c'est-à-dire que le rabattement de l'aquifère en cours de pompage ne s'amplifie pas, et/ou que la valeur du point de bulle n'augmente pas, et/ou que les pertes de charge

(modification de la rugosité des tubages par exemple) n'augmentent pas.

- il a été prévu de privilégier le fonctionnement de la pompe d'exhaure : ainsi, en marche d'été, celle-ci peut assurer une pression suffisante pour la réinjection, en conditions normales. La pompe d'injection peut alors être by-passée. Il n'y a pas de pompe d'injection spéciale pour la marche d'été.
- le local est largement dimensionnée (prévu à l'origine pour 2 doublets), avec cloisonnement entre la partie abritant les appareillages électriques de celle occupée par le circuit hydraulique.
- la pompe d'exhaure n'est pas disponible en stock par le constructeur Byron-Jackson, en France. Toute panne du moteur risque de nécessiter des délais importants.

5. Observations sur le fonctionnement des installations de la boucle géothermale

5.1 Mise en service

La mise en service de la boucle géothermale a eu lieu le 15/12/1985, avec raccordement progressif des différentes sous-stations jusqu'en janvier 1986.

La mise en service de la boucle a donc été réalisée rapidement après la fin des travaux de forage (8 mois).

Il n'a pas été signalé d'incidents particuliers au démarrage.

5.2 Principaux incidents de fonctionnement

Les principaux incidents de fonctionnement de la saison de chauffe écoulée sont rappelés au tableau 2.

Commentaires :

- l'opération est récente et n'a pas connu d'incidents graves.

Tableau 2.

OBJET : GEOTHERMIE DE CHAMPIGNY

RAPPEL DES PRINCIPAUX ARRETS DE PRODUCTION GEOTHERMALE

- SAISON 85/86 -

-----oOo-----

JANVIER 1986 :

- Coupures électriques E.D.F
- Remontées de Latex entraînant le colmatage du filtre géothermal et provenant de la colonne Hagusta
- Changement de la garniture de la pompe de réinjection
- Fuite sur tête de puits (liaison entre brides)
- Défaut sur le variateur d'exhaure.

FEVRIER 1986 :

- Déclenchement des sécurités par remontée de Latex
- Calage des régulations tête de puits

MARS 1986 :

- Changement de la garniture de la pompe de réinjection
- Remontées de Latex et blocage du débit au niveau du filtre géothermal

AVRIL 1986 :

- Nouvelles remontées de Latex et déclenchement des sécurités
- Coupures électriques sur réseau E.D.F.

.../..

suite du Tableau 2.

MAI - JUIN 1986 :

- Remontées de Latex
- Arrêt technique avec remontée de la pompe immergée pour effectuer le remplacement de la colonne Hagusta
- Nettoyage chimique des échangeurs géothermaux.

A FIN AOUT 1986 :

Nombres d'heures de fonctionnement :

(démarrage 2ème quinzaine de décembre 1985)

Réseau : 6049 h

Exhaure : 6035 h

Réinjection : 2726 h

Document Cofreth

- l'incident le plus notable est lié à la venue en surface de lambeaux du revêtement spécial en caoutchouc de la colonne Hagusta. Il s'agit d'un phénomène rare, qui a disparu après remplacement standard des tubages Hagusta détériorés.

Ces venues de latex ont colmaté le filtre et ont occasionné des arrêts à plusieurs reprises.

Les venues de latex se sont accompagnées de venues de particules carbonatées, provenant probablement du Dogger.

- lors du changement de tubes Hagusta, la pompe d'exhaure a été examinée et ne présentait pas d'anomalies.

- il n'a pas été noté d'encrassement des échangeurs sauf un dépôt partiel, lors des venues de latex.

- des fuites sur garnitures de la pompe de réinjection ont été observées. Les premières garnitures avaient une faible durée de vie (2 mois environ).

Lors de notre passage en juin 87, la pompe avait été renvoyée en usine pour remplacement de garnitures (et sans doute pour examen plus approfondi : vérification d'une corrosion localisée éventuelle ?).

- la canalisation en acier revêtu semble avoir connu quelques fuites : un élément, situé juste après l'échangeur, côté géothermal, venait d'être remplacé lors de notre visite.

- on ne signale aucun incident sur les variateurs et transformateurs.

5.3 Taux de disponibilité

Pour la première saison de chauffe, (période 15/12/85 au 30/06/86), le taux de marche de la boucle est élevé : 97,5%, malgré les arrêts dûs aux remontées de latex.

Pour la période allant de juillet 86 à juin 87, le temps de marche serait voisin de 95%, comprenant un arrêt de plusieurs jours pour remontée du groupe d'exhaure et changement de tubes Hagusta.

