



**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**

**VIGNEUX SUR SEINE**

Gilbert BRETTE

**87 SGN 538 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**

## **S O M M A I R E**

### **1. Introduction**

### **2. Situation**

### **3. Réalisation des forages**

### **4. Importance des zones productives**

### **5. Description des installations de la boucle géothermale**

### **6. Fonctionnement des installations de la boucle géothermale**

#### **6.1 Mise en service**

#### **6.2 Incidents de fonctionnement**

#### **6.3 Taux de marche**

#### **6.4 Problèmes de corrosion**

##### **6.4.1 Corrosion des casings**

##### **6.4.2 Corrosion des équipements de surface**

#### **6.5 Problèmes de dépôts**

#### **6.6 Chimie des eaux**

#### **6.7 Opérations de réhabilitation**

#### **6.8 Essais d'inhibiteurs**

### **7. Evolution des paramètres hydrogéologiques**

#### **7.1 Evolution des rabattements dans le forage de production**

#### **7.2 Evolution des pressions d'injection**

#### **7.3 Influence avec les autres doublets**

### **8. Evolution de la fourniture d'énergie géothermale**

#### **8.1 Evolution des températures de l'eau géothermale**

#### **8.2 Evolution des débits**

#### **8.3 Production d'énergie géothermique**

### **9. Consommation d'énergie de la boucle géothermale**

**10. comptes d'exploitation de la boucle géothermale**

**11. Conclusion**

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

- 1. Plan de situation**
- 2. Coupes techniques des forages**
- 3. Répartition des couches productives**
- 4. Evolution de la pression d'injection**
- 5. Puissance appelée par les pompes géothermales**

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

1. Caractéristiques hydrogéologiques
2. Liste des incidents connus de fonctionnement
3. Analyse chimique de l'eau géothermale
4. Paramètres de la boucle géothermale - Relevés ponctuels
5. Relevés des débits, pressions, températures de novembre 85 à février 86
6. Energie géothermique fournie
7. Comptes d'exploitation prévisionnels - hypothèse haute
8. Comptes d'exploitation prévisionnels - Hypothèse basse

## V I G N E U X   S U R   S E I N E

### 1. 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 Vigneux sur Seine (Essonne) par un seul doublet, appartenant à la SAVEM (Société Anonyme Vigneusienne d'Economie Mixte), constituée à 55 % par la Ville de Vigneux et à 45 % par diverses entreprises.

L'exploitant est le groupement, IDEX - MONTENAY, le mandataire du groupement étant IDEX. L'opération géothermique de Vigneux sur Seine se caractérise par une absence presque totale de suivi d'exploitation de la boucle "sous-sol".

Les données recueillies étant peu nombreuses, plusieurs inconnues concernant la boucle géothermale demeurent.

Figure 1.

### VIGNEUX SUR SEINE Plan de situation



## **2. Situation**

Le doublet se situe au Nord-Ouest de la commune de Vigneux sur Seine (Essonne), entre la Seine et une voie ferrée (cf figure 1). Il dessert des logements situés dans la même commune, quartier de la Croix-Blanche.

D'autres doublets géothermiques existent dans le même secteur (Montgeron, Epinay sous Senart, Ris Orangis, Orly étant les plus proches : cf cartouche de la figure 1.

## **3. Réalisation des forages**

Les travaux de forage se sont achevés en février 1984, la mise en service ayant eu lieu 20 mois plus tard, en octobre 1985.

Le doublet comprend un forage de production, vertical et un forage de réinjection en déviation (cf figure 2).

La réalisation du doublet a connu les difficultés suivantes :

- pertes importantes pendant la cimentation du tubage 13"3/8 au forage de production.
- phénomène de "collage" pendant la foration du Dogger, sur le forage d'injection.
- coincements pendant la descente de la colonne 7", sur le forage d'injection.

On note d'autre part que :

- la déviation du forage d'injection est importante (jusqu'à 56°), ce qui accentue donc les longueurs de tubage (et augmente ainsi les temps de contact eau géothermale-tubage), et peut créer des contraintes lors d'une éventuelle réhabilitation mécanique du forage. D'autre part, la déviation

commence haute (148 m/sol).

- le forage de production a été réalisé en un diamètre plus large (8"1/2 dans l'aquifère, tubes 9"5/8) tandis que le forage d'injection a été conçu en petit diamètre (6" dans l'aquifère ; tubes 7"). Rappelons que les petits diamètres sont plus sensibles aux phénomènes de dépôts : les pertes de charge y apparaissent plus vite et sont importantes (elles varient sensiblement en proportion inverse du diamètre à la puissance 5).
- le forage de production a été foré en plus gros diamètre pour permettre la réalisation d'un test au Lusitanien.
- tous les tubages sont en acier ordinaire K55.
- l'aquifère de l'Albien n'est protégé que par un seul tubage cimenté, à la fois sur le forage de production et sur celui d'injection. Sur le forage de production, le tubage 9"5/8 a été coupé juste 3 m au-dessous des sables de l'Albo-aptien et la valve supérieure de la cimentation multi-étagée a été placée à 833 m.  
Pourtant, il ne semblait pas y avoir d'obstacles techniques pour laisser un tubage 9"5/8, cimenté, 120 m plus haut et protéger ainsi l'aquifère de l'Albien.  
Sur le forage d'injection, réalisé en second, le tubage 9"5/8 s'arrête juste au-dessus de l'Albien. Là aussi, il semble que la foration 12"1/4 aurait pu se poursuivre de façon à protéger cet aquifère d'eau douce.  
Cette conception se serait inscrite dans une optique d'économie, au détriment des risques géologiques.
- la chambre de pompage du forage de production est demesurément profonde (800 m), cette côte ne se justifiant pas par la côte alors prévue d'immersion de la pompe (85 m).
- toutes les cimentations, y compris des horizons supérieurs, ont bénéficié d'un contrôle par diagraphie (CBL-VLD). Par contre, les résultats de ces diagraphies ne sont pas publiés dans les rapports finaux de sondage.
- un test complémentaire a été réalisé au Lusitanien sur le forage de

production et a révélé des horizons très faiblement productifs, entre 1252 et 1341 m (mais hauteur utile de 10 m seulement), l'eau ayant une température de 58,5°C.

- les "poubelles à sédiments" sont respectivement de 42 m (1,5 m<sup>3</sup>) et 40 m (0,7 m<sup>3</sup>), pour les forages de production et d'injection. Elles sont de taille très modérée.

Coordonnées

surface : x = 605 669,57  
 y = 112 112,25  
 z = 34 z<sub>1</sub> = 41  
 fond : x = 606 831,60  
 y = 112 799,00

Commune : VIGNEUX/SUR/SEINE  
 Département : Essonne  
 Dates de forage : 26 janvier 1984 - 24 février 1984  
 Maître d'œuvre : SNEA  
 Maître d'ouvrage : Ville de VIGNEUX/SUR/SEINE

