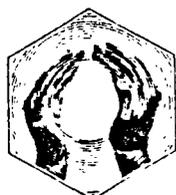




BRGM



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
Sevran

Gilbert BRETTE

87 SGN 452 SIE

SOMMAIRE

Introduction

1. Situation

2. Réalisation des forages

3. Importance des zones productives

4. Description des installations de la Boucle géothermale

5. Observation sur le fonctionnement des installations de la Boucle géothermale

5.1 Mise en service

5.2 Taux de marche de l'installation

5.3 Principaux incidents de fonctionnement

5.4 Problèmes de corrosion et de dépôts

5.4.1 Corrosion dans les équipements de surface

5.4.2 Corrosion des tubages de forage

5.4.3 Dépôts dans les équipements de surface

5.4.4 Dépôts dans les forages

5.4.5 Essais d'inhibiteurs

5.4.6 Travaux de curage

6. Evolution de la fourniture d'énergie géothermique

6.1 Evolution des températures de l'eau géothermale

6.2 Evolution des débits

6.3 Evolution des caractéristiques propres de l'aquifère

6.4 Production d'énergie géothermique

7. Consommation d'énergie de la Boucle géothermale

8. Comptes d'exploitation prévisionnels

8.1 Hypothèse optimiste

8.2 Hypothèse pessimiste

9. Conclusion

LISTE DES FIGURES

1. Plan de situation
2. Coupes techniques des forages
3. Zones productives
4. Schéma d'installation de la Boucle géothermale
5. Taux de marche de la Boucle géothermale
6. Relation débit HMT en fonction du temps
7. Débit géothermal moyen
8. Energie géothermique fournie
9. Puissance électrique totale absorbée

LISTE DES TABLEAUX

1. Caractéristiques hydrogéologiques
2. Principaux incidents de fonctionnement
3. Travaux de réhabilitation 1986 à Sevran

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 de la Boucle géothermale et après avoir fait certaines hypothèses de fonctionnement futur, définit certains coûts à intégrer dans le compte d'exploitation prévisionnel de l'opération.

L'énergie géothermale est ici exploitée par un seul doublet, appartenant au SEAPFA (Syndicat d'Equipement et d'Aménagement de la Plaine de France et de l'Aulnoy). Le Maître d'ouvrage délégué est la SODEDAT.

1. Situation

Le doublet dessert des logements sis à Sevran mais les forages sont implantés sur la commune d'Aulnay-sous-Bois (cf. figure 1).

Le doublet se situe donc en pleine zone urbaine, dans une zone où existent d'autres exploitations géothermiques (cf. cartouche figure 1).

2. Réalisation des forages

Les travaux de forage se sont achevés en juillet 1982, la mise en service ayant été réalisée plus d'un an après, en octobre 1983.

Les 2 forages ont été réalisés en déviation (cf. figure 2) on note que :

- l'aquifère a été foré en petit diamètre (6"),
- il existe un double tubage et une double cimentation en face des aquifères d'eau douce de l'Albien Néocomien, mais la cimentation n'est pas parfaite,
- tous les tubages sont en acier ordinaire K 55,
- les déviations restent modérées,
- la "poubelle" à sédiments est importante sur le puits de production (112 m) mais modérée sur celui d'injection (32 m)

Les petits diamètres sont plus sensibles aux phénomènes de dépôts : les pertes de charge y apparaissent plus vite et sont plus importantes (elles varient sensiblement en proportion inverse du diamètre à la puissance 5). La cimentation du tubage 13 5/8 (production) a connu quelques difficultés et a dû être reprise.

La cimentation du 7" (production) est de qualité médiocre à passable de

950 m à 500 m, c'est-à-dire en face de l'Albien Néocomien. Le tube est mal cimenté de 500 à 390 m (selon les diagraphies CBL). Nous n'avons pas de contrôle des cimentations des tubes supérieurs (9 5/8 et 13 3/8).

La cimentation du 7" (injection) a été faite en un seul étage (soit près de 2000 m) avec un ciment allégé + azote liquide. L'adhérence ciment-terrain-tubage paraît correcte, d'après le CBL, du fond jusqu'à 600 m et de moins bonne qualité de 600 m à 50 m (sauf entre 500 et 350 m). Elle est mauvaise entre 230 et 50 m.

3. Importance des zones productives

Les caractéristiques hydrogéologiques sont résumées sur la figure 3 et sur le tableau 1.

La réalité est tout à fait comparable aux prévisions. Cependant, bien que l'épaisseur productive et la transmissivité soient inférieures aux prévisions, le débit artésien obtenu est légèrement supérieur.

Pour le puits de production, une seule couche de faible épaisseur (moins de 6 m) assure près de 70% du débit. De même sur le puits d'injection (couche de 8 m assurant près de 70% du débit).

Ces horizons privilégiés évoquent une perméabilité de fissures. Ceci peut avoir des répercussions sur les vitesses d'évolution de la température et du chimisme de l'eau : les interférences entre ouvrages peuvent être plus rapides que prévues initialement.

CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES SEVRAN

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 m3/h		Pression artésienne kg/cm2	
	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité
Production	1850 +-30	1839	25 +-5	14.3	13 +-2	13	30 7 à 44	26.4	27 +-2		70° +-3°	69	105	110	8 +-2	8.0
Injection	1850 +-30	1836	25 +-5	14.7	13 +-2	14	30 7 à 44	21.4	27 +-2		70° +-3°	70.7	105	122	8 +-2	8.1

APS : selon document BRGM 82 SGN 510 GTH
et 82 SGN 958 GTH

4. Description des installations de la Boucle géothermale

Les installations existantes sont rappelées en figure 4 et dans la fiche 1.

On note :

- la présence de 2 échangeurs Vicarb,
- l'existence d'une pompe de réinjection de petit débit, pour fonctionnement en été,
- que les canalisations de la Boucle sont en acier inoxydable 316 L,
- la présence de filtres juste après la tête d'exhaure, en amont des échangeurs et avant la pompe de réinjection.
- l'absence de sécurité Haute Pression en tête d'exhaure.

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 en octobre 1983, plus d'un an après la réalisation du forage.

5.2 Taux de marche de l'installation

Le fonctionnement se caractérise par un taux de marche élevé et une bonne régularité (cf. figure 5).

5.3 Principaux incidents de fonctionnement

L'historique des principaux incidents connus de fonctionnement est résumé dans le tableau 2.

Tableau 2.

PRINCIPAUX INCIDENTS DE FONCTIONNEMENT

DATE D'INCIDENT	DUREE	CAUSES
24/10/1983	-	mise en route géothermie
21/07/1984	78h15	défaut pompe production mise en route pompe secours.
12/09/1984	40h15	défaut pompe réinjection fonctionnement pompe secours.
26/09/1984	-	remise en service pompe injection.
26/09/1984	48h15	défaut pompe injection, fonctionnement pompe secours.
11/10/1984	97h	défaut pompe injection, fonctionnement pompe secours.
12/11/1984	72h	arrêt pompe secours.
19/11/1984	24h30	défaut pompe injection.
23/11/1984	68h50	défaut pompe injection.
06/12/1984	96h	mise en route pompe secours ?
11/12/1984	26h	remplacement désemboueur.
13/03/1985	360h	fuite sur pompe secours.
27/05/1985	46h	mise en route pompe secours.
25/07/1985	10h	diagraphies sur forage injection.
18/11/1985	33h	défaut pompe injection mise en service pompe de secours.
03/12/1985	27h	défaut pompe injection.
24/02/1986	29h	défaut pompe injection mise en service pompe secours.
20/08/1986	11/9/80	curage forages production + injection.

Commentaires :

- un très grand nombre d'arrêts concerne la pompe de réinjection.
- la pompe d'exhaure n'a été changée qu'après près de 3 ans, ce qui, comparativement aux autres opérations du même secteur, est élevé.
- on ne signale pas d'encrassement important des échangeurs avant l'incident de mai 1987.
- on ne signale pas d'arrêts importants dus à des percements ou des éclatements de conduites de surface de la Boucle géothermale.
- hormis l'arrêt de 15 jours en mars 1985, il n'y a pas eu d'arrêt de très longue durée. Il faut également ajouter l'arrêt volontaire, fin août, début septembre 1986, pour le curage des 2 forages.
Enfin, très récemment, des venues brutales et massives de dépôts ont entraîné une indisponibilité prolongée de la Boucle, en mai-juin 1987.

