SYNDICAT MIXTE POUR LA GÉOTHERMIE A LA COURNEUVE
MAIRIE DE LA COURNEUVE
B.P. 110
93123 LA COURNEUVE CEDEX

OPÉRATION GÉOTHERMIQUE DE LA COURNEUVE NORD (PUITS GLCN 1 ET GLCN 2)

(Seine-Saint-Denis)

RAPPORT DE FIN DE SONDAGE

DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS (D.O.E.)

par

M. ASSIE - M. BARRIER - A. DESPLAN - D. GIOT - O. GOYENECHE
J.Y. HERVE - G. LONGIN - A. MENJOZ - J. ROJAS

B.R.G.M.
-1.OCT.1982
BIBLIOTHÈQUE

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.

82 SGN 612 GTH

Août 1982

Réalisation : Département des Arts Graphiques

R E S U M E

Le présent rapport constitue le dossier des ouvrages exécutés relatif aux forages géothermiques de LA COURNEUVE NORD 1 et 2. Ce rapport comprend :

. les rapports techniques de forage,

. le rapport géologique,

. l'interprétation des essais,

. le rapport géochimique.

Dans la pochette en annexe sont présentées les coupes géologiques détaillées et interprétées des deux puits GLCN 1 et GLCN 2 ainsi que les logs du réservoir pour chacun des 2 forages (Gamma ray, caliper, log de porosité, log de productivité).

Les coordonnées des puits de La Courneuve Nord sont :

. GLCN 1		x = 604 801 y = 136 628
. GLCN 2	surface	x = 604 802 y = 136 643
	fond	x = 604 428 y = 137 453

SOMMAIRE

Pages

RÉSUMÉ

I - RAPPORTS TECHNIQUES DES FORAGES

A) Puits de réinjection GLCN 1

Introduction..... 1

I. Compte rendu journalier des opérations..... 2

II. Analyse des temps..... 7

III. Etat du puits en fin de travaux..... 9

IV. Performances d'approfondissement..... 13

V. Tubages et cimentations..... 15

VI. Boues de forage..... 23

B) Puits de production GLCN 2

Introduction..... 26

I. Compte rendu journalier des opérations..... 27

II. Analyse des temps..... 32

III. Etat du puits en fin de travaux..... 34

IV. Performances d'approfondissement..... 41

V. Tubages et cimentations..... 43

VI. Boues de forage..... 54

Pages

II - RAPPORT GEOLOGIQUE

A) Rapport géologique GLCN 1

1. Coupe lithostratigraphique..... 1

2. Aspect structural..... 1

3. Caractéristiques du réservoir..... 3

B) Rapport géologique GLCN 2

1. Coupe lithostratigraphique du forage..... 5

2. Géologie du réservoir..... 6

C) Analyse des cuttings

1. Coupes géologiques résumées..... 7

2. Description des cuttings..... 9

3. Interprétation sédimentologique..... 18

III - INTERPRETATION DES ESSAIS

A) Puits GLCN 1

I. Résumé et rappel des caractéristiques..... 1

II. Interprétation du test de formation..... 2

II.1. Caractéristiques de l'essai..... 2
II.2. Interprétation de l'essai..... 3

III. Tests complémentaires..... 7

III.1. Caractéristiques de l'essai..... 7
III.2. Test d'injection..... 8
III.3. Chute de pression après injection..... 8

IV. Conclusions..... 9

V. Annexes..... 11

Pages

B) Puits GLCN 2

I. Résumé et rappel des caractéristiques..... 1

II. Interprétation du test de formation..... 2

II.1. Caractéristiques de l'essai..... 2
II.2. Interprétation de l'essai..... 3

III. Tests complémentaires..... 7

III.1. Test d'intérférence..... 7

IV. Conclusions..... 8

V. Annexes..... 10

C) Prévision des pressions de pompage et des puissances consommées

I. Caractéristiques de la boucle géothermale..... 1

I.1. Paramètres du réservoir..... 1
I.2. Distance entre ouvrages..... 2
I.3. Caractéristiques particulières des forages..... 2

II. Relations utilisées pour les calculs..... 2

II.1. Variation de pression hydrodynamique dPh..... 2
II.2. Pertes de charge dans les tubages dPc..... 3
II.3. Bilan des pressions..... 3
II.4. Puissance électrique de pompage..... 3

III. Bilan des pressions et puissance électrique..... 4

III.1. Puits de production..... 4
III.2. Puits d'injection..... 5

IV - RAPPORT GEOCHIMIQUE

1. Chimie de l'eau géothermale..... 1

1.1. Prélèvements..... 1
1.2. Description de l'eau et des gaz..... 2
1.3. Origine des éléments..... 4

2. Evaluation des problèmes liés à l'exploitation de l'eau..... 4

2.1. La corrosion..... 4
2.2. Les dépôts..... 10
2.3. Le point de bulle..... 11

I

RAPPORTS TECHNIQUES DE FORAGE

A) PUITS DE RÉINJECTION GLCN 1

INTRODUCTION

Le forage a été réalisé avec l'appareil BREWSTER TR-800 du GIEFF (Groupement d'Intérêt Economique Foraky-Foramines).

Le BRGM, Département Géothermie, a assuré la Maîtrise d'Oeuvre de l'opération.

La surveillance géologique des formations traversées a été assurée par la société SAMEGA, sous la supervision du Département Géothermie du BRGM.

Les travaux ont duré 850 heures, soit 35 jours et 10 heures.

Début du forage le 22 janvier 1982 à 14 h 00

Fin du forage le 26 février 1982 à 24 h 00

Profondeur finale atteinte : 1774 m

NOTE : toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport sont données par rapport au sol.

Il faut noter également que l'entreprise de forage a été arrêtée pendant 2 jours avant le début effectif des travaux. Les conditions climatiques sévères avaient, en effet, rendues impossible la distribution des eaux de service et la fabrication des boues de forage entre le 20 et le 22 janvier. Les dispositions prises au cours de ces deux mêmes jours ont toutefois permis de démarrer les travaux avec 48 heures de retard seulement.

Ces 48 heures ne sont pas prises en compte dans l'élaboration du rapport technique ci-après. La fin du DTM (passage en régie) reste toutefois le 20 janvier 1982 à 14 h 00.

I - COMPTE RENDU JOURNALIER DES OPERATIONS

Le compte-rendu journalier des opérations prend en compte les opérations exécutées jour par jour de 4 h 00 le matin du jour concerné au lendemain 4 h 00.

22 janv. 1982 : Début des travaux à 14 h00
fabrication de la boue de forage - forage de 0 à 24 m avec outil 12 1/4 à la turbine - Dégerbage de la turbine - Poursuite du forage en 12 1/4 de 24 m à 65 m

Avancement journalier : 65 m

23 janv. 1982 : forage en 12 1/4 de 65 m à 178 m - arrêt pour réparation circuit hydraulique du treuil - changement des bandes de frein - fabrication boue - coupe du cable.

Avancement journalier : 113 m

24 janv. 1982 : Montage des bandes de frein - filage du cable - Descente outil au fond à 178 m - forage en 12 1/4 de 178 à 356 m - réparation sur Martin Decker - forage en 12 1/4 de 356 m à 368 m

Avancement journalier : 190 m

25 janv. 1982 : forage en 12 1/4 de 368 m à 403 m - remonté outil au jour - changé outil - descente outil neuf - Réparation sur tête d'injection - forage de 403 m à 562 m

Avancement journalier : 194 m

26 janv. 1982 : forage en 12 1/4 de 562 m à 617 m - fabrication boue et changement de boue - forage en 12 1/4 de 617 m à 627 m - Circulation - Totco : 0,75° - remontée de l'outil - arrêt accrocheur accidenté Remontée de l'outil - changé outil - descente outil neuf au fond à 627 m - forage de 627 m à 646 m

Avancement journalier : 84 m

27 janv. 1982 : forage en 12 1/4 de 646 à 973 M

Avancement journalier : 327 m

28 janv. 1982 : forage en 12 1/4 de 973 à 979 m - circulation - Totco : 0,25° Remontée outil à 600 m - tractions + 30 T de 675 m à 640 m - descente outil au fond à 679 m - circulation - remontée au jour dégerbé DC 9 1/2 - descente tubage 9 5/8 , sabot 978, 32 m - circulation 1500 l/mn - attente cimentation (bruit)

Avancement journalier : 6 m

29 janv. 1982 : circulation - préparation cimentation tubage 9 5/8 - cimentation tubage 9 5/8 - laitier 40 m^3 à 1,80 - ciment CPA 55 ≈ 46,6 T - eau 25 m^3 - chasse = 38,7 m^3 - dégerbage matériel cimentation - attente prise de ciment - début montage tête de puits

30 janv. 1982 : attente prise de ciment - montage BOP - dégerbage DC 7 3/4 - test hydril : 100 bar - descente outil 8" 1/2 en gerbant DC 6 1/4 - reforage anneau soupape à 953 m - reforage ciment

31 janv. 1982 : Reforage du ciment et sabot à 978,30 m- forage en 8 1/2 de 979 m à 981 m - réparation géolographe - essai de pression du tubage 9 5/8 (OK) - forage de 981 à 1099 m - réparation sur géolographe forage jusqu'à 1007 m

Avancement journalier : 128 m

1 fév. 1982 : forage en 8 1/2 de 1107 m à 1112 m - arrêt, réparation fuite sur bride de refoulement pompe PZ 8 - forage de 1112 m à 1158 m - arrêt graissage, changé 3 clapets pompe PZ 8 - forage en 8 1/2 de 1158 m à 1231, 50 m - circulation - totco 1° - remonté outil au jour - filé 8 m de cable - descente outil 8 1/2 (en cours)

Avancement journalier 124,50 m

2 fév. 1982 : descente outil 8 1/2 à 1231 m - arrêt = fuite sur le clapet anti retour - changé clapet anti-retour - forage de 1231 m à 1278 m - arrêt = réparation refoulement PZ 8 - forage de 1278 m à 1391 m

Avancement journalier : 159,50 m

3 fév. 1982 : forage en 8 1/2 de 1391 à 1420 m - rupture : manque 10 T au crochet - remontée garniture, reste au fond 4 DC + 1 simple + outil (85,79 m) - dégerbage DC 6 1/4, gerbage overshot Bowen 150 - descente overshot sur tête de poisson à 1334, 60 - circulation coiffé tête de poisson - poisson coincé, pas de circulation - rétabli circulation inverse - décoincement en circulation et traction jusqu'à 120 T - remonté outil au jour, manque 3 molettes -préparation aimant - descente DC 6 1/4 pour contrôle joints

Avancement journalier : 29 m

4 fév. 1982 : remonté les drill-collars en vérifiant les filetages - attente outil de repêchage (junkbasket) - descente junkbasket, posé à 1378 m - surforage de 1378 m à 1420,15 m - surforage sur molettes avec circulation inverse - remonté junkbasket au jour - nettoyage junkbasket, repêchage négatif - descente junkbasket à 1419 m - circulation 1800 l/mn - essai de repêchage molettes en circulation inverse (en cours)

5 fév. 1982 : essai de repêchage des molettes - remonté junk basket au jour - (sans résultat) - coupé 24 m de cable et filé 12 m - descente outil 6" à 1420 m - circulation et rotation sur molettes - remontée outil 6" au jour - dévissé outil 6" - chute accidentelle de l'outil 6" dans le trou - descente junkbasket posé à 1031 m - poussé outil 6" (en cours)

6 fév. 1982 : essai de pousser outil 6" - remonté junkbasket au jour - descente overshot + safety joint sur poisson à 1031 m - poussé outil avec jupe overshot à 1095 m - impossible de descendre outil plus bas - remonté overshot au jour - dévissé overshot - descente tiges nues 5" à 1095 m - bouchon de ciment à cette cote - ciment CPJ 45 - 3000 kg - laitier 2300 l à 1,85 - chasse 9500 l - remonté tiges nues à 1070 m - circulation - arasage bouchon de ciment - remonté tiges à 990 m - circulation

7 fév. 1982 : attente prise de ciment - descente tiges nues à 1076 m (top ciment) - remonté tiges nues - mise en place cable de curage et socket single shot - descente outil 8 1/2 au sabot - attente prise ciment - descente outil 8 1/2 à 1076 m - essai de dureté ciment (négatif) - reforage ciment de 1076 m à 1096 m - reforage ciment de 1076 m à 1096 m (poisson) - circulation et traitement de la boue - remontée outil 8 1/2 au jour - descente fraise 8 3/8 (en cours)

8 fév. 1982 : descente fraise à 1076 m - reforage ciment de 1076 m à 1095 m - poussé poisson en rotation et circulation jusqu'à 1420 m - circulation - remonté fraise au jour - descente tiges nues jusqu'à 1420 m - circulation - préparation et mise en place d'un bouchon de ciment CPA 55 = 4500 kg - laitier 2,5 m^3 à 2,04 chasse 12 m^3 - remonté 5 longueurs - circulation - remonté tiges nues au jour - descente outil 8 1/2 + K Monel au sabot - attente prise ciment

9 fév. 1982 : attente prise de ciment - descente outil 8 1/2 - posé à 1096,26m reforage à cette côte en rotation rapide plusieurs fois - descente outil à 1340 m (top ciment) - reforage ciment de 1340 à 1390 m - (peu de ciment au vibrateurs) - circulation - mesure de déviation - circulation - remontée outil 8 1/2 (en cours)

10 fév. 1982 : remonté outil 8 1/2 au jour - descente outil 8 1/2 + turbine à 1373 m - mesure de déviation à 1373 m = 1,5° S 10 E - turbo-forage de 1373 m à 1398 m - mesure à 1395 m = 1° N 45 W - turboforage de 1395 m à 1411 m

11 fév. 1982 : turboforage de 1411 à 1417 m - mesure de déviation à 1405 m = 2° 3/4 N 34 W - turboforage de 1417 m à 1421 m - remonté outil + turbine au jour - gerbage et descente garniture alésage à 1390 m - alésage jusqu'à 1421 m - circulation - incident sur cable de curage - totco 4° - remonté outil au jour - dégerbage K Monel + stabilisateurs - descente outil 8 1/2 + stabilo à 18 m (en cours)

12 fév. 1982 : descente outil à 1421 m - commencé forage - rotation anormale et coincements - reforage de 1411 m à 1421 m - forage en 8 1/2 de 1421 à 1477 m

Avancement journalier : 56 m

13 fév. 1982 : forage en 8 1/2 de 1497 à 1505 m - graissage tête d'injection forage en 8 1/2 de 1505 m à 1561 m

Avancement journalier : 84 m

14 fév. 1982 : forage en 8 1/2 de 1561 m à 1565 m - circulation - totco 2° - remonté outil au jour -changé outil 8 1/2 - coupé et filé cable descente outil 8 1/2 à 1565 m - forage en 8 1/2 de 1565 m à 1592 m

Avancement journalier : 31 m

15 fév. 1982 : forage en 8 1/2 de 1592 m à 1634, 50 m - arrêt forage (chute de pression) - circulation - totco 1° - remontée outil 8 1/2 - dégerbage tiges 5" - diagraphies = sonique, gamma-ray, diamètreur

Avancement journalier : 42,50 m

16 fév. 1982 : diagraphies = gamma-ray, diamétreur - descente DC avec contrôle à chaque joint- dégerbage DC HS - gerbage tiges 3 1/2- top à 1634,50 m - forage en 8 1/2 de 1634,50 à 1640 m

Avancement journalier : 5,5 m

17 fév. 1982 : forage en 8 1/2 de 1640 m à 1650 m - circulation - remonté tiges 3 1/2 - débloqué tiges 5" + tige carrée - remonté outil au jour - dégerbage DC 6 1/4 - préparation descente tubage 7" descente tubage 7" (en cours).

Avancement journalier : 10 m

18 fév. 1982 : descente tubage 7" sabot : 1647,64 m - circulation - préparation cimentation - envoi fluid spacer 6 m^3 - cimentation tubage 7" - 1er étage - ciment CPA 55 = 14 T - chasse 33 m^3 - ouverture DV circulation alternée - attente prise de ciment - cimentation 2ème étage - ciment CPA 55 = 24 T.- chasse = 22,1 m^3 - posé tubage 7" sur casing housing 13 3/8 - coupé tube - montage BOP fabrication boue

19 fév. 1982 : descente outil 6" (en gerbant DC 4 1/4 et 4 3/4) sur DV à 1108,50 m - reforage DV - descente sur anneau à 1622,41 m - reforage anneau - reforage ciment et sabot = 1647,60 m - forage en 6" de 1650 à 1680,5 m

Avancement journalier : 30,50 m

20 fév. 1982 : circulation - remonté outil au jour - descente outil 6" - arrêt mécanique - continué descente outil 6" - arrêt - changé cable de forage - descente outil à 1686 m - forage de 1680,5 et 1796 m

Avancement journalier : 55,50 m

21 fév. 1982 : forage en 6" de 1736 m à 1771 m - remontée outil - SPE - montage flow-line pour air lift

Avancement journalier : 38 m

22 fév. 1982 : montage air lift - descente émulseur à 1751,55 - acidification-puits en artésien (mesures) - bouchon saumure 12 m^3 - début remontée émulseur

23 fév. 1982 : remontée émulseur - cote 162,8 m pour air lift - air lift et mesures débit du puits (pression-température) mise en production

24 fév. 1982 : mise en production avec Sodesep - puits artésien - réinjection pendant les essais - réparation fuite PZ 8

25 fév. 1982 : Sodesep - mesures Q avec pompe PZ 8 - changement clapet soupape DA 500 - fabrication Saumure 40 m^3 d = 1.08 injection saumure pour tuer le puits -
dégerbage DCA 4" 3/4 - tiges 3 1/2 - tige carrée - tiges 3 1/2 - air lift (déblocage difficile)

26 fév. 1982 : dégerbage tiges 3 1/2 - déblocage difficile - démontage BOP - montage tête de puits- DTM à 24 h00

II - ANALYSE DES TEMPS

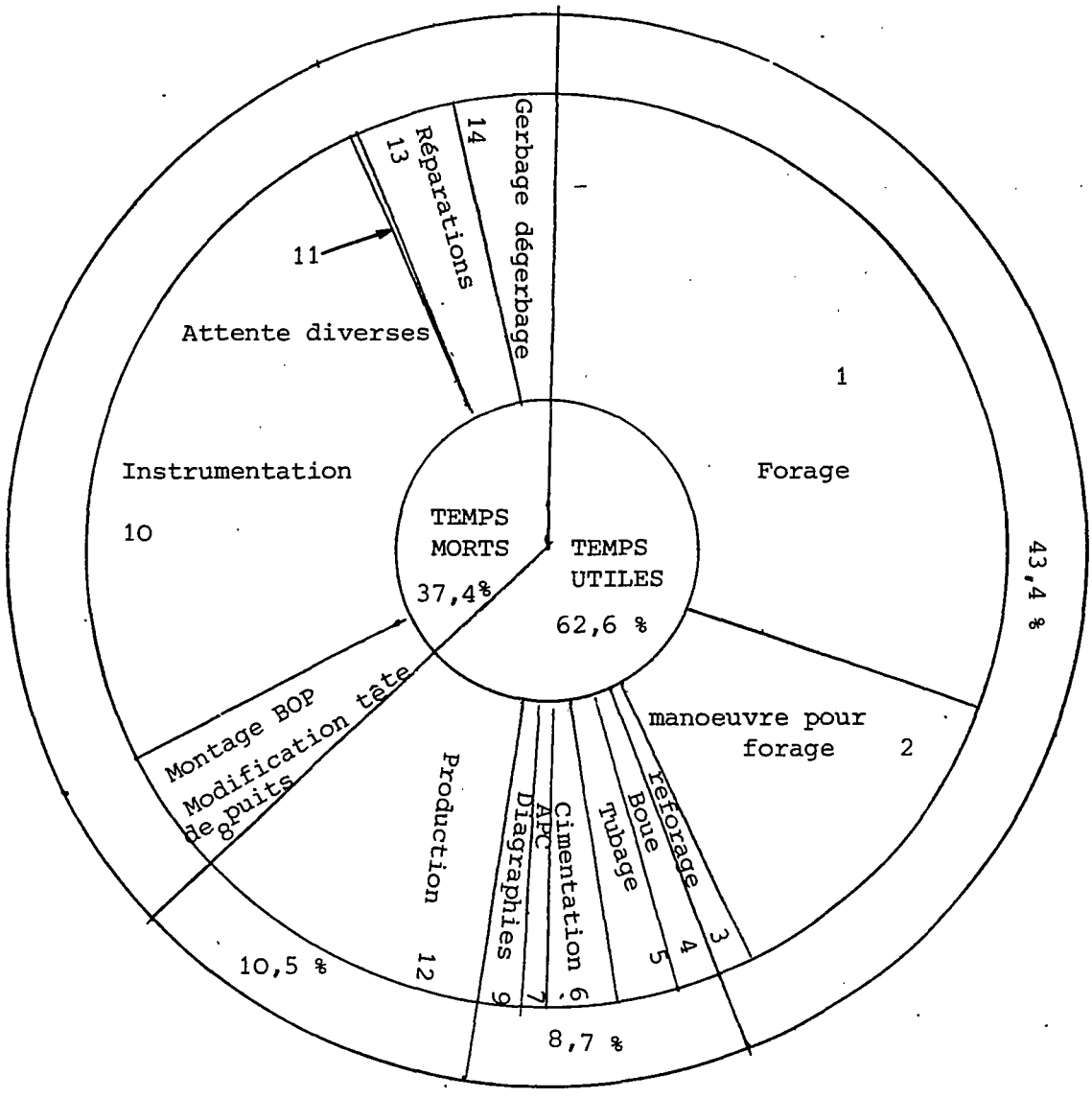
Cette analyse comporte 14 opérations ou postes correspondants aux 850 heures nécessaires à l'exécution du forage.

La durée en heure ou fraction d'heure de chaque opération ou poste est indiquée pour chacune des 3 phases principales d'exécution, ainsi que le pourcentage correspondant par rapport à la durée des travaux.

OPERATIONS	PHASE 12"1/4	PHASE 8"1/2	PHASE 6"	TOTAL	POURCENTAGE
1 - Forage	96 1/2	137 1/4	24	257 3/4	30,3 %
2 - Manoeuvre pour forage	23	55 3/4	23 1/2	102 1/4	12,0 %
3 - Reforage-Elargissage	1 1/4	4	4 1/2	9 3/4	1,1 %
4 - Fabrication boue circulation	8 1/2	3 1/4	1	12 1/2	1,5 %
5 - Tubage-Détubage	7 1/2	9 1/4		16 3/4	2,0 %
6 - Cimentation	10 3/4	14		24 3/4	2,9 %
7 - Attente prise ciment	4			4	0,5 %
8 - Montage BOP - Modification tête de puits	22 1/2	10 1/4	6	38 3/4	4,6 %
9 - Diagraphies-Mesures	1/2	6 3/4	7 3/4	15	1,8 %
10- Instrumentations		217		217	25,5 %
11- Attentes diverses		1		1	0,1 %
12 - Test de production			89 1/4	89 1/4	10,5 %
13 - Réparation	18 1/4	5 1/4	6 3/4	30 1/4	3,6 %
14 - Gerbage-Dégerbage	4 1/4	1 1/2	25 1/4	31	3,6 %
TOTAL	196 3/4	465 1/4	188	850	100 %

TEMPS UTILES (postes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12) : 62, 6 %

TEMPS MORTS (postes 8, 10, 11, 13, 14) : 37, 4 %



On remarquera l'importance des temps morts provenant en grande partie de l'instrumentation effectuée en phase 8" 1/2.

III - ETAT DU PUITS EN FIN DE TRAVAUX

Voir coupes techniques ci-après

Tube technique Ø 770 mm : 2,40 - 8, 00 m

Tubage 9" 5/8 : 1,90 - 978,32 m

Tubage 7" : 1,40 - 1647,64 m

Forage en 6" : 1650,00 - 1774,00 m

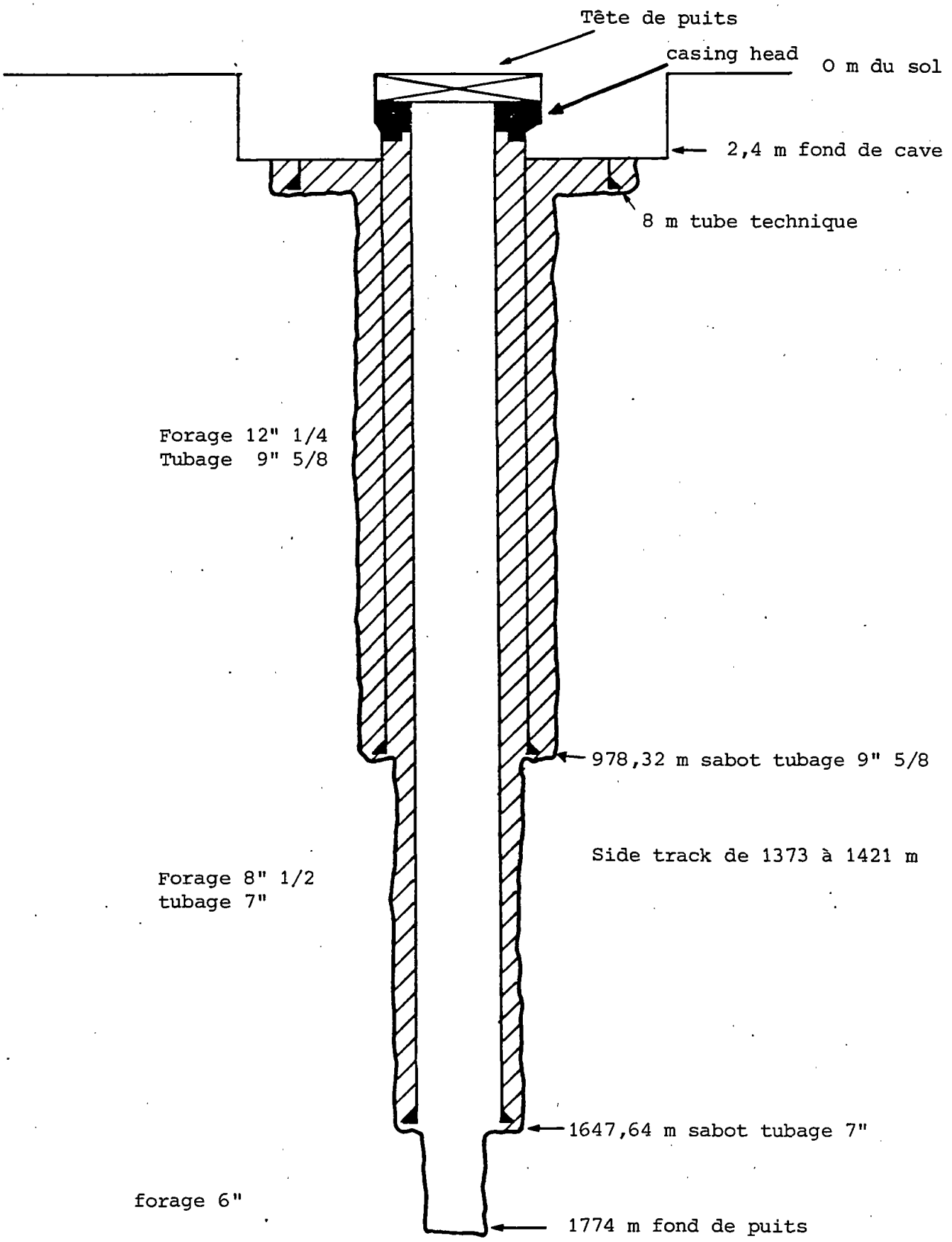
Déviation maximale avant side-track : 1° à 1375 m

Déviation maximale en cours de side-track : 4° à 1421 m

La tête de puits est boulonnée sur la "casing head" 13" 5/8 vissée, par l'intermédiaire d'une réduction, sur le tubage 9" 5/8.

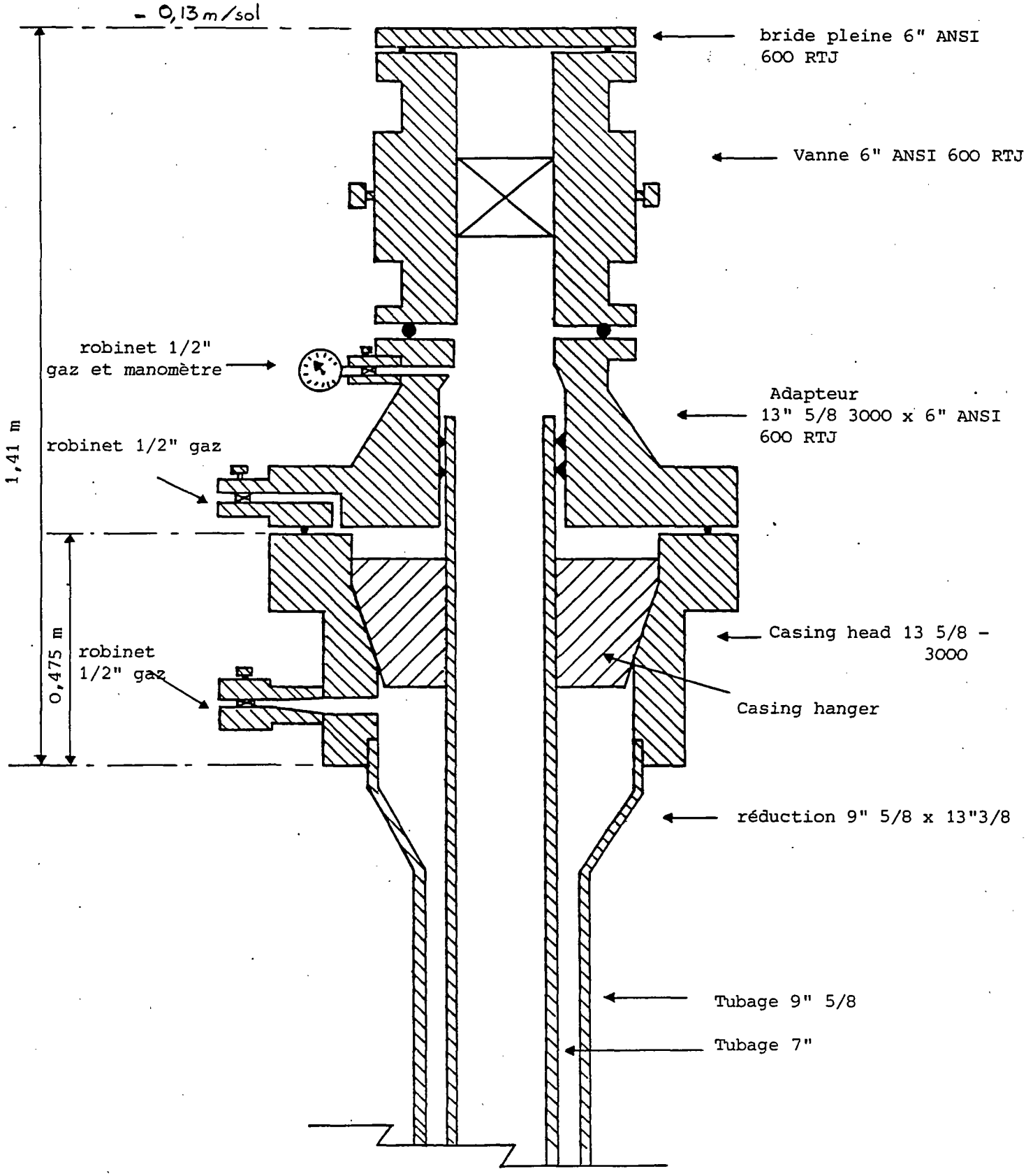
Le tubage 7" est ancré dans la "casing head".