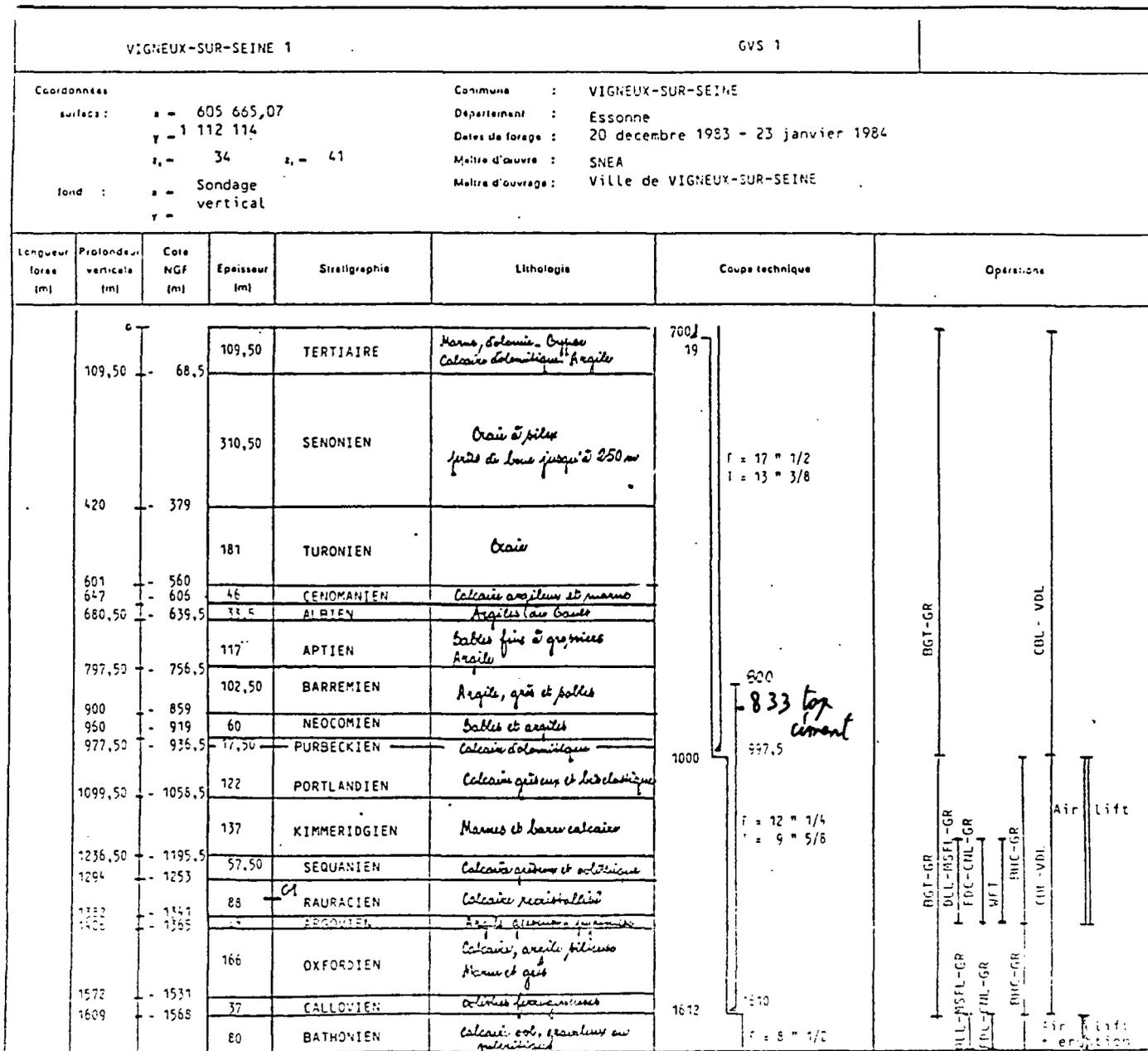
Longueur forée (m)	Profondeur verticale (m)	Cote NGF (m)	Epaisseur (m)	Stratigraphie	Lithologie	Coupe technique	Opérations
TR	Sol 0						
110	103	-69	103	TERTIAIRE	Marne, dolomite, gypse, Calcaire dolomitique, argile	400 19	
			311	SENONIEN	Craie à silex et craie dolomitique	F = 12" 1/4 T = 9" 5/8	
431	414	-380	184	TURONIEN	Craie		
663,5	598	-564	55,5	CENOMANIEN	Calcaire argilieux et marne		
749,5	653,5	-619,5	27,5	ALDIEN	Argile du Gault		
789	680	-646	116	ALBO-APTIEN	Sables fins à grossiers Argile et lignite		
966	796	-762	102	BARREMIEN	Argile, gris et sables		
1113,5	898	-864	59	NEOCOMIEN	sables et argiles	F = 8" 1/2 T = 7"	
1195	957	-923	23	PURDECKIEN	Calcaire dolomitique		
1228	977	-946	121	PORTLANDIEN	Calcaire grumeux et nodulaire - Marne		
1390	1101	-1067	137,5	KIMMERIDGIEN	Marne à ostrea et bancs calcaires		
1581,5	1248,5	-1204,5	56,5	SEQUANIEN	calcaire grumeux ostrolique		
1675	1295	-1261	90	RAURACIEN	calcaire recristallisé		
1834,5	1385	-1351	23	ARGOVIEN	Marne silico-gréseuse		
1872,5	1408	-1374	169,5	OXFORDIEN	Calcaire, marne siliceuse et gris		
2135,5	1577,5	-1543,5	29,5	VALLOUVIEN	argilles ferrugineuses		
2176	1607	-1573			Calcaire ostrolique, graveleux ou micritique	2180 2179 F = 6"	
2239	1688	-1654	81	DATHONIEN			

Profondeur finale = 2289 m

- Résultats : - Débit artésien = 104 m<sup>3</sup>/h (mesuré sur bac)  
 - Pression statique = 176,31 kg/cm<sup>2</sup> à 2240 m/TR  
 - Index de productivité = 436 m<sup>3</sup>/j/kg/cm<sup>2</sup> en fin de débit (mesuré sur bac)  
 - Température = 73,5°C à 2200 m/TR

Figure 2.

Figure 2 bis



Fond à 1696 m (- 1655 m)

Resultats : Debit Artesien : 165 m<sup>3</sup>/h  
 Pression statique : 175,73 kg/cm<sup>2</sup> à 1650 m/TR  
 Temperature : 72,9°C à 1613 m/TR  
 Salinite totale : 10,40 g/l equivalent ClNa  
 Index de productivite : 419 m<sup>3</sup>/j/kg/cm<sup>2</sup> diff.  
 Point de bulle : 5 bars à 72°C

#### 4. Importance des zones productives

Les caractéristiques hydrogéologiques sont résumées sur le tableau 1. et les couches productives sont indiquées en figure 3.

La répartition des niveau producteurs est similaire sur les 2 ouvrages, selon les résultats de la débitmètrie. Il y aurait une bonne corrélation des niveaux, mais avec une moindre épaisseur et une plus forte perméabilité au forage d'injection.

Les niveaux les plus perméables se situent plutôt à la base du Dogger et sont de faible épaisseur : 84 % du débit provient d'un ensemble de 5 m seulement, sur le forage d'injection, ce qui évoque une forte hétérogénéité de l'aquifère, et, peut-être, une perméabilité des fissures.

Les transmissivités, bien que meilleures que prévues, restent peu importantes. Aussi les débits artésiens sont-ils modérés : une centaine de m<sup>3</sup>/h avec un tubage 7" (le débit artésien sur le forage de production étant plus important en grande partie parce que les diamètres sont plus élevés).

Les essais de débit en fin de forage ont aussi montré l'interinfluence avec le doublet de Montgeron. En effet le puits injecteur de Montgeron est proche du producteur de Vigneux et a provoqué une remontée de pression de 0,7 kg/cm<sup>2</sup> environ.

Tableau 1.

**CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES**  
**V I G N E U X   S U R   S E I N E**

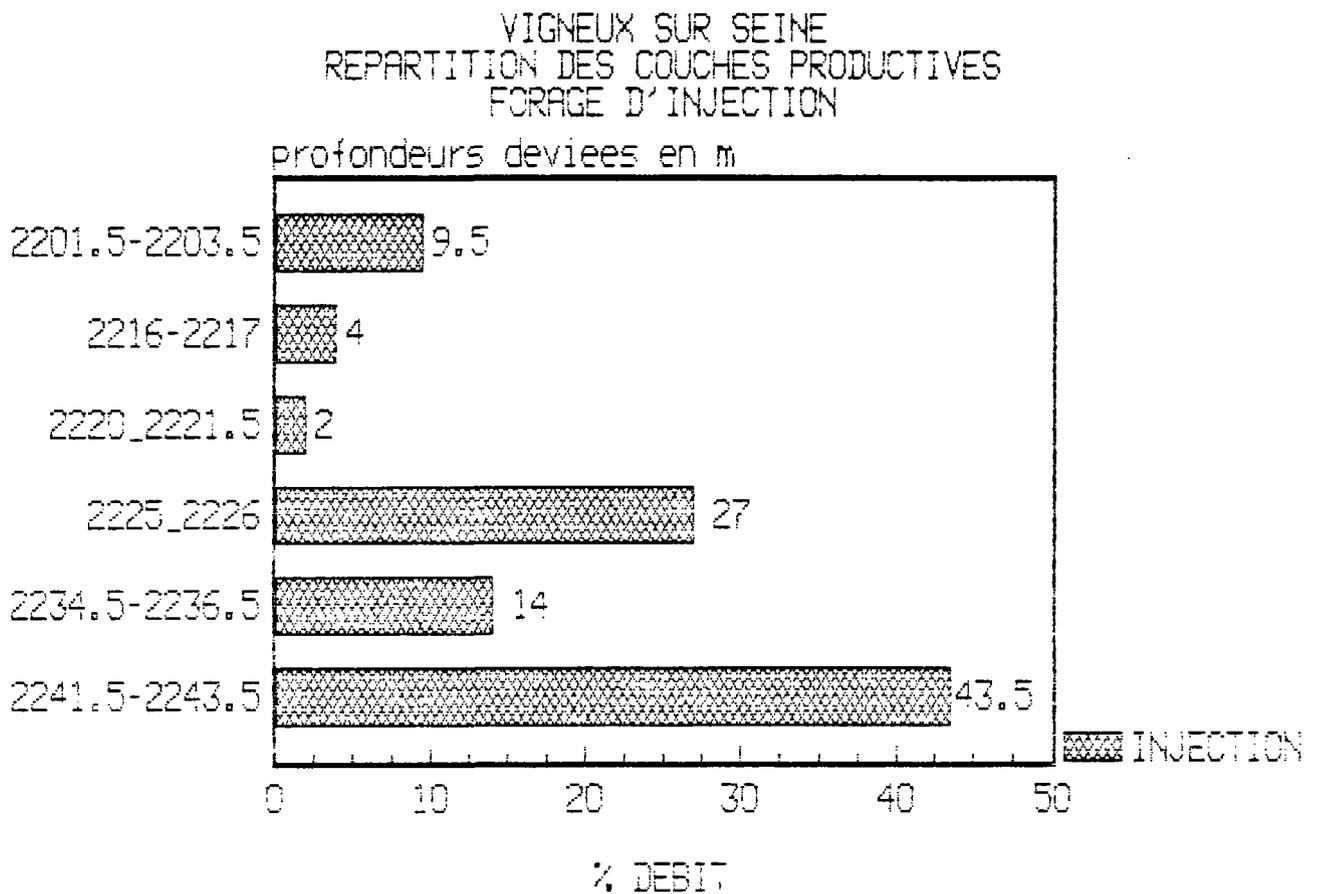
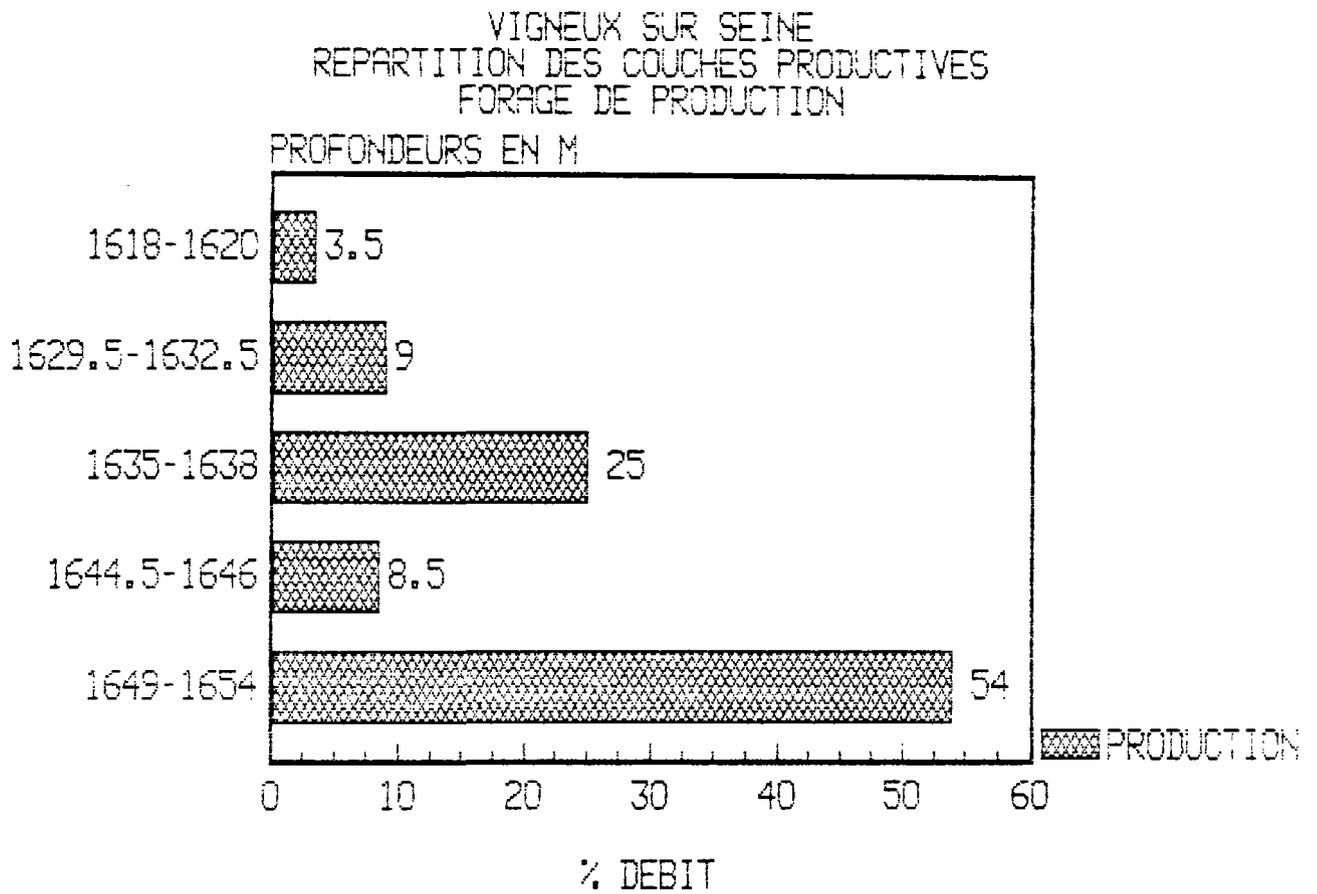
FORAGE	Profondeur du toit du Dogger		Epaisseur productive en m.		Porosité %		Transmissivité en D.		Salinité g/l		T. de fond fin foration °C		Débit artésien fin de foration m3/h		Pression artésienne en bars	
	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité	APS	Réalité
a) Production	1590	1609	69+-6	14.5	17%	15.8	15	20.6	11	10.4	73	72.9	110	165 (moyen)	11	
b) Production	1590		27		17%		13.5				73+-2					
a) Injection	1590	1607	69+-6	8	17%	12.5	15	24.1	11	12	73	73.5	110	104 (moyen)	11	
b) Injection	1590		27		17%		13.5				73+-2					

