



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
RAPPORT FINAL

CLICHY-SOUS-BOIS

Gilbert BRETTE

87 SGN 540 SIE

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Service d'Information sur l'Énergie
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - Tél.: 38.64.34.34

SOMMAIRE

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 marche de la boucle géothermale

5.4 Problèmes de corrosion et de dépôts

5.4.1 Dépôts dans les forages

5.4.2 Corrosion des casings de forage

5.4.3 Corrosion des équipements de surface

5.4.4 Caractéristiques chimiques du fluide géothermal

5.4.5 Essais d'inhibiteurs

5.4.6 Opération de réhabilitation des forages

6. Evolution des caractéristiques hydrogéologiques du captage

7. Evolution de la fourniture d'énergie géothermale

7.1 Evolution des températures de l'eau géothermale

7.2 Evolution des débits

7.3 Evolution des rabattements et pressions d'injection

7.4 Production d'énergie géothermique

8. Consommation d'énergie de la boucle géothermale

9. Comptes d'exploitation prévisionnels

10. Conclusion

LISTE DES FIGURES

1. Plan de situation
2. Coupe technique des forages
3. Répartition des couches productives
4. Schéma de principe de la boucle géothermale
5. Evolution des débits et pressions (mesures Exploitant)
6. Relation débit - rabattements - pressions d'injection en fonction du temps
7. Energie géothermique fournie
8. Puissance absorbée par les pompes

LISTE DES TABLEAUX

1. Caractéristiques hydrogéologiques
2. Liste des principaux incidents de fonctionnement
3. Energie géothermique fournie, taux de couverture
4. Consommations électriques totales

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 Clichy sous Bois (93) par un doublet appartenant à la Ville, qui a choisi comme Maître d'Ouvrage délégué la SODEDAT 93. L'exploitant est la Cofreth.

1. Situation géographique

Le doublet se situe dans la partie Nord-Ouest de la commune, à proximité d'un parc communal et du tracé de l'autoroute A 87. (cf. figure 1).

Le doublet se trouve au Sud d'une concentration d'opérations géothermiques (cf. cartouche de la figure 1) comprenant Bondy, Sevrans, Aulnay, pour les plus proches.

2. Réalisation des forages

Les travaux de forages se sont achevés en Novembre 1981. Le doublet comprend un forage de production vertical et un forage de réinjection dévié. Il n'y a pas eu de problèmes notables pendant la réalisation des travaux, hormis plusieurs instrumentations classiques, et un défaut de stabilité de la plateforme, au début de la foration.

On note :

- que les deux forages ont été réalisés en petit diamètre : 5"7/8 dans l'aquifère, tubage 7" (cf. figure 2).

(les petits diamètres sont plus rapidement et plus fortement sensibles à l'augmentation de pertes de charge créées par d'éventuels dépôts. Ces pertes de charge varient en effet sensiblement en proportion inverse du diamètre à la puissance 5).

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

- il existe un double tubage et une double cimentation en face de l'aquifère de l'Albien - Néocomien, sur les deux ouvrages.

- la cimentation du tubage 7" du forage d'injection est bonne, d'après la diagraphie CBL de contrôle. La cimentation du tubage 7" du forage de production a connu des pertes notables de laitier, liées à la forte

perméabilité de certaines zones.

Le contrôle par diagraphie (CBL) indique que la cimentation est de qualité moyenne sur certaines passes dont une de 65 m en face de l'Albien.

- il n'existe aucune diagraphie de contrôle des cimentations des autres tubages, en particulier en face des aquifères supérieurs.

- la déviation du forage d'injection est ici assez importante 45° en moyenne, avec un maximum à près de 50°.
Rappelons que le fait q'un tubage soit dévié influe à la fois sur les conditions de contact eau géothermale-tubages (plus grandes longueurs de tubages, donc surface de contact plus importante et temps de contact plus long) et sur les conditions d'éventuelles réhabilitations mécaniques.

- les "poubelles à sédiments", en fond de forage sont relativement peu importantes (respectivement 44 et 34 m, pour la production et l'injection).

3. Importance des zones productives

Les caractéristiques hydrogéologiques sont résumées au tableau 1 et en figure 3.

On note que :

- les couches productives, selon la flowmétrie, sont minces : 73 % de débit provient d'une couche de 3 m, sur le forage de production.

- les épaisseurs productives totales sont équivalentes sur les 2 ouvrages mais la répartition des horizons productifs est légèrement différente : on compte 8 à 9 horizons au forage d'injection, pour 6 forages de production.

- les débits et températures obtenus sont supérieurs aux prévisions mais la pression du gisement est légèrement inférieure aux prévisions.

Le fait que les horizons productifs soient très minces évoque une perméabilité de fissures et donc une hétérogénéité de l'aquifère. Les calculs d'interférence entre ouvrages ont pris en compte une certaine hétérogénéité. Il serait utile de pouvoir réaliser de nouveaux essais de débit, après ces 5 premières années d'exploitation, afin de recalibrer au besoin le modèle.

Tableau 1.

CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

CLICHY-SOUS-BOIS

FORAGE	Profondeur du toit réservoir		Epaisseur productive en m.		Porosité %		Perméabilité en D.		Salinité g/l		T. de fond fin foration °C		Débit artésien fin de foration m3/h		Pression artésienne en bars	
	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité
Production	1720 +-60	1735		14	12	13	0.13 à 0.3	2.19	25 à 30	19	63 +-4	70°8		135	6	4.8
Injection	1720 +-60	1740		14.8	12	15	0.13 à 0.34	2.29	25 à 30	19	63 +-4	70°4		116	6	4.5

APS : d'octobre 1980

4. Description des installations de la boucle géothermale

Les installations existantes sont décrites en Annexe et le schéma de principe du circuit géothermale est reproduit en figure 4.

Commentaires :

- les canalisations à l'intérieur de la centrale géothermique sont en acier ordinaire, revêtu intérieurement d'un brai-epoxy. Certaines portions ont été remplacées (acier avec revêtement en résine phenol-epoxy de 300 n). Les canalisations entre le local et les têtes de puits sont en résine epoxy.
- il existe 2 échangeurs, de mêmes caractéristiques, à joints collés.
- il existe deux filtres en parallèle avant les échangeurs, et un filtre avant la pompe de réinjection, protégeant en partie ces appareils d'un éventuel encrassement.
- il n'existe pas de pompe de réinjection à petit débit prévue pour la marche d'été. Pendant cette période, la pompe d'exhaure peut assurer, seule, la circulation dans toute la boucle.

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

5.1 Mise en service

La boucle géothermale a été mise en service en novembre 1982, soit 1 an après la réalisation des forages. Il ne semble pas y avoir eu d'incidents notables au démarrage.

5.2 Principaux incidents de fonctionnement

La liste des principaux incidents connus de fonctionnement est donnée au tableau 2.

On remarque :

- une corrosion rapide sur les tubages proches des échangeurs provoquant des fuites, moins d'un an après la mise en service, et juste après le passage au régime d'été.
- certaines portions de canalisations ont été remplacées par de l'inox (sur tête de puits ; by-pass de la pompe de réinjection).
- il ne semble pas y avoir eu d'encrassement des échangeurs,
- de nombreuses fuites aux joints des échangeurs. Cette dégradation, plus rapide que la normale, des joints nitrile, collés pourrait provenir d'un début de dégazage ou d'un resserrage inadapté, (?).
- une dégradation rapide des premières pompes : la pompe d'injection dut être ramenée en usine après 13 mois seulement de fonctionnement (arrêt d'un mois) ; la pompe d'exhaure a cessé de fonctionner et a du être remontée, après 17 mois de fonctionnement (un contentieux est en cours).
- par contre, la nouvelle pompe d'exhaure, mise en place en juin 1984, a une durée de vie plutôt longue, comparativement à d'autres opérations de géothermie.
- plusieurs incidents sur les appareillages électriques (variateurs, condensateurs...).
- un incident à caractère exceptionnel (mise en communication des réseaux géothermal et géothermique, qui sont en principe totalement séparés), suite à des essais en pression.
- la fuite observée en décembre 1983 sur la pompe de réinjection a entraîné une détérioration des matériels électriques et moteurs situés à proximité.

Tableau 2.

CLICHY SOUS BOIS

Liste des principaux incidents de fonctionnement

DATE DEBUT	DATE FIN	INCIDENTS ET TRAVAUX REALISES
28/12/82	29/12/82	Fuite sur garniture mécanique pompe réinjection ; remplacement garniture par B.J.
25/01/83	03/02/83	Fuite sur garniture mécanique pompe réinjection ; remplacement garniture par B.J.
23/03/83		Modification du montage de la garniture mécanique et mise en place d'un tube de rinçage.
08/06/83	09/06/83	Détérioration des équipements de régulation par la foudre ; remplacement des régulateurs déteriorés.
16/06/83		Fuite sur échangeur n°2 (décollement de 2 joints de plaques).
20/06/83		Fuite sur piquage de la tuyauterie de vidange en sortie de l'échangeur n° 2.
20/06/83	24/06/83	Remise en état échangeur n° 2 par Alfa-Laval.
28/06/83		Nouvelle fuite sur échangeur n°2 ; fuite sur tube retour échangeur n° sur soudure tube de vidange.
04/07/83	11/07/83	Remise en état échangeur n° 2 par Alfa-Laval.
28/07/83		Fuite sur tube retour échangeur n° 2 sur tuyauterie de prise de pression.
17/08/83		Adjonction d'une boucle de régulation "été" sur circuit de commande du variateur de la pompe d'exhaure.

Tableau 2. (suite)

CLICHY SOUS BOIS

Liste des principaux incidents de fonctionnement

DATE DEBUT	DATE FIN	INCIDENTS ET TRAVAUX REALISES
29/09/83		Arrêt pompes exhaure et réinjection sur coupure EDF.
06/10/83		Arrêt pompe exhaure sur coupure EDF.
08/11/83	09/11/83	Fuite échangeur n° 1. Arrêt pour réparation.
09/12/83		Fuite sur garniture mécanique pompe réinjection.
15/12/83	27/01/84	Réparation en usine pompe réinjection.
16/01/84		Arrêt pompe exhaure suite coupure EDF.
03/02/84		Réparation fuite échangeur n° 1.
27/04/84	29/06/84	Arrêt pompe exhaure ; fonctionnement avec pompe réinjection seulement ; échange standart pompe.
09/05/84		Réparation fuite sur échangeur n° 2.
25/05/84		Blocage pompe exhaure ; remise en service pompe réinjection seule (Q = 65 m3/h).
18/06/84		Arrêt technique et remontage pompe exhaure.
17/08/84		Fuite sur échangeur n° 2.
05/09/84	21/09/84	Démontage de l'échangeur n° 2 ; remplacement des joints de connection (3) sur bâti fixe ; remplacement de la vanne HAWLE sur arrivée géothermale.