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE



SCHEMA DE LA TETE DE PUITS

en fin de forage



MESURES DE DEVIATION

Profondeur	Deviation	Orientation
178 M	0°	-
627 M	0° 3/4	-
979 M	0° 1/4	-
1231 M	0° 3/4	-
1375 M	1°	S 35 W
1373 M	1° 1/2	S 10 E
1386 M	1°	S 10 W
1395 M	1°	N 45 W
1405 M	2° 3/4	N 54 W
1421 M	4°	-
1565 M	2°	-
1634 M	1°	-
1774 M	1°	-

IV - PERFORMANCES D'APPROFONDISSEMENT

- Répartition du métrage foré :

  . forage en 12" 1/4 : 979 m

  . forage en 8" 1/2 : 671 m

  . forage en 6" : 124 m

  TOTAL FORE : 1774 m

- Performance d'approfondissement :

  . phase 12" 1/4 : 119, 42 m/j

  . phase 8" 1/2 hors tout : 34, 61 m/j

  . phase 8" 1/2 hors instrumentation : 64, 87 m/j

  . phase 6" : 53, 38 m/j

  . moyenne journalière hors tout : 50,09 m/j

  . moyenne journalière hors production : 59,32 m/j

  . moyenne journalière hors instrumentation : 67,26 m/j

  . moyenne journalière hors production et instrumentation : 85,02 m/j

- les performances de pénétration des outils de forage sont données dans les tableaux ci-après :

  phase 12" 1/4 : 979 m en 95 h 1/2 de rotation, soit 10,3 m/h

  phase 8" 1/2 : 671 m en 137 h 1/4 de rotation, soit 4,9 m/h

  phase 6" : 124 m en 24 h de rotation, soit 5,2 m/h

PERFORMANCES DES OUTILS DE FORAGE

N°	Diamètre	Marque et type	Numéro de série	Cote début opération (m)	Métrage (m)	Temps de rotation (h)	Moyenne horaire	Poids (T)	Rotation (t/mn)	Débit (l/mn)	Pression (bar)	Usure T B E
1	12"1/4	Hughes R2	038 NR	0	403	37 3/4	10,7	5-10	90-100	2000	30	7-7-0
2	12"1/4	Hughes R2	034 NR	403	224	28 3/4	7,8	15	100-110	2000	30	6-7-0
3	12"1/4	Hughes R2	032 NR	627	352	29	12,1	15-17	110	2000	30	8-7-0
4	8"1/2	Hughes JD3	746 UL	979	252,50	36 1/4	7,0	15	90-100	1800	100	5-5-0
5	8"1/2	Hughes J22	469 JS	1231,50	189,50	23 1/4	8,2	15-17	95	1600	100	8-8-0
6	8"1/2	Hughes JD3	213 UL	instrum	RF+70	-	-	-	-	-	-	8-8-0
7	8"1/2	Hughes R2	669 AR	instrum	31	-	-	-	T350	-	-	3-7-1
8	8"1/2	Hughes JD3	214 UL	1421	144	47 1/4	3,0	15	100	1900	100	7-7-1
9	8"1/2	Hughes JD3	762 UL	1565	85	30 1/2	2,8	15	100	1800	100	7-7-1
10	6"	Hughes R4	356 ER	1650	RF+30,50	6 1/2	4,7	7	85	1100	50	8-6-1
11	6"	Hughes J33	098 GS	1680,50	93,50	17 1/2	5,3	7	85	1100	50	2-1-1

V - TUBAGES ET CIMENTATIONS

V.1. - Colonne 9" 5/8

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'à 978 m de profondeur. Il couvre les formations tertiaires et les sables aquifères de l'Albien.

Le matériel suivant a été descendu :

. sabot canal 9" 5/8

. anneau différentiel 9" 5/8

. 80 tubes 9" 5/8 API, K 55, 36 lbs/ft

. 15 centreurs 9" 5/8 x 12" 1/4

. 1 centreur positif 9" 5/8

. 16 stop collars 9" 5/8

Le vissage des tubes au couple de serrage a été réalisé au moyen d'une clé hydraulique WEATHERFORD.

La cimentation de la colonne a été réalisée au moyen d'un groupe de cimentation HALLIBURTON.

Méthode utilisée : déplacement par bouchons

Ciment : 46,6 T de CPA 55

Densité moyenne du laitier : 1,80

Chasse effectuée avec 38,7 m^3 de boue

V.2. - Colonne 7"

Ce tubage a été mise en place au toit du DOGGER (sabot à 1648 m) et remonté jusqu'en surface. Il a été cimenté en 2 opérations successives (multiple stages cementing method).

Le matériel suivant a été utilisé :

. 1 sabot canal 7"

. 1 anneau différentiel à bille 7"

. 1 DV (diverting valve) 7"

. 141 tubes 7" VAM, K 55, 26 lbs/ft

. 22 centreurs 7" x 8 1/2

. 9 centreurs positifs 7" x 9" 5/8

. 10 gratteurs alternatifs 7"

. 2 cement baskets 7"

. 84 stop collars 7"

Le vissage des tubes au couple de serrage a été réalisé au moyen d'une clé hydraulique WEATHERFORD.

La cimentation de la colonne a été réalisée au moyenne d'un groupe de cimentation HALLIBURTON selon le principe de la méthode de cimentation "double-étage":

Premier étage (1648 - 1108 m)

- fluid spacer avant injection du ciment

- ciment : 14 T de CPA 55

- densité moyenne du laitier: 1,80

- chasse avec 33 m^3 de boue jusqu'à fermeture à 80 kg/cm^2

- circulation intermittente après ouverture de la DV pendant 8 heures

Deuxième étage (1108 - 0 m)

- injection du ciment

- ciment : 24 T de CPA 55

- densité moyenne du laitier : 1,80

- chasse avec 22,1 m^3 de boue jusqu'à fermeture de la DV à 160 kg/cm^2

- perte de circulation en fin de chasse

Qualité de la cimentation

D'une façon générale, la cimentation de la colonne 7" est de bonne qualité. Le CBL-VD montre la décomposition suivante :

. de 1648 m à 1185 m = très bonne

. de 1185 m à 1108 m = bonne

. de 1108 m à 1015 m = excellente

. de 1015 m à 980 m = bonne

. de 980 m à 200 m = excellente

. de 200 m à 120 m = moyenne

. de 120 m à 0 = nulle

COLONNE 9"5/8

Ø	Poids (lbs/ft)	Epaisseur (mm)	Filetage	Grade	longueur utilisée (m)
9"5/8	36,0	8,94	API	K55	975,36

cote sabot : -978,32 m

tête casing : -1,90 m

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
Sabot	0,36	0,36
1	12,28	12,64
2	12,34	24,98
Anneau	0,70	25,68
3	12,46	38,14
4	12,30	50,44
5	12,21	62,65
6	12,09	74,74
7	12,22	86,96
8	12,10	99,06
9	12,45	111,51
10	12,34	123,85
11	12,27	136,12
12	12,29	148,41
13	12,27	160,68
14	12,35	173,03
15	12,14	185,17
16	12,27	197,44
17	12,19	209,63
18	12,19	221,82
19	12,28	234,10
20	12,33	246,43
21	12,38	258,81
22	12,41	271,22
23	12,39	283,61
24	12,12	295,73
25	12,34	308,07
26	12,18	320,25
27	12,18	332,43
28	11,90	344,33

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
29	11,49	355,82
30	12,28	368,10
31	12,10	380,20
32	12,25	392,45
33	12,30	404,75
34	12,49	417,24
35	12,37	429,61
36	12,32	441,93
37	12,24	454,17
38	12,38	466,55
39	12,23	478,78
40	11,82	490,60
41	11,87	502,47
42	12,21	514,68
43	12,43	527,11
44	12,18	539,29
45	12,48	551,77
46	12,28	564,05
47	12,11	576,16
48	12,20	588,36
49	12,09	600,45
50	12,43	612,88
51	12,17	625,05
52	12,10	637,15
53	12,43	648,58
54	12,34	661,92
55	12,22	674,14
56	12,29	686,43
57	12,28	698,71
58	12,19	710,90
59	12,21	723,11
60	12,34	735,45
61	12,27	747,72
62	12,39	760,11
63	12,45	772,56
64	12,29	784,85
65	12,31	797,16
66	12,36	809,52
67	12,35	821,87
68	12,09	833,96
69	12,30	846,26
70	12,32	858,58
71	12,35	870,93
72	12,49	883,42
73	12,22	895,64
74	12,14	907,78
75	12,33	920,11
76	12,44	932,55
77	12,23	944,78
78	12,45	957,23
79	10,19	967,42
80	9,00	976,42

COLONNE 7"

Ø	Poids (lbs/ft)	Epaisseur (mm)	Filetage	Grade	longueur utilisée (m)
7"	26,0	9,19	VAM	K 55	1651,73

cote sabot : -1647,64 m cote DV :-1107,56 m tête casing : +5,98 m
puis coupé dans casing head

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
Sabot	0,32	0,32
1	13,10	13,42
Anneau	0,60	14,02
2	12,81	26,83
3	13,40	40,23
4	13,39	53,62
5	13,16	66,78
6	13,21	79,99
7	13,17	93,16
8	13,06	106,22
9	13,30	119,52
10	13,29	132,81
11	13,19	146,00
12	13,34	159,34
13	13,21	172,55
14	13,27	185,82
15	12,98	198,80
16	12,70	211,50
17	12,63	224,13
18	13,81	237,94
19	12,73	250,67
20	12,85	263,52
21	12,52	276,04
22	12,95	288,99
23	13,27	302,26
24	13,32	315,58
25	12,98	328,56
26	13,29	341,85
27	13,08	354,93

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
28	13,04	367,97
29	12,89	380,86
30	13,21	394,07
31	13,36	407,43
32	13,27	420,70
33	13,09	433,79
34	13,11	446,90
35	13,32	460,22
36	13,19	473,41
37	13,24	486,65
38	13,16	499,81
39	13,12	512,93
40	12,95	525,88
41	13,23	539,11
DV	0,97	540,08
42	13,28	553,36
43	13,21	566,57
44	12,52	579,09
45	13,02	592,11
46	13,25	605,36
47	12,88	618,24
48	13,46	631,70
49	12,93	644,63
50	12,83	657,46
51	11,88	669,34
52	12,07	681,41
53	12,90	694,31
54	13,09	707,40
55	13,33	720,73
56	13,24	733,97
57	13,48	747,45
58	13,13	760,58
59	12,33	772,91
60	12,83	785,74
61	13,07	798,81
62	13,36	812,17
63	12,77	824,94
64	13,46	838,40
65	13,24	851,64
66	13,38	865,02
67	13,29	878,31
68	13,28	891,59
69	13,36	904,95
70	13,35	918,30
71	13,12	931,42
72	12,85	944,27
73	13,29	957,56
74	13,25	970,81
75	13,10	983,91
76	13,35	997,26
77	13,40	1010,66
78	13,33	1023,99
79	12,70	1036,69
80	12,07	1048,76
81	13,29	1062,05
82	10,43	1072,48
83	9,86	1082,34
84	10,20	1092,54

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
85	9,64	1102,18
86	9,62	1111,80
87	9,95	1121,75
88	9,57	1131,32
89	10,65	1141,97
90	10,10	1152,07
91	10,14	1162,21
92	9,81	1172,02
93	9,93	1181,95
94	9,87	1191,82
95	9,84	1201,66
96	9,62	1211,28
97	9,73	1221,01
98	9,74	1230,75
99	10,00	1240,75
100	9,29	1250,04
101	9,88	1259,92
102	9,69	1269,61
103	9,88	1279,49
104	9,77	1289,26
105	8,96	1298,22
106	9,67	1307,89
107	9,83	1317,72
108	9,78	1327,50
109	9,81	1337,31
110	9,27	1356,58
111	9,27	1356,58
112	9,92	1366,50
113	9,95	1376,45
114	9,75	1386,20
115	9,76	1395,96
116	9,86	1405,82
117	9,97	1414,79
118	9,90	1435,70
120	10,01	1445,71
121	9,08	1454,79
122	9,30	1464,09
123	9,43	1473,52
124	10,22	1483,74
125	9,86	1493,60
126	8,37	1501,97
127	10,06	1512,03
128	9,48	1521,51
129	9,35	1530,86
130	9,20	1540,06
131	9,38	1549,44
132	9,87	1559,31
133	9,71	1569,02
134	9,18	1578,20
135	9,32	1587,52
136	9,49	1597,01
137	10,08	1607,09
138	9,77	1616,86
139	8,91	1625,77
140	8,51	1635,47
141	8,51	1643,98
142	9,64	1653,62

VI - BOUES DE FORAGE

La société IMCO Services a fourni les produits et le personnel spécialisé dans la fabrication des boues de forage. Les caractéristiques des boues ainsi que les consommations des produits sont données ci-après, phase par phase :

VI.1 - Phase 12" 1/4

- Forage du rat-hole et du mouse- hole à l'eau claire avec envoi de bouchons de boue bentonitique visqueuse.

- Forage des formations tertiaires (0- 178 m) à la boue bentonitique en diluant à l'eau.

- Forage des formations crayeuses (178 - 617 m) à la boue aux polymères, en diluant progressivement à l'eau pour maintenir une densité voisine de 1,10

- Forage des formations argilo-sableuses (617-979 m) avec de la boue mixte bentonitique-polymères - Les caractéristiques de cette boue sont maintenues dans les valeurs suivantes :

  . densité : 1,12 maximum
  . viscosité : 38-40
  . filtrat : 8,5 - 9

- volume total de boue utilisé lors de la phase : 767 m^3

IV.2. - Phase 8" 1/2

- forage de l'ensemble de la phase (979 - 1650 m) avec une boue aux polymères à support bentonitique. Les caractéristiques de la boue sont contrôlées pour obtenir :

  . densité : inférieure ou égale à 1.10
  . viscosité : 40 - 50
  . filtrat : 6 maximum

- La boue est traitée lors des contaminations occasionnées par le reforage des bouchons de ciment exécutés pour le side-track, ou lors des cimentations des tubages.

Volume total de boue utilisé : 267 m^3

- Fabrication de 5 m^3 de fluid-spacer de densité 1,42 pour la cimentation du tubage 7".

VI.3. - Phase 6"

- Forage du réservoir avec une boue aux polymères dégradables (FLOGEL)

  densité de 1,07 obtenue avec du sel

  viscosité : 35 - 38

  Filtrat non contrôlé

  Volume total de boue utilisé : 120 m^3

CONSOMMATION DES PRODUITS BOUE

TOTAL	UNITE	PHASE 12" 1/4	PHASE 8" 1/2	PHASE 6"	TOTAL
Eau de fabrication	m^3	806	228	120	1 154
Imcogel	T	3,200	4,600	-	7,800
Imcohyb	T	6,100	-	-	6,100
Imcopac	T	0,600	1,075	-	1,675
Imcopac LV	T	0,825	0,475	-	1,300
Soude	T	0,400	0,400	-	0,800
Paraformaldehyde	T	-	-	0,150	0,150
CMC LVT	T	-	1,075	-	1,075
RD 2000	T	-	0,575	-	0,575
Imco MD	l	-	175	-	175
Lubrikleen	l	-	300	-	300
Baryte	T	-	5,000	-	5,000
Bicarbonate de soude	T	-	1,000	-	1,000
Bevaloïd	l	-	175	-	175
Flogel	T	-	-	0,775	0,775
Sel	T	-		14,300	14,300
Pertes "terrain"	m^3	0	0	0	0
Pertes "surface"	m^3	54	38	8	100
Ejection	m^3	713	229	112	1054

B) Puits de Production GLCN 2

INTRODUCTION

Le forage a été réalisé avec l'appareil BREWSTER TR-800 du GIEFF (Groupement d'Intérêt Economique Foraky-Foramines).

Le BRGM, Département Géothermie, a assuré la Maîtrise d'Oeuvre de l'opération.

La surveillance géologique des formations traversées a été assurée par la société SAMEGA, sous la supervision du Département Géothermie du BRGM.

Les travaux ont duré 1003 heures, soit 41 jours et 19 heures.

Début du forage le 02 mars 1982 à 11 h 00

Fin du forage le 13 avril 1982 à 07 h 00

Profondeur finale atteinte : 2 133 m en déviation contrôlée

NOTE : toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport sont données par rapport au sol.

I - COMPTE RENDU JOURNALIER DES OPERATIONS

Le compte-rendu journalier des opérations prend en compte les opérations exécutées jour par jour de 4 h 00 le matin du jour concerné au lendemain 4 h 00.

02 mars 1982 : Début des travaux à 11 h00
fabrication de la boue - forage de 0 à 56 m

Avancement journalier : 56 m

03 mars 1982 : forage en 17 1/2 de 56 à 286 m -

Avancement journalier : 230 m

04 mars 1982 : Forage en 17 1/2 de 286 à 337 m - Circulation - Totco 1°
Remonté outil - Changement outil - Descente outil
Reforage de 171,30 à 337 m - forage de 337 à 380 m

Avancement journalier : 94 m

05 mars 1982 : forage en 17 1/2 de 380 à 511 m - Totco 1°45
remonté outil en cours -

Avancement journalier : 131 m

06 mars 1982 : Remonté outil au jour - Descente outil pour contrôle -
Reforage de 385 à 422 m - Circulation - Descente tubage
13 3/8. Sabot à 508,20 m . Cimentation avec 50 T ciment
CPA 55 - Prise de ciment

07 mars 1982 : Prise de ciment - Montage BOP

08 mars 1982 : Montage BOP - Dégerbage DC 9 1/2 - Descente outil 12 1/4
à 495 m - Reforage anneau, ciment, sabot. Forage de 511 à
530 m - Remonté outil - Assemblage garniture de
déviation - Forage de 530 à 541 m

Avancement journalier : 30 m

09 mars 1982 : Forage de 541 à 592,50 m - Remonté outil - Changé outil
Descente outil - Forage de 592,50 à 610 m - Déviation
10°

Avancement journalier : 69 m

10 mars 1982 : Forage en 12 1/4 de 610 à 676 m - Remonté outil au jour
Dégerbabe turbine - Descente outil en cours - Déviation
17°

Avancement journalier : 66 m

11 mars 1982 : Descente outil - Reforage de 525 à 676 m - Forage en 12 1/4 de 676 à 738 m - Circulation - Remonté outil - Descente outil en cours - Déviation 25°

Avancement journalier : 62 m

12 mars 1982 : Descente outil - Forage en 12 1/4 de 738 à 887 m - Circulation - Remonté outil - changé outil - Descente outil en cours - Déviation 41° 1/2

Avancement journalier 149 m

13 mars 1982 : descente outil - Reforage de 863 à 887 m - Forage en 12" 1/4 de 887 à 1048 m - Circulation - Mesure déviation Garniture coincée - Outil à 1044 m - Traitement boue - Préparation bouchon de décoincement - Déviation 48°

Avancement journalier : 161 m

14 mars 1982 : Circulation - Manoeuvre pour dégager garniture - Préparation bouchon de décoincement et injection - Décoincement garniture et remonté en cours.

15 mars 1982 : Remonté outil au jour - changé outil et descente outil à 969 m - Reforage de 969 à 1048 m - Forage en 12 1/4 de 1048 à 1061 m - Circulation - Remonté outil en cours

Avancement journalier : 13 m

16 mars 1982 : Remonté outil au jour - S.P.E. (diagraphies) - Descente outil - circulation - Remonté outil - descente tubage 9 5/8 (608 m) - Montage liner hanger

17 mars 1982 : Descente tubage 9 5/8 à 1060, 60 m - circulation - Ancrage liner hanger - Fabrication 23 m^3 laitier, injecté laitier et mise en place laitier avec 27 m^3 de boue - Dégagé tige 5" - Remonté tige 5" au jour - Dégerbage DC 7 3/4 - Fabrication boue

18 mars 1982 : Fabrication boue - Gerbage 12 DC 6' + matériel de déviation - Descente outil à 455,60 m - Reforage pack off - bushing - Descente sur Landing Collar 1034,61m Reforage Landing Collar, ciment et sabot

19 mars 1982 : Forage de 1061 à 1155 m - Déviation 46° 1/2

Avancement journalier : 94 m

20 mars 1982 : Forage de 1155 à 1195 m - Mesure déviation - Forage de 1195 à 1231 m - Circulation - Déviation 45° 3/4

Avancement journalier : 76 m

21 mars 1982 : Remonté outil au jour - Changement outil - Descente outil Forage de 1231 à 1328 m - Déviation 44° 1/4

Avancement journalier 97 m

22 mars 1982 : Forage en 8 1/2 de 1328 à 1431 m - Circulation - Remonté outil en cours - Déviation 44° 1/4

Avancement journalier 103 m

23 mars 1982 : Remonté outil - Changement outil - Descente outil - Forage de 1431 à 1537 m - Déviation 44° 1/4

Avancement journalier : 106 m

24 mars 1982 : forage en 8 1/2 de 1537 à 1710 m - Déviation 43° 1/2

Avancement journalier : 173 m

25 mars 1982 : Forage en 8 1/2 de 1710 à 1800 m - Remonté outil à 1060 m avec tirage 100 T de 1673 à 1065. Remonté 4 tiges avec circulation - Descente outil - Déviation 42° 1/2

Avancement journalier : 90 m

26 mars 1982 : Forage en 8 1/2 de 1800 à 1813 m - Circulation - Remonté outil - Changement outil - Descente outil (changé garniture de déviation) - Forage en 8 1/2 de 1813 à 1848 m - Déviation 39° 3/4

Avancement journalier : 48 m

27 mars 1982 : Forage en 8" 1/2 de 1848 à 1909 m - Déviation 43° 3/4

Avancement journalier : 61 m

28 mars 1982 : Forage de 1909 à 1979 m - Déviation 45° 1/2

Avancement journalier : 70 m

29 mars 1982 : Forage en 8 1/2 de 1979 à 1990 m - Circulation - Remonté outil - Opérations SPE - Descente outil en cours Déviation 46° 1/2

Avancement journalier : 10 m

30 mars 1982 : Descente outil - Circulation - Remonté outil en débloquant inter-train - Dégerbage DC + garniture déviation - Préparation pour tubage et descente tubage à 1989,16 m.
Avancement journalier : 30,50 m

31 mars 1982 : Préparation pour cimentation - Circulation 1er étage avec volume laitier 10,697 m^3, mise en place laitier avec 39m^3 de boue. Circulation - Cimentation 2ème étage avec

15,076 m^3 de laitier - Mise en place laitier avec 27,562 m^3 de boue - Pose tubage 7" dans casing head, coupe tubage 7" et montage B.O.P. en cours

01 avr. 1982 : Fin remontage B.O.P. Dégerbage tige 5" + tige carrée - Gerbage tige carrée 3 1/2 + 26 DC 4 1/2 + tiges 3 1/2 en cours

02 avr. 1982 : Gerbage tige 3 1/2 - Reforage DV supérieure à 479,50 m Descente à 1374,30 m - Reforage DV inférieure - Descente à 1937 m - Reforage ciment de 1937 à 1960,80 m - Reforage sur anneau différentiel en cours.

03 avr. 1982 : Reforage anneau différentiel - avancement nul - Remonté outil au jour - Changé outil - Descente tester cup - Test Hydrill à 100 kg/cm^2 - Test tubage 7" à 30 kg/cm^2 Descente outil à 1960,80 m - Reforage anneau différentiel ciment et sabot - Forage en 6" de 1989 à 1991 m - circulation - Remonté outil en cours

Avancement journalier 2 m

04 avr 1982 : Remonté outil au jour, changé outil. Gerbage garniture de déviation stabilisée - Descente à 1960,80 m - Mise en boue au biopolymère, puis forage de 1991 à 2105 m

Avancement journalier 114 m

05 avr 1982 : Forage en 6" de 2105 à 2133 m - Circulation - Remonté outil à 2073 m, garniture coincée - Circulation, injection de bouchons d'eau - Décoincement outil - Circulation avec boue d = 1,08 - Remonté outil à 1980 m Circulation - Descente outil à 2133 m - Circulation - Remonté outil au jour - Opération SPE

Avancement journalier 28 m

06 avr. 1982 : Descente coupe-tube - coupé tubage 7" à 460 m - Remonté coupe-tube - Démontage BOP - Dégagé tubage, enlevé slip avec joint - Reposé BOP - Remonté tubage 7" au jour - Descente outil 12 1/4 pour contrôle tubage 13 3/8 - Descente outil 6" en cours

07 avr. 1982 : Descente outil à 2133 m - Circulation - Remonté outil au jour, dégerbage 26 DC 3/4 - Montage flowline - Puits en en débit - Descente tige 3 1/2 à 1000 m - Injection 49 m^3 de saumure - Remonté tige 3 1/2 - Démontage Hydrill - Montage Cameron

08 avr. 1982 : Montage conduite haute pression sur puits GLCN 1 - Injecté 60 m^3 d'eau et mise en débit artésien puits n° 1 Descente émulseur puits n° 2- Air lift - Débit Artésien 81 m^3/h à 37°C - Injection 38 m^3 de saumure, chasse 20 m^3 Démontage tête air-lift - Descente tiges 3 1/2 en cours

09 avr. 1982 : Descente tige 3 1/2 à 2112 m - Circulation pour récupération de la saumure - Injecté 3 bouchons acide - (11 T 770) - Remonté tige 3 1/2 au jour - Mise en production à 125 m^3/h - Température 51° C.

10 avr. 1982 : Mise en production
Puits fermé - Pression en tête : 8,2 bars

11 avr. 1982 : Opérations Sodesep
Pression tête de puits 8,3 bars
Débit artésien 135,7 m^3/h
Injection 50 m^3 puits 2 (Saumure)
Dégerbage tige 3 1/2 an cours

12 avr. 1982 : Dégerbage tiges 3 1/2 + tige carrée
Démontage BOP et mise en place tête de puits
Mise en saumure puits n° 1 - Fin montage tête de puits n° 1

13 avr. 1982 : Démontage Flow-line
Fin de travaux à 7 h 00

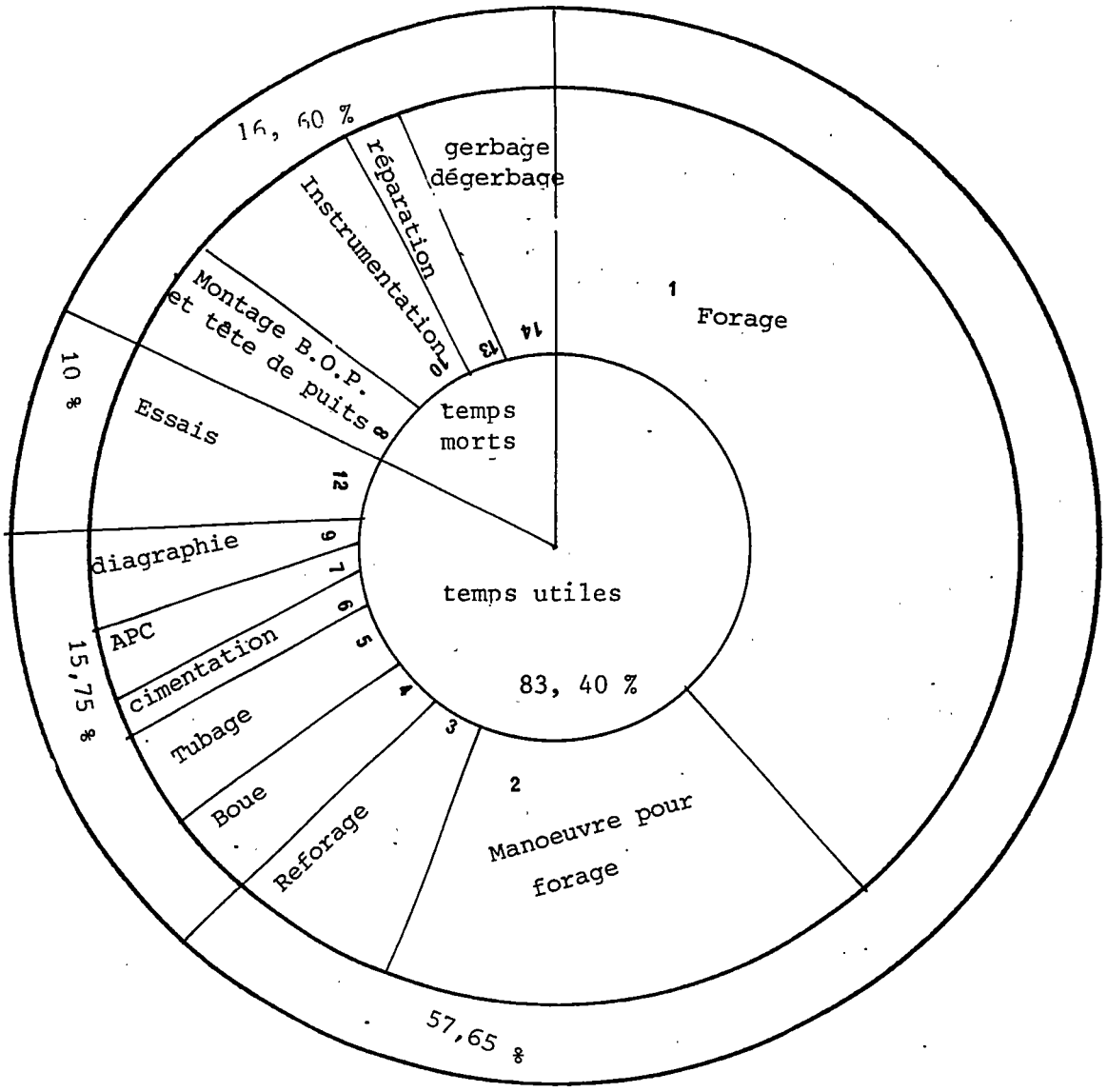
II - ANALYSE DES TEMPS

Cette analyse comporte 14 opérations ou postes correspondants aux 1003 heures nécessaires à l'exécution du forage.