APS : a) - septembre 1982

b) - rapport du 17/03/83 au comité géothermie et CCTP de l'appel d'offres "forages".

Les résultats de fin de travaux sont tirés des rapports SNEA. Remarque : il existe des valeurs sensiblement différentes selon les chapitres d'un même rapport.

**Figure 3.**



## **5. Description des installations de la boucle géothermale**

L'installation géothermique de Vigneux comprend :

- une turbo-pompe Guinard (pompe d'exhaure).
- une pompe de réinjection Jeumont-Schneider.
- deux échangeurs Alfa-Laval.
- un circuit de canalisations essentiellement en résine, entre le forage d'exhaure et les échangeurs, ainsi qu'entre ces derniers et la pompe d'injection. La portion de circuit située entre la pompe d'injection et le forage est en inox, ainsi que le retour de la pompe alimentaire Guinard.

Depuis 1987, les canalisations en résine ont été remplacées par de l'inox 316 l. Il n'existe pas de pompe spéciale de réinjection pour la marche d'été. La même pompe couvre toute la gamme des débits exploitables.

Il n'existe pas de filtre avant la réinjection.

Le local technique comprend un cloisonnement entre la zone où sont regroupés les appareillages électriques variateurs et celle où sont installés les matériels hydrauliques, (pompes, canalisations, échangeurs). Mais il n'y a pas de seuil : une inondation dans la zone "hydraulique" peut atteindre les armoires électriques et variateurs.

## **6. Fonctionnement des installations de la boucle géothermale**

### **6.1 Mise en service**

La mise en service de la boucle géothermale a eu lieu en octobre 1985 soit 20 mois après la réalisation des forages et plus tard que prévu.

Des incidents se sont produits dès les premiers temps de fonctionnement. En particulier, la mise en pression entre la tête de puits et le local technique a provoqué la rupture d'un massif en béton et de canalisations.

Tableau 2.

V I G N E U X   S U R   S E I N E

Liste des incidents connus de fonctionnement

26.09.1985	Essai de la pompe d'exhaure, turbo-press placée à 85 m/sol. Rupture des conduites epoxy en station.
16.10.1985	Essai pompe, en boucle. Fuite des conduites epoxy.
21.10.1985	Mise en service de la centrale géothermique. Arrêt après quelques heures sur panne du moteur de la pompe d'alimentation de la turbo-press, ce moteur chauffait anormalement par suite d'une borne défectueuse.
07.11.1985	Remise en route difficultés de régulation. Pb. de puissance du moteur de la pompe alimentaire.
08.11.1985	Fuites des conduites epoxy. Arrêt jusqu'au 18.11.1985.
du 18.11.1985 au	
07.12.1985	Surchauffe du moteur de la pompe alimentaire. Arrêt. Test du moteur de la pompe alimentaire.
09.12.1985	Remise en route.
13.12.1985	Fuites sur canalisations résines.
26.12.1985	Fuite sur canalisation résine échangeur. Passage sur 1 seul échangeur.
16.01.1986	Livraison d'un nouveau moteur de pompe alimentaire, par Guinard, et remise en fonctionnement à débit normal.

Suite    Tableau 2.

19.02.1986	Arrêt de l'installation pour réaliser une manchette demandée pour l'intervention Véritas. A la mise en route : bruits importants, la pompe d'exhaure ne débitant pas. Diagnostic Guinard : blocage de la pompe immergée. Par ailleurs, observation d'une défectuosité de la contre butée de la pompe alimentaire.
27.02.1986	Remontée de la turbo-pompe. Observation de quelques coups sur la pompe, dus peut être à des corps étrangers non retrouvés, ni dans le filtre, ni en surface. Echange "standard" et mise en place 25 m plus bas, soit à 110 m, apparamment sur initiative Guinard, non contredite par SNEA.
06.03.1986	Remise en service de la station géothermale. Arrêt. Bruit anormal pompe Guinard. Dépose de la pompe.
17.03.1986	Remise en route. Constations de vibrations assez importantes sur la colonne alimentaire.
08.04.1986	Fuite sur tube pompe réinjection (percé).
26.05.1986	Arrêt du puits pour changement d'une vanne AMRI sur filtre droit.
28.05.1986	Isolation de l'échangeur n° 1 pour éventuelle réparation sur la résine par la SOVAP. Enlèvement de la manchette sur le circuite primaire de l'échangeur n° 1. Travail effectué par la SOVAP.
10.06.1986	Remontage de la manchette sur circuit primaire échangeur n° 1.
14.06.1986	Fuite sur manchette entrée primaire échangeur n° 1. (montée le 10.06 1986 et revenait d'usine).
24.06.1986	Arrêt du puits suite à la fuite sur collecteur résine au niveau du piquage d'alimentation de la MDH.

Tableau 2. (suite)

26.06.1986	Fin des réparations sur collecteur résine piquage d'alimentation MDH. Travail effectué par SOVAP.
29.06.1986	Légère fuite sur collecteur résine piquage d'alimentation ppe MDH (déjà réparé par la SOVAP le 26.06.1986).
03.08.1986	Fuite sur tuyauterie résine après flitre G. Pendant l'arrêt technique du 28.07.1986 au 03.08.1986 intervention de la SOVAP pour réparation de la fuite sur collecteur résine piquage d'alimentation de la ppe MDH.
01.09.1986	Arrêt du puits pour expertise des tubes et turbo-press suite aux phénomènes de pulsations rencontré à partir de 205 m3/h. Echange de la turbine et de 5 tubes de colones Hagusta.
05.09.1986	16h00 redémarrage du puits en manuel montée en débit jusqu'à 100 m3/h pression 9b. T° 68°C.
08.09.1986	Essais de débit maxi après une montée par paliers de 25 en 25 m3/h. Intervention de reliance pour démarrage simultané des 2 ppes MDH et réinjection. Réglage de vitesse mini du moteur ppe MDH à 750 T/mn. Vitesse maxi acceptée sans déclenchement en pression haute (12b5).
11.09.1986	Fuite sur résine entrée primaire échangeur n° 2.
15.09.1986	Remplacement des roulements de paliers moteur ppe MDH.