5.4 Problèmes de corrosion et de dépôts

5.4.1. Corrosion dans les équipements de surface

Il existe un suivi des phénomènes de corrosion, par mesures d'épaisseur à la sonde à ultra-sons, sur certains points singuliers.

Les mesures effectuées ne montrent pas d'évolution significative. Il n'y a pas eu de conduites remplacées suite à des percements. Les éléments qui ont pu être démontés ont révélé une très faible attaque côté production et un début d'attaque superficiel côté injection.

D'autre part un dégazeur, qui est, lui, en acier ordinaire ne semble pas être gravement corrodé.

5.4.2 Corrosion des tubages de forage

Deux approches existent pour évaluer l'importance de la corrosion des divers casings :

- calibrage de précision,
- étude indirecte, par analyses chimiques de l'eau.

Les diagraphies de calibrage ont montré :

- en juillet 1985 : existence de quelques creusements (1 mm maximum), sur le 7" du puits d'injection.
- en août 1986, des creusements de 1 à 2 mm, après travaux de curage, sur le puits d'injection. Les creusements existent sur les 3 zones ayant bénéficié d'une diagraphie (285-304 m, 620-748 m, 979-1105 m).
- en septembre 1986, existence de creusements de 1 à 1,5 mm, entre 1150 et 390, dans le 7" du puits de production, ainsi que des creusements prononcés allant jusqu'à 2,4 mm, entre 390 et 240 m, et allant jusqu'à 0,8 mm entre 240 et la surface, dans le 13 3/8.

On remarque que :

- tous les tubages en contact avec le fluide géothermal sont corrodés, (mais la diagraphie ne permet pas de connaître l'importance de la superficie corrodée).
- les creusements semblent s'être amplifiés entre 1985 et 1986 sur le puits d'injection mais il est difficile de conclure car le diamètreur ne peut distinguer un creusement sous un dépôt (cas possible lors du calibrage de 1985).
- dans la chambre de pompage du puits de production les creusements les plus importants se situent sous la pompe mais

il existe aussi des creusements dans la zone de battement de niveau d'eau (celui-ci variant avec les différents débits exploités) et même au-dessus.

Les creusements les plus importants correspondent à une perte d'épaisseur du tube de près de 25%, dans une zone où il n'y a qu'un seul tubage et où nous ne disposons pas de contrôle de la qualité de la cimentation du 13"3/8. La résistance mécanique du tube peut s'avérer insuffisante.

Les analyses chimiques révèlent la présence d'une quantité non négligeable de fer, sous forme dissoute ou transportée sous forme colloïdale ou particulaire. Ici, les teneurs en fer semblent varier dans le même sens que le débit : à l'inverse de ce qui est observé ailleurs, on note plus de fer lorsque la vitesse augmente (donc que le temps de contact diminue).

5.4.3 Dépôts dans les équipements de surface

Il n'y a pas eu, jusqu'en mai 1987, d'arrêt motivé par la présence de dépôts dans les équipements de surface. Les conduites qui ont eu l'occasion d'être démontées n'ont révélé l'existence que de faibles dépôts, essentiellement côté production.

Il n'y aurait pas eu d'encrassement important des échangeurs ; de plus l'exploitant a fait procéder à un seul nettoyage chimique en 3 ans, ne permettant pas aux dépôts éventuels de s'amplifier.

Il n'a pas été observé de dépôts importants sur les filtres.

Cette absence de dépôts remarqués est presque étonnante car, lors du To, il avait été noté une forte diminution de teneur en fer entre le forage de production et celui d'injection. Ceci devrait correspondre à une précipitation. De plus, il avait été noté que la seule composition de l'eau permettait encore le dépôt d'importantes quantités de produits.

Il faut donc admettre que les dépôts n'ont pas grossi en place et ont pu passer à travers les tamis, et être renvoyés dans le

forage d'injection. Par contre en mai 1987, des venues importantes de dépôts sulfurés se sont produits, après un arrêt dû au changement de pompe d'exhaure. Ces venues massives et brutales ont obturé les filtres et encrassé les échangeurs. Plusieurs centaines de kilos de dépôts auraient alors été remontées. Un dégorgement prolongé du puits dans un borbier (plusieurs jours) a été nécessaire avant de faire circuler l'eau géothermale à travers les filtres de la Boucle (les échangeurs étant by-passés).

5.4.4 Dépôts dans les forages

Les dépôts dans les forages ont été mis en évidence, directement, par plusieurs calibrages :

- dans le puits de production, avant travaux de curage, des dépôts existaient sur tous les tubages en contact avec le fluide géothermale. Seule la zone au-dessus du niveau de pompage moyen n'en présentait pas.

Les dépôts ont atteint jusqu'à 9 mm d'épaisseur dans le 7", soit une perte de section de 21%. La perte moyenne de section est du même ordre de grandeur dans le 13 3/8, avec des dépôts de 20 mm.

Les dépôts sont d'épaisseur croissante du fond jusqu'au niveau de la pompe. On note qu'ils existent dès le sabot. Si le fer vient bien des tubages, il y a alors corrosion-dépôt immédiat. Juste après le curage des dépôts minces (jusqu'à 2 mm) subsistaient dans le 7".

- dans le puits d'injection, avant travaux de curage, (diagraphie 1985) des dépôts existaient également sur toute la surface du 7" et atteignaient jusqu'à 7,2 mm d'épaisseur. Le dépôt était continu, légèrement croissant de bas en haut. Après le curage, on note la persistance de quelques dépôts épais (jusqu'à 5 mm) dans les zones vérifiées (soit 14% du tubage).

La remontée de la pompe, en mai 1987, a permis de constater l'existence de dépôts importants de type "sulfures" rendant très difficile le démontage de cette pompe.

5.4.5 Essais d'inhibiteurs

Un essai de courte durée a été réalisé. Une injection de longue durée est envisagée. Actuellement, une ligne permet d'injecter des produits au niveau de la pompe d'exhaure, ce qui ne permet de traiter qu'une partie de la Boucle. Une ligne de fond, permettant de traiter l'ensemble des tubages, reste à expérimenter.

5.4.6 Travaux de curage

La baisse importante des débits et l'épaisseur constatée des dépôts, d'après diagraphies de calibrage, ont amené à la nécessité de curer les 2 puits, en août-septembre 1986. Le nettoyage a été réalisé par :

- descente d'un outil 6"1/4
- dégorgements
- injections d'acide

L'acide n'a pas permis d'amélioration notable de débit. Les résultats sont présentés au tableau 3. On note que :

- le curage a été conçu surtout pour un décolmatage de l'aquifère et non pour un nettoyage des tubages.
- le débit d'origine du forage d'injection est retrouvé et même dépassé.

L'amélioration de débit pourrait être due à la dissolution de calcaire le long des fissures de circulation préférentielle de l'eau. Il y aurait donc superposition de 2 phénomènes, lors de l'exploitation : amélioration de débit suite à la dissolution des calcaires et pertes de débit suite à des

phénomènes de colmatage.

- le débit d'origine du forage de production est retrouvé presque'entièrement.
- les débits ci-dessus sont des débits artésiens, hors Boucle et conditions habituelles d'exploitation.
- il y a une légère diminution de température sur le puits de production, avant et après curage. Elle est difficile à expliquer et ne se retrouve pas lors de l'exploitation en Boucle.

Les essais en Boucle effectués le 24/09/1986 ont montré :

- que les pressions d'injection étaient nettement diminuées et meilleures que les prévisions,
- que les rabattements étaient diminués mais restaient supérieurs d'une trentaine de mètres aux prévisions, pour les débits élevés (260 m³/h).