Tableau 2. (suite)

CLICHY SOUS BOIS

Liste des principaux incidents de fonctionnement

DATE DEBUT	DATE FIN	INCIDENTS ET TRAVAUX RELIASES
17/09/84		Arrêt des installations, mise en vidange du circuit géothermal ; démontage des différents tubes du circuit géothermal ayant des piquages pour échange ; remontage des tubes neufs à partir du 18/09/84 ; le 21/09/84, remise en service des pompes géothermales
04/10/84		Installation à l'arrêt, mais alarme non transmise du fait de la mise hors service de l'ordinateur ; remise en service de l'installation, mais déclenchement du variateur de production (6 fois) aux environs de 41,42 Hz. Jeumont Schneider sur place - conclusion : le défaut émane de l'image thermique. - démontage de celle-ci pour contrôle en labo.
05/10/84		Alarme, arrêt des pompes de production ; Alarme non enregistrée et non transmise par l'ordinateur
30/10/84		Arrêt fourniture géothermique pour effectuer le piquage sur le retour réseau, afin de mettre en place une sonde annubar.
15/01/85		Arrêt des pompes géothermales sur microcoupure EDF ; dépannage armoire électrique géothermie le 16/01/85 - 2 bobines de relaying HS - Coreg HS.
18/01/85		Arrêt pompe de réinjection "défaut électronique sur armoire" - mise en service.
21/01/85		Appel rue letort, alarme ; chauffage : pompe exhaure arrêt-pompe réinjection arrêt ; redémarrage automatique.
23/01/85		Arrêt des pompes de production, aucune retransmission d'alarme par le système de télésurveillance.

Tableau 2. (suite)

CLICHY SOUS BOIS

Liste des principaux incidents de fonctionnement

DATE DEBUT	DATE FIN	INCIDENTS ET TRAVAUX REALISES
04/02/85		Arrêt pompe de production, remise en service ; alarme non retransmise par l'ordinateur ; JEAGER sur place le 05/02/85 pour résoudre ce problème (mauvais contact sur le commun RMT).
06/02/85		A 4h00, trouvé pompe tête de puits n° 2 arrêtée, essais de remise en marche négatif ; passage sur pompe de secours. Collecteur de la pompe n° 2 V HS.
22/02/85		Alarme chauffage tête de puits. Incendie de l'armoire condensateurs et du TGBT. Intervention des pompiers pour circonscire le sinistre. Remise en service des installations des abonnés en tra- ditionnel. Mise en service de toutes les chauffe- ries de la ville. Remise en service normal le 25/02/85, installation et raccordement TGBT pro- visaires.
28/02/85		Arrêt de l'installation pour raccordement du TGBT neuf. Remise en service. Visite des experts, as- surance GRAS SAVOYE, suite au sinistre du 22/02.
06/03/85		Arrêt de l'installation sur défaut électronique, variateur de production ; effacement du défaut. Remise en service.
14/03/85	15/03/85	Arrêt de l'installation pour remise en eau du ré- seau, purge dans les différentes chambres. Remise en service le 15/03/85
01/04/85		Installation à l'arrêt. Défaut électronique pompe d'exhaure. Remise en service.
08/04/85		Appel rue Letort "alarme chauffage sur place pom- pe n° 1 vv en défaut : impossibilité de la remet- tre en service.

Tableau 2. (suite)

CLICHY SOUS BOIS

Liste des principaux incidents de fonctionnement

DATE DEBUT	DATE FIN	INCIDENTS ET TRAVAUX REALISES
26/04/85		Alarme dans la nuit du 26 au 27 arrêt à 3h20, remise en service à 7h00.
10/06/85	16/06/85	Arrêt technique : remise en service pompe de réinjection - 19/06 arrêt pompe de réinjection après réchauffage Réseau du Chêne Pointu le 20/06
26/07/85		Appel rue Letort pour alarme générale tête de puits, pompe réseau à l'arrêt, contrôle général des installations.
05/08/85		Remplacement du circuit intégré, programme permettant l'appel téléphonique à 8 chiffres.
05/09/85	30/09/85	Production limitée à 50 m3/h au lieu de 80 m3/h du fait d'un incident sur variateur de production
01/10/85	09/10/85	Moteur pompe de réinjection envoyé en usine pour rebobinage suite à une fuite du manchon anti-vibratile à l'aspiration - débit limité par la pompe de production à 50 m3/h.
23/10/85		Réparation fuite sur le joint ORING sur puits de réinjection - arrêt de l'installation environ 7h.
28/10/85	06/11/85	Fuite sur l'échangeur - Production limitée à 100 m3/h au lieu de 200 m3/h.
03/01/86		Arrêt de 15 heures suite à la non retransmission par télésurveillance chez l'Exploitant (incident de nuit).
18/02/86	04/03/86	Incident suite à des fuites sur un échangeur.
24/02/86		Lors d'une intervention Véritas, détérioration d'un échangeur, suite à un coupe de béliet, et communication imprévue avec le réseau géothermique.

Tableau 2. (suite)

CLICHY SOUS BOIS

Liste des principaux incidents de fonctionnement

DATE DEBUT	DATE FIN	INCIDENTS ET TRAVAUX REALISES
18/03/86	20/03/86	Fuite sur un échangeur, débit 100 m3/h.
20/05/86	21/05/86	Arrêt suite à une fuite sur manchon anti-vibratile.
27/05/86	27/05/86	Diagraphies dans forage d'injection ; mise en évidence de dépôts.
05/10/86	17/10/86	Curage puits d'injection.
01/87		Fuites périodiques entre plaques d'échangeur à l'occasion de différences de pression trop importantes entre primaire et secondaire.
ETE 1987		Rebobinage pompe injection. Remplacement vanes tte de puits injection.

5.3 Taux de marche de la boucle géothermale

Les taux de marche seraient les suivants :

ANNEE	11/82 - 8/83	9/83 - 8/84	9/84 - 8/85	9/85 - 8/86
Taux	92 %	86 %	95 %	

Si les incidents ont été relativement nombreux, ils n'ont pas entraîné d'arrêts prolongés, à l'exception des pannes de pompes d'injection et d'exhaure lors de la 2ème saison.

5.4 Problèmes de corrosion et de dépôts

5.4.1 Dépôts dans les forages

Des dépôts ont été mis en évidence dans le forage d'injection, à la fois directement (diagraphies) et indirectement (conséquences sur les pressions d'injection).

Les observations directes effectuées ont été :

- un contrôle du découvert, le 27/05/86, qui a révélé la présence de 22 m de dépôts (les niveaux producteurs n'étaient pas donc colmatés, du moins par des dépôts indures).

- une diagraphie de calibrage (40 bras), le 27/05/86, qui a montré la présence de dépôts sur le tubage de 7".

Ces dépôts sont importants à la base (plus de 7 mm) et vont en s'amenuisant vers la surface. Le volume total des dépôts a été estimé à 4,5 m³ environ soit 10 fois plus que le volume des sédiments en fond de trou.

- après réhabilitation d'octobre 1986, un nouveau calibrage a montré la subsistance de dépôts pouvant atteindre 1 mm, sur certaines zones.

La présence de dépôts, dans le forage d'injection s'est aussi manifestée par l'augmentation des pressions d'injection. Il n'y a pas eu de contrôle direct de la présence de dépôts dans le forage de production. Cependant des dépôts de long du tubage et/ou une dégradation de l'aquifère doivent exister, car il y a eu augmentation des rabattements depuis la mise en service (cf. paragraphe 7.3).

5.4.2 Corrosion des casings de forage

la corrosion des casings de forage est mise en évidence soit directement (diagraphies) soit indirectement, par suivi d'analyses chimiques (cf. 5.4.4). Le calibrage du 27/05/86 n'avait pas mis en évidence de creusements du tube 7", mais ceux-ci pouvaient parfaitement exister sous les dépôts plaqués contre le casing, dans le forage d'injection.

La diagraphie après curage du puits d'injection montre, elle, l'existence de zones corrodées, de 500 m au sabot. Les creusements atteignent localement jusqu'à 2,5 mm (soit 27 % de l'épaisseur du tube). Presque toute la hauteur du tubage est donc plus ou moins corrodée.

On ne dispose pas de diagraphies sur le forage de production (absence d'observations directes).

Il n'a pas été installé, actuellement, de ligne permettant d'injecter des inhibiteurs de corrosion au niveau de la pompe d'exhaure.

5.4.3 Corrosion des équipements de surface

Certains équipements de surface, en acier ordinaire revêtu epoxy, se sont rapidement corrodés jusqu'au percement (cf. liste des incidents), certains en moins d'un an. Les fuites se sont produites surtout sur des piquages, ou sur le tube retour de l'échangeur.

Une étude de corrosion avec mise en place de coupons témoins (géosondes) a été proposée par la société de suivi des paramètres sous-sol (CFG). Il n'y a pour l'instant aucune mesure disponible, les géosondes n'ayant pas été installées.

On ne dispose pas, non plus, de mesures d'épaisseur de conduites par la sonde à ultra-sons, en raison du calorifugeage existant, perturbant les mesures.

5.4.4 Caractéristiques chimiques du fluide géothermal

L'eau géothermale, à Clichy, présente les caractéristiques suivantes :

- minéralisation totale relativement faible, par rapport aux autres opérations du Dogger (19 g/l à Clichy),
- eau chlorurée sodique,
- présence de gaz H₂S abondant,
- présence de sulfures dissous assez importants, avec sursaturation des phases bien cristallisées mais saturation proche de l'équilibre pour les phases peu structurées, qui elle-même tendent à régler la précipitation des phases cristallisées,
- faible teneur en fer dissous.

D'après les analyses effectuées, les risques de précipitation et de dépôts concernent :

- les carbonates (risque faible, sauf si l'exploitation se fait en dessous du point de bulle,
- surtout les sulfures de fer.

On peut craindre une augmentation des sulfures de fer par réduction

des sulfates en sulfures (activité des bactéries sulfato-réductrices) et/ou surtout, une augmentation de la teneur en fer (corrosion ; ferro-bactéries).

Or on constate d'une part la formation de dépôts très probablement de sulfures de fer (rappelons qu'il n'y a pas eu d'analyse d'échantillons prélevés en place) et d'autre part l'absence de bactéries décelées dans les analyses.