La durée en heure ou fraction d'heure de chaque opération ou poste est indiquée par chacune des 4 phases principales d'exécution, ainsi que le pourcentage correspondant par rapport à la durée des travaux.

OBSERVATIONS	Phase 17 " 1/2	Phase 12 " 1/4	Phase 8 " 1/2	Phase 6 "	Total	Pour cent.
1-Forage	66 1/2	55 1/4	194 1/2	19 3/4	336	33,50%
2-Manoeuvre pour forage	7 3/4	67 3/4	58 3/4	50 1/4	184 1/2	18,39%
3-Reforage-Elargissage	15 1/2	14	12 3/4	15 1/2	57 3/4	5,76%
4-Fabrication boue circulation	8 3/4	15 1/4	16 3/4	7	47 3/4	4,75%
5-Tubage-Détubage	6	11 3/4	10 1/2	11 3/4	40	3,99%
6-Cimentation	3 1/2	3	4 3/4	-	11 1/4	1,12%
7-Attente prise ciment	8	6	5 1/4	-	19 1/4	1,92%
8-Montage BOP - Modification tête de puits	12 1/3	-	9 1/2	19 3/4	42 3/4	4,26%
9-Diagraphies-Mesures	-	17 1/4	15 3/4	6 3/4	39 3/4	3,96%
10-Instrumentations	-	31 1/2	-	-	31 1/2	3,14%
11-Attentes diverses	-	-	-	-	0	0,00%
12-Test de production	-	-	-	100 1/4	100 1/4	10,00%
13-Réparation	9 1/2	5 3/4	1 3/4	1 1/4	18 1/4	1,82%
14-Gerbage-Dégerbage	1 3/4	5 3/4	23 3/4	42 3/4	74	7,38%
TOTAL	140 3/4	233 1/4	354	275	1003	100%

TEMPS UTILES (postes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12) : 83,40 %
TEMPS MORTS (postes 8, 10, 11, 13, 14) : 16,60 %


16, 60 %
gerbage
dégerbage
réparation
Instrumentation
Montage B.O.P.
et tête de puits
Essais
10 %
diagraphie
APC
cimentation
Tubage
Boue
Reforage
15,75 %
57,65 %
1
Forage
2
Manoeuvre pour
forage
temps utiles
83, 40 %
temps
morts
12
9
7
6
5
4
3
8
13
14

III - ETAT DU PUITS EN FIN DE TRAVAUX

Voir coupes techniques ci-après

Tube technique Ø 770 mm	: 2,40 - 8, 00 m
Tubage 13" 3/8	: 1,28 - 508,20 m
Tubage 9" 5/8	: 453,71 - 1062,41 m
Forage en 7"	: 460,00 - 1989,16 m
Forage en 6"	: 1990 - 2133 m

La tête de puits est boulonnée sur la "casing head" 13" 5/8 vissée sur le tubage 13" 3/8.

Le tubage 7" a été coupé à la côte - 460 m

L'écartement entre les deux forages du doublet est d'environ :

910 m au toit du Dogger

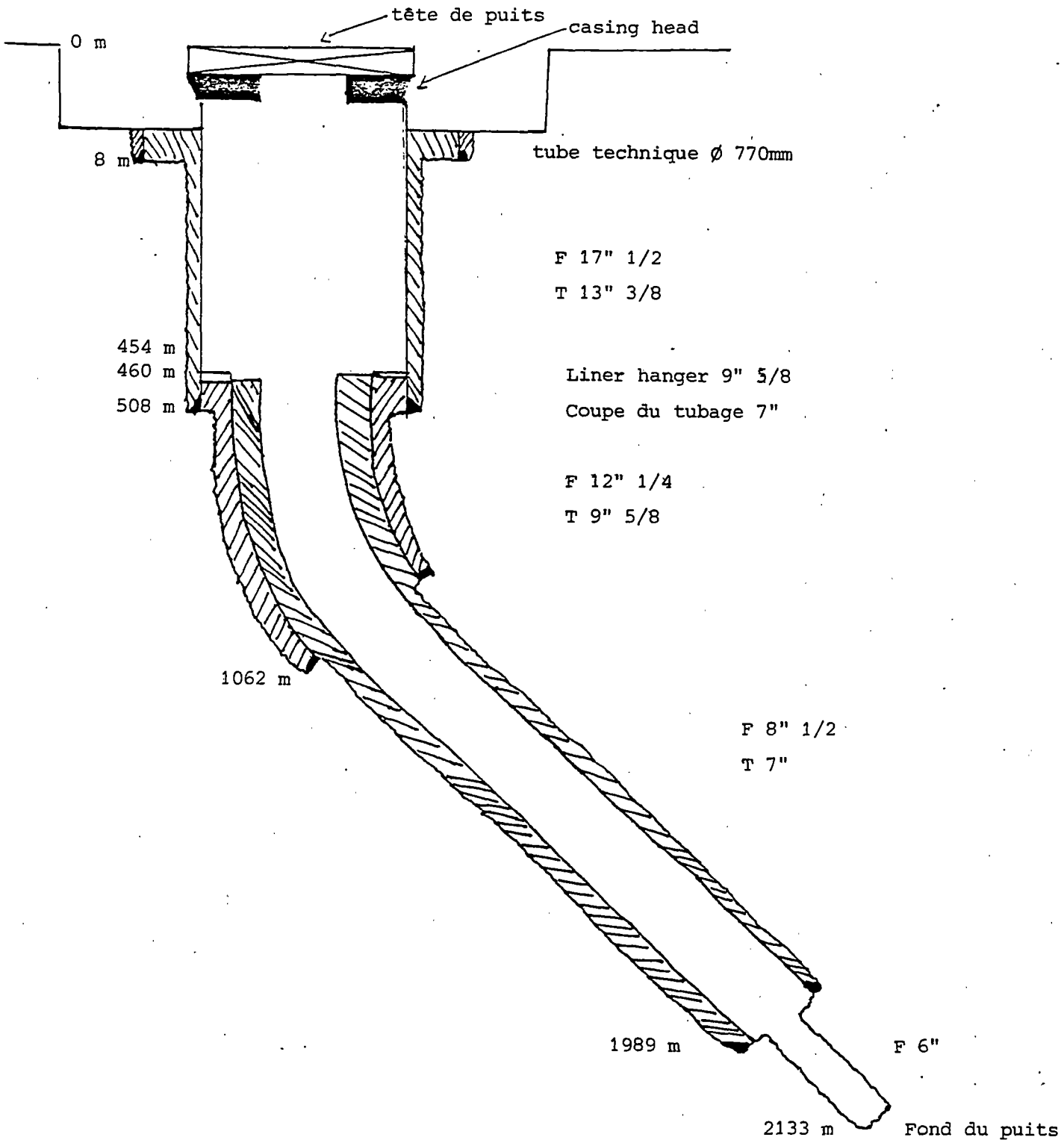
960 m au milieu de l'aquifère

1010 m au mur de l'aquifère

Selon un azimuth géographique n° 25 W

Angle de déviation maximum = 48° 1/2

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE



TETE DE PUITS

A/ - Casing head 13 3/8 VAM par bride 13 5/8 - 3000 munie de deux sorties latérales 4" LPF

B/ - Réduction support de manomètre 4" LPM par bride 4" ANSI 300 RTJ

C/ - Réduction 4" LPM par bride 4" ANSI 300 RTJ

D/ - Quatre joints toriques R 37

E/ - Deux robinets 4" ANSI 300 RTJ à passage intégral

G/ - Deux brides pleines 4" ANSI 300 RTJ

I/ - Un jeu de tiges filetées et écrous pour bride 13 5/8 - 3000

J/ - Joint tore R 57 ovale

M/ - Joint tore R 45 ovale

N/ - Robinet 6" ansi 600 RTJ à passage intégral (corps équipé de 2 robinets 1/2 NPT en acier inoxydable de purge et de circulation)

O/ - Un jeu de tiges filetées et écrous pour bride 6" ANSI 600 RTJ

R/ - Quatre jeux de tiges filetées et écrous pour bride 4" ANSI 300 RTJ

S/ - Manomètre Bourdon MIX Ø 100 type D O - 16 bars 1/2" cylindrique

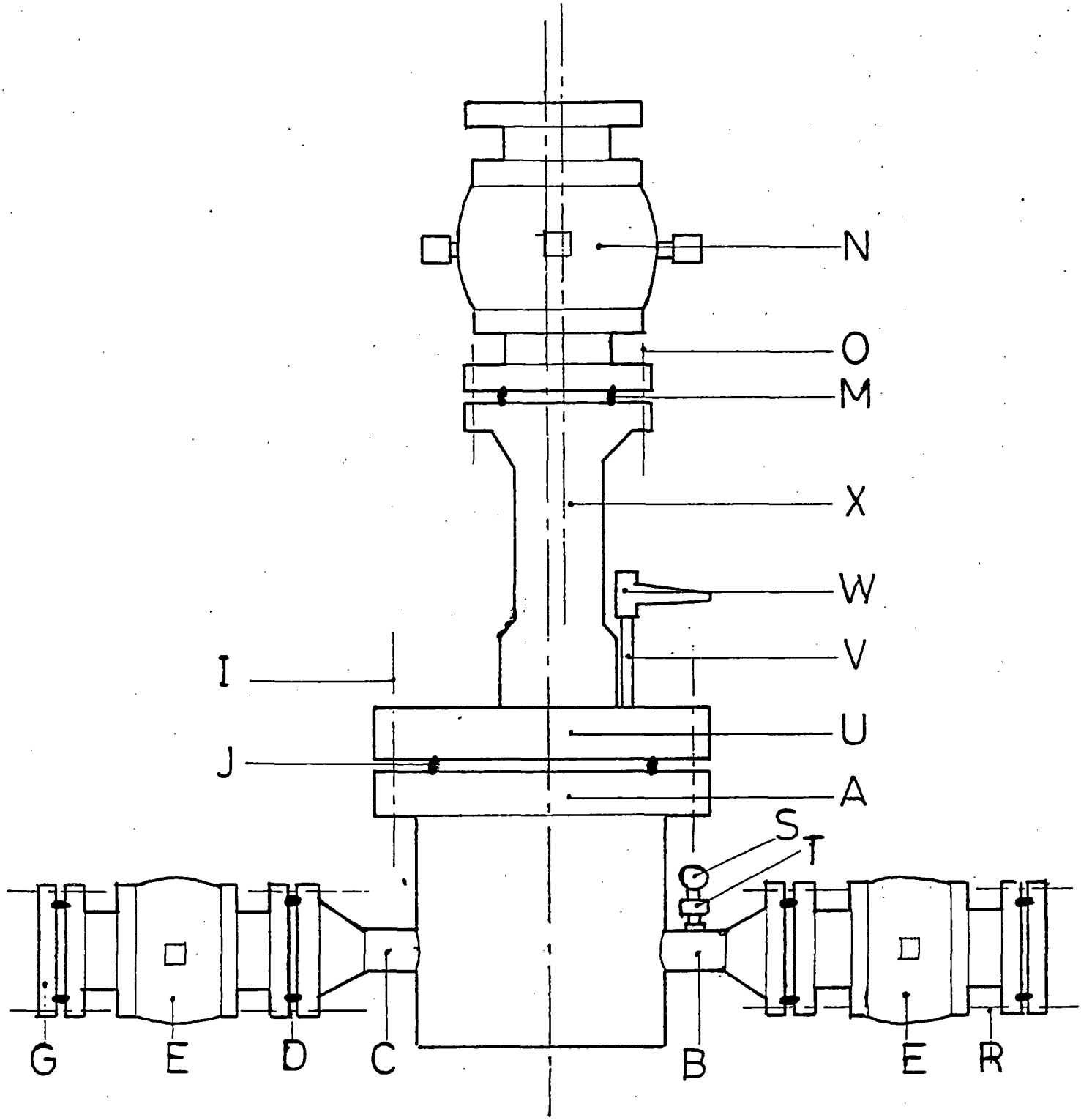
T/ - Robinet Bourdon RBL 154 filetage 1/2" gaz

U/ - Adaptateur bride 13 5/8 - 3000 par filetage HAGUSTA DN 175 mâle et femelle cylindrique

V/ - Mamelon 3/4"

W/ - Vannette 3/4"

X/ - Réduction filetage HAGUSTA Mâle DN 175 cylindrique par bride 6" ANSI 600 RTJ


N
O
M
X
W
V
I
U
J
A
S
T
G
E
D
C
B
E
R

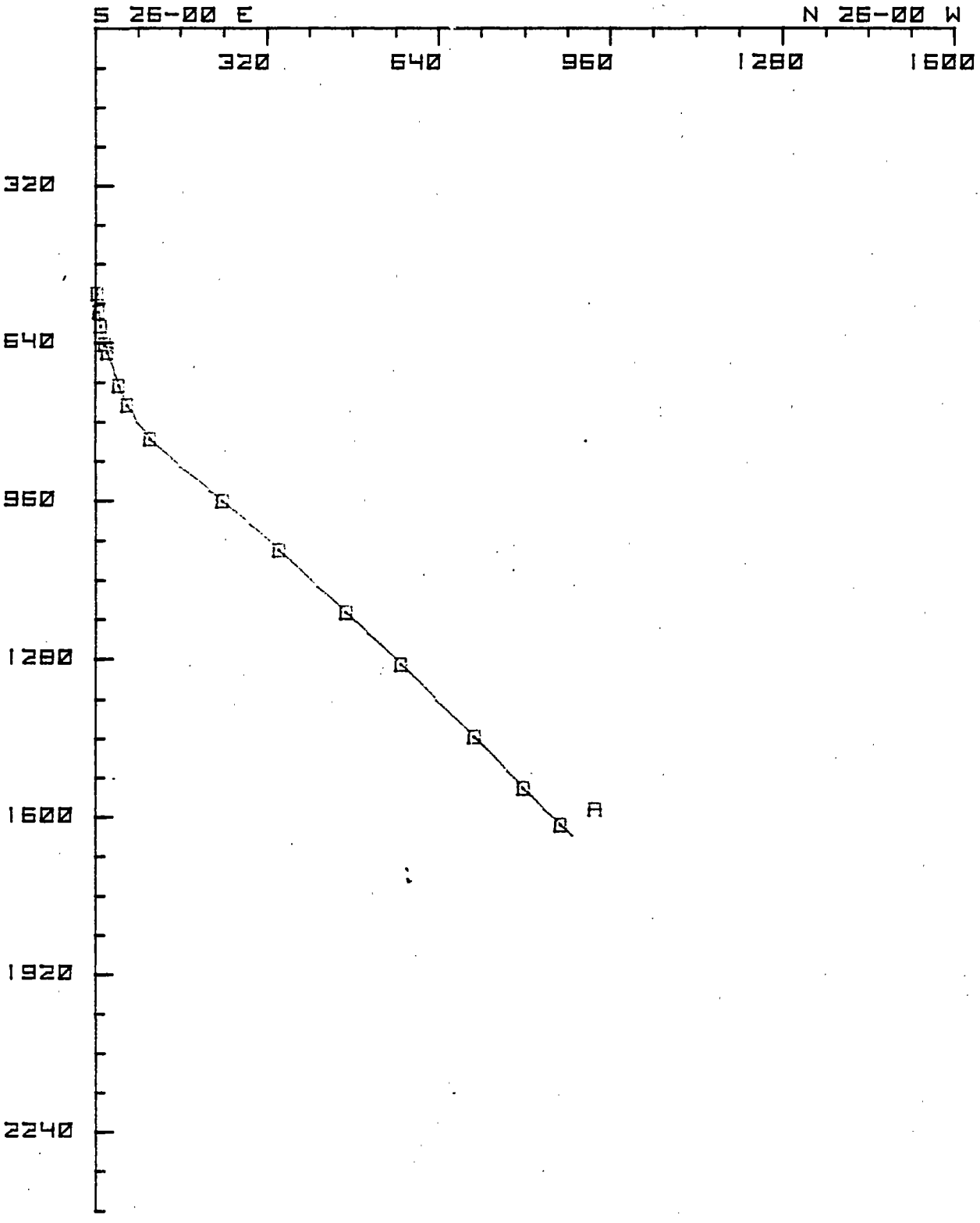
MESURES DE DEVIATION

MESURES				RESULTATS		
N°	Profondeur (m)	Angle	Azimuth magnétique	Profondeur Verticale (m)	Déplacement (m)	Direction géographique
1	531	0 3/4	N 15 W	530,98	3,48	N 19-00 W
2	540	1 3/4	N 37 W	539,98	3,66	N 19-48 W
3	568	5 3/4	N 40 W	567,92	5,39	N 27-35 W
4	577	7	N 44 W	576,86	6,34	N 30-28 W
5	597	9	N 47 W	596,67	9,02	N 36-18 W
6	606	10	N 45 W	605,54	10,47	N 38-13 W
7	625	12 1/4	N 38 W	624,18	14,11	N 40-01 W
8	644	14 1/4	N 31 W	642,68	18,45	N 39-36 W
9	653	15 1/2	N 29 1/2W	651,38	20,75	N 39-00 W
10	662	17	N 28 W	660,02	23,76	N 38-19 W
11	703	18	N 18 1/2W	699,13	35,39	N 34-27 W
12	732	19 1/4	N 19 1/2W	726,61	44,51	N 32-05 W
13	746	20 1/2	N 19 W	739,77	49,22	N 31-14 W
14	775	25	N 19 W	766,51	60,34	N 29-43 W
15	813	31 1/2	N 20 1/2W	799,97	78,24	N 28-22 W
16	857	41 1/2	N 22 1/2W	835,29	104,35	N 27-40 W
17	936	47 3/4	N 23 1/2W	891,49	159,81	N 27-27 W
18	1 009	48 1/2	N 23 W	940,22	214,17	N 27-24 W
19	1 040	48	N 24 W	960,86	237,30	N 27-24 W
20	1 108	46 1/2	N 24 W	1 007,02	287,23	N 27-31 W
21	1 185	45 3/4	N 23 W	1 060,39	342,73	N 27-31 W
22	1 288	44 1/4	N 21 W	1 133,22	415,53	N 27-15 W
23	1 363	44 1/2	N 18 1/2W	1 186,83	467,89	N 26-51 W
24	1 420	44 1/4	N 17 W	1 227,58	507,60	N 26-27 W
25	1 510	44 1/4	N 18 W	1 292,05	570,19	N 25-55 W
26	1 604	43 1/2	N 18 1/2W	1 359,81	635,22	N 25-32 W
27	1 709	42 1/2	N 20 1/2W	1 436,60	706,78	N 25-20 W
28	1 802	39 3/4	N 19 1/2W	1 506,65	767,93	N 25-13 W
29	1 848	41 1/4	N 18 W	1 541,63	797,77	N 25-08 W
30	1 905	43 3/4	N 18 W	1 583,65	836,22	N 24-59 W
31	1 950	45 1/2	N 19 W	1 615,68	867,81	N 24-54 W
32	1 980	46 1/2	N 17 W	1 636,52	889,36	N 24-50 W

DOWELL SCHLUMBERGER

B.R.G.M.

TVD RANGE: 0 TO 1795
VERTICAL PLOT-SCALE IN METERS
SURVEYED 8TH-30TH MARCH 82

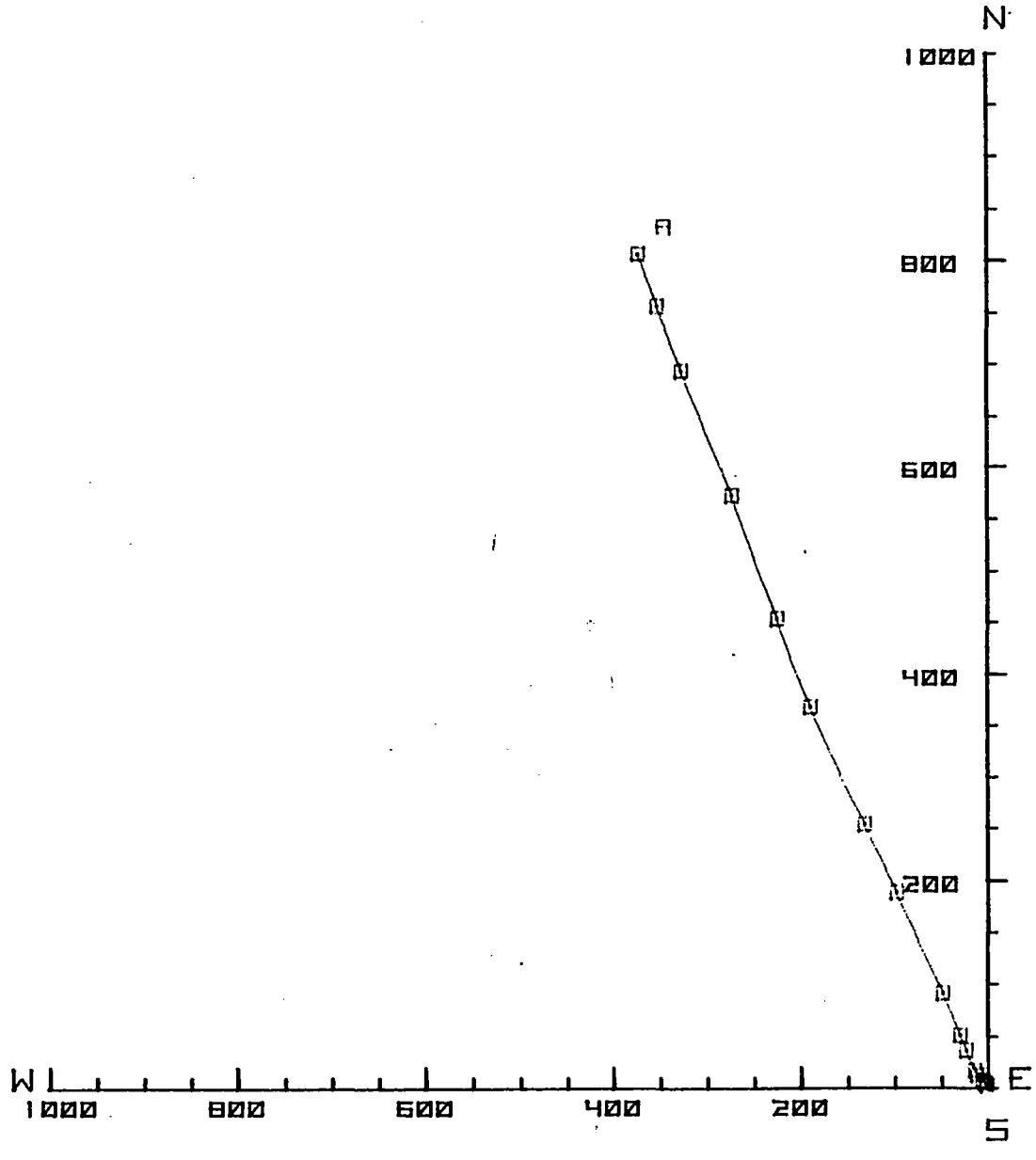


DOWELL
SCHLUMBERGER

B.R.G.M.

TVD RANGE: 0 TO 1795
HORZ. PLOT-SCALE IN METERS
SURVEYED 8TH-30TH MARCH 82

A-GLCN-2 D



IV - PERFORMANCES D'APPROFONDISSEMENT

- Répartition du métrage foré :

  . forage en 17" 1/2 : 511 m

  . forage en 12" 1/4 : 550 m

  . forage en 8" 1/2 : 928 m

  . forage en 6" : 144 m

  TOTAL FORE : 2133 m

- Performance d'approfondissement :

  . phase 17" 1/2 : 87,13 m/j

  . phase 12" 1/4 : 56,59 m/j

  . phase 8" 1/2 : 62,92 m/j

  . phase 6" : 25,41 m/j

  . moyenne journalière hors tout : 51,04 m/j

  . moyenne journalière hors production : 56,71 m/j

- les performances de pénétration des outils de forage sont données dans les tableaux ci-après :

  phase 17" 1/2 : 511 m en 66 h 1/2 de rotation, soit 7,7 m/H

  phase 12" 1/4 : 550 m en 51 h 1/2 de rotation, soit 10,7 m/h

  phase 8" 1/2 : 928 m en 171 h 1/4 de rotation, soit 5,4 m/h

  phase 6" : 144 m en 18 h 1/4 de rotation, soit 7,9 m/h

PERFORMANCE DE OUTILS

N°	Diamètre	Marque et type	Numéro de Série	Cote début opération (m)	Métrage (m)	Temps de rotation (h)	Moyenne horaire (m/h)	Poids (T)	Rotation (t/mm)	Débit (l/mm)	Pression (bar)	Usure T.B.E.
1	17" 1/2	Reed Y11	230 052	0	337	40 1/4	8,4	8	80	2200	15	430
2	17" 1/2	Reed Y11	715 759	337	174	26 1/4	6,6	9	80	2200	20	220
3	12" 1/4	Hughes R2	037 NR	511	81,50	13 1/4	6,2	5	70-350	2000	24	440
4	12" 1/4	Hughes R2	039 NR	592,50	83,50	9	9,3	5	350	1800	35	640
5	12" 1/4	Hughes R2	033 NR	676	62	4 1/2	13,8	20	60	1800	40	11 I
6	12" 1/4	Hughes R2	036 NR	738	149	6 1/4	23,8	16	90	1800	35	620
7	12" 1/4	Hughes R2	033 NR	887	161	17	9,5	16-18	100-110	1800	45	730
8	12" 1/4	Reed S11	NFZ 192	1 048	13	1 1/2	8,7	10	100	2000	20	11 I
9	8" 1/2	Hughes JD3	684 UL	1 061	170	40 3/4	4,2	13	90	1700	75	66 I
10	8" 1/2	Hughes J2	299 KS	1 231	200	28	7,1	12-14	70-90	1700	80	64 I
11	8" 1/2	Hughes J22	468 JS	1 431	382	51 1/4	7,5	12	90	1700	90	46 I
12	8" 1/2	Hughes J2	307 KS	1 813	176	51 1/4	3,4	14	90	1700	90	88 I
13	6"	Hughes R4	357 ER	1 989	RF DV							64 I
14	6"	Hughes R4	798 YR	1 989	RF+2m	2						11 I
15	6"	Hughes J33	099 GS	1 991	142	16 1/4	8,7	10	80-90	1100	90	24 I

V - TUBAGES ET CIMENTATIONS

V.1. - Colonne 13 3/8

ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'à 508 m de profondeur Il couvre les formations tertiaires et une partie des formations crayeuses. Il sert également de protection avant l'amorce de la déviation. Il sera utilisé par la suite comme chambre de pompage.

Le matériel suivant a été utilisé :

. 1 sabot canal 13" 3/8
. 1 anneau soupape 13" 3/8

. 5 tubes 13" 3/8 API, K 55, 54,5 lbs/ft

. 1 raccord 13" 3/8 API, mâle x 13" 3/8 VAM femelle

. 35 tubes 13" 3/8 VAM, K 55, 54,5 lbs/ft

. 12 centreurs 13" 3/8 x 17" 1/2

. 12 stop-collars 13" 3/8

Le vissage des tubes au couple de serrage a été réalisé au moyen d'une clé hydraulique WEATHERFORD.

La cimentation de la colonne a été réalisée au moyen d'un groupe de cimentation HALLIBURTON.

Méthode utilisée : déplacement par bouchons

Ciment : 50 T de CPA 55

Densité moyenne du laitier : 1,80

Chasse effectuée avec 39,9 m^3 de boue

V.2. - Liner 9" 5/8

Ce tubage a été suspendu à 454 m de profondeur dans la colonne 13" 3/8 au moyen d'un liner hanger hydraulique. Il couvre les sables de l'Albien et protège la zone de "Build up" de la déviation jusqu'à 1062 m de profondeur.

Le matériel suivant a été utilisé :

. 1 sabot automatique 9" 5/8

. 1 anneau réceptacle 9" 5/8

. 51 tubes 9" 5/8 API, K 55, 36 lbs/ft

. 1 réduction 10" 3/4 x 9" 5/8

. 1 hydrohanger tandem cône 10" 3/4 TIW

. 48 centreurs 9" 5/8 x 12" 1/4

. 5 centreurs positifs 9" 5/8 x 13" 3/8

. 53 stop collars 9" 5/8

Le vissage des tubes au couple de serrage a été réalisé au moyen d'une clé hydraulique WEATHERFORD.

La mise en place du liner et son ancrage ont été réalisés par la Société FLOPETROL.

La cimentation de la colonne a été réalisée au moyenne d'un groupe de cimentation HALLIBURTON.

Ciment 25 T de CPA 55

Densité moyenne du laitier : 1,73

Chasse effectuée avec 27,7 m^3 de boue

V.3 - Colonne 7"

Ce tubage a été mis en place au toit du DOGGER (1989 m). Il a été cimenté en 3 opérations successives (multiple stages cementing method), puis coupé à 460 m de profondeur pour dégager la chambre de pompage 13" 3/8.

