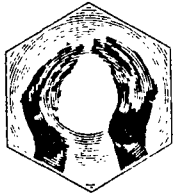




BRGM



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

LA COURNEUVE

Gilbert BRETTE

87 SGN 448 SIE

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

SOMMAIRE

Introduction

1. Situation géographique

2. Réalisation des forages

3. Importance des zones productrices

4. Description des installations de la boucle géothermale

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

5.1. Mises en service

5.2. Taux de disponibilité

5.3. Principaux incidents de fonctionnement

5.4. Problèmes de corrosion et de dépôts

5.4.1. Dépôts dans les échangeurs

5.4.2. Dépôts dans les forages

5.4.3. Corrosion des casings

5.4.4. Corrosion dans les équipements de surface

5.4.5. Expérience d'électrochloration

6. Evolution de la fourniture d'énergie géothermale

6.1. Evolution des températures de l'eau géothermale

6.2. Evolution des débits

6.3. Evolution des caractéristiques propres de l'aquifère

6.4. Production d'énergie géothermique

7 . Consommation d'énergie de la boucle géothermale

7.1. Consommations annuelles d'électricité

7.2. Puissances absorbées

7.3. Comparaison débit-énergie géothermique - puissance électrique

8 . Comptes d'exploitation de la boucle géothermale

8.1. Exercices 1983 / 1987

8.2. Comptes d'exploitation prévisionnels

9 . Conclusion

LISTE DES TABLEAUX

1. Caractéristiques hydrogéologiques
2. Principaux incidents de fonctionnement - La Courneuve Nord
3. Principaux incidents de fonctionnement - La Courneuve Sud
4. Comparaison débit - énergie géothermique fournie - puissance électrique absorbée
5. Compte d'exploitation "sous-sol" - La Courneuve Nord
6. Compte d'exploitation "sous-sol" - La Courneuve Sud
7. Comptes prévisionnels - La Courneuve Nord
8. Comptes prévisionnels - La Courneuve Sud

LISTE DES FIGURES

1. Plan de situation
2. Coupes techniques des forages de La Courneuve Nord
3. Coupes techniques des forages de La Courneuve Sud
4. Zones productives La Courneuve Nord
5. Zones productives La Courneuve Sud
6. Schéma d'installation de la boucle géothermale de La Courneuve Nord
7. Schéma d'installation de la boucle géothermale de La Courneuve Sud
8. La Courneuve Nord - Taux de disponibilité de la boucle géothermale
9. La Courneuve Sud - Taux de disponibilité de la boucle géothermale
10. Relation débit/H.M.T. en fonction du temps à La Courneuve Nord
11. Relation débit/H.M.T. en fonction du temps à La Courneuve Sud
12. Fourniture d'énergie géothermique - La Courneuve Nord
13. Fourniture d'énergie géothermique - La Courneuve Sud
14. Puissance électrique totale absorbée en fonction du débit

LA COURNEUVE

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 LA COURNEUVE par deux doublets indépendants, appartenant au Syndicat Mixte pour la Géothermie à LA COURNEUVE (Ville + OPHLM LA COURNEUVE + OPHLM Ville de Paris) :

- LA COURNEUVE NORD
- LA COURNEUVE SUD

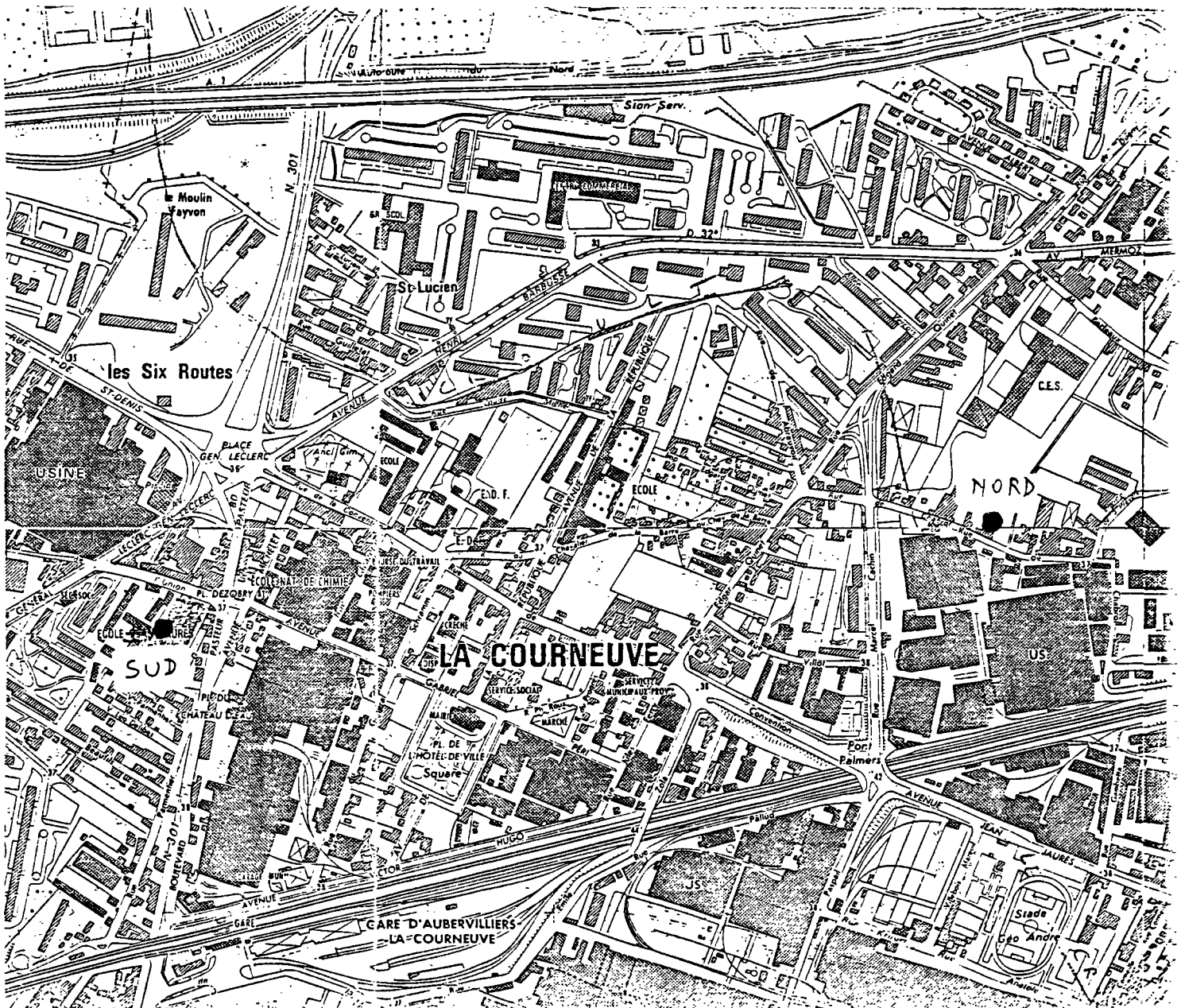
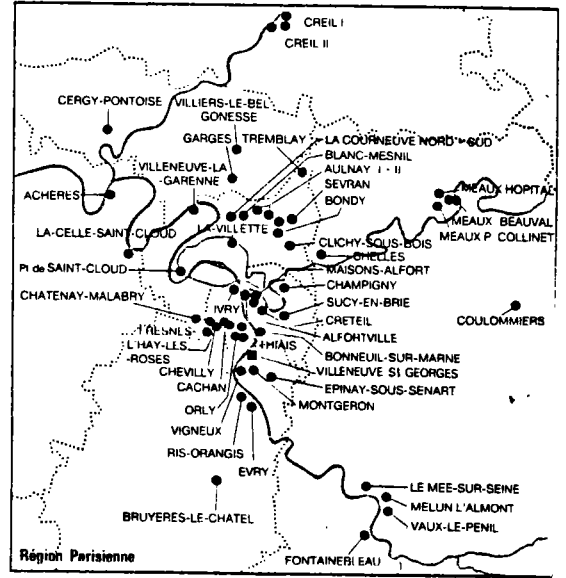
1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les deux doublets sont distants d'environ 1 300 m (cf figure 1) et se situent dans une zone où sont exploités plusieurs autres doublets (cf cartouche de la figure 1).

Les forages de LA COURNEUVE NORD sont à proximité immédiate d'une école, ce qui crée des contraintes lors de certaines interventions telles les réhabilitations de forages.

PLAN DE SITUATION

(Figure 1)



2. REALISATION DES FORAGES

Les travaux de forage se sont achevés en février 81 pour LA COURNEUVE SUD et janvier 83 pour LA COURNEUVE NORD.

Chaque doublet comprend ici un forage vertical et un forage dévié (cf figure 2 et 3).

Commentaires :

- Tous les 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.
- Tous les tubages en contact avec le fluide géothermal sont en acier ordinaire K 55.
- Les déviations sont fortes.

Les petits diamètres peuvent favoriser une éventuelle sédimentation plus rapide en fond de trou.

Tout dépôt sur les parois crée une augmentation rapide et importante des pertes de charge (celles-ci varient sensiblement en proportion inverse du diamètre à la puissance 5).

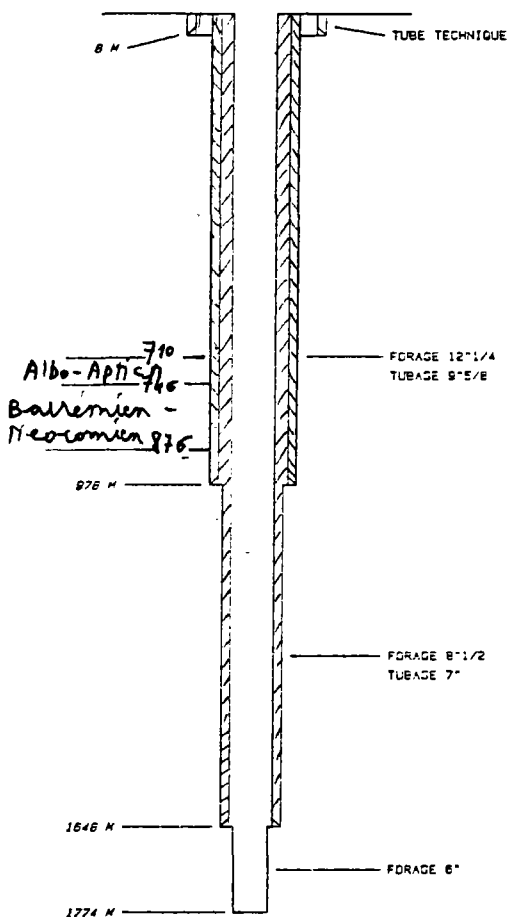
Les déviations importantes ont une influence sur :

- le temps de contact eau géothermale - tubage (longueurs plus importantes) ;
- la surface de contact eau géothermale - tubage ;
- les difficultés de réhabilitation par moyens mécaniques (frottement des tiges, en particulier).

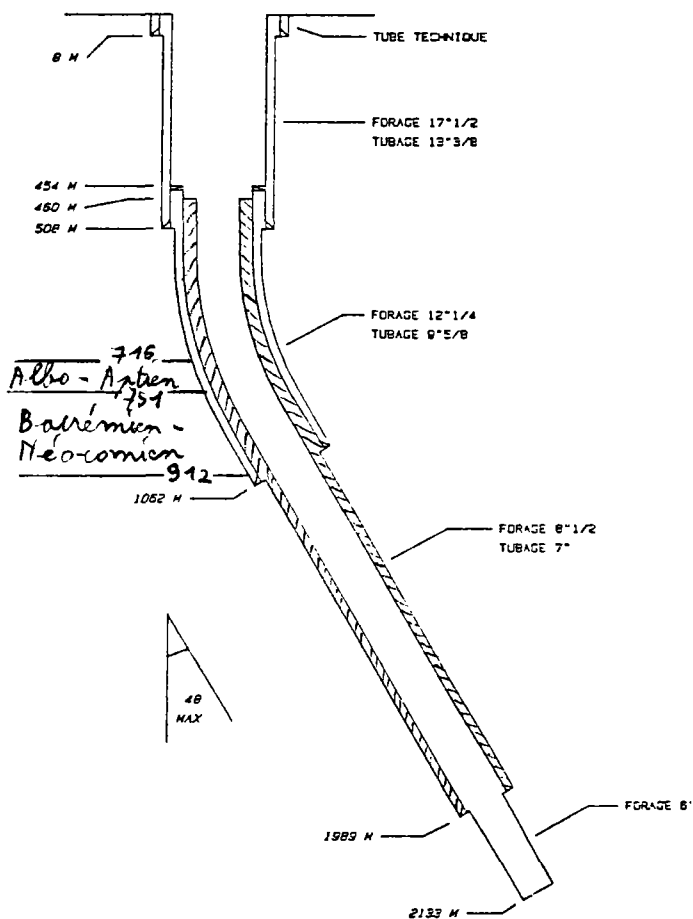
D'autre part la zone de build-up se fait au niveau de l'Albien-Néocomien.