L'absence d'activité bactérienne n'est cependant pas prouvée, car les analyses ne sont peut-être pas représentatives de la réalité (les colonies de bactéries vivent plutôt "accrochées" à la surface des tubages, et seraient peu véhiculées par le fluide).

D'autre part l'analyse concerne le fluide prélevé en tête du puits de production. Dans ces conditions, un ensemencement éventuel du forage d'injection, ne peut être mis en évidence. Une faible activité bactérienne a cependant été décelée par CFG dans une partie de la boucle de surface, dans un piquage sans circulation.

Evolution des caractéristiques chimiques

On dispose d'assez peu d'analyses détaillées (cf. annexe) et il n'est guère possible de décrire des tendances d'évolution.

Il semblerait y avoir une stabilité de la teneur en sulfures dissous, depuis la mise en service, (avec une pointe en avril 1984).

En fin de forage, le fluide reste "pollué" par les diverses opérations de foration et la teneur en fer y est importante. Par la suite, on note un accroissement entre novembre 1986 et février 1987.

On ne peut mettre en évidence une relation nette entre teneur en fer et débit. Si l'on admet un débit moyen pondéré sur l'année de 120 m³/h, il y aurait environ 0,3 à 0,5 T/an de fer évacué dans l'eau géothermale, selon les analyses de CFG. Si l'on admet que l'essentiel du fer vient bien du tube, cette quantité représente environ 1 % de la masse totale du casing 7".

Enfin, il faut rappeler que la composition du fluide dans le forage d'injection peut différer (surface et temps de contact fluide, casing plus importants).

5.4.5 Essais d'inhibiteurs

Bien qu'une corrosion ait été mise en évidence, notamment par diagraphies, il n'y a eu aucune expérimentation d'inhibiteurs de corrosion à Clichy-sous-Bois.

Celle-ci a cependant été proposée au Maître d'ouvrage par le bureau d'études "sous-sol". Il n'existe pour le moment aucune ligne d'injection d'inhibiteurs, en place.

5.4.6 Opération de réhabilitation des forages

Le calibrage du puits d'injection, en mai 1986, ayant montré la présence de dépôts sur les tubages, une opération de réhabilitation fut menée en octobre 1986.

L'opération a consisté en :

- un curage par descente d'un tricône 6" en circulation et rotation jusqu'à 2270 m (fond initial du forage).
- des dégorgements.
- injection d'un bouchon d'acide.

Les résultats sont présentés au tableau 3. Le curage s'est révélé efficace et a permis de retrouver, en artésianisme, le débit d'origine. L'acidification n'a apporté aucune amélioration.

On note, que l'outil employé (tricône 6") ne permet pas un nettoyage complet des casings (d'ailleurs, de minces dépôts subsistaient après l'opération, selon une diagraphie de contrôle).

Nota : A l'époque de la réhabilitation du forage d'injection, le Maître d'ouvrage avait envisagé d'essayer de dépasser le débit maximum retenu par la SAF (200 m³/h), afin d'améliorer la couverture géothermique. Le Comité Technique n'avait pas retenu cette demande. Par la suite, l'évolution des puits d'injection et production ont montré que les équipements en place ne permettaient nullement d'atteindre et encore moins de dépasser cette valeur.

Un endommagement du puits de production a été constaté (augmentation des rabattements ; perte de débit artésien, entre 1981 et 1986).

Une réhabilitation a été envisagée mais n'a pas été réalisée à ce jour, (d'autres actions, telle l'approfondissement de la colonne d'exhaure, ont aussi été envisagées).

Les caractéristiques actuelles du forage d'exploitation limitent le débit à près de 160 m³/h.

CLICHY SOUS BOIS

Fiche récapitulative des résultats obtenus à Clichy (GCL2 et GCS1)

Lors de la réhabilitation du forage d'injection

PUITS	PHASE DE TRAVAUX	DATE	VALEURS MESUREES			VALEURS THEORIQUES		
			DEBIT (m ³ /h)	TEMPERATURE (°C)	CONTREPRESSION (bar)	DEBIT (m ³ /h)	TEMPERATURE (°C)	CONTREPRESSION (bar)
INJECTION GCL 2	Fin de forage	11/81	116	64°C 70°C fond	0 bar	116	70°C	0 bar
	Avant nettoyage d'octobre 86	09/10/86	50	41,5°C	0,1 b	67	45°C	0 bar
	Après nettoyage mécanique	13/10/86	82	42,2°C	0,1 b	67	45°C	0 bar
	Après nettoyage complet	14/10/86	80	42,5°C	0,1 b	67	45°C	0 bar
PRODUCTION GCL 1	Fin de forage	11/81	135	68°C 70°C fond	0,25 b	135	70°C	0 bar
	Contrôle octobre 86	11/10/86	100	66,1°C	0,1 b	125	70°C	0,1 bar

6. Evolution des caractéristiques hydrogéologiques du captage

Sur le puits d'injection, la géométrie du captage s'est modifiée : le découvert, initialement en 6", s'est élargi par endroits, jusqu'à 11". Les caves formées se trouvent surtout dans la partie supérieure du découvert (c'est-à-dire à l'arrivée de la bulle froide), aussi bien en face de zones reconnues comme fortement productives en flotmétrie qu'en face de zones non productives.

Une température plus froide favorise la dissolution du calcaire. Or on remarque qu'ici, bien que la température de réinjection soit basse (40°C et moins), il n'y a pas de caves très importantes (diamètre de plus de 16", épaisseur de plus de 10 m).

L'augmentation du diamètre moyen du découvert devrait faciliter la réinjection.

On ignore s'il y a eu modification de la répartition des couches productrices, sur le forage d'injection comme sur celui de production (absence de nouvelles flotmétries).

Les caractéristiques hydrodynamiques au niveau du forage d'injection ne semblent pas s'être dégradées entre 1981 et la réhabilitation d'octobre 1986, (débits artésiens comparables). Par contre, on note une légère diminution du débit artésien du puits de production, entre ces deux dates. Ceci pourrait provenir d'un endommagement du puits par dépôts de sulfures, ou d'une amorce de potentiel de nappe, par suite d'interférences ?

7. Evolution de la fourniture d'énergie géothermale

La fourniture d'énergie géothermale dépend de plusieurs facteurs :

- débit d'eau géothermale,

- durée de fonctionnement de la boucle géothermale

- température de l'eau géothermale
- température de retour de l'eau géothermique
- performance propres de l'échangeur

Les deux derniers facteurs sont étudiés par le Bureau d'Etudes "Surface".

7.1 Evolution des températures de l'eau géothermale

La température en tête de puits production est, selon les relevés CFG, de l'ordre de 66°C, pour un débit de 160 à 170 m³/h (cf annexe).

On constate un comportement curieux : aux faibles valeurs de débit (ex : 18/06/87 = 72 m³/h, 18/08/87 = 63 m³/h), la température reste élevée (respectivement 68 et 66°C) Il est possible que les conditions de mesures ne soient pas représentatives de la température réelle en tête de puits mais plus en aval. Il est possible aussi que ces mesures fassent suite à des variations de débit : dans ce cas la température n'est pas stabilisée.

Les relevés de l'exploitant pour 1983 et 1984 font apparaitre des températures de l'ordre de 68 à 69°C pour un débit de 160 à 180 m³/h et une température de 66-67°C pour Q = 70 à 90 m³/h.

Les mesures disponibles ne semblent pas montrer d'évolution anormale des températures.

7.2 Evolution des débits

Les débits de pompage et de réinjection dépendent :

- des caractéristiques propres à l'aquifère,
- de l'importance des pertes de charge sur l'ensemble de la boucle géothermale,
- des caractéristiques des pompes (courbes caractéristiques ; vitesses de

rotation ; puissances moteurs...),

- dans une moindre mesure, de la température de l'eau de réinjection, qui influe sur la densité et la viscosité,
- des besoins en chauffage ou en eau sanitaire (différenciation des baisses de débit voulues par l'exploitant et des baisses involontaires).

Les débits sont notés :

- en continu par l'exploitant,
- de façon ponctuelle par CFG lors de ses visites "auscultation-diagnostic", depuis octobre 1986.

Les mesures de l'exploitant sont incomplètes : il semble que pendant la première saison de chauffe et le début de la seconde, il n'y ait pas eu de débitmètre en bon état de marche.

Les mesures dont nous avons eu connaissance (cf. figure 5) montrent que le débit nominal de 200 m³/h n'est pas atteint en fonctionnement continu.

D'autre part, le débit exploitable a décru jusqu'à atteindre une valeur proche de 160 m³/h et ce, malgré la réhabilitation de l'été 1986.

Nota : (n'ayant pas reçu, avant l'édition de ce rapport, les mesures de l'exploitant pour 1985-1987, nous n'avons pu étudier la vitesse de décroissance de débit ni l'effet de la réhabilitation de l'été 1986)

7.3 Evolution des rabattements et pressions d'injection

La courbe débit-hauteur manométrique, en fonction du temps, et d'après les mesures CFG, est reproduite en figure 6.

Commentaires :

- les pressions d'injection sont inférieures d'environ 4 bars (dans la

plage de mesure effectuées) aux prévisions. Ces conditions d'écoulement meilleures que les prévisions, laissent supposer que les paramètres hydrodynamiques retenus ne sont pas conformes à la réalité. On peut alors s'attendre à des interinfluences légèrement différentes.

- à débit égal, on note une tendance à la dégradation des conditions d'injection, dans le temps (ex : entre 5/6 et 26/03/87).

- d'une manière générale, il y a une nouvelle dégradation du puits d'injection depuis sa réhabilitation (octobre 86), y compris aux faibles valeurs de débit.

Cette dégradation survient donc très rapidement, en quelques mois.

- le NPSH disponible de la pompe d'injection est parfois de quelques mètres seulement, ce qui est insuffisant. Ceci impose soit une limitation du débit, soit une augmentation de pression à l'admission. Or la pression de refoulement de la pompe d'exhaure est-elle même limitée.

- les rabattements dans le forage de production sont actuellement supérieurs aux prévisions.

Cependant, les essais menés en juillet 1984, lors d'un changement de pompe montraient des rabattements inférieurs aux prévisions.

Il semble donc y avoir dégradation du puits de production depuis 1984. Un calibrage pourrait préciser l'importance des dépôts.

- après octobre 1986 (réhabilitation du forage d'injection), on n'observe pas de dégradation sensible du puits de production, hormis en mars 1987, (cette valeur n'étant pas confirmée en juin). Mais le suivi doit rester attentif.