5.4 Problèmes de corrosion et de dépôts

5.4.1 Problèmes de dépôts

5.4.1.1 - Dépôts dans les équipements de surface :

Des dépôts ont été observés dans le filtre et ont d'ailleurs provoqué leur colmatage (en même temps que les venues de latex de la colonne Hagusta).

Ces dépôts étaient constitués de débris de roches carbonatées provenant probablement du Dogger et qui correspondraient alors à des cuttings ou à des fragments de parois, non évacués lors de la complétion de fin de foration.

Il est à noter que ces débris ont traversé la pompe d'exhaure. Ils ont aussi provoqué un encrassement partiel d'un échangeur, où une augmentation de pertes de charge a été observée.

Après nettoyage chimique à l'acide, qui s'est révélé insuffisant, un démontage de l'échangeur a été effectué. Seules les premières plaques comprenaient des boules de matières, qui s'induraient à l'air.

En dehors de ces débris rocheux, il semble avoir été observé un autre type de dépôt, constitué de particules plus fines, recueillies sur filtre.

Les tamis sont régulièrement nettoyés. Il semblerait que les fines soient, relativement, plus abondantes après les redémarrages (les quantités totales recueillies demeurant faibles). La courbe de filtrabilité de l'eau en tête de production montre l'existence de particules en suspension. Un décanteur pourrait être ajouté en tête.

5.4.1.2 - Dépôts dans les forages :

Il n'y a pas eu de calibrage des tubages et de la formation, depuis la réalisation du forage.

Il n'a pas été signalé de diminution de débit ou d'augmentation

de pression pouvant correspondre à la formation de dépôts. On rappelle que les diamètres de tubages sont ici plus importants et que les manifestations de dépôts éventuels se feront plus tardivement.

5.4.1.3 - Evaluation des risques de dépôts :

L'eau géothermale à Champigny est très pauvre en sulfures mais contient des sulfates, qui peuvent être réduits en sulfures si une activité bactérienne se développe. Dans ce cas des dépôts de sulfures de fer peuvent se développer.

Les colonies de bactéries peuvent se développer en certains points particuliers des casings ou des canalisations, ainsi que sur les plaques des échangeurs.

Un calcul effectué par CFG montre qu'une activité bactérienne faible suffit ici pour permettre le dépôt de sulfures de fer pseudo-amorphes tels la mackinawite.

Pour les autres minéraux, il y a peu de risques de dépôts en condition normale d'exploitation. Seul existe un risque léger pour les carbonates, si la pression n'est pas maintenue supérieure au point de bulle.

En résumé, les risques de dépôts sont réduits sauf si des bactéries se développent.

Or une légère activité bactérienne avait été identifiée en fin de foration, en fond de puits, et des traces d'activité persistent encore, selon l'analyse CFG du 19/05/87, faite sur prélèvement en tête de puits.

Un suivi chimique et bactériologique s'avère donc très souhaitable.

5.4.2. Problèmes de corrosion

On ne signale pas de fuites sur la conduite inox entre têtes de puits et local technique.

Par contre l'acier revêtu époxy, à l'intérieur du local, semble pouvoir subir une corrosion, et un élément de tubage, juste après l'échangeur, a déjà dû être changé.

De même, une vanne a dû être nettoyée suite à une corrosion. Il est possible qu'une corrosion localisée existe en plusieurs points, mais qu'elle n'ait pas encore abouti à un percement (l'opération est encore récente).

La corrosion à l'intérieur des forages n'est pas suivie : il n'y a pas eu de calibrage de précision. Le suivi chimique détaillé est très épisodique (2 analyses en 2,5 ans, à notre connaissance).

Ces analyses montrent que l'eau a un caractère agressif. De plus une mesure de vitesse de corrosion par sonde à résistance de polarisation a été effectuée en mai 1987, et montre une vitesse de corrosion notable. Disposant de très peu d'analyses, on ne peut conclure sur une quelconque évolution des teneurs en fer. La baisse enregistrée entre l'analyse du 9/02/85 et celle du 19/05/85 n'a pas grande signification car très souvent le fluide en fin de foration est contaminé par les outils de forage.

D'autre part, on peut raisonner par comparaison avec d'autres sites présentant une eau à caractéristiques voisines : or, sur ceux-ci, des percements de canalisations ont été observés et se sont multipliés après 2 ou 3 ans d'exploitation.

5.4.3 Réhabilitation et essais d'additif

Le bon fonctionnement de l'installation et les bonnes performances enregistrées n'ont pas rendu utile une réhabilitation du doublet.