LA COURNEUVE NORD

PUITS DE REINJECTION
COUPE TECHNIQUE DU Puits
GLCN-1

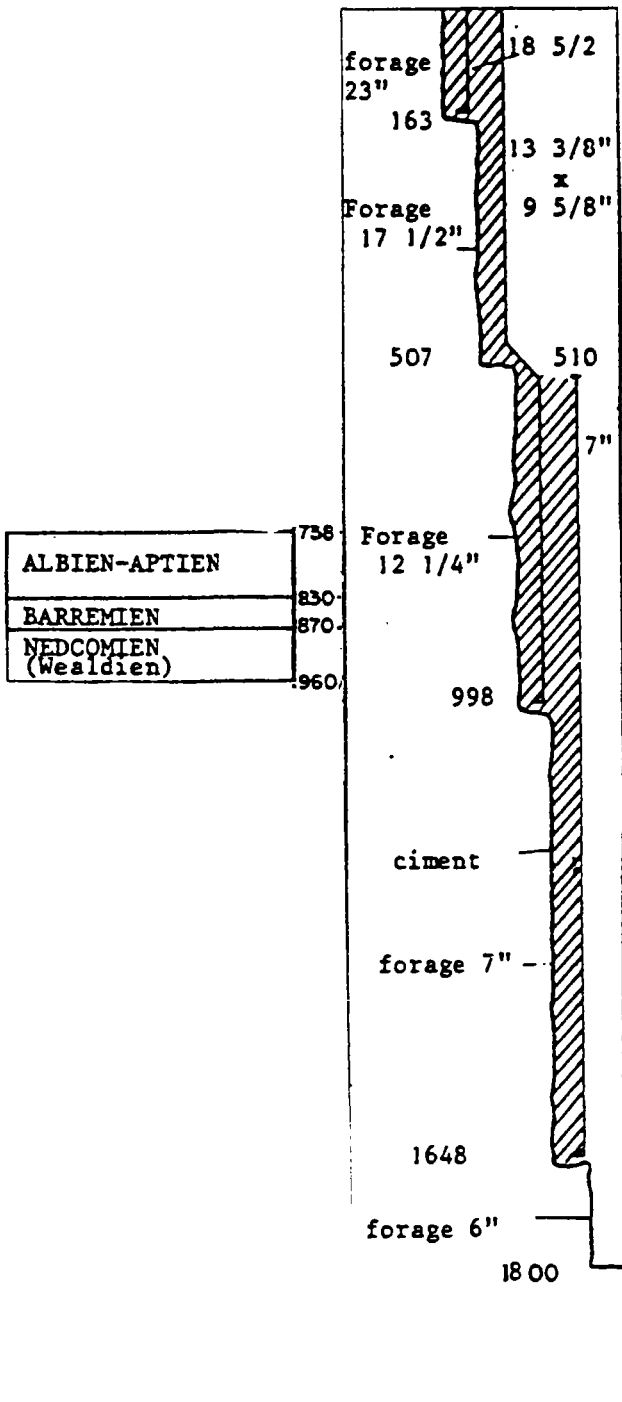


PUITS DE PRODUCTION
COUPE TECHNIQUE DU Puits
GLCN-2



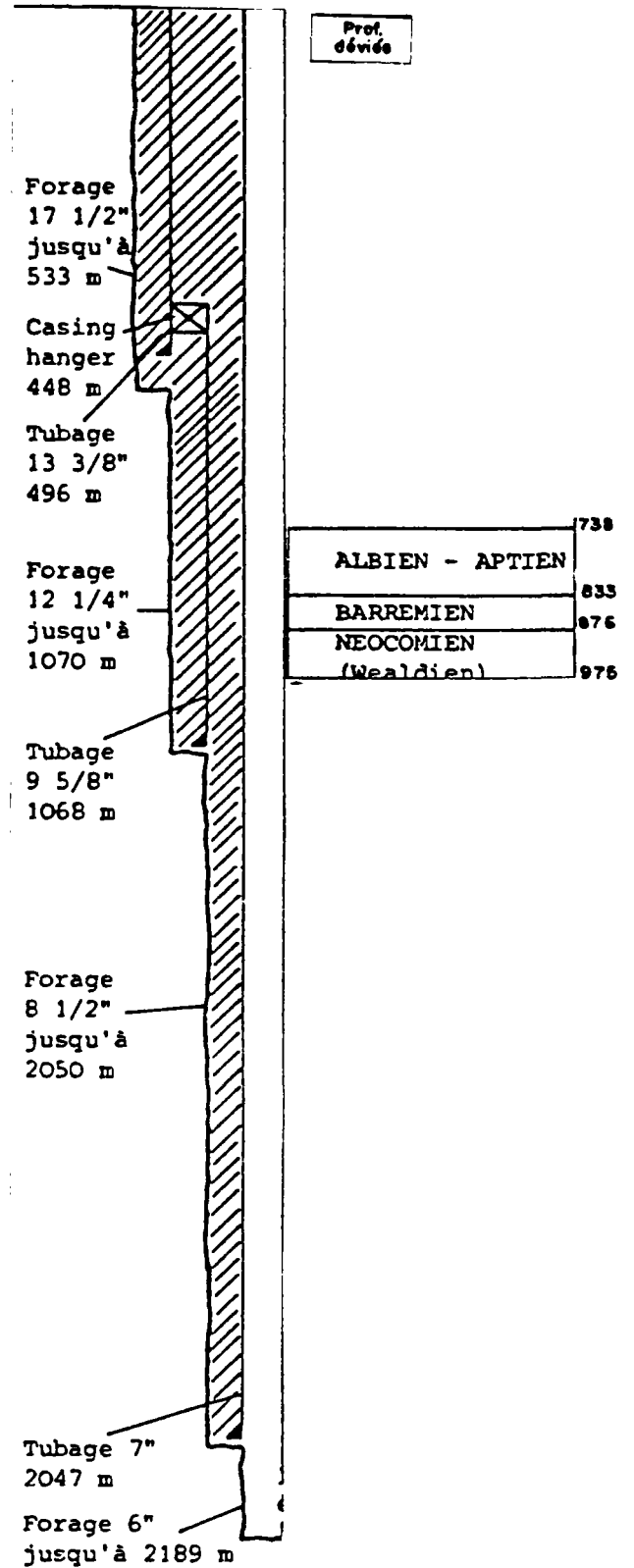
PRODUCTION

GLCS 1



INJECTION

GLCS 2



Forage dévié angle maximal 61°

CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

(Tableau 1)

Paramètres		Prof. Finale du Dogger productif		Epaisseur productive en m		Porosité %		Transmissivité en D.m		Salinité (g/l)		Tempér. de fond; fin foration		Débit artésien fin foration		Pression artésienne	
		APS	Réa-lité	APS	Réa-lité	APS	Réa-lité	APS	Réa-lité	APS	Réa-lité	APS	Réa-lité	APS	Réa-lité	APS	Réa-lité
LA COURNEUVE NORD	P	1765 + 50 (vert)	2076 (dév)	80 + 10	16,9	13 à 17	16 %	3,2	19	25 ± 3	20,4	58 à 65	58°4	100	115	11 ± 2	8,2
	I	1765 ± 50 (vert)	1736 (vert)	20 ± 10	27,5	13 à 17	15 %	3,2	28	25 ± 3	-	58 à 65	56°6	100	108	11 ± 2	8,4
LA COURNEUVE SUD	P	1765 ± 50 (vert)	1703	80 ± 10	24	13 à 17	14 %	3,2	14,6	25 ± 3	-	58 à 65	58°1	-	65	11	8
	I	1765 + 50 (vert)	2163 (dév)	80 ± 10	25	13 à 17	16 %	3,2	33,3	25 ± 3	21,9	58 à 65	57°9	-	140	11	8

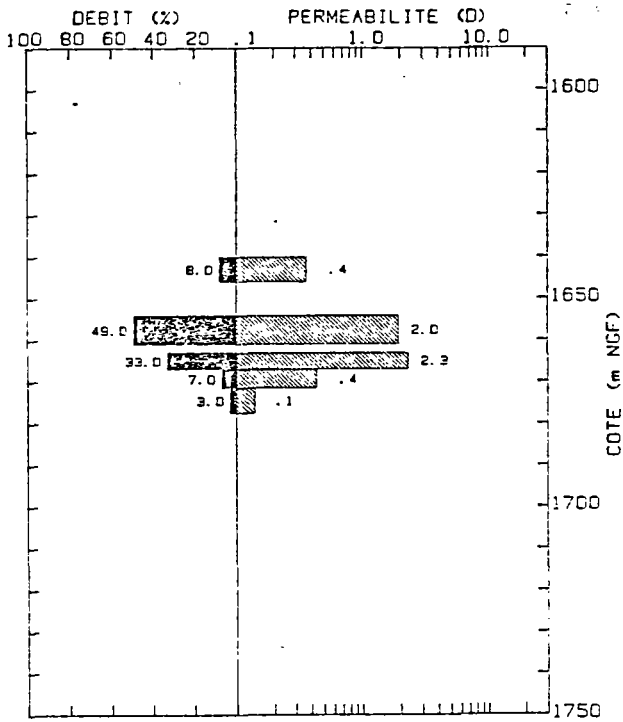
3. IMPORTANCE DES ZONES PRODUCTRICES

Les caractéristiques hydrogéologiques sont résumées sur les figures 4 et 5 et dans le tableau 1.

Commentaires :

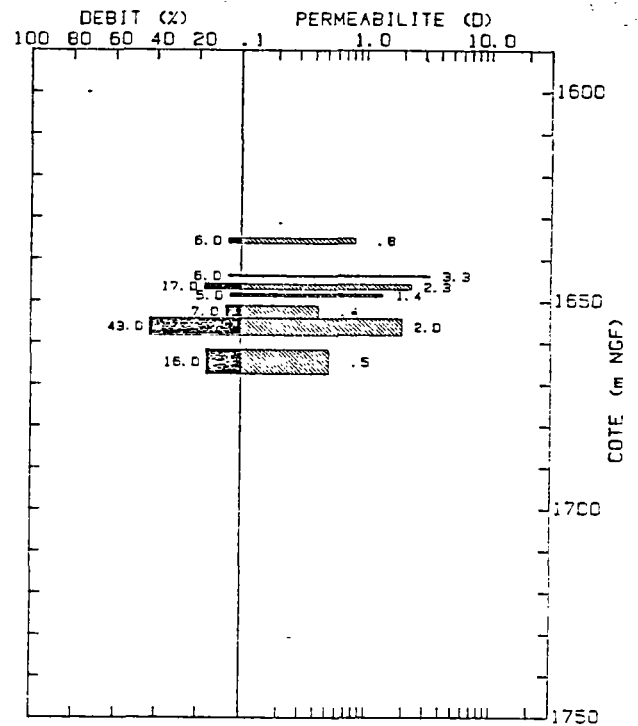
- Les porosités sont similaires sur les 4 ouvrages ;
- les forages d'injection ont une meilleure transmissivité que les forages de production;
- l'essentiel du débit provient d'une couche peu épaisse.

ZONES PRODUCTIVES
LA COURNEUVE NORD



FORAGE : GLCN1

PARAM. MOYENS	SERIE COMBL.	SERIE OOLIT.	SERIE ALTER.	SERIE TOTALE
H m	6.0	15.5	6.0	27.5
KH Dm	2.2	25.0	.8	28.0
K D	.4	1.6	.1	1.0
Q %	8.0	89.0	3.0	100.0
ZB NGF	1643.0	1661.2	1674.5	1660.1

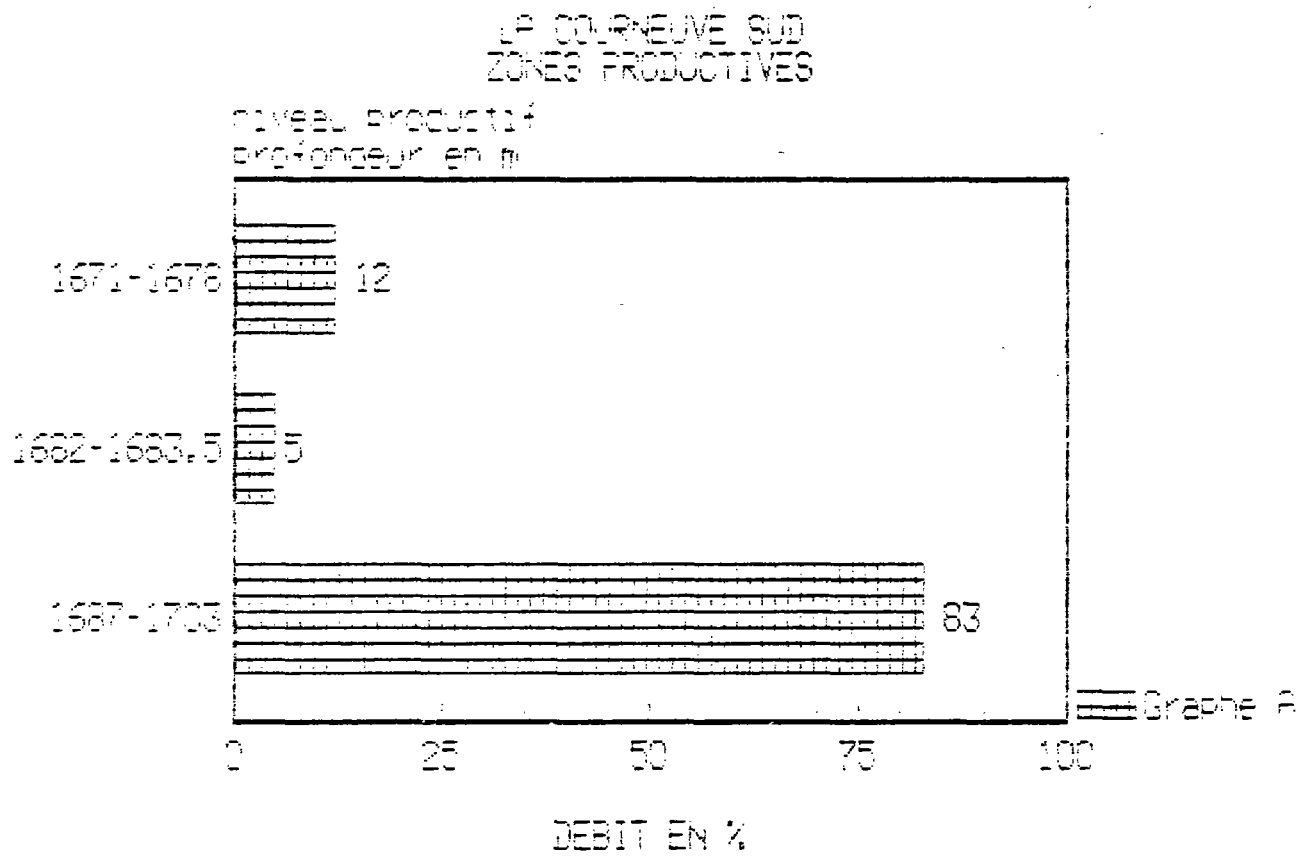


FORAGE : GLCN2

PARAM. MOYENS	SERIE COMBL.	SERIE OOLIT.	SERIE ALTER.	SERIE TOTALE
H m	6.9	10.0	.0	16.9
KH Dm	7.8	11.2	.0	19.0
K D	1.1	1.1	.0	1.1
Q %	41.0	59.0	.0	100.0
ZB NGF	1645.9	1658.5	.0	1653.3

D'après document IMRG

ZONES PRODUCTIVES
LA COURNEUVE SUD



4 . DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

Les installations existantes sont reportées en figures 6 et 7 et sont décrites dans les fiches 1 et 2.

