

**OFFICE PUBLIC D'HLM DE LA VILLE DE PARIS**

49, rue Cardinal Lemoine - 75231 Paris Cedex 5

**FORAGE GÉOTHERMIQUE DE LA COURNEUVE SUD GLCS 2**

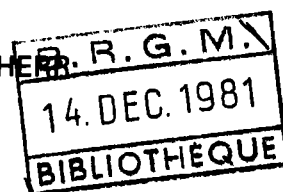
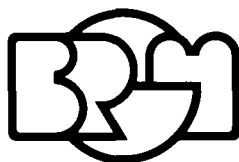
**RAPPORT DE FIN DE SONDAGE**

ÉTABLI PAR :

MM. L. COS	(rapport technique de forage)
J. GIMENEZ	(supervision technique)
A. MENJOZ - H. FABRIS	(rapport d'essai)
J. ROJAS	(rapport géologique)
O. GOYENECHÉ - A. DESPLAN	(rapport géochimique)

AVEC LA COLLABORATION DE :

MM. R. GABLE - B. MOUSSIE - P. SCHERER



**BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**

**Département géothermie**

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex - Tél.: (38) 63.80.01

Rapport du B.R.G.M.

**81 SGN 386 GTH**

Mai 1981

## S O M M A I R E

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 - FICHE RECAPITULATIVE DES RESULTATS	2
CHAPITRE 2 - RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE	3
2.1. - Historique du sondage	3
2.2. - Compte-rendu journalier des opérations	3
2.3. - Etat du puits après les opérations	8
2.4. - Répartition des longueurs forées en différents diamètres	8
2.5. - Vitesse moyenne de pénétration par diamètre	8
CHAPITRE 3 - RAPPORT GEOLOGIQUE	40
3.1. - Coupe lithostratigraphique du forage	40
3.2. - Géologie du réservoir	40
CHAPITRE 4 - RAPPORT GEOCHIMIQUE	45
4.1. - Chimie de l'eau géothermale	45
4.2. - Evaluation des problèmes liés à l'exploitation de l'eau	46
CHAPITRE 5 - RAPPORT D'ESSAI DE PRODUCTION	
5.1. - Résumé et rappel des caractéristiques	64
5.2. - Interprétation de l'essai du 14/02/81	65

## LISTE DES ANNEXES

---

- Annexe 1 - Forage géothermique GLCS2 - coupe technique
- Annexe 2.1. - Répartition des temps (tableau)
- Annexe 2.2. - Répartition des temps (représentation graphique)
- Annexe 3 - Performance des outils de forage (17"1/2 - 12"1/4 - 8"1/2 - 6")
- Annexe 4.1. - Composition de la colonne 13"3/8
- Annexe 4.2. - Composition de la colonne 9"5/8
- Annexe 4.3. - Composition de la colonne 7"
- Annexe 4.4. - Job report
- Annexe 5.1. - Produits boue - bilan des volumes - caractéristiques moyennes  
(phase 17"1/2 - phase 12"1/4 - phase 8"1/2 - phase 6")
- Annexe 5.2. - Garniture GLCS 2 (dévié)

## INTRODUCTION

Le puits de réinjection GLCS2 entrepris à La Courneuve pour le compte de l'OPHLM de la ville de Paris, bien que situé dans un environnement particulièrement difficile (problèmes de bruit) a été conduit avec succès.

Le problème du bruit a modifié totalement la conduite du forage et a été à l'origine (les modifications de garniture étant limitées au strict minimum et l'écartement devant être de 1 000 m environ entre production et réinjection) de l'importance de l'angle de déviation qui a atteint 60° en phase 8"1/2.

Le système de boue choisi et les précautions prises lors de la réalisation du forage se sont avérés efficaces puisqu'un seul coincement a été observé et résolu rapidement et que les tubes 7" ont été descendus sans difficulté.

Ce forage a mis par ailleurs en évidence, que à 1000 m de distance, le Dogger pouvait avoir des caractéristiques de réservoir sensiblement différentes.

CHAPITRE 1

FICHE RECAPITULATIVE DES RESULTATS

1 - FICHE RECAPITULATIVE DES RESULTATS OBTENUS SUR LE FORAGE  
GEO THERMIQUE DE LA COURNEUVE SUR GLCS2

COMMUNE : LA COURNEUVE

DEPARTEMENT : SEINE SAINT DENIS

COORDONNEES  
 LAMBERT : x = 603467,7  
 y = 136365,6  
 z = 35

MAITRE D'OUVRAGE : OPHLM DE LA VILLE DE PARIS

MAITRE D'OEUVRE : B.R.G.M.

ENTREPRENEUR : GIE FORAKY FORAMINES

BUT DU SONDAGE : REALISATION DU PUIITS DE REINJECTION D'UN DOUBLET  
 GEO THERMIQUE AU DOGGER

APPAREIL : TR800

DUREE DU SONDAGE : Du 23.12.80 au 16.02.81

PROFONDEUR FINALE : 2 189 m

CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR :

---

Niveaux producteurs	entre 1647 m et 1718 m
Hauteur productrice	h = 25 m
Porosité moyenne	$\emptyset = 16 \%$
Température stabilisée à 1836 m dév. au débit de 97.5 m <sup>3</sup> /h	Tf = 57.9 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.49 cp
Salinité moyenne	= 22 g/l
Compressibilité totale	Ct = 9.6 10 <sup>-5</sup> atm
Pression artésienne	Par = 8 kg/cm <sup>2</sup> a.
Pression statique extrapolée	Pe = 165.8 kg/cm <sup>2</sup> abs(1836 m, d)

---

Transmissivité relative	kh/u = 6793 D. cm/cp
Transmissivité intrinsèque	kh = 33.3 D. m
Permeabilité intrinsèque	k = 1.33 D
Facteur de skin global (effet de déviation)	S = - 2.41

---

## CHAPITRE 2

### RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

## 2 - RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

*REMARQUE : toutes les profondeurs sont prises par rapport au sol.*

### 2.1. - Historique du sondage

Début forage : 23.12.1980  
 Fin forage : 09.02.1981  
 Essais : à partir du 11.02.1981  
 Fin du sondage : 16.02.1981

Le sondage a duré 56 jours.

Le sondage a été exécuté avec l'appareil SKYTOP TR 800 de la société Foraky-Foramines. Le B.R.G.M. (département Géothermie) a assuré la maîtrise d'oeuvre de l'opération.

La société SAMEGA était chargée de la surveillance géologique sous la supervision du B.R.G.M. (département Géothermie et SGR IDF).

### 2.2. - Compte-rendu journalier des opérations

- 23.12.80 - Préparation outil 17"1/2. Forage en 17"1/2 de 0 m à 63 m. Remontée outil au sabot. Arrêt du forage de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
 Avancement de la journée : 63 m.
- 24.12.80 - Descente outils, forage en 17"1/2 de 63 m à 122 m. Mise en place d'un bouchon de boue épaisse, mesure de déviation au câble : 0,45°. Remontée outil au sabot. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
 Avancement de la journée : 59 m.
- 25.12.80 - Arrêt Maître d'Ouvrage.
- 26.12.80 - Descente outil au fond. Reforage de 94 m à 122 m. Forage en 17"1/2 de 122 m à 197,50 m. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
 Avancement de la journée : 75,50 m
- 27.12.80 - Descente outil au fond. Reforage de 195 m à 197,50 m. Forage de 197,50 m à 282 m. Remontée outil au jour. Changement outil. Descente 2 longueurs D.C. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
 Avancement de la journée : 84,50 m
- 28.12.80 - Descente outil au fond. Forage en 17"1/2 de 282 m à 366 m. Remontée 5 lgs. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
 Avancement de la journée : 84 m.
- 29.12.80 - Descente outil au fond. Forage de 366 m à 468 m. Circulation 1/2 h. Remontée 5 longueurs. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
 Avancement de la journée : 102 m.

- 30.12.80 - Descente outil au fond. Forage de 468 m à 533 m. Circulation. Remontée 12 longueurs. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
Avancement de la journée : 65 m.
- 31.12.80 - Terminé de remonter l'outil au jour. Préparation matériel de tubage. Tubage de la colonne 13"3/8 de 0 m à 496 m. Circulation. Cimentation avec 48 T ciment CPA55 amiante de 1,85. Chasse. Attente prise ciment.
- 01.01.81 - Attente prise ciment, relaché la colonne à 11 H 30. Coupé le tube guide. Préparation de la casing-head. Cimentation complémentaire de surface.
- 02.01.81 - Montage du B.O.P. Essais d'étanchéité 50 kg/cm<sup>2</sup>. 15 mn. OK. Descente outil 12"1/4 en cours.
- 03.01.81 - Terminé la descente outil 12"1/4. Top du ciment à 482 m. Reforage du ciment. Forage de 533 m à 550 m. Circulation, mesure de déviation au câble 0,30°. Fabrication boue. Chasse boue polluée. Remonté au sabot. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
Avancement de la journée : 17 m.
- 04.01.81 - Remonté outil au jour. Préparation du matériel pour la déviation. Gerbé la turbine. Essais de la turbine en surface. Descente de la turbine. Gerbé les K monel. Mesure d'orientation. Forage de 550 m à 565 m (NJ 1/4 W - 0,40° à 555 m). Forage de 565 m à 575 m (N 12"3/4 W - 0,27° à 564 m). Circulation. Remontée deux longueurs. Outil au sabot. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.  
Avancement de la journée : 25 m.
- 05.01.81 - Descente outil au fond. Forage de 575 m à 584 m (mesure déviation N 15"1/4 W - 0,35° à 573 m). Forage de 584 m à 602 m (mesure déviation N 27"1/2 W, 0,71° à 592m). Rectification azimuth forage de 602 m à 620 m (mesure déviation). Forage de 620 m à 640 m (mesure déviation N° 47"3/4 W - 0,99° à 630 m). Forage de 640 m à 660 m (mesure déviation N 36"3/4 W - 1,22° à 648 m). Avancement de la journée : 85 m.
- 06.01/81 - Forage de 660 m à 677 m (mesure déviation). Circulation. Remontée la turbine de forage au jour. Changement outil, vissé un stabilo, un K Monel. 5 lgs DC8". Gerbé 6 lgs. Hevi wate Drill Pipes. Descente posé à 602 m. Reforage de 602 à 677 m. Forage de 677 m à 715 m. Avancement de la journée : 55 m.
- 07.01.81 - (mesure déviation). Forage de 715 m à 724 m. Changé le câble du treuil de curage. Forage de 724 m à 771 m. Circulation (mesure déviation). Forage de 771 m à 836 m (mesure déviation). 18,40° à 832 m. Forage de 836 m à 902 m (mesure déviation N 27"1/2 W - 16,60° à 887 m). Foré à 902 m à 977 m (mesure déviation). Foré de 977 m à 979 m. Circulation.  
Avancement de la journée : 264 m.
- 08.01.81 - Circulation. Remonté outil au jour. Changement outil. Descente outil posé à 950 m. Reforage de 950 m à 979 m. Forage 979 m à 1032 m. Enregistrement du bruit. Foré de 1032 m à 1065 m. Avancement de la journée : 86 m.
- 09.01.81 - Forage de 1065 m à 1070 m. Circulation (mesure déviation). Circulation. Remonté outil au jour. Préparation matériel de tubage. Schlumberger GR-BHC caliper BGT. Tubage 9"5/8 en cours de descente. Avancement de la journée : 5 m

- 10.01.81 - Terminé: descente tubage. Montage LINER HANGER. Rangement matériel de tubage.
- 11.01.81 - Posé le tubage à 1068 m avec les tiges de 5". Circulation. Ancré le tubage. Tête du LINER HANGER à 627,93 m. Circulation. Cimentation 10 T CPJ55. Amiante  $d = 1,85$ . Chasse  $28,5 \text{ m}^3$ . Remontée tiges 5". Attente prise ciment.
- 12.01.81 - Dégerbage D.C. 9"1/2 et 8". Gerbé D.C. 8"1/2. Descente outil 8"1/2. Reforage ciment sur le liner hanger. Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit.
- 13.01.81 - Descente outil à 1041 m. Reforage bouchon et sabot. Forage en 8"1/2 de 1070 m à 1071,50 m. Remontée outil au jour. Changement outil, descente outil au sabot. Fabrication  $120 \text{ m}^3$  de boue. Descente outil au fond. Forage de 1071,50 m à 1072 m.
- 14.01.81 - Foré de 1072 m à 1081 m. Circulation. Remontée outil au jour. Changement outil. Descente au fond. Forage en 8"1/2 de 1081 m à 1134 m. Circulation. Mesure de déviation. Rupture du câble dans les tiges. Descente au fond. Circulation. Avancement de la journée 62 m.
- 15.01.81 - (mesure déviation). Remontée outil au jour. Changement outil. Changé les RAMS sur B.O.P.
- 16.01.81 - Gerbé la turbine 6"1/4 et coulisse. Descente outil. Forage de 1134 m à 1149 m (mesure déviation). Forage de 1149 m à 1158 m. Mesure déviation. Forage de 1158 m à 1166,50 m. Plus d'avancement. (mesure déviation). Circulation. Avancement de la journée : 32,50 m.
- 17.01.81 - Remontée outil au jour. Contrôle et essais de la turbine. Changé outil. Descente au fond. Forage de 1166,50 m à 1173 m (mesure déviation). Forage de 1173 m à 1193 (mesure déviation). Forage de 1192 m à 1201 m (mesure déviation). Forage de 1201 m à 1211 m. Circulation. Avancement de la journée : 44,50 m.
- 18.01.81 - Remontée outil au jour. Gerbé la turbine et un D.C. Descente outil au fond. Posé à 1150 m. Reforage de 1150 m à 1211 m. Forage de 1211 m à 1255 m. (mesure déviation). Forage de 1255 m à 1265 m. Avancement de la journée : 54 m.
- 19.01.81 - Forage de 1265 m à 1274 m (mesure de déviation). Foré de 1274 m à 1295 m. Remontée outil au jour. Changement de garniture. Descente outil au fond. Forage de 1295 m à 1328 m (mesure déviation). Foré de 1328 m à 1331 m. Avancement de la journée : 66 m.
- 20.01.81 - Forage de 1331 m à 1356 m (mesure déviation). Forage de 1356 m à 1374 m (mesure déviation). Forage de 1374 m à 1411 m. (mesure déviation). Avancement de la journée : 80 m.
- 21.01.81 - Forage de 1411 m à 1414 m. Circulation. Remontée outil au jour. Changement garniture. Descente outil au fond. Forage de 1414 m à 1440 m. Avancement de la journée : 29 m.
- 22.01.81 - Forage de 1440 m à 1451 m (mesure déviation). Forage de 1451 m à 1488 m (mesure déviation). Forage de 1488 m à 1544 m (mesure de déviation).

- 22.01.81 - Foré de 1544 m à 1576 m.  
Avancement de la journée : 136 m.
- 23.01.81 - Forage de 1576 m à 1602 m (mesure déviation). Circulation. Remontée outil au jour. Changé stabilisation de la garniture de forage. Descente outil au fond. Forage 1602 m à 1642 m. Avancement de la journée : 63 m.
- 24.01.81 - Forage de 1642 m à 1668 m. Mesure déviation. N 29"3/5 W - 47,94° à 1646 m. Forage de 1668 m à 1732 m. Mesure déviation N 28"1/4 W - 64° à 1720 m. Forage de 1732 à 1749 m.  
Avancement de la journée : 108 m.
- 25.01.81 - Forage de 1749 m à 1770 m. Circulation SHORT TRIP. Coincement de la garniture à 1633 m. Battage avec la coulisse. Mise en place d'un bouchon de free-pipe. Chasse. Attente.  
Avancement de la journée : 21 m.
- 26.01.81 - Attente effet du bouchon de free pipe. Battage vers le haut et vers le bas, toutes les 3 mn traction 140 T. Garniture décoincée à 18 h 45. Remonté 20 longueurs. Changé tube d'usure.
- 27.01.81 - Descente outil au fond. Pose à 1725 m. Reforage de 1625 m à 1770 m. Forage de 1770 m à 1808 m (mesure déviation). Forage de 1808 m à 1840 m.  
Avancement de la journée : 70 m.
- 28.01.81 - Forage de 1840 m à 1884 m (mesure déviation). Forage de 1884 m à 1909 m. Avancement de la journée : 64 m
- 29.01.81 - Forage de 1904 m à 1906,00 m. Circulation. Remonté outil au jour. Changement d'outil. Descente outil au fond. Posé à 1630 m. Passé en circulation. Terminé la descente jusqu'au fond. Forage de 1906 m à 1921 m.  
Avancement de la journée : 17 m.
- 30.01.81 - Forage de 1921 m à 1973 m (mesure déviation). Forage de 1973 m à 2037 m.  
Avancement de la journée : 116 m.
- 31.01.81 - Forage de 2037 m à 2043 m. N 22 1/4°W 59,48°. Circulation. Remonté outil au jour. Schlumberger GR BHC CALIPER BGT. Descente outil.  
Arrêt de 22 h à 4 h pour cause de bruit. Avancement de la journée : 6m.
- 01.02.81 - Terminé la descente. Reforage de 2022 m à 2043 m. Forage de 2043 m à 2053 m. Circulation. Remontée outil au jour en débloquent la garniture.  
Avancement de la journée : 10 m.
- 02.02.81 - Préparation pour le tubage. Descente du tubage de 7". Sabot à 2047 m. Montage du matériel de cimentation. Circulation. Mise en place Fluid Spacer. Cimentation. 12 ciment CPJ45 Amiante D.1,80 ouverture DV. Circulation. Attente prise ciment.
- 03.02.81 - Mise en place Fluide Spacer. Cimentation 2ème étage. 14 T ciment CPJ45 Amiante D. 180. Chasse 29 m<sup>3</sup>. Ouverture deuxième DV. Mise en place Fluid Spacer. Cimentation troisième étage 40 T ciment CPJ 55 amianté. D.180. Chasse 15 m<sup>3</sup>. Démonte des B.O.P. Posé la

colonne sur slips. Coupe du tube 7". Montage du B.O.P. et du tube fontaine.