Il n'y a d'autre part pas eu d'essais d'additifs (bactéricides, inhibiteurs de corrosion), même à titre préventif.

Par contre, une ligne d'injection a été posée, à titre prévisionnel, jusqu'au niveau de la pompe. En cas de besoin une injection peut donc être assurée dès la chambre de pompage.

6. Fourniture d'énergie géothermale

Le doublet fonctionne ici dans de bonnes conditions d'utilisation de la géothermie : il dessert un grand nombre de logements (il était prévu initialement 2 doublets) soit près de 6 900 équivalents-logements, dont environ 75% en panneaux de sol.

Le débit est élevé, la température de production haute, et les arrêts, jusqu'ici, rares.

Les besoins d'été sont réduits : l'eau chaude sanitaire représente cependant 18% des consommations énergétiques totales vendues.

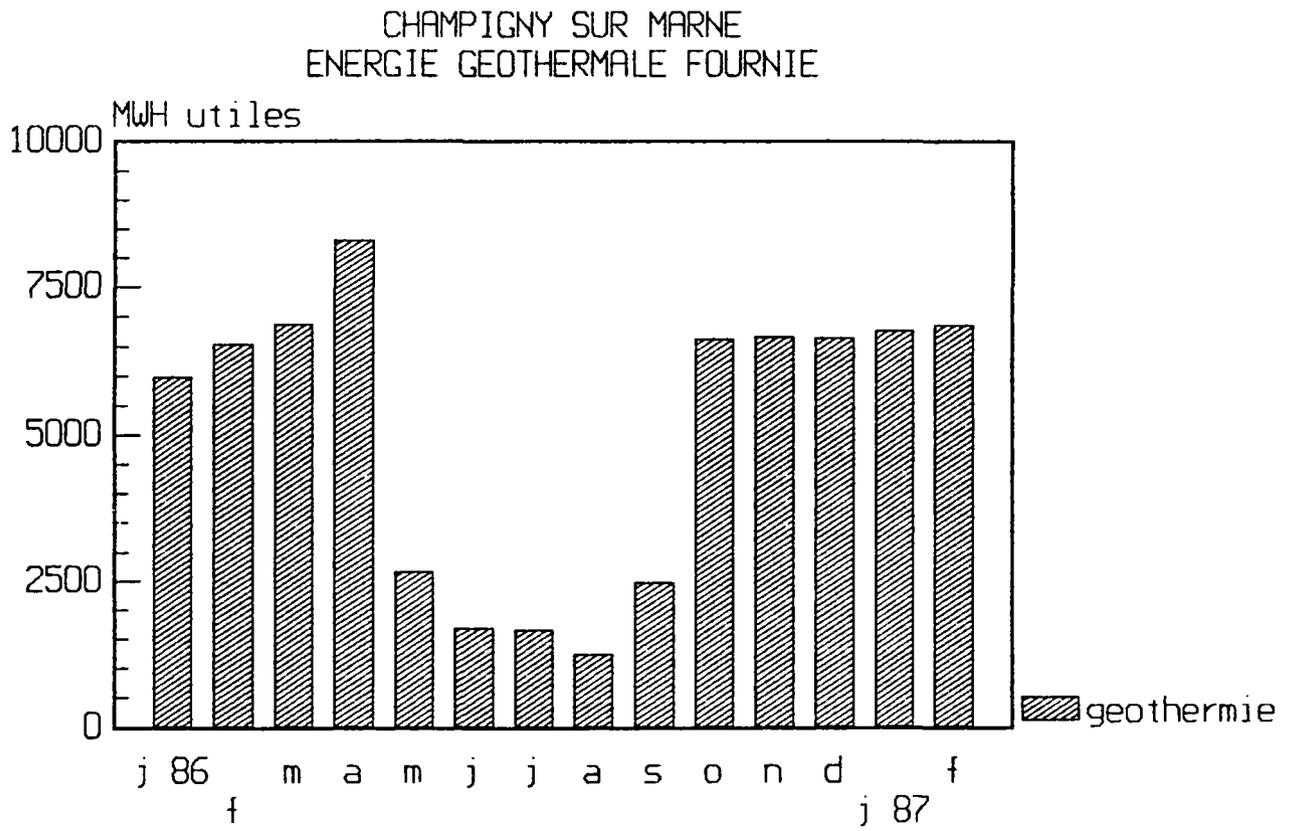
Les fournitures mensuelles d'énergie géothermale, selon l'exploitant, sont représentées en figure 5.