La mise en exploitation a montré que le débit nominal (275 m³/h) ne pouvait être atteint.

Tableau 3.

TRAVAUX DE REHABILITATIONS A SEVRAN

Dates	Forage	avant curage			après curage		
		Débit m3/h	T. °C	contre-pression bar	débit m3/h	T. °C	contre-pression bar
21/08 au 30/08/86	Injection	73 +-4	50	-	119 +-7	51°	0.26
1/09 au 11/09/86	Production	100.7	65	0.18	155	64.6	0.3

6. 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
- performances propres de l'échangeur

Les 2 derniers facteurs sont étudiés par le bureau d'études "surface".

6.1 Evolution des températures de l'eau géothermale

Pour l'instant, il n'a pas été observé d'évolution anormale de température de l'eau de production, qui est de l'ordre de 68°C. Les variations de température constatées sont liées à des variations de débit.

6.2. Evolution des débits

Les débits de pompage et de réinjection dépendent :

- des caractéristiques propres à l'aquifère (cf 6.3)
- de l'importance des pertes de charge sur l'ensemble de la Boucle géothermale
- des caractéristiques des pompes (courbes caractéristiques, vitesses de rotation, puissances de 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 chaude sanitaire (différenciation des baisses de débit voulues par l'exploitant et des baisses involontaires).

On dispose :

- d'une part de relevés de débit, d'après un compteur servant de base à la facturation,
- d'autre part, de mesures CFG, environ tous les 2 mois.

La courbe débit-hauteur manométrique, à différentes époques est reproduite en figure 6.

Commentaires :

- les rabattements sont supérieurs aux prévisions. L'écart est très réduit après l'opération de réhabilitation de septembre 1986 (une vingtaine de mètres) mais très important avant (de l'ordre de 140 m) ainsi qu'après.
- les rabattements ont augmenté de nouveau fortement quelques mois après la réhabilitation, pour atteindre le même niveau, en mars 1987, qu'avant la

réhabilitation.

- les pressions d'injection sont dans l'ensemble supérieures aux prévisions, parfois très fortement (24 bars). Seules les valeurs obtenues après la réhabilitation d'août 1986 sont inférieures aux prévisions. En mars 1987, on observe une nouvelle dégradation. Compte tenu d'un point de bulle proche de 4 bars, le niveau d'eau s'établit en mars 1987 à près de 215 m soit une trentaine de mètres au-dessus de la base du groupe de pompage, à 190 m³/h.

Cette marge, bien qu'actuellement suffisante, ne permet guère d'envisager des rabattements supplémentaires.

Les valeurs mensuelles moyennes de débit sont présentées en figure 7. Il s'agit ici en fait de valeurs servant de base à la facturation, présentant sans doute quelques écarts par rapport à la réalité, notamment dans les périodes de faibles besoins énergétiques et de bon taux de couverture. Ces valeurs reflètent cependant bien la baisse des débits jusqu'à l'été 1985, la difficulté de retrouver le débit après la marche d'été, la poursuite de la décroissance en 85-86, l'augmentation de débit après la réhabilitation de l'été 1986 (sans atteindre le débit nominal de 275 m³/h) puis une nouvelle décroissance.

NB : Les débits lus au débitmètre sont enregistrés sur bande de papier par l'exploitant.

6.3 Evolution des caractéristiques propres de l'aquifère

La baisse des débits semblait correspondre à un colmatage de l'aquifère. En fait les diagraphies et l'opération de réhabilitation ont montré que cette baisse résultait en grande partie de la présence de dépôts sur les tubages. Il n'y avait pas de dépôts indurés décelables au diamètreur ou au tricône en face des zones reconnues productives.

Le fait que le curage ait permis de retrouver les caractéristiques des forages dans les mêmes conditions montre que l'aquifère lui-même n'est, pour l'instant, pas dégradé.

Seule la zone immédiate autour du forage subit des modifications (dépôts éventuels ; cavage faible sur le puits de production cavage important de 10 à 15" sur le puits d'injection).

Les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (pression, rabattement) ainsi que certaines caractéristiques chimiques et la température pourront être modifiées lorsque les interinfluences entre les divers puits se feront sentir.

La présence d'horizons minces très transmissifs peut entraîner des interinfluences un peu moins lentes que prévues.

6.4 Production d'énergie géothermique

L'énergie géothermique théorique fournie est représentée en figure 8. Les valeurs ne représentent pas la réalité, mais un calcul théorique à partir du débit (une dérive sur le comptage est probable), sans tenir compte de la température réelle de retour.

Les valeurs annuelles sont :

MWh utiles

	1983-84	1984-85	1985-86
	1/10/83-30/6/84	1/7 - 30/6	1/7 - 30/6
Valeurs théoriques en fonction du débit		27 724	27 085
Valeurs réelles	23 564	26 637	25 813
DJU	2 567	2 617	2 724

Le taux de couverture prévisionnel est de 58,2% (pour un débit de 275 m³/h). Les taux annuels théoriques, en fonction du compteur de débit, ainsi que les taux réels sont :

	1983-84	1984-85	1985-86
	1/10/83-30/6/84	1/7 - 30/6	1/7 - 30/6
théorique		44,30%	41,53%
Réel	40,1%	42,6%	39,6%

L'eau chaude sanitaire représente environ 20% des besoins en énergie.

7. Consommation d'énergie de la Boucle géothermale

Les puissances totales absorbées (injection + production) à l'entrée du variateur sont représentées en figure 9. A puissance égale, la réhabilitation a permis d'augmenter nettement le débit (ex : 150 m³/h le 15/05/86 et 228 m³/h le 24/09/86, soit + 52%). On constate après réhabilitation, une dégradation des puissances absorbées en fonction du débit, avec le temps. Les puissances absorbées sont nettement supérieures aux prévisions.

Il n'a pas de comptage séparé des consommations électriques de la Boucle géothermale. Les consommations totales (boucles géothermale + géothermique) sont :

Période	10/84 - 6/85	7/85 - 6/86
kWh	2 617 442	3 138 300
KF	1 108	1 645
Ratio kWh/MWh géothermique	103.7	121.6

On constate une augmentation du ratio kWh/MWh géothermique avec le temps, qui est à mettre en parallèle avec les dégradations du puits.

8. Comptes d'exploitation prévisionnels

Les dépenses occasionnées par l'exploitation de la Boucle géothermale sont ici prises en charge essentiellement par le fermier (SAC), dans le cadre de son contrat de chauffage.

L'exploitant a en effet à sa charge l'entretien et la maintenance des installations (sauf les forages), ainsi que les dépenses d'énergie (dont l'électricité des pompes de production et d'injection).

Le Maître d'ouvrage supporte les dépenses liées aux forages proprement dits, pour lesquels il a souscrit un contrat SAF. Il supporte aussi les dépenses sur la Boucle où la responsabilité du fermier n'est pas engagée.

Pour le compte prévisionnel d'exploitation, 2 hypothèses (scenarios optimiste et pessimiste) seront faites ici. Chaque scenario tente une approche sur :

- les débits géothermaux (qui vont conditionner l'appoint nécessaire),
- les dépenses propres aux forages.

Pour le scenario pessimiste, une renégociation du contrat de l'exploitation peut être nécessaire.

8.1 Hypothèse optimiste

- . un traitement par inhibiteurs de corrosion et bactéricides permet de limiter le développement des dépôts. Le produit est injecté par une ligne de fond.
- . ce traitement est mené après nouvelle réhabilitation des 2 forages, exécutée pour la prochaine saison de chauffe (ce qui suppose de pouvoir réaliser rapidement une opération relativement chère).
- . on suppose ici que la réhabilitation pourra être menée avec une méthode légère ("hérisson", "cofléxip" scrapper etc...) bien que cette méthode n'ait pas encore fait pleinement ses preuves.

- . les débits sont sensiblement maintenus.

- . on suppose qu'il n'y aura pas nécessité de rechemiser, totalement ou partiellement, le forage d'ici l'an 2 000.

- . le taux de marche de la Boucle géothermale reste élevé (98%).

