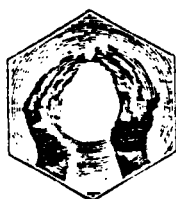




BRGM



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

Le Blanc-Mesnil

Gilbert BRETTE

87 SGN 537 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  
AGENCE FRANÇAISE POUR LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE  
27, rue Louis-Vicat - 75015 PARIS

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE	2
2 - REALISATION DES FORAGES	2
3 - IMPORTANCE DES ZONES PRODUCTRICES	2
4 - DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE LA BOUCLE GEOTHERMALE	7
5 - OBSERVATIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE LA BOUCLE GEOTHERMALE	7
5.1. - Mise en service	7
5.2. - Principaux incidents de fonctionnement	7
5.3. - Taux de disponibilité	11
5.4. - Problèmes de corrosion et de dépôts	11
6 - EVOLUTION DE LA FOURNITURE D'ENERGIE GEOTHERMALE	17
6.1. - Evolution des températures de l'eau géothermale	17
6.2. - Evolution des débits	18
6.3. - Evolution des caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère	21
6.4. - Production d'énergie géothermique	22
7 - CONSOMMATION D'ENERGIE DE LA BOUCLE GEOTHERMALE	23
7.1. - Consommations totales d'électricité	23
7.2. - Puissances absorbées	23
8 - COMPTES D'EXPLOITATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE	25
8.1. - Dépenses sous-sol des exercices précédents	25
8.2. - Comptes prévisionnels	25
CONCLUSION	31

## LISTE DES FIGURES

1 - Le Blanc-Mesnil : plan de situation	3
2 - Coupes techniques des forages	4
3 - Répartition des couches productives	5
4 - Schéma de la boucle géothermale	8
5 - Taux de disponibilité de la boucle géothermale	12
6 - Evolution des débits et pressions selon relevés exploitant	19
7 - Relation débit - HMT en fonction du temps	20
8 - Puissance électrique totale absorbée en fonction du débit	24

## LISTE DES TABLEAUX

1 - Caractéristiques hydrogéologiques	6
2 - Historique des principaux incidents de fonctionnement	9
3 - Fiche récapitulative des résultats obtenus à Blanc-Mesnil Nord	15
4 - Energie géothermique fournie et taux de couverture	22
5 - Consommations électriques totales du local "tête de puits"	23
6 - Dépenses sous-sol supplémentaires	26
7 - Comptes d'exploitation prévisionnels - hypothèse haute	27
8 - Comptes d'exploitation prévisionnels - hypothèse basse	28

## 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 au Blanc-Mesnil par un seul doublet, appartenant au S.E.A.P.F.A. (Syndicat d'Equipement et d'Aménagement de la Plaine de France et de l'Aulnoy).

Le Maître d'Ouvrage délégué est la Sodedat et l'exploitant est la société Missenard Quint.

## 1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le doublet de forages est situé en pleine zone urbaine (cf. figure 1), à la limite Nord-Est de la commune de Blanc-Mesnil.

Il se situe également dans une zone où existent d'autres forages géothermiques (cf. cartouche de la figure 1).

## 2 - REALISATION DES FORAGES

Les travaux de forage se sont achevés fin décembre 1982.

Le doublet comprend deux ouvrages déviés (cf. figure 2).

On note que :

- . les déviations sont ici modérées,
- . les deux forages ont été réalisés en petit diamètre (6" dans l'aquifère)
- . il existe un double tubage et une double cimentation en face de l'aquifère de l'Albien - Néocomien, pour le forage de production.  
Par contre, pour le forage d'injection, il y a aussi double colonne de casings mais seul le 9"5/8 est cimenté en face de l'Albien - Néocomien
- . tous les tubages en contact avec le fluide géothermal sont en acier ordinaire.

Les petits diamètres sont plus rapidement et plus fortement sensibles aux augmentations de pertes de charge (dépôts sur les parois).

La déviation modérée ne devrait pas être un handicap pour certaines opérations mécaniques de réhabilitation (frottement moindre des tiges, en particulier).

La cimentation du 7" du forage d'injection est incomplète : seule la partie inférieure est cimentée car les valves spéciales de cimentation multi-étagée ne se sont pas ouvertes.

A noter également que les cimentations supérieures des tubages 13"3/8 et 9"5/8 n'ont pas fait l'objet de diagraphies de contrôle (CBL) ni sur le forage de production ni sur celui d'injection.

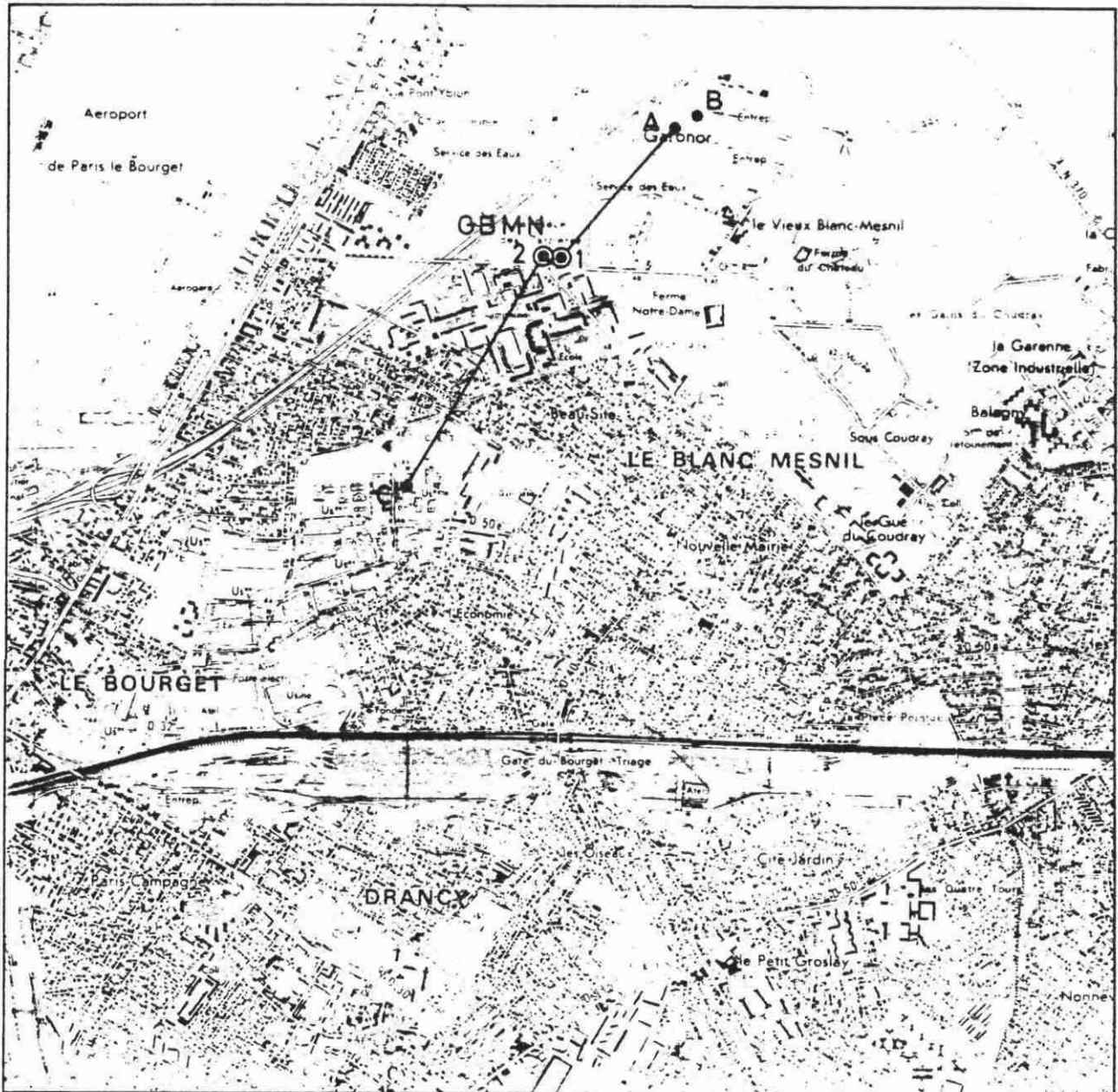
## 3 - IMPORTANCE DES ZONES PRODUCTRICES

Les caractéristiques des zones productrices sont résumées en figure 3 et au tableau 1.

On note que :

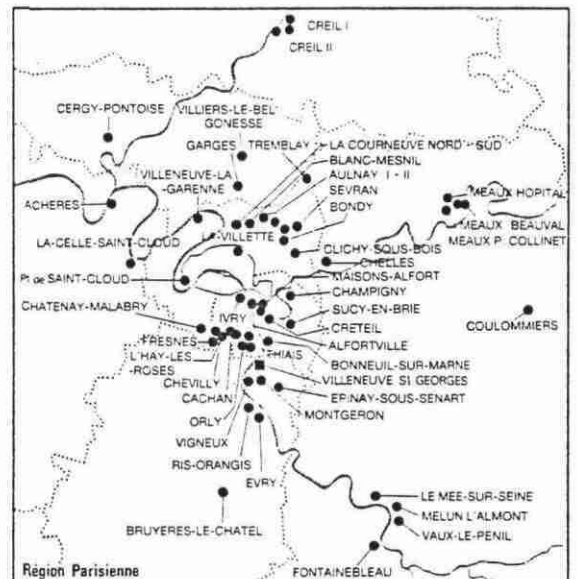
- . les épaisseurs productives sont faibles
- . l'essentiel du débit provient d'un horizon mince (50% de Q sur 2 mètres, au forage de production).  
Cette circulation préférentielle évoque une perméabilité de fissures. Les interinfluences entre les divers forages de la zone peuvent ainsi être un peu plus rapides que les prévisions.
- . le forage d'injection présente une transmissivité (75 D.m) plus élevée que celle du forage de production (56 D.m.).