Le matériel suivant a été utilisé :

. 1 sabot canal 7"

. 1 anneau différentiel à bille 7"

. 2 DV (diverting valve) 7"

. 155 tubes 7" VAM, K 55, 26 lbs/ft

. 74 centreurs spiralés 7" x 8" 1/2

. 25 centreurs positifs 7" x 9" 5/8

. 2 cement baskets 7"

. 198 stop collars 7"

Le vissage des tubes au couple de serrage a été réalisé au moyen d'une clé hydraulique WEATHERFORD.

La cimentation de la colonne a été réalisée au moyen d'un groupe de cimentation HALLIBURTON, selon le principe de la méthode de cimentation "triple-étage".

Premier étage (1989 - 1377 m)

- fluid spacer avant injection du ciment
- ciment : 11,75 T de CPA 55
- densité moyenne du laitier: 1,75
- chasse avec 39,2 m^3 de boue jusqu'à fermeture à 135 bars
- circulation après ouverture de la DV inférieur à 70 bars

Deuxième étage (1377 - 481 m)

- Fluid spacer avant injection du ciment
- ciment : 18 T de CPA 55
- densité moyenne du laitier : 1,80
- chasse avec 27,5 m^3 de boue jusqu'à fermeture de la DV inférieure à 130 bars

Troisième étage 481 - 0 m)

- Ouverture de la DV supérieure
- Circulation pendant 1 h 1/2 pour éliminer un surplus éventuel de ciment en prévision de la coupe du tubage 7" à effectuer au droit de la future chambre de pompage 13" 3/8
- fermeture de la DV supérieure à 140 bars

Qualité de la cimentation

La qualité de la cimentation est bonne sur l'ensemble de la colonne.

COLONNE 13" 3/8

Ø	Poids (lbs/ft)	Epaisseur (mm)	Filetage	Grade	longueur utilisée (m)
13" 3/8	54,5	9,65	API(*) VAM	K 55	505,76

cote sabot : 508,20 m

tête casing : 1,28 m

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
SABOT	0,34	0,34
1(*)	12,53	12,87
ANNEAU	0,47	13,34
2(*)	12,91	26,25
3(*)	12,27	38,52
4(*)	12,97	51,49
5(*)	12,76	64,25
RACCORD	0,35	64,60
6	12,04	76,64
7	12,67	89,31
8	12,84	102,15
9	12,26	114,41
10	12,28	126,69
11	12,57	139,26
12	12,51	151,77
13	12,83	164,60
14	12,96	177,56
15	12,58	190,14
16	12,55	202,69
17	12,51	215,20
18	12,71	227,91
19	12,75	240,66
20	12,34	253,00
21	12,92	265,92
22	13,15	279,07
23	12,75	291,82
24	13,27	305,09
25	12,97	318,06
26	13,16	331,22

Colonne 13" 3/8

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
27	12,80	344,02
28	12,64	356,66
29	12,65	369,31
30	11,76	381,07
31	12,92	393,99
32	12,97	406,96
33	12,50	419,46
34	12,73	432,19
35	12,33	444,52
36	12,05	456,57
37	12,29	468,86
38	12,51	481,37
39	12,74	494,11
40	12,81	506,92

COLONNE 9" 5/8

Ø	Poids (lbs/ft)	Epaisseur (mm)	Filetage	Grade	longueur utilisée (m)
9" 5/8	36	8,94	API	K 55	603,41

cote sabot : 1062,41 m

tête casing : 453,71 m

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
SABOT	0,85	0,85
1	12,31	13,16
2	12,35	25,51
ANNEAU	0,34	25,85
3	12,32	38,17
4	12,35	50,52
5	13,33	63,85
6	12,41	76,26
7	12,18	88,44
8	12,34	100,78
9	12,34	113,12
10	12,30	125,42
11	12,11	137,53
12	12,22	148,75
13	12,18	161,93
14	12,34	174,27
15	12,34	186,61
16	12,41	199,02
17	12,46	210,48
18	12,21	223,68
19	12,34	236,02
20	12,32	248,34
21	12,00	260,34
22	12,26	272,60
23	12,26	284,86
24	12,24	297,10
25	12,22	309,32
26	12,31	321,63
27	12,29	333,92

Colonne 9 " 5/8

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
28	12,30	346,22
29	12,45	358,67
30	12,21	370,88
31	12,30	383,18
32	12,27	395,45
33	12,40	407,85
34	12,29	420,14
35	12,18	432,32
36	12,15	444,47
37	12,15	456,62
38	12,15	468,77
39	12,43	481,20
40	10,12	491,32
41	9,94	501,26
42	10,07	511,33
43	10,04	521,37
44	11,46	532,83
45	10,15	542,98
46	11,04	554,02
47	10,17	564,19
48	10,21	574,40
49	10,20	584,60
50	9,96	594,96
51	10,04	604,60
L.H.	4,10	608,70

COLONNE 7"

Ø	Poids (lbs/ft)	Epaisseur (mm)	Filetage	Grade	longueur utilisée (m)
7"	26	9,19	VAM	K55	1990,86

cote sabot : -1989 m tête casing : + 4,60 m puis coupé à -460 m
cote DV inférieure :-1376,56 cote DV supérieure = - 480,56 M

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
sabot	0,30	0,30
1	13,19	13,49
2	13,20	26,69
anneau	0,60	27,29
3	12,72	40,01
4	13,20	53,21
5	13,19	66,40
6	13,03	79,43
7	13,20	92,63
8	13,07	105,70
9	12,09	117,79
10	12,89	130,68
11	12,47	143,15
12	12,31	155,46
13	12,54	168,00
14	12,79	180,79
15	12,36	193,15
16	12,54	205,69
17	11,54	217,33
18	12,37	229,60
19	12,67	242,27
20	11,97	254,85
21	11,97	266,82
22	12,60	279,42
23	12,30	291,72
24	12,59	304,31
25	12,58	316,89
26	12,59	329,48
27	12,54	342,02
28	12,71	354,73

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
29	12,63	367,36
30	12,71	380,07
31	13,02	393,09
32	12,84	405,93
33	12,72	418,65
34	13,11	431,76
35	13,02	444,78
36	12,06	456,84
37	12,67	469,51
38	12,32	481,83
39	13,23	495,06
40	13,13	508,19
41	12,62	520,81
42	12,69	533,50
43	13,09	546,59
44	12,99	559,58
45	12,81	572,39
46	13,34	585,73
47	12,86	598,59
48	13,01	611,60
DV	1,00	612,60
49	12,23	624,83
50	13,04	637,87
51	12,92	650,79
52	12,47	663,26
53	13,10	676,36
54	13,02	689,38
55	13,37	702,75
56	13,29	716,04
57	13,12	729,16
58	13,14	742,30
59	13,28	755,58
60	12,73	768,31
61	13,36	781,67
62	12,59	794,26
63	12,64	806,90
64	12,74	819,64
65	12,21	831,85
66	12,37	844,22
67	12,06	856,28
68	12,44	868,72
69	12,65	881,37
70	12,62	893,99
71	12,66	906,65
72	12,21	918,86
73	13,21	932,07
74	12,95	945,02
75	12,93	957,95
76	12,36	970,31
77	13,24	983,55

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
78	13,23	996,78
79	12,82	1009,60
80	13,10	1022,70
81	12,93	1035,63
82	12,90	1048,53
83	13,08	1061,61
84	13,12	1074,73
85	13,21	1087,94
86	13,21	1101,15
87	13,01	1114,16
88	13,25	1127,41
89	13,17	1140,58
90	13,13	1153,71
91	13,26	1166,97
92	13,07	1180,04
93	12,65	1192,69
94	12,39	1205,08
95	13,45	1218,53
96	13,16	1231,69
97	13,54	1245,23
98	13,27	1258,50
99	13,21	1271,71
100	13,37	1285,08
101	13,20	1298,28
102	13,31	1311,59
103	12,91	1324,50
104	13,08	1337,58
105	13,22	1350,80
106	13,10	1363,90
107	13,49	1377,39
108	13,00	1390,39
109	13,23	1403,62
110	12,87	1416,49
111	13,37	1429,86
112	13,20	1443,06
113	12,71	1455,77
114	13,02	1468,79
115	13,26	1482,05
116	13,17	1495,22
117	12,38	1507,60
DV	1,00	1508,60
118	12,52	1521,12
119	12,97	1534,09
120	12,18	1546,27
121	12,81	1559,08
122	12,78	1571,86
123	13,16	1585,02
124	13,29	1598,31
125	13,06	1611,37

N°	Longueur (m)	Longueur cumulée (m)
126	13,06	1624,43
127	13,22	1637,65
128	13,18	1650,83
129	13,23	1664,06
130	13,26	1677,32
131	13,41	1690,73
132	12,32	1703,05
133	13,02	1716,07
134	13,25	1729,32
135	12,78	1742,10
136	12,61	1754,71
137	13,37	1768,08
138	12,54	1780,62
139	13,31	1793,93
140	12,74	1806,67
141	12,81	1819,48
142	13,05	1832,53
143	13,50	1846,03
144	12,84	1858,87
145	12,11	1870,98
146	12,90	1883,88
147	12,66	1896,54
148	12,88	1909,42
149	13,31	1922,73
150	12,91	1935,64
151	12,19	1947,83
152	12,96	1960,79
153	12,87	1973,66
154	8,07	1981,73
155	12,03	1993,76

VI - BOUES DE FORAGE

La société IMCO Services a fourni les produits et le personnel spécialisé dans la fabrication des boues de forage. Les caractéristiques des boues utilisées ainsi que les consommations des produits sont données ci-après, phase par phase :

VI.1 - Phase 17 " 1/2 (0 - 511 m)

- Forage du rat-hole et du mouse- hole à l'eau claire avec envoi de bouchons de boue bentonitique visqueuse.

- Forage des formations tertiaires (0- 180 m) à la boue bentonitique en diluant à l'eau.

- Forage des formations crayeuses (180 - 511 m) à la boue mixte bentonitique- polymères - dilution à l'eau pour maintenir une densité inférieure à 1,15

- volume total de boue utilisé lors de la phase : 221 m^3

VI.2. - Phase 12" 1/4 (511 - 1061 m)

- Forage de la phase à la boue mixte bentonitique - polymère lubrifiée Les caractéristiques de cette boues sont maintenues par traitement dans les valeurs suivantes :

  densité : inférieure ou égale à 1,10

  viscosité : 40 - 45

  filtrat : inférieure à 6

- Fabrication d'un bouchon de décoincement de 7,6 m^3 pour lutter contre un collage par pression différentielle au droit du réservoir Albien

- Fabrication d'un fluide spacer de 7m^3 pour la cimentation du liner 9" 5/8

- Volume total de boue utilisé : 277 m^3

VI.3. - Phase 8" 1/2 (1061 - 1989 m)

- Forage du réservoir avec une boue aux polymères, avec support bentonitique et produits lubrifiants

Les caractéristiques de la boue sont contrôlées pour obtenir :

densité : inférieure ou égale à 1,10

viscosité : 44 - 46

Filtrat : 5 - 6

CONSOMMATION DES PRODUITS BOUE

PRODUITS	U	PHASE 17 1/3	PHASE 12 1/4	PHASE 8 1/2	PHASE 6	TOTAL
Eau de fabrication	m^3	300	278	468	113	1159
Imcogel	T	2,200	2,825	6,600		11,625
Imcohyb	T	8,500				8,500
Imcopac	T	0,750	0,375	0,625		1,750
Imcopac LV	T	0,800	0,750	2,075		3,625
Soude	T	0,250	0,220	0,750		1,220
Paraformaldehyde	T				0,120	0,120
CMC LVT	T		1,000	2,650		3,650
RD 2000	T	0,350	0,500	1,400		2,250
Imco MD	l		130	370		500
Kenols	l		370			370
Lubrikleen	l		400	730		1170
Freepipe	l		530			530
Baryte	T	1	2,850	3,500		7,350
Chaux	T		0,350			0,350
Bicarbonate de soude	T	0,400		0,250	0,400	1,050
Bevaloïd	l		27	105		132
Flogel	T				0,575	0,575
Sel	T				14,200	14,200
Pertes "terrain"	m^3	0	0	0	0	0
Pertes "surface"	m^3	48	37	29	0	114
Ejection	m^3	173	240	519	113	1045

II

RAPPORT GEOLOGIQUE

(PUITS 1 ET 2)

A) RAPPORT GEOLOGIQUE (GLCN 1)

1. Coupe lithostratigraphique

La lithologie et les limites stratigraphiques des différentes séries géologiques traversées par le forage de La Courneuve Nord 1 sont données en annexe.

On trouvera en annexe le log de fin de sondage de ce forage à l'échelle 1/500, fournissant les paramètres de forage, la vitesse d'avancement, la description lithologique des déblais de forages ("cuttings"), la coupe lithostratigraphique interprétée avec le report, pour calage, du gamma-ray (diagraphie de la radioactivité naturelle des roches).

Dans le forage d'injection GLCN 1, la surveillance géologique n'a été effectuée qu'à partir de 500 m, ainsi les terrains traversés jusqu'à cette profondeur, et déjà bien reconnus par les forages de La Courneuve Sud, n'ont pas été décrits.

Dans l'ensemble, les séries rencontrées sont très semblables à celles déjà connues dans les forages voisins. Afin d'établir des corrélations avec les sondages géothermiques réalisés dans la région, le tableau ci-joint fournit les profondeurs, les cotes et les épaisseurs de ces sondages.

2. Aspect structural

Pour commenter les résultats qui se dégagent du tableau des corrélations, nous nous en tiendrons aux principaux ensembles, en comparant surtout les épaisseurs, les faciès étant généralement analogues.

- Ensemble Terciaire-Crétacé :
  mise à part des variations de quelques mètres dans certaines formations, le forage de La Courneuve Nord 1 se situe sensiblement dans une position structurale conforme à l'évolution régionale, c'est-à-dire sur un axe s'épaississant depuis l'ouest (La Courneuve) vers l'est (Clichy-sous-Bois). Ainsi l'épaisseur de l'ensemble Tertiaire-Crétacé est de 964 m à la Courneuve Nord, 1005 m à Aulnay-sous-Bois et 1068 m à Clichy-sous-Bois 1.

- Jurassique supérieur :
  les corrélations montrent, pour certaines formations, des variations d'épaisseur relativement importantes, et même parfois une inversion de la tendance observée dans le Tertiaire-Crétacé ; ainsi l'épaisseur du Kimmeridgien est plus importante à la Courneuve Nord (138 m) qu'à Clichy-sous-Bois (125 m).

- Jurassique moyen :
  on constate au vu des corrélations que l'épaisseur du Callovien varie entre 39 et 46 m. En ce qui concerne le Bathonien, la comparaison devient hasardeuse du fait qu'aucun puits n'a traversé complètement cette formation : en tout cas, on constate dans l'intervalle traversé la conservation des principales unités lithologiques entre les points extrêmes du profil considéré (cf. figure 1).

STRATIGRAPHIE		La Courneuve Sud 1			La Courneuve Nord 1			Aulnay sous Bois 1			Clichy sous Bois 1		
		Prof.	Cote NGF	Epais.	Prof.	Cote NGF	Epais.	Prof.	Cote NGF	Epais.	Prof.	Cote NGF	Epais.
Récent et TERTIAIRE		0	+ 35	138	0	+ 35	140	0	+ 56	140	0	+ 90	200
CRETACE SUP.	Sénonien	138	- 103	369	140	- 105	375	140	- 84	385	200	- 110	376
	Turonien	507	- 472	138	515	- 480	135	525	- 469	135	576	- 486	135
CRETACE MOYEN	Cénomanien	645	- 610	60	650	- 615	60	660	- 604	65	711	- 621	62
	"Gault"	705	- 670	33	710	- 675	36	725	- 669	37	773	- 683	42
	Albien-Aptien	738	- 703	92	746	- 711	91	762	- 706	113	815	- 725	110
CRETACE INF.	Barrémien	830	- 795	40	837	- 802	39	875	- 819	40	925	- 835	58
	Néocomien-Wealdien	870	- 835	90	876	- 841	88	915	- 859	90	983	- 893	85
JURASSIQUE SUPERIEUR	Purbeckien	960	- 925	25	964	- 929	24	1005	- 949	27	1068	- 978	30
	Portlandien	985	- 950	121	988	- 953	119	1032	- 976	116	1098	- 1008	114
	Kimmeridgien	1106	- 1071	152	1107	- 1072	138	1148	- 1092	132	1212	- 1122	125
	Séquanien	1258	- 1223	93	1245	- 1210	102	1280	- 1224	105	1337	- 1247	106
	Rauracien	1351	- 1316	94	1347	- 1312	99	1385	- 1329	100	1443	- 1353	100
	Argovien	1445	- 1410	95	1446	- 1411	98	1485	- 1429	97	1543	- 1453	97
	Oxfordien SS.	1540	- 1505	64	1544	- 1509	61	1582	- 1526	60	1640	- 1550	53
JURASSIQUE MOYEN	Callovien	1604	- 1569	39	1605	- 1570	46	1642	- 1586	45	1693	- 1603	42
	Bathonien	1643	- 1608	157	1651	- 1616	123	1687	- 1631	159	1735	- 1645	119
	Profondeur finale	1800	- 1765		1774	- 1739		1840	- 1784		1854	- 1764	

3. Caractéristiques du réservoir

Le forage d'injection (GCLN 1) a été arrêté à la profondeur de 1774 m après avoir traversé 123 m de calcaires du Bathonien.

Le tableau suivant résumé les caractéristiques des niveaux productifs du réservoir.

DIAGRAPHIES PRODUCTION-RESERVOIR : INTERPRETATION

1 - Flowmètre et thermomètre

. débit air lift : 113 m3/h pour le flowmètre, puis 105 m3/h

. température en débit à 1638 m : 56°6 C

Calage 1650 FLW = 1649 TH.

Mo	Profondeur (m) Flw	h (m)	RPS	Q (%)	zones th	Ø FDC	Ø h	zones VDL
1	1675 - 1681	6	2,5	8	+	0,150	0,900	+
2	1689 - 1696	7	16	49	+	0,19	1,133	+
3	1698 - 1702	4	11	33	+	0,21	0,840	+
4	1702 - 1706,5	4,5	2,2	7	+	0,140	0,630	-
5	1706,5 - 1712,5	6	1	3	+	0,09	0,540	-
	Σ	27,5	32,7	100			4,240	

2 - Porosité FDC 1650 (FDC) = 1650 (Flw)

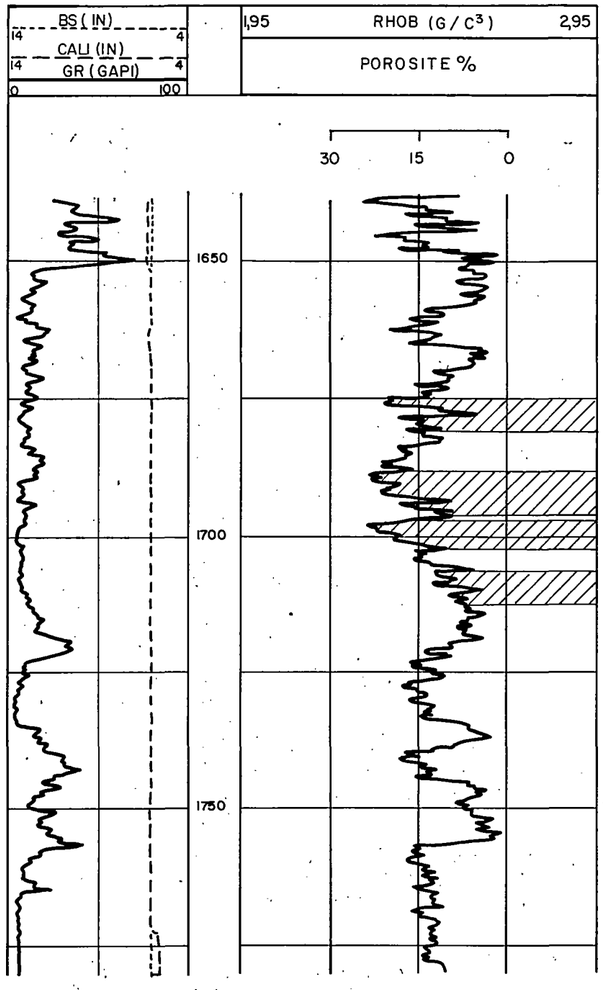
$$\text{Ø} = \frac{\Sigma\ \text{Ø}\ h}{\Sigma\ h} = \frac{4,240}{27,5} = 0,154 \text{ soit Ø m} = 15\ \%.$$

Remarque :

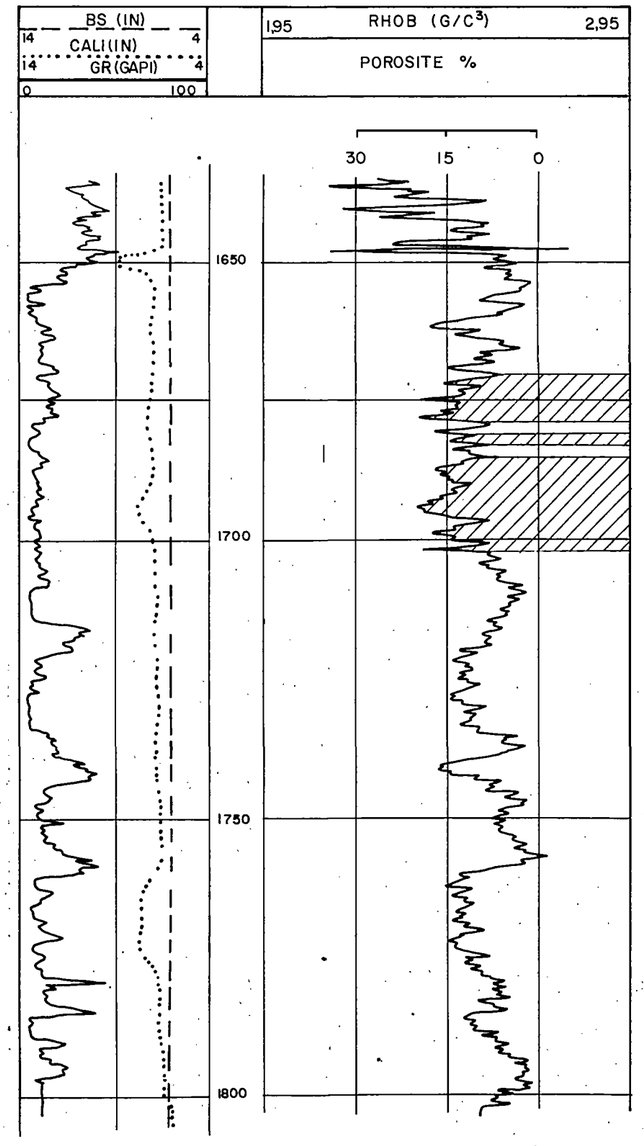
1722-34
1756-67 } ces 2 zones bien que non productrices régissent fortement au VDL.

Il ressort de ce tableau que la hauteur productive cumulée est de 27,5 m et que les venues d'eau sont concentrées sur de faibles hauteurs, l'exemple le plus typique étant la venue de 49 % du débit entre 1689 et 1696 m.

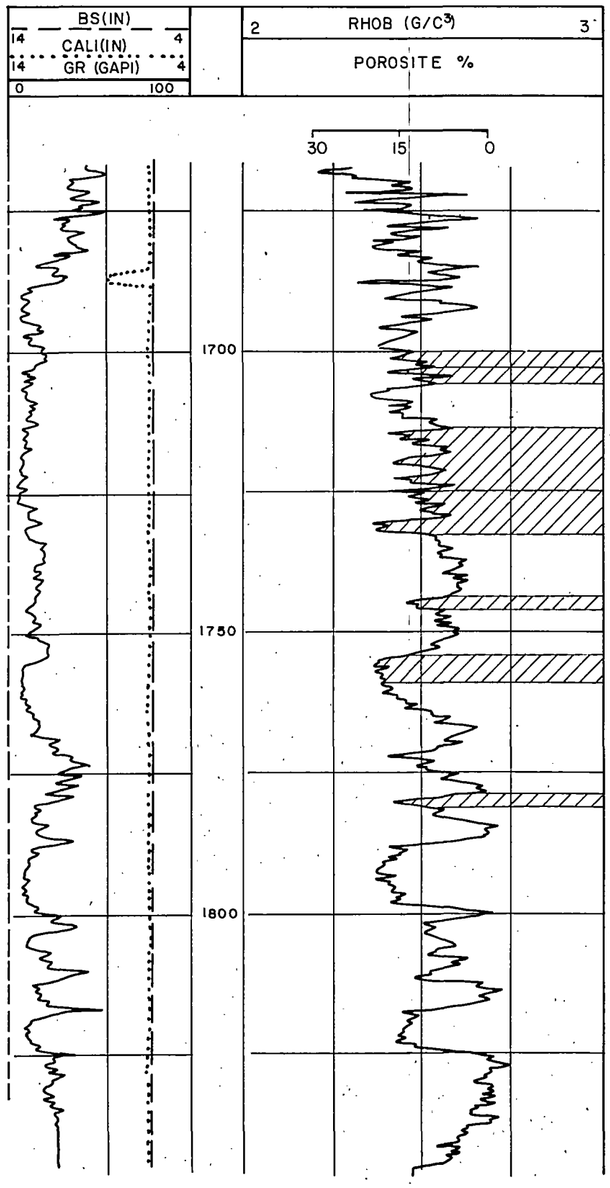
LA COURNEUVE NORD 1



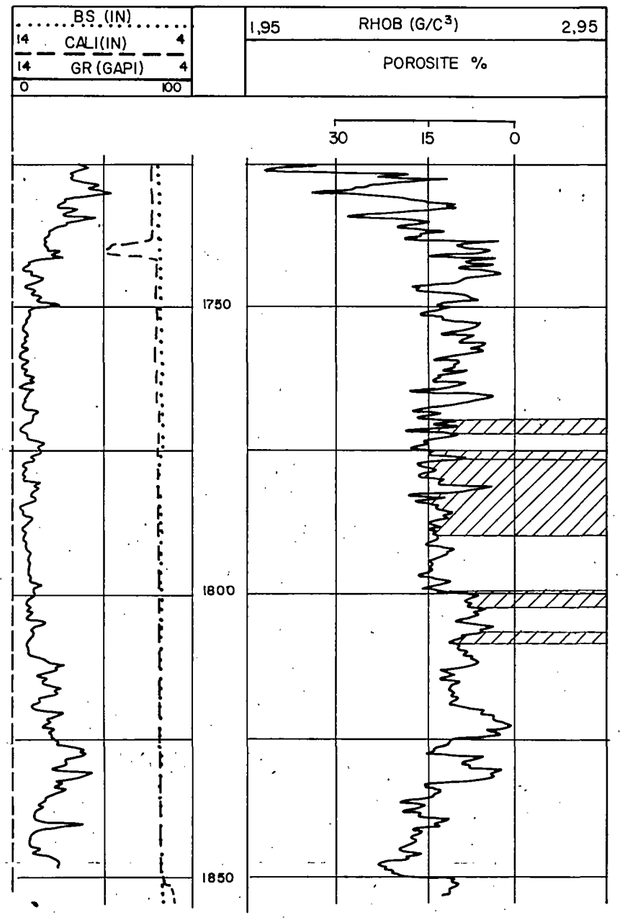
LA COURNEUVE SUD 1



AULNAY / BOIS 1



CLICHY / BOIS 1



Niveaux productifs

FIG. 1

B) RAPPORT GEOLOGIQUE (GLCN 2)

1. Coupe lithostratigraphique du forage

La lithologie et les limites des différentes séries stratigraphiques traversées par le forage de production de "La Courneuve Nord 2" (GLCN-2), à partir du Cénomanien, sont données en annexe (log de fin de sondage à l'échelle 1/500).

La colonne lithostratigraphique traversée est conforme, dans son ensemble, aux prévisions. Les cotes du toit des formations sont à quelques mètres près celles du puits d'injection (GCLN-1).

Dans le tableau ci-après, sont données, à titre de comparaison, les limites des principales séries traversées par les deux forages. Dans le puits de production, les limites des séries sont données d'une part en profondeurs déviées et d'autre part en profondeurs corrigées, ramenées à la profondeur verticale.

Série stratigraphique	GLCN-2				GLCN-1	
	Profondeur déviée	Angle moyen de déviation	Prof. verticale correspondante	cote NGF	Profondeur verticale	cote NGF
Cénomanien	652	15°	650	- 615	650	- 615
"Gault"	716	18°	711	- 676	710	- 675
Albo-Aptien	751	20°	746	- 711	746	- 711
Barrémien	861	41°	838	- 803	837	- 802
Néocomien (Wealdien)	912	47°	877	- 842	876	- 841
Purbeckien	1045	48°	963	- 928	964	- 929
Portlandien	1085	46°	990	- 955	988	- 953
Kimmeridgien	1253	44°	1108	-1073	1107	-1072
Séquanien	1445	44°	1246	-1211	1245	-1210
Rauracien	1585	43°	1347	-1312	1347	-1312
Argovien	1721	42°	1446	-1411	1446	-1411
Oxfordien SS.	1850	41°	1543	-1508	1544	-1509
Callovien	1934	44°	1604	-1569	1605	-1570
Bathonien	2003	46°	1652	-1617	1651	-1616
Prof. finale	2189	45°	1785	-1750	1774	-1739

2. Géologie du réservoir

Dans le puits de production, le réservoir a été foré en dévié, entre 2003 m et 2189 m, selon un angle moyen de 45°, ce qui correspond à une longueur verticale de 133 m environ.

Une reconstitution lithofaciologique du Dogger traversé et une corrélation, entre ouvrages de production et de réinjection, sont données sur la figure n° 2. Cette étude a été établie à partir de l'observation binoculaire des cuttings et de l'examen des diagraphies réalisées dans le réservoir.

Il ressort de cette étude, que les niveaux productifs des deux puits se situent dans les calcarénites graveleuses du Comblanchien et surtout dans l'ensemble gravelo-oolithique (R-3) situé à la limite Comblanchien - oolithe blanche.

Dans le tableau ci-après, sont indiquées les caractéristiques principales du réservoir du Dogger qui sera exploité par le doublet de La Courneuve Nord.