- compte tenu d'un point de bulle à 5,8 bars et d'un rabattement de l'ordre de 60 m pour 170 m³/h, de pertes de charge de l'ordre de 15 m, on constate que le NPSH est insuffisant (l'aspiration de la pompe étant à 122 m). Il y a donc limitation du débit ou risque de dégazage.

- on note que la position de la pompe ne permettait guère une augmentation des rabattements par rapport aux prévisions (le rabattement supplémentaire actuel n'est que de 20 à 30 m).

Ceci semble s'expliquer en partie par la prise en compte lors de l'étude initiale, d'un point de bulle inférieur aux valeurs actuellement mesurées.

7.4 Production d'énergie géothermique

Les valeurs d'énergie géothermique fournie sont données au tableau 3 et représentées en figure 7. La valeur contractuelle de fourniture a été fixée à 35 151 MWh (pour un débit disponible supposé constant de 200 m³/h) et pour 3400 équivalents-logements raccordés.

Les résultats de l'année 84/85 sont proches des valeurs contractuelles, malgré un débit moyen d'exploitation inférieur à 200 m³/h. La faible fourniture de l'année 83/84 résulte des arrêts prolongés et répétés (plus de 35 jours d'arrêt au total). Celle de 85/86 est à rapprocher de l'endommagement du puits d'injection et du début de dégradation du puits d'exhaure.

On note par ailleurs, que les calories de l'eau géothermale sont exploitées près de leur maximum (cf. retours très froids). D'autre part les besoins en eaux chaude sanitaire sont relativement élevés (un peu moins de 20 %), ce qui permet de mieux rentabiliser la géothermie en été.

Tableau 3.

**CLICHY SOUS BOIS
ENERGIE GEOTHERMIQUE FOURNIE**

SAISON	11/82 - 08/83	09/83 - 08/84	09/84 - 08/85	09/85 - 08/86	09/86 - 08/87
Energie géothermique fournie MWh	17 132	26 351	33 661	28 781	30 300
Taux de couverture	67.2	51.2	65.6	55.2	
Taux de marche de la station géothermale	92 %	86 %	95 %		
Volume d'eau géothermale (estimé) en Mm3		1	1.3	1.2 (?)	
Ratio énergétique (volume d'eau en MWh/m3)		0.026	0.026	0.024	

Tableau 4.

CONSOMMATIONS ELECTRIQUES TOTALES DU LOCAL

ANNEE	82 - 83	83 - 84	84 - 85	85 - 86	86 - 87
Consomma- tion élec- trique kWh	1 072 067	1 140 422	1 689 769	1 647 000	1 400 000 environ
Energie gé- othermique fournie en MWh	17 132	26 351	33 661	28 781	30 300
Ratio con- sommation électrique énergie gé- othermique en kWh élec MWh géo	62.6	43.3	50.2	57.2	46.2

8. Consommation d'énergie de la boucle géothermale

Seules les consommations totales (boucle géothermale + pompes de circulation de la boucle géothermique) sont notées (cf. tableau 4).

Il n'y a pas de compteur séparé pour les pompes d'injection et de production, ce qui est dommage car ce paramètre peut refléter une éventuelle dégradation de l'ouvrage.

Périodiquement, les puissances absorbées par les pompes du doublet, sont mesurées par CFG (cf. figure 8).

Ces valeurs restent supérieures avec prévisions, bien que le forage d'injection ait été réhabilité et que les pressions d'injection soient inférieures aux prévisions.

On note une tendance à l'augmentation des puissances absorbées depuis octobre 1986.

En ce qui concerne les consommations électriques annuelles totales, on note une augmentation jusqu'en 1986, puis une diminution pendant la saison 1986-1987, qui est à attribuer au curage du puits d'injection.

La faible consommation relative de la dernière saison semble montrer que la dégradation de ce puits n'est pas encore très importante.

Les ratios énergie électrique/énergie géothermique ont tout d'abord été très importants au démarrage de l'opération. Ceci est à mettre en rapport avec une faible fourniture d'énergie géothermique plutôt qu'à une consommation électrique excessive des pompes.

Par la suite ce ratio a augmenté d'environ 15 % par an, jusqu'en 1986. La réhabilitation du puits d'injection a permis de retrouver une valeur plus favorable, bien que restant supérieure à celle de 83-84.

(Il faut rappeler par ailleurs que ce ratio ne permet une comparaison qu'en première approximation, aucun des phénomènes ne suivant une loi linéaire, ni l'énergie géothermique en fonction du débit, ni la consommation électrique en fonction du débit).

9. Comptes d'exploitation prévisionnels

Les dépenses occasionnées par l'exploitation de la boucle géothermale sont supportées par le fermier (Cofreth) dans le cadre de son contrat de chauffage.

Le Maître d'ouvrage supporte les dépenses liées aux forages proprement dits, pour lesquels il a souscrit un contrat SAF en juin 1983.

Les postes R2C et R2GT (entretien ; renouvellement) sont rémunérés selon l'énergie produite, étant supposé un débit fixe de 200 m³/h, fournissant 35 151 MWh géothermiques. Le contrat de chauffage ne prévoit pas de mode de rémunération en fonction d'une variation éventuelle de débit.

D'autre part le plan de renouvellement des matériels avait pris en compte des durées de vie de certains équipements plus importante que la réalité (en particulier pompe d'exhaure).

Pour le futur, nous envisageons ici 2 hypothèses :

- hypothèse haute : une solution technique est apportée au problème des phénomènes de corrosion dépôts et la décroissance des débits est lente, en même temps que les risques de percement de tubages diminuent.

A noter, que les résultats d'un traitement en continu restent encore à confirmer et que des autorisations administratives sont nécessaires.

- hypothèse basse : la corrosion et la formation de dépôts continuent à évoluer. Les débits décroissent, avec augmentation des pressions d'injection, et des rabattements, et augmentation de la consommation électrique des pompes par rapport au débit fourni.

Les casings risquent d'être percés, avec pollution possible des aquifères, notamment de l'Albien. Des réhabilitations deviennent nécessaires mais ne peuvent être multipliées, au risque d'endommager encore plus les casings.

HYPOTHESE OPTIMISTE

Pour ce scenario d'évolution possible des débits et des conditions d'exploitation, nous avons adopté les hypothèses suivantes :

- temps de marche de la station géothermale = 96 %, en moyenne, sur l'année.
- décroissance lente des débits. On suppose qu'un traitement par inhibiteurs de corrosion permettra de ralentir fortement la formation de dépôts de sulfures de fer. On suppose aussi, que les autorisations administratives nécessaires seront accordées.
- l'injection d'inhibiteurs se fera dans un premier temps au niveau de la pompe d'exhaure. Une ligne sera descendue lors du changement de pompe, supposé se produire en 87/88.
- pour éviter un percement possible du casing 9"5/8 du forage de production (avec risque de pollution de l'Albien), il est envisagé dans une deuxième phase, de placer une ligne d'injection en fond de puits. Actuellement, ce dispositif est encore expérimental. On suppose ici qu'il sera mis en place en 90/91. Le coût peut sensiblement varier en fonction du nombre de dispositifs installés sur d'autres doublets.
- pour que le traitement soit efficace, les puits doivent être curés. Le puits d'injection, réhabilité en 1986, sera à nouveau curé en 88/89. Le puits de production sera curé juste avant la mise en place d'une ligne de fond.
- on suppose qu'il n'y aura pas de percement de tubages nécessitant une rechemisage.
- les rabattements sur le puits de production limitant actuellement le débit du doublet, empêchant de mettre en valeur toute réhabilitation du forage d'injection, il est prévu de rallonger la colonne d'exhaure de

50 m lors du changement de la pompe. Cette mesure permet de pallier éventuellement à une augmentation des rabattements due à des interférences entre doublets.

- en première approximation, la consommation électrique des pompes d'exhaure et de réinjection est supposée sensiblement constante.
- contrôle de tubages tous les 3 ans.

CLICHY SOUS BOIS

HYPOTHESE PESSIMISTE

Pour ce scenario d'évolution possible des débits et des conditions d'exploitation, nous avons adopté les hypothèses suivantes :

- temps de marche de la station géothermale = 92 %, en moyenne, sur l'année.
- décroissance rapide des débits. On suppose qu'il n'y a pas de traitement par inhibiteurs de corrosion. On suppose d'autre part que le dépôt devient, en partie, protecteur et permet alors une décroissance moindre des débits.
- allongement de la colonne d'exhaure lors du premier changement de pompe, pour faire face aux rabattements supplémentaires constatés.
- usure plus rapide des matériels (moteurs fonctionnant près de leur maximum . corrosion . dépôts).
- percement possible des casings. Ni l'importance de la zone à rechemiser ni la date ne sont actuellement prévisibles. Arbitrairement, nous avons adopté un rechemisage partiel sur les deux forages, 12 ans après la mise en exploitation.
Le rechemisage entrainera des pertes de charge supplémentaires diminuant le débit d'environ 30 %. Par contre, cette opération s'accompagnera d'un nettoyage des forages.
- une réhabilitation par méthode légère (scrapper ; coflexip ou autres...) pourra être nécessaire, les phénomènes de corrosion. dépôt se poursuivant sur les parties de casing non rechemisés en matériaux composites. Cette réhabilitation est envisagée sur les deux forages.
- en première approximation, la consommation électrique des pompes

d'exhaure et de réinjection est supposée sensiblement constante.

- contrôle de tubages tous les 3 ans.

10. Conclusion

L'exploitation du doublet géothermique de Clichy sous Bois se caractérise par un nombre relativement important de pannes, surtout les deux premières années.

Bien que la première pompe d'exhaure ait duré peu de temps (un peu plus d'une saison), on note que la pompe actuellement en place a une durée de vie supérieure à la moyenne (elle commence sa 4ème saison).

Les conditions d'exploitation du doublet limitent la fourniture d'énergie géothermique : dans un premier temps, le débit a été limité par l'augmentation des pressions d'injection. Actuellement, le débit est limité par les rabattements, plus importants que prévus, sur le forage de production. Le débit maximal est d'environ 160 m³/h, la fourniture géothermique correspondante d'environ 30 000 MWh. Le puits d'injection a été réhabilité en octobre 1986, mais on constate une nouvelle dégradation, le phénomène "perturbateur" (formation de dépôts de sulfures) n'étant pas maîtrisé.

Une corrosion existe, à la fois sur les équipements de surface et sur les casings de forage.