- . en première approximation, la consommation électrique des pompes est supposée sensiblement constante : le moteur conserve le même régime, la baisse de débit étant contrebalancée par une augmentation des pertes de charge.

- . des contrôles de tubages pourront être opérés tous les 3 ans environ. Pour minimiser les coûts, ces contrôles sont supposés être faits, pour la production, lors des opérations de remontée - descente de pompe.

COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

SEVRAN - SCENARIO 1

ANNEE	95 - 96	96 - 97	97 - 98	98 - 99	99-2000
MWh géothermal					
Débit	190	190	190	190	190
P'1					
. Electricité MWh					
P2					
. Contrat suivi	}	INCLUS	DANS		
. Dépenses sous-sol					
P3		CONTRAT	SAC		
. contrat maintenance pompe exhaure	}				
. Gros entretien pompe injection					
. Gros entretien échangeur					
. Gros entretien réseau boucle surface					
. Gros entretien variateurs					
. Divers					
. Ligne de fond matériel de surface pour injection					
. Produits inhibiteurs	100	100	100	100	100
. Contrôle tubages		60+60			60+60
. Réfection tubages avec SAF sans					
. Acidification avec SAF sans					
. Réhabilitation avec SAF sans	540				
	2X400				
. Imprévus (5% du P3)	45	50	45	45	50
Assurance (Pertes d'exploitation bris machines) p.m	195	195	195	195	195
Frais de gestion du M.O. délégué p. m					

8.2. Hypothèse pessimiste

- . la formation des dépôts n'est pas enrayée, (traitement inefficace ou inexistant).
- . les débits décroissent fortement. Le dépôt pouvant avoir aussi un rôle protecteur, il est possible qu'on observe un ralentissement de la diminution de débit, voire une stabilisation. Les lois de croissance des dépôts n'étant pas connues, il n'est pas possible d'établir les débits correspondants. Les valeurs indiquées sont donc hypothétiques.
- . on cherche à éviter les variations de débit et le débit est maintenu en été (d'où surcoût d'électricité).
- . il n'est pas prévu ici de réhabilitations, qui ne permettent qu'une amélioration passagère s'il n'y a pas de traitement anti-corrosion efficace. Par contre des dégorgements suivis de circulations avec filtrations sont ici prévues et pourront avoir lieu après des arrêts, volontaires ou non.
- . les divers matériels risquent de se dégrader plus rapidement. En particulier les casings risquent de devenir encore plus rugueux et même de se percer localement. L'importance du rechemisage à opérer est difficilement prévisible. Les pompes de production risquent d'avoir une durée de vie écourtée, de l'ordre de 2 ans. Des filtres complémentaires, mis en parallèle et permettant un nettoyage plus facile peuvent être envisagés.
- . la disponibilité de la Boucle géothermale tombe à 90%.
- . en première approximation, la consommation électrique des pompes est supposée sensiblement constante : le moteur conserve le même régime, la baisse de débit étant contrebalancée par une augmentation des pertes de charge.

- . des contrôles de tubages pourront être opérés tous les 3 ans environ. Pour minimiser les coûts, ces contrôles sont supposés être faits, pour la production, lors des opérations de montée - descente de pompe.

- . si un rechemisage est nécessaire, après constatation de percements, il s'ensuivra une diminution de débit due à la réduction de diamètre (environ 30%). Par contre la mise en place du nouveau tubage (matériaux composites) devrait permettre :
 - des pertes de charge moins importantes (faible rugosité de paroi) d'où amélioration du débit.

 - une élimination préalable des dépôts, par moyen mécanique.

Si les dépôts proviennent d'une corrosion des tubages métalliques, et si le rechemisage est partiel, il est possible que de nouveaux dépôts se forment sur les tubes en matériaux composites, particulièrement lors des arrêts. Un rechemisage partiel a été envisagé, de façon arbitraire, pour la saison 96-97.

COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

SEVRAN - SCENARIO 2

ANNEE	95 - 96	96 - 97	97 - 98	98 - 99	99-2000
MWh géothermal					
Débit	110	90	80	80	80
P'1					
. Electricité MWh	2900	2900	2900	2900	2900
P2					
. Contrat suivi	125	125	125	125	125
. Dépenses sous-sol	50	50	50	50	50
. Produits inhibiteurs					
P3					
. contrat maintenance pompe exhaure	670	670	670	670	670
. Gros entretien pompe injection		1000			
. Gros entretien échangeur	50	+1400			
. Gros entretien réseau boucle surface	80	80	80	80	80
. Gros entretien variateurs		700			
. Divers					
. Ligne de fond matériel de surface pour injection					
. Produits inhibiteurs					
. Contrôle tubages		60+60			60+60
. Réfection tubages avec SAF sans		540 2x2000?			
. Dégorgements avec SAF sans					
. Réhabilitation avec SAF sans					
. Imprévus (5% P3)	40	220	40	40	45
Assurance (Pertes d'exploitation bris machines) p.m	195	195	195	195	195
Frais de gestion du M.O. délégué p. m					

9. Conclusion

L'exploitation du doublet géothermique de Sevrans se caractérise, pendant les 4 premières années d'exploitation, par l'absence d'incidents majeurs, par un taux de marche élevé des installations, mais aussi par une décroissance importante des débits.

La réhabilitation, de l'été 1986, sur les 2 forages, n'a permis qu'une amélioration très temporaire, et semble avoir favorisé, après un arrêt dû à un changement de pompe, la venue massive de dépôts sulfurés. La décroissance des débits, après réhabilitation a été plus rapide.

Il paraît exclu de vouloir exploiter à un débit le plus élevé possible sans opérer de traitement destiné à limiter la formation des dépôts.

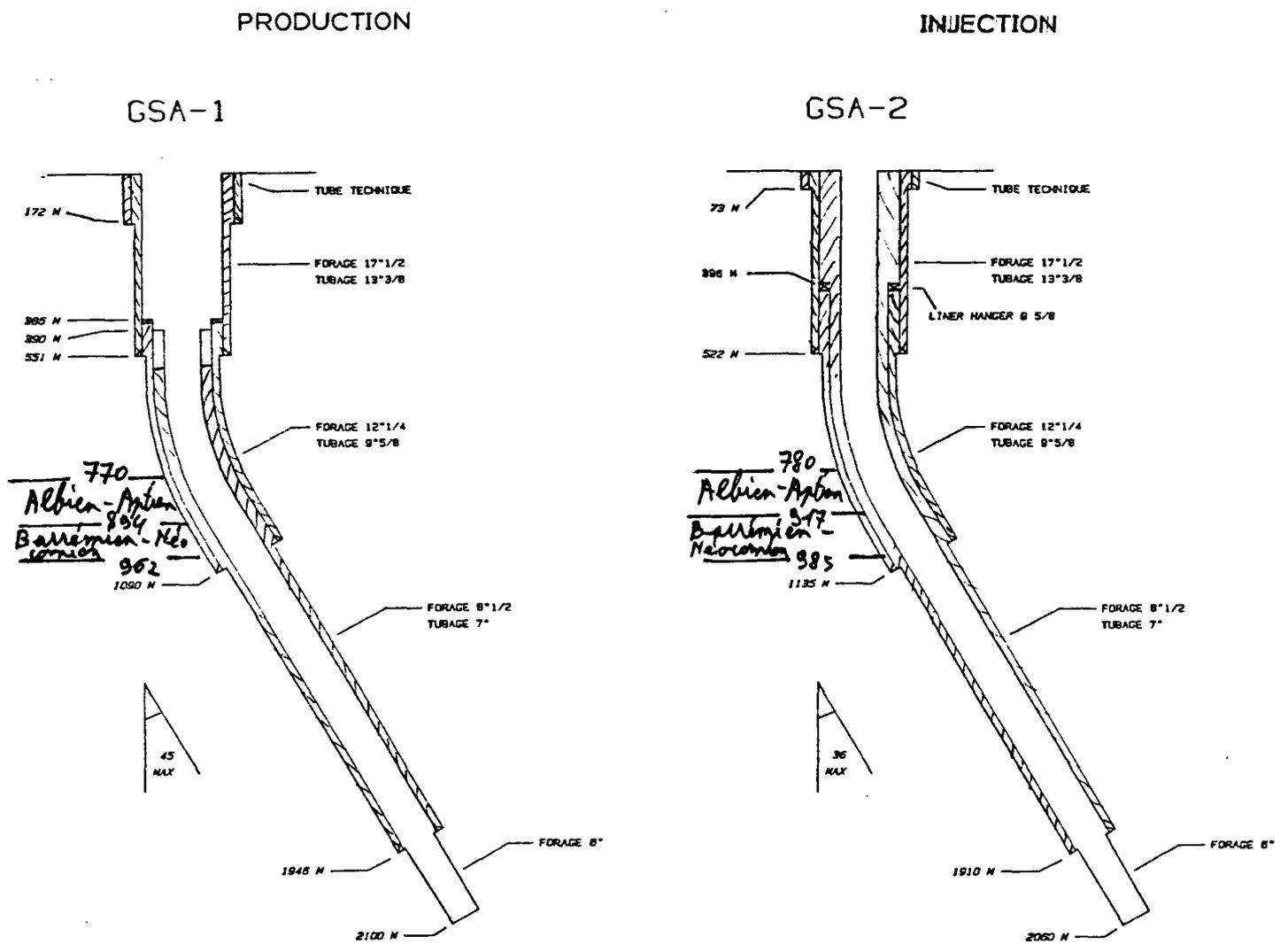
Les conditions optimales de traitement (dosages ; profondeur d'injection...) restent encore à établir.