Tableau 2. (suite)

16.09.1986	Remise en service de l'installation suite aux travaux sur moteur ppe MDH en présence de Monsieur LAPORTE de la Société Guinard. Contrôle de bon fonctionnement du moteur. Après montée progressive par paliers de 250 T/mn du moteur, nous constatons la présence des mêmes bruits des roulements ne disparaissant que quelques minutes après un graissage.
22.09.1986	10h00 constatation de vibrations H et V sur la colonne passage à 110 m <sup>3</sup> /h.  13h00 monté à 250 m <sup>3</sup> /h en présence de Monsieur LAPORTE (Société Guinard).  13h45 passage à 150 m <sup>3</sup> /h sur armoire reliance (manuel). Des vibrations V et H sont a nouveau perceptibles sur la colonne à 170 m <sup>3</sup> /h. Suivant les instructions le débit a été immédiatement ramené à 130 m <sup>3</sup> /h la colonne ne vibre plus.
01.10.1986	Fuite sur coude résine sortie filtre de droite.
10.10.1986	Fuite sur réfrigération de la butée de la MDH (garniture changées lors de la remontée de la turbo-press).
13.10.1986	Nouvelle fuite collecteur résine entrée échangeur n° 2 sur circuit primaire avant la vanne. Fuite sur réfrigération de la butée ppe de réinjection (garnitures changées en même temps que celles de la pompe MDH).
22.10.1986	Capteur de pression de réinjection HS.
26.11.1986	Mise en service de l'échangeur n° 1. fuite sur résine au niveau de la collerette entrée primaire échangeur.

Tableau 2. (suite)

02.12.1986	Fuite sur échangeur n° 2 arrivée primaire collecteur résine.
09.12.1986	Fuite de plus en plus importante sur entrée primaire échangeur n° 2.
26.12.1986	Arrêt du puits. Vidange des circuits en vue des travaux SOVAP sur collecteur résine entrée primaire échangeur n°2. Remise en service de l'installation prévue pour le 02.01.1987 au matin.
02.01.1987	Remise en service de l'installation RAS. Fuites plus importantes sur réfrigération des garnitures de pompes.
14.01.1987	Suite à la réunion d'expertise du 06.01.1987 et autorisation de marche en automatique vibration enregistrées sur la colonne à 225 m3/h. Amplitude verticale de 3 à 5 mm environ. pression stable à 10b. descente en débit jusqu'à 175 m3/h.
15.01.1987	Vibrations à 175 m3/h aussi importantes qu'à 225 m3/h. Descente à 150 m3/h. Variation des vibrations au minimum - 10.
01.02.1987	Fuite sur collecteur résine au filtre gauche.
10.02.1987	Mise en service de l'armoire de condensateur.
10.03.1987	Fuite sur collecteur résine circuit primaire échangeur numéro 1.

**Tableau 2.** (suite)

<b>11.03.1987</b>	Ligne spécialisée en défaut les informations n'arrivent plus en chaufferie.
<b>28.03.1987</b>	Fuite plus importante sur collecteur résine arrivée filtre gauche.
<b>31.03.1987</b>	Arrêt du puits pour pose d'un débitmètre pour essais Véritas.
<b>01.04.1987</b>	Essais mesures et contrôle par Société Véritas.
<b>10.04.1987</b>	6h30 puits à l'arrêt par pression mini après rupture du collecteur résine arrivée filtre gauche. Eclatement du collecteur survenu la veille à 21h41. La salle des pompes ainsi que la salle synoptique, le local reliance et les communs ont été noyés (6 à 10 cm). Tous les locaux étaient envahis par la vapeur d'eau géothermique. Electricité coupée à partir du local transf.
<b>06.05.1987</b>	Remise en route de la station géothermale après décontamination des matériels.
<b>été 1987</b>	Défaut d'un variateur.
<b>Début sept 1987</b>	Rupture d'un doigts de gant en acier noir. Inondation partielle du local.

## 6.2 Incidents de fonctionnement

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

### Commentaire :

\* Les incidents concernent presque exclusivement deux types de matériels :

- la turbo-pompe Guinard,
- les canalisations en résine.

\* La turbo-pompe Guinard a rencontré les problèmes suivants :

- a) classement électrique inadéquat du premier moteur de la pompe alimentaire. Depuis le remplacement du moteur Alsthom par un moteur AEG, il ne semble pas y avoir eu d'incidents.
- b) vibration de la colonne alimentaire.

On note que ces vibrations :

- se composent à la fois de déplacements verticaux des tubes (amplitude de quelques millimètres, environ 40 fois par minute), et de déplacements latéraux.
- apparaissent pour des débits supérieurs à 160 m<sup>3</sup>/h.
- ne sont pas permanentes. Les vibrations n'apparaissent pas immédiatement dès la mise en route mais plusieurs heures à plusieurs jours après. Les mouvements verticaux sont observés plus fréquemment que les déplacements latéraux, plus aléatoires.
- empêchent d'exploiter la boucle à plus de 160 m<sup>3</sup>/h.

\* les vibrations existent avec la seconde et la 3ème turbo-pompe, mais pas avec la 1ère, qui a permis une exploitation à plus de 220 m<sup>3</sup>/h pendant 5 mois. Les paramètres qui ont pu changer sont les suivants :

- profondeur de la turbo-pompe (110 m pour la 2ème et 3ème pompe ; 85 m pour la 1ère.
- qualité de l'ancrage du second packer.
- nombre de centreurs.
- caractéristiques géométriques et mécaniques des tubes Hagusta remplacés ou ajoutés.
- caractéristiques des différentes turbo-pompes elles-mêmes.

Les 2ème et 3ème changements de turbo-pompe n'ont pas été supervisés (pas de Maître d'oeuvre sous-sol) et les paramètres énumérés ci-dessus n'ont pas été communiqués par le fabricant-installateur (Guinard) au Maître d'ouvrage.

\* On ignore si des fuites existent à travers la colonne alimentaire, ou sont suspectées. Les courbes caractéristiques des pompes alimentaires et pompes immergées n'ayant pas été communiquées, il n'est guère possible de dire si le débit d'alimentation et le débit turbiné sont concordants. Il ne semble pas avoir été observé, à la remontée des turbo-pompes, un dévissage même partiel des tubes Hagusta.

\* Les fuites des canalisations géothermales en résine ont été très nombreuses, particulièrement aux bornes des échangeurs, aux coudes et piquages.

Elles sembleraient plus à attribuer à des problèmes de pose qu'à des défauts de résistance mécanique. Elles ont généré deux séries de problèmes.

- pertes d'exploitation dues aux multiples arrêts.

- dégradation des matériels situés près des fuites ; inondation du local.

\* On ne signale pas d'incidents sur les portions en inox placées dès l'origine, hormis le percement du tube en aval de la pompe de réinjection le 08.04.1986.

Les canalisations en inox placées en remplacement des tubes en résine sont très récentes (mi-87) et n'ont pas été l'objet d'incidents.

\* on ne note pas d'incidents liés à des dépôts, tels des encrassements d'échangeurs.

\* On signale peu d'incidents sur les appareillages électriques, hormis les dégâts causés par les fuites d'eau.

### 6.3 Taux de marche de la boucle géothermale

A partir de la liste des incidents majeurs, on peut déduire une durée annuelle d'arrêt de l'ordre d'un mois et demi, pour chacune des deux saisons de chauffe, soit un taux de marche global de 88 %. Les arrêts de très courte durée (quelques heures) ne sont pas comptabilisés ici.

Les incidents importants se situent en pleine période de chauffe, pour la 1ère saison (21.10. 1985 au 18.11.1985 et 19.02.1986 au 06.03.1986), et hors hiver pour la 2ème saison (10.04.1987 au 06.05.1987).

### 6.4 Problèmes de corrosion

#### 6.4.1 Corrosion des casings de forage

On ignore actuellement si les casings de forage se sont corrodés. Il n'a pas été réalisé de diagraphies des tubages (calibrage 40 bras). Il n'existe pas de mesures permettant d'évaluer si le coefficient de rugosité des tubages s'est modifié. Seule la composition chimique du fluide géothermal permet une première évaluation des risques de corrosion (cf. 6.5).

On remarque d'autre part que le doublet est proche d'une voie ferrée. Il n'est pas complètement exclu que des courants vagabonds puissent exister et induisent une corrosion galvanique.

#### 6.4.2 Corrosion des équipements de surface

Les canalisations géothermales de surface étaient, initialement, en résine, donc insensibles aux problèmes de corrosion.

Leur remplacement par de l'acier inoxydable 316 l est très récent (mi 1987). Aucune anomalie n'est signalée pour le moment. On note seulement la rupture d'un doigt de gant en acier noir (septembre 1987), qui serait plutôt due à un défaut de pose. Cependant, la différence de nuance d'acier peut entraîner, par la suite, une corrosion galvanique.

D'autre part, certaines parties du circuit géothermal devant supporter de plus fortes pressions (retour de la pompe alimentaire ; aval de la pompe d'injection) sont en acier et ce, depuis la mise en service. On ne signale aucune fuite sur ces portions

Le point de bulle n'a jamais été remesuré, semble-t-il. A priori le circuit géothermal semble maintenu à une pression supérieure à cette valeur, y compris à l'aspiration de la pompe d'injection, mais encore faut-il le vérifier.