On notera :

- l'existence d'un seul échangeur sur LA COURNEUVE NORD ;
- l'absence de filtres à LA COURNEUVE SUD ;
- l'existence d'un seul groupe de pompage, sur chaque site, assurant les marches d'hiver et d'été.

5. OBSERVATIONS SUR LE FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

5.1. MISES EN SERVICE

Les mises en service ont eu lieu :

LA COURNEUVE NORD : février 83

LA COURNEUVE SUD : mai 82

Commentaires :

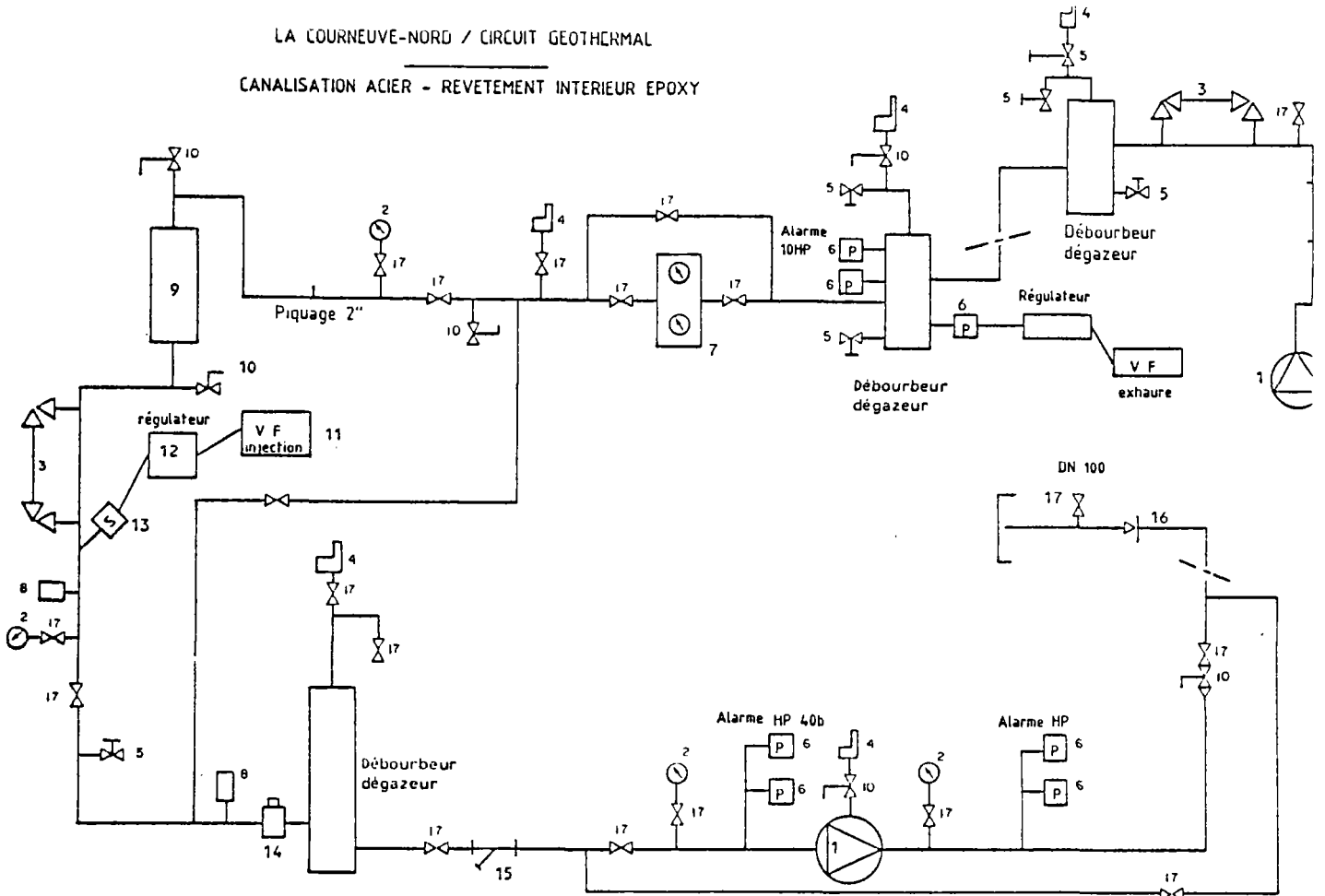
- chaque doublet a été mis en service 14 mois après la réalisation des forages ;

- il y a eu des incidents dès les premiers temps de fonctionnement à LA COURNEUVE NORD ;

- il semblerait y avoir eu beaucoup moins de difficultés à la mise en service de LA COURNEUVE SUD. Cependant, la mise en service a commencé ici à marche réduite (en été). D'autre part, le doublet n'appartenait pas, alors, au S.M.G.M. mais à l'O.P.H.L.M. de la Ville de Paris et les renseignements disponibles sont plus rares.

SCHEMA D'INSTALLATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE
LA COURNEUVE NORD

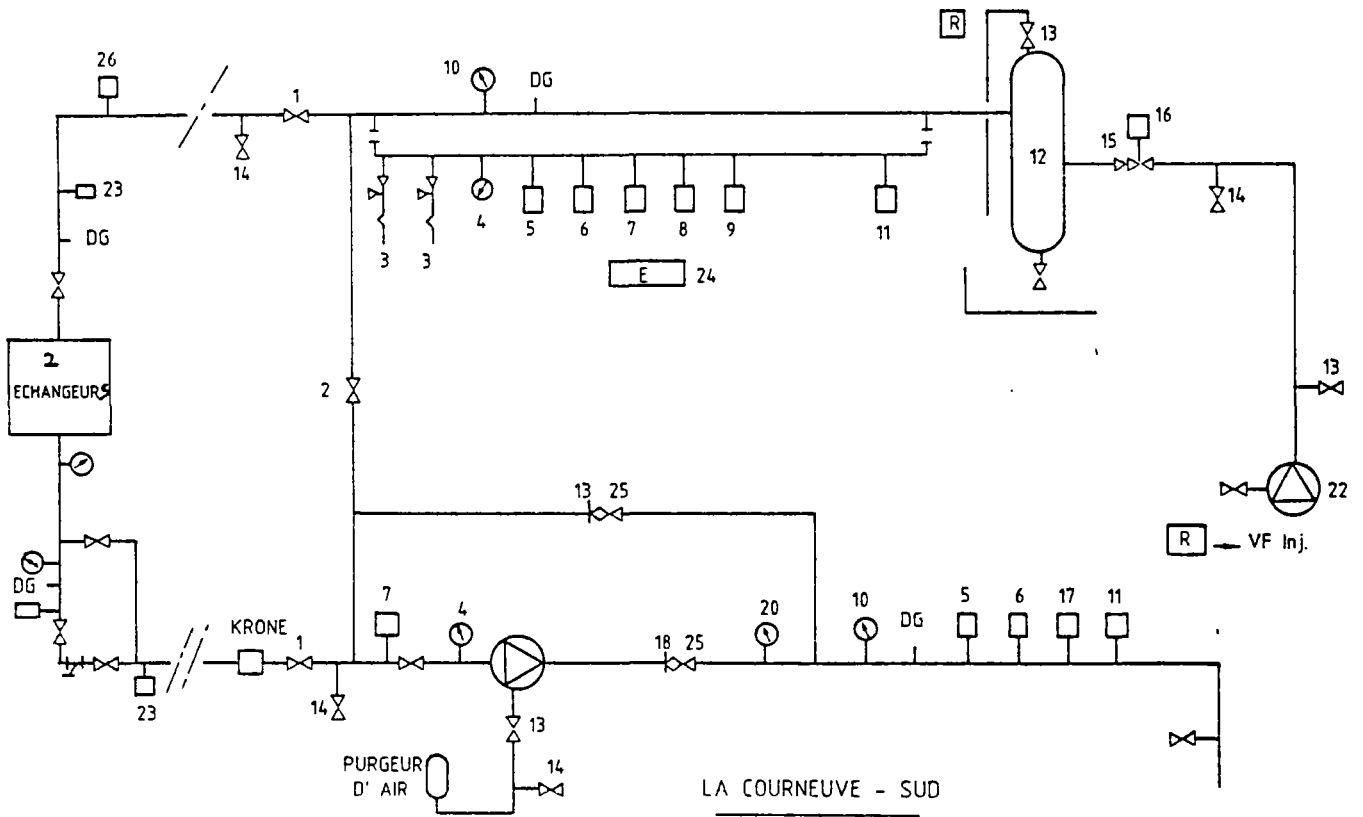
LA COURNEUVE-NORD / CIRCUIT GEOTHERMAL
CANALISATION ACIER - REVETEMENT INTERIEUR EPOXY



Repère	Symbole	Matériel
5		Robinet à soupape
17		Vanne passage droit
10		Robinet à boisseau sphérique
3		Soupape de sûreté
16		Clapet anti-retour
4		Purgeur automatique
6		Pressostat
13		Sonde température
2		Manomètre
8		Thermomètre
15		Filtre à tamis
1		Pompe
7		Filtre
9		Echangeur
11		Variateur de fréquence
12		Régulateur
14		Débitmètre

D'après document
C.F.G.

SCHEMA D'INSTALLATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE
LA COURNEUVE SUD



Repère	Matériel
1	Vanne d'isolement
2	Vanne d'isolement
3	Soupape de sûreté
4	Manomètre 0-16 bars Inox
5	Sonde enregistreur T°
6	Sonde enregistreur P 2641
7	Sonde PB 5 bars
8	Sonde HP 10 bars
9	Sonde HP 11 bars
10	Thermomètre laiton
11	Capteur de mesure pression
12	Pot de décantation
13	Robinet de purge
14	Robinet de vidange
15	Clapet anti-retour
16	Vanne motorisée
17	Sonde HP 40 bars
18	Clapet anti-retour
19	Pompe BYRON JACKSON injection
20	Manomètre inox
21	Débitmètre KRONE
22	Pompe BYRON JACKSON exhaure
23	Sonde de température
24	Enregistreur T° et P
25	Vanne d'isolement
26	Sonde de débit

D'après document C.F.G.

5.2. TAUX DE DISPONIBILITE

* Les 3 premières années d'exploitation se caractérisant par des taux de marche très bas de la boucle géothermae (cf figures 8 et 9), très largement inférieurs aux prévisions. Ceci est dû à des arrêts de longue durée.

* Les arrêts dus aux premiers incidents graves (ex. rupture de canalisations) ont été fortement amplifiés par des attentes de prises de décision, liées à diverses expertises nécessitées par l'ouverture de contentieux. L'arrêt a ainsi pu se prolonger près d'une année.

* On observe un fort redressement du taux de disponibilité de LA COURNEUVE NORD, pour la dernière saison de chauffe, ainsi qu'à LA COURNEUVE SUD.

Ceci peut être attribuable :

- à une meilleure maîtrise des problèmes de nettoyage des échangeurs ;

- à un meilleur suivi (en particulier mesures et interventions CFG), mais aussi à une adaptation et une meilleure compétence du personnel d'exploitation.

5.3. PRINCIPAUX INCIDENTS DE FONCTIONNEMENT

Les historiques des principaux incidents connus de fonctionnement sont résumés dans les tableaux 2 et 3.

Commentaires :

* Les incidents dus aux encrassements de la boucle par des dépôts, surtout dans les échangeurs sont très nombreux à LA COURNEUVE NORD et sont beaucoup plus rares à LA COURNEUVE SUD.

* Les pompes d'exhaure ont connu plusieurs arrêts. Sur le puits Nord, la première pompe Byron Jackson a dû être changée au bout de 2,5 ans, alors que sur le puits Sud, il a fallu remonter et réparer 3 fois la pompe en 3 ans, puis réaliser un échange standard au bout d'un peu plus de 4 ans d'exploitation.

* Plusieurs incidents sont dus à des défauts de variateurs, ou encore à des surchauffes de variateurs. Les fournisseurs de pompes n'avaient pas la responsabilité de ce matériel.

* Les réseaux, initialement en matériaux composites, se sont rompus, à plusieurs reprises, à la fois à LA COURNEUVE NORD et LA COURNEUVE SUD. La mise en place semble en cause et non la résistance du matériau. Les venues d'eau ont endommagé les appareillages électriques et électroniques.

* La corrosion a entraîné des percements locaux de tuyauteries de la boucle géothermale.

* Plusieurs arrêts de longue durée (plusieurs semaines) ont survécu à une période (fin de printemps-été), où la géothermie aurait dû suffire seule aux besoins. (LA COURNEUVE SUD, essentiellement).