Si aucun traitement n'est tenté, le débit exploitable sera fortement réduit. Cependant, le dépôt pouvant également avoir un rôle protecteur, il est possible qu'un équilibre s'établisse et que le débit ne décroisse plus que très lentement. Une élimination partielle des dépôts par dégorgements peut être envisagée. Cette dernière solution s'accompagnera d'une dégradation plus rapide des matériels et de l'amplification des risques de percement des casings (avec répercussion éventuelle sur l'environnement et les aquifères d'eau douce).

L'évolution ou le déplacement des dépôts peut entraîner des montées en pression pouvant endommager une partie des matériels de surface, en l'absence de pressostat.

Figure 2.

COUPES TECHNIQUES DES FORAGES

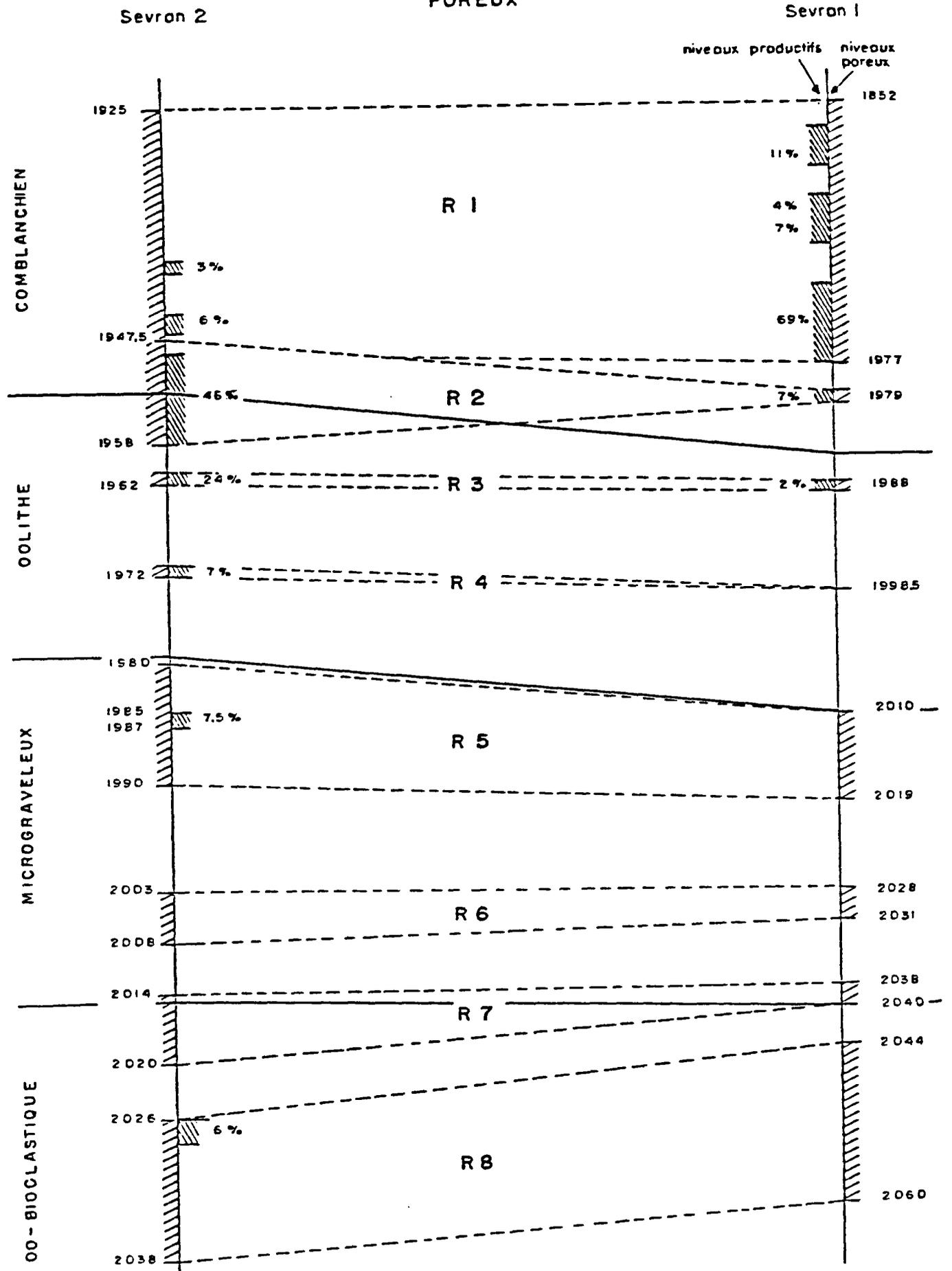


D'après documents CFG

Figure 3.