Un percement de casing peut, à terme, se produire avec risque de pollution d'aquifères.

F I G U R E S

Figure 1.

CLICHY SOUS BOIS

PLAN DE SITUATION

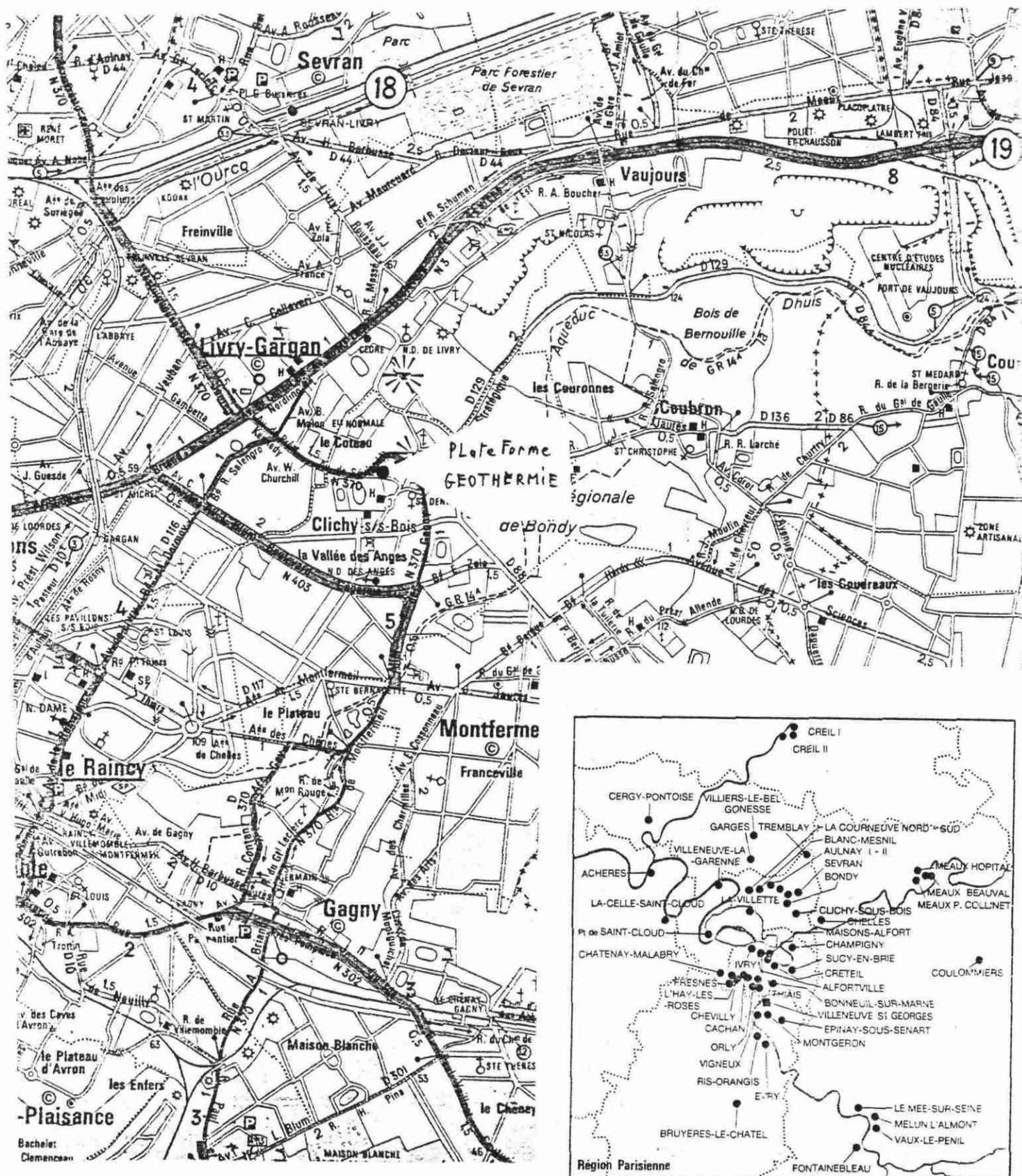


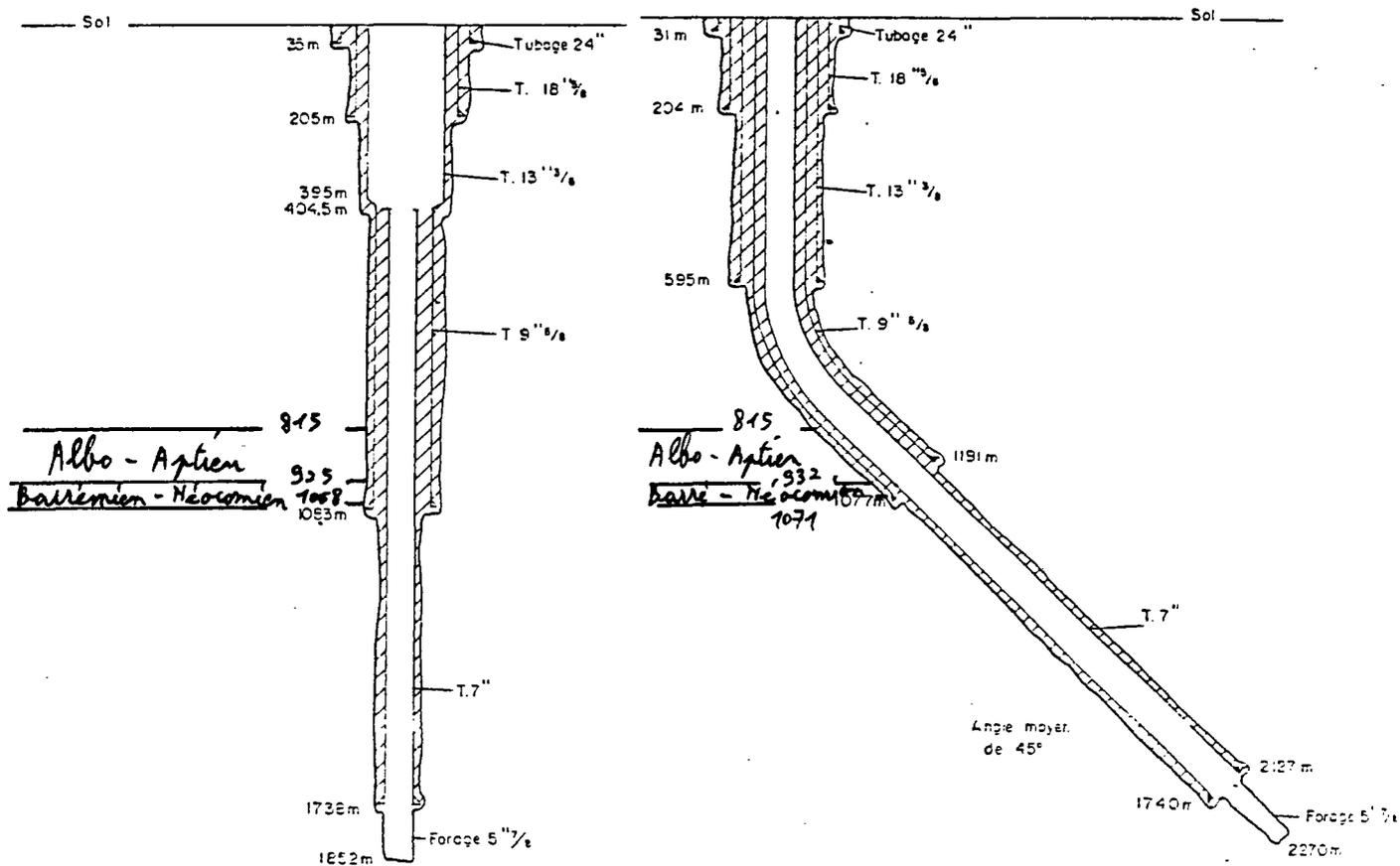
Figure 2.

CLICHY SOUS BOIS

COUPE TECHNIQUE DES FORAGES

PRODUCTION GCL-1

INJECTION GCL-2



D'après document BRGM

Figure 3.