	GCLN-1 INJECTION	GCLN-2 PRODUCTION
Nombre d'horizons producteurs et localisation	5 entre 1675 et 1712 m	7 entre 1670 m (2028m) et 1704 m (2076 m)
Epaisseur cumulée des horizons producteurs	27,5 m	16,9 m
Groupe KH	28 D x m	19 D x m
Température	56°6 C à 1638 m au débit de 105 m^3/h	58°4 C à 1650 m au débit de 110 m^3/h
Pression en tête de puits	8,4 bars	8,2 bars

FIGURÉS DE CORRELATION (Nº 2)

macroporosité observée cutting

volution Sequentielle

P.int. = plateforme interne

Bar = barrière

P. ext. = plateforme externe

43% = niveaux productifs avec pourcentage du débit

2 1

CALLOVIEN

BATHONIEN

DALLE NACRÉE

GRAVELEUX MICRITIQUE

OOLITHIQUE ET GRAVELEUX

OOLITHIQUE

BIOGÉNE A RECURENCES OOLITHIQUES

1995,5
2002,3
2014,2
2020
2023,2
2055,2
2060,5
2081,8
2093,8
2099,8
2106,5
2118,2
2127
2133

6%
17%
5%
7%
43%
8%
49%
33%
7%
3%

R1
R2
R3a
R3b
R3c

1650,5
1657,4
1659,4
1666,1
1670,3
1675,2
1677
1683,4
1686,3
1689,7
1694,8
1697,3
1704
1717,8
1726
1735,5
1745,4
1750,6
1760,6
1771,8
1773,2

P. ext.
Bar
P. int.
A
Bar
P. ext.
Bar
B
P. ext.
Bar
C
P. ext.
Bar
D
P. ext

LA COURNEUVE NORD 1 et 2

C) ANALYSE DES CUTTINGS

1 - COUPES GEOLOGIQUES RESUMEES

1.1. - La Courneuve Nord 1

- au-dessus de 1628,5 m	marnes et argilites noires
- de 1628,5 à 1650,5 m	marne noire et brune, parfois coquillière , à intercalations de calcaires à pellets et bioclastes épaisseur 22,3 m
- de 1650,5 à 1657,4 m	grainstone bien cimenté gris oolithique et bioclastique correspondant au faciès Dalle nacrée, épaisseur 6,9 m
- à 1657,4 m	limite Callovien-Bathonien
- de 1657,4 à 1689,7 m	ensemble gravelo-micritique beige avec alternance de faciès variant du mudstone au grainstone. Ces derniers étant minoritaires, correspond au faciès Comblanchien, partie supérieure, épaisseur 32,3 m
- de 1689,7 à 1704 m	ensemble oolithique et graveleux, beige, grainstone à rares passées compactes packstones, correspond au faciès Comblanchien basale, épaisseur 14,3 m
- de 1704 à 1717,8 m	grainstone oolithique localement graveleux, cimenté beige au sommet, gris à la base, épaisseur 13,8 m
- de 1717,8 au fond de trou (1773,2 m)	alternance de calcaires biogènes à faciès micro-graveleux bioclastique et de calcarénites oolithiques et bioclastiques.

1.2. - La Courneuve Nord 2

- au dessus de 1965,4 m	marne et argilite noire
- de 1965,4 à 1995,5 m	marne noire et brune parfois coquillière, à intercalations de calcaires à pellets et bioclastes
- de 1995,5 à 2002,3 m	grainstone oolithique et bioclastique, gris cimenté faciès Dalle nacrée, épaisseur réduite par rapport à LCN 1 : 4,7 m
- à 2003 m	limite Callovien-Bathonien
- à 2003,3 à 2060,5 m	ensemble gravelo-micritique beige constitué de mudstone à wackestone et très exceptionnellement de grainstone (une passée importante à la base de 2055,2 à 2060,5 m) correspondant au faciès Comblanchien partie supérieure, épaisseur augmentée par rapport à LCN 1 :≃ 43 m

- de 2060,5 à 2081,8 m	ensemble oolithique et graveleux beige exclusivement grainstone, correspond au faciès Comblanchien basale, épaisseur identique à LCN 1 : 14,3 m
- de 2081,8 à 2093,8 m	grainstone oolithique gris légèrement graveleux, cimenté, épaisseur réduite par rapport à LCN 1 : 8,5 m
- de 2093,8 au fond de trou (2133 m)	alternance de calcaires biogènes à faciès micro-graveleux bioclastique et de grainstone oolithique gravelo-bioclastique

2 - DESCRIPTION DES CUTTINGS

2.1. - La Courneuve Nord 1

1620 marne noire A, fortement polluée, oolithe, ferrugineuse, silt, calcaires divers

1625 marne noire TA, calcaire à oolithe ferrugineuse, bioclastes tr
calcaire microsparite micrograveleux tr

1628 marne noire et grise TA, oolithe ferrugineuse tr, bioclastes tr

1630 marne noire et grise A, calcaire gris beige, micrite ou microsparite, bioclastes R

1632 marne noire et grise TA, bioclastes F, calcaire marneux gris à oolithe ferrugineuse tr, pyrite R, calcarénite graveleuse beige tr ?

1634 marne noire et grise TA, bioclastes tr, oolithe ferrugineuse tr, calcaire cristallin à micropellets tr

1636 marne noire et grise TA, calcaire à oolithe ferrugineuse tr, calcarénite à micropellets beige tr

1638 marne noire et grise TA, calcaire cristallin bioclastique R, gris-beige, bioclastes isolés R, oolithe ferrugineuse tr

1640 marne noire A, oolithe ferrugineuse tr, bioclastes isolés R
calcaire blanc ± cristallin F
silt gris F

1642 marne noire et grise TA, bioclastes isolés R, oolithe ferrugineuse tr, silt gris à verdâtre F, calcaire coquillier tr
calcaire blanc et gros pellets blancs R

1644 marne noire et grise A, pyrite tr, oolithe ferrugineuse tr
calcaire, oolithe et pellets blanc F
calcarénite fine spathique grise tr

1645 marne noire et grise A, bioclastes isolés tr, oolithe ferrugineuse tr, pellets et débris de calcaire blanc tr
silt gris tr

1646 marne noire et grise A, bioclastes isolés tr, oolithe ferrugineuse tr, calcaire blanc, gravelles et calcarénite fine beige F
calcarénite fine grise tr.

1647 marne noire et grise A, bioclastes isolés tr, oolithe ferrugineuse tr, calcarénite fine beige, pellets, calcaire fin blanc F
silt gris R

1648 marne noire et grise A, bioclastes isolés R, oolithe ferrugineuse tr, marne noire bioclastique tr
calcarénite fine gris-beige F
pellets beige tr
silt gris tr

1650 marne noire et grise A, gros débris coquilliers, oolithe ferrugineuse tr, silt gris R
calcaire fin et calcarénite beige A, gravelles tr

1654 biocalcarénite oolithique fine grainstone bien cimenté TA,
calcarénite grossière à pellets beige tr

1656 grainstone oolithique et bioclaste gris plus grossier TA

1658 wackestone à mudstone micritique graveleux beige très compact TA
trace de pyrite en fissure

1660 packstone graveleux à matrice micritique beige très compact
TA, trace de bitume

1662 packstone à mudstone graveleux, légère porosité matricielle

1665 grainstone hétérométrique grossier à fin graveleux A, à légère
cimentation sparitique, porosité matricielle fréquente
1.m. wackestone à mudstone compact A, trace de pyrite

1668 mudstone micritique beige à rares gravelles très compact,
trace de calcite fissurale, stylolithes

1672 wackestone à grainstone graveleux hétérométrique,légère porosité
matricielle, mudstone plus rare
calcite fissurale et stylolithes tr., quelques méats de calcite
limpides en colmatage de grands pores parfois avec pyrite
ancien réseau à fissures et dissolutions colmatées

1674 packstone-grainstone grossier très hétérométrique graveleux,
mudstone rare, porosité irrégulière peu importante, calcite
de méats et fissures présente

1677 grainstone finement graveleux TA, tendre, très peu cimenté à
forte porosité matricielle
1.m. mudstone à packstone hétérométrique graveleux, F, compact
calcite fissurale rare

1680 mudstone compact
calcite de méats et fissures F, fracturation colmatée,
pyrite tr.

1682 packstone-grainstone A graveleux hétérométrique,faible porosité
d'ensemble, mais présence de niveaux finement graveleux, peu
cimentés, mudstone wackestone compact F

1684 packstone-grainstone grossier graveleux hétérométrique
1.m. porosité irrégulière très faible, à localement importante
par faible cimentation,globalement peu importante

1686 grainstone très fin dominant tendre microporeux et grainstone
1.m. graveleux moyen à grossier légèrement poreux. Porosité d'ensemble
faible, quelques stylolithes, trace de calcite fissurale

1689 Peu de récupération horizon friable possible
grainstone fin peu cimenté à porosité matricielle fine mais assez élevée, grosses gravelles dissociées fréquentes
doit correspondre globalement à un faciès graveleux hétérométrique faiblement cimenté probablement poreux

1692 l.m. grainstone oolithique fin à rares pellets de grande taille arrondis à mamelonnés, peu cimenté, friable à forte porosité matricielle faible récupération

1695 oolithes dissociées très abondantes correspondant à un grainstone très friable poreux, associés à des éléments graveleux plus grossiers brisés, quelques fragments de packstone gravelo-micritique compact,
très forte porosité probable

1700 grainstone gravelo-oolithique hétérométrique fin à grossier faiblement cimenté. Forte dissociation des grains, trace de ciment spathique, très forte porosité matricielle
trace de calcite fissurale

1703 l.m. grainstone gravelo-oolithique hétérométrique grossier, partiellement dissocié, plus cohérant et mieux cimenté qu'en 1700, forte réduction de la porosité par compaction et présence plus fréquente de ciment. Porosité matricielle globale faible à modérée.

1705 l.m. grainstone oolithique bien calibré, fortement dissocié, faiblement cimenté par de la calcite, l'espace poreux semble réduit par compaction, porosité matricielle modérée à faible.

1707 grainstone oolithique bien calibré, fortement dissocié, à faible cimentation sparitique, la porosité matricielle semble limitée par une compaction irrégulière parfois importante doit être faible dans l'ensemble.

1709 grainstone très hétérométrique (0,2 à 4 mm) grossier à grosses gravelles et fraction fine gravelo-oolithique, cohésion irrégulière avec fréquente dissociation, cimentation calcitique peu importante, compaction faible à peu importante, trace de calcite fissurale et méats, porosité matricielle modérée

1711 grainstone oolithique bien calibré (1 mm) partiellement dissocié généralement bien cimenté par de la calcite spathique, porosité résiduelle faible à nulle.

1714 grainstone grossier oolithique et graveleux, pour une large part dissocié, localement cimenté compact, compaction fréquente, beige porosité résiduelle probablement faible à modérée

1716 grainstone oolithique gris totalement cimenté, pas de porosité

1718 idem

1720 grainstone micrograveleux gris à rares éléments plus grossiers, gravelo-oolithique (?) TA
micrite blanche tr
pas de porosité

1722 wackestone à packstone hétérométrique (0,2 à 3 mm) grossier à éléments noirs, gravelo-oolithiques compact, porosité nulle

1724 grainstone hétérométrique fin dominant à éléments grossiers (2 à 3 mm) dispersés, assez bien cimenté dans l'ensemble, calcite fissurale R, porosité matricielle résiduelle faible à modérée, beige à grisâtre

1726 grainstone gris fin dominant oolitique et graveleux à cimentation variable mais globalement importante
porosité matricielle résiduelle faible, trace de calcite fissurale

1729 grainstone gris beige, oolithique, fin, très dissocié faiblement cimenté, porosité ± réduite par cimentation locale et compaction fréquente, doit être globalement assez élevée

1732 packstone-grainstone bioclastique à pellets et petites oolithes fragmentation et dissociation importante d'où cimentation probablement irrégulière, porosité probable mais non observée

1736 packstone fin microgravelleux à gros pellets et bioclastes noirs dispersés, compact non poreux

1738 packstone fin microgravelleux à rares graveleuse plus grosses noires, compact non poreux

1740 idem plus foncé

1745 packstone localement grainstone grossier gravelo-bioclastique avec possibles oolithes gris beige
généralement compact ou à ciment sparitique d'où très faible porosité matricielle
des dissociations assez fréquentes de grains pourraient être dues à une faible cimentation locale avec porosité matricielle plus importante

1747 oocalcarénite grainstone-packstone totalement cimentée, compacte bien calibrée (1 mm)

1749 idem

1752 packstone-grainstone fin gris noir microgravelleux à gravelles plus grosses noires et bioclastes dispersés, compact non poreux

1755 idem
rares fragments d'oolithe compacte

1757 wackestone-packstone microgravelleux à rares éléments grossiers gravelo-bioclastique, compact non poreux

1759 idem, plus noir avec intercalations plus argileuses microgrenues non poreux

1761 packstone fin gris-beige, gravelo-oolithique et bioclastique, rares éléments grossiers, compact non poreux

1765 grainstone-packstone hétérométrique (0,2 à 2-3 mm) gravelo-oolithique (fin) et bioclastique, dans l'ensemble compact cimenté, non poreux

1678 grainstone blanc hétérométrique, oolithique fin (0,5 mm) à gravelles et bioclastes grossiers, totalement cimenté, compact quelques grands méats de calcite spathique
pas de porosité

1770 grainstone-packstone oolithique gravelo-bioclastique beige à grisâtre compact non poreux

1774 grainstone oolithique fin et packstone microgravelleux, à grosses gravelles et bioclastes, compact non poreux.

2.2. - La Courneuve Nord 2

1984 marne noire TA. Bioclastes isolés F
calcaire cristallisé finement graveleux et bioclastique Tr

1986 marne noire TA, bioclastes isolés Tr
micrite grise Tr, pyrite Tr

1988 marne noire A, oolithes ferrugineuses Tr, bioclastes Tr
fins débris de calc. finement cristallin ou micritique beige F

1992 très mauvaise récupération, non représentatif

1994 idem
fins débris de calcaire gris microcristallin A

1996 très finement broyé
grainstone fin gris, compact gravelo-bioclastique

1998 grainstone oolithique et bioclastique gris cimenté très compact

2000 grainstone oolithique et bioclastique idem

2002 idem, pyrite tr.

2004 grainstone oolithique et bioclastique compact A
grainstone oolithique fin beige très cimenté tr.
micrite beige compacte homogène F
trace de bitume

2006 micrite beige compact A
mudstone et packstone micritique graveleux beige compact F
pas de porosité

2008 micrite franche à mudstone-packstone gravelo-micritique beige compact. trace de porosité matricielle

2010 idem, trace de pyrite et calcite fissurale
pas de posorité

2012 mudstone dominant beige compact à rares petits méats remplis de calcite spathique. trace de pyrite, porosité nulle

2014 idem
quelques stylolithes, trace de porosité

2016 mudstone à wackestone graveleux A, compact non poreux
grainstone à packstone graveleux F légère porosité matricielle

2018 wackestone à packstone gravelo micritique TA
grainstone F à porosité matricielle résiduelle faible
quelques méats à calcite spathique

2020 mudstone à packstone gravelo micritique finement broyé
faible porosité

2022 mudstone dominant, wackestone graveleux rare
porosité en trace

2024 wackestone packstone graveleux, très faible porosité
trace de calcite spathique

2026 wackestone packstone graveleux hétérométrique, très faible porosité,
bitume, calcite spathique en trace

2028 idem, très faible porosité

2030 packstone localement grainstone hétérométrique graveleux,
faible porosité matricielle, bitume

2032 irrégulier, packstone, grainstone A, très faible porosité,
mudstone F

2034 mudstone à grainstone gravelo micritique, porosité en trace,
calcite cristalline Tr

2036 mudstone à packstone gravelo micritique, trace de porosité,
calcite spathique Tr

2038 mudstone dominant à packstone gravelo micritique
grainstone fin graveleux rare, légèrement poreux, bitume

2040 mudstone à packstone gravelo micritique compact
trace de grainstone finement graveleux légèrement poreux

2042 mudstone à packstone dominant compact, bitume
très rare grainstone graveleux fin à légère porosité

2046 mudstone à packstone compact dominant
grainstone fin très légèrement poreux rare

2048 packstone-grainstone graveleux hétérométrique, porosité matri-
cielle modérée,
l.m. calcite spathique trace

2050 idem, porosité faible à modérée
calcite spathique trace : bitume

2052 idem, porosité modérée
calcite spathique rare, bitume

2054 idem, porosité modérée en légère augmentation, présence de
grainstone crayeux, bitume fréquent, calcite spathique rare

2056 grainstone hétérométrique dominant, graveleux, porosité
modérée à moyenne, aspect crayeux local, le plus souvent
ciment spathique fin, calcite cristalline tr.

2060 l.m. grainstone hétérométrique graveleux, packstone rare porosité d'ensemble modérée à moyenne, très bonne localement sur des calcarénites très fines, bitume tr.

2062 l.m. grainstone hétérométrique graveleux à plus abondants niveaux de calcarénite fine bien calibrée gravelo-oolithique peu cimentée, porosité moyenne, calcite spathique tr.

2064 grainstone oolithico-graveleux fin bien calibré poreux abondant associé à packstone et débris de gros gravelles abondants, présence de quelques grains déchaussés, porosité globale moyenne par non cimentation, bitume trace

2066 l.m. grainstone oolithique fin à moyen, peu cimenté, trace de bioclastes fréquentes grosses gravelles brisées, rares déchaussements d'oolithes, porosité matricielle moyenne à faible, calcite spathique Tr

2068 l.m. grainstone gravelo-oolithique à oolithes moins bien calibrées, cimentation irrégulière plus importante dans l'ensemble, porosité résiduelle faible à modérée, calcite spathique trace, bitume trace

2070 l.m. grainstone hétérométrique gravelo-oolithique, apparition d'oolithes plus grosses, déchaussements plus fréquents, trace de compaction, cimentation irrégulière, porosité moyenne probable

2072 l.m. grainstone hétérométrique oolithique et graveleux, cimentation irrégulière avec quelques déchaussements, porosité modérée à bonne, trace de calcite spathique

2074 l.m. idem, cimentation plus irrégulière avec fréquents déchaussements et niveaux totalement cimenté, porosité d'ensemble probablement bonne, trace de calcite spathique, bitume tr.

2076 l.m. grainstone hétérométrique oolithique et graveleux, quelques bioclastes,fréquents déchaussements, empreinte de compaction peu abondante, porosité modérée probable

2078 l.m. idem, déchaussement assez fréquent mais nombreuses empreintes de compaction, cimentation parfois importante, bioclastes : Polypiers, porosité modérée à faible

2080 grainstone à oolithes plus grosses, raréfaction des gravelles déchaussements très fréquents, compaction peu importante, cimentation parfois importante, porosité d'ensemble bonne à modérée.

2086 grainstone gris hétérométrique grossier oolithique et graveleux généralement cimenté et compacté, très faible porosité résiduelle,

2088 grainstone gris grossier oolithique, gravelles plus rares, quelques déchaussements, compaction fréquente, bonne cimentation d'ensemble, très faible porosité résiduelle

2092 grainstone gris grossier oolithique, déchaussement fréquent, fréquentes empreintes de compaction, quelques éléments d'oolithe fine bioclastique très cimentée, l'ensemble parait cimenté avec porosité résiduelle faible à modérée.

2094 grainstone gris grossier oolithique à fréquents déchaussements et grainstone microgravelleux à grosses oolithes dispersées, seule l'oolithe grossière est poreuse de façon notable

2096 grainstone fin microgravelleux (oolithique ?) A, à oolithes dispersées, grosses oolithes et gravelles grises dissociées ± brisées A, en retombée probable, légère porosité matricielle très fine dans le microgravelleux.

2098 grainstone hétérogène microgravelleux à oolithes et gravelles grossières, compact à très faible porosité

2100 grainstone hétérométrique gravelleux, oolithique bioclastique, quelques gravelles noires, compact à porosité très faible .

2102 idem, compact

2104 idem, compact un peu plus oolithique, Polypier, faible porosité matricielle

2106 grainstone oolithique hétérométrique, gravelo-bioclastique, quelques éléments noirs, faible porosité matricielle

2108 grainstone hétérométrique microgravelleux à grosses oolithes et gravelles noires, compact à porosité matricielle faible.

2110 grainstone hétérométrique oolithique et gravelleux compact, faible porosité

2112 faible récupération, idem

2114 idem

2116 idem

2118 idem

2120 packstone microgravelleux compact TA, non poreux, grainstone hétérométrique plus rare, retombée probable

2122 packstone microgravelleux bioclastique compact non poreux

2124 idem + quelques gravelles noires

2126 wackestone packstone microgravelleux à rares gravelles noires, compact

2128 idem

2130 idem, associé à oolithes grainstone beige à grise, cimentée

2132 grainstone oolithique grossier gris, éléments déchaussés et brisés probablement assez friable

2133 grainstone oolithique grossier compact gris cimenté.

3 - INTERPRETATION SEDIMENTOLOGIQUE

La figure de corrélation (n°2) résume les principaux faits sédimentologiques, ceux-sont conformes aux données voisines connues.

3.1. - Séquence transgressive callovienne

Elle se développe au-dessus d'une surface de discontinuité correspondant à un arrêt de sédimentation (1657,4 - 2002,3 m), par un horizon de calcarénite oolithique et bioclastique.

Cet horizon est attribuable à un domaine de plateforme externe à tendance barrière dont l'épaisseur de 6,9 m en 1, se réduit en 2 à 4,7 m.

Le toit de ces calcaires compacts marque le toit de la Corniche I.

3.2 - Séquences régressives bathoniennes

Plusieurs séquences de même polarité sont ici superposées, elles ont un caractère régressif c'est-à-dire tendant vers l'émersion.

Ces séquences débutent généralement par une période de vacuité sédimentaire matérialisée par une surface de discontinuité (érosion-corrosion-taraudage) et sont caractérisées par le dépôt successif de la base vers le sommet de sédiments, lorsqu'elles sont complètes, de bassin, plateforme externe, barrière puis enfin plateforme interne, c'est-à-dire de moins en moins profond.

Seuls les dépôts de barrière et de plateforme interne sont généralement succeptibles de présenter une porosité matricielle. Elle sont décrites du sommet vers la base.

SEQUENCE A

Le terme de plateforme interne ou Comblanchien est ici très développé. Deux ensembles y sont distingués:à la partie supérieure une succession de calcaires micritiques et graveleux généralement compacts (une forte croissance d'épaisseur est notée de 1 vers 2), et à la base une unité oolithique et gravelause.

Au sommet la porosité est peu développée selon deux horizons préférentiels, en relation avec quelques passées peu importantes de grainstone graveleux à porosité matricielle. Deux niveaux R1 et R2 peuvent être distingués, leur qualité semble se détériorer dans le sondage n°2 par réduction d'épaisseur.

La production est nulle pour le R1, elle reste faible dans le R2 en s'améliorant toutefois légèrement dans le sondage n°2.

A l'extrême base de cet ensemble graveleux micritique est présent sur les deux sondages un horizon grainstone à bonne porosité matricielle(R3a) constituant la partie supérieure du réservoir principal R3. Alors qu'il n'y a pas de production notable dans le sondage 1, ce même niveau assure presqu'à lui seul, la moitié de la production dans le sondage n°2.

Sous cet ensemble graveleux micritique se développe un terme intermédiaire d'arrière barrière à grainstone dominant gravelo-oolithique. La porosité y est variable, forte dans le sondage n°1 où deux niveaux à forte porosité matricielle R3b et R3c assurent l'essentiel de la production, plus faible dans le sondage n°2 où les mêmes niveaux R3b et R3c sont réduits en épaisseur et ne participent pratiquement pas à la production.

Il faut donc noter à propos de ce réservoir R3, son caractère stratifié à trois niveaux principaux et le fait que les niveaux producteurs b et c dans le sondage n°1 et a dans le sondage n°2, sont décalés par rapport à la lithologie.

Sous l'ensemble précédent se développe un horizon oolithique franc de domaine barrière, grainstone à faible porosité dans le sondage n°1 et pratiquement totalement cimenté dans le sondage n°2.

La base de cette séquence est marquée par le dépôt de calcaires micrograveleux compact à oolithes et gravelles noires dispersées indiquant un domaine de plateforme externe.

SEQUENCES B, C et D

Leur ampleur verticale est limitée à une vingtaine de mètres pour la B, une quinzaine pour la C, et à une puissance non déterminée pour la C dont seule la partie supérieure a été atteinte.

Ces séquences sont tronquées tant à la base qu'au sommet, montrant uniquement des faciès de barrière oolithiques et bioclastiques et des faciès de plateforme externe graveleux bioclastiques indiquant la permanence d'une sédimentation de haut-fond.

Une porosité notable s'y observe sporadiquement plus particulièrement dans le sondage n°1, mais aucune production n'est notée.

III

INTERPRETATION DES ESSAIS

A) PUITS GLCN 1

I - RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES.

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production par débit artésien montre un réservoir de bonne perméabilité (de l'ordre de 28 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif).

Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 1675 m et 1713 m
Hauteur productrice	h = 27.5 m
Porosité moyenne	ϕ = 15 %
Température stabilisée à 1630 m au débit moyen de 108 m3/h	Tf = 56.6 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.51 cp
Salinité moyenne (prévision)	= 25 g/l
Compressibilité totale	Ct = 10^{-4} atm^{-1}
Pression artésienne mesurée	Par = 8.4 bars (potentielle)
Pression statique extrapolée	Pe = 175.47 kg/cm2 abs (1638 m)

Paramètres moyens :

Transmissivité relative	kh/u	= 54.9 D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh	= 28. D.m
Perméabilité intrinsèque	k	= 1.02 D
Facteur de skin	S	= - 3.8

II - INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 24/02/1982

Le test de formation a été réalisé le 24/02/82 après les travaux de développement de l'ouvrage. Il se compose d'une période de production à débit variable (artésien), suivi d'une remontée de pression après fermeture. L'enregistrement utilisé pour l'interprétation concerne cette dernière période, il est obtenu à l'aide d'une sonde de précision positionnée sensiblement au toit du réservoir.

II.1 - CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage . (24/02/82)..... t = 03.00.00
- arrêt du pompage . (24/02/82)..... t = 12.50.00
- durée du pompage ..... tp = 9.83 h
- fin de remontée de pression . (24/02/82).... t = 22.47.00
- débit nominal moyen ..... Q = 108 m3/h
- température à 1638 m au débit nominal .. Tf = 56.6 C
  (température de mélange durant la production)
- position de la sonde TP ..... 1638 m
- rayon du forage dans le réservoir ..... 7.62 cm

II. 2 - INTERPRETATION DE L'ESSAI :

II. 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 = 27. 5 m
porosité moyenne ϕ = 15 %

II. 2. 2 - Salinité moyenne :

La salinité prévisionnelle est de 25 g/l.

II. 2. 3 - Compressiblité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 1675 et 1713 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 :

$$C_w = 4.15\ 10^{-5}\ atm^{-1}$$

pour une pression de confinement de 170 atm et une température de 51 C.

D'après l'abaque de Hall, et pour une porosité de 15 %, la compressibilité effective de la roche vaut :

$$C_r = 5.7\ 10^{-5}\ atm^{-1}$$

d'où la compressibilité totale :

$$C_t = 9.85\ 10^{-5} \# 10^{-4}\ atm^{-1}$$

II. 2. 4 - Viscosité de l'eau de la formation :

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

$$\mu = 0.51\ cp$$

II.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 TP en place à 1638 m .

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), pour un débit moyen constant

Point de coincidence des graphiques :

$dP = 1.0$ kg/cm2 $\qquad Pd = 1.15$

$dt = 1.0$ h $\qquad tD/CD = 570$

$CD.\exp(2S) = 10$

Transmissivité :

$$PD = \frac{2.\pi.kh.dP}{Q.u} \qquad d'ou \qquad \frac{kh}{u} = \frac{PD.Q}{2\pi.dP}$$

$$\frac{kh}{u} = 5673\ D.cm/cp$$

avec $u = 0.51$ cp $\qquad kh = 28.93$ D.m

et $h = 27.5$ m $\qquad k = 1.05$ D

Facteur de skin :

$$C = 2.\pi \frac{kh}{u}.\frac{dt}{\frac{tD}{CD}} = 2.25\ 10^{5}\ cm3/atm$$

$$CD = \frac{C}{2\pi . \phi . Ct . h . rw^2} = 15188$$

et avec $S = 0.5 \, Ln \, (CD . exp(2S)/CD)$

il vient $S = -3.66$

b/ - Méthode de HORNER :

Le report de la figure 2 représente la variation de la pression de fermeture Pws en fonction de la variable (tp+dt)/dt où tp est la durée de production, et dt le temps écoulé depuis l'arrêt du pompage (débit moyen constant).

Transmissivité :

La pente moyenne de la droite vaut :

$$m = 1.06 \text{ kg/cm2, décade}$$

d'où

$$\frac{kh}{u} = \frac{0.183 \, Q}{m} = 5251 \text{ D. cm/cp}$$

$$kh = 27.30 \text{ D. m}$$

et avec h =27.5 m k = 0.992 D.

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul : P(1h) = 174.37 kg/cm2

$$S = 1.15 \left[\frac{dP(1h)}{m} - \text{Log} \left(\frac{k}{\phi . u . Ct . rw^2} \right) - 3.9077 \right]$$

soit $S = -4.13$

Pression statique extrapolée :

$P^* = 175.47$ kg/cm2 abs. à 1638 m

c/ - Méthode de MILLER-DYES-HUTCHINSON :

Pour les faibles valeurs de la durée de fermeture dt, la pression Pws est reportée en fonction de Log (dt) à la figure 3.

Transmissivité :

Pente moyenne $m = 0.88$ kg/cm2, décade

d'où $\frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m} = 6267$ D. cm/cp

$kh = 31.96$ D. m

$k = 1.16$ D avec h = 27.5 m

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul P(1h) = 174.49 kg/cm2

il vient :

$S = -3.19$

d/ - Prise en compte des paliers de débit

L'interprétation des mesures prenant en compte les paliers de débit consiste à tracer la pression de fermeture Pws en fonction de la somme des termes de la forme :

$$(Q_j / Q_N) * Log((t_N + dt - t_{j-1}) / (t_N + dt - t_j))$$

où t_N est la durée de débit (figure 4).