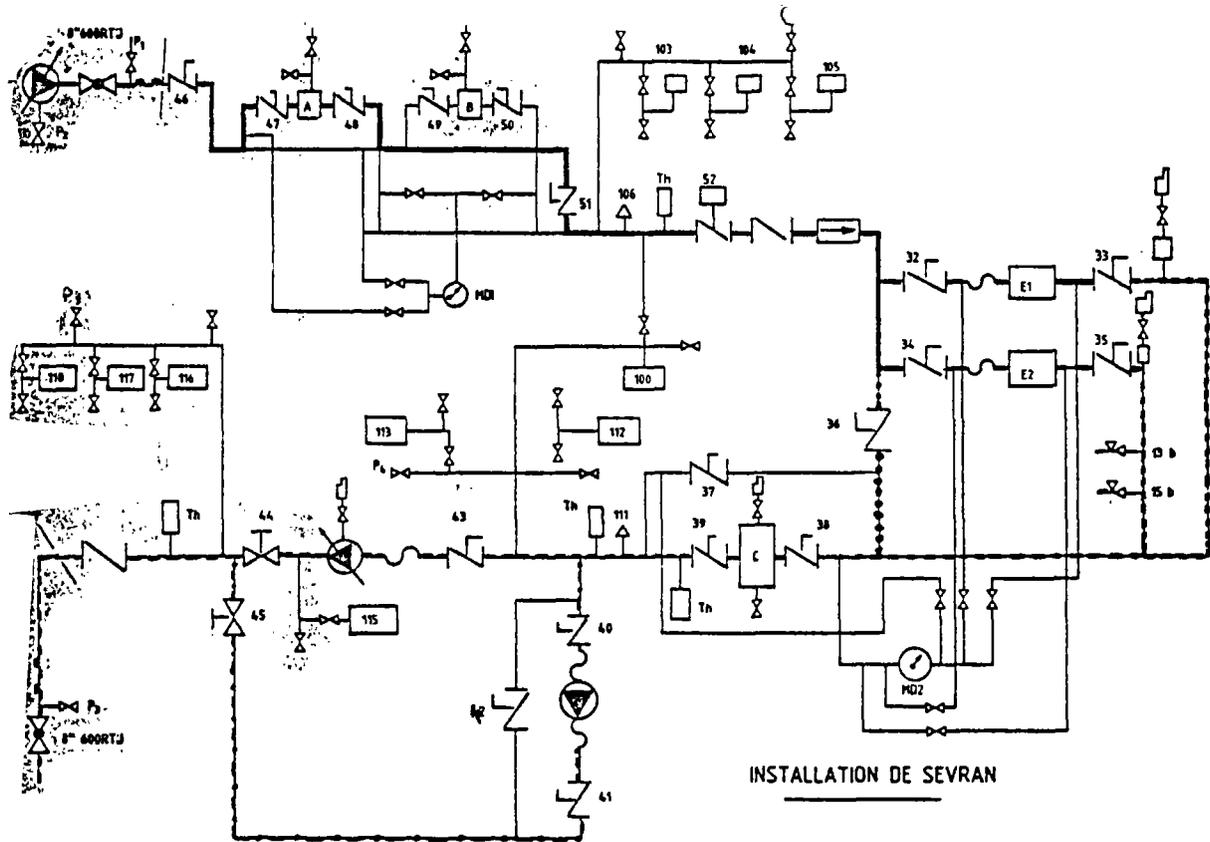
D'après document BRGM

ZONES PRODUCTIVES
CORRELATION DES HORIZONS
POREUX



SCHEMA D'INSTALLATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

Figure 4.



-  Pompe débit variable BYRON JACKSON
-  Vanne MAPEGAZ B" 600 RTJ
-  Vanne Papillon (46-47-48-49-50-51-32-33-34-35-36-37-38-39)
-  Filtre Philippe EAP 35 (A-B-C)
-  Vanne 1/2 pouce
-  Manomètre HAENNI
-  Thermomètre BOURDON
-  Capteur de pression SCHLUMBERGER (113-112-105-104-103-100) (118-117-116-115)
-  Vanne motorisée KEYSTONE (52)
-  Clapet SETON
-  Débitmètre KROHNE
-  Compensateur caoutchouc STENFLEX
-  Echangeur VICARB
-  Purgeur ARMSTRONG
-  Dégazeur
-  Soupape BOUTTEVIN DUBOST
-  Capteur température SCHLUMBERGER
-  Pompe secours GUINARD
-  Vanne papillon DN 125 PN 16
-  Vanne 2 opercules PN 64 (44 Ø 200) (45 Ø 125)
- Compensateur SEPI
- Manomètre différentiel BLONDELLE (MD1-MD2)
- circuit principal exhaure
- - - - circuit principal réinjection
- dérivation échangeur
- o - - - - o réseau réinjection secours

D'après document CFG

Figure 6.

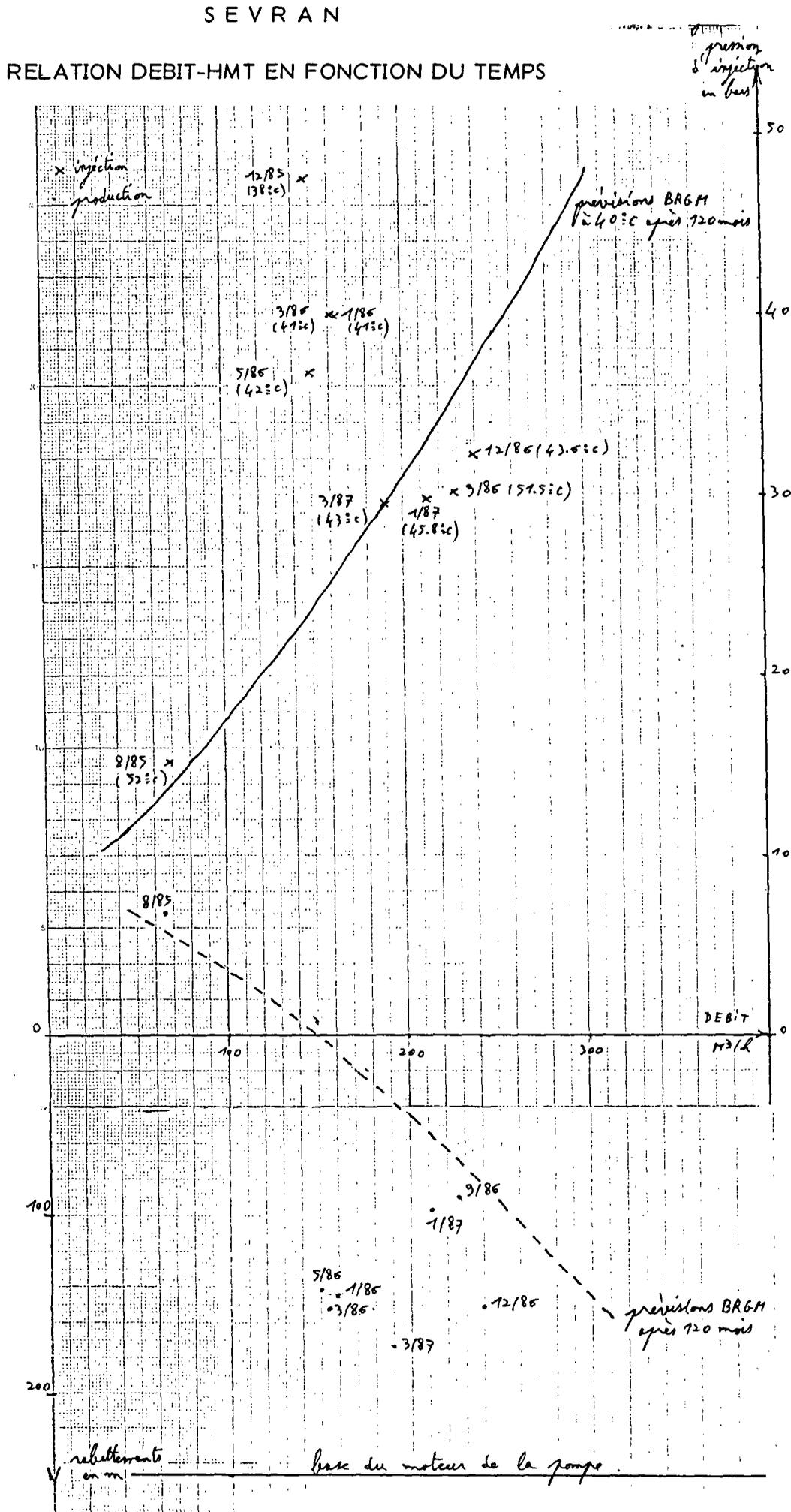


Figure 7.