Figure 8

LA COURNEUVE NORD
TAUX DE DISPONIBILITE
DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

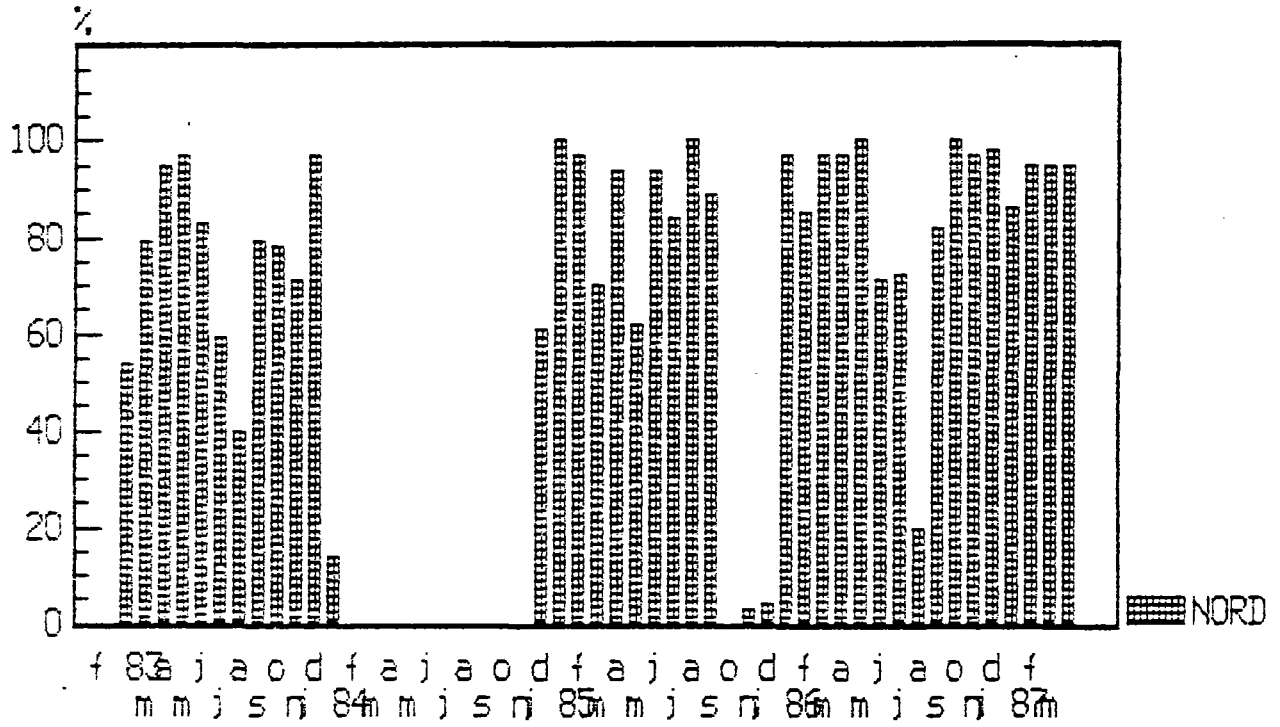
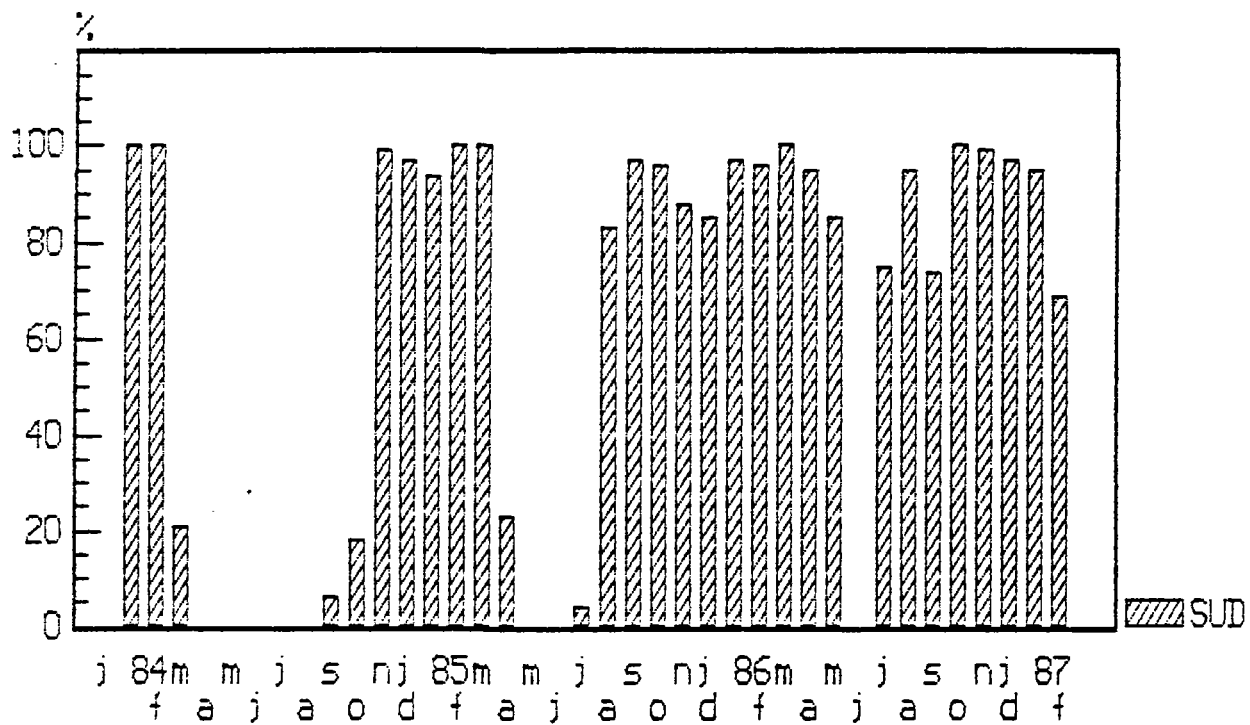


Figure 9

LA COURNEUVE SUD
TAUX DE DISPONIBILITE
DE LA BOUCLE GEOTHERMALE



HISTORIQUE DES INCIDENTS

LA COURNEUVE NORD

DATE DE L'INCIDENT	DATE DE REMISE EN SERVICE	DESCRIPTION DE L'INCIDENT	INTERVENTION
12/02/83		Première mise en service pompe B. J. . Variateur pompe exhaure défectueux . Incident sur manchettes souples puits exhaure	
03/83		Plusieurs arrêts imputables à des coupures EDF	
2 ^e quinzaine juin 83		Observation d'arrêts fréquents des pompes exhaure et injection	
30/06/83	07/83	Rupture ventilateur moteur pompe injection	Réparation sur garantie Jeumont Schneider
07/83		Observation d'arrêts fréquents des pompes	
08/83		Accentuation des arrêts des pompes	Remplacement standard du moteur de la pompe de réinjection avec ventilateur équilibré en usine
09/83		Mise en évidence de la cause des arrêts pompe	Remplacement d'un circuit électronique dans le variateur de fréquence exhaure
20/10/83	21/10/83	Défaut de pressostat sur pompe de réinjection. Constatation d'une forte perte de charge (33 m) à l'échangeur à la remise en route	

Tableau 2 (suite)

26/10/83	09/11/83	Encrassement de l'échangeur	Nettoyage des plaques par Alfa Laval après démontage
05/01/83	04/12/84	Rupture du réseau en matériau composite- détérioration d'appareillages électriques et électroniques	Contentieux et réparation
04/12/84	06/12/84	Fuites sur bouteilles déga- zage et sur sortie filtre	
07/12/84	11/12/84	Disjonction pompe réinjection observation d'une forte perte de charge (25 m) à la remise en route	
18/12/84	21/12/84	Encrassement échangeur	Nettoyage échangeur après démontage
04/02/85	05/02/85	Défaut de ventilation du variateur exhaure	
04/03/85	08/03/85	Encrassement échangeur	Nettoyage des plaques après démontage
26/03/85	30/03/85	Rupture réseau surface ; endommagement appareillages électriques	Réparation conduites Remplacement vanne tête de puits
29/04/85	10/05/85	Encrassement échangeur	Nettoyage des plaques après démontage
29/09/85	04/10/85	Fuites sur filtre avant échangeur-encrassement échangeur	Nettoyage échangeur
04/10/85	15/11/85	Panne pompe exhaure	Remplacement standard moteur + hydraulique
18/11/85	26/11/85	Encrassement échangeur	Nettoyage échangeur
28/11/85	03/12/85	Encrassement échangeur	Nettoyage échangeur

Tableau 2 (suite)

03/12/85	09/12/85	Défaut isolement pompe injection ; encrassement échangeur	By-pass de l'échangeur
01/86		Augmentation des puissances de réinjection ; diminution des débits exploitables	
18/02/86	21/02/86	Encrassement échangeur ; perte de débit	Auscultation du puits de réinjection Nettoyage échangeur
04/06/86	06/06/86	Encrassement échangeur	Nettoyage échangeur
24/06/86	03/07/86	Encrassement échangeur	Nettoyage échangeur
22/07/86	22/08/86	Réhabilitation du puits d'injection	
25/09/86	29/09/86	Encrassement du filtre Philippe	Nettoyage du puits
02/87		Déclenchements pompe exhaure puis pompe injection fréquents	Permutation et remplacement de disjoncteurs
11/03/87	12/03/87	Remplacement vanne tête de production	

HISTORIQUE DES PRINCIPAUX INCIDENTS

LA COURNEUVE SUD

DATE DE L'INCIDENT	DATE DE REMISE EN SERVICE	DESCRIPTION DE L'INCIDENT	INTERVENTION
02/05/82		Fuites sur canalisations fibres lors mise en route	Mise en route pompe immergée
07/82	15 jours après	Rupture canalisation consécutive à remontée tête puits exhaure	
15/3/83	15/6/83	Rupture d'un porte soupape	
08/08/83	13/10/83	Arrêt pompe exhaure ; blocage de la partie hydraulique	Remontée-réparation-descente du groupe moto-pompe d'exhaure
06/03/84	17/09/84	Panne groupe moto-pompe exhaure ; blocage de l'hydraulique	Remontée-réparation-descente du groupe moto-pompe d'exhaure
27/09/84	20/10/84	Rupture, réseau de surface sur canalisation enterrée entre local exhaure et local échangeur	Réparation conduites
08/04/85	30/07/85	Panne pompe exhaure	Remontée-réparation-descente du groupe moto-pompe Changement transformateur
19/08/85	23/08/85	Arrêt technique de la station	
01/08/85	02/08/85	Surchauffe du transformateur	
05/09/85	06/09/85	Défaut variateur pompe réinjection	
27/11/85	03/12/85	Déclenchement du circuit exhaure - défaillance de vannes et clapets	

Tableau 3 (suite)

04/12/85	05/12/85	Défaut variateur	Echange thyristor
25/12/85	26/12/85	Fuite sur un échangeur	Fonctionnement avec 1 seul échangeur
05/03/86	05/03/86	Fuite sur garniture pompe ré-injection due à corrosion des pièces	Remplacement garniture; pré-conisation refroidissement par eau douce
07/04/86	08/04/86	Panne pompe injection	
04/86		Plusieurs défauts sur variateur injection	
27/05/86	27/5/86		Remise en état échangeur
1 /06/86	08/07/86	Défaut d'étanchéité vanne IVC en tête puits injection	Remplacement par vanne CIPEG Réparation moteur injection Nettoyage échangeur
31/08/86	08/09/86	Défaut sur pompe exhaure Fuite sur purge géothermal	Echange standard pompe exhaure
09/86		Baisse de débit	
12/86		Plusieurs fuites sur réseau surface boucle géothermale	Réparations
30/01/87	09/02/87	Roulement pompe injection hors service	Réparation pompe injection Réparation variateur pompe injection

5.4. PROBLEMES DE CORROSION ET DE DEPOTS

5.4.1. Dépôts dans les échangeurs :

Les dépôts dans les échangeurs ont été particulièrement importants et fréquents, sur le site de LA COURNEUVE NORD et ont entraîné des pertes de charges de plusieurs dizaines de mètres.

L'encrassement de l'échangeur peut survenir de façon brutable, en moins d'une journée, à la suite d'un arrêt du puits. Les dépôts sont alors importants, de couleur noire, sur tout le circuit et sont donc aussi recueillis sur les filtres.

En phase continue d'exploitation, des dépôts progressifs se forment sur les plaques de l'échangeur, mais on ne recueille alors, ni boues ni particules dans les filtres. Le nombre des encrassements s'est accéléré pendant la saison 85/86.

Le nettoyage des plaques de titane après démontage de l'échangeur amplifiant fortement les coûts de maintenance, des expérimentations de nettoyage en continu ont été envisagées.

Un pilote financé par l'A.F.M.E. en 1985, devait être expérimenté pendant 6 mois, avec un piquage de 2 m³/h. Le lourd retard pris par le Laboratoire National d'Essais, qui devait suivre les tests a condamné cette expérience.

De son côté le maître d'ouvrage a fait procéder à des nettoyages sans démontage de l'échangeur.

L'opération consiste à injecter un produit (acide passivé) par des piquages, à le laisser agir pendant 48 h, et à éviter de laisser l'échangeur à l'air libre.

Le premier nettoyage, en juillet 86, a donné satisfaction. (Un contrôle a été réalisé après démontage). D'autre part les démontages répétés endommagent les joints.

5.4.2. Dépôts dans les forages :

Ils vont de pair avec ceux observés dans le réseau de surface.

Ils entraînent des augmentations de pertes de charge par accroissement du diamètre et modification de la rugosité des surfaces. Ceci se traduit, à débit égal par :

- une augmentation des pressions d'injection ;
- une augmentation des puissances absorbées à l'exhaure.

L'importance des dépôts a pu être contrôlée :

- . Lors d'un calibrage de réservoir en février 86 dans le puits N d'injection : le top des sédiments y était à 1 772 m. (soit 2 m seulement de dépôts)

Le réservoir lui-même paraissait colmaté à 40 % selon un contrôle par caméra.

- . Lors des contrôles effectués pendant l'opération de réhabilitation sur le puits d'injection de LA COURNEUVE NORD; le top des sédiments a été trouvé 2 m seulement au dessus du fond du forage ; le diamètreur 3 bras (moins précis et sensible) n'a pas trouvé de dépôts sur le tubage 7".