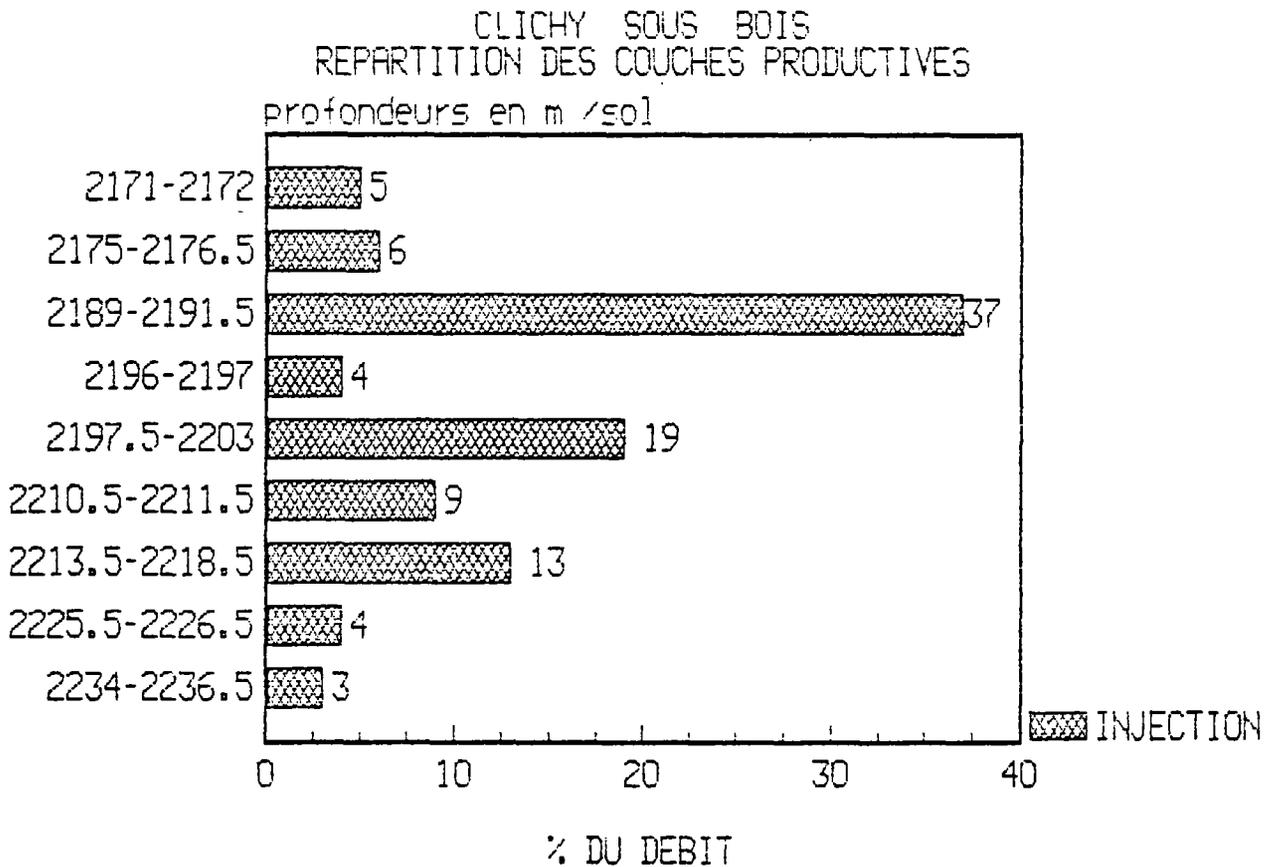
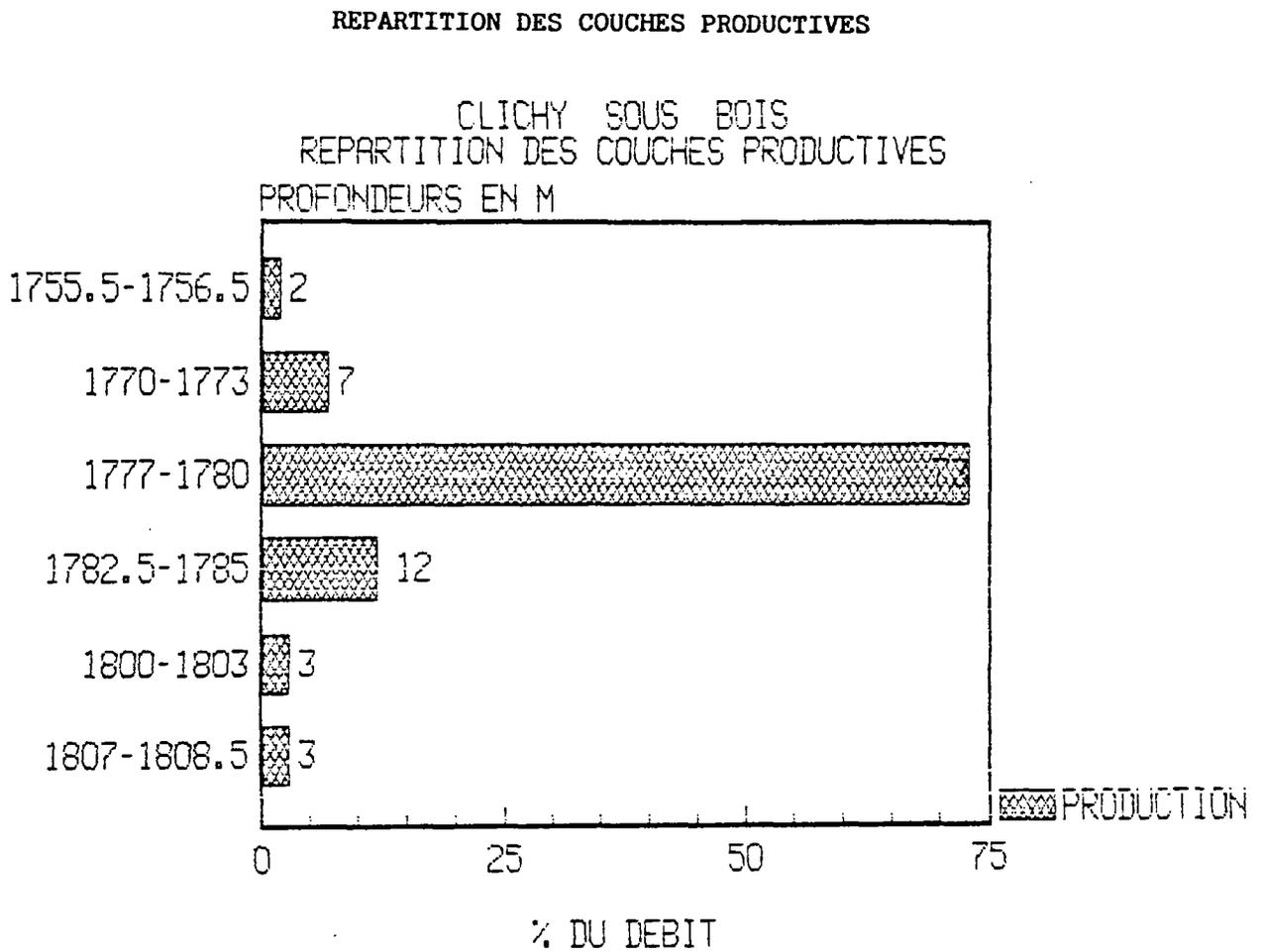
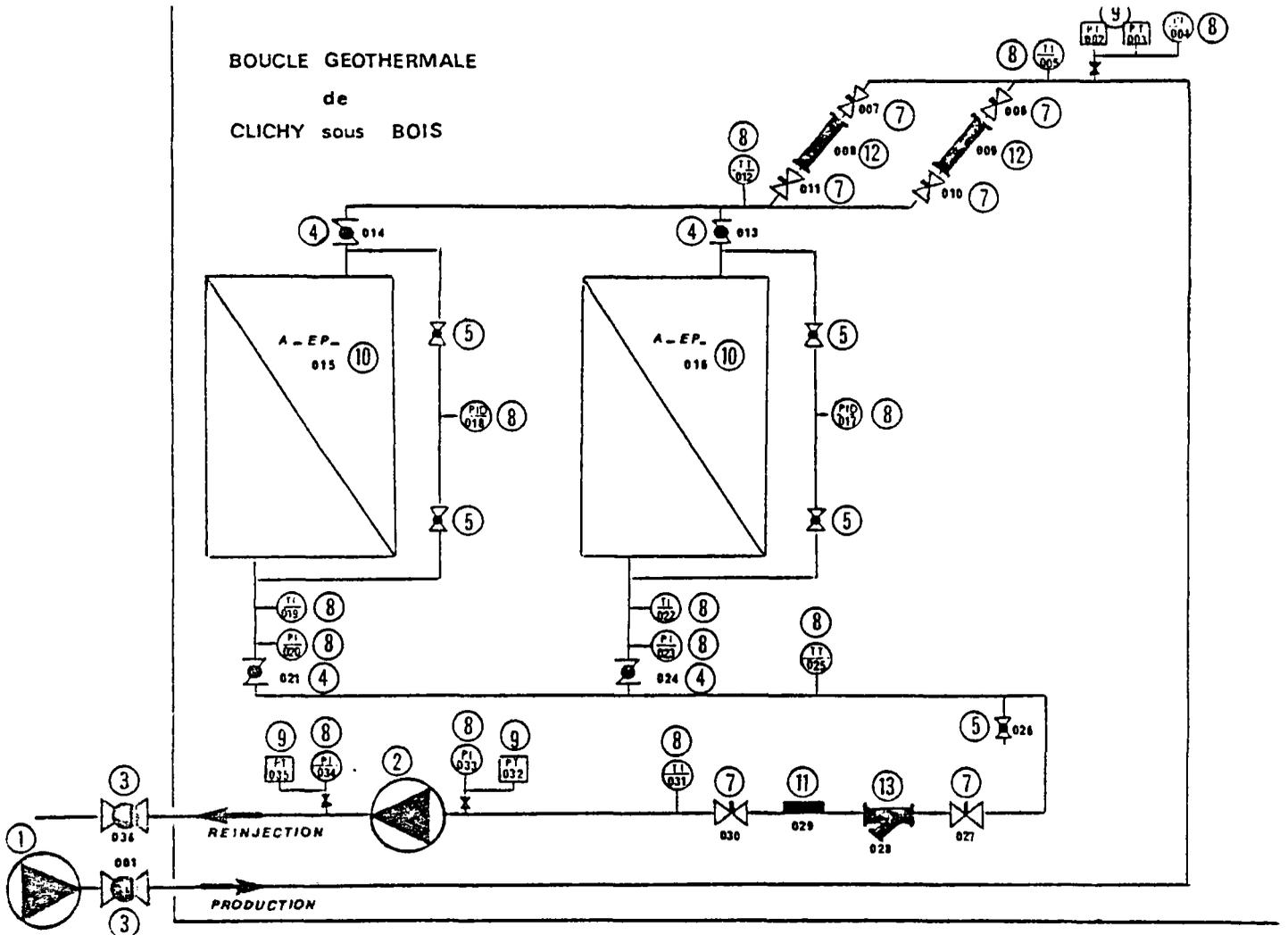


Figure 4.

**SCHEMA DE PRINCIPE
DE LA BOUCLE GEOTHERMALE**



N°	SYMBOLES	DESIGNATION
①		Pompe de production Byron-Jackson
②		Pompe de réinjection Byron-Jackson
③		Vanne à boisseau sphérique
④		Vanne papillon
⑤		Robinet à boisseau sphérique
⑥		Robinet d'isolement
⑦		Vanne à opercule (HAWLEY)
⑧		P.I. : Manomètre P.I.D. : Manomètre différentiel T.T. : Transmetteur de température T.I. : Thermomètre
⑨		PT : Transmetteur de pression
⑩		Echangeur de calories (Alfa Laval)
⑪		Débitmètre (KROHNE - Altaflux)
⑫		Filtre (Philippe 78800 Houilles France)
⑬		Filtre Y

Figure 5.