- 04.02.81 - Terminé le montage de la tête de puits. Dégerbage tiges 5". Tige carrée 5".
- 05.02.81 - Terminé le dégerbage tiges 5" gerbés D.C. 4"3/4. Gerbé tiges 3"1/2. Top ciment du troisième étage à 755,43 m. Reforage bouchons ciment et DV. Continué de gerber les tiges 3"1/2.
- 06.02.81 - Gerbé tiges 3"1/2. Top ciment 2ème étage à 1302,31 m. Reforage bouchons et DV. Gerbé tiges 3"1/2 top de l'anneau. Soupape à 2024,50 m. Reforage anneau et sabot. Circulation. Remonté outil en cours.
- 07.02.81 - Fabrication boue. Remontée outil au jour. Préparation nouvelle garniture de forage. Test tête de puits au tester cup 50 kg/cm<sup>2</sup> 15' OK. Descente outil. Arrêt pour cause de bruit de 22 h à 4 h.
- 08.02.81 - Terminé descente outil, changement de boue. Forage de 2053 m à 2175 m. Avancement de la journée : 122 m.
- 09.02.81 - Forage de 2175 à 2189 m. Circulation. Remonté outil au jour. Test de pression B.O.P. 50 kg/cm<sup>2</sup>. 15 mn. Schlumberger FDC.GR. Montage de la flow line. Avancement de la journée : 14 m.
- 10.02.81 - Montage du matériel. Essais de production. Descente du diffuseur à 150 m. Air lift. Descente tiges à 700 m. Injection 20 m<sup>3</sup> saumure. Descente tiges au sabot. Placé bride pleine sur la flow line.
- 11.02.81 - Préparation acide. Descente tiges au fond. Acidification 17,5 m<sup>3</sup> acide - chasse 8 m<sup>3</sup>, 27,5 m<sup>3</sup> acide - chasse 11 m<sup>3</sup>, 15 m<sup>3</sup> acide chasse 6 m<sup>3</sup>, 3,5 m<sup>3</sup> saumure. Remonté les tiges à 150 m. Mise en place matériel. Air lift. Arrêt air-lift. Compresseur en panne.
- 12.02.81 - Démontage tête air lift. Descente tiges à 800 m. Lavage à l'eau. Remontée ligne d'air à 180 m. Essais air lift négatif. Remonté ligne d'air à 148 m. Essais air lift négatifs. Remontée tiges à 75 m. Air lift OK. Remontée diffuseur au jour. Essais débit en artésien.
- 13.02.81 - Mesures de pression Schlumberger et débit.
- 14.02.81 - Mesure de pression. Injection au puits n° 1. Injection 14 m<sup>3</sup> de saumure au puits n° 1. Démontage du matériel Schlumberger. Démontage du matériel air lift. Fabrication saumure 30 m<sup>3</sup>.
- 15.02.81 - Descente tiges à 600 m. Injection 30 m<sup>3</sup> de saumure. Fabrication 12 m<sup>3</sup> saumure. Mise en place. Arrêt essais production. Dégerbage tiges 3"1/2
- 16.02.81 - Terminé le dégerbage de tiges. Démontage B.O.P. Montage tête de puits. DTM.

### 2.3. - Etat du puits après les opérations

Sabot tube guide 30"	6 m
Sabot tubage 13"3/8	496 m
Sabot tubage 9"5/8	1068 m
Tête casing hanger	447,71 m
Sabot tubage 7"	2047 m
Fond du puits en 6"	2189 m
Réservoir sans complétion.	

### 2.4. - Répartition des longueurs forées en différents diamètres

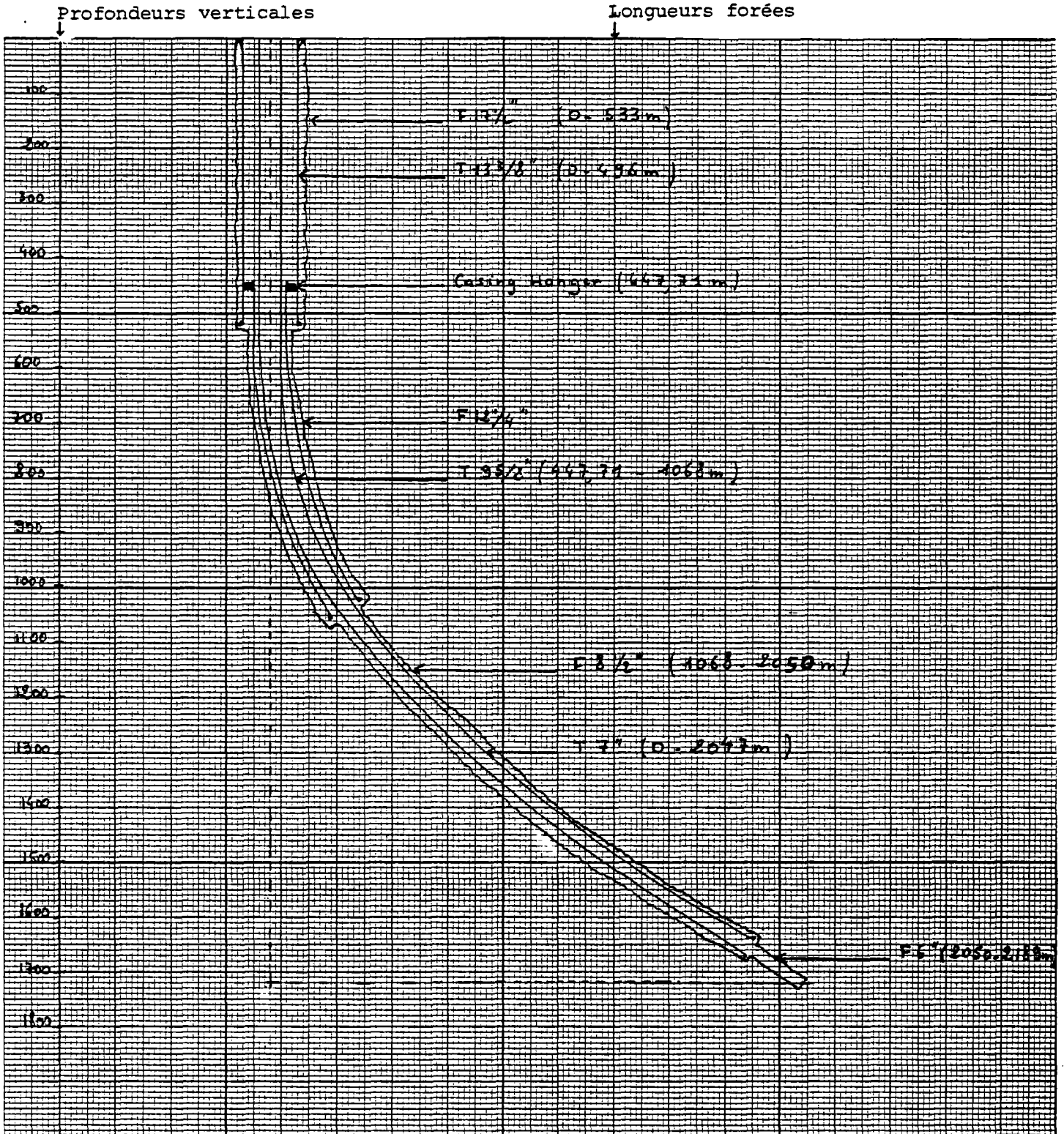
Forage en 17"1/2	533 m
Forage en 12"1/4	537 m
Forage en 8"1/2	983 m
Forage en 6"	136 m

### 2.5. - Vitesse moyenne de pénétration par diamètre

R.B.	$\frac{2189 \text{ m}}{324 \text{ H } 45} = 6,74 \text{ m/h}$
Outil 17"1/2	$\frac{533 \text{ m}}{65 \text{ H } 00} = 8,20 \text{ m/h}$
Outil 12"1/4	$\frac{537 \text{ m}}{44 \text{ H } 45} = 12,00 \text{ m/h}$
Outil 8"1/2	$\frac{983 \text{ m}}{200 \text{ H } 00} = 4,92 \text{ m/h}$
Outil 6"	$\frac{136 \text{ m}}{15 \text{ H } 00} = 9,06 \text{ m/h}$

FORAGE GEOTHERMIQUE GLCS2

Coupe technique

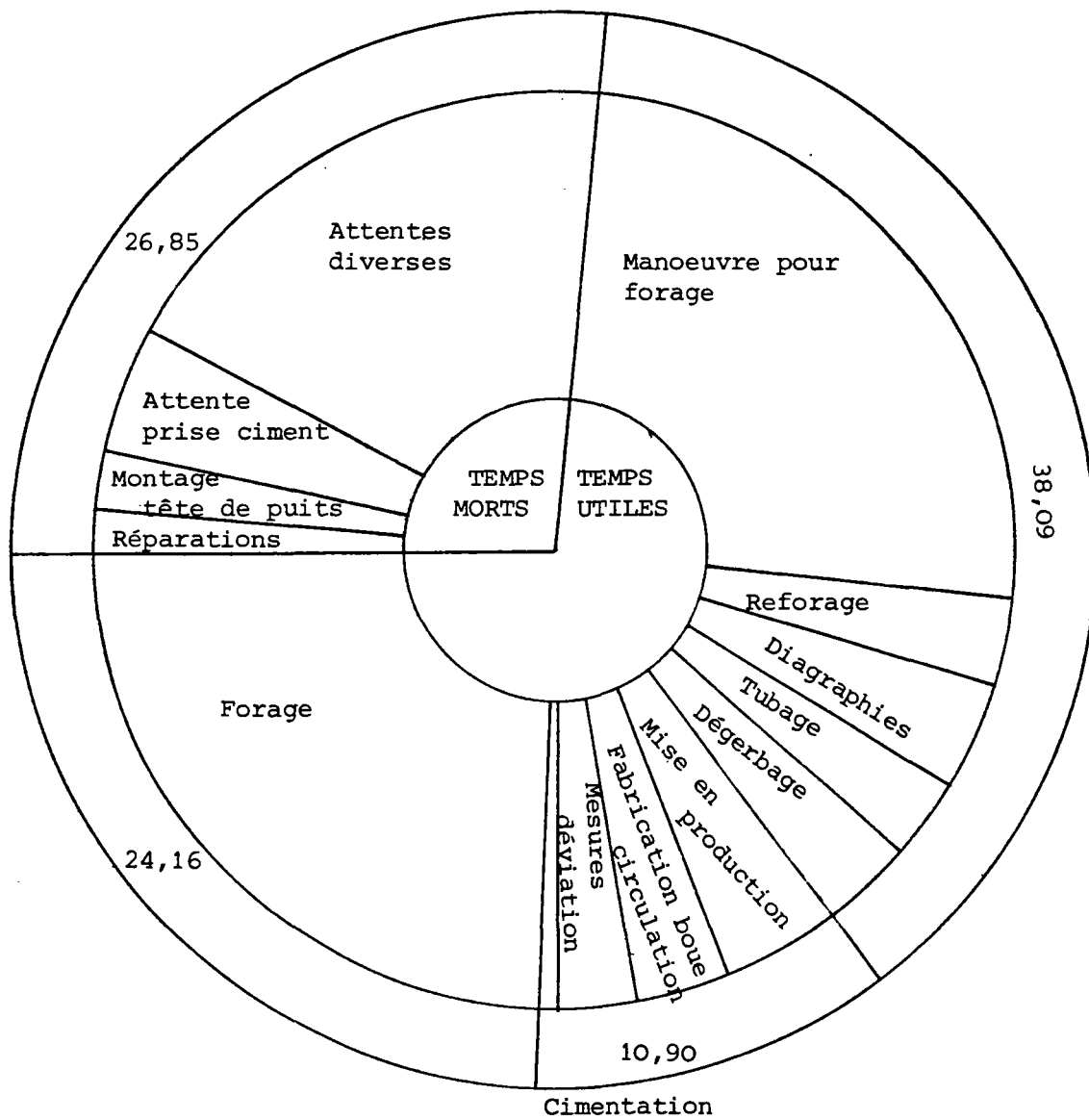


## REPARTITION DES TEMPS

-----

Cette répartition comporte 14 types d'opérations ou postes les 56 jours de durée du forage correspondant à 1344 heures de travail

OPERATIONS	PHASE 17"1/2	PHASE 12"1/4	PHASE 8"1/2	PHASE 6"	TOTAL	%
FORAGE	65 H 00	44 H 45	200 H 00	15 H 00	324 H 45	24,16
MANOEUVRE POUR FORAGE	36 H 30	47 H 00	179 H 45	72 H 15	335 H 30	25,00
REFORAGE	2 H 45	14 H 15	18 H 30	8 H 25	43 H 45	3,26
FABRICATION BOUE CIRCULATION	2 H 30	14 H 45	24 H 45	2 H 45	44 H 45	3,30
MESURE DEVIATION		14 H 50	22 H 30		37 H 00	2,75
TUBAGE	10 H 00	16 H 00	11 H 30		37 H 30	2,79
CIMENTATION	2 H 00	2 H 30	5 H 45		10 H 15	0,76
ATTENTE PRISE CIMENT	33 H 30	9 H 00	18 H 00		60 H 30	4,50
MONTAGE BOP ET TETE DE PUIIS	17 H 00			10 H 30	22 H 30	2,05
SPE		5 H 45	7 H 15	37 H 45	50 H 45	3,77
MISE EN PRODUCTION				55 H 00	55 H 00	4,09
REPARATIONS		1 H 00	15 H 30	2 H 30	19 H 00	1,42
ATTENTES DIVERSES	94 H 45	46 H 30	53 H 15	65 H 15	253 H 45	18,88
DEGERBAGE		6 H 00	19 H 15	18 H 45	44 H 00	3,27
	264 H 00	216 H 00	576 H 00	288 H 00	1344 H 00	100 %



TEMPS UTILES

TEMPS MORTS

Forage	24,16	24,16 %
Manoeuvre pour forage	25,00	} 38,09 %
Reforage	3,26	
Diagraphie	3,77	
Tubage	2,79	
Dégerbage	3,27	
Mise en production	4,09	} 10,9 %
Fabrication boue circulation	3,30	
Mesure de déviation	2,75	
Cimentation	0,76	
	<u>73,15</u>	%

Réparations	1,42 %
Montage tête de puits	2,05 %
Attente prise ciment	4,50 %
Attentes diverses	18,88 %
	<u>26,85</u> %

PHASE 17 1/2 - 12 1/4

NB	∅	TYPE	N° SERIE	PROFONDEUR (m) de à	METRES FORES	TEMPS DE ROTATION	POIDS T	ROTATION Tr/mn	DEBIT L/M	PRESSION BARS	MOYENNE HORAIRE
1	17 1/2	R1J	464 BR	0 : 533 m	533	65 H	10/15	90	2000	30	8,50 m
2	12 1/4	R2J	602 AR	533 : 677	144	14 H45	5	90	2000	40	9,76 m
3	12 1/4	R2J	216 AR	677 : 979	302	14 H15	18	90	2000	50	21,19 m
4	12 1/4	R2J	215 AR	979 : 1070	91	14 H00	18	90	2000	50	6,50

PHASE 8 1/2

5	8 1/2	R3J	755 AR	REFORAGE CIMENT ET BOUCHONS = 6 H								
6	8 1/2	R2J	660 AR	1070 : 1081	11	5 H	16	90	1500	60	2,20	
7	8 1/2	R2J	663 AR	1081 : 1134	53	3 H30	16	90	1500	60	15,14	
8	8 1/2	R2J	664 AR	1134 : 1166,50	32,50	TURBINE					5,41	
7 bis	8 1/2	R2J	663 AR	1166,50 : 1211	44,50	6 H00			1300	30	TOTAL 97,50 en 9 H 30 10 m 26/h	
9	8 1/2	J33	159 AR	1211,00 : 1295	84,00	14 H15	20	70	1000	60	5,89	
10	8 1/2	XRD4	738 AR	1295 : 1414	119	27 H45	20	70	1000	60	4,28	
9 bis	8 1/2	J33	159 AR	1414 : 1600	186	26 H15	20	75	1000	60	TOTAL 270 en 40H30 6m66/h	
11	8 1/2	J33	158 AS	1600 : 1906	306	69 H15	20	75	1500	60	4,40	
12	8 1/2	XRD4	739 DR	1906 : 2043	137	27 H30	20	85	1500	60	4,98	
11 bis	8 1/2	J33	158 AS	2043 : 2053	10	3 H30	20	75	1500	60	4,34 TOTAL 316 M ou 12 72H15=4,34 m/h	

PHASE 6"

ANNEXE 3 - suite 1 -

13	:	6"	:	R4	:	396 BR	:	REFORAGE CIMENT + DV + FLOAT COLLAR EN 7H15					:	:	:									
14	:	6"	:	J33	:	353 EL	:	2053	:	2189	:	136	:	13H45	:	8/9	:	65	:	1000	:	80	:	9,89
	:		:		:		:		:		:		:		:		:		:		:		:	

## COMPOSITION DE LA COLONNE 13"3/8

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N° 1

Ø TUBAGE : 13"3/8 K55 API 54.50 lbs/ft 9,65 m/m MANCHON COURT

N° d'ordre de descente	Désignation Grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
					496,00	
Sabot		0,34	0,34		495,66	
1		13,16	13,50		482,50	3C
Anneau		0,47	13,97		482,03	
2		12,70	26,67		469,33	2C
3		12,88	39,55		456,45	2C
4		12,90	52,45		443,55	
5		12,96	65,41		430,59	1C
6		13,14	78,55		417,45	
7		11,91	90,46		405,54	
8		12,70	103,16		392,84	1C
9		12,75	115,91		380,09	
10		13,08	128,99		367,01	
11		12,67	141,66		354,34	
12		12,94	154,60		341,40	1C
13		13,06	167,66		328,34	
14		13,16	180,82		315,18	
15		13,03	193,85		302,15	
16		13,37	207,22		288,78	
17		12,79	220,01		275,99	1C
18		12,96	232,97		263,03	
19		13,24	246,21		249,79	
20		12,89	259,10		236,90	Couple DE Serrage Torque 5 470 ft lbs
21		13,07	272,17		223,83	
22		13,32	285,49		210,51	
23		12,96	298,45		197,55	
24		12,96	311,41		184,59	
25		12,79	324,20		171,80	
26		13,32	337,52		158,48	1C
27		12,92	350,44		145,56	
28		13,09	336,53		132,47	
29		13,05	376,58		119,42	
30		13,16	389,74		106,26	1C
31		9,89	399,63		96,37	
32		9,95	409,58		86,42	
33		9,94	419,52		76,48	
34		9,96	429,48		66,52	1C
35		9,95	439,43		56,57	
36		9,85	449,28		46,72	
37		10,19	459,47		36,53	
38		9,69	469,16		26,84	
39		9,78	478,94		17,06	
40		10,06	489,00		7,00	1C
41		5,00	494,00		2,00	
Sous cave 2 m			496,00		0,00	

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N° 1

Ø TUBAGE : 9" 5/8 K55 API 36 lbs/ft 8.94 m/m

MANCHON COURT

N° d'ordre de descente	Désignation Grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
				Pied du sabot	1068 m	Couple de serrage 4230 ft lbs
Sabot		0,42	0,42		1067,58	
1		10,05	10,47		1057,53	3C 5 racleurs
2		10,00	20,47		1047,53	3C 4 racleurs
Anneau		0,35	20,82		1047,18	
3		10,12	30,94		1037,06	3C
4		10,08	41,02		1026,98	2C
5		13,02	54,04		1013,96	1C
6		13,22	67,26		1000,74	2C
7		9,94	77,20		990,80	1C
8		10,56	87,76		980,24	1C
9		13,23	100,99		967,01	1C
10		13,08	114,07		953,93	1C
11		12,94	127,01		940,99	1C
12		13,09	140,10		927,90	1C
13		13,06	153,16		914,84	1C
14		12,91	166,07		901,93	1C
15		13,31	179,38		888,62	
16		12,98	192,36		875,64	1C
17		12,75	205,11		862,89	1C
18		13,09	218,20		849,80	1C
19		13,12	231,32		836,68	
20		12,79	244,11		823,89	1C
21		13,05	257,16		810,84	1C
22		13,08	270,24		797,76	1C
23		13,19	283,43		784,57	
24		12,88	296,31		771,69	1C
25		13,26	309,57		758,43	1C
26		12,84	322,41		745,59	1C
27		13,22	335,63		732,37	1C
28		13,35	348,98		719,02	1C
29		13,13	362,11		705,89	1C
30		13,18	375,29		692,71	1C
31		12,79	388,08		679,92	1C
32		12,78	400,86		667,14	
33		12,59	413,45		654,55	1C
34		13,10	426,55		641,45	1C
35		12,80	439,35		628,65	1C
36		12,78	452,13		615,87	1C
37		12,80	464,93		603,79	1C
38		12,25	477,18		591,54	1C
39		13,43	490,61		578,11	1C
40		13,20	503,81		546,91	1C
41		13,12	516,93		551,79	1C
42		9,85	526,78		541,94	
43		10,01	536,79		531,93	1C
44		9,94	546,73		521,99	
45		12,89	559,62		509,10	1C