Dans le cas contraire, une corrosion résultant du dégazage peut se développer.

Il n'existe pas de suivi de corrosion sur les équipements de surface (ni mesures de vitesse de corrosion à la sonde de polarisation, ni suivi d'épaisseur des parois de canalisations, ni mesures de coupons témoins des divers métaux employés, soumis au fluide géothermal.

#### 6.5 Problèmes de dépôts

Il n'a pas été observé d'encrassement des échangeurs, traduisant des venues importantes de dépôts. Cependant des dépôts existent probablement :

- on note une légère augmentation de perte de charge (0.1 bar) dans les échangeurs depuis le printemps 1987.

- la pression d'injection a augmenté

novembre 85 : Q = 250 m<sup>3</sup>/h P = 36 bars (SNEA)

février 87 : Q = 250 m<sup>3</sup>/h P = 42 bars (IDEX)

avril 87 : Q = 251 m<sup>3</sup>/h P = 40.4 bars (VERITAS)

(cf. aussi paragraphe 7.2)

L'augmentation de pression aurait conduit l'exploitant à souscrire une puissance électrique EDF plus élevée.

L'augmentation de pression pourrait résulter :

- de la présence de dépôts de sulfures de fer sur le tubage 7".

- d'un colmatage partiel du Dogger aux abords immédiats du forage.

Il n'y a eu ni contrôle de fond, ni diagraphie de calibrage. Il n'est pas exclu que des dépôts puissent se former dans le forage de production. Mais les casings étant ici très larges (13"3/8 jusqu'à 800 m, 9"5/8 de 800 à 1610 m), les effets se feront moins sentir, et plus tardivement.

La chimie des eaux indique en effet une teneur en sulfures non négligeable et une risque de dépôt de sulfures de fer amorphes (cf. 6.6)

Tableau 3.

VIGNEUX SUR SEINE  
ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU GEOTHERMALE

DATE	T. de prélèvement	Débit m3/h	pH	Conductivité NS	Na Cl ppm	Sulfures ppm	Sulfates ppm	Fer ppm	Bactéries	
									F	S
21.01.84 (GVS 1)	?	?	7.7	17 637	10 151	?	750	1.5	?	3
27.02.84 (GVS 2)	?	?	6.6	19 048	11 162	?	750	10	?	?
19.02.87 (GVS 1)	60-65°C	?	7.35	16 200	9 094	3	710	0.4	0	0
Composition de référen- ce marché GUINARD	72.9		7.4	17 637	10 390	?	619	?		

## 6.6 Chimie des eaux

On dispose de très peu d'analyses chimiques de l'eau géothermale (cf. tableau 3).

- analyse SNEA de fin de foration (1984) prélèvements en surface.
- analyse de l'exploitant de 1987.

Il n'existe donc pas de suivi géochimique de l'eau. Les seules analyses sont faites par l'exploitant, dans le cadre de son contrat (1 analyse physico-chimique et bactériologique par an).

L'eau est ici relativement peu minéralisé (environ 10 g/l) alors que des teneurs de 20 g/l et plus sont fréquentes dans le Val de Marne et le Nord-Est de Paris. L'eau est pauvre en sulfures mais riche en sulfates. Les sulfures ne semblent pas avoir été recherchés en fin de foration. On ignore donc leur évolution.

Bien que la présence de sulfato-bactéries, réduisant les sulfates en sulfures n'ait pas été mise en évidence, il n'est pas exclu qu'elle existe quand même, ou qu'elle puisse se développer. Ces analyses sont en effet rendues délicates par le fait que les bactéries sont très peu entraînées par le fluide.

D'autre part, un ensemencement éventuel du puits de réinjection, où la température est plus favorable au développement de certaines colonies, ne peut-être mis en évidence par l'analyse en tête de puits de production.

On retiendra que la valeur de 3 ppm de sulfures dans l'analyse du 19.02.87 paraît un peu élevée pour la région et semblerait indiquer une légère activité bactérienne. D'autre part, les sulfures sous forme gazeuse n'ont pas été recherchés.

Les fortes teneurs en fer observées en 1984 résultent en fait d'une pollution liée aux opérations de foration. On ignore si les teneurs en fer évoluent avec le débit, ce qui serait un indice de corrosion (à débit

réduit, le temps de contact est plus long). D'autre part, les surfaces d'échange sont importantes, de l'ordre de 1100 m<sup>2</sup> pour le forage d'injection (où la déviation augmente les longueurs) et de 1300 m<sup>2</sup> pour la production (où les diamètres sont grands).

Compte tenu des teneurs observées en sulfures et en fer, on peut craindre un risque de dépôt de sulfures de fer.

On remarque enfin, que le pH est élevé (7.35) pour une eau du Dogger. Il est possible que cette mesure ait été faite en laboratoire et non sur site et qu'il y ait eu rééquilibrage avec l'atmosphère. De même nous ignorons si certaines mesures (fer, sulfures, réserve alcaline...) ont bien été faites sur site, avant dégazage (d'autant que la chimie des gaz n'a pas été notée).

#### 6.7 Opérations de réhabilitation

Les paramètres connus de fonctionnement de la boucle ne justifient pas, actuellement, de réaliser une réhabilitation de forage. Aucune opération n'a été entreprise à ce jour.

#### 6.8 Essais d'inhibiteurs

Aucun essai d'inhibiteur de corrosion ou de bactéricides n'a été réalisé. Si les désordres connus, à ce jour, sont réduits, il faut aussi rappeler qu'on manque d'observations en particulier pour les paramètres "sous-sol". D'autre part, toute corrosion des casings prend ici une importance particulière, car les nappes de l'Albien-Néocomien ne sont protégées que par un seul tubage.

### 7. Evolution des paramètres hydrogéologiques

Les conditions d'écoulement dans le forage lui-même et à ses abords immédiats peuvent se modifier, soit par l'apparition de dépôts dans le découvert ou sur les tubages, soit par interférence avec d'autres ouvrages.

### 7.1 Evolution des rabattements dans le forage de production

Dans le cas de Vigneux, il n'existe pas de mesures de rabattement (pas de sonde bulle à bulle au niveau de la turbo-pompe). Les rabattements pourraient être estimés à partir des pressions et vitesses de la pompe alimentaire et de la turbo-pompe, et à partir des courbes caractéristiques de ces 2 pompes.

Il semble que les courbes caractéristiques des pompes actuellement en place n'aient pas été communiquées par le constructeur au Maître d'ouvrage. Les rabattements ne sont pas connus.

On note par ailleurs, que la pompe a été descendue 25 m plus bas par le constructeur, sans qu'on sache s'il s'agissait d'une précaution ou d'une mise en évidence, par clacul, d'un rabattement supplémentaire.

Pour la détermination de la profondeur de la pompe, le Maître d'oeuvre sous-sol a adopté un point de bulle à 5 bars.

C'est cette valeur qui figure dans le Marché de pompe. Or le Maître d'oeuvre sous-sol indique, a posteriori, que "l'étude de compressibilité d'un échantillon d'eau prélevé en fond de puits d'exhaure fait apparaître un point de bulle de l'ordre de 7 bars absolus" à 72.9°C, soit 6 bars relatifs.

Il ne semble pas y avoir eu de nouvelles mesures, notamment lors de la mise en route et de la réception de la pompe.

(la valeur de 5 bars paraît légèrement plus faible que celle d'autres opérations voisines. L'approfondissement de l'immersion de la pompe pourrait correspondre au moins en partie à la prise en compte d'un point de bulle supérieur).

La position initiale de la pompe ne permettait guère d'admettre des rabattements supplémentaires, de plus d'une vingtaine de mètres.

Les prévisions (figurant dans le Marché de pompes) sont les suivantes :

DEBIT en m3/h	0	50	100	150	200	250
Niveau hydrodynamique (côtes positives au-dessus du sol).	+136	+106	+74	+55	+28	0+-5

### 7.2 Evolution des pressions d'injection

Les valeurs ponctuelles et essais disponibles sont reportés au tableau 4 et illustrés en figure 4.

On remarque :

- à débit équivalent (250 m3/h) une augmentation de pression entre octobre 85 et février 87, de près de 6 bars.

L'essai SNEA d'octobre 1985 semble avoir été mené en by-passant les échangeurs, avec des températures d'injection élevées, donc une viscosité faible. L'essai de février 87 a été mené avec une eau plus froide, à viscosité plus élevée, nécessitant, toutes choses étant égales par ailleurs, une pression d'injection plus élevée.

- l'exploitant a également réalisé des essais, mais dans des conditions de températures plus comparables (essais de novembre 1985, février 1986 et février 1987).

Selon ces mesures, il existe une augmentation de pression de plus de 6 bars entre le début de la 1ère année de chauffe et février 87 (cf. tableau 4).

- une concordance apparente des valeurs des essais d'octobre 85 et février 87, pour la plage inférieure de débit (100-160 m3/h, c'est-à-dire les valeurs actuellement exploitées). Or les températures d'injection sont nettement différentes. Les valeurs de février 1987 pour ces paliers devraient être supérieures. Les paliers étaient trop courts et l'équilibre thermique imparfait.

On retient :

- qu'il existe une tendance à l'augmentation de pression,
  
- que cette tendance doit être confirmée par d'autres mesures, particulièrement aux changements de régime (passage marche été à marche hiver, par exemple).