On peut se demander pourquoi les dépôts dans la boucle géothermale sont beaucoup plus importants à LA COURNEUVE NORD, qu'à LA COURNEUVE SUD, alors que les eaux paraissent de composition chimique voisine à l'exception du produit (teneurs en fer X teneurs en sulfures)

L'indice de saturation en sulfures est plus élevé à LA COURNEUVE NORD, ce que traduit bien la présence des dépôts.

Le déplacement de l'équilibre semble pouvoir être attribué aux teneurs en fer plus élevées à LA COURNEUVE NORD, où l'on note un tubage dévié, donc plus long (respectivement 1 529 m et 1 138 m de tubes 7", soit 788 m² et 586 m² de surface de contact métal-eau), à la production.

5.4.3. Opérations de réhabilitation

Deux opérations de réhabilitation, ayant pour but de supprimer les dépôts ont été menées sur le doublet de LA COURNEUVE NORD.

- Puits d'injection : nettoyage au tricône, aux tiges puis injection d'acide (24/7 au 5/8/86). L'acidification n'a apporté aucune amélioration mais le nettoyage à l'outil a permis de retrouver les caractéristiques d'origine du forage. Il y a même une légère amélioration : le forage a dû s'auto-développer pendant sa mise en exploitation.

- Puits de production : un nettoyage par méthode légère (écouvillon lesté, au bout d'un câble) a rencontré des difficultés dues au diamètre un peu trop grand de l'appareil et à été suivi par un curage classique aux tiges et tricônes, mais en utilisant une machine de forage plus légère (30 T au crochet), et des tiges de petit diamètre (2" 7/8) - Pâques 87.

Il aurait été intéressant de pouvoir tester plusieurs diamètres d'écouvillon.

5.4.4. Corrosion des casings

* On n'observe pas l'apparition de troubles (défaut de pression d'azote, venues de certaines particules) mettant en évidence un percement du casing.

* La corrosion des tubages 7" du forage d'injection de LA COURNEUVE NORD apparait sur diagraphie diamètreur.

* La corrosion des casings est aussi déduite des analyses chimiques de l'eau géothermale : lorsque le débit est réduit, donc temps de contact métal-eau plus fort, l'eau contient plus de fer, à LA COURNEUVE NORD. Lorsque le débit est élevé, l'eau en contient moins. On peut admettre que l'eau s'enrichit avec le fer du tubage, pour les débits moindres.

A LA COURNEUVE SUD, le phénomène est moins net. Il semble y avoir beaucoup moins de variations avec le débit.

5.4.5. Corrosion dans les équipements de surface

Les conduites en matériaux composites ont été remplacées, après leurs ruptures, par de l'acier revêtu époxy.

Plusieurs corrosions entraînant des fuites sont apparues essentiellement au niveau des raccords, des piquâges, où le revêtement ne peut plus être appliqué de façon efficace.

Certaines parties de la pompe d'injection ont été corrodées.

Les mesures d'épaisseur à la sonde à ultra-sons, faites depuis septembre 85, ne montrent, elles, que peu de variations significatives.

5.4.6. Expérience d'électro-chloration

Un pilote d'électrochloration a été expérimenté en mars 87 sur le site de LA COURNEUVE NORD.

*Objectif : mettre en jeu une réaction d'électro-chloration produisant de l'hypochlorite de sodium à partir des sels en solution des eaux du Dogger.

L'hypochlorite de sodium (eau de javel) est destiné à bloquer l'activité bactérienne. De plus, son pouvoir oxydant est utilisé pour transformer les sulfures dissous sous forme de soufre non précipitable par le fer.

On cherche donc à limiter la formation des dépôts de sulfures de fer, tout en cherchant à éviter les risques de corrosion due à une oxydation trop importante, ou les risques de précipitations de phases secondaires. On cherche aussi à limiter la corrosion par activité bactérienne.

*Résultats :

Les consommations électriques sont beaucoup trop élevées pour rendre le procédé économiquement intéressant (environ 500 kWh pour le débit d'exploitation).

6. EVOLUTION DE LA FOURNITURE D'ENERGIE GEOTHERMALE

La fourniture d'énergie "géothermale" dépend :

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

Les deux derniers paramètres sont étudiés par le bureau d'études "Surface".

6.1. EVOLUTION DES TEMPERATURES DE L'EAU GEOTHERMALE

On n'observe pas d'évolution anormale des températures de l'eau géothermale sur les deux doublets. Les variations de température sont liées à des variations de débit.

6.2. EVOLUTION DES DEBITS

Les valeurs des débits de pompages et de réinjection dépendent :

- des caractéristiques propres à l'aquifère (cf 6.3);
- de l'importance des pertes de charge sur l'ensemble de la boucle géothermale ;
- des caractéristiques des pompes (courbes caractéristiques, vitesses de rotation, puissances des moteurs.....) ;
- dans une moindre mesure, de la température de l'eau de réinjection (qui influe sur la densité et la viscosité) ;
- des besoins en chauffage ou en eau chaude sanitaire.

Les courbes débit/hauteur manométrique, à différentes époques, sont reproduites en figures 10 et 11.

Commentaires :

*LA COURNEUVE NORD (cf figure 10)

- les rabattements sont supérieurs aux prévisions ;
- on observe une nette augmentation des rabattements à la reprise de la saison de chauffe 86/87, après le régime ralenti d'été ;
- avec un point de bulle de l'ordre de 3 bars, le niveau d'eau se situe en février 87 à un peu moins de 40 m au dessus de l'aspiration de la pompe, ce qui reste suffisant ;
- les pressions d'injection ont d'abord été meilleures que les prévisions, puis se sont dégradées lors de l'hiver 85/86. La réhabilitation de l'été 86 a permis de retrouver de plus faibles pressions d'injection.
- Ces phénomènes se sont traduits par une baisse notable des débits, de 220 m³/h à 140 m³/h.

LA COURBEUVE (NOR)

- 27 -

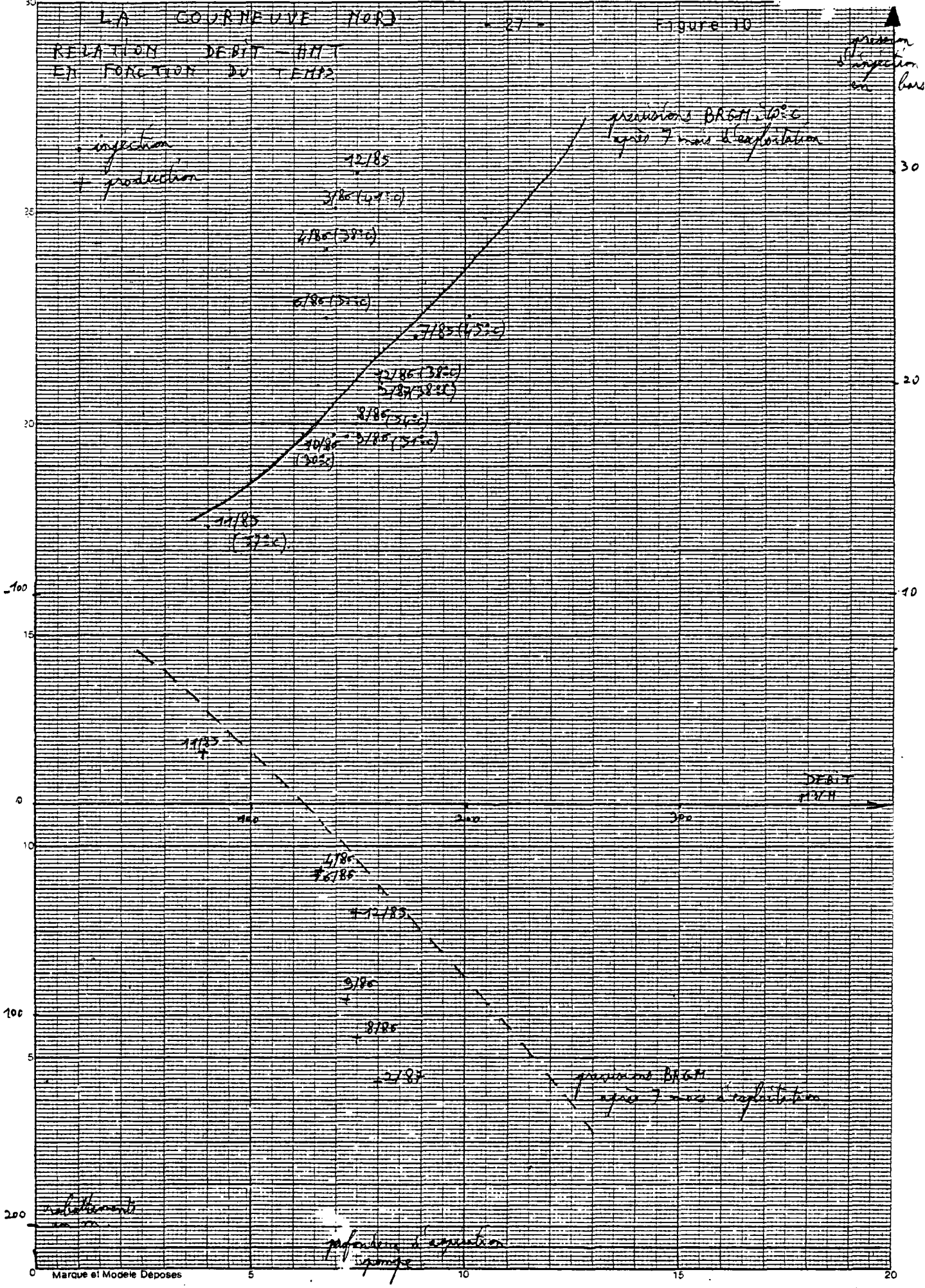
FIGURE 10

RELATION DEBIT - HMT
EN FONCTION DU TEMPS

pression
d'injection
en bars

injection
+ production

pressions BRGM 10°C
après 7 mois d'exploitation

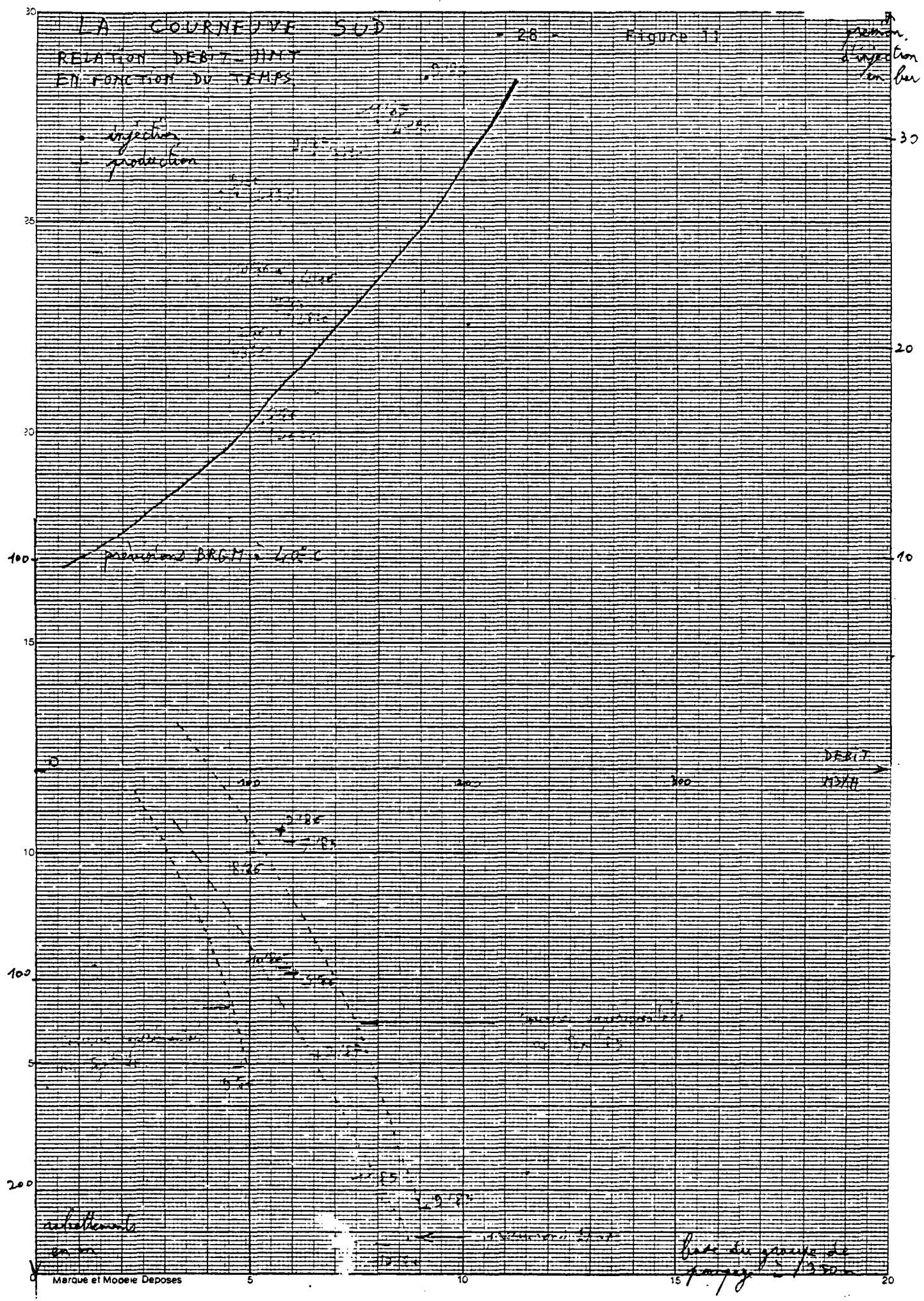


LA COURNEUVE SUD

RELATION DEBIT-HPHT
EN FONCTION DU TEMPS

Figure 11

pression
d'injection
en bar



DEBIT
m³/h

réajustements
en m

base du groupe de
pompage 5/1950

*LA COURNEUVE SUD (cf figure 11)

- les rabattements sont dans l'ensemble conformes aux prévisions, si ce n'est souvent meilleurs. Seule la courbe expérimentale de septembre 86 semble montrer une aggravation des rabattements, qui n'est pas confirmée par les mesures postérieures, alors qu'il n'y a pas eu de réhabilitation ou traitement;

- même avec un point de bulle de l'ordre de 4 bars, le niveau d'eau reste très largement au dessus de l'aspiration de la pompe ;

- les pressions d'injection sont supérieures aux prévisions. Il semble y avoir dégradation entre la saison 85/86 et la suivante, mais les valeurs de septembre et novembre 85 paraissent trop fortes.