## COMPOSITION DE LA COLONNE 9"5/8

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N°2

Ø TUBAGE : 9"5/8 K55 API 36 lbs/ft 8.94 m/m

MANCHON COURT

N° d'ordre de descente	Désignation grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
46		10,02	569,64		499,08	1C
47		9,03	578,67		490,05	
48		9,46	588,13		480,59	1C
49		12,80	600,93		467,79	
50		10,01	610,94		457,78	1C
51		7,90	618,84		449,88	
HYDRO HANGER		2,16	621,00		447,71	

## COMPOSITION DE LA COLONNE

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N° 1

Ø TUBAGE : 7" - 26 # 9.19 m/m VAM K55 VEK2 Range 2 et 3

N° d'ordre de descente	Désignation Grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
				Pied du sabot	2047 m	
Sabot		0,27	0,27		2046,73	
1		12,17	12,44		2034,56	2C
2		12,16	24,60		2022,40	2C
Red 7"VAM x7"						
API		0,30	24,90		2022,10	
Anneau Différ.		0,57	25,47		2021,53	
Red 7 "API						
X 7" VAM		0,34	25,81		2021,19	
3		12,51	38,32		2008,68	2C
4		12,62	50,94		1996,06	2C
5		12,49	63,43		1983,57	2C
6		12,65	76,08		1970,92	1C
7		12,05	88,13		1958,87	1C
8		12,60	100,73		1946,27	1C
9		12,71	113,44		1933,56	1C
10		12,25	125,69		1921,31	1C
11		12,72	138,41		1908,59	1C
12		12,19	150,60		1896,40	1C
13		12,71	163,31		1883,69	1C
14		11,66	174,97		1872,03	1C
15		12,71	187,68		1859,32	1C
16		12,08	199,76		1847,24	1C
17		12,53	212,29		1834,71	1C
18		11,91	224,20		1822,80	1C
19		12,67	236,87		1810,13	1C
20		12,49	249,36		1797,64	1C
21		11,92	261,28		1785,72	1C
22		12,64	273,92		1773,08	1C
23		12,67	286,59		1760,41	1C
24		12,76	299,35		1747,65	1C
25		12,74	312,09		1734,91	1C
26		12,64	324,73		1722,27	1C
27		12,62	337,35		1709,65	1C
28		12,67	350,02		1696,98	1C
29		12,67	362,69		1684,31	1C
30		12,05	374,74		1672,26	1C
31		12,68	387,42		1659,58	1C
32		12,36	399,78		1647,22	1C
33		12,92	412,70		1634,30	1C
34		12,46	425,16		1621,84	1C
35		12,16	437,32		1609,68	1C
36		12,68	450,00		1597,00	2C
37		12,30	462,30		1584,70	2C
38		11,91	474,21		1572,79	2C
39		11,51	485,72		1561,28	2C
40		12,27	497,99		1549,01	2C

## COMPOSITION DE LA COLONNE

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N° 2

Ø TUBAGE : 7" - 26<sup>z</sup> 9.19 m/m VAM K55 VEK2 Range 2 et 3

N° d'ordre de descente	Désignation Grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
41		11,98	509,97		1537,03	2C
42		12,09	522,06		1524,94	2C
43		12,22	534,28		1512,72	2C
44		12,57	546,85		1500,15	2C
45		12,52	559,37		1487,63	2C
46		12,27	571,64		1475,36	2C
47		12,09	583,73		1463,27	2C
48		12,30	596,03		1450,97	2C
49		12,69	608,72		1438,28	2C
50		12,34	621,06		1425,94	2C
51		12,26	633,32		1413,68	2C
52		12,61	645,93		1401,07	2C
53		12,92	658,85		1388,15	2C
54		12,01	670,86		1376,14	2C
55		12,01	682,87		1364,13	2C
56		12,09	694,96		1352,04	2C
57		11,80	706,76		1340,24	2C
58		12,02	718,78		1322,22	2C
59		12,31	731,09		1315,91	2C
60		11,97	743,06		1303,94	2C
DV		0,98	744,04		1302,96	
61		12,27	756,31		1290,69	1C
62		12,00	768,31		1278,69	1C
63		11,93	780,24		1266,76	1C
64		11,29	791,53		1255,47	1C
65		12,10	803,63		1243,37	1C
66		11,09	814,72		1232,28	1C
67		11,70	826,42		1220,58	1C
68		10,87	837,29		1209,71	1C
69		10,12	847,41		1199,59	1C
70		12,85	860,26		1186,74	1C
71		12,53	872,79		1174,21	1C
72		12,40	885,19		1161,81	1C
73		11,90	897,09		1149,91	1C
74		12,03	909,12		1137,88	1C
75		12,57	921,69		1125,31	1C
76		12,26	933,95		1113,05	1C
77		11,88	945,83		1101,17	1C
78		12,13	957,96		1089,04	1C
79		11,88	969,84		1077,16	1C
80		12,47	982,31		1064,69	1C
81		11,03	993,34		1053,66	
82		12,31	1005,65		1041,35	
83		12,42	1018,07		1028,93	1C PO
84		12,26	1030,33		1016,67	
85		12,81	1043,14		1003,86	
86		12,70	1055,84		991,16	
87		11,89	1067,73		979,27	1C PO
88		12,54	1080,27		966,73	

## COMPOSITION DE LA COLONNE

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N° 3

Ø TUBAGE : 7" - 26<sup>f</sup> 9.19 <sup>m</sup>/m VAM K55 VEK2 Range 2 et 3

N° d'ordre de descente	Désignation Grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
89		12,03	1092,30		954,70	
90		12,04	1104,34		942,66	
91		11,61	1115,95		931,05	1C PO
92		9,71	1125,66		921,34	
93		9,62	1135,28		911,72	
94		9,68	1144,96		902,04	
95		9,34	1154,30		892,70	1C PO
96		9,83	1164,13		882,87	
97		9,84	1173,97		873,03	
98		9,80	1183,77		863,23	
99		10,01	1193,78		853,22	1C PO
100		9,42	1203,20		843,80	
101		9,30	1212,50		834,50	
102		9,77	1222,27		824,73	
103		9,94	1232,21		814,79	1C PO
104		9,87	1242,08		804,92	
105		9,36	1251,44		795,56	
106		9,39	1260,83		786,17	
107		9,66	1270,49		776,51	1C PO
108		9,98	1280,47		766,53	
109		9,74	1290,21		756,79	
DV		0,98	1291,19		755,81	
110		9,40	1300,59		746,41	
111		9,59	1310,18		736,82	1C PO
112		9,34	1319,52		727,48	
113		9,31	1328,83		718,17	
114		9,84	1338,67		708,33	
115		9,86	1348,53		698,47	1C PO
116		9,99	1358,52		688,48	
117		9,36	1367,88		679,12	
118		9,40	1377,28		669,72	
119		9,73	1387,01		659,99	1C PO
120		8,42	1395,43		651,57	
121		9,33	1404,76		642,24	
122		9,63	1414,39		632,61	
123		9,89	1424,28		622,72	1C PO
124		9,82	1434,10		612,90	
125		9,31	1443,41		603,59	
126		9,01	1452,42		594,58	
127		9,21	1461,63		585,37	1C PO
128		9,73	1471,36		575,64	
129		9,75	1481,11		565,89	
130		9,52	1490,63		556,37	
131		9,21	1499,84		547,16	1C PO
132		9,84	1509,68		537,32	
133		9,92	1519,60		527,40	
134		9,16	1528,76		518,24	
135		9,27	1538,03		508,97	1C PO

## COMPOSITION DE LA COLONNE

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N° 4

Ø TUBAGE : 7" - 26<sup>z</sup> 9.19 <sup>m</sup>/m VAM K55 VEK2 Range 2 et 3

N° d'ordre de descente	Désignation Grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
136		9,64	1547,67		499,33	
137		8,26	1555,93		491,07	
138		8,34	1564,27		482,73	
139		8,41	1572,68		474,32	
140		9,60	1582,28		464,72	
141		9,42	1591,70		455,30	
142		9,83	1601,53		445,47	
143		9,92	1611,45		435,55	
144		8,44	1619,89		427,11	
145		8,60	1628,49		418,51	
146		9,49	1637,98		409,02	
147		9,29	1647,27		399,73	
148		10,11	1657,38		389,62	
149		9,64	1667,02		379,98	
150		9,73	1676,75		370,25	
151		9,30	1686,05		360,95	
152		9,60	1695,65		351,35	
153		9,38	1705,03		341,97	
154		9,43	1714,46		332,54	
155		9,33	1723,79		323,21	
156		9,01	1732,80		314,20	
157		8,88	1741,68		305,32	
158		9,29	1750,97		296,03	
159		9,39	1760,36		286,64	
160		11,72	1772,08		274,92	
161		12,42	1784,50		262,50	
162		12,55	1797,05		249,95	
163		12,41	1809,46		237,54	
164		9,38	1818,84		228,16	
165		11,90	1830,74		216,26	
166		9,88	1840,62		206,38	
167		10,28	1850,90		196,10	
168		12,55	1863,45		183,55	
169		11,82	1875,27		171,73	
170		9,82	1885,09		161,91	
171		12,83	1897,92		149,08	
172		12,01	1909,93		137,07	
173		11,77	1921,70		125,30	
174		10,70	1932,40		114,60	
175		12,53	1944,93		102,07	
176		11,41	1956,34		90,66	
177		12,20	1968,54		78,46	
178		12,70	1981,24		65,76	
179		12,41	1993,65		53,35	
180		12,08	2005,73		41,27	
181		10,59	2016,32		30,68	
182		11,85	2028,17		18,83	
183		12,00	2040,17		6,83	Cote SPOOL

1C PO

Cote SPOOL

## COMPOSITION DE LA COLONNE

PUITS N° GLCS2

FEUILLET N° 5

Ø TUBAGE : 7" - 26<sup>+</sup> 9.19 <sup>m</sup>/m VAM K55 VEK2 Range 2 et 3

N° d'ordre de descente	Désignation Grade Epaisseur	Longueur simple	Longueur totale par grade	Longueur totale	Cote par rapport au sol	OBSERVATIONS
184		12,45	2052,62		5,62 12,45	Stop Ring 243



JOB REPORT

INTERMITTENT CIRCULATION

at ..... m vol. .... l/min.  
time circulated ..... min. pressure ..... kg/cm<sup>2</sup>  
at ..... m vol. .... l/min.  
time circulated ..... min. pressure ..... kg/cm<sup>2</sup>  
at ..... m vol. .... l/min.  
time circulated ..... min. pressure ..... kg/cm<sup>2</sup>

CEMENTING AND DISPLACING

time circulated on bottom 30 min. vol. 24 m<sup>3</sup>  
max. pressure 20 kg/cm<sup>2</sup>  
cement weight 1.80 kg/l  
cement pumped at 800 l/min. max. pressure 20 kg/cm<sup>2</sup>  
cement displaced at 800 l/min. max. pressure 30 kg/cm<sup>2</sup>  
annular velocity: gage 1.1 - 0.55 m/sec.  
washout 0.36 - 0.18 m/sec.  
displacement time 51 min.  
pressure when plug bumped 120 kg/cm<sup>2</sup>  
calculated cement top 1303 m actual cement top ..... m  
results of Cement Bond Log .....

REMARKS

.....  
12 t cement  
.....  
.....  
.....





## Weatherford Cementing Report

Page  
No. 6Dist. No. \_\_\_\_\_ Date 02.02.81 Company B. R. G. M.Well LA COURNEUVE 2 Field LA COURNEUVECity PARIS Country FRANCE

Time	Depth JOINT N°	Drillometer Tons		Pump Pressure		Volume l/min	Mud wt	Remarks
		up	dn.	up	dn.			
6 <sup>30</sup>	1		5					shoe welded
7 <sup>00</sup>	3							differential fill up collar between 2 <sup>nd</sup> and 3 <sup>rd</sup> joint
								all connections welded
8 <sup>00</sup>	10	10	8					returns OK, fill up collar works
8 <sup>50</sup>	25	18	15					.
9 <sup>40</sup>	37	22	18					.
10 <sup>20</sup>	50	25	22					.
11 <sup>10</sup>	60	30	25					I. stage installed
12 <sup>15</sup>	85	40	30					returns OK
13 <sup>20</sup>	109	50	35					II. stage installed
15 <sup>00</sup>	137	60	40					returns OK
16 <sup>00</sup>	162	70	35					.
17 <sup>15</sup>	183	80	30					.
17 <sup>40</sup>	184	80	30					last joint with cement head installed
18 <sup>30</sup>								rig up HOWCO chicken lines and mud line for circulation
18 <sup>30</sup>	TD	in slips		20	800	1.14		start circulation on bottom
18 <sup>35</sup>	TD	.		20	.	.		returns OK
18 <sup>40</sup>	TD	.		20	.	.		.
18 <sup>45</sup>	TD	.		20	.	.		.
18 <sup>55</sup>	TD	.		20	.	.		.
19 <sup>00</sup>	TD	.		20	.	.		stop circulation
19 <sup>05</sup>								dropped ball
19 <sup>40</sup>	TD	in slips		70				differential fill up collar transformed with 70 kg/cm <sup>2</sup>

Dist. No. \_\_\_\_\_ Date 2-3. 02. 81 Company B. R. G. M.Well LA COURNEUVE 2 Field LA COURNEUVECity PARIS Country FRANCE

Time	Depth	Drillometer Tons		Pump Pressure		Volume l/min	Mud wt	Remarks
		up	dn.	up	dn.			
19 <sup>52</sup>							1.24	3m <sup>3</sup> spacer pumped in hole
20 <sup>00</sup>								preparation for cementation
20 <sup>00</sup>	TD	m slips		20		800	1.80	start mixing cement slurry
20 <sup>12</sup>	TD	m slips		0		800	1.80	finished mixing cement slurry
20 <sup>16</sup>								preparation for displacement
20 <sup>16</sup>	TD	m slips		5		800		start displacement with HOWCO
20 <sup>37</sup>	TD	"		5		800		
20 <sup>46</sup>	TD	"		5		400		
20 <sup>57</sup>	TD	"		15		400		
21 <sup>05</sup>	TD	"		30		400		
21 <sup>07</sup>	TD	"		120				displacement finished
								release pressure, no back flow
21 <sup>12</sup>								trip plug installed
21 <sup>30</sup>				70				I. D.V. opened
21 <sup>30</sup>	TD	m slips		20		800	1.14	start circulation on I. D.V.
24 <sup>00</sup>	TD	"		20		800	1.14	stop circulation on I. D.V.
<u>II. cementation.</u>								
8 <sup>00</sup>								start preparation for cemen-
								tation, 3m <sup>3</sup> spacer pumped in.
8 <sup>10</sup>	TD	m slips		20		800	1.80	start mixing cement slurry
8 <sup>25</sup>	TD	"		0		800	1.80	finished mixing cement slurry
8 <sup>27</sup>								preparation for displacement
8 <sup>27</sup>	TD	m slips		10		1000		start displacement
8 <sup>35</sup>	TD	"		15		800		
8 <sup>47</sup>	TD	"		25		400		
8 <sup>52</sup>	TD			35		400		

# Weatherford Cementing Report

Dist. No. \_\_\_\_\_ Date 03.02.81 Company B. R. G. M.

Well LA COURNEUVE 2 Field LA COURNEUVE

City PARIS Country FRANCE

Time	Depth	Drillometer Tons		Pump Pressure		Volume	Mud	Remarks
		up	dn.	up	dn.	l/min	wt	
8 <sup>57</sup>	TD	in slips		140				displacement finished release pressure, no back flow D.V. closed
9 <sup>05</sup>								trip plug for 2 <sup>nd</sup> stage installed
9 <sup>15</sup>				70				II. D.V. opened
9 <sup>15</sup>	TD	in slips		20		800	1.14	start circulation on 2 <sup>nd</sup> D.V. 3m <sup>3</sup> spacer + 2m <sup>3</sup> cement slurry circulated out
11 <sup>00</sup>	TD	in slips		20		800	1.14	stop circulation
<u>III. Cementation:</u>								
14 <sup>00</sup>								start preparation for cementation, 3m <sup>3</sup> spacer pumped in hole
14 <sup>20</sup>	TD	in slips		20		700	1.80	start mixing cement slurry
15 <sup>07</sup>	TD	"		30		700	1.80	finished mixing cement slurry
15 <sup>12</sup>								preparation for displacement
15 <sup>12</sup>	TD	in slips		35		700		start displacement
15 <sup>15</sup>	TD	"		40		700		
15 <sup>18</sup>	TD	"		50		700		
15 <sup>22</sup>	TD	"		70		700		
15 <sup>30</sup>	TD	"		70		700		
15 <sup>32</sup>	TD	"		180				displacement finished release pressure, no back flow D.V. closed, 3m <sup>3</sup> spacer + 8m <sup>3</sup> cement slurry on surface

Spartz, W.

## LA COURNEUVE

### GLCS 2

- . PRODUITS BOUE
- . BILAN DES VOLUMES
- . CARACTÉRISTIQUES MOYENNES

PHASE 17 1/2

De 0 à 530 m du 23/12/80 au 1/01/81 soit 530 m en 10 j (53 m/j).

PRODUITS BOUE

IMCO Hyb	14 300 kg
Soude	350 kg
RD 2000	275 kg

Coût de la phase 17 522,75 FF

BILAN DES VOLUMES

Volume initial	0 m3
Volume fabriqué	335 m3
Ejection	248 m3
Pertes surface	46 m3
Volume final	41 m3

CARACTERISTIQUE DE LA BOUE

Profondeur	: 1.22	: 282	: 468	:
Densité	: 1.08	: 110	: 112	:
Viscosité	: 46	: 58	: 52	:
Marsh	:	:	:	:
PH	: 95	: 10	: 10	:
Filtrat	: --	: 22	: 20	:
Rf	: --	: 09	: 12	:
Rf	: --	: 01	: 02	:
Sable	: --	: --	: 06	:

PHASE 12 1/4

De 496 m à 1068 m du 1/01/81 au 11/01/81 Soit 572 m en 10 j (57,2 m/j)  
 Tubage 13 3/8 à 496 m

PRODUITS BOUE

IMCO Hyb	3 750 kg
Soude	200 kg
Celpol Regular	300 kg
Celpol Superlo	775 kg
Lubrikleen	200 l
RD 2000	150 kg
Coût de la phase	37 907,7 FF

BILAN DES VOLUMES

Volume initial	41 m3
Volume fabrique	278 m3
Ejection	200 m3
Pertes surface	34 m3
Volume final	85 m3

CARACTERISTIQUE DE LA BOUE

Profondeur	: 670	: 900	: 1065	:
Densité	: 103	: 106	: 110	:
Viscosité Marsh	: 44	: 47	: 45	:
Ph	: 10	: 10	: 10	:
Filtrat	: 6	: 62	: 52	:
Pb	: 12	: 1	: 1	:

PHASE 8 1/2

De 1068 m à 2054 m du 12/01/81 au 4/02/81 soit 986 m en 24 j (41 m/j)

Tubage 9 5/8 à 1068 m.