On constate :

- une fourniture stabilisée, en début de seconde saison de chauffe, correspondant également à un débit géothermal régulier, selon l'exploitant (ce qui suppose donc que le retour géothermique est lui-même stable).
- une fourniture un peu plus faible en janvier 86, où le raccordement des bâtiments se faisait progressivement.
- une fourniture faible en été (besoins réduits).
- le mois d'avril 86 se caractérise par une meilleure performance (peut-être liée à des retours plus froids ?).

Pour l'année civile 1986, la fourniture totale d'énergie géothermique est de 57 334 MWh, pour des besoins totaux de 110 997 MWh soit un taux de couverture de 51,75%.

Figure 5.



7. Evolution du débit

On ne note pas de diminution du débit exploitable, selon les mesures de l'exploitant.

Le débit exploitable d'hiver est de 280 m³/h. En été, on note des débits de l'ordre de 180 m³/h alors qu'une centaine de m³/h devrait suffire.

L'exploitant maintient donc volontairement un débit plus élevé (mais correspondant à des dépenses d'énergie réduites), à titre préventif, pour éviter les désordres constatés dans d'autres opérations à la reprise de la saison de chauffe après fonctionnement d'été à marche très réduite.

Nous disposons de peu de valeurs concernant la relation débit-rabattements-pressions d'injection (cf. figure 6).

On constate :

- que les pressions d'injection sont meilleures que les prévisions.
- que les rabattements dans le forage d'exhaure sont meilleurs, en décembre 85, que les prévisions. L'évolution de ces paramètres demande à être suivie.

On note d'autre part que le débit géothermique est difficile à ajuster sur le débit géothermal, (notamment en été) et que les températures d'injection sont parfois, élevées.