La pression de réinjection limite le débit d'injection. Pour l'augmenter, il faut augmenter la pression à l'admission et augmenter la pression de la pompe d'exhaure.

Dans ces conditions, le maximum des pompes est atteint vers 160 m³/h.

6.3. EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES PROPRES DE L'AQUIFERE

Rien n'indique que les caractéristiques propres à l'aquifère ont diminué. Les dégradations de débit viennent de phénomènes secondaires d'exploitation, et non de l'aquifère lui-même.

Ceci paraît confirmé par le fait que les caractéristiques d'origine des puits de LA COURNEUVE NORD ont été retrouvées après nettoyage des forages.

Il ne semble pas y avoir d'interinfluence prématurée avec les autres doublets voisins, mais ces phénomènes sont difficiles à mettre en évidence. Le fait qu'il y ait un horizon d'écoulement privilégié (près de la moitié du débit, provient d'une couche de quelques mètres) peut générer des écarts par rapport aux prévisions.

6.4. PRODUCTION D'ENERGIE GEOTHERMIQUE

L'énergie géothermique fournie par chaque doublet est représentée en figures 12 et 13.

Commentaires :

- L'exploitation a été handicapée par de nombreux mois à disponibilité réduite de la boucle géothermale.

- Les valeurs mensuelles, en marche normale d'hiver, représentent entre 2 000 et 2 500 MWh utiles à LA COURNEUVE NORD. On note une amélioration lors de la dernière saison de chauffe, où les valeurs peuvent dépasser 3 000 MWh.

- Les besoins en eau chaude sanitaire sont importants à LA COURNEUVE SUD, où ils représentent environ 20 % des besoins annuels.

Les valeurs globales annuelles sont : (MWh utiles)

DOUBLET	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87
LA COURNEUVE NORD	6 628	6 160	11 599	11 346	20 124 (1/4/86 - 31/3/87)
LA COURNEUVE SUD	?	?	16 600 PCS	16 714 PCS	16 237 UT. (1/3/86 - 28/2/87)

Figure 12

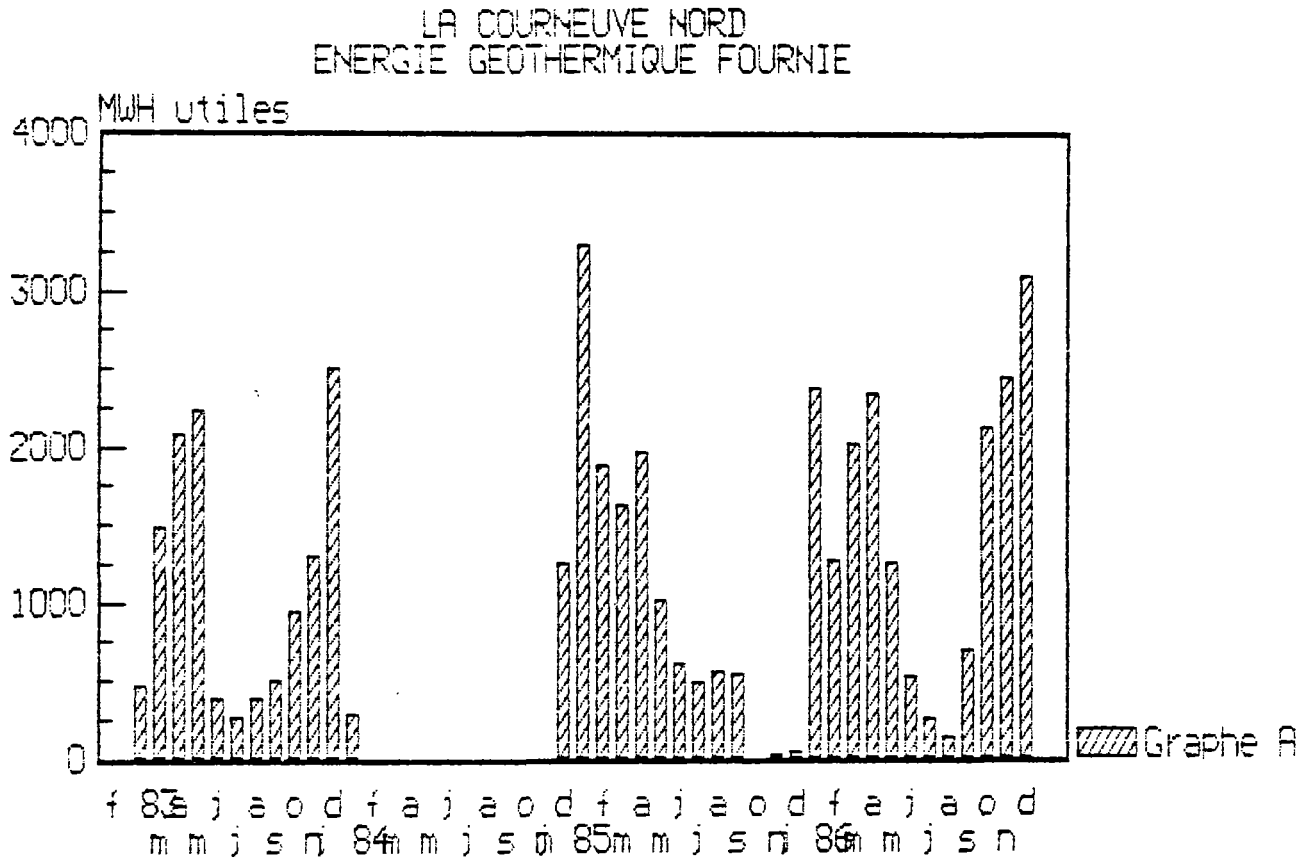
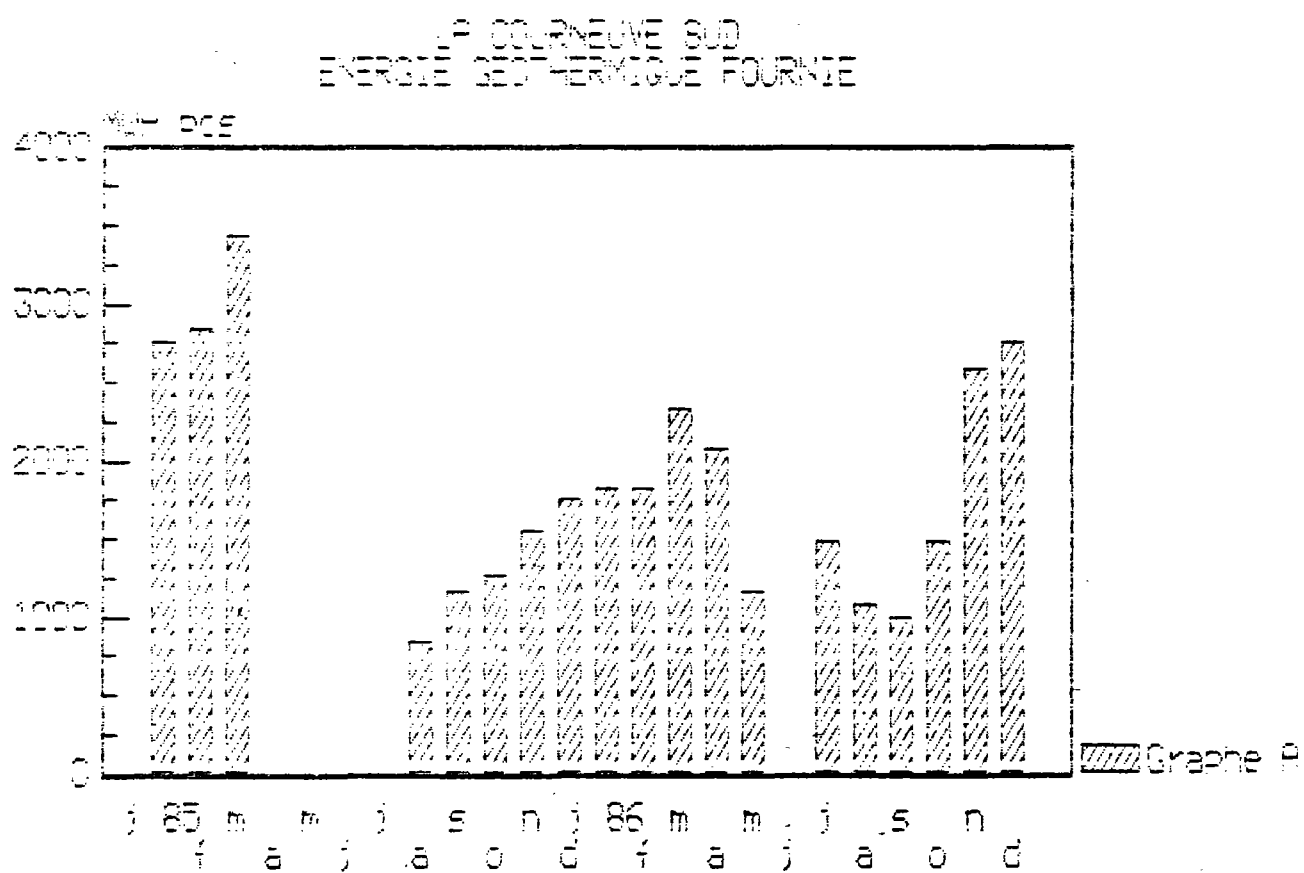


Figure 13



Les taux de couverture moyens annuels sont :

SITE	82/83 (Fév.83-Juin 83)	83/84	84/85	85/86
LA COURNEUVE NORD	44,5 %	18,1 %	8,8	29,5 %
LA COURNEUVE SUD	?	?	24 %	27 %

Les taux de couverture annuels restent faibles et largement inférieurs aux prévisions.

7. CONSOMMATION D'ENERGIE DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

L'énergie nécessaire à l'exploitation de la ressource géothermale fait l'objet :

- de mesures épisodiques de puissances absorbées par les moteurs des pompes.

Les compteurs électriques en place totalisent l'énergie consommée par la boucle géothermale et une partie de la boucle géothermique (pompes de circulation de réseaux).

Le poste "électricité" ayant un poids important dans les coûts, il serait intéressant d'avoir des comptages séparés.

7.1. CONSOMMATIONS ANNUELLES D'ELECTRICITE

Les consommations globales (réseaux géothermal et géothermique) sont les suivantes :