PRODUITS BOUE

Baryte	4900 kg
Celpol Regular	950 kg
Celpol Superlo	1625 kg
Soude	700 kg
RD 2000	625 kg
Imco gel	2900 kg
Chaux	200 kg
Free pipe	200 l
KS	200 l
Imco Hyb	4500 kg
Lubrikleen	200 l
Bicarbonate de soude	300 kg

Coût de la phase 93 695,65 FF

BILAN DES VOLUMES

Volume initial	85 m3
Volume fabriqué	450 m3
Ejection	316 m3
Pertes surface	134 m3
Volume final	85 m3

CARACTERISTIQUE DE LA BOUE

Profondeur	:	1250	:	1430	:	1680	:	1800	:	2054	:
Densité	:	105	:	107	:	108	:	110	:	114	:
Viscosité Marsh	:	44	:	42	:	44	:	44	:	46	:
Viscosité Plastique	:	13	:	14	:	15	:	14	:	14	:
Yield valve	:	8	:	8	:	10	:	12	:	12	:
Gel 0	:	2	:	2	:	3	:	3	:	3	:
Gel 10	:	5	:	5	:	5	:	5	:	8	:
PH	:	9,5	:	9,5	:	9,5	:	--	:	9,5	:
Filtrat	:	58	:	6	:	5	:	52	:	48	:
Epaisseur cake	:	--	:	05	:	05	:	05	:	05	:
Pb	:	08	:	09	:	07	:	07	:	09	:
Pf	:	01	:	02	:	02	:	02	:	02	:
Sel	:	trs	:	trs	:	trs	:	trs	:	trs	:
Sable	:	02	:	03	:	03	:	03	:	05	:
Solide	:	3	:	4	:	5	:	6	:	9	:

PHASE 6"

De 2047 à 2189 du 5 Février 81 au 9 Février 81 soit 142 m en 5 j (28,4 m/j)

Tubage 7" à 2047 m.

PRODUITS BOUE

Sel                    15600 kg  
 Flogel                540 kg  
 Paraformaldehyde 60 kg  
 Coût de la phase    23 406,47 FF

BILAN DES VOLUMES

Volume initial        85 m3  
 Volume fabriqué    130 m3  
 Pertes surface        6 m3  
 Evocation            91 m3  
 Volume final        118 m3

CARACTERISTIQUES DE LA BOUE

Profondeur	:	2060	:	2096	:	2155	:	2189	:
Densité	:	110	:	111	:	110	:	110	:
Viscosité Marsh	:	36	:	38	:	37	:	38	:
Viscosité Plastique	:	5	:	7	:	7	:	10	:
Yield valve	:	6	:	7	:	8	:	8	:
Gel 0	:	0	:	0	:	0	:	0	:
Gel 10	:	2	:	2	:	2	:	2	:
PH	:	10	:	10	:	95	:	9	:
Filtrat	:	49	:	40	:	40	:	32	:
Epaisseur cahe	:	06	:	06	:	06	:	06	:

Pb	:	11	:	1	:	09	:	06	:
Pf	:	07	:	06	:	04	:	03	:
Sel	:	95	:	8775	:	96	:	92	:
Sable	:	02	:	02	:	02	:	01	:
Solides	:	6	:	6	:	8	:	8	:

COMPLETIONPRODUITS BOUE

Sel 31700 kg

Soude 2000 kg

Coût complétion

Pour neutraliser acide répendu sur le sol

BILAN DES VOLUMES

Elimination boue par ↗ eau de gisement

Fabrication saumure





## GARNITURE GLCS2 (dévié)

Cf. 12"1/4 (sabot 13"3/8 à 496 m)

1 - De 550 à 677 m

Outil . turbine - raccord coudé 1°30 - 1 K Monel - 5 lgs DC 7"3/4 - Tiges 5"  
 7,69 (0,42) (9,04) (94,04)

2 - De 677 à 1070 m

Outil . Near bit - 2 K Monel - 5 lgs DC 7"3/4 - 6 lgs HW drill pipe - tiges 5"  
 (16,55) (94,04) (111,05)

Cf. 8"1/2 (sabot Hanger 9"5/8 à 1068 m)

Stab en 8"1/2  
 K Monel en 6"1/4  
 HW drill pipe en 5"

1 - De 1071,5 à 1130 m

Outil . 1 stab. - 2 K Monel - 1 DC 6"1/4 - 1 stab. - 4 DC 6"1/4 - 1 stab.  
 (1,89) (15,19) (9,46) (1,45) (37,93) (1,59)  
 3 DC 6"1/4 - 18 HW drill pipe - Tiges 5"  
 (28,43) (166,29)

2 - De 1130 à 1166,5 m

Outil . Turbine - Raccord coudé 2° - 2 K Monel - 1 DC 6"1/4 - 1 stab. - 4 DC 6"1/4  
 12 HW D.P. - 1 coulisse - 6 HW D.P. - Tiges 5"

3 - De 1166,5 à 1295 m

Outil . turbine - raccord coudé 2° - 2 K Monel - 8 DC 6"1/4 - 12 HW D.P. -  
 1 coulisse - 6 HW D.P. - Tiges 5"

4 - De 1265 à 1414 m

Outil . 1 stab. - 1 HW D.P. - 2 K Monel - 5 DC 6"1/4 - 1 stab. - 3 DC 6"1/4 -  
 16 HW D.P. - Tiges 5"

5 - De 1414 à 1600 m

Outil . 1 stab. - 2 K Monel - 1 DC 6"1/4 - 1 stab. - 3 DC 6"1/4 - 1 stab.  
 4 DC 6"1/4 - 1 stab. - 12 HW D.P. - 1 coulisse - 6 HW D.P. - Tiges 5"

6 - De 1600 à 2043 m

Outil : 1 stab. - DC 6"1/4 court - 1 stab. - 2 K Monel - 1 stab. - 4 DC 6"1/4 -  
 1 stab. - 4 DC 6"1/4 - 12 HW D.P. - Coulisse - 6 HW D.P. - Tiges 5"

CHAPITRE 3

RAPPORT GEOLOGIQUE

### 3 - RAPPORT GEOLOGIQUE (GLCS 2)

#### 3.1. - Coupe lithostratigraphique du forage

La colonne lithostratigraphique traversée dans le puits injecteur GLCS 2 est conforme, dans son ensemble, aux prévisions.

Les cotes du toit des formations sont à quelques mètres près celles du puits de production.

L'écart le plus important a été observé au toit du Dogger, trouvé 4 m plus bas que dans le puits de production.

En annexe on présente le log de fin de sondage avec la lithologie et les limites stratigraphiques des différentes séries traversées.

Dans le tableau ci-après, sont données, à titre de comparaison, les limites des principales séries traversées par les deux forages.

#### 3.2. - Géologie du réservoir

Le Dogger a été foré entre 2 047 et 2 189 m, profondeur déviée. L'angle de déviation atteint 60° et la longueur forée en déviation (142 m) est le double de la longueur verticale correspondante (71 m).

La reconstitution lithofaciologique du Dogger traversé a été établie à partir de l'observation binoculaire des cuttings, complétée de celle de quelques montages en lames minces.

La description du réservoir dans le puits d'injection correspond en partie à celle du puits de production, l'échantillonnage des déblais étant extrêmement difficile dans le forage dévié.

Le découpage lithostratigraphique est le suivant (voir fig. 1) :

- 1 650 - 1 654 m : base de calcarénites oolithiques et bioclastiques  
faciès "Dalle Nacrée" Callovien  
pas de porosité
- 1 654 - 1 686 m : ensemble avec alternance de micrite et de calcarénite à pellets, avec concentration calcarénitique plus importante vers 1 662, 1 675, 1 680 et 1 686 m  
faciès "Comblanchien" Bathonien  
De la porosité matricielle est notée vers 1 662, 1 675, 1 680 et surtout à la base vers 1 686 m  
La limite lithostratigraphique est à placer entre 1 686 et 1 690 m. Le passage est probablement progressif

1 690 - 1 712 m : calcarénite hétérométrique bioclastique, granoclasée et oolithique  
 faciès oolithe blanche - Bathonien  
 Porosité essentiellement matricielle d'importance très variable, localement avec légère dissolution.

1 712 à indéterminé : calcaire gravelo-oolithique et bioclastique gris  
 faciès avant barrière Bathonien.

Une corrélation diagraphique, entre ouvrages, a été établie à partir de l'examen des diagraphies réalisées dans le réservoir (fig. 1) :

FDC-GR : débitmètre pour GLCS 1

FDC-GR : pour GLCS 2 (la forte déviation a rendu impossible l'enregistrement du débitmètre).

On note une bonne corrélation entre les logs de porosité des deux puits.

La localisation de zones poreuses dans les grainstones oolithiques des deux puits suggère que les niveaux productifs reconnus par le débitmètre dans le puits de production se situent, dans le puits d'injection, pour la plus grande part dans les mêmes faciès. Néanmoins, les résultats d'essais (voir chapitre correspondant) montrent que les caractéristiques hydrodynamiques des deux puits sont nettement différentes :

	GLCS 1	GLCS 2
groupe kh :	14,6 D.m	33,3 D.m
débit artésien :	65 m <sup>3</sup> /h	140 m <sup>3</sup> /h

Ceci est dû probablement à des facteurs diagénétiques qui affectent localement les qualités du réservoir.

Ce type de phénomène a été remarqué dans certains champs pétroliers dans le Dogger du Bassin de Paris : ainsi par exemple, dans le champ de St Martin de Bossenay, le sondage MC1 localisé au sommet de la structure a traversé un réservoir de bonne qualité, dont les perméabilités atteignent 0,5 Darcy et les porosités 15 à 20 %.

La qualité du réservoir ainsi que son épaisseur perméable diminuent latéralement à partir du sondage MC1 pour se réduire à zéro dans le sondage MC12 situé à 1,5 km au nord est.

Le manque de calcaire perméable dans le sondage MC12 n'est pas dû à un changement de faciès, les grainstones oolithiques étant bien développés dans tous les sondages, mais peut être attribué essentiellement à un degré variable de la cimentation sparitique de ces faciès, et à une porosité secondaire de dissolution. Ces facteurs diagénétiques ont déterminé ainsi non seulement la géométrie du réservoir mais aussi la qualité de son réseau.

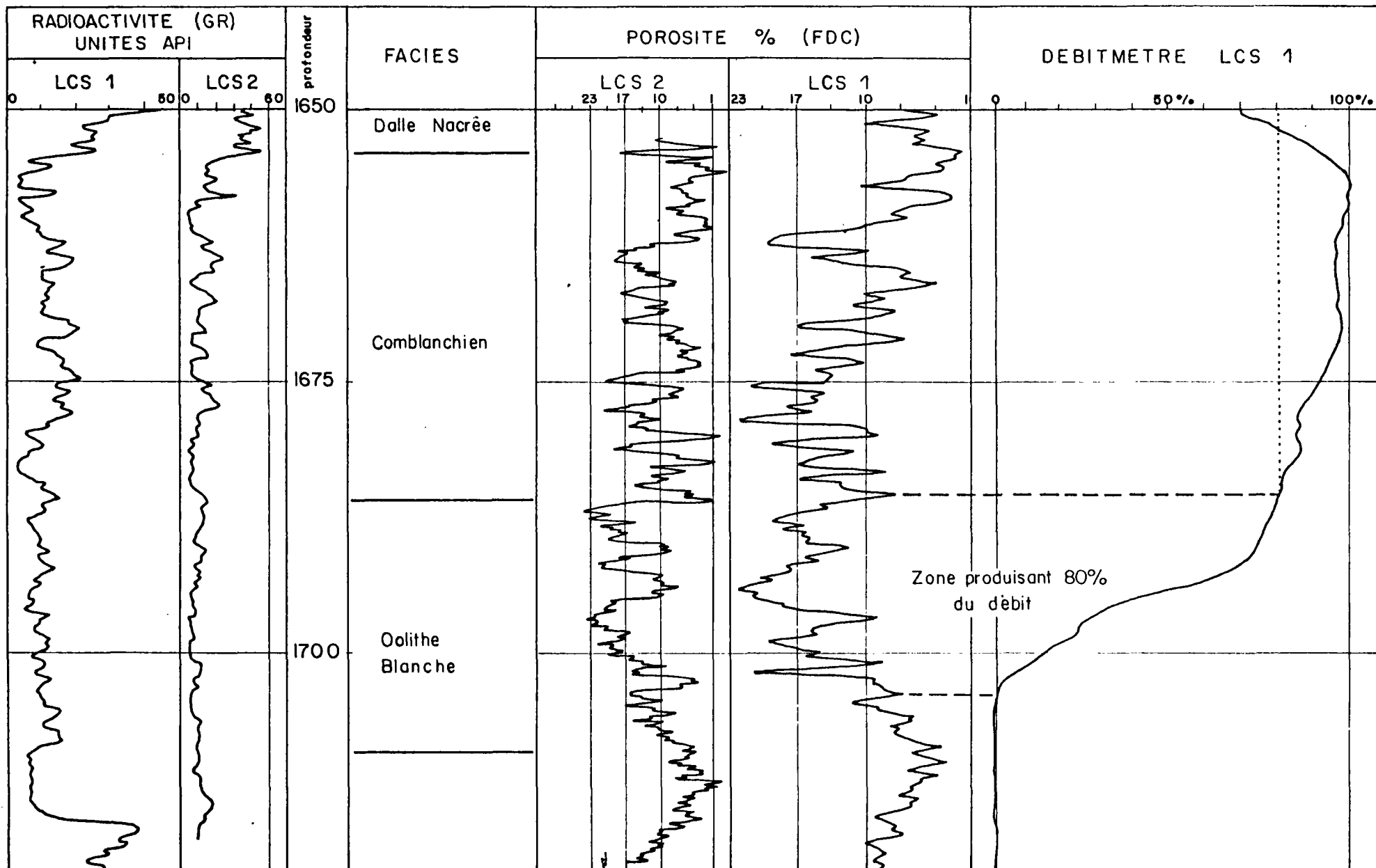
## LA COURNEUVE SUD 1 ET 2

TABLEAU COMPARATIF DES COTES DES FORMATIONS

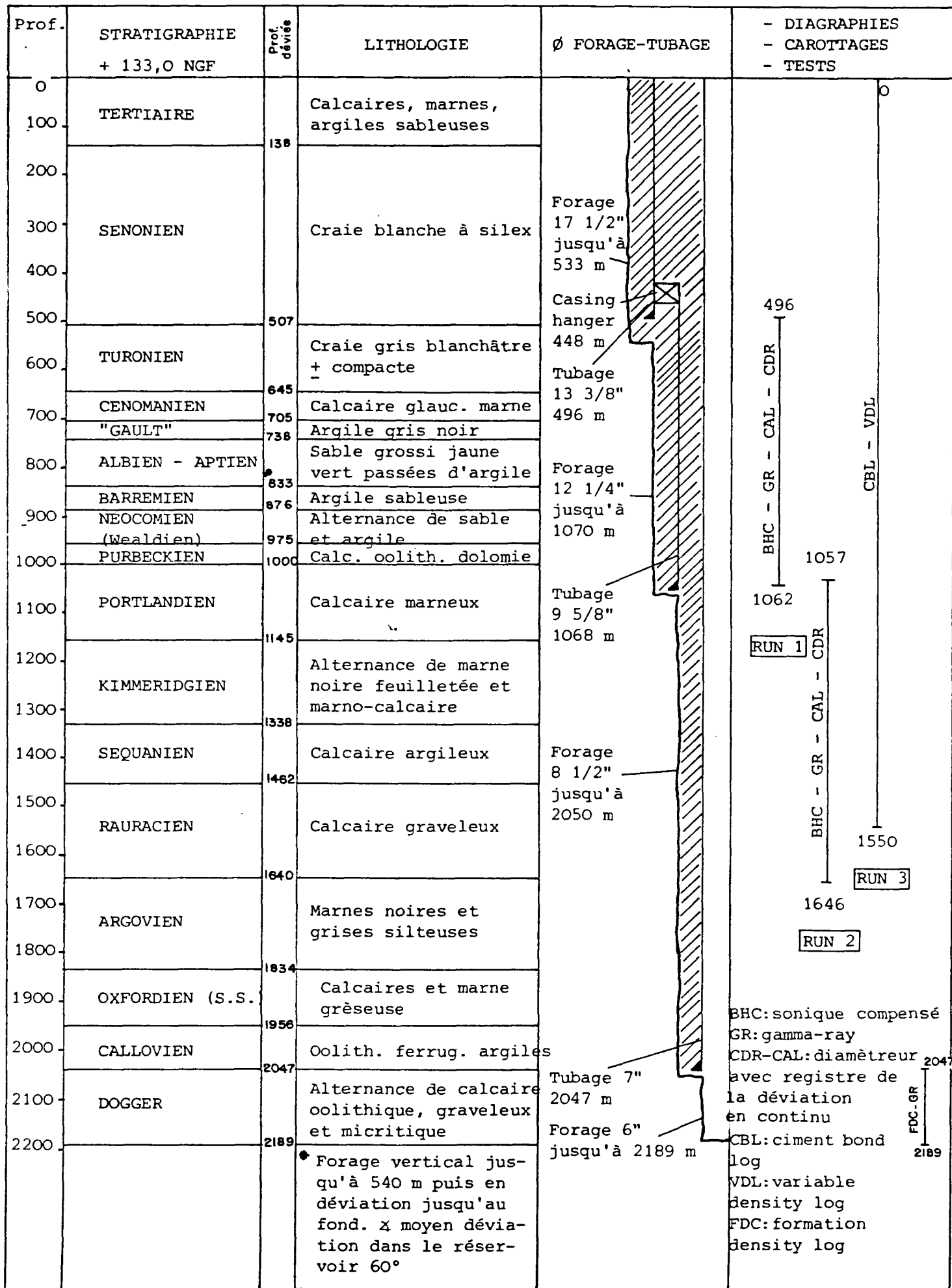
STRATIGRAPHIE		GLCS 1			GLCS 2				
		Prof.	Cote NGF	Epais.	Prof. dév.	Prof. vert.	Cote NGF	Epais.	z moyen déviation
Récent et TERTIAIRE		0	+ 35	138		0	+ 35	138	
CRETACE SUP.	Sénonien	138	- 103	369		138	- 103	368	
	Turonien	507	- 472	138		507	- 472	138	Début déviation 540 m
CRETACE MOYEN	Cénomanién	645	- 610	60		645	- 610	60	
	"Gault"	705	- 670	33		705	- 670	33	
	Albien-Aptien	738	- 703	92		738	- 703	93	
CRETACE INF.	Barrémien	830	- 795	40	833	831	- 796	42	12° 50
	Néocomien-Wealdien	870	- 835	90	876	872	- 838	89	17° 50
JURASSIQUE SUPERIEUR	Purbeckien	960	- 925	25	975	962	- 927	23	23° 50
	Portlandien	985	- 950	121	1 000	985	- 950	121	23° 75
	Kimmeridgien	1 106	- 1 071	152	1 145	1 106	- 1 071	152	33° 30
	Sequnien	1 258	- 1 223	93	1 338	1 258	- 1 223	91	38°
	Rauracien	1 351	- 1 316	94	1 462	1 349	- 1 314	97	43°
	Argovien	1 445	- 1 410	95	1 640	1 446	- 1 411	97	57°
	Oxfordien SS.	1 540	- 1 505	64	1 834	1 543	- 1 508	62	60°
JURASSIQUE MOYEN	Callovien	1 604	- 1 569	39	1 956	1 605	- 1 570	42	59° 25
	Bathonien	1 643	- 1 608	157	2 047	1 647	- 1 612	71	58° 75
	Profondeur finale	1 800	- 1 765		2 189	1 718	- 1 683		60°

LA COURNEUVE SUD 1 ET 2

Corrélation Diagraphique au niveau du réservoir



GLCS 2



CHAPITRE 4

RAPPORT GEOCHIMIQUE

#### 4 - RAPPORT GEOCHIMIQUE

Un prélèvement de fond ainsi qu'un prélèvement de surface avaient été réalisés sur le puits GLCS1.