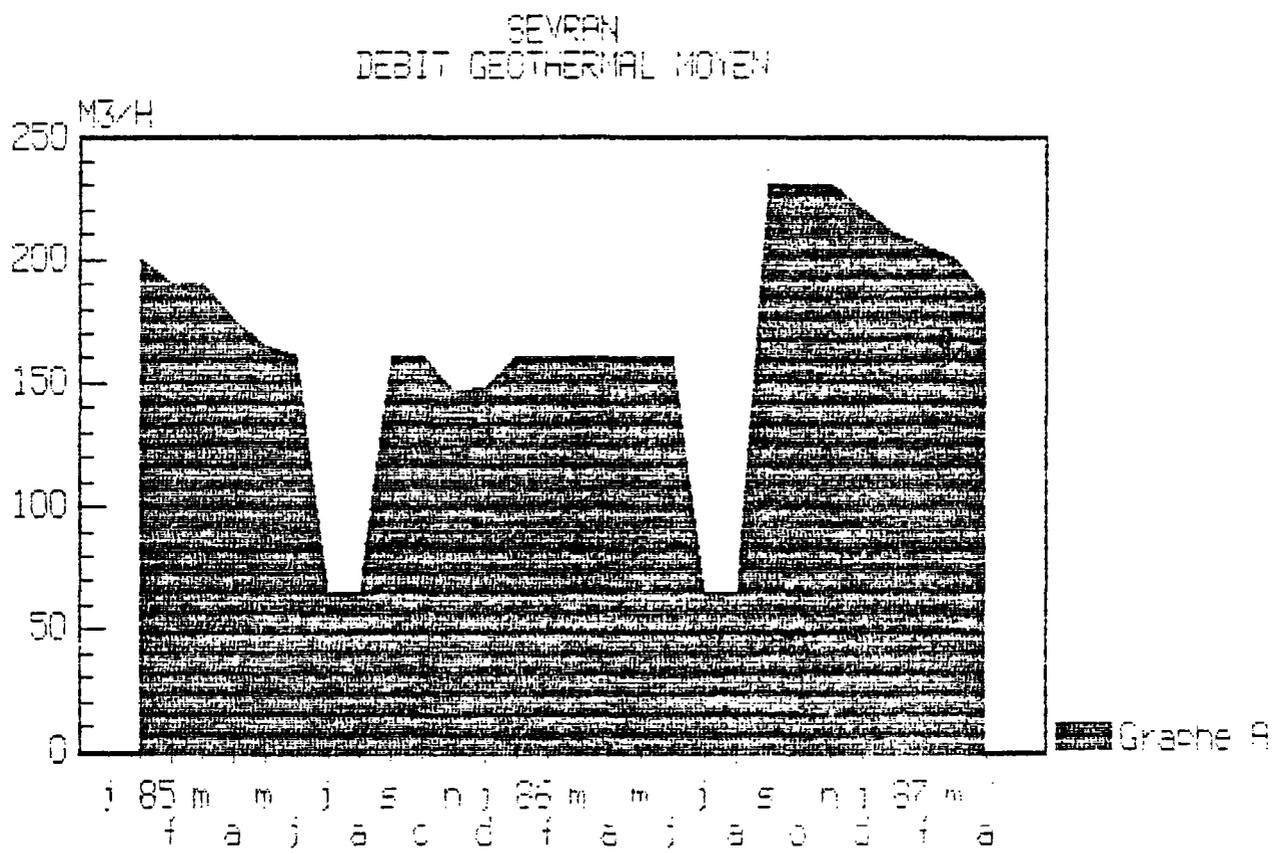
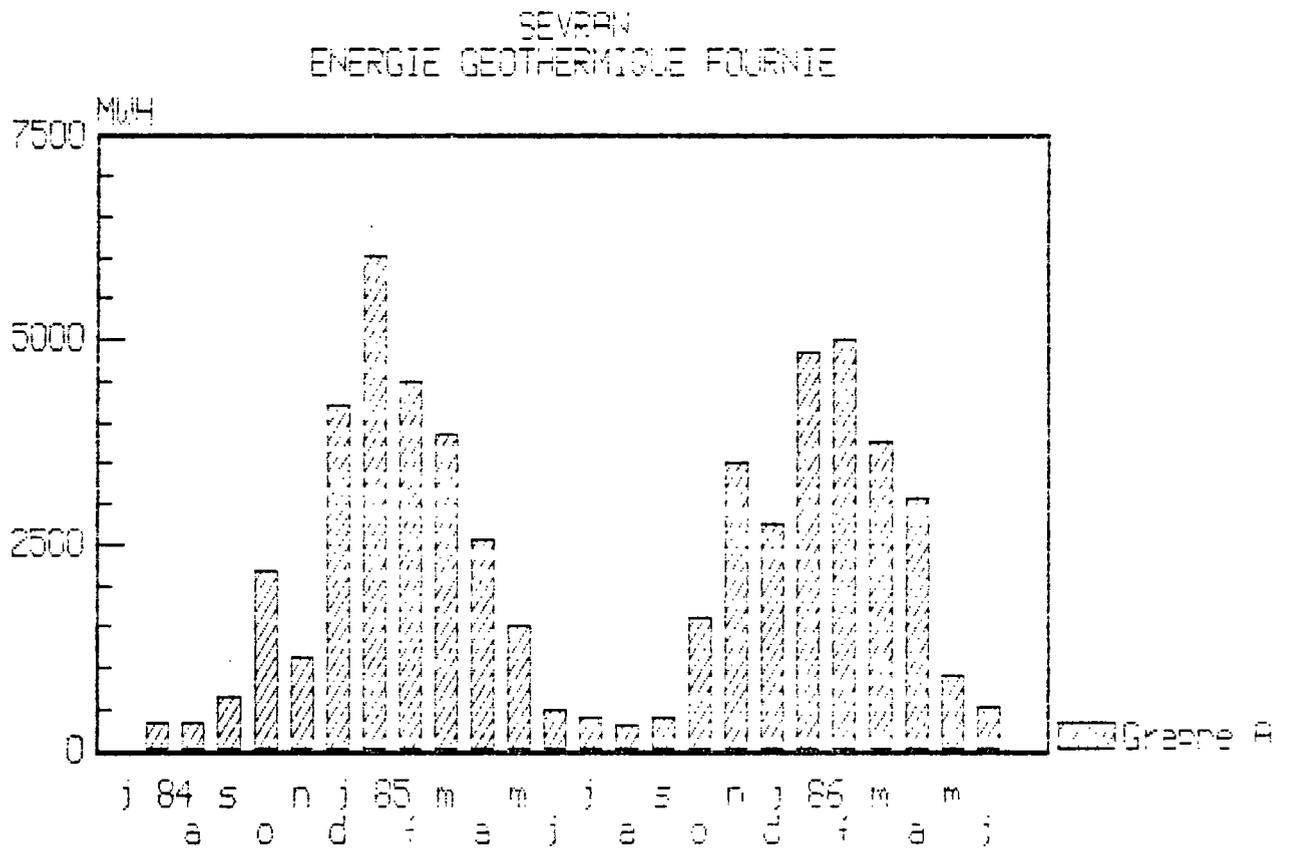
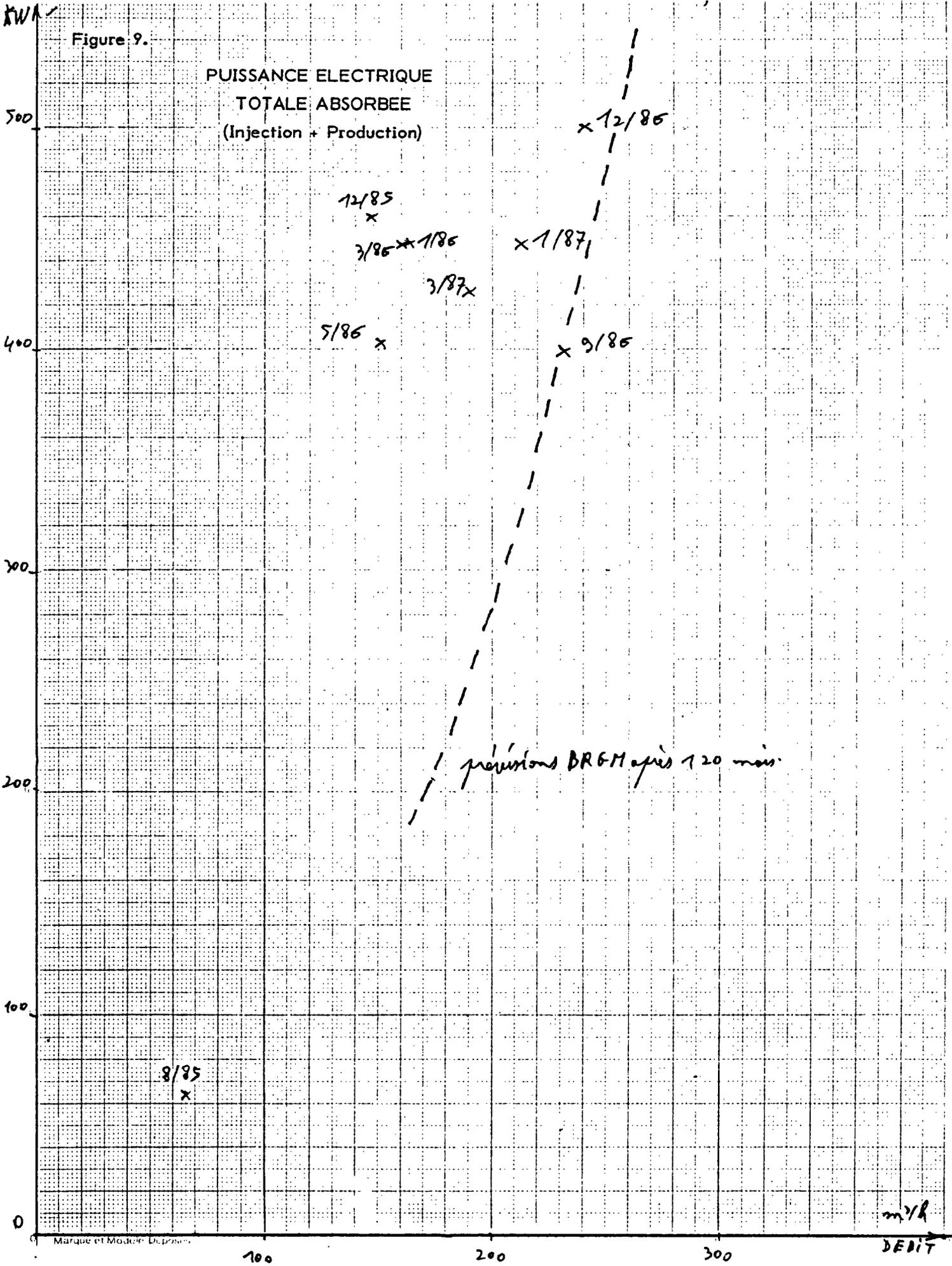