- pente moyenne de la droite : 1.02 kg/cm2, décade

- transmissivité relative $\frac{kh}{u}$ = 5393 D.cm/cp

- transmissivité intrinsèque kh= 27.50 D.m

- perméabilité intrinsèque k= 1.00 D

- facteur de skin S= -3.50

- pression statique extrapolée = 175.48 kg/cm2 abs à 1638 m

III - TESTS COMPLEMENTAIRES

Afin de contrôler le comportement du forage dans son mode d'exploitation, il a été procédé à un test d'injection suivi de l'enregistrement du retour à l'equilibre (Fall off test). Durant ces essais, la sonde de mesure est demeurée à la cote 1638 m/sol.

III.1 - CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI

- Début de l'injection (25/02/82)..... t=01.43.00
- Arrêt de l'injection (25/02/82)..... t=10.43.00
- Durée de l'injection..... t= 9 h
- Débit nominal moyen..... Q=85 m3/h
- Température d'injection finale (fond)... Ti=23.1 C
- Position de la sonde TP..... 1628 m/sol

III. 2 - TEST D'INJECTION

L'évolution de la presion de fond durant l'essai est reportée en fonction du temps à la figure 5. La température du fluide injecté au niveau de la sonde décroit entre 56 C, au début de l'essai, et 23.1 C en fin d'injection. L'interprétation est effectuée en considérant un débit moyen de 85 m3/h et une température moyenne de 30 C à l'intérieur du volume injecté dans le réservoir. Il vient :

- Transmissivité relative $\frac{kh}{u}$ = 3460 D. cm/cp
- Transmissivité intrinsèque kh = 29.07 D. m
- Perméabilité intrinsèque k = 1.06 D
- Facteur de skin S = - 3.83

III. 3 - CHUTE DE PRESSION APRES INJECTION (FALL OFF TEST)

Le retour à l'équilibre statique est représenté à la figure 6 en variable de Horner, et à la figure 7 en diagramme semi-log (MDH). Les deux interprétations fournissent les résultats suivants :

	Horner	MDH	
- Transmissivité relative	3316	3282	D. cm/cp
- Transmissivité intrinsèque	27.86	27.57	D. m
- Perméabilité intrinsèque	1.01	1.00	D
- Facteur de skin	-4.07	-4.11	
- Pression statique extrapolée à 1638 m	175.50 kg/cm2 a.		

IV - CONCLUSIONS

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production par débit artésien montre un réservoir de bonne perméabilité (de l'ordre de 20 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif voisin de - 3.8).

L'allure des courbes d'interprétation (diagrammes de Horner) met en evidence la manifestation probable d'une variation latérale de faciès ou de transmissivité (effet inverse de celui noté en GLCS1). La transmissivité mesurée est comprise entre les valeurs déterminées en GLCS1 et GLCS2.

Le test d'injection complémentaire confirme les valeurs des paramètres hydrodynamiques préalablement obtenus, ainsi que la symétrie du comportement du réservoir, dans les conditions de l'essai.

TABLEAU RECAPITULATIF

Niveaux producteurs	entre 1675 m et 1713 m
Hauteur productrice	h = 27.5 m
Porosité moyenne	ϕ = 15 %
Température stabilisée à 1638 m au débit de 108 m3/h	Tf = 56.6 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.51 cp
Salinité moyenne	= 25 g/l
Compressibilité totale	Ct # 10^{-4} atm^{-1}
Pression artésienne mesurée	Par = 8.4 bars (potentielle)
Pression statique extrapolée	Pe = 175.47 kg/cm2 abs. (1638 m)

TEST DE REFERENCE

		moyen retenu	Log-log	Horner d'après MDH		Débit variable	
transmissivité relative	kh/u	54.9	56.73	53.51	62.67	53.93	D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh	28.0	28.93	27.30	31.96	27.50	D.m
Perméabilité intrinsèque	k	1.02	1.05	0.99	1.16	1.00	D
Facteur de skin	S	-3.8	-3.66	-4.13	-3.19	-3.50	

TEST D'INJECTION

		moyen retenu	Injection	Horner	MDH	
transmissivité relative	kh/u	33.3	34.60	33.16	32.82	D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh	28.0	29.07	27.86	27.57	D.m
Perméabilité intrinsèque	k	1.02	1.06	1.01	1.00	D
Facteur de skin	S	-3.8	-3.83	-4.07	-4.11	

V - ANNEXES

LA COURNEUVE N. GLCN1

REMONTEE DE PRESSION DU 24/02/82

DUREE DE PRODUCTION = 9.833 Heures

Pwfo ..... = 170.480 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
1	12.49.38	.01056	2.112	932.604	172.592
2	12.49.53	.01472	2.353	668.940	172.833
3	12.50. 8	.01889	2.454	521.600	172.934
4	12.50.23	.02306	2.569	427.515	173.049
5	12.50.38	.02722	2.651	362.232	173.131
6	12.50.53	.03139	2.712	314.280	173.192
7	12.51. 8	.03556	2.755	277.560	173.235
8	12.51.23	.03972	2.803	248.551	173.283
9	12.51.38	.04389	2.838	225.050	173.318
10	12.51.53	.04806	2.872	205.624	173.352
11	12.52. 8	.05222	2.904	189.298	173.384
12	12.52.23	.05639	2.935	175.384	173.415
13	12.52.38	.06056	2.962	163.386	173.442
14	12.52.53	.06472	2.988	152.932	173.468
15	12.53. 8	.06889	3.008	143.742	173.488
16	12.53.23	.07306	3.030	135.601	173.510
17	12.53.38	.07722	3.047	128.339	173.527
18	12.54.20	.08889	3.097	111.626	173.577
19	12.54.50	.09722	3.132	102.143	173.612
20	12.55.20	.10556	3.163	94.158	173.643
21	12.55.50	.11389	3.195	87.341	173.675
22	12.56.20	.12222	3.214	81.455	173.694
23	12.56.50	.13056	3.242	76.319	173.722
24	12.57.20	.13889	3.265	71.800	173.745
25	12.57.50	.14722	3.285	67.792	173.765
26	12.58.20	.15555	3.307	64.215	173.787
27	12.58.50	.16389	3.321	61.000	173.801
28	12.59.20	.17222	3.345	58.097	173.825
29	12.59.50	.18056	3.363	55.461	173.843
30	13. 0.20	.18889	3.377	53.059	173.857
31	13. 0.50	.19722	3.391	50.859	173.871
32	13. 1.20	.20555	3.405	48.838	173.885

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
33	13. 1.50	.21389	3.421	46.974	173.901
34	13. 2.20	.22222	3.430	45.250	173.910
35	13. 2.50	.23056	3.443	43.650	173.923
36	13. 3.20	.23889	3.462	42.163	173.942
37	13. 3.50	.24722	3.475	40.775	173.955
38	13. 4.20	.25556	3.488	39.478	173.968
39	13. 4.50	.26389	3.498	38.263	173.978
40	13. 5.20	.27222	3.505	37.123	173.985
41	13. 5.50	.28056	3.515	36.049	173.995
42	13. 6.20	.28889	3.528	35.038	174.008
43	13. 6.50	.29722	3.536	34.084	174.016
44	13. 7.50	.31389	3.554	32.327	174.034
45	13. 8.50	.33056	3.571	30.748	174.051
46	13. 9.57	.34917	3.595	29.162	174.075
47	13.10.57	.36583	3.611	27.879	174.091
48	13.11.57	.38250	3.631	26.708	174.111
49	13.12.57	.39917	3.641	25.635	174.121
50	13.13.57	.41583	3.659	24.647	174.139
51	13.14.57	.43250	3.669	23.736	174.149
52	13.15.57	.44917	3.685	22.892	174.165
53	13.16.57	.46583	3.694	22.109	174.174
54	13.17.57	.48250	3.705	21.380	174.185
55	13.18.57	.49917	3.720	20.700	174.200
56	13.19.57	.51583	3.735	20.063	174.215
57	13.21.57	.54917	3.752	18.906	174.232
58	13.23.57	.58250	3.773	17.881	174.253
59	13.25.57	.61583	3.796	16.968	174.276
60	13.27.57	.64917	3.812	16.148	174.292
61	13.29.57	.68250	3.833	15.408	174.313
62	13.31.57	.71583	3.852	14.737	174.332
63	13.33.57	.74917	3.868	14.126	174.348
64	13.35.57	.78250	3.881	13.567	174.361
65	13.37.57	.81583	3.897	13.053	174.377
66	13.39.57	.84917	3.910	12.580	174.390
67	13.41.57	.88250	3.922	12.143	174.402
68	13.43.57	.91583	3.937	11.737	174.417
69	13.45.57	.94917	3.951	11.360	174.431
70	13.47.57	.98250	3.966	11.008	174.446
71	13.51. 9	1.03583	3.975	10.493	174.455
72	13.55. 9	1.10250	4.003	9.919	174.483
73	13.59. 9	1.16917	4.019	9.411	174.499
74	14. 3. 9	1.23583	4.043	8.957	174.523
75	14. 7. 9	1.30250	4.061	8.550	174.541
76	14.11. 9	1.36917	4.078	8.182	174.558

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
77	14. 15. 9	1. 43583	4. 091	7. 849	174. 571
78	14. 19. 9	1. 50250	4. 105	7. 545	174. 585
79	14. 23. 9	1. 56917	4. 124	7. 267	174. 604
80	14. 27. 9	1. 63583	4. 137	7. 011	174. 617
81	14. 31. 9	1. 70250	4. 147	6. 776	174. 627
82	14. 35. 9	1. 76917	4. 164	6. 558	174. 644
83	14. 39. 9	1. 83583	4. 178	6. 356	174. 658
84	14. 43. 9	1. 90250	4. 188	6. 169	174. 668
85	14. 47. 9	1. 96917	4. 201	5. 994	174. 681
86	14. 51. 9	2. 03583	4. 207	5. 830	174. 687
87	14. 55. 9	2. 10250	4. 223	5. 677	174. 703
88	14. 59. 9	2. 16917	4. 229	5. 533	174. 709
89	15. 5. 9	2. 26917	4. 246	5. 333	174. 726
90	15. 11. 9	2. 36917	4. 260	5. 151	174. 740
91	15. 17. 9	2. 46917	4. 271	4. 982	174. 751
92	15. 23. 9	2. 56917	4. 288	4. 827	174. 768
93	15. 29. 9	2. 66917	4. 299	4. 684	174. 779
94	15. 35. 9	2. 76917	4. 310	4. 551	174. 790
95	15. 44. 6	2. 91833	4. 327	4. 370	174. 807
96	15. 50. 6	3. 01833	4. 339	4. 258	174. 819
97	15. 56. 6	3. 11833	4. 347	4. 153	174. 827
98	16. 2. 6	3. 21833	4. 359	4. 055	174. 839
99	16. 8. 6	3. 31833	4. 368	3. 963	174. 848
100	16. 14. 6	3. 41833	4. 376	3. 877	174. 856
101	16. 20. 6	3. 51833	4. 385	3. 795	174. 865
102	16. 26. 6	3. 61833	4. 394	3. 718	174. 874
103	16. 32. 6	3. 71833	4. 403	3. 645	174. 883
104	16. 38. 6	3. 81833	4. 411	3. 575	174. 891
105	16. 44. 5	3. 91806	4. 419	3. 510	174. 899
106	16. 50. 5	4. 01806	4. 427	3. 447	174. 907
107	16. 58. 5	4. 15139	4. 436	3. 369	174. 916
108	17. 6. 5	4. 28472	4. 446	3. 295	174. 926
109	17. 14. 5	4. 41806	4. 455	3. 226	174. 935
110	17. 22. 5	4. 55139	4. 463	3. 161	174. 943
111	17. 30. 6	4. 68500	4. 472	3. 099	174. 952
112	17. 38. 5	4. 81806	4. 480	3. 041	174. 960
113	17. 45. 5	4. 93472	4. 488	2. 993	174. 968
114	17. 54. 5	5. 08472	4. 496	2. 934	174. 976
115	18. 2. 6	5. 21833	4. 503	2. 884	174. 983
116	18. 17. 40	5. 47778	4. 514	2. 795	174. 994
117	18. 23. 52	5. 58111	4. 523	2. 762	175. 003
118	18. 31. 52	5. 71444	4. 527	2. 721	175. 007
119	18. 39. 52	5. 84778	4. 534	2. 682	175. 014
120	18. 47. 52	5. 98111	4. 542	2. 644	175. 022

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	t,p+dt / dt	p (kg/cm2)
121	18. 55. 52	6. 11444	4. 546	2. 608	175. 026
122	19. 3. 52	6. 24778	4. 552	2. 574	175. 032
123	19. 11. 52	6. 38111	4. 560	2. 541	175. 040
124	19. 19. 52	6. 51445	4. 565	2. 509	175. 045
125	19. 27. 52	6. 64778	4. 570	2. 479	175. 050
126	19. 35. 52	6. 78111	4. 575	2. 450	175. 055
127	19. 43. 52	6. 91444	4. 581	2. 422	175. 061
128	19. 51. 52	7. 04778	4. 585	2. 395	175. 065
129	19. 59. 52	7. 18111	4. 589	2. 369	175. 069
130	20. 7. 52	7. 31444	4. 596	2. 344	175. 076
131	20. 15. 52	7. 44778	4. 601	2. 320	175. 081
132	20. 23. 52	7. 58111	4. 604	2. 297	175. 084
133	20. 31. 52	7. 71444	4. 609	2. 275	175. 089
134	20. 39. 52	7. 84778	4. 613	2. 253	175. 093
135	20. 47. 52	7. 98111	4. 617	2. 232	175. 097
136	20. 55. 52	8. 11444	4. 622	2. 212	175. 102
137	21. 3. 52	8. 24778	4. 625	2. 192	175. 105
138	21. 11. 52	8. 38111	4. 630	2. 173	175. 110
139	21. 19. 52	8. 51445	4. 634	2. 155	175. 114
140	21. 27. 52	8. 64778	4. 638	2. 137	175. 118
141	21. 35. 52	8. 78111	4. 644	2. 120	175. 124
142	21. 43. 52	8. 91444	4. 647	2. 103	175. 127
143	21. 51. 52	9. 04778	4. 650	2. 087	175. 130
144	21. 59. 52	9. 18111	4. 652	2. 071	175. 132
145	22. 7. 52	9. 31444	4. 657	2. 056	175. 137
146	22. 15. 52	9. 44778	4. 661	2. 041	175. 141
147	22. 23. 52	9. 58111	4. 664	2. 026	175. 144
148	22. 31. 52	9. 71444	4. 668	2. 012	175. 148
149	22. 39. 52	9. 84778	4. 671	1. 999	175. 151
150	22. 47. 52	9. 98111	4. 674	1. 985	175. 154

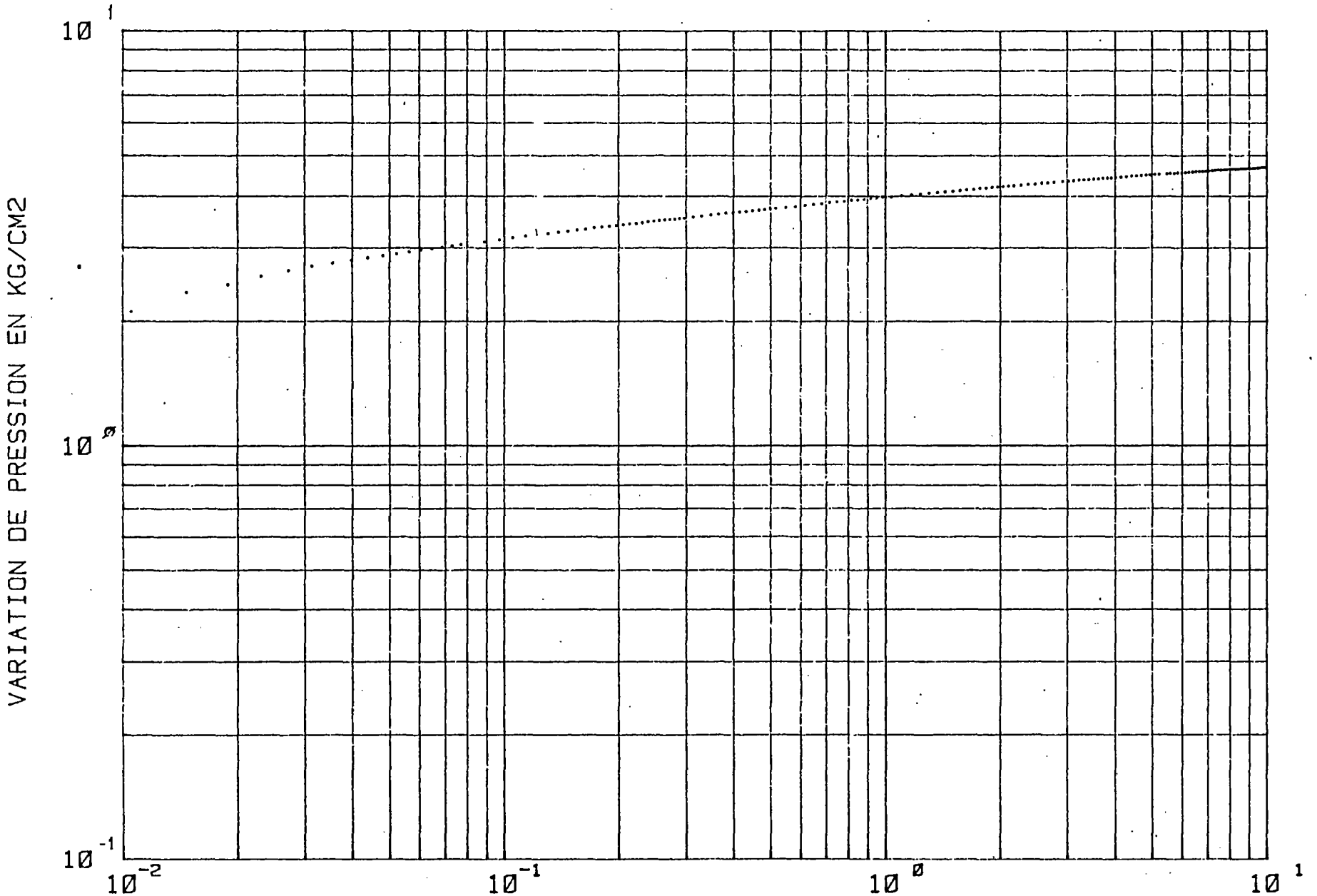


FIGURE 1 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA COURNEUVE NORD GLCN1
REMONTEE DE PRESION APRES FERMETURE-DIAGRAMME LOG LOG

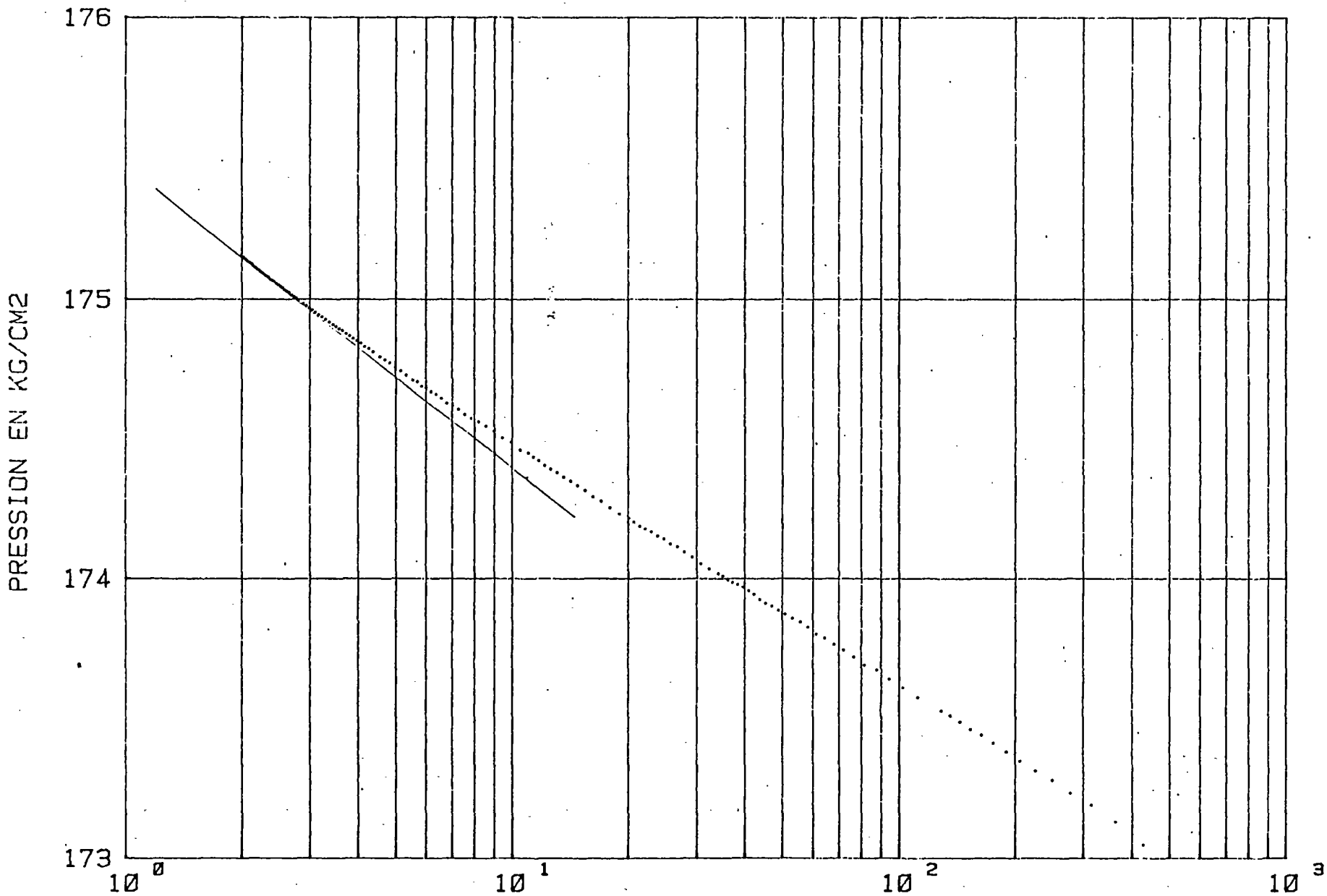


FIGURE 2 - (TP+DT)/DT
TEST DE FORMATION - LA COURNEUVE NORD GLCN1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME DE HORNER

HEWLETT PACKARD

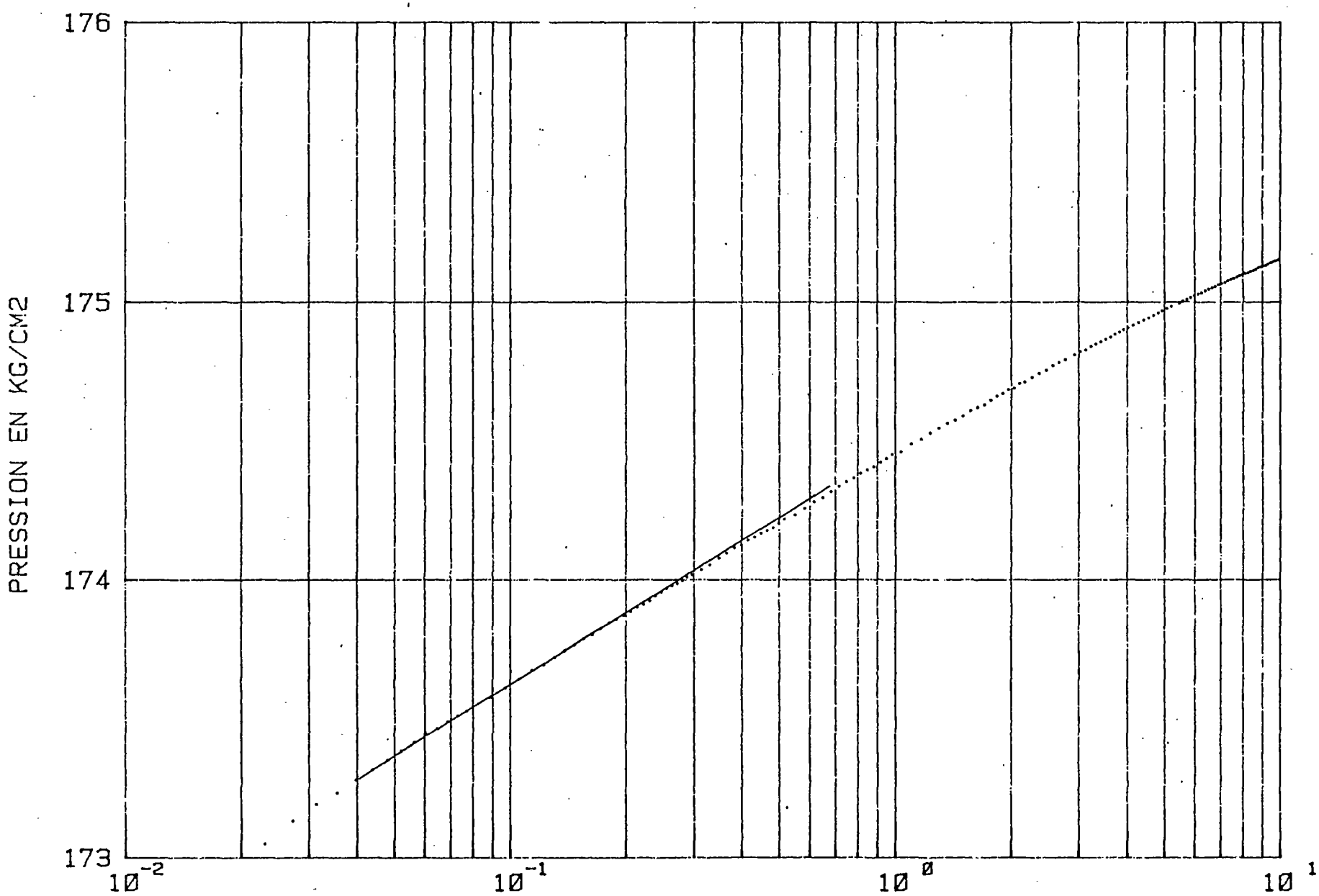


FIGURE 3 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA COURNEUVE NORD GLCN1
REMONTEE DE PRESION APRES FERMETURE-DIAGRAMME MDH

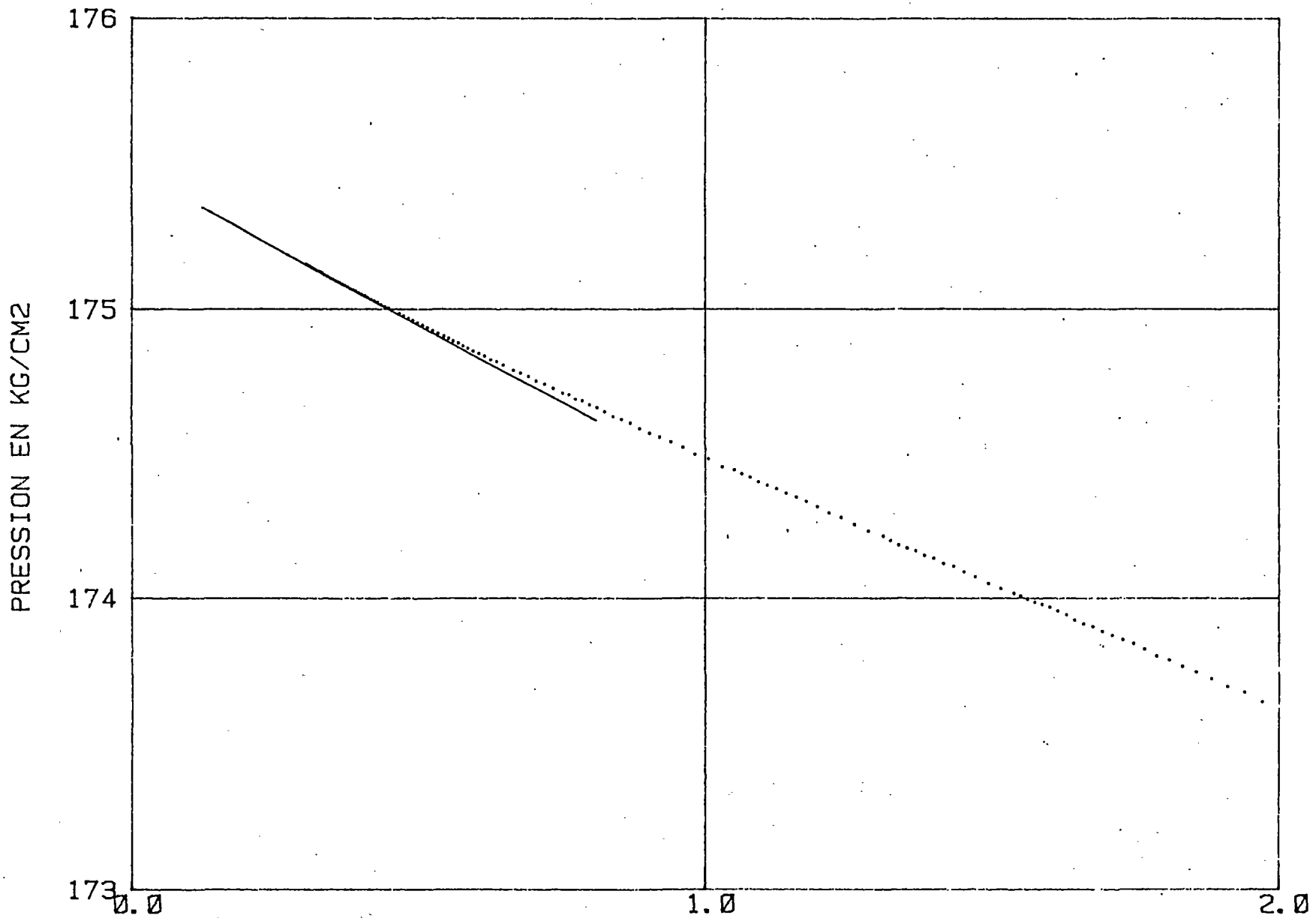


FIGURE 4-S(QJ/QN*LOG((T-TI)/(T-TJ))
TEST DE FORMATION-LA COURNEUVE NORD GLCN1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME DE HORNER