En ce qui concerne le forage GLCS2, seul un prélèvement de surface a été réalisé dans le but de contrôler les résultats obtenus précédemment.

Les analyses de GLCS2 ayant confirmé celles de GLC1, les conclusions données dans la suite de ce chapitre et établies à partir des éléments obtenus sur GLCS1, peuvent être généralisées à l'ensemble du réservoir du Dogger au droit de "La Courneuve Sud".

#### 4.1. - Chimie de l'eau géothermale

##### 4.1.1. - Prélèvements

- . Un prélèvement de surface pour analyse détaillée a été effectué le 5/12/80 à la fin des essais, le puits produisant en débit artésien.

On peut donc considérer que les résultats n'ont pas été influencés par le forage, et qu'ils sont représentatifs du réservoir (température de prélèvement 53° C - température de fond 55° C).

L'eau géothermique a été conditionnée de façon spécifique en fonction des types d'analyses à effectuer (anions, cations, éléments trace, sulfure, silice, gaz dissous, bactéries). Par ailleurs, les mesures de pH, de résistivité et de réserve alcaline ont été faites sur le lieu même du forage.

- . Un prélèvement de fond (puits n° 1) a été réalisé, qui a permis l'analyse des gaz (analyse qualitative et quantitative) et l'analyse bactériologique de l'eau.

##### 4.1.2. - Description de l'eau et des gaz

L'eau produite était limpide et très faiblement gazeuse, ce qui n'a pas permis le prélèvement de gaz libres.

L'analyse chimique (planche 1.a) montre une eau moyennement chargée (22 g/l de sels dissous), essentiellement chlorurée-sodique (19,6 g/l). Les autres espèces dominantes sont les sulfates et les carbonates ainsi que le calcium.

La phase gazeuse de cette eau est essentiellement constituée de gaz carbonique et de dérivés du méthane. On notera enfin l'importante teneur en H<sub>2</sub>S dissous (29 g/l de S<sup>2-</sup>).

Les tableaux ci-joints (planches 2a, 2b, 2c) indiquent la répartition des espèces aqueuses, ainsi que la saturation de l'eau vis-à-vis des principaux minéraux.

### 4.1.3. - Origine des éléments

Les ions dissous proviennent essentiellement du lessivage des minéraux composant les formations spécifiques rencontrées par l'eau selon les correspondances suivantes :

- sodium et chlore proviennent du lessivage de la halite des formations évaporitiques
- les sulfates proviennent du lessivage du gypse et de l'anhydrite
- le calcium, le magnésium et le strontium proviennent du lessivage de minéraux carbonatés (calcite, dolomite, strontionite).

## 4.2. - Evaluation des problèmes liés à l'exploitation de l'eau

### 4.2.1. - La corrosion

L'usure précoce et les problèmes de vieillissement des installations (tubages, pompes, échangeurs, etc...) peuvent être dus à trois types de phénomènes :

- . la corrosion chimique et/ou électrochimique ;
- . la corrosion bactérienne ;
- . la corrosion mécanique.

#### 4.2.1.1. LA CORROSION CHIMIQUE

##### . Par les gaz

Les gaz interviennent de deux façons bien distinctes :

- Les volumes désorbés au cours de fortes chutes de pression (production artésienne par exemple) peuvent être très importants et provoquer une érosion mécanique très rapide des canalisations ou des pompes de réinjection. Il est nécessaire, en particulier, de remarquer que les bulles de gaz libérées à de faibles pressions peuvent être comprimées mais non redissoutes, ce qui a pour effet de renforcer leur pouvoir érosif. Cet aspect du problème sera étudié dans le paragraphe relatif au "point de bulle" du fluide dont la valeur permet de déterminer le seuil minimal de pression de service dans le réseau.
- L'aspect chimique de la corrosion due aux gaz sera étudié ci-après de façon spécifique, chaque gaz étant en effet à l'origine d'un type de corrosion donné.

##### a - Hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S)

Au cours du forage du réservoir de La Courneuve Sud, l'odeur caractéristique d'H<sub>2</sub>S a été décelée à plusieurs reprises. Une telle constatation (le système olfactif présente une sensibilité de l'ordre de 2 ppm) se trouve confirmée par les résultats de l'analyse présentée sur la planche 1.a :

- . H<sub>2</sub>S dissous dans l'eau : 30,6 ppm
- . concentration en S<sup>2-</sup> : ≈ 29 ppm

Il est à remarquer que l'analyse des gaz libres proposée en planche 1.b et réalisée sur l'échantillon de fond, par le fait qu'elle présente une importante teneur en oxygène ( $8,6 \cdot 10^{-5}$  moles/litre, soit de l'ordre de 1000 fois plus que dans l'échantillon de surface) n'a pas permis de déterminer la teneur en H<sub>2</sub>S libre (il se produit, en présence d'oxygène, une oxydation des ions sulfures en ions sulfates). Cette teneur en oxygène est vraisemblablement le résultat d'une pénétration accidentelle d'air atmosphérique au cours de la chaîne de prélèvement et d'analyse.

Cet incident reste relativement mineur dans la mesure où toutes précautions avaient été prises pour que les analyses de surface, qui ont fourni les résultats ci-dessus mentionnés, soient fiables.

En conclusion, il est simplement à signaler que la teneur moyenne de 30 ppm doit être considérée comme une valeur légèrement par défaut (environ 2 %).

#### b - Oxygène (O<sub>2</sub>)

Grâce à son pouvoir oxydant, ce gaz est un des principaux agents de la corrosion.

Cependant, les eaux géothermiques du Dogger n'en contiennent généralement pas.

Les teneurs relevées sur les deux échantillons qui servent de base à cette étude sont vraisemblablement dues à des incidents de prélèvements: Nous en voulons pour preuve l'énorme différence (rapport de 1 à 1 000) entre les concentrations déterminées en surface et en fond de puits.

Il est important de noter, dès à présent, que l'action des chlorures contenus dans l'eau, quelle qu'en soit leur concentration, est initiée par la teneur en oxygène dissous. Il importera donc de prendre toutes les précautions qui s'imposeront en phase d'exploitation du doublet pour surveiller l'évolution de la concentration en oxygène : analyses périodiques.

Le risque de corrosion devient très important lorsque la teneur en oxygène dissous atteint 1 ppm (la valeur maximale relevée sur les analyses présentées sur les planches 1a et 1b est de  $2,8 \cdot 10^{-8}$  ppm).

#### c - Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Ce gaz est directement responsable de la corrosion généralisée (perte d'épaisseur régulière) des surfaces métalliques par acidification de la solution.

**CONCLUSION** : parmi les gaz présents dans le fluide géothermique de La Courneuve sud, seul l'hydrogène sulfuré, assez abondant par rapport à la moyenne des concentrations classiquement observées, pourra avoir une incidence importante sur les portions métalliques du réseau et tout particulièrement sur les tubages, têtes de puits et pompes. Par contre, pour un réseau de surface constitué de canalisations en fibre de verre-résine époxy et d'échangeurs en titane, de telles concentrations n'auront aucun effet corrosif.

. Par les ions dissous

a - La chlorure de Sodium

Les fluides exploités contiennent principalement des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  responsables, en liaison avec la teneur en oxygène, des phénomènes de corrosion localisée par piqûres. Une comparaison des concentrations moyennes relevées à La Courneuve Sud (Dogger) et sur cinq autres sites du Bassin Parisien (quatre exploitent le Dogger, un concerne le Trias) montre que les eaux de La Courneuve Sud ont des teneurs en  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  peu différentes des teneurs moyennes. Les phénomènes de corrosion liés à la salinité seront donc vraisemblablement comparables à ceux des autres doublets géothermiques.

b - Les sulfates

Ces éléments majeurs relativement abondants dans les eaux géothermales sont utilisés par les bactéries sulfato-réductrices qui en extraient l'oxygène indispensable à leur métabolisme en milieu anaérobie (cf. paragraphe 4.2.1.3.).

Comme précédemment, si nous effectuons une comparaison des concentrations, nous pouvons prévoir que ce phénomène n'aura pas plus d'ampleur à La Courneuve Sud que dans les autres doublets exploitant le Dogger.

c - Les sulfures

La concentration en ions  $\text{S}^{--}$  (29 mg/l), éléments réducteurs, intervient sur le pouvoir oxydant de la solution. Cette concentration intègre l'ensemble des dérivés sulfurés et permet en particulier de connaître avec précision la teneur totale en  $\text{H}_2\text{S}$  dissout. Cet élément forme, en fin de réaction, avec le fer présent dans l'eau (naturellement très peu abondant à la Courneuve Sud : 0,8 mg/l) et provenant de la corrosion de surfaces métalliques (tubages etc...), des composés très peu solubles tels que la pyrite. Ces composés peuvent se déposer ou s'assembler en agrégats entraînés par l'eau induisant les colmatages de fin canaux (échangeurs) ou la corrosion par érosion de pièces mobiles (pompes).

En conséquence, il semble nécessaire de disposer au débouché de la tête de puits de production un système de décantation ainsi que des filtres en amont de tous les points sensibles du réseau.

#### 4.2.1.2. - LA CORROSION MECANIQUE

L'action du débit, liée à celle de la pression, peut consister en la formation de zones de turbulence ou de stagnation au sein des tubages ou des canalisations ; ces phénomènes sont responsables de la corrosion par érosion ou abrasion mais d'autant moins, dans le cas présent, que le réservoir exploité est carbonaté.

Ces phénomènes sont néanmoins à considérer dans l'élaboration de la morphologie du réseau de surface afin de limiter au maximum la présence de poins défavorables (coudes, tés, etc...).

Le problème du dégazage et de la circulation dans le réseau de bulles de gaz sous pression peut se traduire par des phénomènes de corrosion par érosion ou abrasion préjudiciables au bon fonctionnement du réseau (cf. § 4.2.1.1.).

#### 4.2.1.3. - LA CORROSION BACTERIENNE

##### a - Résultats des analyses

Nature des prélèvements	LCS1		LCS2
	Fond	Surface	Surface
Ferrobactéries 55° C	P	ND	ND
35° C	P	ND	ND
Bactéries 55° C	O	O	O
sulfato- 35° C	P	O	O
réductrices			

##### b - Commentaire

- Il est à noter, en premier lieu, la disparité très nette entre les résultats obtenus, sur le puits n° 1, à partir de l'échantillon de fond et de l'échantillon de surface. Ce phénomène reste très mal expliqué à l'heure actuelle dans la mesure où l'échantillon de surface est prélevé après quelques heures de production du puits c'est-à-dire, en principe, sur un fluide représentatif et épuré des pollutions diverses consécutives aux travaux de forage (boues, air lift).
- On constate également une influence très nette de la température en ce qui concerne le développement à partir d'un échantillon des bactéries sulfato-réductrices. Ce paramètre devra donc être particulièrement surveillé à

la réinjection, l'optimum métabolique se situant, pour les souches observées, entre 30° C et 40° C.

- L'action de ces bactéries (en symbiose avec les bactéries de fer) se manifeste par le percement des canalisations métalliques (corrosion par piqûres) au niveau de coudes particulièrement. Ce phénomène peut être expliqué schématiquement par la succession des réactions suivantes : transformation des ions  $SO_4$  contenus dans l'eau en ions  $S^{2-}$  par les bactéries, capture des ions ferriques ou ferreux des tubages (d'où perforations) pour formation de précipités de sulfures de fer en équilibre chimique.

#### c - Conclusion

Les phénomènes microbiologiques de la corrosion sont rendus complexes par la multiplicité des paramètres en jeu (origine des bactéries, associations, écologie et métabolisme).

Des études sont en cours pour déterminer ces paramètres et élaborer des moyens de lutte efficaces.

En tout état de cause, un programme doit être prévu pour surveiller ces phénomènes au cours de l'exploitation de la centrale et ce, dès sa mise en service.

#### 4.2.2. - Les dépôts

L'exploitation de l'eau géothermique modifie directement les paramètres physiques qui étaient les siens dans le réservoir. La pression au fond est de 161 kg/cm<sup>2</sup>, et sera au niveau de la tête de puits pendant l'exploitation de 5 kg/cm<sup>2</sup> environ (pression statique au sol : 8 kg/cm<sup>2</sup>).

La température de 58,1°C au fond, sera comprise après passage dans l'échangeur entre 40° C et 30° C.

A partir des diverses études effectuées sur le Dogger dans cette région et après mesure du pH sur le site dont la valeur est de 6,1 (la réserve alcaline n'a pas été déterminée), nous pouvons considérer que l'eau est saturée en calcite et en quartz.

##### . La calcite

Dans la mesure où on ne procédera pas à un dégazage trop important de l'eau -dégazage qui amènerait une sursaturation de l'eau en calcite et donc une possibilité de précipitation- on peut considérer qu'il n'y aura pas de risques de colmatage des installations ou du réservoir.

##### . La silice

Cet élément est en quantité moyenne dans les eaux de la Courneuve Sud en regard des concentrations connues par ailleurs au Dogger.

La silice, dont l'action incrustante est particulièrement bien connue sur les champs géothermiques de haute énergie, ne sera pas en excès dans l'eau après échangeur, le refroidissement n'étant pas suffisant. Par contre l'eau sera vraisemblablement saturée vis à vis d'autres espèces de la silice (quartz et calcédoine) mais les conditions physico-chimiques sont telles qu'il y a peu de chances pour que ces minéraux précipitent. De plus, les pourcentages

sont équivalents à ceux rencontrés sur les opérations de Melun, Villeneuve-La-Garenne et Creil, dans lesquelles ce phénomène n'a pas jusqu'alors été observé.

#### 4.2.3. - Le point de bulle - les problèmes de dégazage

L'étude des courbes pression-volume du fluide du gisement présentées sur la planche 3 (température de production : 55° C) et 4 (température de réinjection : 25° C) permet d'aboutir aux conclusions suivantes :

- En fonctionnement normal par pompe immergée

Le faible niveau du point de bulle (3,6 bars à 55° C et 2,1 bars à 25° C) autorise en fonctionnement normal, l'exploitation du fluide géothermique dans des conditions de pression compatibles avec l'ensemble des caractéristiques techniques du réseau.

- En fonctionnement artésien

En règle générale, l'exploitation artésienne du puits se traduit par une chute de pression en tête de puits et donc, dans le réseau. La pression se stabilise alors à une valeur voisine de la pression atmosphérique. Dans de telles conditions, et dans le cas précis de la Courneuve Sud, on peut estimer qu'il se produira un dégazage maximal de 4,5 % environ en volume.

Cette valeur sera également à prendre en compte lors de chutes de pression consécutives à l'arrêt de fonctionnement des pompes.

ANALYSE D'EAU  
=====

Echantillon prélevé en surface (GLCS 1)

---

- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU PRELEVEE :

T : 53 ° C      PH : 6,1      Résistivité : 74 ohm/cm

- ELEMENTS MAJEURS (Concentrations en mg/l) :

Cations : Ca : 770      Mg : 312      Na : 6 580      K : 107

Anions : HCO<sub>3</sub> : 427      Cl : 12 993      SO<sub>4</sub> : 602      NH<sub>4</sub> : 24  
S<sup>--</sup> : 29

Complexes : SiO<sub>2</sub> : 28

- ELEMENTS EN TRACE (concentrations en mg/l) :

Ba < 1      Li = 0,10      Rb < 0,1      Sr = 63,4      B = 9,6

Fe = 0,80      F = 0,00

- GAZ DISSOUS EN SURFACE (Concentration en mole/litre) :

CO<sub>2</sub> : 2,09.10<sup>-3</sup>    Ar : 3,5.10<sup>-7</sup>    O<sub>2</sub> : 5,51.10<sup>-8</sup>    N<sub>2</sub> : 2,19.10<sup>-5</sup>    CH<sub>4</sub> : 1,16.10<sup>-2</sup>

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : 2.10<sup>-3</sup>    H<sub>2</sub>S : 9.10<sup>-4</sup>    (~ 30,6 ppm)

- ANALYSE BACTERIOLOGIQUE (Nb de bactéries/200 ml) cultivées sur milieu de POSTGATE

Sulfato réductrices : 0  
(incubation à 30 et 53°C)

Ferro-bactéries : non recherchées

Planche 1.a

## ANALYSE D'EAU

=====

Echantillon prélevé en fond de puits (GCLS 1)

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU PRELEVEE :Pression de fond : 1 600 kg/cm<sup>2</sup> (160 bars) - Profondeur : 1 640 m

T = 55° C

ELEMENTS MAJEURS (Concentrations en mg/l) :Cations : Ca : -- Mg : -- Na : -- K : --Anions : HCO<sub>3</sub> : -- Cl : -- SO<sub>4</sub> : -- NH<sub>4</sub> : --Complexes : SiO<sub>2</sub> : -- (PAS D'ANALYSE CHIMIQUE DEMANDEE = SE REPORTER A LA  
PLANCHE 1.a)ELEMENTS EN TRACE :

Ba -- Li -- Rb -- Sr -- B --

Fe -- F -- S -- (IDEM ELEMENTS MAJEURS)

GAZ LIBERES AU COURS DE LA SEPARATION (Concentrations en moles/litre)CO<sub>2</sub> : 0,31.10<sup>-3</sup> Ar : -- O<sub>2</sub> : 0,86.10<sup>-4</sup> N<sub>2</sub> : 1,6.10<sup>-3</sup> CH<sub>4</sub> : 0,055.10<sup>-2</sup>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : 0,02.10<sup>-3</sup> C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> : 0,1.10<sup>-4</sup> H<sub>2</sub>S : 0ANALYSE BACTERIOLOGIQUE (Absence (A) ou présence (P) des bactéries)

<u>Sulfato réductrices</u> :	A	P	<u>Ferro-bactéries</u> :	P	P
Températures d'incubation	55°	40°		55°	40°