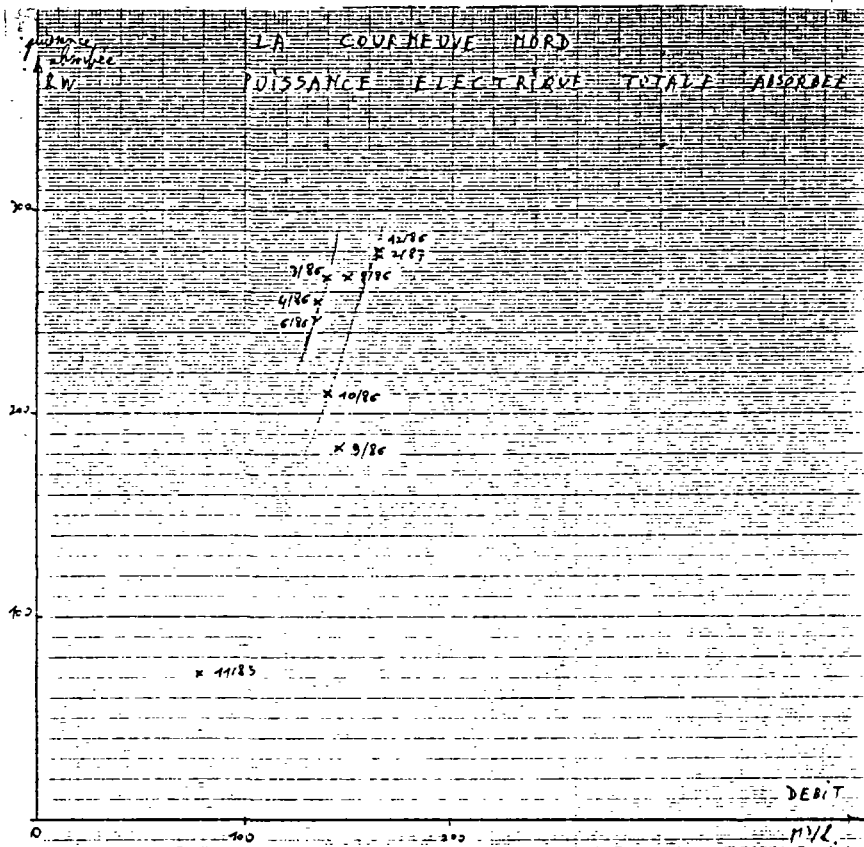
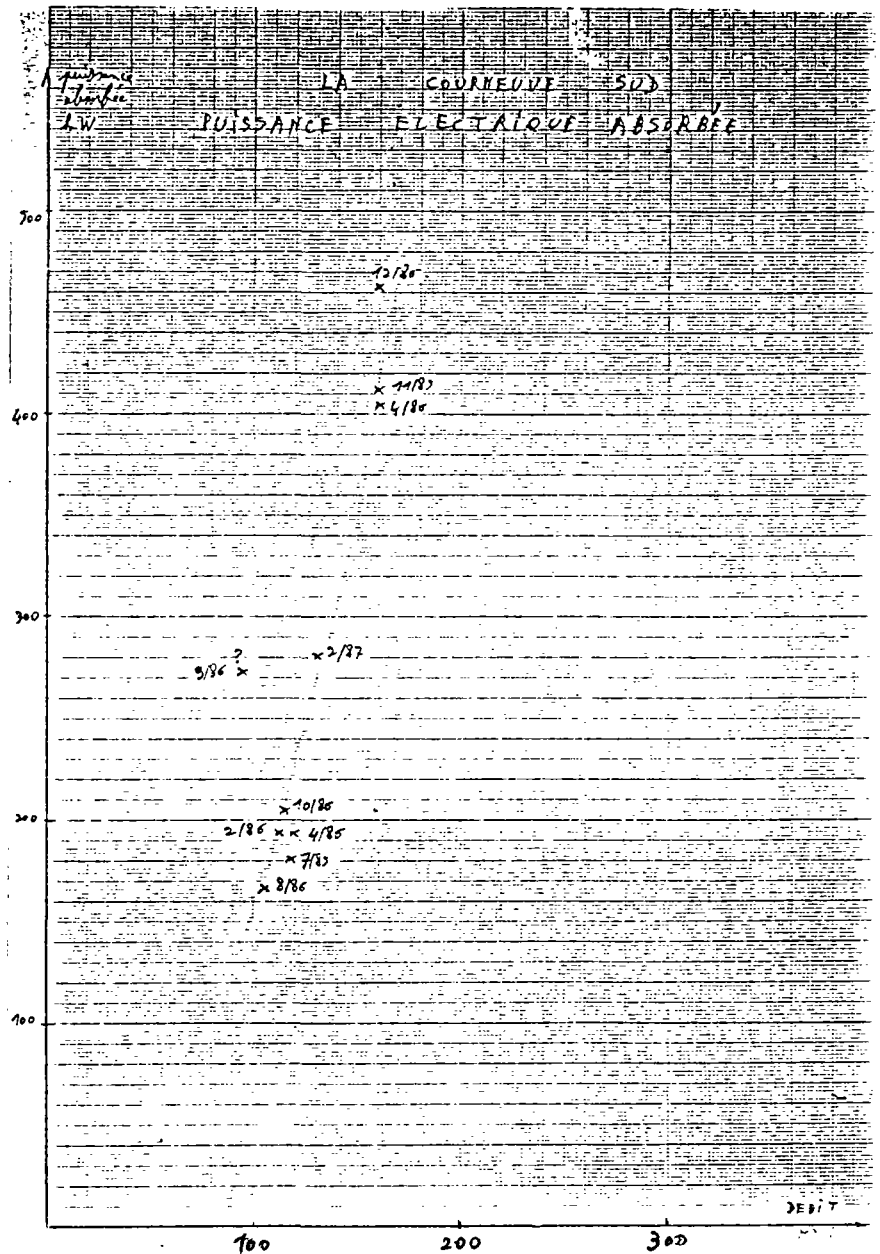
SITE	82/83	83/84	84/85	85/86
<u>LA COURNEUVE NORD :</u>				
-Consommation électrique MWh	588 (5/2/83 - 6/3/83)	636	1 101	1 566
-Fourniture géothermique MWh utiles	6 628	6 160	11 599	11 346
-Ratio kWh élect. MWh ut. géother.	88,7	103,2	94,9	138,0
<u>LA COURNEUVE SUD</u>				
-Consommation électrique MWh	?	?	1 605	1 916
-Fourniture géothermique MWh utiles	?	?	≈ 12 176	≈ 12 260
-Ratio kWh élect. MWh ut. géother.	?	?	≈ 131,8	≈ 156,3

* Les ratios kWh électrique/MWh utiles géothermiques sont élevés. Ils ont tendance à augmenter en fonction du temps, ce qui est dû principalement à une augmentation des pertes de charge.

7.2. PUISSANCES ABSORBEES

Les puissances totales absorbées sont mesurées, à l'entrée du variateur, lors des visites "géoconfiance" (cf figure 14), pour la boucle géothermale seule :

Figure 14



* Commentaires :

- à débit égal, les puissances nécessaires sont plus importantes à LA COURNEUVE SUD ;
- on observe une tendance à l'amélioration des débits, à puissance égale, après juin 1986, à LA COURNEUVE NORD. Ceci est à mettre en rapport avec l'opération de réhabilitation sur le puits d'injection (juillet 86);
- pour passer de 78 m³/h à 163 m³/h (près de 2 fois plus) il faut multiplier la puissance par près de 4, à LA COURNEUVE NORD ;
- pour passer de 106 m³/h à 159 m³/h (X 1,5), il faut multiplier la puissance par 2,8, à LA COURNEUVE SUD ;
- les mesures disponibles de puissance absorbée ne permettent pas de dire s'il y a eu dégradation des puits, à LA COURNEUVE SUD.

7.3. COMPARAISON DEBIT-ENERGIE GEOTHERMIQUE-PUISSANCE ELECTRIQUE

L'augmentation de débit (dans la plage supérieure des débits d'exploitation) n'entraîne qu'une faible augmentation de l'énergie géothermique fournie, avec une plus forte accentuation de la puissance électrique absorbée (cf tableau 4).

COMPARAISON DEBIT-ENERGIE GEOTHERMIQUE FOURNIE-PUISSANCE ELECTRIQUE ABSORBEE

SITE	DEBIT m ³ /h	%	ENERGIE GEOTHERMIQUE MWh	%	PUISSANCE ELECTRIQUE BOUCLE GEOTHERMALE kW	%
LA COURNEUVE NORD	160	114			280	133
	150	107			267	127
	140	100			211	100
LA COURNEUVE SUD	160	123	21 000 MWh PCS	123	463	164
	130	100	17 100 MWh PCS	100	282	100
			(selon COSTIC)			

8. COMPTES D'EXPLOITATION DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

8.1. EXERCICES 83/87

La répartition des différents postes, selon les données disponibles est donnée en tableaux 5 et 6.

Tableau 5

COMPTES D'EXPLOITATION - "SOUS-SOL"
LA COURNEUVE NORD
en kF

POSTE	83/84	84/85	85/86	86/87
P'1	358	569	645	
P2	48	51	132	142
P3	153	463	676	2 519 +produc.
TOTAL	559	1 083	1 463	

Tableau 6

POSTE	84/85	85/86	86/87
P'1	888	809	
P2	18	120	159
P3	763	1 233	664
TOTAL	1 669	2 162	

* Commentaires :

- les coûts d'exploitation et surtout de la maintenance sont de plus en plus lourds, pour ces premières années d'exploitation ;
- la saison 86/87 est marquée, à LA COURNEUVE NORD par des très grosses réparations (réhabilitation du doublet).

8.2. COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

Les premières années d'exploitation présentaient des résultats très faibles.

Seule une hypothèse "haute" a été étudiée ici (cf tableaux 7 et 8).

Elle prend en compte :

- un taux de disponibilité que seul les résultats de la dernière saison de chauffe permettent d'espérer ;
- un débit élevé, plus important que le débit actuel ce qui suppose une réhabilitation et/ou un traitement des forages ;
- une faible décroissance des débits, ce qui suppose que les problèmes de colmatage sont en partie résolus. De même, il y aurait retour au débit initial après chaque réhabilitation (ce qui n'a pas été observé jusqu'ici);
- des coûts de réhabilitation réduits, par méthode légère (malgré le demi-échec du hériçon) ;
- pompes fonctionnant à puissance sensiblement constante.

Il s'agit donc d'une hypothèse "optimiste". L'inconnue majeure réside dans l'éventualité du percement des casings de forage. Arbitrairement, cette éventualité a été placée après 15 ans de fonctionnement et nécessitant un rechemisage intégral.

LA COURNEUVE NORD

1) HYPOTHESE HAUTE :

- . taux de disponibilité : 90 %,
- . décroissance lente des débits (225 ; 220 ; 205 ; 185 ; 165 m³/h) après réhabilitations,
- . retour au Q initial à chaque réhabilitation,
- . réhabilitations faites à coûts réduits (hérisson, flexible),
- . réhabilitations après 5 ans sur injection,
" " 6 ans " production,
- . pas d'acidifications depuis la surface,
- . diminution des coûts des interventions sur échangeurs,
- . percement des tubages de forages après 15 ans ;
rechemisage en matériaux composites sur la totalité des casings,
- . nécessité de changer de pompe d'exhaure après rechemisage et de diminuer le Q de production de 30 % d₀ à l'accroissement des pertes de charges dans forages production et injection (diamètres plus petits),
- . action des inhibiteurs relativement efficace,
- . contrôle tubages du forage de production fait à l'occasion des remontées de pompes.

COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

LA COURNEUVE NORD

HYPOTHESE HAUTE

	87-88	88-89	89-90	0-91	91-92	92-93
MWH géoth. PCS	27 200	26 500	25 000	22 400	20 000	27 200
P1 électricité MWh	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300
P2. exploitant	125	125	125	125	125	125
. contrat suivi	142	142	142	142	142	142
. dépenses sous-sol	45	45	45	45	45	45
. produits inhibi- teurs	140	120	110	100	90	120
P3. contrat mainten- ce pompe exhaure	572	572	572	572	572	572
. gros entretien pompe injection.	120					200
. gros entretien échangeurs.	60	20	20	20	20	20
. gros entretien réseau boucle surf	135	80	80	80	80	80
. renouv. variateurs	35	35	35	35	35	35
. divers						
. contrôle tubages				60	60	
. réfection tubages avec SAF				(inj.)	(prod.)	
sans						
. acidifications avec SAF						
sans						
. réhabilitation avec SAF						
sans					400	550
. imprévu sur P3 & grosses interven- tions (5 %)						
Assurances (pour mémoire)						
Frais de gestion (pour . du Mo délégué mémoire)						
Charges imposées par DRIR						

COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

LA COURNEUVE NORD

HYPOTHESE HAUTE

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-200
MWH géoth. PCS (1)	26 500	25 000					
P1 électricité MWh	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300
P2. exploitant	125	125	125	125	125	125	12
. contrat suivi	142	142	142	142	142	142	14
. dépenses sous-sol	45	45	45	45	45	45	4
. produits inhibi- teurs	120	110	100	90	85	80	8
P3. contrat mainten- ance pompe exhaure	572	572	572	572	572	572	57
. gros entretien pompe injection.				200	300		
. gros entretien échangeurs.	20	20	20	20	700	20	20
. gros entretien réseau boucle surf.	100	100	100	100	100	100	100
. renouv. variateurs	35	35	35	35	35	35	35
. divers							
. contrôle tubages				60 + 60			
. réfection tubages avec SAF sans				8 000			
. acidifications avec SAF sans				(prod. inj.)			
. réhabilitation avec SAF sans							
. imprévu sur P3 & grosses interven- tions (5 %)							
Assurances (pour mémoire)							
Frais de gestion (pour . du Mo délégué mémoire)							
Charges imposées par DRIR							
TOTAL (1) selon bureau études surface)							

LA COURNEUVE SUD

1) HYPOTHESE HAUTE :

- . taux de disponibilité : 90 %
- . décroissance lente des débits (170 ; 165 ; 160 ; 155 ; 150 ; 145 ; 140 m³/h) après réhabilitations,
- . retour au Q initial après chaque réhabilitation,
- . réhabilitations faites à coût réduit (hérisson, coflexip),
- . réhabilitations après 7 ans sur injection
" " 7 ans " production,
- . rechemisage des 2 forages après 15 ans sur la totalité des casings,
- . perte de débit de 30 % après rechemisage,
- . nécessité de changer de pompe de production après rechemisage,
- . contrôle de tubages faits à l'occasion des remontées de pompes.

COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

LA COURNEUVE SUD

HYPOTHESE HAUTE

	86-87	87-88	88-89	89-90	0-91	91-92	92-93
MWH géoth. PCS (1)	19 700	22 300	21 700	21 000	20 400	19 700	19 000
P1 électricité MWh		2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	20 00
P2. exploitant	125	125	125	125	125	125	125
. contrat suivi	144	144	144	144	144	144	144
. dépenses sous-sol	20	20	20	20	20	20	20
. produits inhibi- teurs	-	110	90	90	85	80	80
P3. contrat maintenanc ce pompe exhaure	572	572	572	572	572	572	572
. gros entretien pompe injection.	120						200
. gros entretien échangeurs.	45	45	45	45	45	45	45
. gros entretien réseau boucle surf.	30	80	80	80	80	80	80
. renouvel. variateurs	35	35	35	35	35	35	35
. divers		70					
. contrôle tubages	60+60						
. réfection tubages avec SAF							
. acidifications avec SAF							
. réhabilitation avec SAF							
. imprévu sur P3 & grosses interven- tions (5 %)							
Assurances (pour mémoire)							
Frais de gestion (pour . du Mo délégué mémoire)							
Charges imposées par DRIR							
(1) Selon Bureau d'études "surface"							

COMPTES D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

LA COURNEUVE SUD

HYPOTHESE HAUTE

	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99	99-2000
MH géoth. PCS	18 400,						
P1 électricité MWh	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
P2. exploitant	125	125	125	125	125	125	125
. contrat suivi	144	144	144	144	144	144	144
. dépenses sous-sol	20	20	20	20	20	20	20
. produits inhibi- teurs	75	75	65	65	65	60	60
P3. contrat mainten- ce pompe exhaure	572	572	572	572	572	572	572
. gros entretien pompe injection. Renouvel.			+ 300		120		
. gros entretien échangeurs.	45	45	45	45	1 000	45	45
. gros entretien réseau boucle surf	80	80	80	80	80	80	80
. renouv. variateurs	35	35	35	35	35	35	35
. divers							
. contrôle tubages		60 + 60					
. réfection tubages avec SAF sans			8 000				
. acidifications avec SAF sans							
. réhabilitation avec SAF sans SAF							
. imprévu sur P3 & grosses interven- tions (5 %)							
Assurances							
Frais de gestion . du Mo délégué							
Charges imposées par DRIR							
TOTAL							

9 . CONCLUSION

L'exploitation géothermique des deux doublets de LA COURNEUVE NORD ET SUD a connu de nombreuses difficultés techniques, plus accentuées sur le site NORD.