Figure 8.





A N N E X E

mise à jour : 3/1987

IDENTIFICATION

OPERATION : SEVRAN - (SEVRAN-CHANTELOUP)

MAITRE D'OUVRAGE : SYNDICAT D'EQUIPEMENT ET D'AMENAGEMENT DE LA PLAINE DE
FRANCE ET DE L'AULNOY (SEAPFA)

MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE : SOCIETE D'AMENAGEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL DE
SEVRAN-AULNOY-VILLEPINTE (SAES) puis SOEDAT 93

CONSEIL AU MAITRE D'OUVRAGE : GEOCHALEUR

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

NOMBRE D'EQUIVALENT-LOGEMENTS RACCORDES : 3396 en 84-85

ENERGIE D'APPOINT : Fuel lourd

NOMBRE DE DOUBLET GEOTHERMIQUE : 1

MISE EN SERVICE : Octobre 1983

FIN TRAVAUX FORAGES : 11/07/1982

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

F O R A G E S

NUMEROTATION	PRODUCTION	INJECTION
	GSA 1	GSA 2
Chambre de pompage ou réinjection - DIAMETRE - PROFONDEUR	13"3/8 390 m	7" 1946 m
Déviat ion - MOYENNE - MAXIMALE - AMORCE DEVIATION	36° 45° 607 m	35° 39° 575 m
Protection Albien-Néocomien - DOUBLE-TUBAGE ? - CIMENTATION	9"5/8 - 7" double cimentation	9"5/8 - 7" double cimentation
DIAMETRE FORATION AQUIFERE	6"	6"
HAUTEUR (déviée) DE LA ZONE DE SEDIMENTATION (Fond du forage à dernier horizon producteur)	112 m	32 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 8.94 9.19	13"3/8 - 7" K55 K55 9.65 9.19
ECARTEMENT DES FORAGES (milieu Aquifère)		

DISPOSITIF D'EXHAURE

GENRE : - Immergée -

MARQUE : BYRON JACKSON

TYPE : 11 MQH 5 et DIAMETRE :

MOTEUR : BJ 12" type HP 330

PUISSANCE : 330 HP SOUS : 2000V 96A

PROFONDEUR IMMERSION : 247.8/base moteur

COLONNE D'EXHAURE : HAGUSTA

DIAMETRE : DN 175

NATURE MATERIAU : acier au carbone caoutchouté

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SURFACE

VARIATEUR POMPE EXHAURE

MARQUE : Jeumont-Schneider

TYPE : JIS 600

ECHANGEUR

NOMBRE : 2

NATURE : plaques titane

MARQUE : VICARB

TYPE : VI 80 033 et VI 80 034

PUISSANCE :

SURFACE D'ECHANGE :

FILTRE : type EAP 35 B 200

MARQUE : Philippe

TAMIS : A et B : 150 N

DECANTATION : DEGAZEUR EN ACIER ORDINAIRE

TUYAUTERIES SURFACE

NATURE MATERIAU : inox 316 l

POMPE INJECTION (pompe secours Guinard de 65 m³/h)

MARQUE : BYRON JACKSON

TYPE : modèle 1550 5 étages

MOTEUR : CE de Nancy

TYPE : DJ 400 M-2

PUISSANCE : 380 V - 737 A - 2975 tr/mn.

VARIATEUR INJECTION

MARQUE : JEUMONT SCHNEIDER

TYPE : JIS 600

POMPE INJECTION MARCHE ETE

MARQUE : GUINARD

TYPE : ND 10x 6 x 31

PUISSANCE : 45 kW - 380 V - 2940 tr/mn

MOTEUR : Avec moteur LEROY-SOMMER TYPE : LS 225 M

CARACTERISTIQUES DE LA RESSOURCE

	Epaisseur Totale - m	Epaisseur productive - m	Perméabilité en D	Transmissivité en D.m	Porosité en %
PRODUCTION		14.3	1.85 Dm	26.4 Dm	13 %
INJECTION		14.7	1.45 Dm	21.4 Dm	14 %

AQUIFERE CAPTE : DOGGER

EVOLUTION DE LA FOURNITURE GEOTHERMALE

ANNEE	MWH utiles géothermiques	Taux disponibilité	Taux de couverture
20/10/83 10/5/84	22 032	92 %	
1/10/83 30/09/84	23 564		40 %
84/85	26 637		42.6 %
85/86	25 813	97 %	39.6 %

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*
30/5/82	6.8		18.770		50	0.2		(65°C) 6.0		(fond) 69	+	+
29/5/85	6.37	-340	17.818	64.7	51.34	0.356	?	3.9	6.5 %	68.7	0	+
23/5/85	6.37	-334	17.550	50.4	44.8	0.07	?		4.6 %	53.5		
16/10/86	6.41	-274	17.330	36.7	44.4	0.1	225	4.2	8.6 %	69	0	0
11/2/86	6.32	-349	17.521	47.5 à 25°	58	0.15	158	4.2	7.7 %	68.9	0	0
17/2/87	6.34	-335	17.618	35.7	52.8	0.28	200	4.3	7.7 %	69.6	0	0

* F = ferrobactéries
S = sulfatobactéries

0 = absence
+ = présence

CONTRAT DE SUIVI - MAINTENANCE

SOCIETES		TYPE DE CONTRAT	CARACTERISTIQUES	DEBUT	FIN
MAINTENANCE	CLIENT				
CFG	SAC	SUIVI BOUCLE	Auscultation-diagnostic + suivi géochimique		
CFG	SAC	MAINTENANCE	Pompe exhaure + colonne d'exhaure + câble.		

REHABILITATIONS

DATE	FORAGE	NATURE DE L'INTERVENTION	RESULTATS	
			Avant	Après
21 au 30/8/86	INJECTION	Contrôle fond ; curage ; aci- dification ; diamètres ; flow mètre ; log pressions	73 m3/h 50 °C (artésien)	119 50.9°C (artésien)
1 au 11/9/86	PRODUCTION	Curage ; acidification ; dia- mètres ; flow mètre, BHTV	100 m3/h 64.6°C (artésien)	155 m3/h 64.6°C (artésien)

ESSAIS D'INHIBITEURS :