8. Consommation d'énergie de la boucle géothermale

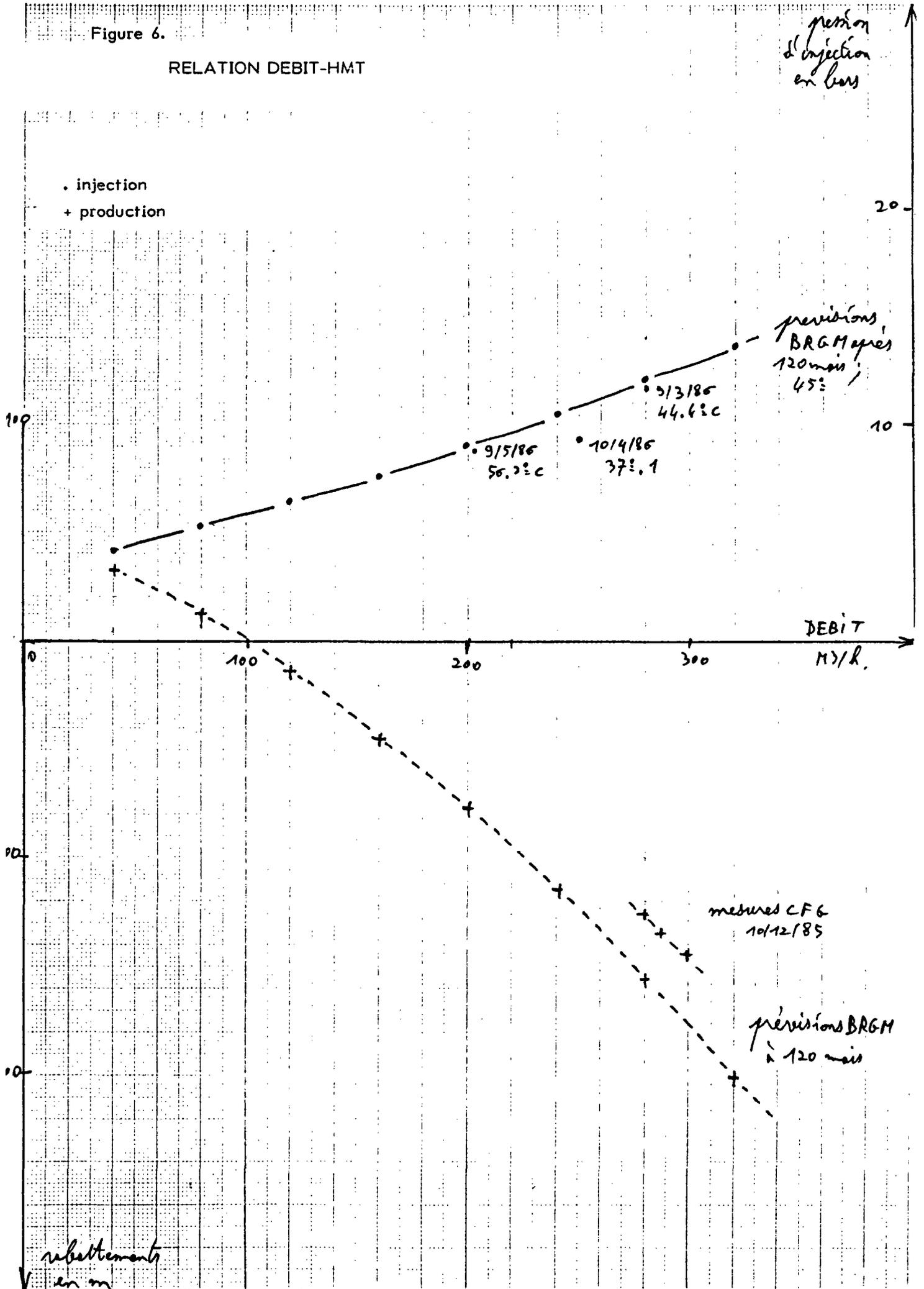
8.1 Consommation annuelle

Il n'y a pas de comptage séparatif entre consommations des pompes géothermales et géothermiques. La consommation totale du local technique pour 1986 s'élève à : 3 172 MWh, ce qui, pour 57 334 MWh utiles fournis pendant la même période représente un ratio de 55,3 kWh électrique /MWh géothermique, ce qui représente une bonne valeur.

Ce ratio favorable est à rapprocher au fait que la consommation électrique

Figure 6.

RELATION DEBIT-HMT



réelle est inférieure à la consommation contractuelle (4 759 MWh).

8.2 Puissance absorbée

Il n'existe pas de suivi fait par un autre organisme que l'exploitant, des conditions de fonctionnement des pompes géothermales.

Nous avons reporté en figure 7 les valeurs disponibles :

- mesures CFG de réception de pompes (10/12/85)

- mesures Véritas liées au contrat SAF (5/11/86),
et les avons comparées aux prévisions de fin de forage.

On constate une puissance électrique absorbée supérieure aux prévisions, alors que les rabattements et pressions d'injection sont meilleurs que prévus.

Les valeurs exploitant ne nous ont pas été communiquées. Il semblerait que la puissance absorbée de la pompe d'injection ait légèrement augmenté depuis novembre 1986 (diminution de température de retour ?).

On note d'autre part que la pompe d'exhaure fonctionne à puissance maximale ou proche de son maximum pendant une grande partie de l'année. Elle ne pourrait donc que difficilement faire face à une augmentation des rabattements (cf. plus haut).

9. Comptes d'exploitation prévisionnels

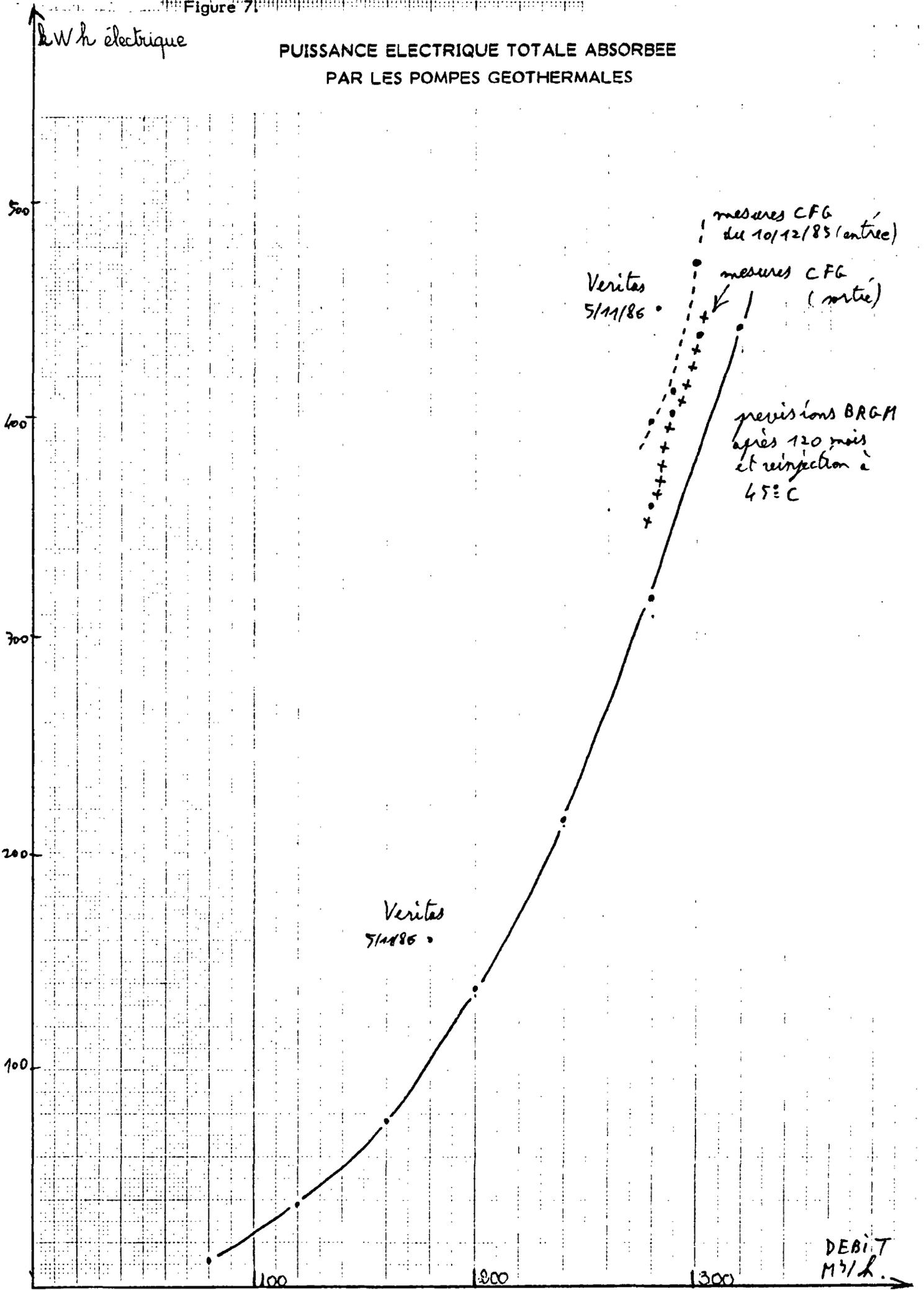
L'exploitant (Cofreth) a un contrat d'affermage incluant l'entretien et le renouvellement (R2C et R2GT) de la boucle géothermale, y compris les échangeurs géothermaux et les pompes de production et réinjection avec leurs variateurs mais non compris les forages eux-mêmes.