Les trois premières années de fonctionnement sont caractérisées par :

- plusieurs pannes de longue durée (d'où forte diminution de fourniture géothermique ; amplification des coûts de maintenance ;

- une baisse des débits exploitables, importante au NORD, plus modérée au Sud.

La baisse des débits est liée à l'existence de dépôts. Une réhabilitation du doublet de LA COURNEUVE NORD a été nécessaire. Une injection d'inhibiteurs de corrosion est envisagée.

Les débits actuels maximaux exploitables sont de l'ordre de 160 m³/h au SUD et de 140 m³/h au NORD avant réhabilitation. et de 180 m³/h juste après réhabilitation.

Les températures de l'eau géothermale sont peu élevées proches de la température de consigne de l'eau chaude sanitaire.

Aussi, bien que le fonctionnement des installations ait connu un redressement spectaculaire lors de la dernière saison de chauffe, la fourniture d'énergie géothermale reste modérée, de l'ordre de 20 000 MWh/an pour le site NORD et 16 000 MWh/an pour le site SUD.

A N N E X E S

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

F O R A G E S

NUMEROTATION	PRODUCTION	INJECTION
	GLCN - 2	GLCN - 1
Chambre de pompage ou réinjection - DIAMETRE - PROFONDEUR	13"3/8 508 m	7" 1647.6 m
Déviatation - MOYENNE - MAXIMALE - AMORCE DEVIATION	48°1/2	VERTICAL 2°3/4
Protection Albien-Néocomien - DOUBLE-TUBAGE ? - CIMENTATION	9"5/8 7" double cimentation	9"5/8 7" double cimentation
DIAMETRE FORATION AQUIFERE	6"	6"
HAUTEUR (déviée) DE LA ZONE DE SEDIMENTATION (Fond du forage à dernier horizon producteur)	57 m	38 m
Tubages en contact avec fluide géothermal - DIAMETRE - NUANCE ACIER - EPAISSEUR EN MM	13"3/8 7" K55 K55 9.65 9.19	7" K55 9.19
ECARTEMENT DES FORAGES (milieu Aquifère)	960 m	

DISPOSITIF D'EXHAURE

GENRE : - Immergée -

MARQUE : BYRON JACKSON

TYPE : MQH 6 étage DIAMETRE : 10"

MOTEUR : BYRON JACKSON

PUISSANCE : 330 HP SOUS : 2000 V

PROFONDEUR IMMERSION : 210 m (aspiration)

COLONNE D'EXHAURE :

DIAMETRE : DN 175 MARQUE : HAGUSTA

NATURE MATERIAU : Acier revêtu caoutchouc.

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SURFACE

VARIATEUR POMPE EXHAURE

MARQUE : JEUMONT SCHNEIDER TYPE :

ECHANGEUR

NOMBRE : 1

NATURE : A PLAQUES TITANE

MARQUE : ALFA - LAVAL TYPE : A 15 BFM

PUISSANCE :

SURFACE D'ECHANGE : 548.25 m²

FILTRES : type EAP 60 B

MARQUE : PHILIPPE TAMIS : 500 microns ET 100 microns

DECANTATION : déboureur-dégazeur

TUYAUTERIES SURFACE

NATURE MATERIAU : MATERIAUX COMPOSITES A L'ORIGINE, REMPLACES PAR ACIER
RENETU EPCXY

POMPE INJECTION

MARQUE : BYRON JACKSON TYPE : 1000 VLT 8 étages

MOTEUR : JEUMONT SCHNEIDER TYPE :

PUISSANCE : 260 kW - 380 V

VARIATEUR INJECTION

MARQUE : JEUMONT SCHNEIDER TYPE :

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		16.9	1.12	19	16
INJECTION	38	27.5	1.02	28	15

AQUIFERE CAPTE : DOGGER

EVOLUTION DE LA FOURNITURE GEOTHERMALE

ANNEE	MWh utiles géothermiques	Taux disponibilité	Taux de couverture
15/2/83 au 30/6	6 628		44.5 %
7/83 - 6/84	6 160		18.1 %
7/84 - 6/85	11 599		28.7 %
7/85 - 6/86	11 346		29.5 %
4/86 - 3/87	20 124		

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*
24/2/82	6.75 58.4°C		20450		38	0.68					+	+
30/7/85	6.46	-298	21050	61.2	40.12	1		4 56.8°C	4.8 58.8°C	57.2	0	+
11/12/85	6.40	-300	20971	46.6	33.2	0.7	140	4 57°C	5.4 57°C	57.3	0	+
26/2/86	6.32	-360	19836	41.5 25°C	29	0.25	159	4 57.2°C	4.7 57.2°C	57.2	0	+
3/6/86	6.4	-312	20520	49.5 25°C	31	0.5	108	4 57.2°C	5.66 57.2°C	57.2	0	0
14/10/86	6.44	-277	21043	37	28	0.12	154	3.4 57.9°C	5.8	57.9	0	0
24/2/87	6.41	-316	20685	35	34.68	0.10	177	3.3	4.9	58.6	0	0

* F = ferrobactéries
S = sulfatobactéries

0 = absence
+ = présence

FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS : LES INTERVENANTS

EXPLOITANT : SAC

CONTRAT DE CHAUFFAGE : Février 1985 à septembre 1993.

CONTRAT SAF LONG TERME										
	DATE	Q m3/h	P. Exhaure kW sous V		P. réinjection kW sous V		T. exhaure	T. réinjec.	Po kW	P1 kW
PROTOCOLE DEFINITIF										
MESURES VERITAS										

Nota : Le Maître d'ouvrage n'a pas pris de contrat SAF.

CONTRAT DE SUIVI - MAINTENANCE

SOCIETES		TYPE DE CONTRAT	CARACTERISTIQUES	DEBUT	FIN
MAINTENANCE	CLIENT				
CFG	SMGC	Suivi boucle	Auscultation-diagnostic + suivi fluide	1/10/85	30/9/89
CFG	SMGC	Suivi corrosion		1/6/86	1/9/89
CFG	SMGC	Maintenance	Gros entretien, rempla- cement pompe + câble.	1/4/85	31/1/89

REHABILITATIONS :

DATE	FORAGE	NATURE DE L'INTERVENTION	RESULTATS	
			Avant	Après
24/7 5/8/86	INJECTION	CURAGE + ACIDIFICATION + DIA- METREUR - FLOWMETRE	83.3 m3/h 48.8°C (artésien)	140.7 m3/h 50.5°C (artésien)
4/87	PRODUCTION	ESSAI DE "HERISSON" + CURAGE		117 m3/h 56°C (artésien)

ESSAIS D'INHIBITEURS : MARS 1987 : expérience d'électrochloration sur F
production.

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SOUS-SOL

F O R A G E S

NUMEROTATION	PRODUCTION	INJECTION
	GLC S1	GLC S2
Chambre de pompage ou réinjection - DIAMETRE - PROFONDEUR	13"3/8 506.5 m	7" 2047 m (dévié)
Déviation - MOYENNE - MAXIMALE - AMORCE DEVIATION	VERTICAL	44°5 60°6
Protection Albien-Néocomien - DOUBLE-TUBAGE ? - CIMENTATION	9"5/8 7" double cimentation	9"5/8 7" double cimentation
DIAMETRE FORATION AQUIFERE	6"	6"
HAUTEUR (déviée) DE LA ZONE DE SEDIMENTATION (Fond du forage à dernier horizon producteur)	97 m	26 m
Tubages en contact avec fluide géothermal - DIAMETRE - NUANCE ACIER - EPAISSEUR EN MM	13"3/8 7" K55 9.65	7" K55 9.19
ECARTEMENT DES FORAGES (milieu Aquifère)		

DISPOSITIF D'EXHAURE

GENRE : - Immergée -

MARQUE : BYRON JACKSON

TYPE : MQ XH 8 étages DIAMETRE : 10"

MOTEUR : 12" BY-JA

PUISSANCE : 330 HP SOUS : 2000 V

PROFONDEUR IMMERSION : 350 m

COLONNE D'EXHAURE : HAGUSTA

DIAMETRE : DN 175

NATURE MATERIAU : Acier revêtu caoutchouc.

DESCRIPTIF DES INSTALLATIONS SURFACE

VARIATEUR POMPE EXHAURE

MARQUE : JEUMONT-SCHNEIDER TYPE :

ECHANGEUR

NOMBRE : 2

NATURE : A PLAQUE TITANE

MARQUE : MATEQUIP TYPE : UX 416 UP 409

PUISSANCE :

SURFACE D'ECHANGE : 310.08 m2

FILTRE :

MARQUE : TAMIS :

DECANTATION : Pot de décantation.

TUYAUTERIES SURFACE

NATURE MATERIAU : TUBES SMT BONDSTRAND (2 tuyaux calorifer diamètre de 200, fibre de verre et epoxy, acier revêtu rilsan.

POMPE INJECTION

MARQUE : BYRON JACKSON TYPE : 1000 VLT 7 étages - 2950 tr/mn

MOTEUR : JEUMONT SCHNEIDER TYPE : KW 154

PUISSANCE : 154 kW

VARIATEUR INJECTION

MARQUE : JEUMONT SCHNEIDER TYPE :

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	32	24	0.6	14.6	14
INJECTION	71	25	1.33	33.3	16

AQUIFERE CAPTE : DOGGER

EVOLUTION DE LA FOURNITURE GEOTHERMALE

ANNEE	MWh utiles géothermiques	Taux disponibilité	Taux de couverture
82-83	?		
83-84	?		
1/7/84-6/85	16 600 (PCS)		24 %
7/85-6/86	16 714 (PCS)		27 %
3/86-2/87	16 237 (MWh ut)		

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*
31/7/85	6.45	-305	19700	54.3	42.16	0.43	?	3.5	5.6	55.4	0	+
19/2/86	6.53	-340	19640	41.2 à 25°	60	0.18	113.6	2.7 à 55.9°	6.1	55.9	0	0
6/8/86	6.38	-318	19716	36.9	41.15	0.09	105	3.4	5.6	55.1	0	0
15/10/86	6.44	-282	19493	34.4	40	0.05	85	3.4	5.1	55.5	0	0
6/11/85	6.35	-373	17704	43.1	48	0.08	163		5.6	55.4	0	0
19/12/86	6.53	-340	19640	41.2	60	0.18	113.6	2.7	6.1	55.9	0	0
25/2/87	6.44	-328	19090	32.3	43.86	0.08	137	3.7	6.1	56.2	0	0

* F = ferrobactéries
S = sulfatobactéries

0 = absence
+ = présence

FOURNITURE GEOTHERMALE : EVOLUTION DU FONCTIONNEMENT

DATE	Q produc m3/h	T tête de puits	T retour puits	P en tête puits produc. bar	P en tête puits injection bar	P Aspira- tion pompe In bar	PUISSANCE EN kW ABSORBEE			Rabat en m	P Artési- enne bar
							Produc.	Injection	Total		
7/12/80	97 artésien		58°1 (1690 m)								8 kg/cm2
14/2/81	97.5 artésien	57.9° 1836m dé									8 kg/cm2
31/7/85	118	54	48	8.94	21.7	8.6	115.34	64.45	179.79	36.1	7.57
13/11/85	161	55	41	7.47	30.8	8.32	239.43	173.3	412.73	202.5	6.58
26/2/86	114	54	43	8.40	20.8	6.2	120.86	73.96	194.82	30.5	7
16/4/86	161	57.9	35.8	8.1	33.1	7.6	230.96	174.45	405.41		
25/4/86	119			7.76	23.2	7.45	113.52	83.35	196.87	99.5	7.4
6/8/86	106	57	46	7.98	20.45	7.45	93.94	72.21	166.15	40 ?	8.75
23/9/86	94	54	48.2	7.88	27.45	7.18	152.35	121.21	273.56	142.6	8.02
29/10/86	115			8.1	23.5	5.8	113.52	92.55	206.07	95.8	7.9
17/12/86	159	54.8	36.3	9.28	39.48	8.66	273.44	190.07	463.51	226.5	7.52
5/9/85	182			8.2	33.1	7.9			461.9 *	209	7.54
10/2/87	130	57	38	8.92	29.18	7.82	154.9	127.9	282.8	136	8.18

* : En sortie variateur.

FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS : LES INTERVENANTS

EXPLOITANT : SAC (également lors OPHLM PARIS)

CONTRAT DE CHAUFFAGE : 1/7/84 au 30/9/91

CONTRAT SAF LONG TERME											
	DATE	Q m3/h	P. Exhaure		P. réinjection			T. exhaure	T. réinjec.	Po kW	Pi kW
			kW	sous V	kW	sous	V				
PROTOCOLE DEFINITIF											
MESURES VERITAS											

Nota : Le Maître d'ouvrage n'a pas souscrit de contrat SAF.

CONTRAT DE SUIVI - MAINTENANCE

SOCIETES		TYPE DE CONTRAT	CARACTERISTIQUES	DEBUT	FIN
MAINTENANCE	CLIENT				
CFG	SMGC	Suivi boucle	Auscultation diagnostic + suivi fluide	1/10/85	30/9/89
CFG	SMGC	Suivi boucle	Suivi corrosion	30/6/86	30/9/89
CFG	SMGC	Maintenance	Gros entretien + rempla- cement pompe + câble	1/4/85	31/1/89

REHABILITATIONS : Pas de réhabilitation effectuée.

DATE	FORAGE	NATURE DE L'INTERVENTION	RESULTATS	
			Avant	Après

ESSAIS D'INHIBITEURS : Pas d'essai réalisé.