LE BLANC MESNIL : PLAN DE SITUATION



Remarques :

- 1 \_ A : Situation du forage au toit du réservoir:
- 2 \_ B : Situation du fond du forage:
- 3 \_ C : Situation approximative du fond du forage GBMN2



COUPE TECHNIQUE DU FORAGE

Puits de production  
GBMN1  
tête de puits

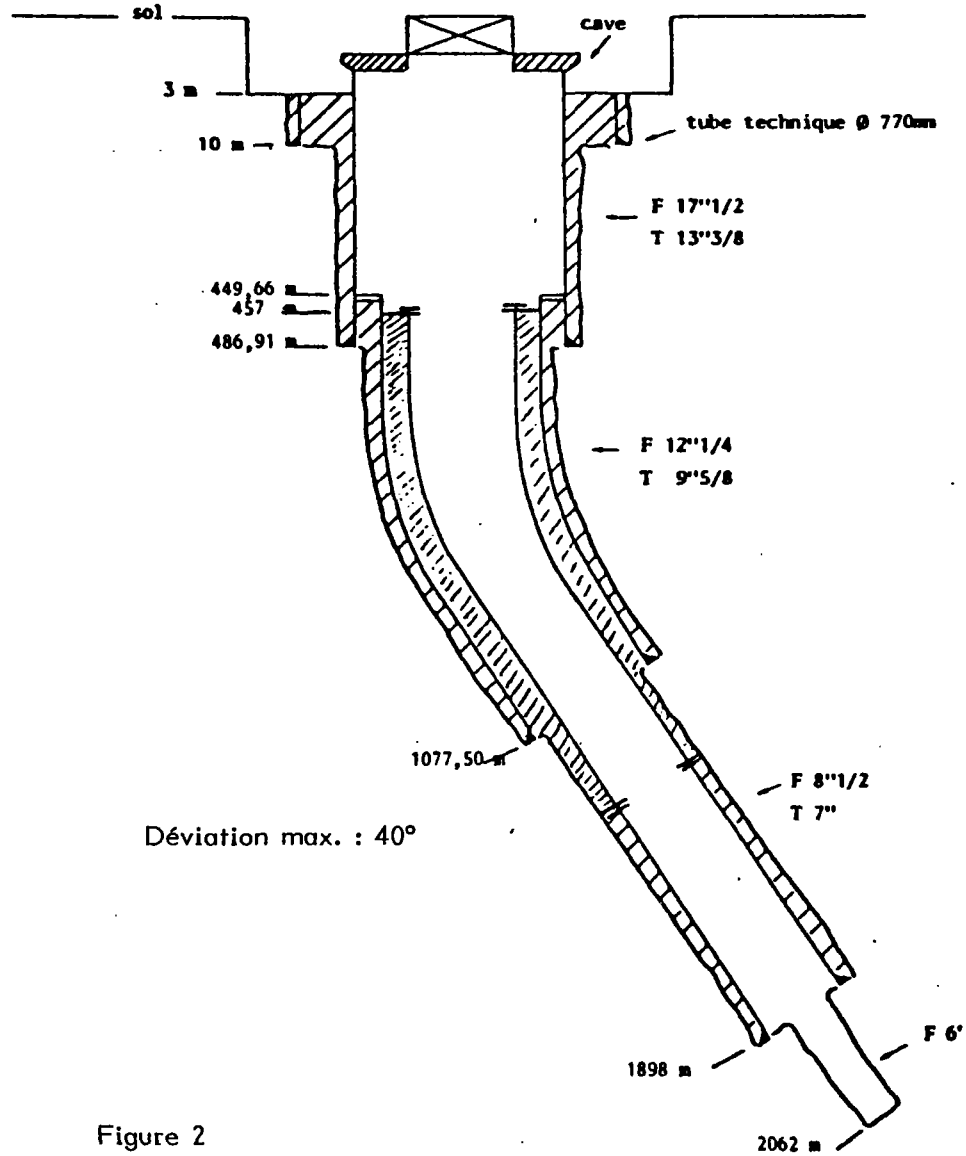
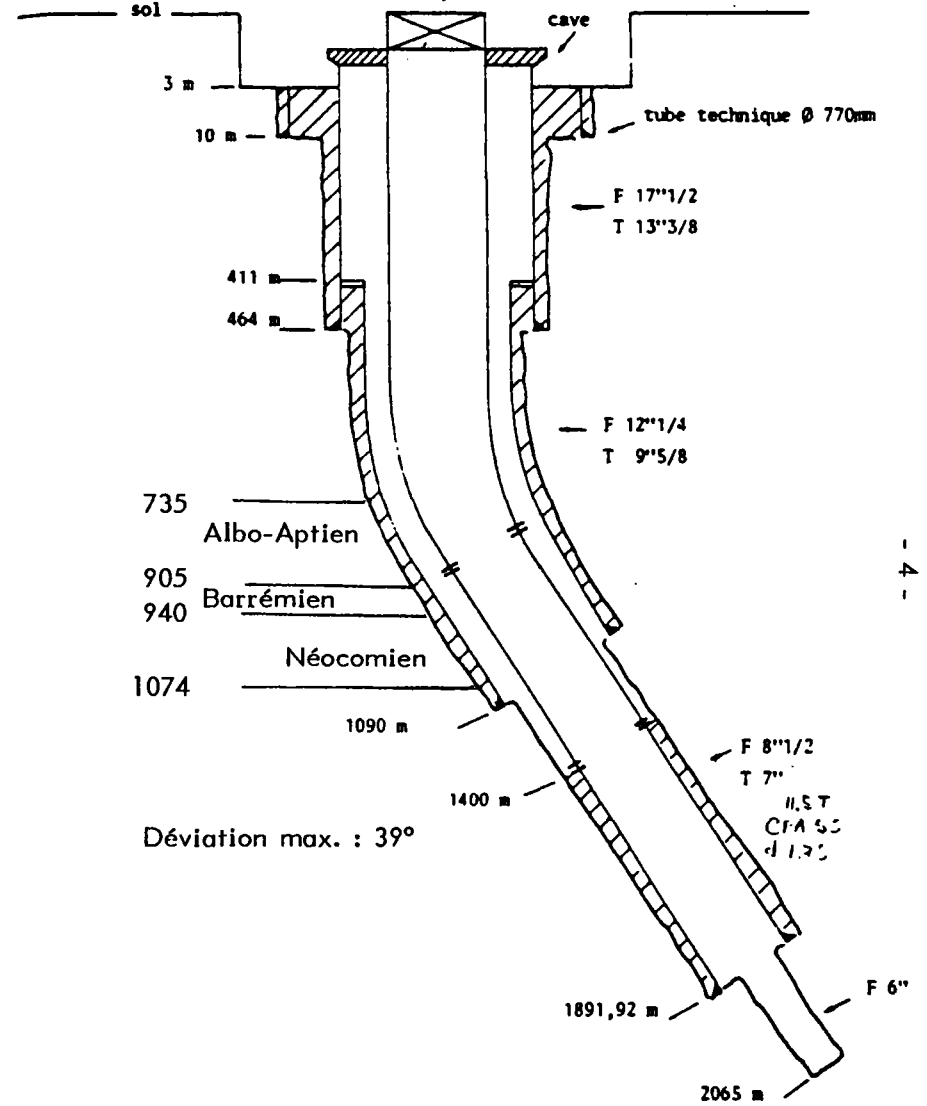


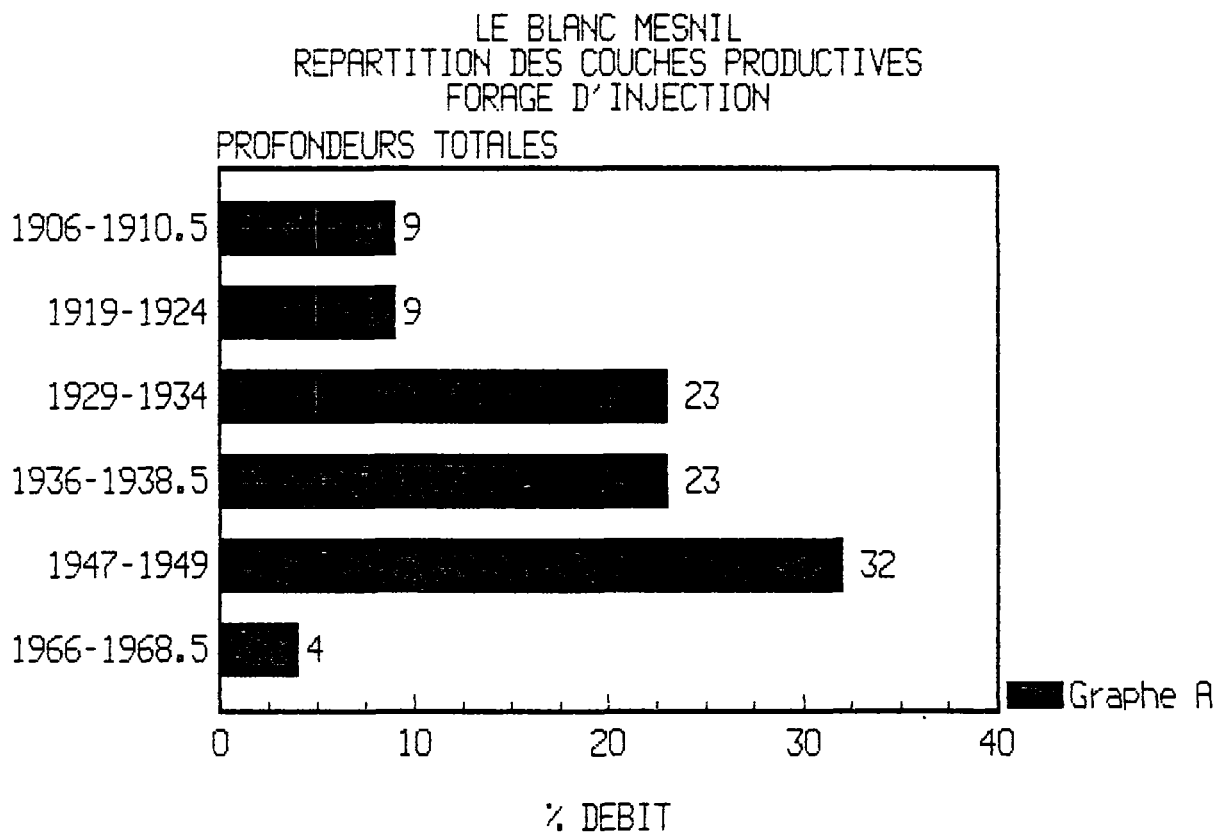
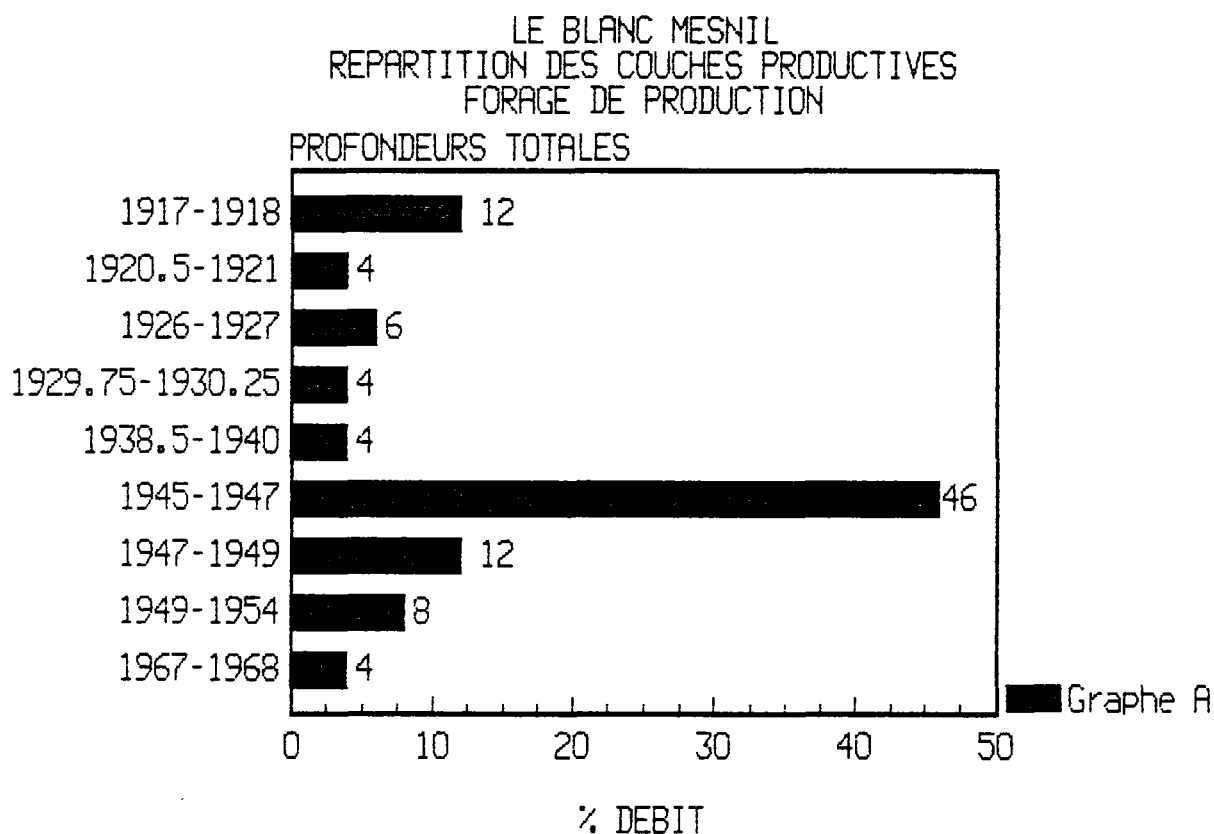
Figure 2

Puits d'injection  
GBMN2  
tête de puits



Document B.R.G.M.