Les dépenses d'électricité de la boucle géothermale font partie du contrat de la Cofreth.

Pour les comptes d'exploitation prévisionnels, nous envisageons deux scénarios :

Figure 7.

PUISSANCE ELECTRIQUE TOTALE ABSORBEE PAR LES POMPES GEOTHERMALES



Hypothèse optimiste :

il n'y a pas d'activité bactérienne permettant le développement de dépôts de sulfures de fer et il n'y a pas de baisse importante de débit.

Hypothèse pessimiste :

une activité bactérienne se développe et n'est pas enrayée, des dépôts de sulfures de fer se forment en même temps que la corrosion s'accroît ; les débits diminuent, les rabattements augmentent.

9.1 Hypthèse optimiste

- Décroissance très lente des débits, correspondant à une altération de surface des tubages et à la formation de légers dépôts (280 m³/h en 1987 ; 260 m³/h en 2000).
- Activité bactérienne se développant au bout d'une durée, prise ici arbitrairement égale à 4 ans, et enrayée par un traitement bactéricide - inhibiteur de corrosion. On suppose ici que l'injection d'additifs au niveau de la pompe de production donne des résultats satisfaisants.
- Pas de nécessité de réhabiliter les forages avant l'an 2000.
- Diagraphies de contrôles de tubages tous les 3 ans.
- Suivi des paramètres chimiques et physiques d'exploitation de la boucle.
- Disponibilité de la boucle de 96%, en moyenne, sur l'année.

En résumé, les postes R2C et R2GT contractuels actuels ne sont pas modifiés, mais s'y ajoutent des frais supplémentaires (cf. tableau 3).

Tableau 3.

Dépenses d'exploitation de la boucle géothermale

Hypothèse optimiste

Electricité : cf contrat actuel

Entretien (R2C) : cf contrat actuel,

+ contrat suivi sous-sol environ 100 kF/an,

+ produits inhibiteurs sous-sol : environ 120 kF/an à partir de 1990,

+ contrôles par diagraphies des casings : 2 x 60 kF/3ans, à partir de 1988.

Renouvellement des matériels : cf contrat actuel

+ matériel de surface d'injection d'additifs : 70 kF ; durée de vie 5 ans à partir de 1990.

GÉOTHERMIE

R2 GT PLAN DE RENOUELEMENT NOUVELLES CONDITIONS MARCHE.