Planche 1.b



COMPAGNIE : OPHLM VILLE DE PARIS

PUITS : LA COURNEUVE

TABLE II

RELATION - PRESSION - VOLUME DU FLUIDE  
DE GISEMENT A 25°C

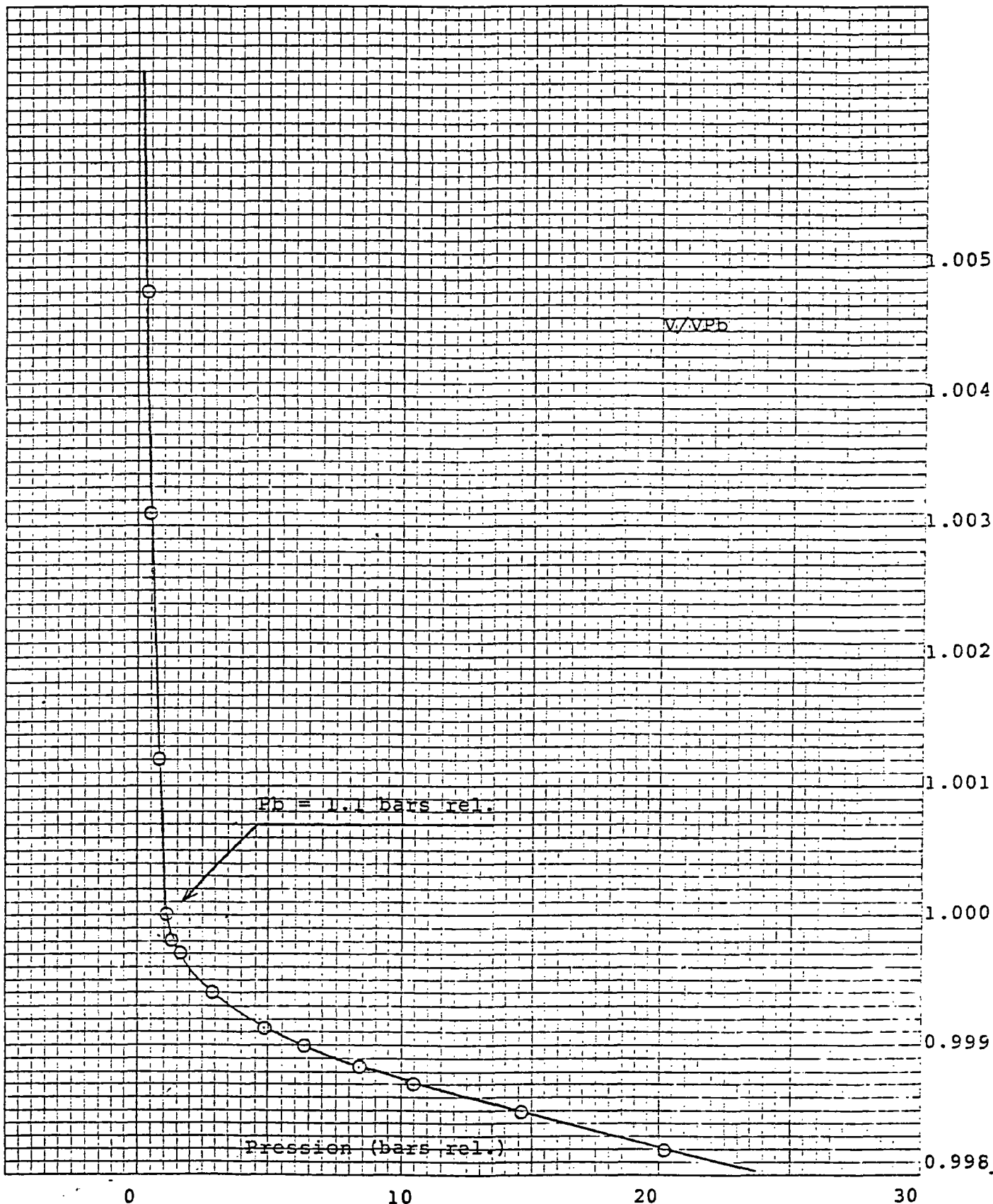
Pression (Bars rel.)	Volume relatif (V/VPb - m3/m3)		Coefficient de compressibilité (Bar - 1x 10 <sup>-5</sup> )
210.9	0.9945		1.16
Pst = 160.0	0.9952		1.34
69.7	0.9967		1.78
45.7	0.9973		2.53
30.2	0.9978		3.16
20.2	0.9982		3.97
14.6	0.9985		4.88
10.5	0.9987		5.88
8.3	0.9988		6.95
6.3	0.9990		8.15
4.9	0.9991		9.64
2.9	0.9994		13.44
1.6	0.9997		24.39
1.3	0.9998		36.76
		<u>P (bars)</u>	<u>% gaz</u>
Pb = 1.1	1.0000	2,1	0%
0.8	1.0012	1,8	0,12
0.5	1.0031		
0.3	1.0048		
P. Atmosphérique	1.0074	1	0,74

Coefficient de dilatation thermique (°C-1) = 0.311 x 10<sup>-3</sup>



RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 25°C

Volume relatif (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)





COMPAGNIE : OPHLM VILLE DE PARIS

PUITS : LA COURNEUVE

TABLE III

RELATION - PRESSION - VOLUME DU FLUIDE

DE GISEMENT A 55°C

Pression (Bars rel.)	Volume relatif (V/VPb - m3/m3)		Coefficient de compressibilité (Bar - 1 x 10 <sup>-5</sup> )
210.2	0.9918		1.20
Pst = 160.0	0.9925		1.46
70.3	0.9943		2.07
48.2	0.9950		3.19
33.6	0.9956		4.15
23.9	0.9961		5.43
16.9	0.9966		6.95
11.7	0.9971		9.23
9.0	0.9974		12.50
7.0	0.9977		15.46
4.9	0.9981		21.53
3.4	0.9987		42.80
		<i>Temp</i>	
Pb = 2.6	1.0000	3,6	0%
2.5	1.0007	3,5	0,07%
2.3	1.0017	3,3	0,17%
2.1	1.0032		
1.5	1.0092		
0.8	1.0179		
P. Atmosphérique	1.0432	1	4,32%

Coefficient de dilatation thermique (°C-1) = 0.306 x 10<sup>-3</sup>

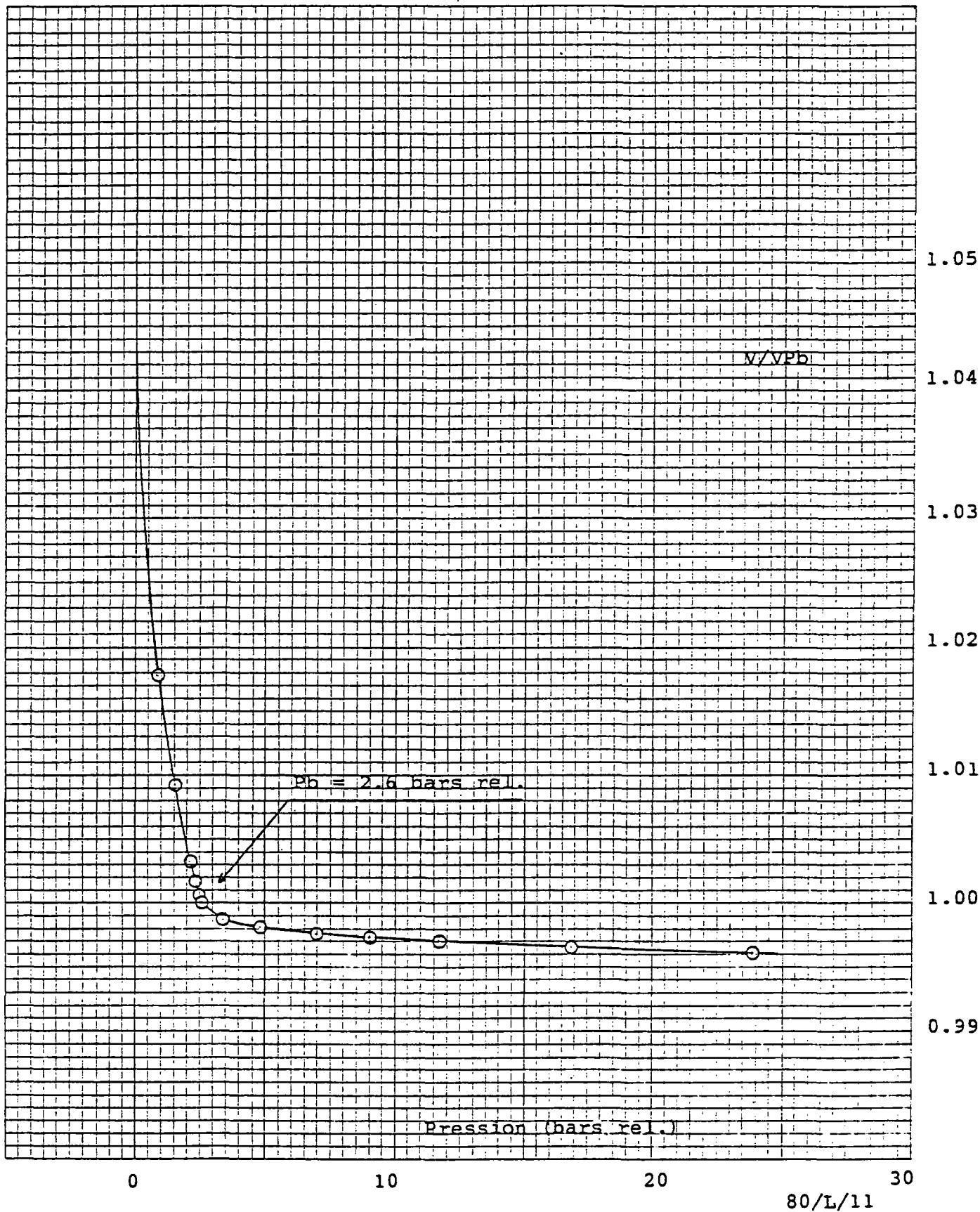


COMPAGNIE : OPHLM VILLE DE PARIS

PUITS : LA COURNEUVE

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 55°C

Volume relatif (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)



Description de la Solution  
\*\*\*\*\*

Somme des Cations Analyses = 3.559E-01  
Somme des Anions Analyses = -3.799E-01

pH  
6.10

Activite de l'eau = 0.9880  
PCO2 = 5.1110E-01  
Log PCO2 = -0.2915  
PO2 = 1.8400E-51  
FCF4 = 1.7467E-29  
CO2 total = 1.8720E-02

Somme des Cations Calcules = 3.445E-01  
Somme des Anions Calcules = -3.771E-01

Temperature  
53.00 Degres Celsius

Oxygene Dissous = 0.0000 00  
De = -0.1539

Force Ionique  
3.9056E-01

Concentrations totales des especes analysees  
\*\*\*\*\*

ESPECES	Totalite Totale	Log Totalite Totale	Concentration en %/l
Potassium	2.7304E-03	-2.5628	1.0700E-02
Calcium	1.9212E-02	-1.7164	7.7600E-02
Sodium	2.3000E-01	-0.6380	6.5000E-01
Magnesium	1.2533E-02	-1.9017	3.1200E-02
Aluminium	0.0000E-00		
Fer	1.4325E-05	-4.8439	6.0000E-01
Manganese	0.0000E-00		
Lithium	1.4411E-05	-4.8413	1.0000E-01
Strontium	7.2358E-04	-3.1405	6.3400E-01
Barium	7.2812E-06	-5.1379	1.0000E-00
Ammoniac	1.3305E-03	-2.8780	2.4000E-01
Silice	4.6601E-04	-3.3316	2.0000E-01
Bore	0.8807E-04	-3.0516	0.0000E-00
Phosphate	0.0000E-00		
Chlorure	3.6649E-01	-0.4350	1.2003E-04
Fluorure	0.0000E-00		
Sulfate	6.2668E-03	-2.2030	6.0200E-02
Brome	0.0000E-00		
Nitrate	0.0000E-00		
Carbonate	9.5055E-03	-2.0220	5.8000E-02
Sulfure	8.5094E-04	-3.0701	2.9000E-01

DISTRIBUTION DES ESPECES

* 1 *	Espece *	Molalite *	log. Mol. *	Activite *	log. Act. *	Coef. Act. *	Log Coef. Act *	K( 53.00) *	Log K( 53.00) *
* 15 *	Cl-1 *	3.644E-01 *	-0.438 *	3.015E-01 *	-0.521 *	8.275E-01 *	-0.082 *	*	*
* 36 *	KCl *	3.206E-12 *	-11.494 *	2.844E-12 *	-11.546 *	8.870E-01 *	-0.052 *	1.187E-05 *	-4.925 *
* 17 *	SO4-2 *	1.920E-03 *	-2.717 *	9.752E-04 *	-3.011 *	5.020E-01 *	-0.244 *	*	*
* 35 *	HSO4-1 *	2.133E-07 *	-6.671 *	1.659E-07 *	-6.780 *	7.779E-01 *	-0.109 *	2.142E-02 *	2.331 *
* 34 *	H2SO4 *	6.936E-17 *	-16.159 *	6.153E-17 *	-16.211 *	8.870E-01 *	-0.052 *	1.000E-01 *	-1.000 *
* 22 *	CO3-2 *	9.538E-07 *	-6.021 *	5.653E-07 *	-6.256 *	5.299E-01 *	-0.276 *	*	*
* 21 *	HCO3-1 *	6.971E-03 *	-2.157 *	5.947E-03 *	-2.220 *	8.521E-01 *	-0.066 *	1.462E-10 *	10.171 *
* 20 *	H2CO3 *	9.240E-03 *	-2.034 *	9.621E-03 *	-2.017 *	1.641E-00 *	0.015 *	2.037E-06 *	6.300 *
* 25 *	H3-1 *	1.624E-16 *	-15.785 *	1.441E-16 *	-15.841 *	7.779E-01 *	-0.109 *	*	*
* 27 *	H-2 *	1.242E-34 *	-33.872 *	1.190E-34 *	-33.924 *	5.247E-01 *	-0.280 *	7.015E-13 *	-12.155 *
* 38 *	OH-1 *	1.673E-07 *	-6.883 *	2.892E-08 *	-7.692 *	7.779E-01 *	-0.109 *	*	*
* 31 *	H2O *	1.621E-86 *	-86.991 *	7.943E-87 *	-86.100 *	7.779E-01 *	-0.109 *	1.590E-14 *	-13.177 *
* 67 *	H3O+2 *	1.278E-02 *	-1.897 *	5.458E-03 *	-2.177 *	5.247E-01 *	-0.280 *	*	*
* 13 *	H3O+2 *	2.891E-04 *	-3.541 *	7.977E-04 *	-3.104 *	5.979E-01 *	-0.250 *	*	*
* 118 *	H3O+2-1 *	1.539E-05 *	-5.813 *	1.159E-05 *	-5.932 *	7.779E-01 *	-0.109 *	6.145E-10 *	-9.207 *
* 16 *	H+2 *	7.251E-06 *	-5.138 *	3.926E-06 *	-5.418 *	5.247E-01 *	-0.280 *	*	*
* 2 *	Ca+2 *	1.522E-02 *	-1.818 *	7.392E-03 *	-2.076 *	5.513E-01 *	-0.259 *	*	*
* 48 *	CaOH+1 *	2.636E-03 *	-7.691 *	1.524E-03 *	-7.865 *	7.779E-01 *	-0.109 *	2.332E-01 *	1.700 *
* 49 *	CaCO3+1 *	1.568E-03 *	-2.309 *	1.220E-03 *	-2.914 *	7.779E-01 *	-0.109 *	2.443E-01 *	1.300 *
* 50 *	CaCO3 ac. *	1.281E-03 *	-4.892 *	1.136E-05 *	-4.948 *	1.979E-01 *	-0.502 *	1.680E-03 *	3.400 *
* 51 *	CaSO4 ac *	2.406E-03 *	-2.616 *	2.131E-03 *	-2.679 *	1.670E-01 *	-0.652 *	2.616E-02 *	2.417 *
* 6 *	Fe+2 *	1.214E-05 *	-4.916 *	5.372E-06 *	-5.196 *	5.247E-01 *	-0.280 *	*	*
* 81 *	FeOH+1 *	3.328E-08 *	-7.478 *	2.599E-09 *	-7.597 *	7.779E-01 *	-0.109 *	3.266E-09 *	-8.480 *
* 91 *	Fe(OH)2 *	1.888E-12 *	-11.724 *	1.675E-12 *	-11.776 *	8.870E-01 *	-0.052 *	1.699E-10 *	-10.770 *
* 92 *	FeCO3-1 *	6.644E-15 *	-14.178 *	5.169E-15 *	-14.287 *	7.779E-01 *	-0.109 *	4.165E-08 *	-27.350 *
* 62 *	FeSO4 *	2.147E-06 *	-5.669 *	1.904E-06 *	-5.720 *	8.870E-01 *	-0.052 *	3.064E-02 *	2.486 *
* 77 *	FeOH+2 *	1.578E-13 *	-12.302 *	9.279E-14 *	-13.082 *	5.247E-01 *	-0.280 *	1.499E-14 *	-12.927 *
* 80 *	Fe(OH)2+1 *	5.976E-14 *	-13.224 *	4.644E-14 *	-13.333 *	7.779E-01 *	-0.109 *	6.714E-21 *	-29.173 *
* 89 *	Fe(OH)3 *	3.375E-11 *	-10.472 *	2.994E-11 *	-10.524 *	8.870E-01 *	-0.052 *	3.489E-24 *	-22.459 *
* 90 *	Fe(OH)4-1 *	5.847E-13 *	-12.607 *	7.660E-13 *	-12.116 *	7.779E-01 *	-0.109 *	7.159E-32 *	-31.145 *
* 85 *	FeCl+2 *	1.071E-16 *	-15.970 *	5.621E-17 *	-16.250 *	5.247E-01 *	-0.280 *	4.109E-11 *	-10.389 *
* 86 *	FeCl2+1 *	9.914E-17 *	-16.804 *	7.712E-17 *	-16.113 *	7.779E-01 *	-0.109 *	1.997E-10 *	-9.702 *
* 87 *	FeCl3 *	3.766E-18 *	-17.431 *	3.297E-18 *	-17.483 *	8.870E-01 *	-0.052 *	2.691E-11 *	-14.572 *
* 79 *	FeSO4+1 *	7.348E-17 *	-16.134 *	5.716E-17 *	-16.243 *	7.779E-01 *	-0.109 *	1.311E-08 *	-7.882 *
* 1 *	K+1 *	2.688E-03 *	-2.571 *	2.224E-03 *	-2.653 *	8.275E-01 *	-0.082 *	*	*
* 43 *	KSO4-1 *	2.894E-05 *	-4.538 *	2.251E-05 *	-4.648 *	7.779E-01 *	-0.109 *	1.038E-01 *	1.016 *
* 44 *	KCl *	1.966E-05 *	-4.705 *	1.744E-05 *	-4.758 *	8.870E-01 *	-0.052 *	2.600E-02 *	-1.555 *
* 8 *	Li+1 *	1.418E-05 *	-4.848 *	1.103E-05 *	-4.957 *	7.779E-01 *	-0.109 *	*	*

* 107 *	LiSO4-1 *	6.035E-06 *	-7.219 *	4.695E-06 *	-7.328 *	7.779E-01 *	-0.109 *	4.365E-06 *	0.040 *
* 4 *	Fe+2 *	1.673E-04 *	-3.969 *	5.194E-05 *	-4.208 *	5.774E-01 *	-0.239 *		
* 59 *	HgOH41 *	3.582E-06 *	-5.253 *	4.343E-06 *	-5.362 *	7.779E-01 *	-0.109 *	2.225E-02 *	2.507 *
* 61 *	HgCO3 *	5.294E-06 *	-7.276 *	4.696E-06 *	-7.328 *	6.870E-01 *	-0.052 *	1.566E-03 *	3.170 *
* 62 *	HgHCO3+1 *	6.591E-06 *	-5.181 *	5.127E-06 *	-5.290 *	7.779E-01 *	-0.109 *	1.392E-01 *	1.166 *
* 63 *	HgSO4 ao *	2.965E-05 *	-4.528 *	2.630E-05 *	-4.580 *	8.870E-01 *	-0.052 *	4.351E-02 *	2.400 *
* 9 *	Na+1 *	2.514E-01 *	-6.551 *	2.412E-01 *	-6.611 *	1.571E-01 *	-0.667 *		
* 54 *	NaSO4-1 *	1.361E-03 *	-2.730 *	1.440E-03 *	-2.839 *	7.779E-01 *	-0.109 *	6.151E-04 *	1.710 *
* 55 *	NaNO3 *	8.082E-04 *	-3.041 *	5.105E-04 *	-3.063 *	8.076E-01 *	-0.052 *	5.637E-03 *	-0.258 *
* 56 *	NaCO3-1 *	1.166E-05 *	-4.032 *	8.005E-06 *	-5.041 *	7.779E-01 *	-0.109 *	7.455E-03 *	1.875 *
* 57 *	NaCl *	2.850E-03 *	-2.698 *	1.916E-03 *	-2.740 *	8.870E-01 *	-0.052 *	2.571E-02 *	-1.402 *
* 11 *	Na4+1 *	1.325E-03 *	-2.875 *	1.634E-03 *	-2.928 *	7.779E-01 *	-0.109 *		
* 110 *	Na3 ao *	5.516E-04 *	-7.250 *	4.393E-04 *	-7.310 *	8.870E-01 *	-0.052 *	3.524E-03 *	-0.103 *
* 111 *	Na4SO4-1 *	1.659E-05 *	-4.777 *	1.205E-05 *	-4.856 *	7.779E-01 *	-0.109 *	1.266E-01 *	1.116 *
* 12 *	Na3iO4ao *	4.660E-04 *	-3.332 *	4.134E-04 *	-3.384 *	8.870E-01 *	-0.052 *		
* 112 *	Na3iO4-1 *	2.584E-07 *	-6.601 *	1.948E-07 *	-6.710 *	7.779E-01 *	-0.109 *	4.676E-10 *	-0.316 *
* 113 *	Na3iO4-2 *	1.475E-13 *	-12.631 *	7.740E-14 *	-13.111 *	5.247E-01 *	-0.266 *	1.270E-20 *	-10.003 *
* 9 *	Br+2 *	7.233E-04 *	-3.141 *	3.795E-04 *	-3.421 *	5.247E-01 *	-0.266 *		