Figure 3





	Profondeur finale du Dogger productif		Epaisseur productive en m		Porosité en %		Perméabilité en D.		Salinité g/l		T de fond fin foration		Débit artésien fin foration m <sup>3</sup> /h		Pression artésienne bar	
	APS*	Réalité	APS*	Réalité	APS*	Réalité	APS*	Réalité	APS*	Réalité	APS*	Réalité	APS(1)	Réalité	APS*	Réalité
PRODUCTION	1850 ± 70	1968	20	12.7	10 à 15	14	0.15 à 0.4	4.4	25 à 30	27	60 à 66	67.5	100	Moyen : 100 max. : 188	8 ± 2	8.4
INJECTION	1850 ± 70	1968	20	17.2	10 à 15	17	0.15 à 0.4	4.38	25  30		60 à 66	65.6	100	101 C.P. = 5 kg/cm <sup>2</sup> max : 206	8 ± 2	7.6

\* Selon document BRGM GTH/RER 80.1 d'octobre 1980  
(1) Selon rapport BRGM 82 SGN 1024 GTH de décembre 1982

CP : Contre-pression

Tableau 1 - LE BLANC MESNIL - CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

#### 4 - DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

Le schéma de l'installation d'origine est reporté en figure 4 et les principales caractéristiques des matériels sont décrites dans la fiche en annexe.

On note :

- . l'existence de deux échangeurs identiques, desservant des réseaux distincts
- . la présence de filtres en parallèles, en amont des échangeurs, ainsi que d'un décanteur. La pompe de réinjection est protégée des fines par une bouteille de décantation et un filtre
- . tous les filtres sont équipés de tamis à mailles grossières
- . les canalisations de la boucle géothermale sont en inox 316 L entre les têtes de puits et l'entrée dans le sol, puis en fibre (16 bars) jusqu'au local dit "tête de puits", distant d'environ 800 m ; en acier ordinaire revêtu d'une résine dans le local technique.

Le retour local-plateforme de forage se fait par une canalisation enterrée, en fibre (25 bars) puis en inox 316 L au niveau du forage.

- . les portions de canalisations d'acier revêtu résine qui ont été changées ont été remplacée par de l'acier avec un autre revêtement (rilson).
- . il n'y a pas de pompe d'injection à débit réduit pour la marche d'été (la même pompe assure toute la gamme des débits)
- . Les vannes maîtresses de tête de puits ne peuvent être manoeuvrées que manuellement. Cette manoeuvre devient très difficile à impossible en cas de fuite importante.
- . le local technique semi-enterré est facilement inondable, son cloisonnement est à parfaire.  
Il n'y a pas d'issue de secours.

#### 5 - OBSERVATIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

##### 5.1. - Mise en service

La mise en service de la boucle géothermale a eu lieu en novembre 1983, soit un peu moins d'un an après la réalisation des forages.

Hormis les réglages des appareillages, il ne semble pas y avoir eu d'incident particulier au démarrage.

##### 5.2. - Principaux incidents de fonctionnement

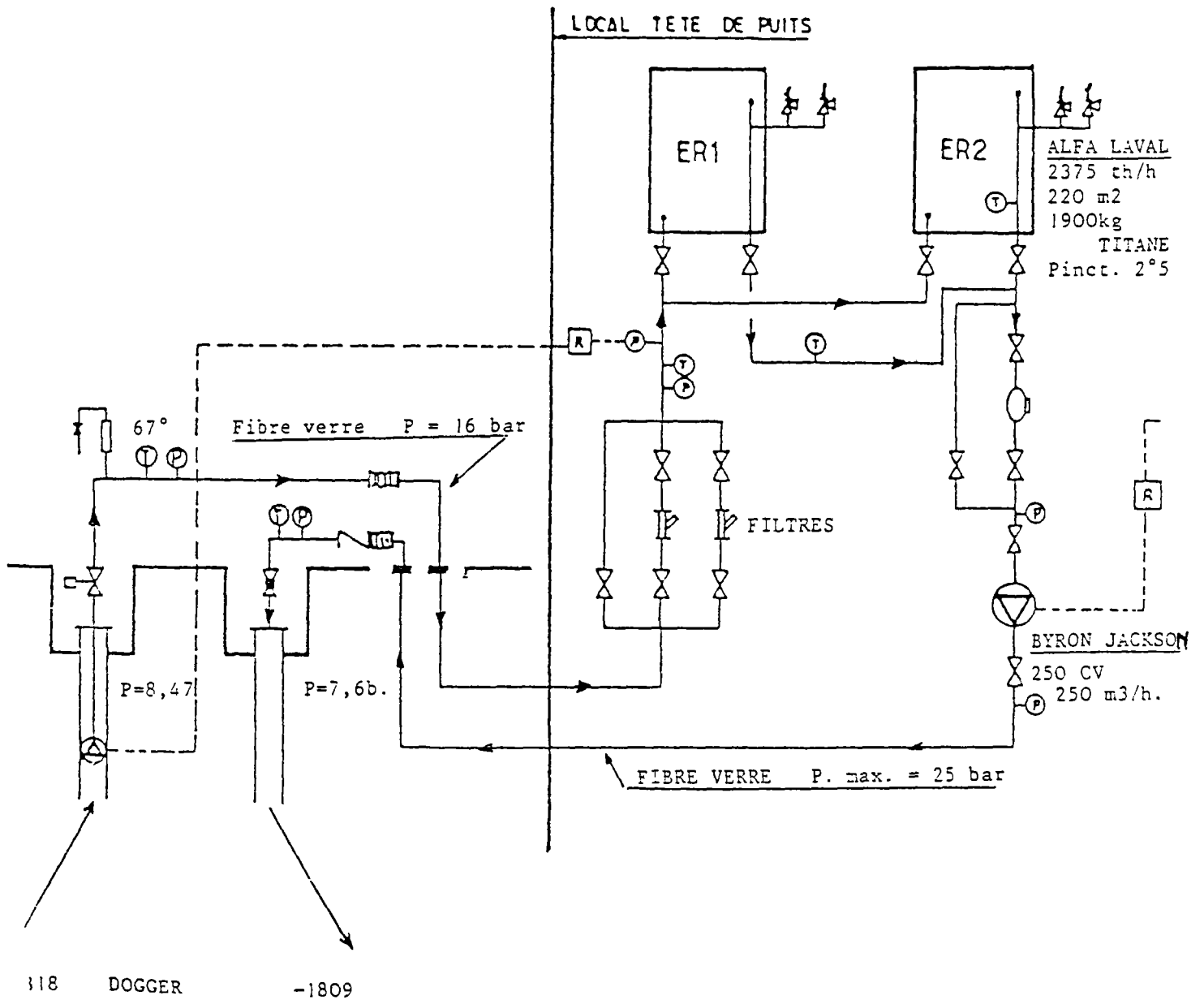
Les principaux incidents de fonctionnement connus sont résumés dans le tableau 2.

On constate que :

- . les pompes de production ont une faible durée de vie. En quatre saisons de chauffe, il a fallu procéder à trois échanges de pompe. Dans les deux premiers cas, la panne est due à un blocage de la partie hydraulique suite à des dépôts de sulfures, après environ 5 800 heures de fonctionnement. Dans le troisième cas, la panne est due à un mauvais contact électrique.
- . Les pannes de pompe ont tendance à survenir en début de saison de chauffe.

Figure 4

LE BLANC MESNIL.  
SCHEMA DE LA BOUCLE GEOTHERMALE



HISTORIQUE DES PRINCIPAUX INCIDENTS DE FONCTIONNEMENT

Date début	Date fin	Nature de l'incident
03/11/83	-	Première mise en exploitation de la boucle
24/11/83	24/11/83	Fuite bride vanne injection
06/03/84	06/03/84	Fuite bride vanne injection
29/05/84	30/09/84	Réfection du matelas d'azote
21/09/84		Mesure de la pression de réinjection par B.R.G.M.
19/11/84		Disjonction HP pompe production (blocage). Fonctionnement en artésien avec pompe de réinjection
26/11/84	04/12/84	Remontée - descente du groupe moto-pompe immergée ; démontage des échangeurs ER1 et ER2 pour nettoyage
17/12/84	20/12/84	Acidification du puits d'injection depuis la surface
10/08/84	07/09/84	Démontage et nettoyage de l'échangeur ER2 ; fonctionnement avec ER1.
25/10/84		Démontage échangeur d'appoint.
02/01/85	03/01/85	Défaut des cartes générateur et régulation fréquence. Echange capacité variateur production
29/01/85		Fuite sur tube vidange bouteille de réinjection
31/01/85		Fuite sur raccord au refoulement pompe réinjection
04/85		Démontage ER1 et ER2 pour nettoyage
12/05/85	22/05/85	Fuite sur bouteille de production. Réparation. Remplacement des manchons des vannes de chasse sur filtres géothermaux
02/07/85	02/07/85	Fuite sur bouteille production
23/07/85	23/07/85	Calibrage du puits injection
06/08/85		Nettoyage échangeur ER2
10/08/85	14/08/85	Panne pompe production (blocage)
19/08/85	25/08/85	Décolmatage du puits d'injection ; injection d'acide en fond de puits
27/08/85		Remise en service en artésien avec pompe de réinjection
16/09/85	23/09/85	Remontée - descente pompe production, nettoyage échangeur ER1
26/09/85		Nettoyage de l'échangeur d'appoint
08/10/85		Démontage échangeur ER1, remplacement des joints
16/12/85	20/12/85	Fuite sur arrivée géothermale à la bouteille de production
07/01/86		Fuite sur réseau géothermal
08/01/86		Nettoyage échangeur ER1, avec démontage
14/01/86		Nettoyage échangeur ER2 avec démontage
03/02/86	03/02/86	Remplacement garnitures mécaniques pompe réinjection
17/02/86	20/02/86	Fuite sur réseau géothermal dans local tête de puits. Inondation du local. Assèchement et réparation des matériels.