CLICHY - SOUS BOIS
EVOLUTION DES DEBITS ET PRESSIONS
D'INJECTION
(Mesures de l'exploitant)

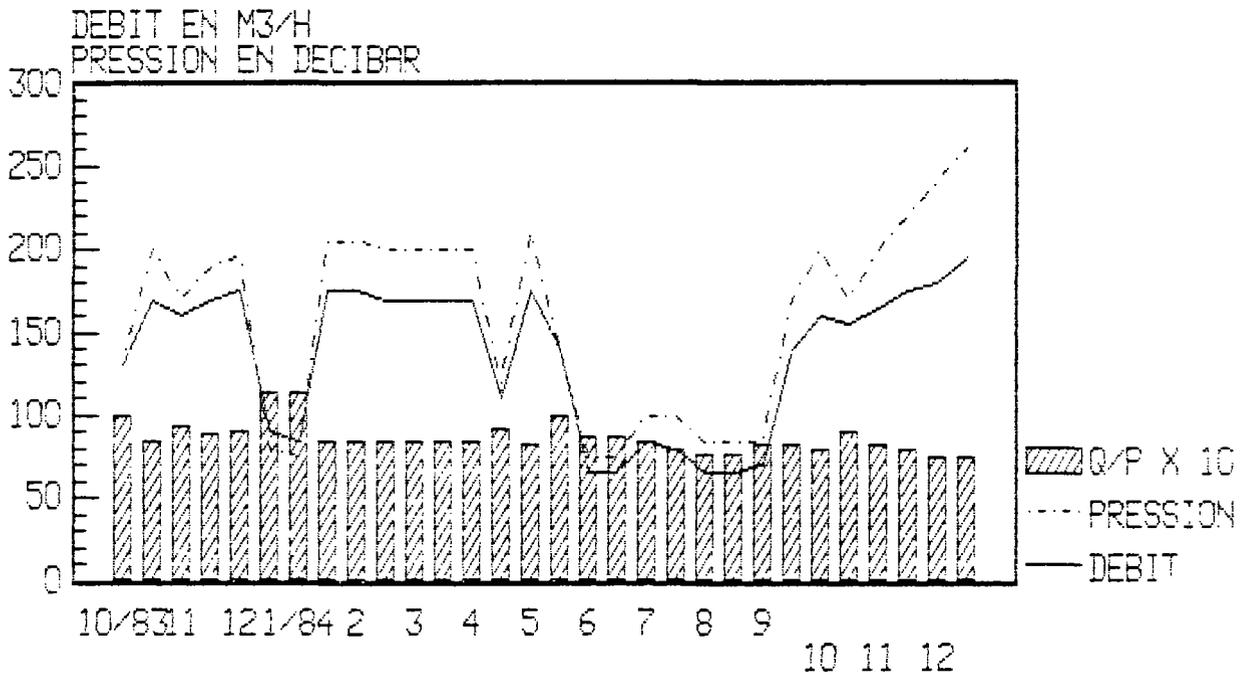


Figure 6.

CLICHY SOUS BOIS
Relation débit-rabattements
Pressions d'injection en fonction du temps

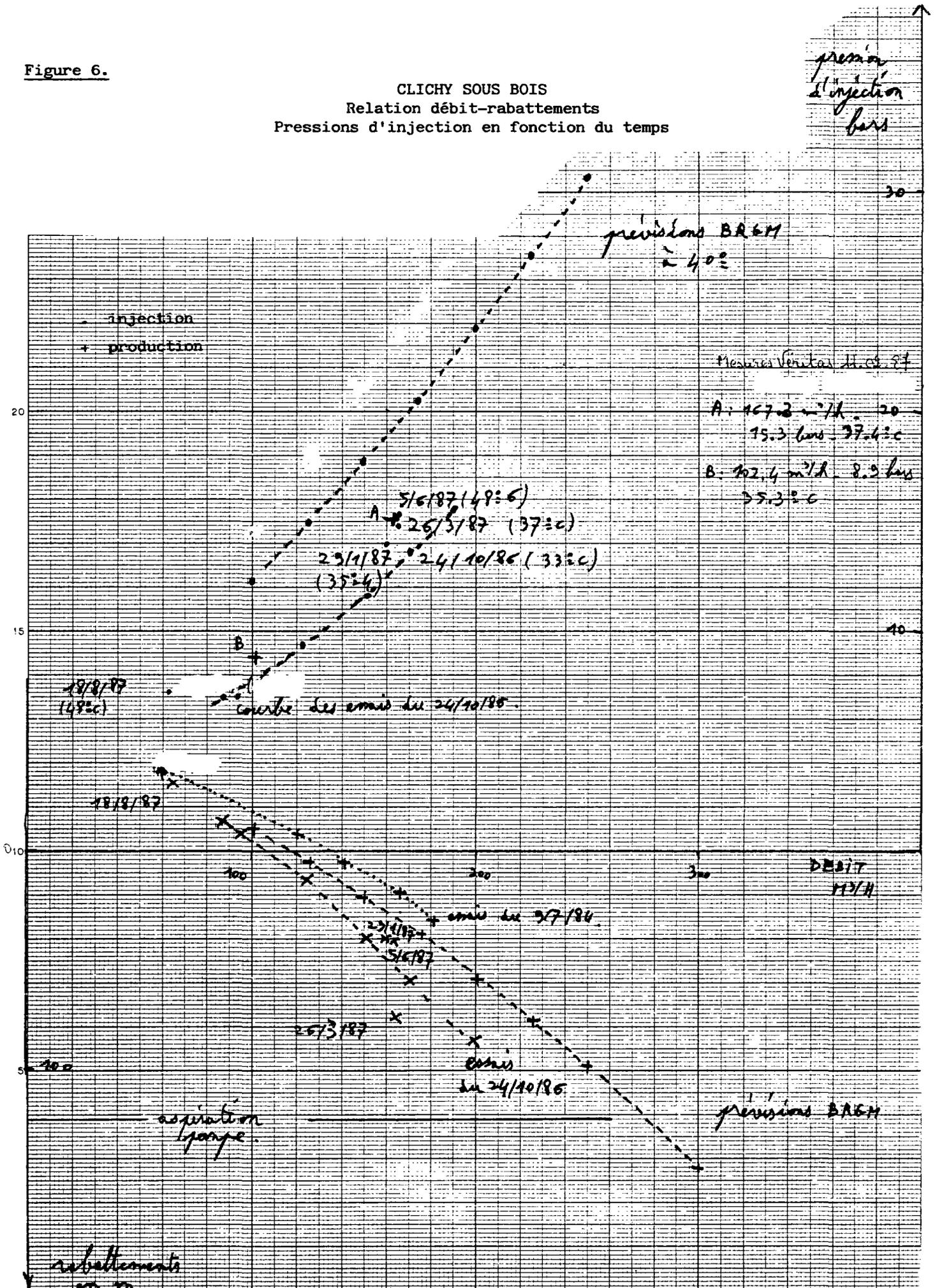


Figure 7.

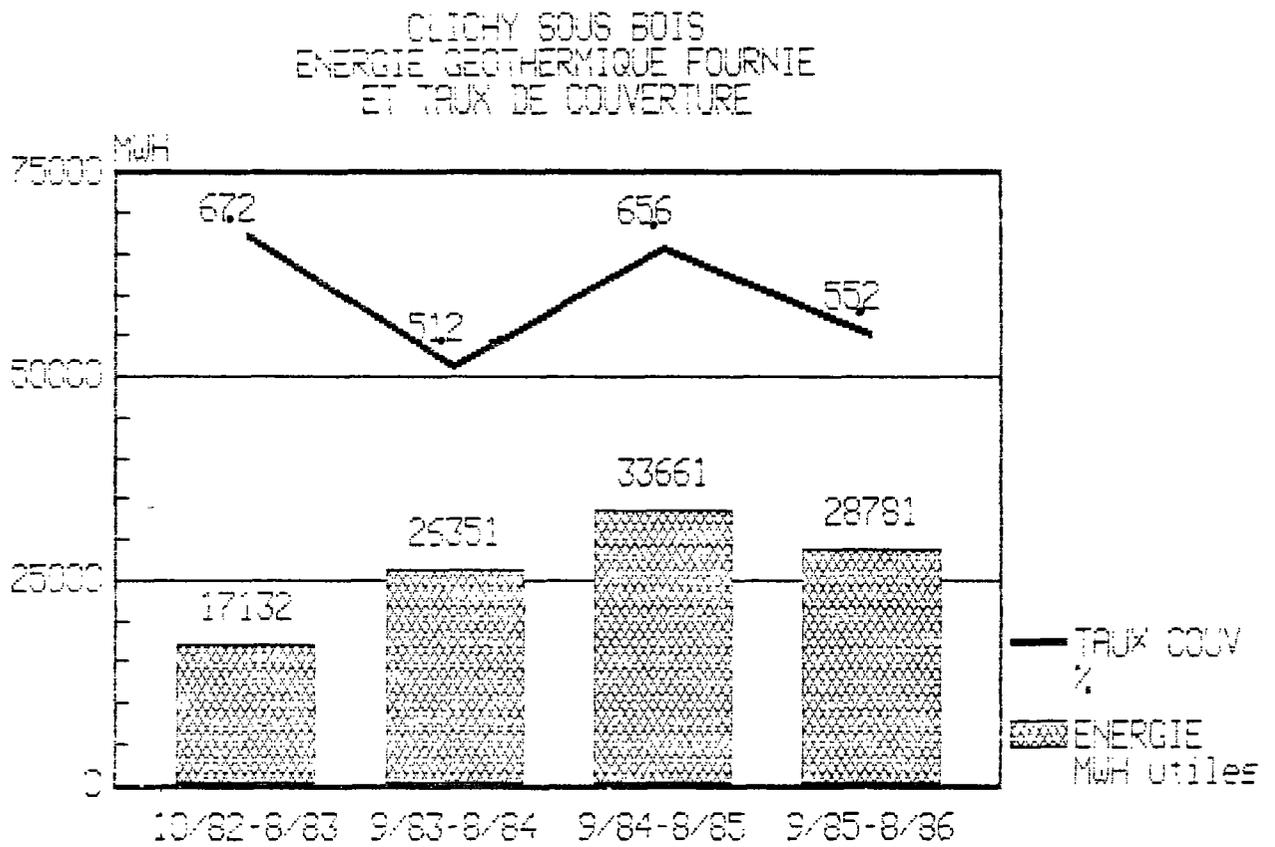
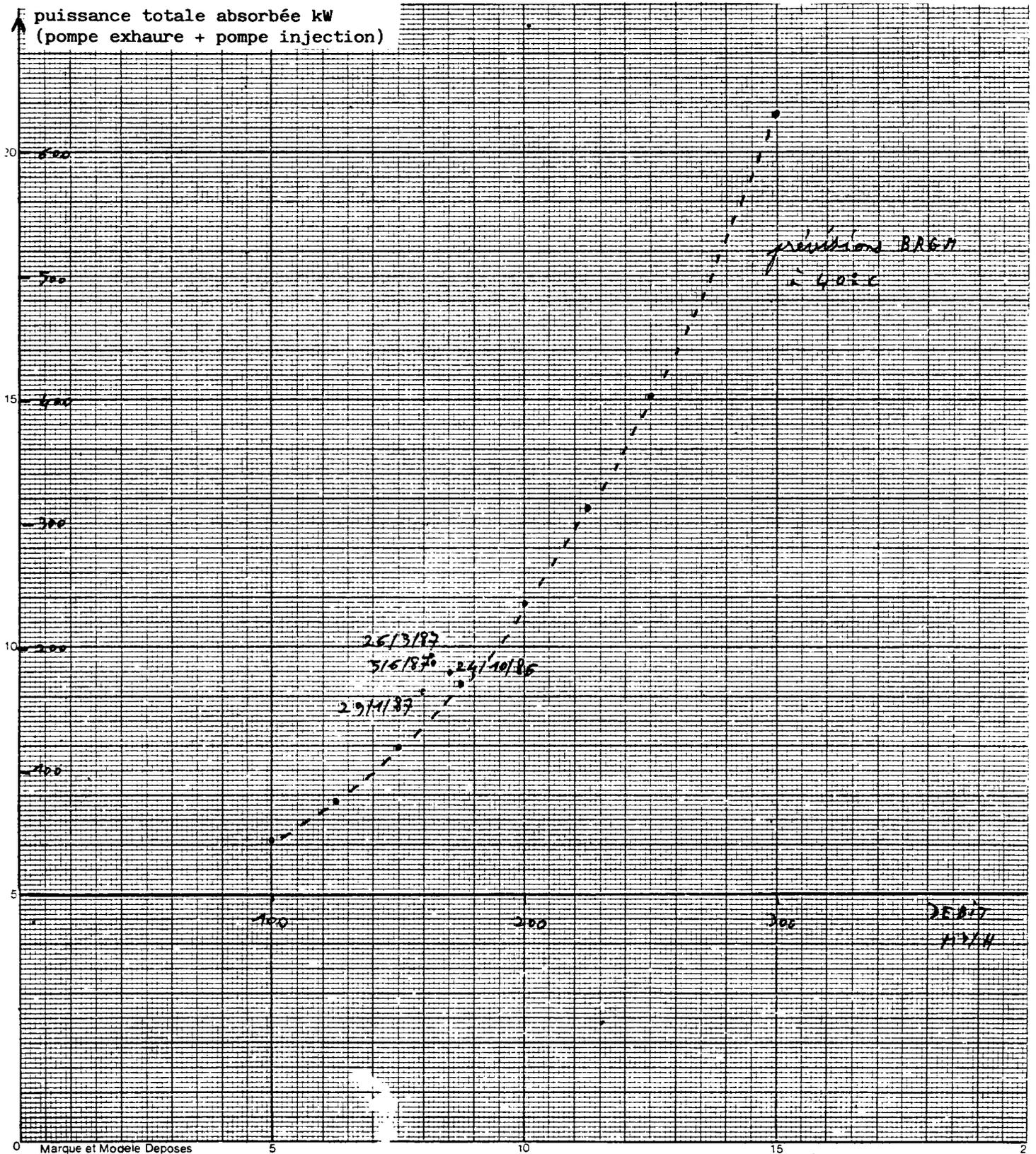