DESCRIPTION DU MATERIEL	VALEUR H.T.	Durée Théori- que de vie	Somme théorique à provisionner	% (1)	Somme réelle prise en compte pour faire face aux obligations contractuelles
Ingénieur (tête de puit)	1.610.000	10 ans	2.415.000	100%	2.415.000
Ingénieurs Abonnés (tête géothermique)	1.935.000	15 ans	1.935.000	25%	484.000
Production	2.066.000(2)	4 ans	8.525.000	100%	8.525.000
réinjection	1.187.000	10 ans	1.780.000	100%	1.780.000
es/Circulation (cir- géothermique)	283.000	12 ans	353.700	50%	177.000
lution (primaire)	428.000	12 ans	535.000	41%	221.000
ements Electriques (primaire)	1.698.000	12 ans	2.123.000	30%	636.000
transmission	2.986.000	15 ans	2.986.000	28%	838.000
aux : .géothermal	101.000	10 ans	152.000	100%	152.000
.géothermal (tête de puit)	74.000	5 ans	222.000	100%	222.000
.géothermique	9.015.000	> 25 ans	4.507.000	10%	450.000
netteries/Vannes	404.000	15 ans	404.000	38%	152.000
rifuge (primaire)	173.000	15 ans	173.000	10%	17.000
nsion/Traitement u/Compteurs de cha- /Manomètre et ther- tre/Matériels anne- en tête de puits et rs	1.695.000	8 à 12 ans	2.542.000	26%	664.000
Civil	9.850.000	> 30 ans	100.000	100%	100.000
					16.833.000

Pourcentage retenu pour faire face aux obligations contractuelles et pour tenir compte

a) des risques réels (d'après notre expérience)

b) et que la totalité d'un ensemble de matériel n'est pas hors service à la fin de sa durée de vie théorique.

La valeur prise en compte est calculée sur l'hypothèse d'un équipement moteur tenu en stock par le fournisseur, livrable sur le chantier en 48 heures et de caractéristiques identiques à celles de la norme...

9.2 Hypothèse pessimiste

- Formation de dépôts de sulfures de fer, suite à une activité bactérienne (réduction des sulfates en sulfures) et à une corrosion.
- Pas d'enrayement de l'activité bactérienne (traitement inefficace, inexistant ou non autorisé parce que polluant)
- Décroissance des débits ; augmentation des pertes de charge, colmatage partiel des zones productrices ; nécessité de changer de pompe de production devenue insuffisante.
- Réhabilitation des 2 forages.
- Corrosion accélérée des tuyauteries de surface (surtout acier revêtu) ; percement possible de casings nécessitant un rechemisage. Il a été envisagé ici un rechemisage partiel sur les 2 ouvrages, au bout d'une durée arbitraire de 12 ans. Ce rechemisage diminuera le débit d'environ 20%.
- Encrassement des échangeurs nécessitant leur nettoyage tous les ans.
- Diagraphies de contrôles de puits tous les 3 ans.
- Suivis des paramètres chimiques et physiques d'exploitation de la boucle.
- Disponibilité de la boucle de 92%.
- Consommations électriques sensiblement constantes, en première approximation (Les diminutions de débit correspondant à une augmentation des pertes de charge).

En résumé, les pertes R2C et R2GT du contrat actuel, sont alors modifiés (cf. tableau 4).

Tableau 4.

Dépenses d'exploitation de la boucle géothermale

Hypothèse pessimiste

Energie : * électricité boucle géothermale : 3200 MWh/an.

* appoint : selon scénario suivant d'évolution possible des

débits : 1987 = 280 m³/h

1988 = 270 m³/h

1989 = 260 m³/h

1990 = 250 m³/h

1991 = 220 m³/h

1992 = 260 m³/h réhabilitation

1993 = 250 m³/h

1994 = 240 m³/h

1995 = 220 m³/h

1996 = 200 m³/h

1997 = 160 m³/h nettoyage + rechemisage

1998 = 150 m³/h

1999 = 140 m³/h

2000 = 130 m³/h

Entretien : * conduite des installations sous-sol environ 150 kF/an
R2C

* contrat de suivi environ 100 kF/an

* nettoyage des échangeurs environ 60 kF/an

* petit matériels divers environ 30 kF/an.

Renouvellement gros entretien

Matériels	Coûts Neufs kF H.T.	Dates		Durée de vie en années	Renouvellement	
		Référence coûts	Mise en service		Date 1 ^o fois	Gros entretien
Pompe exhaure avec colonne	2.424		Déc. 85	3	1988	
Pompe injection	714		Déc. 85	6	1991	
Variateurs	1.200		Déc. 85	12	1997	
Réseau	784		Déc. 85	8	1993	
Echangeurs	1.676		Déc. 85	12	1997	
Tuyauteries géothermales	1.090		Déc. 85	8	1993	
Tuyauteries géothermiques	386		Déc. 85	12	1997	
Electricité-régulation	410		Déc. 85	12	1997	
Génie civil	3.565		Déc. 85	30	2015	
Poste électricité MT	1.173		Déc. 85	20	2005	

(en accord avec les hypothèses Beture).