16/03/86		Fuite sur bouteille production
25/05/86		Fuite sur bouteille production
29/05/86		Mise en place pompe doseuse pour traitement avec additifs
30/06/86	22/07/86	Curage du forage de réinjection
19/09/86	20/09/86	Démontage des échangeurs ER1 et ER2 pour nettoyage
28/11/86		Panne pompe exhaure
01/12/86	08/12/86	Défaut d'isolement ; flash sur contacteur pompe - câble
19/03/87		Vibrations sur tête de production ; échange carte PLFGR31 sur variateur production et mise en place d'un condensateur de lissage. Plusieurs nettoyages d'échangeurs pendant la saison 86-87

- . la pompe de réinjection ne présente pas d'anomalies de fonctionnement, hormis les changements, classiques, de garnitures.
- . les échangeurs se sont encrassés plusieurs fois, malgré la présence de filtres (mais dotés de tamis à grosses mailles).
- . les fuites et ruptures de canalisations dans le local technique se sont avérées assez fréquentes.  
(Il faut ajouter également deux ruptures de la canalisation géothermique ER 2, au niveau du passage sous l'autoroute, et qui ont rendu indisponible ce réseau pendant près de dix jours, en plein hiver).  
Suite à une fuite, une inondation importante du local a entraîné des dégâts sur les appareillages électriques et électroniques.  
D'une façon générale, ces fuites tendent à vieillir prématurément les appareils situés à proximité.
- . On note peu d'incidents sur les variateurs.

### **5.3. - Taux de disponibilité**

Les valeurs annuelles estimées des arrêts de la boucle géothermale sont représentées en figure 5.

Ces valeurs sont déduites en fonction des tableaux des incidents. Il peut s'y ajouter des arrêts courts dus à des causes mineures et non signalés. D'autre part, certaines pannes n'ont pas complètement arrêté la production géothermale (fonctionnement à débit artésien de 50 m<sup>3</sup>/h).

On constate que :

- . les durées des arrêts augmentent avec le temps.

### **5.4.- Problèmes de corrosion et de dépôts**

#### **5.4.1. - Dépôts dans les échangeurs**

Les échangeurs ont présenté à plusieurs reprises une augmentation de leurs pertes de charge, qui a nécessité leur nettoyage.

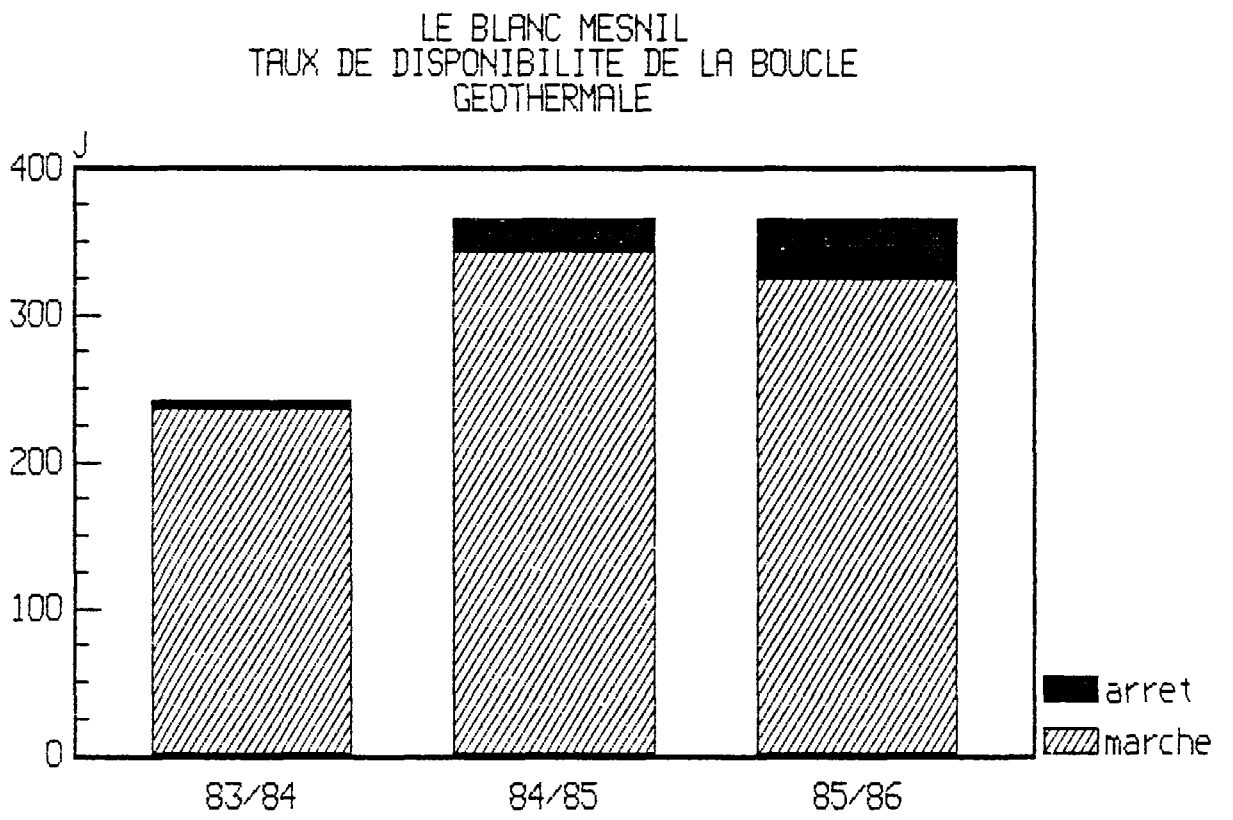
Les nettoyages se sont faits ici après démontage des échangeurs par le fermier.

Il s'ajoute également des chasses périodiques (donc sans démontage). De plus, en 1987, il semble y avoir eu une tentative de nettoyage chimique qui aurait été imparfaite (réencrassement très rapide).

Il n'y a pas de dispositif de nettoyage en continu. On constate que :

- . le nombre des nettoyages augmente avec le temps,
- . les encrassements ont été plus rapides et nombreux après les essais d'injection d'additifs (ceux-ci semblent avoir destabilisé les dépôts existant dans le forage de production),
- . les filtres, en amont, sont inefficaces . De même la bouteille de décantation ne recueille que peu de dépôts.
- . les échangeurs jouent eux-mêmes le rôle de filtre et protègent ainsi partiellement la pompe de réinjection,

Figure 5



- . les dépôts se trouvent concentrés, au démontage, dans le tiers supérieur des échangeurs, l'arrivée géothermale se faisant ici en partie haute. On ne peut alors réaliser de chasse efficace que s'il y a inversion de l'arrivée en partie basse.
- . le nombre des nettoyages a détérioré en partie les joints et tend à raccourcir la durée de vie de l'échangeur.

Nota : Une analyse chimique (20/11/1984) avant et après échangeur a montré une chute des teneurs en fer de 2ppm à 0.6ppm. (ce qui correspond à un dépôt).

#### 5.4.2. - Dépôts dans les forages

La présence de dépôts dans les forages a été suspectée très tôt, dès le début de la seconde saison de chauffe.

Ces dépôts ont entraîné :

- . un blocage de l'hydraulique de la pompe de production,
- . une augmentation des pressions de réinjection, par augmentation des pertes de charge (rétrécissement de section, modification de la rugosité des surfaces),
- . une augmentation des puissances électriques absorbées, à débit égal.

Une vérification de l'augmentation constatée des pressions à la réinjection a été faite par le B.R.G.M. en septembre 1984, qui a conclu à l'existence de dépôts (aquifère et tubages).

L'importance des dépôts dans le forage d'injection a été contrôlée par une diagraphie de calibrage (caliper 40 bras) en juillet 1985. Celle-ci a montré la présence de dépôts de 1 à 2,5 mm sur les tubages (ceci environ sept mois après le nettoyage par acidification de décembre 1984). Cette opération de calibrage ne permet pas de mettre en évidence des dépôts amorphes, non indurés.

D'autre part, un contrôle de fond, en juillet 1985, a constaté la présence de dépôts à 1917 m avant acidification (soit 148 m de sédiments ! et le colmatage d'une zone aquifère totalisant 91% du débit d'après la flowmétrie de 1982 ; cf. figure 3).

Après acidification, les sédiments se rencontraient à partir de 1933 m (soit colmatage d'une zone représentant 50% du débit).

Les dégorgements opérés ont montré, après analyse aux rayons X, une forte proportion de sulfures amorphes.

Il faut admettre que ces dépôts ne créaient pas un obstacle total au passage de l'eau car on voit mal comment 180 m<sup>3</sup>/h pouvaient être injectés dans 9% seulement d'épaisseur perméable utile (sauf si la répartition des écoulements s'est modifiée par rapport aux mesures de 1982).

Le curage de l'été 86 et les analyses des dépôts recueillis ont montré :

- . la présence de dépôts apparemment plus abondants, sur le tubage, aux environs de 400 m. Il pourrait s'agir d'une accumulation en liaison avec l'amorce de déviation du forage, bien que cette dernière soit un peu plus basse (500 m),
- . une augmentation des proportions de fer et sulfures par rapport aux mesures de fin de forage (respectivement 58,5% de fer et 24,8% de sulfures en 1986, contre 40% et 15% en 1982), pour les dépôts de la base du tubage. Le fer supplémentaire pourrait provenir de la corrosion des tubages.

D'autre part, différents paliers de mesures de pression, à l'été 86, ont montré que le tubage 7" présentait des pertes de charge notables, attribuées à la présence de dépôts et à une plus forte rugosité.



D'où proviennent ces dépôts ?

Les premières analyses d'eau géothermale, en exploitation (20/11/1984) montraient une sursaturation vis à vis de tous les sulfures de fer et, en particulier, des phases amorphes. Celles-ci ne forment pas de dépôts identifiables mais évoluent par la suite en formes cristallines, retrouvées dans la purge du décanteur et les échangeurs. Les phases amorphes semblent régler la précipitation des formes cristallines de sulfures de fer.

Le fer provient à la fois du Dogger et d'une corrosion des casings, dans une proportion difficile à établir en l'absence d'analyses de fond.

Les sulfures proviennent du Dogger mais peuvent aussi résulter d'une activité bactérienne.

L'eau est, d'autre part, sous-saturée en sulfates et ne présente pas de risque de précipitation.

#### 5.4.3. - Opérations de réhabilitation

Plusieurs actions ont été menées pour tenter de revenir aux caractéristiques initiales du doublet. Tout l'effort s'est porté sur le forage d'injection, où l'augmentation des pressions d'injection, limitée par la pression de service de la canalisation en fibre (25 bars), ne permettait d'obtenir qu'un débit réduit.

Ces actions ont comporté (cf. tableau 3) :

a) une acidification en décembre 1984.

Elle a consisté à envoyer des bouchons d'acide, poussés par une chasse d'eau, depuis la surface.

Elle n'a que faiblement permis d'augmenter le débit artésien, sans amélioration notable en boucle. Le débit d'origine n'a pas été retrouvé.

b) une acidification en août 1985.

Elle a consisté à injecter de l'acide, cette fois directement en fond de puits, en face de l'aquifère, au moyen d'un coil-tubing. Elle n'a que faiblement permis d'augmenter le débit artésien, sans amélioration notable en boucle.

Le débit d'origine n'a pas été retrouvé. Un bouchon de dépôts indurés a été mis en évidence dans l'aquifère.

c) curage de juillet 1986.

Cette opération a nécessité l'amenée d'une machine de forage.

Elle a consisté à redescendre un tricône 6", en rotation et circulation, jusqu'au fond et à injecter de l'acide, directement au fond, par le train de tiges.