**Tableau 4.**

**PARAMETRES DE LA BOUCLE GEOTHERMALE**

**RELEVES PONCTUELS**

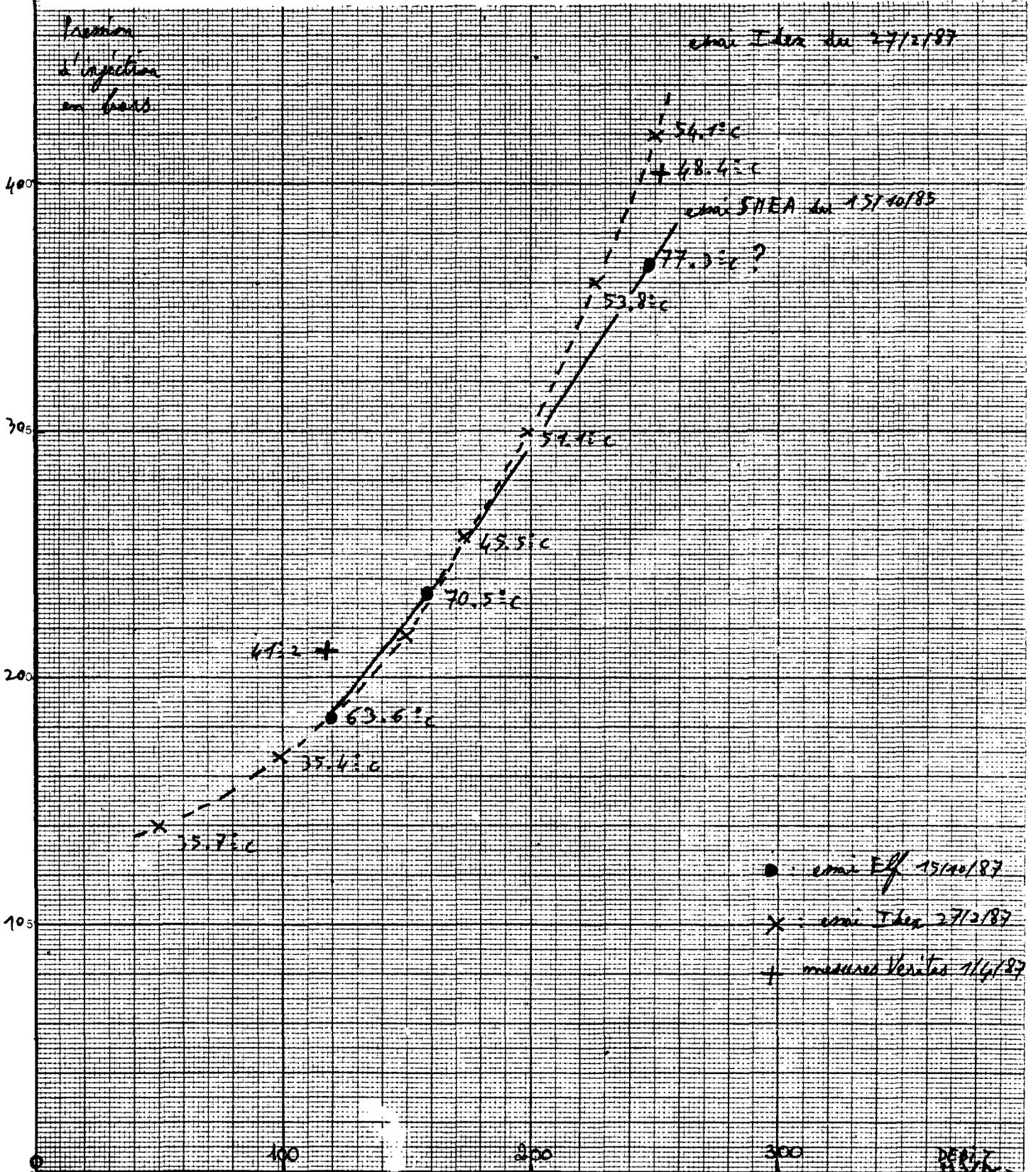
DATE	T. °C		P en tête exhaure	P. bar injection	P. aspiration pompe injec. bar	Puissance absorbée en kW			Débit en m3/h	Observations
	exhaure	injection				exhaure	injection	total		
29.09.85	50		10.2						50	
15.10.85	72.9		12.2	35					264	
18.11.85	71		9.7			201			249	
18.11.85	71.2		9			190			250	
18.11.85	71	50		34	9.7				247	
19.11.85	73	53.6		35.4	9				245	
21.11.85	73.8	51.3	8.7	35.4					247	
21.11.85	73.8	50.5	8.8	35.4				545	245	IDEX
04.02.86	73.5	44.7	8	34				545	250	IDEX
01.04.87	73.0	48.4	10.1	40.4	8.4	225.2	357.1	582.3	251	VERITAS
01.04.87	72.3	41.2	10.4	21	10.0	70.6	66.6	137.2	128	VERITAS
27.02.87	72.7	35.7	10.7	14					50 *	test IDEX
27.02.87	72.6	35.4	10.7	16.9					100 *	test IDEX
27.02.87	-	-	10.8	21.8					150 *	test IDEX
27.02.87	72.7	45.5	11	25.8					175 *	test IDEX
27.02.87	73.1	51.1	11	30					200 *	test IDEX
27.02.87	73.4	53.8	11.1	36					225 *	test IDEX
27.02.87	73.7	54.1	11	42				600	250	TEST IDEX

\* : test court ; conditions non stabilisées.

Figure 4.

VIGNEUX SUR SEINE

EVOLUTION DE LA PRESSION D'INJECTION



### 7.3 Influence avec les autres doublets

Sur le plan régional le doublet de Vigneux se situe au sud d'une concentration d'opérations géothermiques (en Val de Marne) et est lui-même proche des doublets de Montgeron et d'Epinay-sous-Sénart.

L'aquifère est hétérogène : l'essentiel du débit est assuré par des horizons très minces.

Il est possible que les interférences soient plus rapides que prévues, d'une part, et que les injections et prélèvements ne s'équilibrent pas de façon isotrope, d'autre part.

Il semble que la mise en service du doublet de Montgeron influe sur celui de Vigneux, de façon sensible. Mais nous ne disposons pas d'un suivi de mesures pour prouver et quantifier ce phénomène.

D'autre part, ce phénomène lui-même reste mal expliqué, la réinjection devant, en théorie, compenser les prélèvements, sur le plan des pressions de nappe.

### 8. Evolution de la fourniture d'énergie géothermale

La fourniture d'énergie géothermale dépend de plusieurs facteurs :

- température de l'eau géothermale
- débit d'eau géothermale
- durée de fonctionnement de la boucle géothermale
- température de retour de l'eau géothermique
- performances propres de l'échangeur

les deux derniers facteurs sont étudiés par le bureau d'études "Surface".

### 8.1 Evolution des températures de l'eau géothermale

Selon l'exploitant, il n'y aurait pas de dégration de la température de l'eau géothermale, à débit égal.

Nous n'avons pas eu communication des relevés de température, pour vérification.

Les mesures de l'exploitant au 27.02.87 font apparaître une température en tête de 73.5°C, pour 250 m3/h.

La température, en exploitation, est légèrement supérieure à celle prévue par le Maître d'oeuvre sous-sol à l'issue des essais de débit (71°C).

RELEVÉ DES DÉBITS/PRESSIONS ET TEMPÉRATURES

GÉOTHERMIE VIGNEUX-SUR-SEINE

Tableau 5.

PÉRIODE 18 NOVEMBRE AU 19 FÉVRIER 1986

	NOVEMBRE		DÉCEMBRE				JANVIER				FÉVRIER			
	18 au 23	23 au 30	1e S.	2e S.	3e S.	4e S.	1e S.	2e S.	3e S.	4e S.	1e S.	2e S.	2e S.	4e S.
Débit de production (en M3/H)	248	246	244	225	220	220	219	219	250	250	250	250	250	250
Température en tête (en ° C)	73,5	74	74	74	74	73	73,3	73,3	73,3	73,3	73,4	73,2	73,3	
Pression Aspiration (en Bar)	8,8	8,8	9	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	7,5	8	8,3	7,9	8,9	
Pression réinjection (en Bar)	35	35,5	35,5	30	32	30	30	31	35	35	34	35	35	
Température réinjection (en ° C)	50 °	50 - 42	45	48	40-44	39-45	40-45	39-42	42-44	43-48	41-45	40-49	43-52	

Nota : valeurs moyennes pour le 1er trimestre 1987

Q = 161 à 168 m3/h

P. production = 9.9 à 10 bar

T. Production = 72 à 73°C

T. injection = 36 à 38°C

## 8.2 Evolution des débits

Dans une première phase, jusqu'en février 1986, le débit exploité a varié entre 220 et 250 m<sup>3</sup>/h (cf. tableau 5). Après l'apparition des premières vibrations anormales, le débit a encore été maintenu aux environs de 225 m<sup>3</sup>/h (mars-avril 1986).

Par la suite, en raison des vibrations observées sur la colonne, le débit a été limité à 160 m<sup>3</sup>/h. L'évolution des débits n'a, alors, plus de signification géologique.

On rappelle que :

- le débit nominal retenu dans le contrat SAF long terme (non encore signé) est de 250 m<sup>3</sup>/h.
- le débit nominal du contrat IDEX-Montenay est également de 250 m<sup>3</sup>/h.
- le permis d'exploitation n'a pas été délivré par la DRIR, la demande n'ayant pas été formulée dans le délai réglementaire. Actuellement, l'opération géothermique de Vigneux n'est, légalement, pas en règle.