PLANCHE 2.b'

SATURATION DES MINERAUX

* I *	* nom *	* produit *	* K (53.0) *	* log produit *	* log K (53.0) *	* produit/P *	* log produit/P *	* log K (53.0) *	* produit/P *
* 69 *	* Al(OH)3am *	* 5.298E-52 *	* 1.554E-31 *	* -51.276 *	* -20.668 *	* 3.409E-21 *	* -20.467 *	* -30.543 *	* 3.409E-21 *
* 28 *	* Alunite *	* 6.184E-06 *	* 6.860E-05 *	* -141.226 *	* -84.166 *	* 6.732E-58 *	* -57.059 *	* -15.147 *	* 6.732E-58 *
* 5 *	* Androsite *	* 4.146E-04 *	* 1.171E-05 *	* -5.657 *	* -4.931 *	* 6.010E-01 *	* -0.156 *	* -0.232 *	* 6.010E-01 *
* 8 *	* Androsite *	* 4.146E-04 *	* 1.111E-05 *	* -6.373 *	* -4.551 *	* 5.782E-06 *	* 0.579 *	* -0.251 *	* 5.782E-06 *
* 71 *	* Androsite *	* 4.147E-04 *	* 5.511E-01 *	* -24.648 *	* -10.884 *	* 1.242E-07 *	* -6.194 *	* -0.254 *	* 1.242E-07 *
* 73 *	* Androsite *	* 4.728E-04 *	* 4.345E-16 *	* -11.481 *	* -9.297 *	* 1.477E-03 *	* 0.171 *	* -1.251 *	* 1.477E-03 *
* 36 *	* Androsite *	* 4.382E-04 *	* 2.379E-05 *	* -51.271 *	* -39.434 *	* 2.291E-16 *	* -18.621 *	* -22.193 *	* 2.291E-16 *
* 7 *	* Androsite *	* 1.554E-17 *	* 4.377E-12 *	* -10.884 *	* -11.357 *	* 3.319E-05 *	* -5.471 *	* -0.171 *	* 3.319E-05 *
* 4 *	* Androsite *	* 4.240E-05 *	* 1.344E-07 *	* -10.874 *	* -9.469 *	* 3.109E-09 *	* 0.459 *	* -0.728 *	* 3.109E-09 *
* 72 *	* Celestine *	* 3.701E-07 *	* 1.702E-04 *	* -6.422 *	* -5.795 *	* 2.316E-01 *	* -0.636 *	* -1.158 *	* 2.316E-01 *
* 45 *	* Celestine *	* 4.235E-04 *	* 5.369E-04 *	* -3.373 *	* -3.248 *	* 7.459E-01 *	* -0.167 *	* -0.157 *	* 7.459E-01 *
* 3 *	* Chrysothite *	* 1.211E-02 *	* 6.458E-51 *	* -61.917 *	* -59.073 *	* 1.432E-12 *	* -11.644 *	* -12.775 *	* 1.432E-12 *
* 12 *	* Clinoptil * *	* 1.738E-22 *	* 5.371E-17 *	* -21.760 *	* -16.279 *	* 3.237E-06 *	* -5.490 *	* -1.112 *	* 3.237E-06 *
* 47 *	* Cristobalite *	* 4.235E-04 *	* 6.365E-04 *	* -3.373 *	* -3.196 *	* 6.653E-01 *	* -0.177 *	* -0.254 *	* 6.653E-01 *
* 80 *	* Diaspore *	* 5.363E-52 *	* 1.057E-38 *	* -51.271 *	* -35.976 *	* 5.673E-16 *	* -15.295 *	* -22.193 *	* 5.673E-16 *
* 11 *	* Diaspore *	* 4.695E-72 *	* 2.131E-35 *	* -41.388 *	* -34.671 *	* 1.922E-07 *	* -6.716 *	* -10.692 *	* 1.922E-07 *
* 3 *	* Dolomite *	* 1.327E-19 *	* 1.891E-18 *	* -18.877 *	* -17.733 *	* 7.171E-02 *	* -1.144 *	* -1.788 *	* 7.171E-02 *
* 60 *	* Dolomite *	* 1.156E-15 *	* 7.403E-05 *	* -14.937 *	* -4.131 *	* 1.561E-11 *	* -10.907 *	* -16.126 *	* 1.561E-11 *
* 10 *	* Forsterite *	* 1.310E-36 *	* 1.785E-29 *	* -35.883 *	* -27.747 *	* 7.322E-04 *	* -6.135 *	* -12.149 *	* 7.322E-04 *
* 29 *	* Forsterite *	* 5.298E-52 *	* 2.424E-31 *	* -51.276 *	* -30.615 *	* 2.165E-23 *	* -20.666 *	* -38.631 *	* 2.165E-23 *
* 55 *	* Forsterite *	* 1.318E-05 *	* 6.457E-04 *	* -64.880 *	* -63.190 *	* 2.642E-02 *	* -1.696 *	* -2.432 *	* 2.642E-02 *
* 55 *	* Forsterite *	* 1.379E-05 *	* 2.913E-17 *	* -54.860 *	* -16.536 *	* 4.733E-38 *	* -38.325 *	* -57.191 *	* 4.733E-38 *
* 6 *	* Gypsum *	* 7.504E-06 *	* 1.427E-05 *	* -5.090 *	* -4.738 *	* 4.372E-01 *	* -0.359 *	* -0.595 *	* 4.372E-01 *
* 36 *	* Gypsum *	* 7.272E-02 *	* 3.545E-01 *	* -1.138 *	* 1.549 *	* 2.652E-03 *	* -2.687 *	* -4.011 *	* 2.652E-03 *
* 67 *	* Gypsum *	* 1.366E-04 *	* 4.766E-16 *	* -38.886 *	* -5.226 *	* 2.766E-31 *	* -30.151 *	* -10.911 *	* 2.766E-31 *
* 16 *	* Gypsum *	* 1.199E-18 *	* 4.486E-40 *	* -89.921 *	* -39.113 *	* 1.456E-11 *	* -10.681 *	* -15.731 *	* 1.456E-11 *
* 41 *	* Gypsum *	* 9.838E-21 *	* 5.012E-11 *	* -26.191 *	* -14.388 *	* 1.744E-05 *	* -5.191 *	* -6.781 *	* 1.744E-05 *
* 2 *	* Halite *	* 2.139E-11 *	* 1.654E-01 *	* -10.405 *	* -1.712 *	* 1.192E-02 *	* -1.725 *	* -3.571 *	* 1.192E-02 *
* 41 *	* Halite *	* 1.150E-11 *	* 2.335E-05 *	* -14.937 *	* -4.031 *	* 4.942E-11 *	* -16.561 *	* -18.571 *	* 4.942E-11 *
* 41 *	* Halite *	* 5.026E-05 *	* 1.165E-10 *	* -4.249 *	* 0.066 *	* 4.313E-05 *	* -4.355 *	* -1.911 *	* 4.313E-05 *
* 33 *	* Halite *	* 1.434E-03 *	* 4.502E-01 *	* -2.843 *	* -0.319 *	* 2.987E-03 *	* -2.525 *	* -3.751 *	* 2.987E-03 *
* 35 *	* Halite *	* 2.963E-03 *	* 4.731E-01 *	* -7.537 *	* -0.325 *	* 6.136E-03 *	* -7.217 *	* -10.762 *	* 6.136E-03 *
* 77 *	* Halite *	* 5.618E-11 *	* 1.720E-05 *	* -10.520 *	* -4.794 *	* 1.755E-04 *	* -5.756 *	* -1.587 *	* 1.755E-04 *
* 56 *	* Halite *	* 1.632E-25 *	* 1.586E-18 *	* -24.986 *	* -17.680 *	* 6.510E-02 *	* -7.196 *	* -10.724 *	* 6.510E-02 *
* 49 *	* Halite *	* 4.235E-04 *	* 2.403E-04 *	* -3.373 *	* -3.410 *	* 1.762E-00 *	* 0.246 *	* 0.357 *	* 1.762E-00 *
* 14 *	* Sericilit1 *	* 1.227E-47 *	* 3.711E-39 *	* -46.911 *	* -36.638 *	* 3.305E-06 *	* -8.481 *	* -12.656 *	* 3.305E-06 *
* 79 *	* Sericilit2 *	* 1.227E-47 *	* 5.591E-23 *	* -46.911 *	* -37.253 *	* 2.198E-10 *	* -9.658 *	* -14.412 *	* 2.198E-10 *
* 1 *	* Siderite *	* 3.220E-12 *	* 7.848E-12 *	* -11.492 *	* -11.105 *	* 4.103E-01 *	* -0.387 *	* -0.577 *	* 4.103E-01 *
* 49 *	* SilicaGel *	* 4.235E-04 *	* 1.470E-03 *	* -3.373 *	* -2.833 *	* 2.800E-01 *	* -0.541 *	* -0.607 *	* 2.800E-01 *
* 71 *	* Strontianite *	* 1.918E-10 *	* 3.095E-27 *	* -9.717 *	* -26.509 *	* 6.195E-16 *	* 16.792 *	* 25.658 *	* 6.195E-16 *
* 15 *	* Talc *	* 2.198E-69 *	* 2.998E-60 *	* -68.658 *	* -59.523 *	* 7.332E-10 *	* -9.135 *	* -13.632 *	* 7.332E-10 *
* 46 *	* Thénardite *	* 5.671E-05 *	* 6.907E-01 *	* -4.246 *	* -0.161 *	* 8.210E-05 *	* -4.086 *	* -6.697 *	* 8.210E-05 *
* 36 *	* TherNatri *	* 2.604E-03 *	* 9.066E-01 *	* -7.584 *	* -0.045 *	* 2.891E-08 *	* -7.539 *	* -11.259 *	* 2.891E-08 *
* 13 *	* Tremolite *	* 6.000E-00 *	* 6.000E-00 *	* -151.434 *	* -133.702 *	* 1.855E-18 *	* -17.732 *	* -26.480 *	* 1.855E-18 *
* 34 *	* Trona *	* 4.114E-11 *	* 1.387E-02 *	* -10.380 *	* -1.724 *	* 2.186E-09 *	* -8.662 *	* -12.125 *	* 2.186E-09 *
* 74 *	* Witherite *	* 1.530E-12 *	* 1.250E-13 *	* -11.714 *	* -12.403 *	* 1.544E-01 *	* 1.169 *	* 1.774 *	* 1.544E-01 *



## CHAPITRE 5

### RAPPORT D'ESSAI DE PRODUCTION

## LA COURNEUVE - INTERPRETATION DU TEST DE FORMATION DU 14/02/81

## 5.1. RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES.

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production à débit constant montre un réservoir de bonne perméabilité (de l'ordre de 33 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif).

## Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 1647 m et 1718 m
Hauteur productrice	h = 25 m
Porosité moyenne	$\phi = 16 \%$
Température stabilisée à 1836 m dév. au débit de 97.5 m <sup>3</sup> /h	Tf = 57.9 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.49 cp
Salinité moyenne	= 22 g/l
Compressibilité totale	Ct = 9.6 10 <sup>-5</sup> atm <sup>-1</sup>
Pression artésienne	Par = 8 kg/cm <sup>2</sup> a.
Pression statique extrapolée	Pe = 165.8 kg/cm <sup>2</sup> abs(1836 m. d)
-----	
Transmissivité relative	kh/u = 6793 D. cm/cp
Transmissivité intrinsèque	kh = 33.3 D. m
Permeabilité intrinsèque	k = 1.33 D
Facteur de skin global (effet de déviation)	S = - 2.41
-----	

## 5.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 14/02/1981

L'enregistrement de pression utilisé pour l'interprétation a été réalisé par Flopetrol du 13/02/81 à 22h au 14/02/81 à 8h à l'aide d'une sonde de précision de type TPTT. L'enregistrement a été effectué après les travaux de développement de l'ouvrage, et concerne la remontée de pression consécutive à l'essai de production d'une durée d'environ 9 heures.

### 5.2.1. CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage . (13/02/81)..... t = 10. 30. 00
- arrêt du pompage . (14/02/81)..... t = 00. 30. 00
- durée du pompage ..... tp = 14 h
- fin de remontée de pression . (14/02/81).... t = 08. 00. 00
- débit nominal moyen ..... Q = 97.5 m<sup>3</sup>/h
- température à 1836md au débit nominal .... Tf = 57.9 C  
(température de mélange durant  
la production )
- position de la sonde TPTT ..... 1836 m dev.
- rayon du forage dans le réservoir ..... 6 "

## 5.2.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI :

### 5.2.2.1. Hauteur productive et porosité du réservoir :

Ces deux paramètres sont déterminés par l'examen des logs et du flowmètre. Les valeurs retenues sont les suivantes :

hauteur productive  $h = 25$  m  
porosité moyenne  $\phi = 16$  %

### 5.2.2.2. Salinité moyenne :

La salinité est connue à partir des mesures sur échantillons d'eau prélevés durant l'essai. Les échantillons prélevés en fin d'essai ont une salinité totale de 22 g/l.

### 5.2.2.3. Compressibilité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 1647 m et 1718 m la compressibilité est évaluée à la profondeur moyenne de 1700 m.

D'après les abaques de Dodson et Standing, la compressibilité de l'eau est estimée à :

$$C_w = 4.1 \cdot 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$$

pour une pression de confinement de 170 atm et une température de 58 C.

D'après l'abaque de Hall, et pour une porosité de 16 %, la compressibilité effective de la roche vaut :

$$C_r = 5.5 \cdot 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$$

d'où la compressibilité totale :

$$C_t = 9.6 \cdot 10^{-5} \text{ # } 10^{-4} \text{ atm}^{-1}$$

### 5.2.2.4. Viscosité de l'eau de la formation :

La viscosité estimée d'après l'abaque de Chesnut est de l'ordre de :

$$\mu = 0.49 \text{ cp}$$

### 5.2.2.5. Perméabilité et facteur de skin :

La perméabilité et le facteur de skin sont déterminés à partir de l'enregistrement de la remontée de pression finale avec la sonde TPTT en place à 1836 m dév.

Les points expérimentaux sont donnés au tableau I et représentés en graphique log-log et semi-log aux figures 1, 2 et 3.

#### a/ - Courbe type (diagramme log-log)

La première estimation des paramètres est effectuée à l'aide de l'abaque Flopetrol (SPE 8205, 1979) et du report des points expérimentaux en graphique bi-log (figure 1). On considère un débit moyen de 97.5 m<sup>3</sup>/h.

Point de coïncidence des graphiques :

$$\begin{aligned} dP &= 1.0 \text{ kg/cm}^2 & PD &= 1.55 \\ dt &= 1.0 \text{ h} & tD/CD &= 1250 \\ CD \cdot \exp(2S) &= 100 \end{aligned}$$

La validité de la superposition implique dans ce cas :  $dt/tp < 1.0$ , tous les points expérimentaux peuvent donc être utilisés.

Transmissivité :

$$PD = \frac{2 \cdot \pi \cdot kh \cdot dP}{Q \cdot u} \quad \text{d'où} \quad \frac{kh}{u} = \frac{PD \cdot Q}{2\pi \cdot dP}$$

$$\frac{kh}{u} = 6903 \text{ D. cm/cp}$$

$$\text{avec } u = 0.49 \text{ cp}$$

$$\text{et } h = 25 \text{ m}$$

$$kh = 33.82 \text{ D. m}$$

$$k = 1.35 \text{ D}$$

Facteur de skin :

$$C = 2 \cdot \pi \cdot \frac{kh \cdot dt}{u \cdot tD} = 1.25 \cdot 10^5 \text{ cm}^3/\text{atm}$$

$$CD = \frac{C}{2n \cdot \emptyset \cdot Ct \cdot h \cdot rw} = 8915$$

et avec  $S = 0.5 \ln (CD \cdot \exp(2S)/CD)$

il vient  $S = - 2.24$

b/ - Méthode de HORNER :

Le report de la figure 2 représente la variation de la pression de fermeture  $P_{ws}$  en fonction de la variable  $(t_p+dt)/dt$  où  $t_p$  est la durée de production, et  $dt$  le temps écoulé depuis l'arrêt du pompage. On retient un débit moyen de 97.5 m<sup>3</sup>/h.

Limite de validité :

Le début de validité de la méthode de Horner est estimé à partir de l'abaque SPE, soit :

$$dt \# 0.08 \text{ h} \quad \text{et} \quad (t_p+dt)/dt \# 176$$

Transmissivité :

La pente moyenne de la droite vaut :

$$m = 0.753 \text{ kg/cm}^2, \text{ décade}$$

$$\text{d'où} \quad \frac{kh}{u} = \frac{0.183 \emptyset}{m} = 6798 \text{ D. cm/cp}$$

$$kh = 33.31 \text{ D. m}$$

$$\text{et avec } h = 25 \text{ m} \quad k = 1.33 \text{ D.}$$

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul :  $P(1h) = 164.95 \text{ kg/cm}^2$

$$S = 1.15 \left[ \frac{dP(1h)}{m} - \text{Log} \left( \frac{k}{\emptyset \cdot u \cdot Ct \cdot rw} \right) - 3.9077 \right]$$

soit  $S = - 2.46$

Pression statique extrapolée :

-----

$$P^* = 165.84 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs (1836 m dév.)}$$

c/ - Méthode de MILLER-DYES-HUTCHINSON :

-----

Pour les faibles valeurs de la durée de fermeture  $dt$ , la pression  $P_{ws}$  est reportée en fonction de  $\text{Log}(dt)$  à la figure 3.

La limite de validité est ici identique à celle de la méthode de HORNER, et l'on retient un débit moyen de  $97.5 \text{ m}^3/\text{h}$

Transmissivité :

-----

Pente moyenne  $m = 0.766 \text{ kg/cm}^2, \text{ décade}$

$$\text{d'où} \quad \frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m} = 6679 \text{ D. cm/cp}$$

$$kh = 32.73 \text{ D. m}$$

$$k = 1.31 \text{ D avec } h = 25 \text{ m}$$

Facteur de skin :

-----

Pression extrapolée pour le calcul  $P(1h) = 164.97 \text{ kg/cm}^2$

il vient :

$$S = - 2.53$$

### 5.2.3. CONCLUSIONS

---

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production à débit constant montre un réservoir de bonne perméabilité (de l'ordre de 33 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif )

On remarque que la perméabilité obtenue à l'issue de ce test est environ le double de celle obtenue au droit du forage GLCS1. L'examen de l'allure générale des courbes du test ne permet pas d'avancer d'autres explications que celle de la variabilité spatiale de ce paramètre. Les valeurs des perméabilités déterminées à chaque puits sont cohérentes avec les débits artésiens mesurés valant respectivement 65 et 140 m<sup>3</sup>/h ( pour une même pression artésienne de 8 kg/cm<sup>2</sup> ).