Cette troisième opération a permis de retrouver pratiquement le débit artésien d'origine, après le curage mécanique aux tiges.

Les acidifications n'ont apporté qu'une très légère amélioration et n'ont pas modifié la répartition des écoulements dans la zone productive.

On note que l'effort a été porté sur un décolmatage du réservoir et non sur un nettoyage des tubages (cf. dépôts peu épais selon précédent calibrage). Mais un programme de mesures différentielles de pressions, dans le tubage, a mis en évidence des pertes de charge.

On note aussi que l'amélioration permise par le curage a été perdue en quelques mois d'exploitation en boucle, le phénomène produisant les dépôts n'étant pas stoppé.

Tableau 3 : FICHE RECAPITULATIVE DES RESULTATS OBTENUS A BLANC-MESNIL NORD (GBMN 2)

OPERATIONS	PHASE	DATE	T (°C)	CONTRE PRESSION (bar)	DEBIT MESURE (m <sup>3</sup> /h)	PRECISION (m <sup>3</sup> /h)	DEBIT CALCULE (m <sup>3</sup> /h)	PRECISION (m <sup>3</sup> /h)	REMARQUES
Acidification depuis la surface (n° 1)	début des travaux	18/12/84	?	?	110	+ 5,5	-	-	Les valeurs de débit ne sont pas compa- rables entre elles ni avec celles mesurées en 1986
	fin des travaux	19/12/84	?	?	130	+ 6,5	-	-	
Acidification depuis la surface (n° 2)	début des travaux	19/08/85	?	?	127	+ 6,5	-	-	
	fin des travaux	24.08/85	?	?	140	+ 7	-	-	
Nettoyage avec machine de servicing	Fin du nettoyage mécanique	08/07/86	50,4	0,8	155	+ 7,5	165	+ 15	Les valeurs de débit sont comparables entre elles
	Après 1ère acidifi- cation	12/07/86	50,4	0,8	162	+ 8	165	+ 15	
	Après 2ème acidifi- cation	14/07/86	50,4	0,8	162	+ 8	165	+ 15	

N.B. : Débit artésien initial (maximum) : 206 ± 15 m<sup>3</sup>/h, 65,6° C (fond), cp = 0 bar (selon résultats CFG)

#### 5.4.4. - Corrosion des équipements de surface

On note la très bonne tenue de l'inox 316 L des canalisations tête de puits. Par ailleurs, il existe un piquage en inox de faible épaisseur (2 mm) qui a bien résisté à la corrosion.

Par contre, les conduites en acier ordinaire revêtu ainsi que les décanteurs, en acier, ont connu de nombreuses fuites, particulièrement au niveau des raccords piquages-vannes et créent des risques d'inondation et de dégradation des matériels.

Un suivi de mesures de corrosion a été proposé récemment (fin 1986) avec l'installation de cinq géosondes (acier ordinaire K 55, inox 316 L, monel K 500 et bronze d'aluminium ASTM A 958).

D'autre part, un suivi de mesures d'épaisseur des canalisations par sonde à ultra-sons a été mis en place récemment. Il ne permet pas encore de déceler d'évolution significative.

#### 5.4.5. - Corrosion des casings de forage

La corrosion des casings est probable, d'après les analyses chimiques de l'eau et l'étude des phénomènes de dépôts.

Cependant, le calibrage de l'été 85 ne semble pas avoir mis en évidence des creusements notables (mais ceux-ci sont indétectables sous une couche de dépôts).

Il n'a pas été mis en évidence, non plus, de percement (pas de venues de particules étrangères au Dogger, pas d'anomalies importantes de pression d'azote dans la chambre de pompage).

Les différentes analyses chimiques ont montré :

- . la présence de certains métaux en quantité non négligeable : chrome : 1270 ppm ; molybdène : 140 ppm ; zirconium : 300 ppm, alors qu'ils n'existent qu'en infratrace (moins de 0,1 ppb) dans le Dogger. Ceci traduit une corrosion des casings (juillet 86)
- . l'augmentation du fer et des sulfures dans les dépôts de base de tubage, par rapport aux valeurs rencontrées en fin de foration (fer : 58,5% ; sulfures : 24,8% en 1986 contre 40% et 15% en 1982).
- . l'eau géothermale contient une quantité notable de fer (2,95 ppm dont 0,28 ppm seulement sous forme dissoute, en mai 85, avant les premiers essais d'inhibiteurs).

Il y a trop peu d'analyses permettant de montrer une évolution des teneurs avec le débit.

Si l'on prend comme hypothèse les valeurs ci-dessus, cela correspond, pour un débit moyen annuel de 150 m<sup>3</sup>/h à une masse totale de fer de 3,9 T dont 0,4 T sous forme dissoute (le fer provenant en partie du Dogger et en partie des équipements).

#### 5.4.6. - Expérimentation d'additifs anti-corrosion

Suite aux problèmes rencontrés de formation de dépôts de sulfure de fer, un programme d'expérimentation d'additifs a été mené en 1986.

Il comprenait :

- une sélection préalable de produits, en laboratoire, avec première détermination des dosages.

Les produits comprenaient :

- . des bactéricides,
- . des inhibiteurs de corrosion,
- . des inhibiteurs de croissance cristalline.

- un essai d'injection sur le puits de production, au niveau de la pompe, pendant un mois (pour deux mois prévus), de fin mai à fin juin 1986.

Les produits retenus étaient :

- . un inhibiteur de croissance minérale (Inipol AD 32),
- . un bactéricide + inhibiteur de corrosion métallique (Bactiram 443).

Seule une partie de la boucle géothermale était donc traitée.

Si une diminution de la vitesse de corrosion a bien été observée, elle s'est aussi accompagnée de venues de dépôts gélatineux, qui ont perturbé l'exploitation (encrassement des échangeurs notamment).

Les dosages optima ayant été établis, il restait à vérifier l'efficacité du traitement, en vraie grandeur. La D.R.I.R. avait autorisé un traitement de six mois. L'essai long commença en septembre 1986 mais dû être interrompu au bout de deux mois en raison des venues de dépôts qu'il provoquait.

Cet essai faisait suite à la réhabilitation du forage d'injection. On peut penser que les additifs ont déstabilisé les dépôts existant dans le forage de production (qui n'avait pas été nettoyé) et que le passage du régime réduit d'été aux débits plus élevés d'hiver a permis l'entraînement des dépôts.

## 6 - EVOLUTION DE LA FOURNITURE D'ENERGIE GEOTHERMALE

La fourniture d'énergie "géothermale" dépend :

- . du débit d'eau géothermale et de la durée du pompage,
- . de la température de l'eau géothermale,
- . de la température de retour de l'eau géothermique,
- . des performances propres de l'échangeur.

Nota : Les deux derniers paramètres sont étudiés par le bureau d'études "surface".

### 6.1. - Evolution des températures de l'eau géothermale

Il ne semble pas y avoir d'évolution anormale des températures, selon les données disponibles. Les variations observées sont liées à des variations de débit.

Pour un débit supérieur à 180 m<sup>3</sup>/h, la température reste très voisine de 68°C et pratiquement constante.

Pour les faibles débits (marche d'été) compris entre 15 et 50 m<sup>3</sup>/h, la température varie entre 54 et 65°C, avec, parfois, des anomalies apparentes temporaires : température plus élevée à débit faible ou inversement.

En fait, ces mesures instantanées représentent un décalage avec le débit des jours précédents : l'équilibre thermique eau - casing - terrain nécessite une certaine durée.

## 6.2. - Evolution des débits

Les débits d'exploitation ne sont pas constants. Ils dépendent en effet :

- . des variations de pertes de charge sur l'ensemble de la boucle géothermale (un accroissement peut être dû, par exemple, à des dépôts de sulfures de fer),
- . des besoins en chauffage ou en eau chaude sanitaire,
- . de la température de l'eau de réinjection, qui influe sur la densité et la viscosité,
- . éventuellement, de modifications de certains paramètres de l'aquifère (par exemple, baisse de niveau, accroissement des rabattements),
- . éventuellement, de modifications des performances des pompes (usure des organes, altération de la courbe caractéristique).

### 6.2.1. - Variations mensuelles des débits

Les débits sont notés par l'exploitant. Ils ne servent pas ici pour le moment de base de facturation (seul le débit contractuel de 250 m<sup>3</sup>/h figure au contrat de chauffe). Il semblerait y avoir, à partir de 1985, une dérive du débitmètre, mise en évidence par des mesures Veritas, pour les plages supérieures de débit.

Les valeurs moyennes mensuelles sont reproduites en figure 6.

On note que :

- . le débit contractuel de 250 m<sup>3</sup>/h n'a été approché que pendant les premières semaines d'exploitation. Il n'a plus été atteint par la suite,
- . les débits maximaux décroissent de façon régulière, à raison d'une dizaine de mètres cube par an,
- . la décroissance du débit s'accompagne d'une augmentation de pression de réinjection, qui reste ensuite proche de sa valeur limite (25 bars), dictée par la résistance de la canalisation epoxy,
- . l'effet des acidifications de décembre 1984 et juillet 1985 ne se font pas sentir. Le curage de 1986 permet un léger mieux, temporaire, et n'empêche pas la décroissance,
- . les besoins d'été (eau chaude sanitaire) sont faibles : le débit nécessaire est d'une cinquantaine de mètres cube/heure seulement, pendant environ quatre mois (cf. que les besoins en eau chaude sanitaire ne représentent que 4% seulement des besoins énergétiques).

Nota : Selon l'exploitant, le débit moyen hivernal novembre 86 - février 87 est de 205 m<sup>3</sup>/h : la décroissance continue.

### 6.2.2. - Variation des débits en fonction des hauteurs manométriques

La valeur seule du débit ne suffit pas : à un même débit peut correspondre des conditions d'exploitation (rabattements, pressions d'injection, puissances électriques) très différentes.

Les rabattements dans le puits d'exhaure ne sont suivis que depuis peu de temps (fin 86) (cf. figure 7).