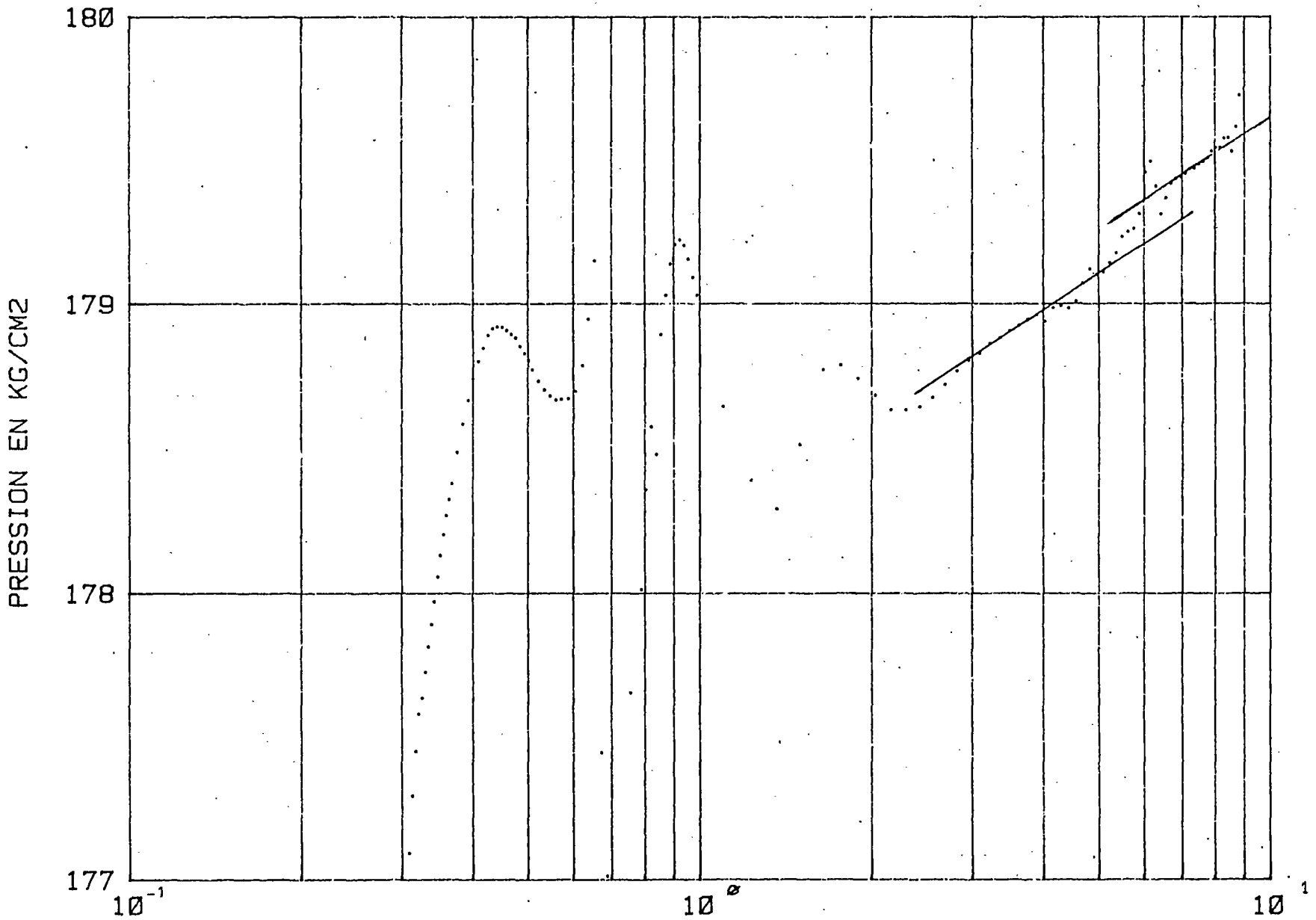


FIGURE 5 - DT EN HEURES
TEST D'INJECTION - LA COURNEUVE NORD GLCN1
REMONTEE DE PRESSION - DIAGRAMME SEMI LOG

HEWLETT PACKARD

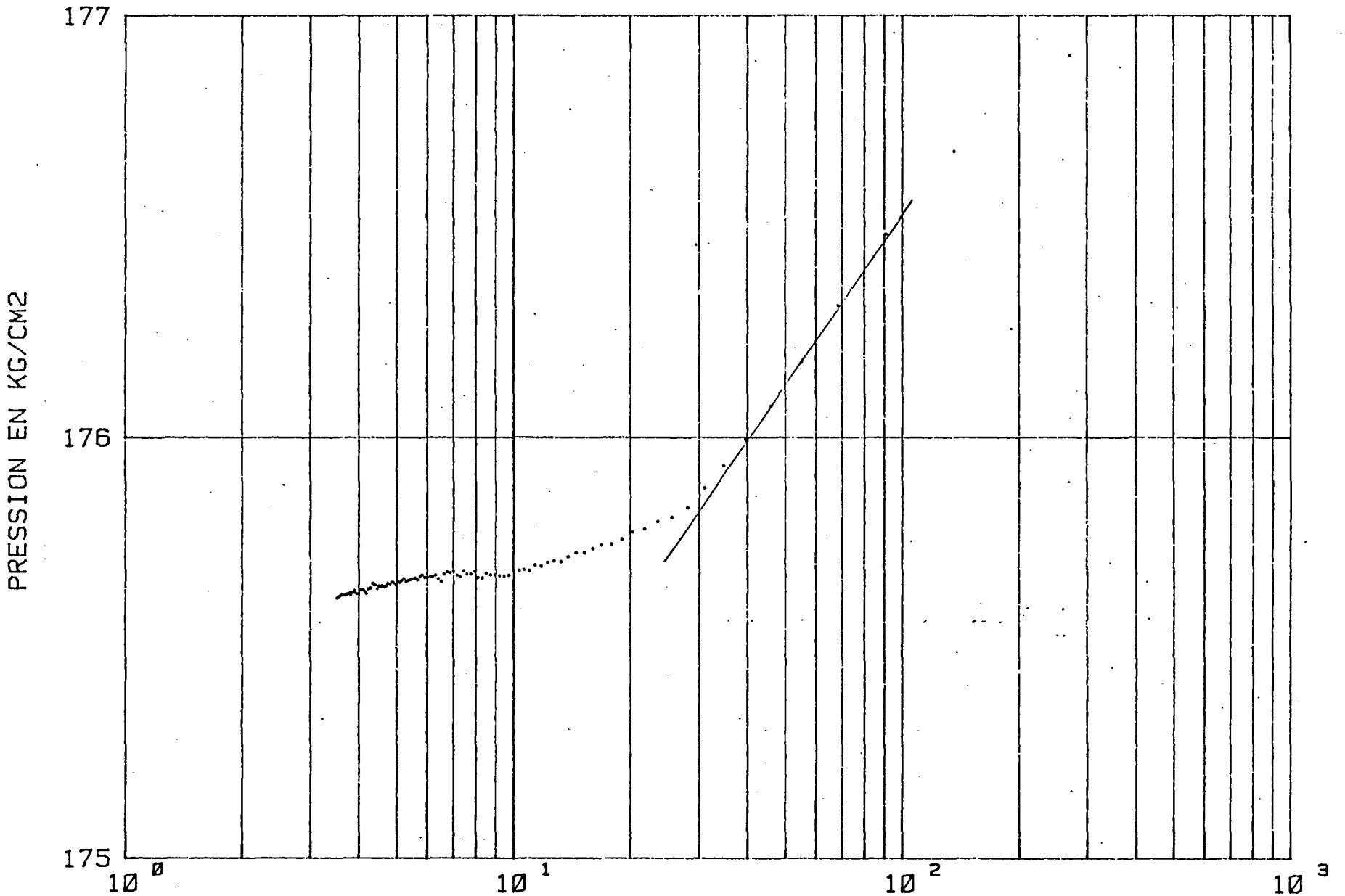


FIGURE 6 - (TP+DT)/DT
FALL OFF TEST - LA COURNEUVE NORD GLCN1
CHUTE DE PRESSION APRES INJECTION

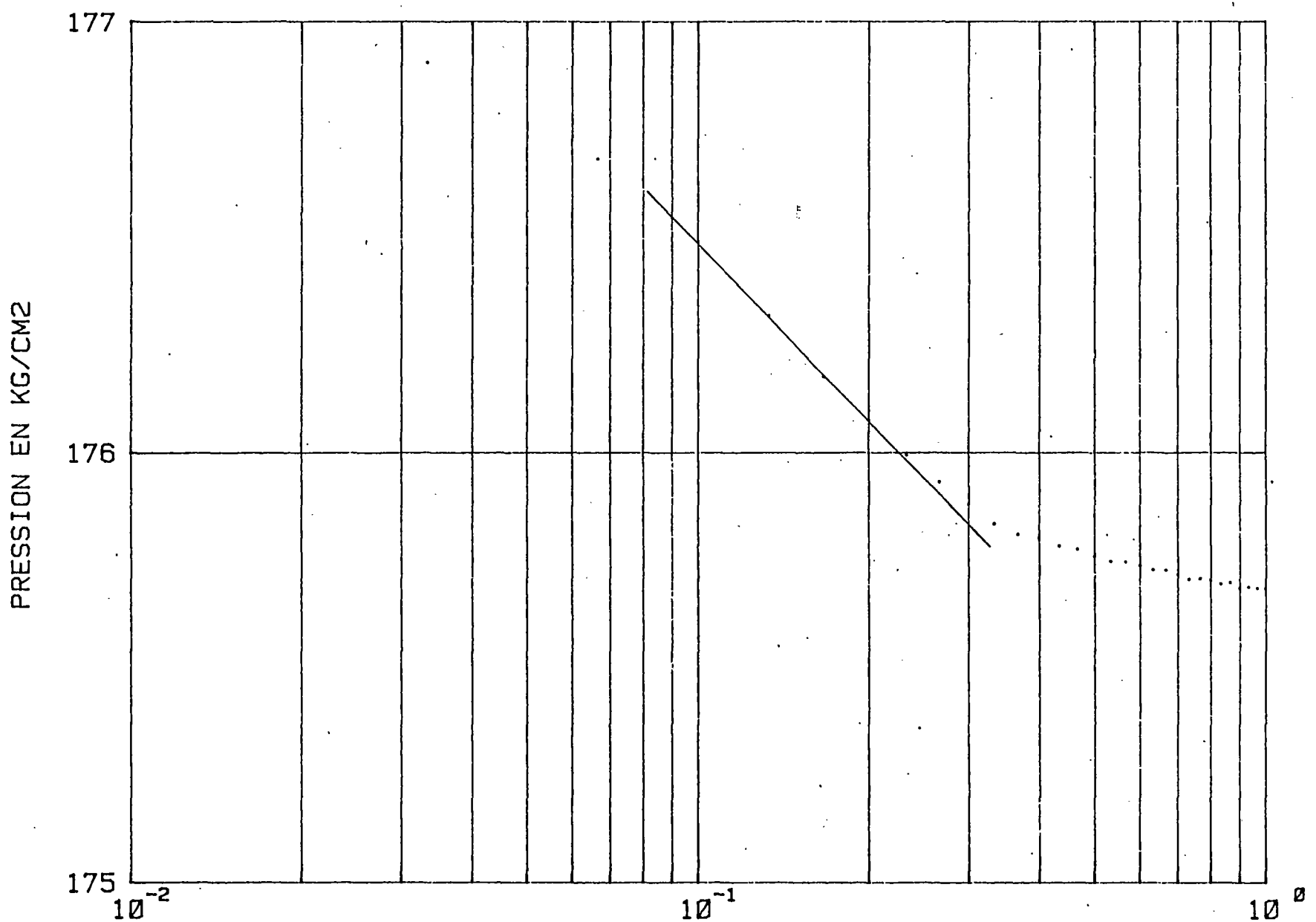


FIGURE 7 - DT EN HEURES
FALL OFF TEST - LA COURNEUVE NORD GLCN1
CHUTE DE PRESSION APRES INJECTION

B) PUITS GLCN 2

I - RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES.

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production artésienne montre un réservoir de bonne transmissivite (de l'ordre de 19 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif).

Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 2028.5 m et 2076 m dev.
Hauteur productrice	h = 24.5 m deviés (16.9 m vert.)
Porosité moyenne	ϕ = 16 %
Température stabilisée à 1980 m dev. au debit moyen de 115 m3/h	Tf = 58.4 C
Viscosité moyenne de l'eau	μ = 0.50 cp
Salinité moyenne (prévision)	= 25 g/l
Compressibilité totale	$C_t = 10^{-4}$ $^{-1}$ atm
Pression artésienne mesurée (fin de build up)	Par = 8.2 bars (potentielle)
Pression statique extrapolée	Pe = 175.08 kg/cm (à 1980 m dev.)

Paramètres moyens :

Transmissivité relative	kh/μ	= 38 D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh	= 19 D.m
Perméabilite intrinsèque	k	= 1.12 D
Facteur de skin	S	= - 4.86

II - INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 10/04/1982

Le test de formation a été réalisé le 10/04/82 après les travaux de développement de l'ouvrage. Il se compose d'une période de production a débit constant (artésien), suivi d'une remontée de pression après fermeture. L'enregistrement utilisé pour l'interprétation concerne cette dernière période, il est obtenu a l'aide d'une sonde de précision positionnée sensiblement au toit du réservoir.

II.1 - CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage . (10/04/82)..... t = 09.00.00
- arrêt du pompage . (10/04/82)..... t = 18.48.00
- durée du pompage ..... tp = 09 h 48 m
- fin de remontée de pression . (11/04/82).... t = 09.30.00
- débit nominal moyen ..... Q = 115 m3/h
- température à 1980 m dévié au débit nominal .. Tf = 58.4 C (température de mélange durant la production)
- position de la sonde TP ..... 1980 m dev.
- rayon du forage dans le réservoir ..... 7.62 cm

Remarques :

Le forage GLCN2 est un ouvrage dévié avec un angle de déviation élevé (pénétration dans le réservoir a 46.5 degrés). Dans ce cas, les courbes représentatives de l'évolution de la pression au cours des essais présentent une allure particulière, caractéristique d'un schéma d'écoulement évolutif autour du forage. On distingue tout d'abord une premiere période (non radiale) fournissant le facteur de skin propre et unne perméabilite apparente, puis une seconde periode donnant accés a la perméabilite moyenne du réservoir et au facteur de skin global incluant l'effet de déviation (augmentation de l'indice de productivité).

II.2 - INTERPRETATION DE L'ESSAI :

II.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 = 16.9 m vertical
porosité moyenne Ø = 16 %

II.2.2 - Salinité moyenne :

La salinité prévisionnelle est de 25 g/l.

II.2.3 - Compressibilité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 2028.5 et 2076 m dev. la compressibilité est évaluée à la profondeur moyenne de 2050 m.
D'après les abaques de Dodson et Standing, la compressibilité de l'eau est estimée à :

$$C_w = 4.15\ 10^{-5}\ \text{atm}^{-1}$$

pour une pression de confinement de 171 atm et une température de 58.4 C .

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

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

d'où la compressibilité totale :

$$C_t = 9.65\ 10^{-5} \# 10^{-4}\ \text{atm}^{-1}$$

II.2.4 - Viscosité de l'eau de la formation :

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

$$u = 0.50\ \text{cp}$$

II.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 TP en place à 1980 m dev.

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).

Point de coincidence des graphiques :

$dP = 1$ kg/cm2 $\qquad Pd = 1$

$dt = 1$ h $\qquad tD/CD = 1150$

$CD.\exp(2S) = 10$

Transmissivité

$$PD = \frac{2.\pi.kh.dP}{Q.\mu} \qquad \text{d'où} \qquad \frac{kh}{\mu} = \frac{Pd.Q}{2\pi.dP}$$

$$\frac{kh}{\mu} = 5253\ D.cm/cp$$

avec $\mu = 0.50$ cp $\qquad kh = 26.27$ D.m

et $h = 16.9$ m $\qquad k = 1.55$ D

Facteur de skin :

$$C = 2.\pi \frac{kh}{\mu} \frac{dt}{\frac{tD}{CD}} = 1.033\ 10^{5}\ cm3/atm$$

$$CD = \frac{C}{2\pi . \phi . Ct . h . rw^2} = 10472$$

et avec $S = 0.5 \, Ln \, (CD . \exp(2S)/CD)$

il vient $S = -3.47$

b/ - Méthode de HORNER :

Le report de la figure 2 représente la variation de la pression de fermeture Pws en fonction de la variable (tp+dt)/dt ou tp est la durée de production, et dt le temps écoulé depuis l'arrêt du pompage .

Transmissivité :

La pente moyenne de la droite vaut :

$m = 1.40$ kg/cm2/décade

or ou

$$\frac{kh}{\mu} = \frac{0.183 \, Q}{m} = 3771 \, D.cm/cp$$

$kh = 18.85 \, D.m$

et avec $h = 16.9$ m $k = 1.115$ D.

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul : P(1h) = 173.36 kg/cm2

$$S = 1.15 \left[\frac{dP(1h)}{m} - \text{Log} \left(\frac{k}{O.u.Ct.rw^2} \right) - 3.9077 \right]$$

soit $S = -4.86$

Cette dernière valeur de S traduit l'effet de skin global de l'ouvrage. L'augmentation de -1.4 constatée par rapport à la valeur précédente (-3.47) représente l'effet de skin due à la déviation de l'ouvrage (46.5 deg.).

Pression statique extrapolée :

P* = 175.08 kg/cm2 abs. à 1980 m dev.
(1636.5 m ver.)

c/ - Méthode de MILLER-DYES-HUTCHINSON

Pour les faibles valeurs de la durée de fermeture dt, la pression Pws est reportée en fonction de Log (dt) à la figure 9.

Transmissivité :

Pente moyenne m = 1.166 kg/cm2/décade

d'où $\frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m} = 5180$ D. cm/cp

kh = 25.90 D. m

k = 1.53 D avec h = 16.9 m

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul P(1h) = 173.55 kg/cm2

il vient :

S = - 4.66

III - TEST COMPLEMENTAIRE

Afin de controler le comportement du forage dans son mode d'exploitation, il a été procédé à un test d'interférence

Durant cet essai, la sonde de mesure est demeurée à la cote 1980 m dev iés.

III.1 - TEST D'INTERFERENCE

Au cours de cet essai, un débit de 131 m3/h a été prélevé dans le forage GLCN1 pendant environ 9 heures. L'enregistrement de la pression de fond en GLCN2 permet de controler l'apparition de l'interference hydraulique et par conséquent la continuité hydraulique du réservoir.

a/ Caractéristiques de l'essai :

- Début de l'essai (11/04/82)..... t=09.30.00
- Arrêt de l'essai (11/04/82)..... t=18.30.00
- Durée de l'essai..... t= 9 h
- Débit nominal moyen..... Q=131 m3/h
- Position de la sonde TP..... 1980 m dev.

b/ Résultats de l'interprétation :

Le report des points expérimentaux en diagramme Log-Log se trouve sur la figure 4. L'apparition de l'interférence sur le forage GLCN2 se situe vers 10 h 44 ' d'après l'enregistrement de la sonde de pression soit 1 h 14' après le début du prélevement. Les paramètres obtenus après interprétation sont les suivants.

- Transmissivité relative 7232 D. cm/cp
- Transmissivité intrinsèque 36.16 D. m
- Perméabilité intrinsèque 1.63 . D

en prenant une hauteur moyenne de réservoir entre GLCN1 et GLCN2 égale à (16.9 + 27.5) / 2 = 22.2 m

IV - CONCLUSIONS

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production artésienne montre un réservoir de bonne transmissivité (de l'ordre de 19 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif voisin de - 4.9).

Le test d'interférence complémentaire confirme les valeurs des paramètres hydrodydamiques préalablement obtenus, ainsi que la symétrie du comportement du réservoir, dans les conditions de l'essai

TABLEAU RECAPITULATIF

Niveaux producteurs	entre 2028.5 m et 2076 m dev.
Hauteur productrice	h = 24.5 m dev. soit 16.9 vert.
Porosité moyenne	Ø = 16 %
Température stabilisée a 1980 m au débit de 115 m3/h	Tf = 58.4 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.50 cp
Salinité moyenne	= 25 g/l
Compressibilité totale	Ct # 10^{-4} atm^{-1}
Pression artésienne mesurée	Par = 8.2 bars (potentielle)
Pression statique extrapolée	Pe = 175.08 kg/cm2 abs. (1980 m) (deviés)

		retenu	d'après Log-Log	Horner	MDH	interf.	
Transmissivité relative	kh/u	38	(52.58)	37.71	(51.80)	72.02	D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh	19	(26.27)	18.85	(25.90)	36.16	D.m
Permeabilité intrinsèque	k	1.12	(1.53)	1.115	(1.53)	1.63	D
Facteur de Skin	S	-4.86	(-3.47)	-4.86	(4.66)		

Remarque : Les valeurs entre parenthèses traduisent le comportement apparent (effet de déviation) durant les premiers instants, et ne sont pas représentatives du comportement global a considérer.

V - ANNEXES

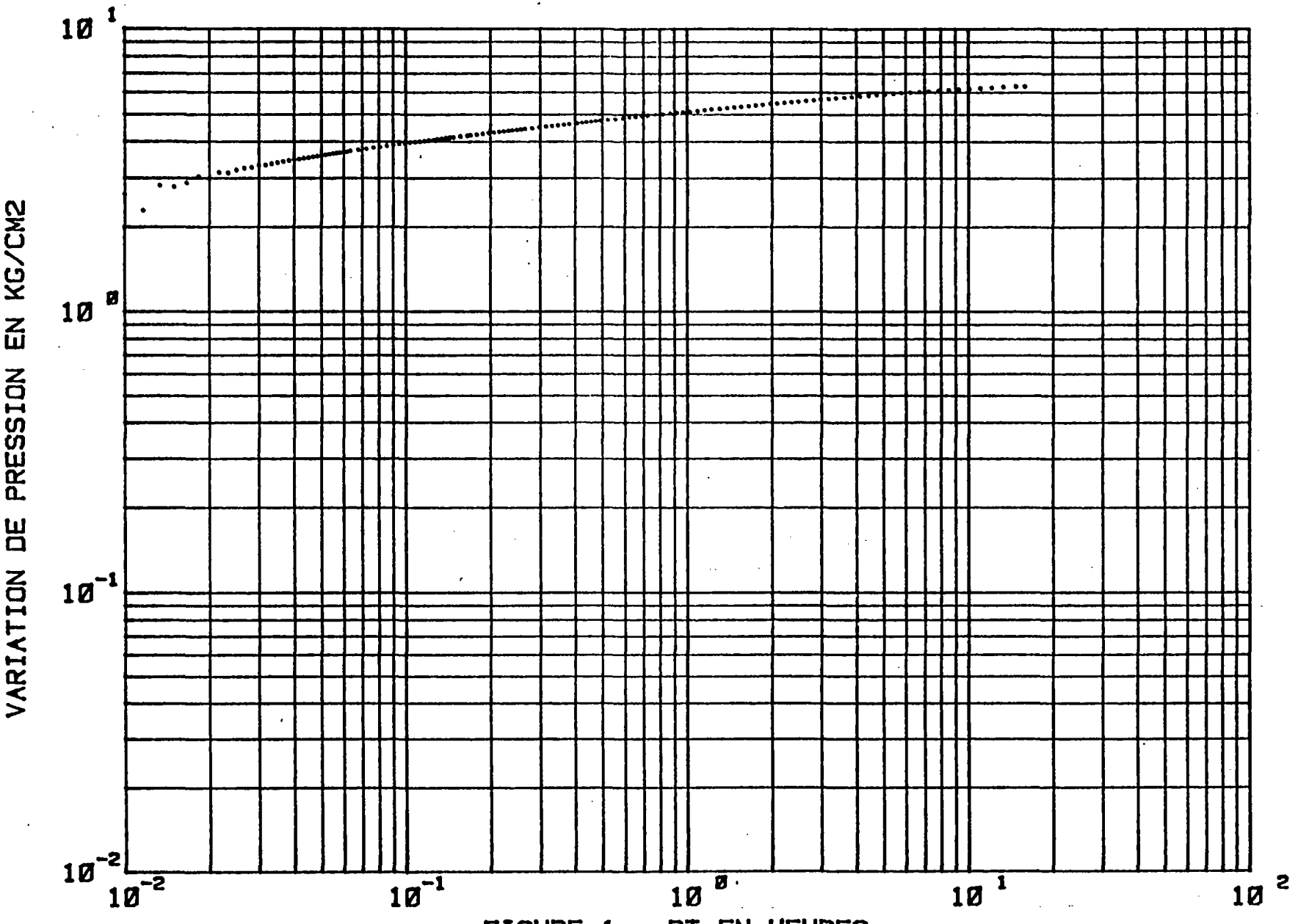


FIGURE 1 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION-LA COURNEUVE NORD GLCN2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME LOG-LOG

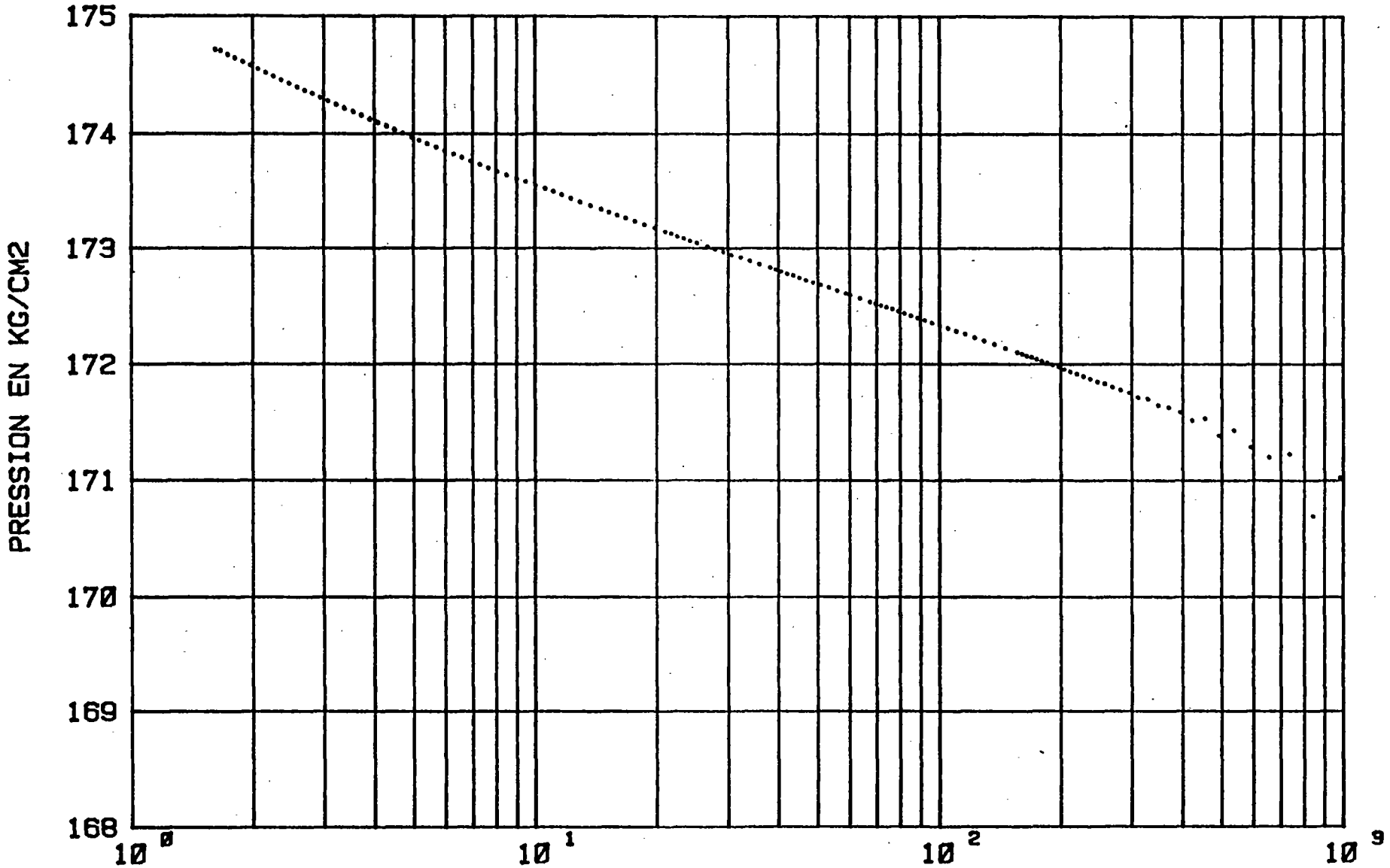


FIGURE 2 - (TP+DT)/DT
TEST DE FORMATION-LA COURNEUVE NORD GLCN2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME DE HORNER