10. Conclusion

L'opération géothermique de Champigny sur Marne fonctionne actuellement dans de bonnes conditions, avec un débit exploitable de 280 m³/h et une température en tête de près de 77°C.

On n'observe pas de diminution des débits mais un contrôle des rabattements serait utile car la pompe se trouve ici proche de ses possibilités.

Le fonctionnement de la boucle est caractérisé par l'absence d'incidents sérieux, hormis des venues de latex provenant de la colonne d'exhaure. Cet incident à caractère exceptionnel a cessé dès l'échange standard des tubes Hagusta.

Des débuts de corrosion se sont manifestés. L'eau est ici pauvre en sulfures mais riche en sulfates : si une activité bactérienne se développe, on peut craindre une amplification des phénomènes de corrosion-dépôts.

Les casings de forage sont ici en plus gros diamètre et les manifestations résultant d'éventuels dépôts se feront donc sentir plus tard. Un suivi des paramètres est souhaitable pour prévenir une éventuelle dégradation des ouvrages.

A N N E X E

mise à jour : 7/87

IDENTIFICATION

OPERATION : CHAMPIGNY SUR MARNE

MAITRE D'OUVRAGE : MUNICIPALITE DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE

MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE : SODEDAT

CONSEIL AU MAITRE D'OUVRAGE : GEOCHALEUR

MAITRES D'OEUVRE : - Sous-sol : BRGM
 - Surface : BERIM

NOMBRE D'EQUIVALENT-LOGEMENTS RACCORDES : 6880

ENERGIE D'APPOINT : GAZ (décentralisé)

NOMBRE DE DOUBLET GEOTHERMIQUE : 1

MISE EN SERVICE : 15/12/1985

FIN TRAVAUX FORAGES : Mars 1985

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

F O R A G E S

NUMEROTATION	PRODUCTION	INJECTION
	GCHM 1	GCHM 2
Chambre de pompage ou réinjection - DIAMETRE - PROFONDEUR	13"3/8 390	9"5/8 1955
Déviations - MOYENNE - MAXIMALE - AMORCE DEVIATION	37.8 43.5	39.1 50
Protection Albien-Néocomien - DOUBLE-TUBAGE ? - CIMENTATION	simple tubage simple cimentation	double tubage double cimentation
DIAMETRE FORATION AQUIFERE	6"	8"1/2
HAUTEUR (déviée) DE LA ZONE DE SEDIMENTATION (Fond du forage à dernier horizon producteur)	63 m	62 m
Tubages en contact avec fluide géothermal - DIAMETRE - NUANCE ACIER - EPAISSEUR EN MM	13"3/8- 9"5/8- 7" K55 K55 K55 9.65 10.03 9.19	9"5/8 K55 10.03
ECARTEMENT DES FORAGES (milieu Aquifère)		

DISPOSITIF D'EXHAURE

GENRE : - Immergée -

MARQUE : BYRON JACKSON

TYPE : 11 MQH 8 étages DIAMETRE :

MOTEUR : BYRON JACKSON

PUISSANCE : 450 kW SOUS :

PROFONDEUR IMMERSION :

COLONNE D'EXHAURE : MARQUE : HAGUSTA

DIAMETRE :

NATURE MATERIAU : ACIER REVETU CAOUTCHOUC

EVOLUTION DU FLUIDE GEOTHERMAL

DATE	pH	Eh mv	NaCl ppm	Résist. mS/cm	Sulfures ppm	fer ppm	Q m3/h	pt de bulle bar	GLR %	Température en tête °C	Bactéries	
											F*	S*
9/2/85 production	6.18	-150	24575	77.8	0	9.5	?	9.9	920	69.5	0	0
19/5/87	6.29	-212	24400	34.6	0	3.9	262	8.8	900	75.8	0	+

* **F** = ferrobactéries
S = sulfatobactéries

0 = absence
+ = présence

CONTRAT DE SUIVI - MAINTENANCE

SOCIETES		TYPE DE CONTRAT	CARACTERISTIQUES	DEBUT	FIN
MAINTENANCE	CLIENT	NEANT			

REHABILITATIONS : NEANT

DATE	FORAGE	NATURE DE L'INTERVENTION	RESULTATS	
			Avant	Après

ESSAIS D'INHIBITEURS : NEANT