Figure 6

LE BLANC MESNIL  
EVOLUTION DES DEBITS ET PRESSIONS  
SELON RELEVES EXPLOITANT

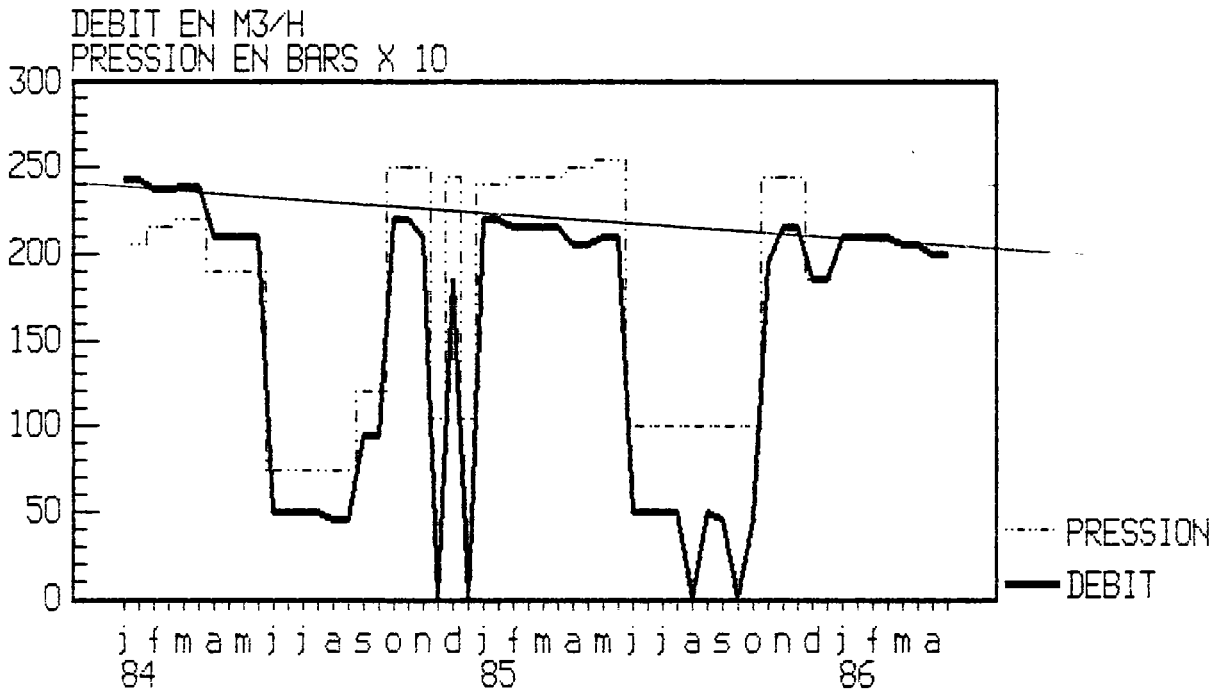
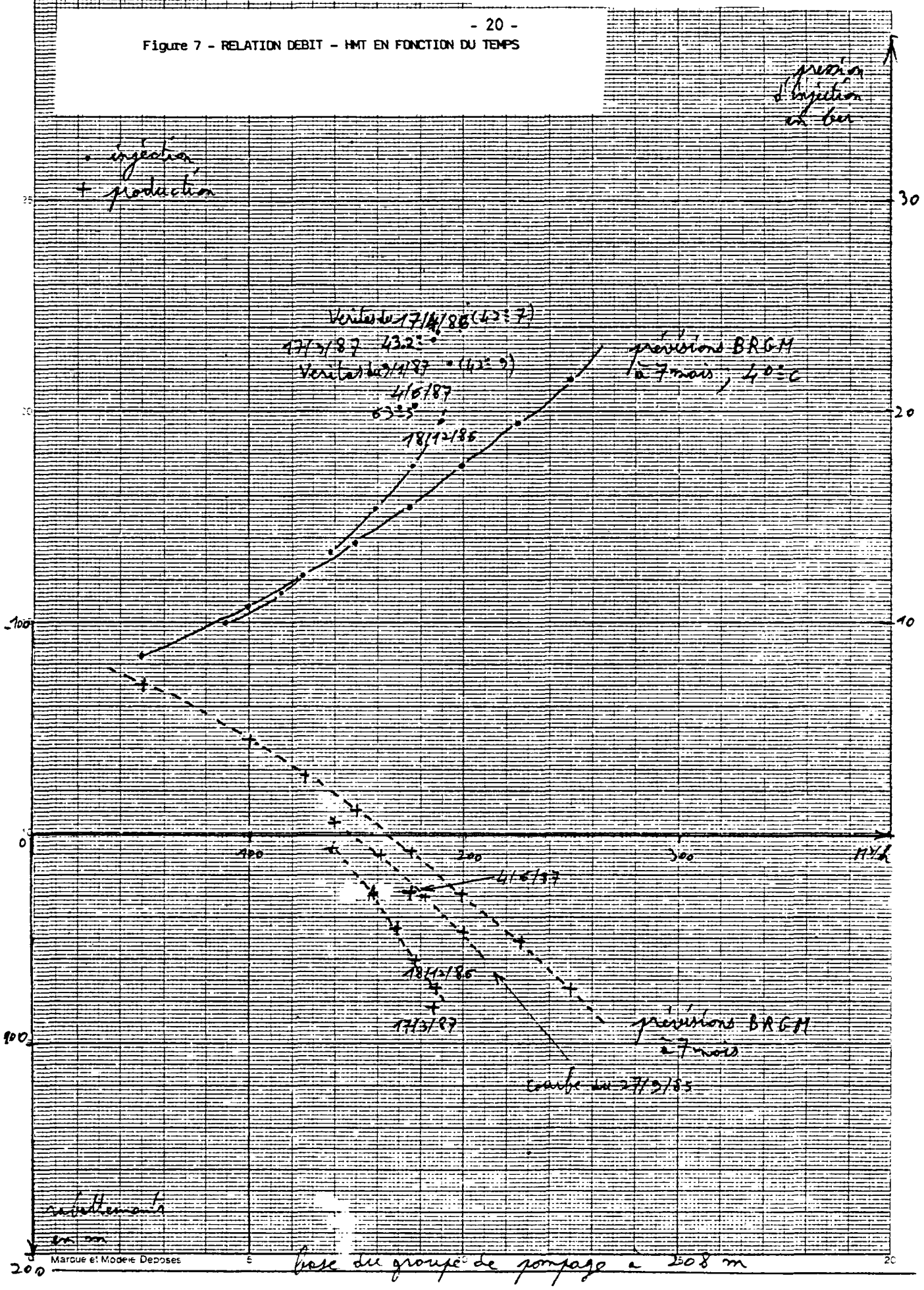


Figure 7 - RELATION DEBIT - HMT EN FONCTION DU TEMPS



On constate que :

- . les rabattements sont supérieurs aux prévisions,
- . les rabattements ont tendance à se dégrader avec le temps : la courbe de septembre 85 est parallèle à celle des prévisions, avec un décalage de près de 20 m. Celle de décembre 86 diverge, à débit élevé ; le rabattement supplémentaire par rapport aux prévisions est de près de 60 m. La dégradation s'accroît en mars 87. La valeur de juin 87 présenterait une amélioration, difficile à expliquer, et demande à être confirmée,
- . les pressions d'injection sont supérieures aux prévisions,
- . les pressions d'injection augmentent avec le temps (décembre 85 à mars 87). La valeur de juin 87 représente une amélioration, non clairement expliquée et qui demande confirmation,
- . auparavant, on note une amélioration de la pression d'injection après l'opération de curage de l'été 86 (cf. mesure antérieure du 17/04/1986 de Veritas).

Nous retiendrons les valeurs de mars 87 comme plus représentatives. A cette époque :

- . avec un point de bulle à 4,5 bar, le niveau reste encore nettement au dessus de l'aspiration de la pompe d'exhaure,
- . la pompe d'exhaure fonctionne près de sa puissance maximale,
- . de même la pompe d'injection fonctionne aussi près de sa puissance maximale (de plus, la pression ne peut être dépassée car proche de la limite d'utilisation de la canalisation de refoulement).

### **6.3. - Evolution des caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère**

Il n'a pas été mis en évidence de modifications des caractéristiques propres à l'aquifère.

L'augmentation des rabattements ou des pressions d'injection semble plutôt liée à un colmatage aux environs immédiats du forage ou à des dépôts dans le forage.

Le diamètre de captage du forage d'injection a été modifié : de 6" il a été agrandi, par dissolution de calcaire et formation de caves, jusqu'à plus de 16", par endroits.

On constate que ces caves de plus de 16" sont parfois hautes : le diamétreur de 1986 en a identifié une de 7 m (1892 - 1899), une de 11 m (1910 - 1921) et deux autres moindres, de 3 m d'épaisseur.

Les gros volumes de cavage peuvent, localement, déstabiliser des couches et l'éboulement qui peut en résulter peut gêner temporairement l'écoulement.

On constate aussi que ces caves ne se forment pas forcément en face des niveaux productifs reconnus en 1982. Ainsi, la zone assurant 32% du débit (1982) n'est que faiblement cavée, et les caves les plus importantes de 1986 se sont formées en dehors des zones productives.

La présence de caves rend délicate l'interprétation des flowmétries : on ne peut conclure s'il y a eu modification de répartition de débit des couches productrices (un auto-développement a pu se produire, en particulier par dissolution préférentielle le long de fissures).

Il n'y a pas eu de diagraphies de calibrage ou flowmétrie sur le puits de production après sa réalisation.



Le fait que les circulations d'eau semblent se "concentrer" sur des horizons minces très transmissifs peut rendre un peu plus rapides que prévues les interférences entre forages.

#### 6.4. - Production d'énergie géothermique

Nous ne possédons que les seules valeurs annuelles d'énergie, lues au compteur de calories (cf. tableau 4)

Tableau 4 - ENERGIE GEOTHERMIQUE FOURNIE ET TAUX DE COUVERTURE

	83/84 (11/83 - 6/84)	84/85	85/86	86/87 (au 30/5/87)
Energie géothermique produite en MWh utile	22 615	31 768	29 709	26 361
Energie géothermique vendue, estimée, en MWh utile	21 288	29 118	28 015	
Besoins totaux en MWh utile	41 175	51 336	55 749	
Débit géothermal annuel estimé en Mm <sup>3</sup>	1.21	1.28	1.24	
Ratio énergie géot vendue/produite	0.94	0.92	0.94	
Taux de couverture énergie géothermique vendue/besoins totaux	51,7%	56,7%	50,2%	
Ratio énergie géothermique produite par volume d'eau géothermale en MWh/m <sup>3</sup>	0.019	0.025	0.024	

On constate :

- . une baisse importante de fourniture d'énergie géothermique, pendant la saison 85/86. Cette baisse est à mettre en rapport avec une dégradation du débit et l'amplification des temps d'arrêt,
- . une baisse du taux de couverture pour la saison 85/86,
- . une amélioration puis une stabilisation de l'énergie géothermique produite par mètre cube d'eau géothermale. Ceci tend à montrer que l'exploitant a mieux utilisé le débit géothermal disponible à partir de la deuxième saison de chauffe.

## 7 - CONSOMMATION D'ENERGIE DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

### 7.1. - Consommations totales d'électricité

L'énergie nécessaire à l'exploitation de la boucle géothermale seule n'est pas comptabilisée séparément. En effet, le compteur installé dans le local technique "tête de puits" intègre d'autres consommations, en particulier celle des pompes des réseaux géothermiques.

Une partie des phénomènes "sous-sol" est ainsi insuffisamment mise en relief.

On constate cependant (cf. tableau 5) :

- . que les consommations électriques annuelles sont équivalentes.  
Pour les pompes "sous-sol", ceci signifie que la baisse de débit est contrebalancée par une augmentation des pertes de charges,
- . qu'il y a tendance à fournir un peu plus d'électricité, dans le temps, pour chaque MWh géothermique produit.  
La valeur élevée de la première saison pourrait correspondre plutôt à une utilisation non optimale de la géothermie (températures de retour trop élevées) qu'à une sur-consommation électrique.