Figure 8.

CLICHY SOUS BOIS

PUISSANCE ABSORBÉE PAR LES POMPES



A N N E X E

mise à jour : 8/1987

IDENTIFICATION

OPERATION : CLICHY-SOUS-BOIS

MAITRE D'OUVRAGE : VILLE DE CLICHY-SOUS-BOIS (93)

MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE : SODEDAT 93

CONSEIL AU MAITRE D'OUVRAGE :

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

NOMBRE D'EQUIVALENT-LOGEMENTS RACCORDES : 3475

ENERGIE D'APPOINT : DECENTRALISEE : GAZ, FL ; FOD

NOMBRE DE DOUBLET GEOTHERMIQUE : 1

MISE EN SERVICE : 23/11/1982

FIN TRAVAUX FORAGES : 10/11/1981

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

F O R A G E S

NUMEROTATION	PRODUCTION	INJECTION
	GCL 1	GCL 2
Chambre de pompage ou réinjection - DIAMETRE - PROFONDEUR	13"3/8 395 m	7" 2 127 m
Déviation - MOYENNE - MAXIMALE - AMORCE DEVIATION	vertical	42° 49° 604 m
Protection Albien-Néocomien - DOUBLE-TUBAGE ? - CIMENTATION	9"5/8 et 7" double cimentation	9"5/8 et 7" double cimentation
DIAMETRE FORATION AQUIFERE	5"7/8	5"7/8
HAUTEUR (déviée) DE LA ZONE DE SEDIMENTATION (Fond du forage à dernier horizon producteur)	44 m	34 m
Tubages en contact avec fluide géothermal - DIAMETRE - NUANCE ACIER - EPAISSEUR EN MM	13"3/8- 9"5/8- 7" K55 K55 K55 8.94 9.19	7" K55 9.19
ECARTEMENT DES FORAGES (milieu Aquifère)	977 m	

DISPOSITIF D'EXHAURE

GENRE : - Immergée -

MARQUE : BYRON JACKSON

TYPE : 10 MQH

DIAMETRE :

MOTEUR :

PUISSANCE : 136 kW

SOUS : 380 V

PROFONDEUR IMMERSION : 122 m (crépine d'aspiration)

COLONNE D'EXHAURE :

MARQUE : HAGUSTA

DIAMETRE : 175

NATURE MATERIAU : Acier revêtu caoutchouc.

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SURFACE

VARIATEUR POMPE EXHAURE

MARQUE : JEUMONT-SCHNEIDER TYPE : JIS 600

ECHANGEUR

NOMBRE : 2

NATURE : A PLAQUES EN TITANE

MARQUE : ALFA LAVAL TYPE : AX 30 FM

PUISSANCE :

SURFACE D'ECHANGE : 576 m² x 2

FILTRE - AVANT ECHANGEUR ET POMPE REINJECTION

MARQUE : PHILIPPE TAMIS :

DECANTATION

TUYAUTERIES SURFACE

NATURE MATERIAU : acier revêtu epoxy dans le local technique ; résine epoxy entre local et têtes de puits.

POMPE INJECTION

MARQUE : BYRON JACKSON TYPE : 1000 VLT 7 étages dont 1 étage 10MQX
ET 6 étages MQH 6"1/2

MOTEUR : JEUMONT SCHNEIDER TYPE : PNC 315 M2

PUISSANCE : 180 kW - 380 V

VARIATEUR INJECTION

MARQUE : JEUMONT SCHNEIDER TYPE :

180 kW - 380 V

POMPE INJECTION MARCHE ETE

MARQUE : TYPE :

PUISSANCE :

CARACTERISTIQUES DE LA RESSOURCE

	Epaisseur Totale - m	Epaisseur productive - m	Perméabilité en D	Transmissivité en D.m	Porosité en %
PRODUCTION		14	2.19	30.7	13
INJECTION		14.8	2.29	34	15

AQUIFERE CAPTE : DOGGER

EVOLUTION DE LA FOURNITURE GEOTHERMALE

ANNEE	MWh utiles géothermiques	Taux disponibilité	Taux de couverture
11/82-8/83	17 132	92	67.2
9/83-8/84	26 351	86	51.2
9/84-8/85	33 661	95	65.6
9/85-8/86	28 781		55.2
9/86-8/87	30 300		

EVOLUTION DU FLUIDE GEOTHERMAL

DATE	pH	Eh mv	NaCl ppm	Conduc. mS/cm	Sulfures ppm	fer ppm	Q m3/h	pt de bulle bar	GLR %	Température en tête °C	Bactéries	
											F*	S*
12/9/81 GCL 1	6.4		16900	71 (20°)	24	3.2		5		63° (fond)	0	0
18/2/87	6.4	-312	16620	34.5	23.7	0.55	160	5.8	10.25	70.5	0	0
18/6/87	6.4	-323	16380	32	23.12	0.55	72	5.6	11.3	68	0	0
19/4/84	6.34	-337	17038	48.7	28.4	?	?	?	8.5	63	?	?
6/11/86	6.4	-230	16517	34.4	23.8	0.26	139	5.8	11	70.2	0	0

* F = ferrobactéries
S = sulfatobactéries

0 = absence
+ = présence

FOURNITURE GEOTHERMALE : EVOLUTION DU FONCTIONNEMENT

DATE	Q produc m3/h	T tête de puits	T retour puits	P en tête puits produc. bar	P en tête puits injection bar	P Aspira- tion pompe In bar	PUISSANCE EN kW ABSORBEE			Rabat en m	P Artési- enne bar
							Produc.	Injection	Total		
13/9/81 product.	135 artésien	70°8 1730 m vert pr	108 m3/h								4.8
?/81	116	70°4 1733 m (vert)									4.5
24/10/86	170	66	33	7.3	13.7	6.45	129.7	53.81	183.51	59	4.54
29/1/87	160	66.1	35.4	6.62	14	5.18	112.99	51.89	164.88	40.2	4.64
26/3/87	164	67.2	37.6	6.32	14.98	5.08	130.19	63.72	193.91	75.2	4.16
5/6/87	163	66.4	48.6	6.7	15.2	5.10	121.6	62.8	184.4	40.5	5.10
18/8/87	63	66	48	8.1	7.4		?			-31.4	4.9

FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS : LES INTERVENANTS

EXPLOITANT : COFRETH

CONTRAT DE CHAUFFAGE : GARANTIE TOTALE

CONTRAT SAF LONG TERME										
	DATE	Q m3/h	P. Exhaure		P. réinjection		T. exhaure	T. réinjec.	Po kW	P1 kW
			kW	sous V	kW	sous V				
PROTOCOLE DEFINITIF	29/06/83	200	125	380	184	380	69	30	9068	
MESURES VERITAS	11/02/87	167.3	140.2		72.6		70.5	37.4		
	11/02/87	102.4	40.6		14.7		69.8	35.3		

CONTRAT DE SUIVI - MAINTENANCE

SOCIETES		TYPE DE CONTRAT	CARACTERISTIQUES	DEBUT	FIN
MAINTENANCE	CLIENT				
CFG	Ville de Clichy	SUIVI	Suivi du fluide Auscultation-diagnostic Suivi corrosion	1/9/86 1/9/86	31/8/90 31/8/90

REHABILITATIONS :

DATE	FORAGE	NATURE DE L'INTERVENTION	RESULTATS	
			Avant	Après
du 5 au 17/10/86	INJECTION	Curage à l'outil, ; acidification diamètreur.	50 m3/h artésien 41.5°C	80 m3/h artésien 42.5°C

ESSAIS D'INHIBITEURS : Pas d'essais réalisés.