On notera enfin que le facteur de skin obtenu a une signification apparente et globale. Il reflète à la fois le skin propre de l'ouvrage et l'effet de la pénétration oblique dans le réservoir. La pénétration oblique dans le réservoir est utilisée dans l'industrie pétrolière pour améliorer la productivité d'un ouvrage ( slanted wells ). Avec les données de ce puits, et une pénétration à 60 deg., le pseudo-skin résultant de la déviation est de l'ordre de - 2.7, ce qui montre que le skin propre de l'ouvrage GLCS2 est voisin de zéro ( ouvrage non endommagé ).

5.2.4. TABLEAU RECAPITULATIF


---

Niveaux producteurs	entre 1647 m et 1718 m
Hauteur productrice	h = 25 m
Porosité moyenne	$\emptyset = 16 \%$
Température stabilisée à 1836 m dév. au débit de 97.5 m <sup>3</sup> /h	Tf = 57.9 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.49 cp
Salinité moyenne	= 22 g/l
Compressibilité totale	Ct = 9.6 10 <sup>-5</sup> atm <sup>-1</sup>
Pression artésienne	Par = 8 kg/cm <sup>2</sup> a.
Pression statique extrapolée	Pe = 165.84 kg/cm <sup>2</sup> abs

---

	moyen	log-log	d'après Horner	MDH	
Transmissivité relative kh/u	67.9	69.03	67.98	66.79	Dm/cp
Transmissivité intrinsèque kh	33.3	33.82	33.31	32.73	Dm
Perméabilité intrinsèque k	1.33	1.35	1.33	1.31	D
Facteur de skin global S	- 2.4	- 2.24	- 2.46	- 2.53	

---

### 5.3. ANNEXES

LA COURNEUVE SUD GLCS2

REMONTEE DE PRESSION DU 14/02/81

DUREE DE PRODUCTION = 14.000 Heures

Pwfo ..... = 161.000 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt dt	p (kg/cm2)
1	0. 30. 25	. 00694	. 036	2017. 008	161. 036
2	0. 30. 30	. 00833	2. 646	1681. 002	163. 646
3	0. 30. 36	. 01000	1. 462	1401. 001	162. 462
4	0. 30. 42	. 01167	3. 152	1201. 001	164. 152
5	0. 30. 45	. 01250	2. 444	1121. 001	163. 444
6	0. 30. 51	. 01417	2. 289	989. 236	163. 289
7	0. 30. 56	. 01556	2. 698	901. 000	163. 698
8	0. 31. 0	. 01667	2. 230	841. 001	163. 230
9	0. 31. 5	. 01806	2. 801	776. 385	163. 801
10	0. 31. 10	. 01944	2. 487	721. 001	163. 487
11	0. 31. 15	. 02083	2. 748	673. 001	163. 748
12	0. 31. 21	. 02250	2. 574	623. 223	163. 574
13	0. 31. 27	. 02417	2. 764	580. 311	163. 764
14	0. 31. 30	. 02500	2. 752	561. 001	163. 752
15	0. 31. 50	. 03056	2. 839	459. 182	163. 839
16	0. 32. 0	. 03333	2. 854	421. 000	163. 854
17	0. 32. 12	. 03667	2. 883	382. 818	163. 883
18	0. 32. 30	. 04167	2. 907	337. 000	163. 907
19	0. 32. 40	. 04444	2. 927	316. 000	163. 927
20	0. 33. 0	. 05000	2. 977	281. 000	163. 977
21	0. 33. 20	. 05556	3. 014	253. 000	164. 014
22	0. 33. 42	. 06167	3. 047	228. 027	164. 047
23	0. 34. 0	. 06667	3. 076	211. 000	164. 076
24	0. 35. 0	. 08333	3. 152	169. 000	164. 152
25	0. 35. 30	. 09167	3. 185	153. 727	164. 185
26	0. 36. 0	. 10000	3. 216	141. 000	164. 216
27	0. 36. 30	. 10833	3. 240	130. 231	164. 240
28	0. 37. 0	. 11667	3. 268	121. 000	164. 268
29	0. 38. 0	. 13333	3. 309	106. 000	164. 309
30	0. 39. 0	. 15000	3. 349	94. 333	164. 349
31	0. 40. 0	. 16667	3. 382	85. 000	164. 382
32	0. 41. 0	. 18333	3. 413	77. 364	164. 413

---

no du	t	dt	dp	tp+dt	p
point	(heures)	(heures)	(kg/cm2)	dt	(kg/cm2)
33	0. 42. 0	. 20000	3. 439	71. 000	164. 439
34	0. 43. 0	. 21667	3. 465	65. 615	164. 465
35	0. 44. 0	. 23333	3. 491	61. 000	164. 491
36	0. 45. 0	. 25000	3. 513	57. 000	164. 513
37	0. 46. 0	. 26667	3. 535	53. 500	164. 535
38	0. 47. 0	. 28333	3. 552	50. 412	164. 552
39	0. 48. 0	. 30000	3. 573	47. 667	164. 573
40	0. 49. 0	. 31667	3. 590	45. 211	164. 590
41	0. 50. 0	. 33333	3. 605	43. 000	164. 605
42	0. 52. 0	. 36667	3. 635	39. 182	164. 635
43	0. 54. 0	. 40000	3. 657	36. 000	164. 657
44	0. 56. 0	. 43333	3. 686	33. 308	164. 686
45	0. 58. 0	. 46667	3. 711	31. 000	164. 711
46	1. 0. 0	. 50000	3. 728	29. 000	164. 728
47	1. 5. 0	. 58333	3. 780	25. 000	164. 780
48	1. 10. 0	. 66667	3. 820	22. 000	164. 820
49	1. 15. 0	. 75000	3. 856	19. 667	164. 856
50	1. 20. 0	. 83333	3. 891	17. 800	164. 891
51	1. 25. 0	. 91667	3. 917	16. 273	164. 917
52	1. 30. 0	1. 00000	3. 944	15. 000	164. 944
53	1. 40. 0	1. 16667	3. 989	13. 000	164. 989
54	1. 50. 0	1. 33333	4. 028	11. 500	165. 028
55	2. 0. 0	1. 50000	4. 069	10. 333	165. 069
56	2. 10. 0	1. 66667	4. 097	9. 400	165. 097
57	2. 20. 0	1. 83333	4. 128	8. 636	165. 128
58	2. 30. 0	2. 00000	4. 149	8. 000	165. 149
59	2. 40. 0	2. 16667	4. 171	7. 462	165. 171
60	2. 50. 0	2. 33333	4. 192	7. 000	165. 192
61	3. 0. 0	2. 50000	4. 212	6. 600	165. 212
62	3. 20. 0	2. 83333	4. 244	5. 941	165. 244
63	3. 40. 0	3. 16667	4. 279	5. 421	165. 279
64	4. 0. 0	3. 50000	4. 303	5. 000	165. 303
65	4. 20. 0	3. 83333	4. 332	4. 652	165. 332
66	4. 40. 0	4. 16667	4. 367	4. 360	165. 367
67	5. 0. 0	4. 50000	4. 370	4. 111	165. 370
68	5. 20. 0	4. 83333	4. 388	3. 897	165. 388
69	5. 40. 0	5. 16667	4. 406	3. 710	165. 406
70	6. 0. 0	5. 50000	4. 418	3. 545	165. 418
71	6. 30. 0	6. 00000	4. 440	3. 333	165. 440
72	7. 0. 0	6. 50000	4. 461	3. 154	165. 461
73	7. 30. 0	7. 00000	4. 477	3. 000	165. 477
74	8. 0. 0	7. 50000	4. 493	2. 867	165. 493
75	8. 30. 0	8. 00000	4. 508	2. 750	165. 508

---

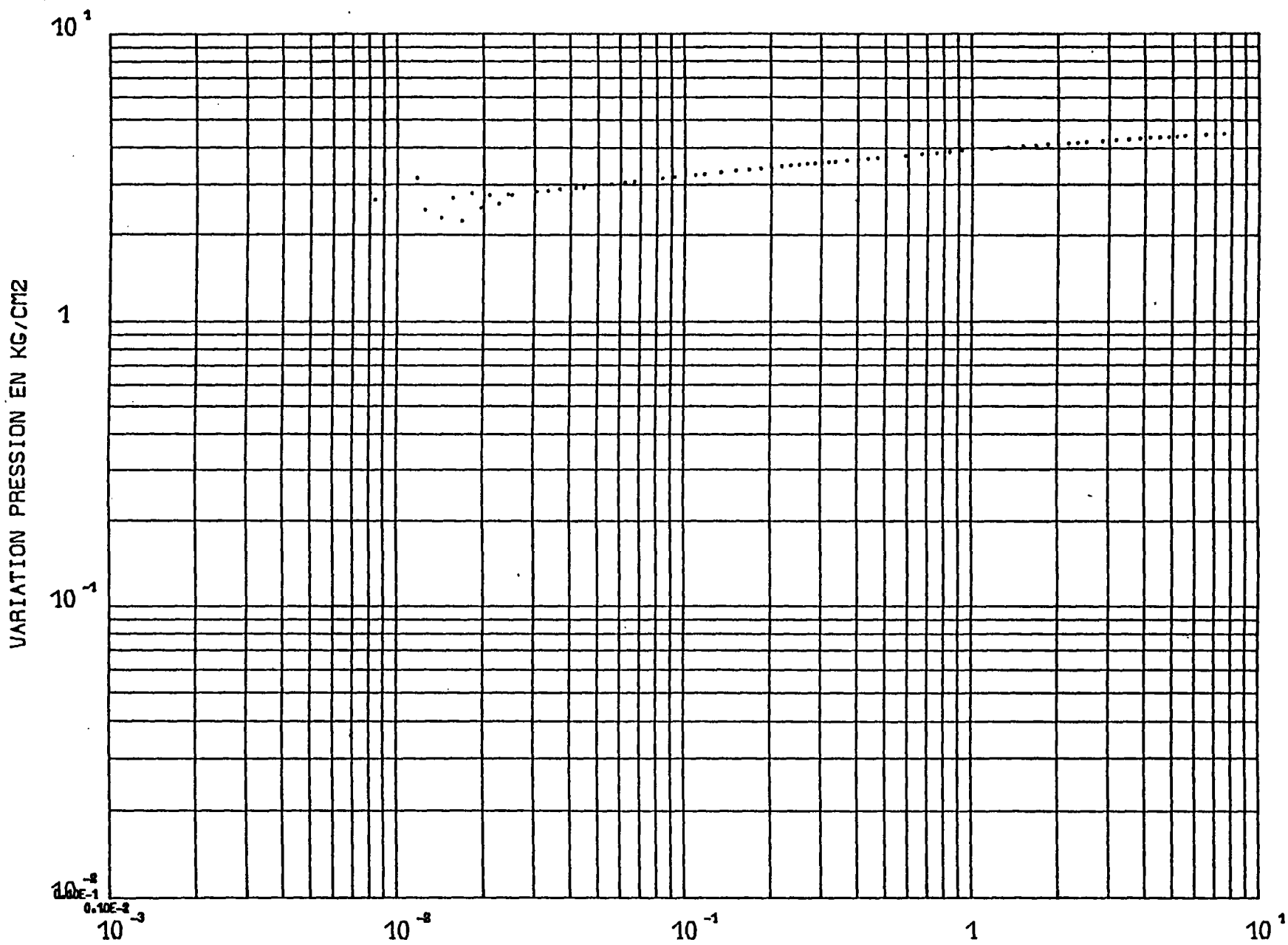


FIGURE 1 - TEMPS EN HEURES  
TEST DE FORMATION - LA COURNEUVE SUD GLCS2  
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME LOG-LOG

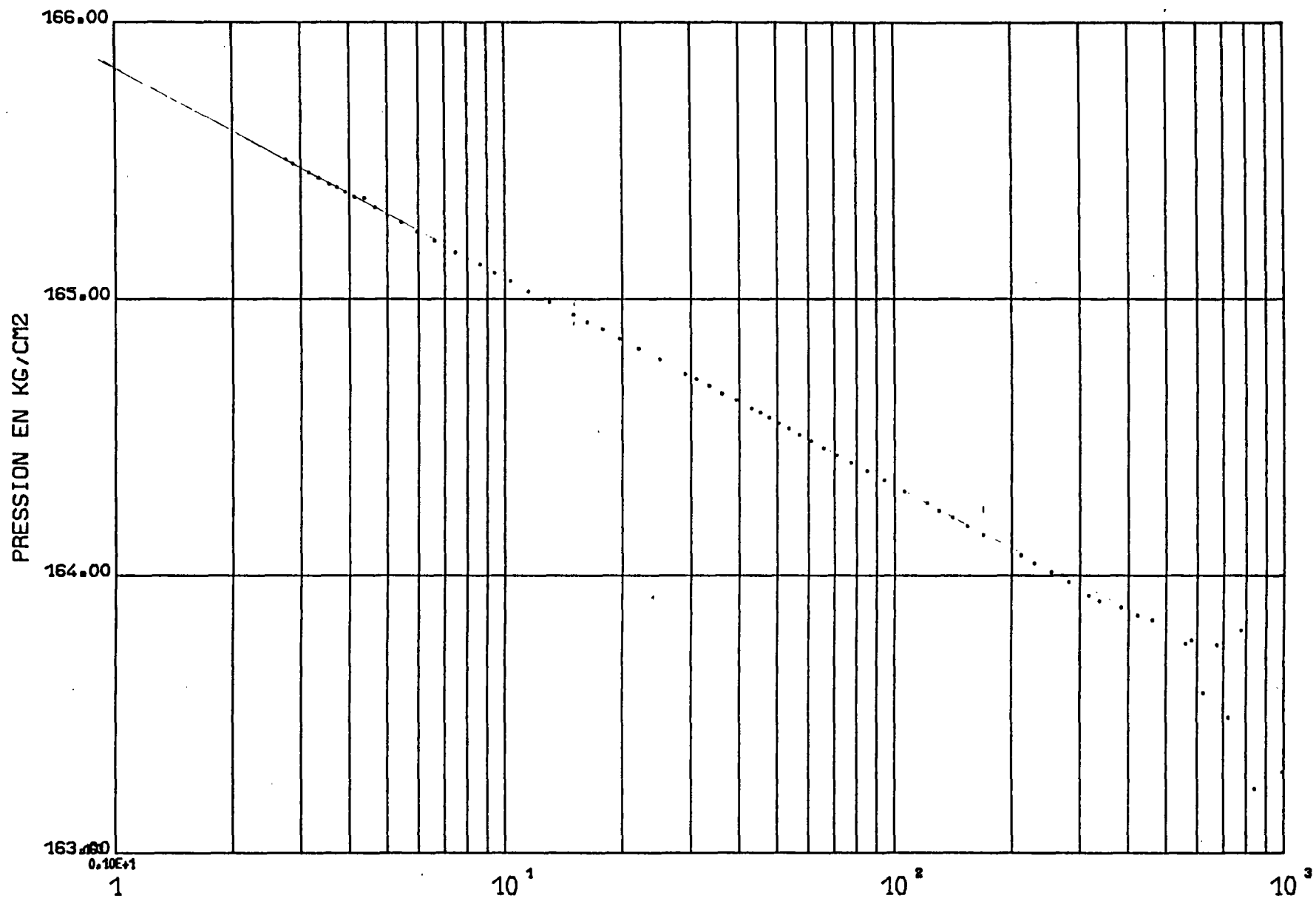


FIGURE 2 - (TP+DT)/DT  
 TEST DE FORMATION - LA COURNEUVE SUD GLCS2  
 REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME DE HORNER

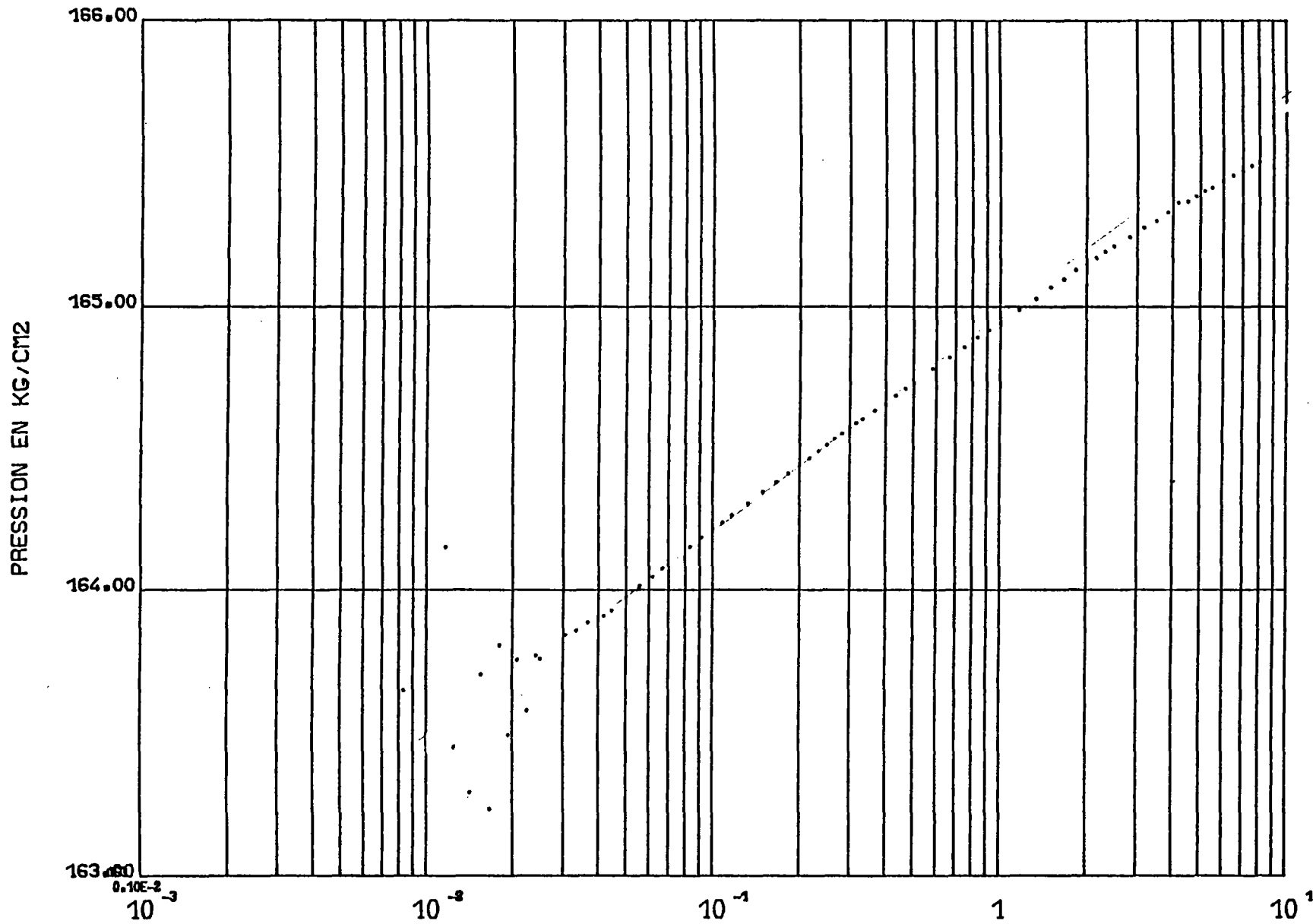


FIGURE 3 - DT EN HEURES  
 TEST DE FORMATION - LA COURNEUVE SUD GLCS2  
 REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME SEMI LOG (MDH)