Tableau 5 - CONSOMMATIONS ELECTRIQUES TOTALES DU LOCAL "TETE DE PUIITS"

	83/84 (11/83 - 6/84)	84/85	85/86	86/87 (au 30/5/87)
Energie électrique MWh	1 507	1 864	1 938	1 744
Energie géothermique MWh utile	22 615	31 768	29 709	26 361
Ratio kWh élect./ MWh géothermique	66.6	58.7	65.2	66.2

### 7.2. - Puissances absorbées

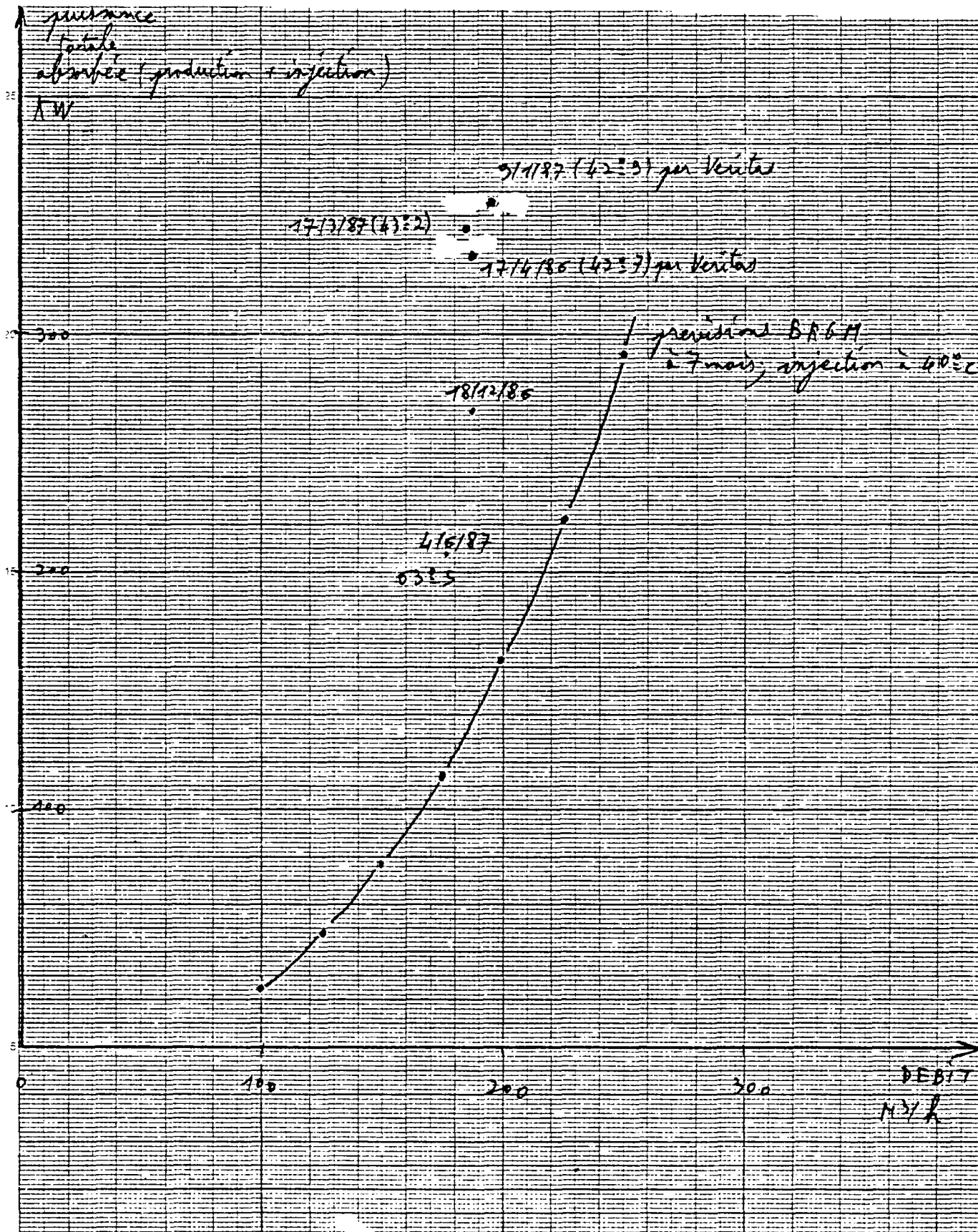
Les puissances absorbées par les pompes de production et d'injection sont mesurées à l'entrée des variateurs, de façon périodique.

Nous disposons des mesures faites par CFG dans le cadre du contrat de suivi "Géoconfiance" (cf. figure 8) ainsi que deux mesures "Veritas".

Ce contrat est récent (décembre 1986) et on ne peut comparer ces quelques valeurs qu'aux prévisions :

- . les puissances réelles sont supérieures aux prévisions,
- . le curage de l'été 86 a permis de diminuer la puissance nécessaire, à débit égal (cf. mesures Veritas d'avril 86),
- . après le curage, les puissances ont de nouveau augmenté, à débit comparable. Seule la mesure de juin 87 montre une amélioration, non clairement explicable, et qui demande à être confirmée.

Figure 8 - PUISSANCE ELECTRIQUE TOTALE ABSORBEE EN FONCTION DU DEBIT



## 8 - COMPTES D'EXPLOITATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

L'exploitant possède un contrat d'affermage et est responsable de la maintenance et du gros entretien de l'ensemble de la boucle géothermale, y compris les échangeurs et la pompe d'exhaure mais à l'exception :

- . des forages eux-mêmes,
- . des canalisations enterrées entre tête de puits et local technique.

La rémunération des charges se fait en fonction de l'énergie produite, étant supposé un débit géothermal fixe de 250 m<sup>3</sup>/h.

Pour certaines dépenses "sous-sol" qui ne font pas partie du contrat d'affermage, le maître d'ouvrage a souscrit une assurance SAF.

### 8.1. - Dépenses sous-sol des exercices précédents

Le fait que le débit géothermal contractuel de 250 m<sup>3</sup>/h n'a pu être obtenu a entraîné des dépenses supplémentaires (cf. tableau 6) :

- . d'une part, parce qu'il y a eu fourniture d'une énergie d'appoint plus importante, que les pompes doivent consommer plus d'énergie que prévu, que l'entretien des échangeurs est plus lourd que prévu et que la durée de vie de la pompe d'exhaure est notablement plus courte que prévue.

Ces points ont entraîné la présentation de dossiers de surcoût par l'exploitant.

- . d'autre part, parce que le puits d'injection a nécessité des travaux de réhabilitation, supportés par le Maître d'Ouvrage et que des essais d'additifs se sont avérés nécessaires, dont une partie du coût a également été supportée par le Maître d'Ouvrage (la plus grande partie ayant été subventionnée).

D'autre part, un suivi des caractéristiques d'exploitation s'est avéré nécessaire (contrat "Géoconfiance").

### 8.2. - Comptes prévisionnels

Deux scénarii d'évolution possible seront étudiés, correspondant à des hypothèses optimiste et pessimiste (cf. tableaux 7 et 8).

Chaque scénario tente une approche sur :

- . les débits géothermaux (qui vont conditionner l'appoint nécessaire),
- . les dépenses de la boucle géothermale.

Le débit contractuel n'étant atteint dans aucun des scénarii, alors que les charges d'exploitation augmentent, il est prévu un surcoût du poste R2GT. Les valeurs de "P3" indiquées dans les tableaux suivants remplacent le poste R2GT "géothermal" contractuel.

DEPENSES SOUS-SOL SUPPLEMENTAIRES

DEPENDANT DE L'EXPLOITANT	DEPENDANT DU MAITRE D'OUVRAGE
<ul style="list-style-type: none"><li>. Premier sinistre pompe : 869 kF (hors pertes d'exploitation)</li> <li>. Deuxième sinistre pompe : 859 kF</li> <li>. Troisième sinistre pompe :</li> <li>. Nettoyage échangeur : environ 25 kF/échangeur et environ 3 nettoyages/an soit : <math>25 \times 3 \times 2 = 150</math> kF/an</li> <li>. Surcoût de consommation électrique des pompes (p.m.)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>. Acidification du puits d'injection, décembre 84 : 450 kF (inférieur à la franchise SAF)</li> <li>. Acidification du puits d'injection, août 85 : 600 kF (franchise SAF : environ 500 kF)</li> <li>. Curage du puits de réinjection, août 1985 : 1 400 kF (franchise SAF : 540 kF)</li> <li>. Produits inhibiteurs</li></ul>

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
Débit géothermal (m³/h)	195	220	220	215	215	210	210	205	205	200	200	195	195
P1 Electricité pour l'ensemble de la station (MWh)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
P2 Contrat suivi	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Conduite de la boucle	Fait partie du contrat d'affermage												
Produits inhibiteurs	0	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
P3 Contrat maintenance pompe d'exhaure	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815
Gros entretien pompe d'injection													
Gros entretien variateurs													
Gros entretien échangeurs		50		50		50		50		50	11200		50
Gros entretien réseau boucle surface	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Ligne de fond + matériel annexe d'injection		800											
Contrôle tubages	2 x 60			2 x 60			2 x 60			2 x 60			2 x 60
Réfection tubages . avec SAF . sans SAF													
Acidifications . avec SAF . sans SAF													
Réhabilitation . avec SAF . sans SAF		540 2 x 1100					540 2 x 600						540 2 x 600
Vannes automatiques	450												
Imprévus (5% du P3)	70	110	40	50	40	45	75	45	40	50	100	40	110
Assurances (dont SAF) p.m.													
Frais de gestion du maître d'ouvrage délégué + B.E. suivi p.m	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170

Tableau 7 - LE BLANC MESNIL : COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS (en kF)

Hypothèse haute

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
Débit géothermal (m³/h)	195	185	175	215	200	190	180	140	135	130	125	120	115
P1 Electricité pour l'ensemble de la station (MWh)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
P2 Contrat suivi	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Conduite de la boucle	Cf. CONTRAT D'AFFERMAGE ET ETUDE "SURFACE"												
Produits inhibiteurs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3 Contrat maintenance pompe d'exhaure	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815	815
Gros entretien pompe d'injection													
Gros entretien variateurs													
Gros entretien échangeurs	100 + 60	100	100	100 + 60	100	100 + 1200	100	100	100 + 60	100	100	100 + 60	100
Gros entretien réseau boucle surface + conversion inox	20	200	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Ensemble de filtration	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contrôle tubages	2 x 60			2 x 60			2 x 60			2 x 60			2 x 60
Réfection tubages . avec SAF	-	-	-	-	-	-	-	540	-	-	-	-	-
. sans SAF								2 x 2000					
Dégorgements . avec SAF	150		150		50		50		50		50		50
. sans SAF													
Réhabilitation . avec SAF	-	-	-	540	-	-	-	-	-	-	-	540	-
. sans SAF				2 x 1100								2 x 600	
Vannes automatiques	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imprévus (5% du P3)	95	55	55	80	50	105	55	75	50	50	50	75	55
Assurances (dont SAF) p.m.													
Frais de gestion du maître d'ouvrage délégué + B.E. suivi p.m	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170

Tableau 8 - LE BLANC MESNIL : COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS (en kF)  
Hypothèse basse

### Hypothèse optimiste

- . Taux de disponibilité moyen de 96%, correspondant à un total d'arrêt de 2 semaines/an,
- . injection d'inhibiteurs présentant une bonne efficacité et ne perturbant pas l'exploitation par des effets secondaires,
- . injection d'inhibiteurs faite après nettoyage des deux forages,
- . injection d'inhibiteurs par ligne de fond,
- . décroissance lente des débits après ajout d'inhibiteurs,
- . encrassement réduit des échangeurs,
- . le ralentissement de la corrosion permet d'espérer l'absence de percement de tubages d'ici l'an 2000 (pas de nécessité de rechemiser),
- . en première approximation, la consommation électrique des pompes est supposée sensiblement constante : le moteur conserve le même régime : à une baisse de débit correspond une augmentation des pertes de charge,
- . des contrôles de tubages pourront être opérés tous les trois ans environ,
- . le débit contractuel n'étant pas atteint, prise en compte d'un surcoût de P3,
- . nettoyage léger (coflexip ?, hérisson, scrapper ?) avec dégorgement, au bout de 6 ans de traitement avec additifs. Nettoyage sur les deux forages,
- . un nettoyage des échangeurs tous les deux ans,
- . remplacement des échangeurs après 15 ans de durée de vie (soit en 97-98) ; coût approximatif : 1 200 KF,
- . à la fois pour la sécurité du personnel, des matériels ainsi que la diminution des temps d'arrêt, pose de vannes automatiques après tête de puits (450 KF environ).