## 8.3 Production d'énergie géothermique

L'opération de Vigneux est récente : 2 saisons de chauffe.

Les valeurs d'énergie géothermique fournie sont reproduites au tableau 6.

Tableau 6.

E N E R G I E   G E O T H E R M I Q U E   F O U R N I E

SAISON	1985-1986	1986-1987	Référence contrat IDEX Montenay
énergie géothermique fournie en MWh utile	24 930	27 405	45 550 (1)
taux de couverture	40.4%	41.3%	75.7%
Volume annuel esti- mé d'eau géothermale en Mm3	1.1	1.0	-
ratio MWh géothermi- que /m3	0.23	0.27	-

(1) pour Q = 250 m3/h et T. = 71°C

On remarque que les performances de la seconde saison de chauffe sont légèrement meilleures que celles de la première. Ceci peut être dû à des arrêts moins longs pendant les mois d'hiver et à une meilleure régulation du circuit géothermique (cf. rapport du bureau d'études surface).

L'eau chaude sanitaire représente environ 20 % des besoins énergétiques. Cette valeur permet une utilisation correcte de la station géothermale en été.

### **9. Consommation d'énergie de la boucle géothermale**

Les dépenses d'énergie électrique de la station géothermale sont réglées par l'exploitant. Elles ne nous ont pas été communiquées.

L'exploitant signale une augmentation des consommations électriques, en particulier de la pompe de réinjection. La consommation totale passe de 545 kW à 600 kW, à 250 m<sup>3</sup>/h, (cf. figure 5).

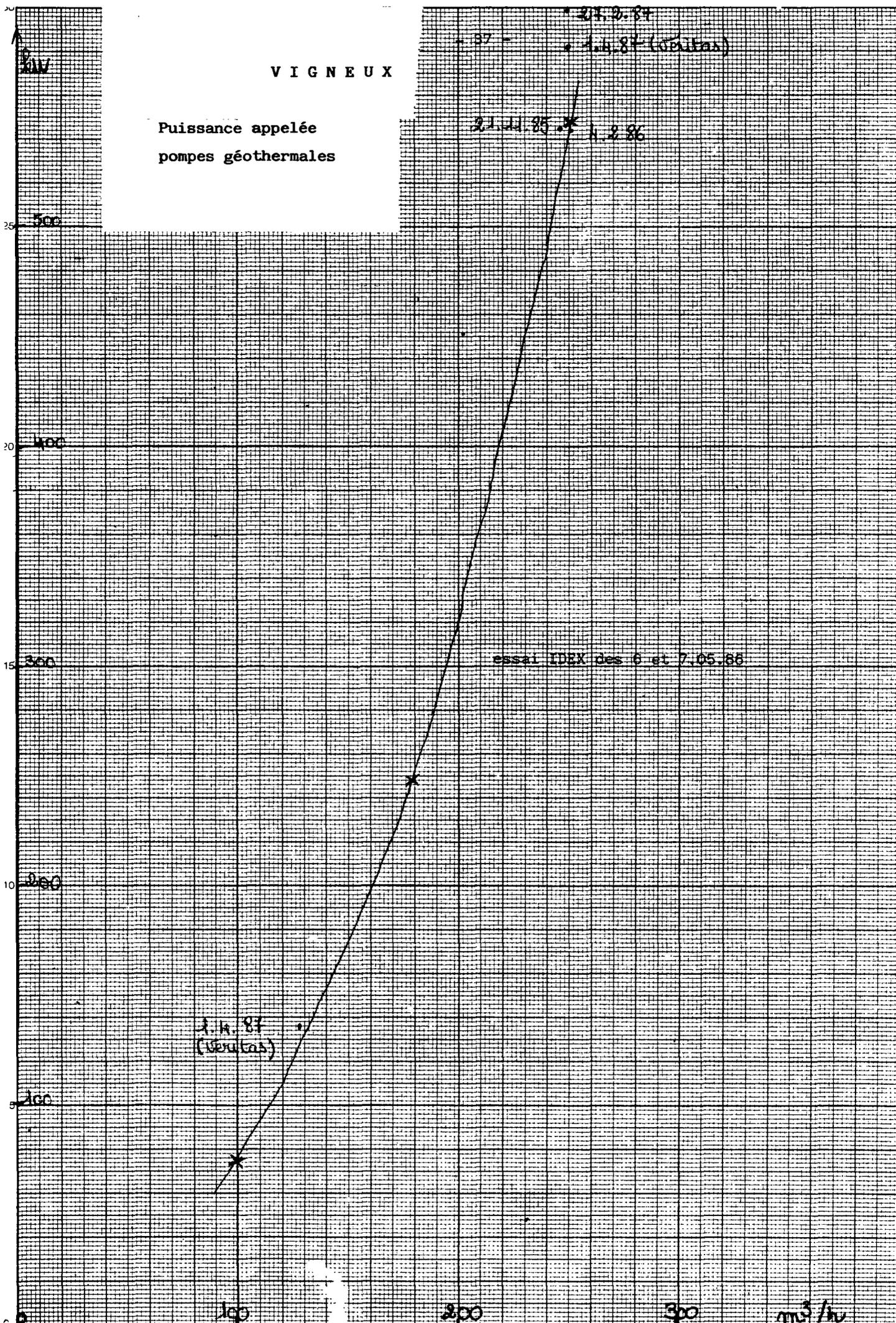
Cette augmentation apparaît aussi avec les mesures Véritas du 01.04.87. dans une proportion moindre.

D'autres mesures sont indispensables pour confirmer cette augmentation de puissance.

En effet, dans cette plage de débit, la différence de puissance observée entre les mesures du 07.05.87 et du 27.02.87 correspond à une très faible variation de débit (4 %). La mesure du débit prend donc une importance particulière.

V I G N E U X

Puissance appelée  
pompes géothermales



## **10. Comptes d'exploitation de la boucle géothermale**

### **10.1 Rappel de la situation actuelle**

L'exploitation de la boucle géothermale est confiée au groupement IDEX-Montenay, qui est rémunéré selon la quantité globale d'énergie utile produite, pour les dépenses d'électricité, et selon un forfait annuel pour les dépenses d'entretien et de renouvellement des équipements.

Ces forfaits sont compris pour une fourniture de 45 550 MWh utiles, obtenus avec un débit de 250 m<sup>3</sup>/h.

Il n'est pas prévue de modification de débit exploitable, au contrat.

L'exploitant prend à sa charge l'entretien et le renouvellement de la boucle géothermale y compris la pompe d'exhaure et sa colonne mais non compris les forages eux-mêmes et un éventuel traitement par inhibiteur des puits.

Il est prévu une stimulation du doublet pendant la durée du contrat. Le contrat ne détaille pas un plan de renouvellement des matériels. Pour les forages eux-mêmes et les risques d'ordre géologique, le Maître d'ouvrage est en train de signer un contrat SAF.

### **10.2 Comptes d'exploitation prévisionnels**

L'évolution de la chimie des eaux a des répercussions sur la durée de vie de certains matériels. Les débits d'exploitation peuvent varier en fonction d'une modification des rabattements, mais aussi de l'apparition éventuelle de dépôts. Il s'ensuivra un appoint différent et diverses répercussions sur les comptes d'exploitation.

Pour l'estimation des comptes d'exploitation prévisionnels, nous avons envisagé 2 scénarios possibles d'évolution :

- hypothèse haute : le débit varie peu ; la formation de dépôts est très réduite ; la corrosion est faible.

- hypothèse basse : le débit décroît, suite à divers phénomènes. Des travaux lourds de remise en état des forages et de la boucle sont nécessaires.

#### Hypothèse haute

- taux de marche des installations de 95 %, correspondant à un nombre très réduit d'incidents.
- une solution aux problèmes de vibrations sur le forage de production, est trouvée (turbo-pompe d'un nouveau modèles ? ; autre pompe immergée ? ; colonne d'exhaure différente ?). Ceci permet de retrouver le débit nominal.
- faibles variations du débit (décroissance lente).
- faible développement de bactéries sulfato-réductrices et formation réduite de dépôts de sulfures de fer.
- corrosion des casings et canalisations fortement réduite par injection de produits inhibiteurs de corrosion. Il est envisagé ici de débiter le traitement en 1992, et de protéger l'intégralité de la boucle par une injection en fond de puits (ligne de fond en matériaux composites ou coil-tubing en acier).  
On rappelle que la protection des tubages prend ici une importance particulière (un seul tubage en face de l'Albien).
- pas de nécessité de rechemiser les forages.
- nettoyage des forages en 1992 et 2002, par méthode légère (coflexip, scrapper, "hérisson" amélioré...)

Nota : ces méthodes légères restent encore à expérimenter et à mettre au point.

ce curage est destiné à éliminer un début de dépôts, pouvant commencer à se former et réduisant les effets du traitement chimique. Il n'est pas exclu, non plus, que l'additif adopté n'ait pas des effets secondaires, nécessitant un curage.

- évolution des températures conformes aux prévisions initiales. Baisse modérée de pression de la nappe.
- en première approximation, on admet que la consommation électrique de la boucle géothermale est sensiblement constante.
- diagraphies de contrôle des tubages tous les 3 ou 4 ans. Pour le forage de production, on suppose que cette diagraphie sera faite lors d'une opération d'entretien ou réparation de la pompe.
- on admet donc ici que la boucle géothermale fonctionne de façon satisfaisante et que les coûts de R2C et R2GT de l'exploitant sont maintenus. On admet par ailleurs qu'intervient un Maître d'oeuvre "sous-sol" chargé du suivi périodique des caractéristiques de l'eau et du suivi des paramètres du forage.