### Hypothèse pessimiste

- . Taux de disponibilité moyen de 90%, correspondant à un total d'arrêt de 5 semaines/an,
- . injection d'inhibiteurs inefficace ou inexistante,
- . décroissance relativement rapide des débits,
- . réhabilitation des deux forages, sans retour au débit initial,
- . dégorgements en borbier, tous les deux ans,
- . la corrosion crée des percements de tubages qui imposent un rechemisage. Ni la vitesse de percement ni l'importance des zones détruites ne peuvent être établies. Arbitrairement, on a admis un rechemisage partiel 12 ans après la réalisation du forage, sur les deux forages (?),
- . diminution du débit de production de l'ordre de 30% après rechemisage. Nécessité de changer de pompe d'exhaure et d'adapter le variateur,
- . des contrôles de tubages pourront être opérés tous les 3 ans environ,
- . le débit contractuel n'étant pas atteint, prise en compte d'un surcoût de P3.



Les pompes et leurs variateurs, les vannes tête de puits sont supposées incluses dans un contrat de maintenance.

- . Nettoyage des échangeurs 2 fois par an,
- . échangeurs remplacés après 10 ans (coût : 1 200 KF),
- . échange des joints des échangeurs tous les 3 ans,
- . pose d'un système de filtration haute efficacité pour éviter un plus grand encrassement des échangeurs et le rejet de dépôts dans le forage d'injection,
- . corrosion rapide des canalisations en acier revêtu et remplacement par de l'acier inoxydable (coût : environ 200 KF),
- . pose de vannes automatiques en têtes de puits,
- . le rechemisage étant partiel (donc casing en contact avec eau géothermale), des phénomènes de corrosion pourraient se poursuivre et des dépôts se déposer sur les matériaux composites ou les casings restant, nécessitant une nouvelle réhabilitation.

## CONCLUSION

Les bons résultats des essais de fin foration avaient permis d'espérer un débit de 250 m<sup>3</sup>/h au lieu des 180 m<sup>3</sup>/h et de raccorder ainsi 280 équivalents-logements supplémentaires.

Cependant, l'exploitation du doublet s'est heurtée à une décroissance continue du débit, de l'ordre d'une dizaine de mètres cube par an, en même temps qu'elle connaissait plusieurs incidents (trois pannes de pompes d'exhaure en quatre ans, nombreux encrassements d'échangeurs, corrosion de tubages, fuites).

Deux acidifications du forage d'injection n'ont pas amélioré la situation, tandis qu'un curage n'a permis qu'une amélioration temporaire.

Ces troubles résultent essentiellement de phénomènes de corrosion-dépôts et ont justifié des essais de traitement par inhibiteurs de corrosion.

Actuellement, le débit exploitable est de l'ordre de 200 m<sup>3</sup>/h et la fourniture géothermique annuelle de l'ordre de 28 000 MWh utiles.

## ANNEXE

mise à jour : Mai 1987

IDENTIFICATION :

OPERATION : BLANC-MESNIL NORD

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

MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE : SODEDAT 93

CONSEIL AU MAITRE D'OUVRAGE

MAITRES D'OEUVRE :       - Sous-sol : B.R.G.M.  
                              - Surface : BERIM

NOMBRE D'EQUIVALENT-LOGEMENTS RACCORDES : 3 800

ENERGIE D'APPOINT : Charbon (en chaufferie centrale)

NOMBRE DE DOUBLET GEOTHERMIQUE : 1

MISE EN SERVICE : 25 novembre 1983

FIN TRAVAUX FORAGES : 30 décembre 1982

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

F O R A G E S

NUMEROTATION	PRODUCTION	INJECTION	
	GBMN1	GBMN2	
Chambre de pompage ou réinjection - DIAMETRE - PROFONDEUR	13"3/8 487	7" 1 892	
Déviation - MOYENNE - MAXIMALE - AMORCE	35 40° 519 m	35 39° 501 m	
Protection Albien-Néocomien - DOUBLE-TUBAGE ? - CIMENTATION	9"5/8 et 7" Double cimentation	9"5/8 et 7" 9"5/8 cimenté ; 7" non cimenté devant Albien	
DIAMETRE FORATION AQUIFERE	6"	6"	
HAUTEUR (déviée) DE LA ZONE DE SEDIMENTATION (Fond du forage à dernier horizon producteur)	94	96.5	
Tubages en contact avec fluide géothermal - DIAMETRE - NUANCE ACIER - EPAISSEUR EN MM	13"3/8 K55 9.65	9"5/8 K55 8.94	7" K55 9.19
ECARTEMENT DES FORAGES (milieu Aquifère)			

DISPOSITIF D'EXHAURE

GENRE : immergée

MARQUE : BYRON JACKSON

TYPE : 11 MQN 5 étages DIAMETRE :

MOTEUR : "M"12 - BYRON JACKSON  
2745 tr/mn

PUISSANCE : 330 HP SOUS : 2000 V

PROFONDEUR IMMERSION : Base du groupe de pompage à 208,6 m

COLONNE D'EXHAURE :

DIAMETRE : DN 175

NATURE MATERIAU : Acier revêtu caoutchouc

MARQUE : HAGUSTA

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SURFACE

VARIATEUR POMPE EXHAURE

MARQUE : JEUMONT-SCHNEIDER TYPE : JIS 611

ECHANGEUR : NOMBRE : 2

NATURE : A PLAQUES TITANE

MARQUE : ALFA LAVAL TYPE : A15 BFM

PUISSANCE : 2 x 2375 th.

SURFACE D'ECHANGE : 218 m<sup>2</sup> x 2 PINCEMENT : 2°5

FILTRE : Oui, en amont échangeurs

MARQUE : TAMIS : à grosses mailles

DECANTATION : Oui, en amont échangeurs et pompe réinjection

TUYAUTERIES SURFACE

NATURE MATERIAU : FIBRE DE VERRE EPOXY - PRECALORIFUGE WANNISOTUBE

PRODUCTION : 16 BAR REINJECTION : 25 BAR

POMPE INJECTION

MARQUE : BYRON JACKSON TYPE : 11 MSH 5 étages ; 1100 VLT

MOTEUR : JEUMONT SCHNEIDER PNCB 315 L-V1

PUISSANCE : 180 kW 380 V

VARIATEUR INJECTION :

MARQUE : JEUMONT SCHNEIDER TYPE : JS 600

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	51 m dévié	12.7	4.4	56	14
INJECTION	62 m vert.	17.2	4.38	79	17

AQUIFERE CAPTE : DOGGER

EVOLUTION DE LA FOURNITURE GEOTHERMALE

ANNEE	MWH utiles géothermiques	Taux disponibilité	Taux de couverture
11/83 - 6/84	22 615		51,7%
7/84 - 6/85	31 768		56,7%
7/85 - 6/86	29 709		50,2%
7/86 - 5/87	26 361		

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*
1982	6.7		23 135			0.97			3.4	68.5 fond		
21/10/1986	6.27 <sup>**</sup>	- 250 <sup>**</sup>	22 960	-	30	0.62	173	4.2 (1)	5.5 (1)	67.3	0	0
26/02/1987	6.28	- 320	23 450	38.3	30.94	0.16	175	4.1	5.2	67.6	0	0
20/11/1984 <sup>***</sup>	6.33	- 294	24 980	-		2	?	-	7.44	66	-	-

\* F = ferrobactéries  
S = sulfatobactéries

0 = absence  
+ = présence

\*\* à t  
\*\*\* arrivée en chaufferie

(1) à 66°C



**FOURNITURE GEOTHERMALE : EVOLUTION DU FONCTIONNEMENT**

DATE	Q produc m3/h	T tête de puits °C	T retour puits °C	P en tête puits produc. bars	P en tête puits injection bars	P Aspira- tion pompe In bars	PUISSANCE EN kW ABSORBEE			Rabat en m	P Artési- enne bar
							Produc.	Injection	Total		
23/11/82 inject.	101 artés.		65.6 1881 m								7.6
26/12/82 prod.	100	67.5°C 1888 m									8.47
18/12/86	187	-	-	8.22	19.55	6.48	166.5*	103.21	269.71	74.2	7.15
17/03/87	185	68.7	43.2	8.5	23.5	5.52	198.55	146.67	345.22	82.7	7.7
04/06/87	177	66.5	63.5	8.2	20.1	5.8	105.4	103.1	208.5	27	9.2

\* : en sortie variateur

1  
0  
1

FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS : LES INTERVENANTS

EXPLOITANT : MISSENARD QUINT

CONTRAT DE CHAUFFAGE : TYPE : AFFERMAGE, inclut P2, P3 boucle géothermale  
DUREE : 15 ans

CONTRAT SAF LONG TERME										
Montant total garanti : 19 061 000 F HT	DATE	Q m3/h	P. Exhaure kW sous V		P. réinjection kW sous V		T. exhaure	T. réinjec.	Po kW	P1 kW
PROTOCOLE DEFINITIF	30/11/84	250	184 (abs)	2000	184	380	67,5	30	10 888	10 344 24/11/88
MESURES VERITAS	17/04/86	185.9	184.5		151.1		68.2	42.7		
	09/01/87	193.9	209.9		147.3		68.2	42.9		

CONTRAT DE SUIVI - MAINTENANCE

SOCIETES		TYPE DE CONTRAT	CARACTERISTIQUES	DEBUT	FIN
MAINTENANCE	CLIENT				
CFG	Maître d'Ouvrage	DIAGNOSTIC	Suivi boucle suivi corrosion		

## REHABILITATIONS

DATE	FORAGE	NATURE DE L'INTERVENTION	RESULTATS	
			Avant	Après
1 au 19/7 1986	INJECTION	Curage avec outil ; acidification flow-mètre - diamètreur	?	162 m <sup>3</sup> /h art. ;50.4°C CP : 0.8 bar
18 et 19/12 1984	INJECTION	Acidification sous pression depuis surface	110 m <sup>3</sup> /h artésien	130 m <sup>3</sup> /h artésien
19 au 25/08 1985	INJECTION	Acidification sous pression avec ligne de fond	127 m <sup>3</sup> /h artésien	140 m <sup>3</sup> /h artésien

### ESSAIS D'INHIBITEURS :

- . Essai au niveau de la pompe d'exhaure de fin mai 1986 à fin juin 1986 avec Inopol AD 32 à 2 pp. et Bactiram 443
- . Même essai, avec dosage adaptés, de septembre à novembre 1986.

réalisation  
service  
reprographie  
du BRGM