### Hypothèse basse

- taux de marche de la boucle géothermale de 92 %, correspondant à des arrêts pour incidents de l'ordre de 30 jours par an.
- débit décroissant plus rapidement, sous l'effet conjugué de :
  - . rabattements plus importants
  - . formation de dépôts, permis par un développement non enrayé de bactéries sulfato-réductrices et un développement de la corrosion.
- pas de remède trouvé au problème des vibrations de la turbo-pompe. Lors des renouvellements de matériels, choix d'une pompe un peu moins puissante que celle prévue initialement.
- corrosion des équipements de surface, en certains points particuliers (coudes, piquages...) et corrosion des casings pouvant aboutir à des percements.
- nécessité de rechemiser les forages, dès l'imminence d'un percement. Il est difficile de prévoir l'importance de la zone à rechemiser, ainsi que la date probable de cette évènement. Aussi avons-nous envisagé de façon arbitraire, un rechemisage partiel sur chacun des deux forages, 12 ans après la mise en service.

La réduction du diamètre devrait entraîner une réduction de débit (pertes de charge supplémentaires) et entraînera un changement de pompe. Par contre, on suppose ici que les vibrations ne limiteront plus le débit. En résultante, le débit reste du même ordre de grandeur que précédemment.
- nécessité de curer les puits pour éliminer les dépôts de sulfures de fer, sur les deux forages. Le curage sera fait, la première fois, par méthode traditionnelle (appareil d'environ 70 T au crochet, avec circulation - rotation au tricône). Par la suite il est envisagé une méthode plus légère (coflexip etc...)

Il n'est pas envisagé plus de trois réhabilitations, en plus du rechemisage.

- l'apparition de dépôts et la corrosion tendent à perturber le fonctionnement des pompes, échangeurs et tendent à réduire la durée de vie des matériels.
  
- il n'est pas envisagé de traitement par inhibiteurs de corrosion, soit parce que les produits efficaces sont nocifs et ne sont pas autorisés, soit parce que le traitement s'avère inefficace, ou créant des phénomènes secondaires indésirables.
  
- réalisation de diagraphies des tubages dans les mêmes conditions que pour l'hypothèse haute.
  
- pour ce scénario défavorable, nous donnons une estimation des époques possibles de remplacement des divers matériels, et de leur coût de remplacement.

**Tableau 8.**

**COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS  
V I G N E U X S U R S E I N E - HYPOTHESE : BASSE**

**Coût en kF - HT**

ANNEE	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99	99/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	2002/ 2003	2003/ 2004	2004/ 2005	2005/ 2006
Débit géothermal m3/h	160	160	155	145	135	160	150	140	130	160	150	160	150	140	130	125	155	145	135
P1 . Electricité MWh	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
P2 . Dépenses exploitant boucle géothermale	SELON CONTRAT IDEX-MONTENAY																		
. Contrat suivi sous-sol	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
. Produits inhibiteurs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3 . Pompe exhaure . pompe injection . Echangeurs . variateurs et maté- riels électriques . Canalisations géo- thermales + têtes de puits . Matériels d'injec- tion d'inhibiteurs . Diagraphies . Réhabilitation avec SAF sans SAF . Réfection tubages avec SAF sans SAF . Imprévus (5% du P3)		1000			1000 800			1000		800			1000 800 1600	1000			1000 800		800
		2x70			2x70			2x70					2x70	2x70			2x70		
					540 2x1100				540 2x700								540 2x700		
. Assurances + frais de gestion	Pour mémoire																		

## 11. Conclusion

Le fonctionnement de la boucle géothermale se heurte à Vigneux sur Seine, à deux difficultés principales :

- tenue déficiente du réseau en résine, s'accompagnant de multiples fuites et arrêts de l'exploitation. Cette difficulté est en principe résorbée, actuellement car la résine a été remplacée récemment par de l'acier inoxydable.
- vibrations de la colonne, lorsque la turbo-pompe fonctionne à plus de 160 m<sup>3</sup>/h. Le débit est actuellement limité au puits de production, par des problèmes d'ordre mécanique et non par des difficultés d'ordre géologique.

D'autre part, l'opération de Vigneux se caractérise par une absence presque totale de maîtrise d'oeuvre "sous-sol", pendant l'exploitation. Ainsi, les rabattements ne sont pas connus, la composition du fluide n'est pas suivie (hormis 1 analyse annuelle faite par l'exploitant), le point de bulle n'est pas mesuré...

Des phénomènes de corrosion peuvent exister, d'autre part, des dépôts semblent commencer à se former (tendance à l'augmentation de pression d'injection).

Il n'est pas exclu que la limitation actuelle du débit n'occulte pas d'autres phénomènes perturbateurs.

La fourniture actuelle d'énergie géothermique est de l'ordre de 27 000 MWh/an, assurant un taux de couverture d'environ 40 %.

Deux scénarios d'évolution possible des débits ont été étudiés, avec indication des comptes d'exploitation prévisionnels correspondants.

mise à jour : 10/1987

IDENTIFICATION

OPERATION : VIGNEUX-SUR-SEINE (91)

MAITRE D'OUVRAGE : SAVEM (Société Vigneusienne d'Economie Mixte)

MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE :

CONSEIL AU MAITRE D'OUVRAGE :

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

NOMBRE D'EQUIVALENT-LOGEMENTS RACCORDES : 3 430

ENERGIE D'APPOINT : CENTRALISE : FUEL

NOMBRE DE DOUBLET GEOTHERMIQUE : 1

MISE EN SERVICE : 21/10/1985

FIN TRAVAUX FORAGES : 24/02/1984

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

FORAGES

NUMEROTATION	PRODUCTION	INJECTION
	GV S1	GV S2
Chambre de pompage ou réinjection - DIAMETRE - PROFONDEUR	13"3/8 800	7" 2 179
Déviation - MOYENNE - MAXIMALE - AMORCE DEVIATION	VERTICAL	DEVIE 56°
Protection Albien-Néocomien - DOUBLE-TUBAGE ? - CIMENTATION	Albien : simple tubage néocomien : double tubage avec double cimentation	Simple tubage Simple cimentation
DIAMETRE FORATION AQUIFERE	8"1/2	6"
HAUTEUR (déviée) DE LA ZONE DE SEDIMENTATION (Fond du forage à dernier horizon producteur)	42 m (1.5 m3)	40 m (0.7 m3)
Tubages en contact avec fluide géothermal - DIAMETRE - NUANCE ACIER - EPAISSEUR EN MM	13"3/8    9"5/8 K55        K55 10.92     11.05	7" K55 9.19
ECARTEMENT DES FORAGES (milieu Aquifère)	1278 m au toit de l'aquifère	

DISPOSITIF D'EXHAURE

GENRE :- Turbo pompe -

MARQUE : GUINARD

TYPE : TURBO-PRESS DIAMETRE :

MOTEUR : ALSTHOM puis AEG

PUISSANCE : 190 kW SOUS : 280 V

PROFONDEUR IMMERSION : 85 m puis 110 m

COLONNE D'EXHAURE :

MARQUE : HAGUSTA

DIAMETRE : 7"

NATURE MATERIAU : ACIER REVETU CAOUTCHOUC

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SURFACE

VARIATEUR POMPE EXHAURE

MARQUE : RELIANCE

TYPE : III - CS - 15-380

ECHANGEUR

NOMBRE : 2

NATURE : A PLAQUES TITANE

MARQUE : ALFA LAVAL

TYPE :

PUISSANCE : 4500 th/h

SURFACE D'ECHANGE :

FILTRE AVANT ECHANGEUR

MARQUE : AMRI

TAMIS :

DECANTATION

NON

TUYAUTERIES SURFACE

NATURE MATERIAU : Acier entre pompe d'injection et forage d'injection et acier au retour de la pompe d'alimentation de la turbo-press ; résine, ailleurs, remplacée par de l'acier inoxydable à l'été 1987.

POMPE INJECTION

MARQUE : JEUMONT-SCHENIDER

TYPE : 125 NM5

MOTEUR :

TYPE :

PUISSANCE : 613 kW - 500 V

VARIATEUR INJECTION

MARQUE : RELIANCE

TYPE : 5 CSI. S. 850

PUISSANCE : 675 kW 500 V

POMPE INJECTION MARCHE ETE

MARQUE :

TYPE :

PUISSANCE :



**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*
21/01/84 GVS 1	7.7		10151	17.64	?	1.5				?	?	3
27/02/84	6.6		11162	19.05	?	10				?	?	?
19/02/87	7.35		9094	16.20	3	0.4	?	?	?	60 à 65	0	0

\* F = ferrobactéries  
S = sulfatobactéries

0 = absence  
+ = présence



**FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS : LES INTERVENANTS**

**EXPLOITANT : IDEX-MONTENAY**

**CONTRAT DE CHAUFFAGE : AFFERMAGE, 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	non encore signé	250	201	380			73	32	11905	
MESURES VERITAS	01/04/87	251	225.2		357.1	582.3	73.0	48.4		
	01/04/87	128	70.6		66.6	137.2	72.3	41.2		

**CONTRAT DE SUIVI - MAINTENANCE**

PAS DE CONTRAT DE SUIVI-MAINTENANCE

SOCIETES		TYPE DE CONTRAT	CARACTERISTIQUES	DEBUT	FIN
MAINTENANCE	CLIENT				

**REHABILITATIONS : PAS DE REHABILITATION EFFECTUEE**

DATE	FORAGE	NATURE DE L'INTERVENTION	RESULTATS	
			Avant	Après

**ESSAIS D'INHIBITEURS : PAS D'ESSAI REALISE**