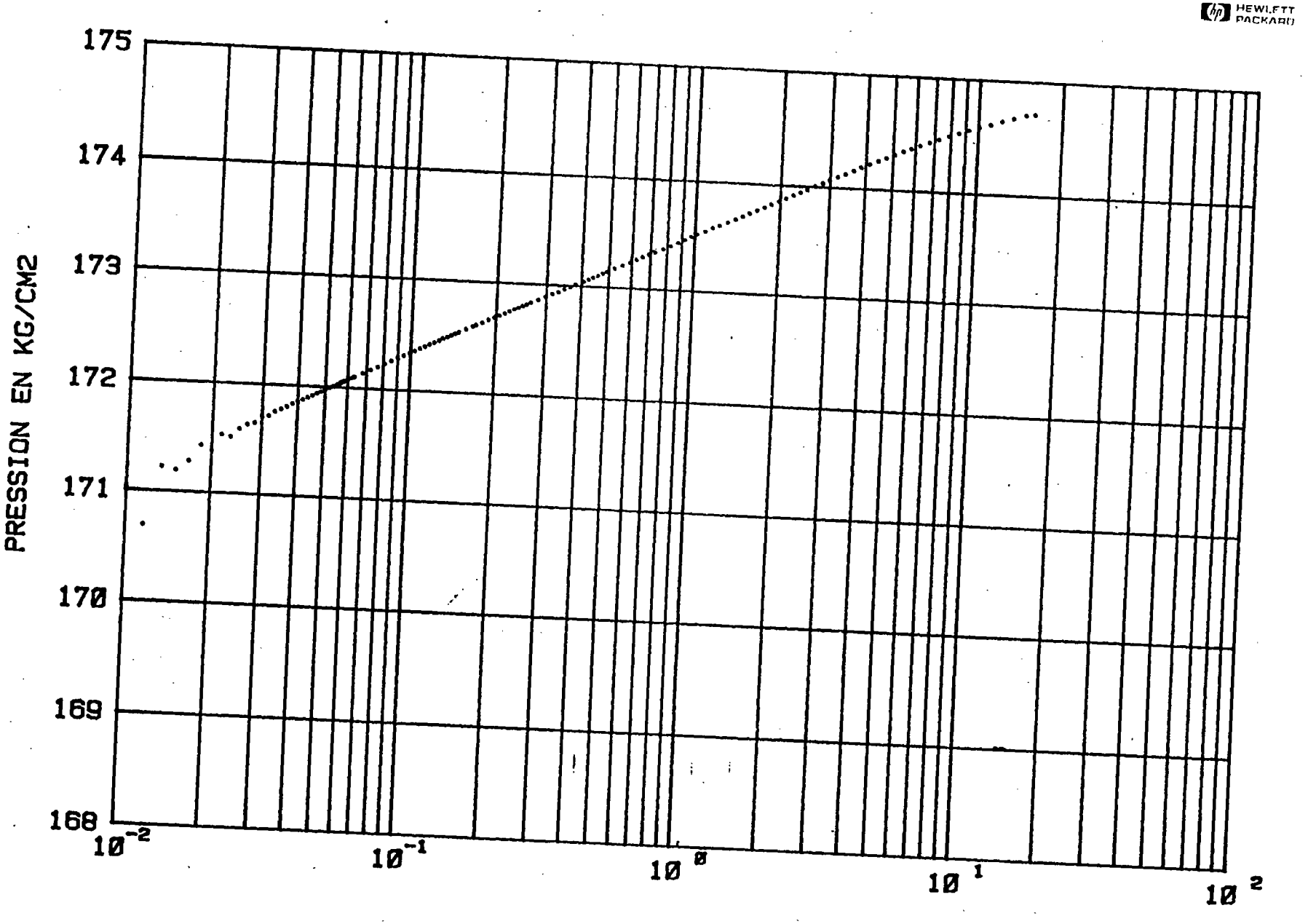


FIGURE 3 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION-LA COURNEUVE NORD GLCN2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME MDH

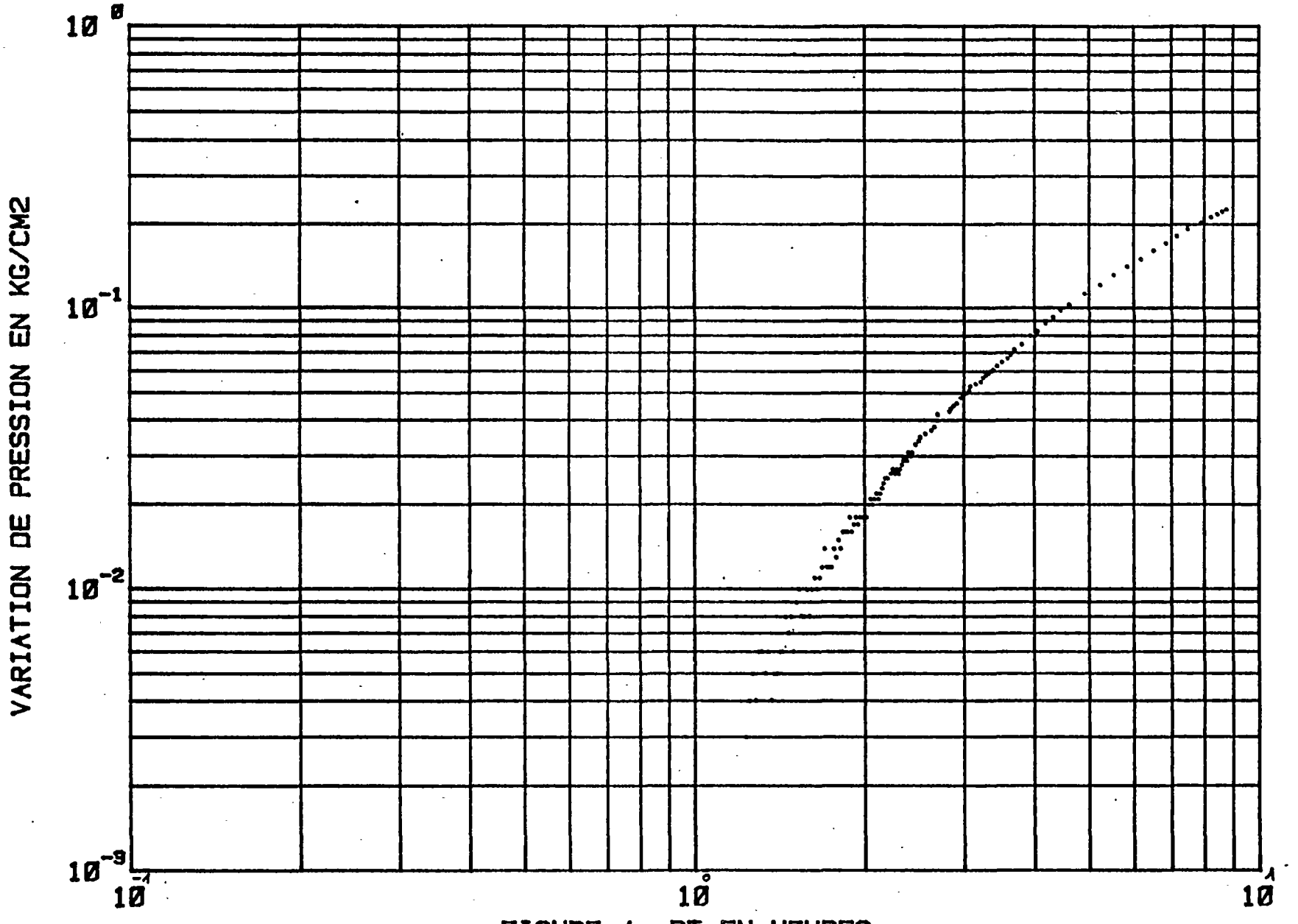


FIGURE 4 -DT EN HEURES
TEST D'INTERFERENCE-LA COURNEUVE NORD GLCN2
EFFET DE GLCN1 - DIAGRAMME LOG-LOG

LA COURNEUVE NORD GLCN2

REMONTEE DE PRESSION Du 10/04/82

DUREE DE PRODUCTION = 9.800 Heures

Pwfo ..... = 168.391 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
1	18.47.35	.00167	.012	5079.744	168.403
2	18.47.41	.00333	.028	2940.372	168.419
3	18.47.47	.00500	.059	1960.581	168.450
4	18.47.53	.00667	.166	1470.686	168.557
5	18.47.59	.00833	.854	1177.018	169.245
6	18.48. 5	.01000	2.689	980.970	171.080
7	18.48.11	.01167	2.302	840.956	170.693
8	18.48.17	.01333	2.837	735.948	171.228
9	18.48.23	.01500	2.804	654.277	171.195
10	18.48.29	.01667	2.895	589.009	171.286
11	18.48.35	.01833	3.044	535.542	171.435
12	18.48.41	.02000	2.973	490.989	171.364
13	18.48.47	.02167	3.146	453.291	171.537
14	18.48.53	.02333	3.127	420.979	171.518
15	18.48.59	.02500	3.200	393.006	171.591
16	18.49. 5	.02667	3.240	368.474	171.631
17	18.49.11	.02834	3.257	346.855	171.648
18	18.49.17	.03000	3.312	327.630	171.703
19	18.49.23	.03167	3.325	310.445	171.716
20	18.49.29	.03333	3.365	294.988	171.756
21	18.49.35	.03500	3.388	280.986	171.779
22	18.49.41	.03667	3.413	268.257	171.804
23	18.49.47	.03834	3.442	256.636	171.833
24	18.49.53	.04000	3.460	245.983	171.851
25	18.49.59	.04167	3.485	236.193	171.876
26	18.50. 5	.04333	3.505	227.145	171.896
27	18.50.11	.04500	3.526	218.768	171.917
28	18.50.17	.04667	3.546	210.989	171.937
29	18.50.23	.04834	3.565	203.747	171.956
30	18.50.29	.05000	3.584	196.996	171.975
31	18.50.35	.05167	3.602	190.672	171.993
32	18.50.41	.05334	3.619	184.744	172.010

LA COURNEUVE NORD GLCN2

REMONTEE DE PRESSION DU 10/04/82

DUREE DE PRODUCTION = 9.800 Heures

Pwfo ..... = 168.391 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
1	18. 47. 35	.00167	.012	5879.744	168.403
2	18. 47. 41	.00333	.020	2940.372	168.419
3	18. 47. 47	.00500	.059	1960.581	168.450
4	18. 47. 53	.00667	.166	1470.686	168.557
5	18 47. 59	.00833	.854	1177.018	169.245
6	18. 48. 5	.01000	2.639	980.976	171.030
7	18. 48. 11	.01167	2.302	840.958	170.693
8	18. 48. 17	.01333	2.837	735.948	171.228
9	18. 48 23	.01500	2.804	654.277	171.195
10	18. 48. 29	.01667	2.895	589.009	171.286
11	18. 48. 35	.01833	3.044	535.542	171.435
12	18. 48. 41	.02000	2.993	490.989	171.384
13	18. 48. 47	.02167	3.146	453.291	171.537
14	18. 48. 53	.02333	3.127	420.979	171.518
15	18. 48. 59	.02500	3.200	393.006	171.591
16	18. 49. 5	.02667	3.240	368.474	171.631
17	18. 49. 11	.02834	3.257	346.855	171.648
18	18. 49. 17	.03000	3.312	327.638	171.703
19	18. 49. 23	.03167	3.325	310.445	171.716
20	18. 49. 29	.03333	3.365	294.988	171.756
21	18. 49. 35	.03500	3.388	280.986	171.779
22	18. 49. 41	.03667	3.413	268.257	171.804
23	18. 49. 47	.03834	3.442	256.636	171.833
24	18. 49. 53	.04000	3.460	245.983	171.851
25	18. 49. 59	.04167	3.485	236.193	171.876
26	18. 50. 5	.04333	3.505	227.145	171.896
27	18. 50. 11	.04500	3.526	218.768	171.917
28	18. 50. 17	.04667	3.546	210.989	171.937
29	18. 50. 23	.04834	3.565	203.747	171.956
30	18. 50. 29	.05000	3.584	196.996	171.975
31	18. 50. 35	.05167	3.602	190.672	171.993
32	18. 50. 41	.05334	3.619	184.744	172.010

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
33	18. 50. 47	. 05500	3. 636	179. 175	172. 027
34	18. 50. 53	. 05667	3. 653	173. 933	172. 044
35	18. 50. 59	. 05833	3. 668	168. 997	172. 059
36	18. 51. 5	. 06000	3. 683	164. 330	172. 074
37	18. 51. 11	. 06167	3. 698	159. 914	172. 089
38	18. 51. 17	. 06334	3. 712	155. 732	172. 103
39	18. 51. 33	. 06778	3. 747	145. 586	172. 138
40	18. 51. 49	. 07222	3. 781	136. 690	172. 172
41	18. 52. 5	. 07667	3. 812	128. 824	172. 203
42	18. 52. 21	. 08111	3. 841	121. 821	172. 232
43	18. 52. 37	. 08556	3. 869	115. 542	172. 260
44	18. 52. 53	. 09000	3. 896	109. 886	172. 287
45	18. 53. 9	. 09445	3. 920	104. 763	172. 311
46	18. 53. 25	. 09889	3. 943	100. 100	172. 334
47	18. 53. 41	. 10333	3. 966	95. 838	172. 357
48	18. 53. 57	. 10778	3. 987	91. 927	172. 378
49	18. 54. 13	. 11222	4. 008	88. 326	172. 399
50	18. 54. 29	. 11667	4. 027	85. 000	172. 418
51	18. 54. 45	. 12111	4. 046	81. 916	172. 437
52	18. 55. 1	. 12556	4. 064	79. 052	172. 455
53	18. 55. 17	. 13000	4. 083	76. 384	172. 474
54	18. 55. 33	. 13445	4. 099	73. 892	172. 490
55	18. 55. 49	. 13889	4. 115	71. 560	172. 506
56	18. 56. 5	. 14333	4. 132	69. 372	172. 523
57	18. 56. 21	. 14778	4. 147	67. 316	172. 538
58	18. 56. 38	. 15267	4. 176	63. 553	172. 567
59	18. 57. 25	. 16556	4. 203	60. 194	172. 594
60	18. 57. 41	. 17000	4. 217	58. 646	172. 608
61	18. 58. 13	. 17907	4. 242	55. 702	172. 633
62	18. 58. 45	. 18778	4. 270	53. 169	172. 661
63	18. 59. 17	. 19667	4. 291	50. 880	172. 682
64	18. 59. 49	. 20556	4. 312	48. 675	172. 703
65	19. 0. 21	. 21445	4. 335	46. 699	172. 726
66	19. 0. 51	. 22278	4. 353	44. 990	172. 744
67	19. 1. 21	. 23111	4. 373	43. 404	172. 764
68	19. 1. 51	. 23944	4. 389	41. 928	172. 780
69	19. 2. 21	. 24778	4. 407	40. 552	172. 798
70	19. 2. 51	. 25611	4. 423	39. 265	172. 814
71	19. 3. 21	. 26444	4. 441	38. 059	172. 832
72	19. 4. 21	. 28111	4. 470	35. 861	172. 861
73	19. 5. 21	. 29778	4. 499	33. 910	172. 890
74	19. 6. 21	. 31445	4. 528	32. 166	172. 919
75	19. 7. 21	. 33111	4. 552	30. 597	172. 943
76	19. 8. 21	. 34778	4. 576	29. 179	172. 967

no ou point	t (heures)	ot (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
121	23. 12. 51	4. 42278	5. 861	3. 216	174. 252
122	23. 30. 51	4. 72278	5. 891	3. 075	174. 282
123	23. 50. 51	5. 05611	5. 922	2. 938	174. 313
124	0. 12. 51	5. 42278	5. 952	2. 807	174. 343
125	0. 34. 51	5. 78945	5. 982	2. 693	174. 373
126	1. 0. 51	6. 22278	6. 012	2. 575	174. 403
127	1. 30. 51	6. 72278	6. 044	2. 458	174. 435
128	2. 2. 51	7. 25611	6. 074	2. 351	174. 465
129	2. 38. 51	7. 85611	6. 105	2. 247	174. 496
130	3. 18. 51	8. 52278	6. 137	2. 150	174. 528
131	4. 2. 51	9. 25611	6. 167	2. 059	174. 558
132	4. 52. 51	10. 08945	6. 197	1. 971	174. 588
133	5. 50. 51	11. 05611	6. 228	1. 886	174. 619
134	6. 56. 51	12. 15611	6. 258	1. 806	174. 649
135	8. 8. 51	13. 35611	6. 289	1. 734	174. 680
136	9. 34. 51	14. 78945	6. 319	1. 663	174. 710
137	10. 45. 51	15. 99945	6. 329	1. 615	174. 720

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	tp+dt / dt	p (kg/cm2)
77	19. 9.21	.36444	4.600	27.890	172.991
78	19.10.21	.38111	4.624	26.714	173.015
79	19.11.51	.40611	4.656	25.131	173.047
80	19.12.51	.42278	4.673	24.180	173.064
81	19.13.51	.43945	4.695	23.301	173.086
82	19.14.51	.45611	4.712	22.486	173.103
83	19.15.51	.47278	4.735	21.729	173.126
84	19.16.51	.48944	4.753	21.023	173.144
85	19.18.51	.52278	4.786	19.746	173.177
86	19.20.51	.55611	4.817	18.622	173.208
87	19.22.51	.58945	4.846	17.626	173.237
88	19.24.51	.62278	4.876	16.736	173.267
89	19.26.51	.65611	4.901	15.937	173.292
90	19.28.51	.68945	4.927	15.214	173.318
91	19.30.51	.72278	4.952	14.559	173.343
92	19.33.51	.77278	4.985	13.682	173.376
93	19.36.51	.82278	5.016	12.911	173.407
94	19.39.51	.87278	5.047	12.229	173.438
95	19.42.51	.92278	5.077	11.620	173.468
96	19.45.51	.97278	5.103	11.074	173.494
97	19.48.51	1.02278	5.130	10.582	173.521
98	19.52.51	1.08945	5.166	9.995	173.551
99	19.56.51	1.15611	5.192	9.477	173.583
100	20. 0.51	1.22278	5.222	9.015	173.613
101	20. 5.51	1.30611	5.255	8.503	173.646
102	20.10.51	1.38944	5.284	8.053	173.675
103	20.15.51	1.47278	5.315	7.654	173.706
104	20.20.51	1.55611	5.343	7.298	173.734
105	20.26.51	1.65611	5.375	6.917	173.766
106	20.32.51	1.75611	5.404	6.581	173.795
107	20.38.51	1.85611	5.435	6.280	173.826
108	20.45.51	1.97278	5.465	5.968	173.856
109	20.52.51	2.08945	5.495	5.690	173.886
110	21. 0.51	2.22278	5.526	5.409	173.917
111	21. 8.51	2.35611	5.555	5.159	173.946
112	21.16.51	2.48944	5.582	4.937	173.973
113	21.26.51	2.65611	5.615	4.690	174.006
114	21.36.51	2.82278	5.645	4.472	174.036
115	21.46.51	2.98944	5.673	4.278	174.064
116	21.58.51	3.18945	5.706	4.073	174.097
117	22.10.51	3.38944	5.735	3.891	174.126
118	22.24.51	3.62278	5.768	3.705	174.159
119	22.38.51	3.85611	5.797	3.541	174.188
120	22.54.51	4.12278	5.828	3.377	174.219

LA COURNEUVE NORD GLON2

RABATTEMENT EN DEBIT DU 11/04/8

Pwso = 174.720 kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
1	10.43.51	1.23083	0.000	174.720
2	10.44.51	1.24750	.001	174.719
3	10.45.51	1.26417	.002	174.718
4	10.46.51	1.28083	.001	174.719
5	10.47.51	1.29750	.003	174.717
6	10.48.51	1.31417	.003	174.717
7	10.49.51	1.33083	.002	174.718
8	10.50.51	1.34750	.003	174.717
9	10.51.51	1.36417	.001	174.719
10	10.52.51	1.38083	.002	174.718
11	10.53.51	1.39750	.002	174.718
12	10.54.51	1.41417	.003	174.717
13	10.55.51	1.43083	.003	174.717
14	10.56.51	1.44750	.005	174.715
15	10.57.51	1.46417	.004	174.716
16	10.58.51	1.48083	.005	174.715
17	10.59.51	1.49750	.003	174.717
18	11. 0.51	1.51417	.006	174.714
19	11. 1.51	1.53083	.007	174.713
20	11. 2.51	1.54750	.005	174.715
21	11. 3.51	1.56417	.005	174.715
22	11. 4.51	1.58083	.007	174.713
23	11. 5.51	1.59750	.005	174.715
24	11. 6.51	1.61417	.007	174.713
25	11. 7.51	1.63083	.008	174.712
26	11. 8.51	1.64750	.007	174.713
27	11. 9.51	1.66417	.008	174.712
28	11.10.51	1.68083	.009	174.711
29	11.11.51	1.69750	.011	174.709
30	11.12.51	1.71417	.009	174.711
31	11.13.51	1.73083	.009	174.711
32	11.14.51	1.74750	.009	174.711

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
33	11. 15. 51	1. 76417	. 011	174. 709
34	11. 16. 51	1. 78083	. 010	174. 710
35	11. 17. 51	1. 79750	. 012	174. 708
36	11. 18. 51	1. 81417	. 011	174. 709
37	11. 19. 51	1. 83083	. 013	174. 707
38	11. 20. 51	1. 84750	. 013	174. 707
39	11. 21. 51	1. 86417	. 013	174. 707
40	11. 22. 51	1. 88083	. 015	174. 705
41	11. 23. 51	1. 89750	. 013	174. 707
42	11. 24. 51	1. 91417	. 014	174. 706
43	11. 25. 51	1. 93083	. 015	174. 705
44	11. 26. 51	1. 94750	. 014	174. 706
45	11. 27. 51	1. 96417	. 015	174. 705
46	11. 28. 51	1. 98083	. 015	174. 705
47	11. 29. 51	1. 99750	. 015	174. 705
48	11. 30. 51	2. 01417	. 015	174. 705
49	11. 31. 51	2. 03083	. 017	174. 703
50	11. 32. 51	2. 04750	. 018	174. 702
51	11. 33. 51	2. 06417	. 017	174. 703
52	11. 34. 51	2. 08083	. 018	174. 702
53	11. 35. 51	2. 09750	. 019	174 701
54	11. 36. 51	2. 11417	. 018	174. 702
55	11. 37. 51	2. 13083	. 019	174. 701
56	11. 38. 51	2. 14750	. 020	174. 700
57	11. 39. 51	2. 16417	. 021	174. 699
58	11. 40. 51	2. 18083	. 022	174. 698
59	11. 41. 51	2. 19750	. 022	174. 698
60	11. 43. 51	2. 23083	. 023	174. 697
61	11. 44. 51	2. 24750	. 024	174. 696
62	11. 45. 51	2. 26417	. 023	174. 697
63	11. 46. 51	2. 28083	. 024	174. 696
64	11. 47. 51	2. 29750	. 023	174. 697
65	11. 48. 51	2. 31417	. 024	174. 696
66	11. 49. 51	2. 33083	. 025	174. 695
67	11. 50. 51	2. 34750	. 026	174. 694
68	11. 51. 51	2. 36417	. 026	174. 694
69	11. 52. 51	2. 38083	. 026	174. 694
70	11. 53. 51	2. 39750	. 028	174. 692
71	11. 54. 51	2. 41417	. 027	174. 693
72	11. 55. 51	2. 43083	. 028	174. 692
73	11. 57. 51	2. 46417	. 030	174. 690
74	11. 59. 51	2. 49750	. 031	174. 689
75	12. 0. 51	2. 51417	. 032	174. 688
76	12. 3. 51	2. 56417	. 033	174. 687

no ou point	t (heures)	ot (heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
77	12. 7.51	2.63083	.034	174.686
78	12. 9.51	2.66417	.035	174.685
79	12.11.51	2.69750	.037	174.683
80	12.11.51	2.69750	.039	174.681
81	12.19.51	2.83083	.040	174.680
82	12.20.51	2.84750	.041	174.679
83	12.22.51	2.88083	.042	174.678
84	12.24.51	2.91417	.043	174.677
85	12.27.51	2.96417	.045	174.675
86	12.29.51	2.99750	.046	174.674
87	12.31.51	3.03083	.047	174.673
88	12.33.51	3.06417	.048	174.672
89	12.34.51	3.08083	.050	174.670
90	12.38.51	3.14750	.051	174.669
91	12.42.51	3.21417	.052	174.668
92	12.44.51	3.24750	.054	174.666
93	12.46.51	3.28083	.055	174.665
94	12.48.51	3.31417	.056	174.664
95	12.50.51	3.34750	.057	174.663
96	12.52.51	3.38083	.058	174.662
97	12.55.51	3.43083	.060	174.660
98	12.58.51	3.49750	.062	174.658
99	13. 4.51	3.59083	.064	174.656
100	13. 7.51	3.63083	.066	174.654
101	13.10.51	3.68083	.069	174.651
102	13.17.51	3.79750	.072	174.648
103	13.25.51	3.93083	.077	174.643
104	13.32.51	4.04750	.080	174.640
105	13.40.51	4.18083	.085	174.635
106	13.48.51	4.31417	.090	174.630
107	13.56.51	4.44750	.095	174.625
108	14. 6.51	4.61417	.100	174.620
109	14.24.51	4.91417	.110	174.610
110	14.43.51	5.23083	.119	174.601
111	15. 1.51	5.53083	.130	174.590
112	15.20.51	5.84750	.140	174.580
113	15.40.51	6.18083	.149	174.571
114	16. 0.51	6.51417	.160	174.560
115	16.20.51	6.84750	.170	174.550
116	16.39.51	7.16417	.180	174.540
117	16.58.51	7.48083	.190	174.530
118	17.24.51	7.91417	.200	174.520
119	17.42.51	8.21417	.210	174.510
120	17.56.51	8.44750	.215	174.505

no de point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
121	18. 5.51	8.59750	.220	174.500
122	18.14.51	8.74750	.224	174.496

C) Prévision des Pressions de Pompage et des Puissances Consommées

LA COURNEUVE NORD

PREVISION DES PRESSIONS DE POMPAGE ET DES PUISSANCES CONSOMMEES

Les pressions de pompage sont calculées pour une installation fonctionnant en boucle avec un puits de pompage et un puits de réinjection opérant à même débit. Les données utilisées sont issues des résultats des essais sur les forages GLCN1 et GLCN2.

I - CARACTERISTIQUES DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

I.1 - PARAMETRES DU RESERVOIR

Les caractéristiques moyennes retenues sont les suivantes :

Hauteur productive	27.5	m	(GLCN1)
	16.9	m	(GLCN2)
Porosité moyenne	15.5	%	
Transmissivité intrinsèque	28	D.m	(GLCN1)
	19	D.m	(GLCN2)
Permeabilité intrinsèque	1.02	D	(GLCN1)
	1.12	D	(GLCN2)
Température moyenne du réservoir	56.6	C	(GLCN1)
	58.4	C	(GLCN2)
Viscosité	0.50	cp	
Pression artésienne potentielle	9.7	kg/cm2	

I.2 - DISTANCE ENTRE OUVRAGES

Conformément au programme d'opération la distance entre les puits au niveau du réservoir est prise égale à 910 m(toit).

I.3 - CARACTERISTIQUES PARTICULIERES DES FORAGES

Puits de production :

Tubage 7 " jusqu'à 1989 m (simplification)

Réservoir 6 " ; facteur de skin : -4.8

Puits de réinjection :

Tubage 7 " jusqu'à 1648 m

Réservoir 6 " ; facteur de skin : - 3.8

II - RELATIONS UTILISEES POUR LES CALCULS

II.1 - VARIATION DE PRESSION HYDRODYNAMIQUE dPh

Puits de production :

$$dPh = \frac{Q.uo}{2\pi kh}\left[\text{Ln}\frac{D}{rw} + S\right] \quad \text{(atm)}$$

Puits de réinjection :

Le calcul est effectué pour t = 7 mois avec prise en compte de l'effet pariétal thermique (influence de la viscosité plus élevée dans la zone envahie par les eaux de réinjection).

II. 2 - PERTES DE CHARGE DANS LES TUBAGES dPc

Relation utilisée :

$$dPc = 1.057\ 10^{7}\ \frac{u^{0.21}\ .\ Q^{1.79}}{di^{4.79}} \qquad (kg/cm2)$$

di = diamètre intérieur du casing

Par convention le calcul des pertes de charge dans la complétion est effectué pour un débit moyen égal à la moitié du débit nominal.

II. 3 - BILAN DES PRESSIONS

Les puits étant artésiens , les bilans des pressions sont les suivants :

Production : $Pd = dPh + dPc - dPap$

Injection : $Pd = dPh + dPc + dPas$

II. 4 - PUISSANCE ELECTRIQUE DE POMPAGE

La puissance électrique de pompage èst calculée par la relation :

$$Pe = Q\ .\ P\ .\ 4\ .\ 10^{-2} \qquad (kW)$$

III - BILAN DES PRESSIONS ET PUISSANCE ELECTRIQUE

III. 1. - PUITS DE PRODUCTION

Estimations après 7. mois d'exploitation à débit constant.

Q	100.	125.	150.	175.	200.	215.	230.	250.	m3/h
dPh	5. 5	6. 8	8. 2	9. 6	10. 9	11. 7	12. 6	13. 7	kg/cm2
dPc	2. 0	2. 9	4. 1	5. 4	6. 8	7. 8	8. 8	10. 2	kg/cm2
dPap	9. 7	9. 7	9. 7	9. 7	9. 7	9. 7	9. 7	9. 7	kg/cm2
Pd	-2. 3	. 1	2. 6	5. 2	8. 1	9. 8	11. 7	14. 2	kg/cm2
Pe	-9.	.	15.	37.	65.	85.	107.	142.	kW

III. 2 - PUITS D"INJECTION

III. 2. 1 - Température d"injection : 15. 00 C

Viscosité : 1. 19 cp

Estimations apres 7. mois d"exploitation à débit constant.

Q	100.	125.	150.	175.	200.	215.	230.	250.	m3/h
dPh	8. 4	10. 6	12. 9	15. 2	17. 5	18. 9	20. 3	22. 2	kg/cm2
dPc	2. 0	2. 9	4. 1	5. 3	6. 8	7. 7	8. 7	10. 1	kg/cm2
dPap	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	kg/cm2
Pd	18. 3	21. 5	24. 9	28. 5	32. 3	34. 6	37. 0	40. 3	kg/cm2
Pe	73.	108.	150.	200.	258.	298	341.	403.	kW

III. 2. 2 - Température d"injection : 20. 00 C

Viscosité : 1. 05 cp

Estimations après 7. mois d"exploitation à débit constant.

Q	100.	125.	150.	175.	200.	215.	230.	250.	m3/h
dPh	7. 6	9. 6	11. 7	13. 7	15. 8	17. 1	18. 3	20. 0	kg/cm2
dPc	1. 9	2. 9	4. 0	5. 2	6. 6	7. 5	8. 5	9. 9	kg/cm2
dPap	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	kg/cm2
Pd	17. 5	20. 5	23. 6	26. 9	30. 4	32. 6	34. 8	37. 9	kg/cm2
Pe	70.	102.	142.	188.	243.	280.	320.	379.	kW

III. 2. 3 - Température d"injection : 25. 00 C

Viscosité : .93 cp

Estimations après 7. mois d"exploitation à débit constant.

Q	100.	125.	150.	175.	200.	215.	230.	250.	m3/h
dPh	6. 9	8. 8	10. 6	12. 5	14. 3	15. 5	16. 6	18. 1	kg/cm2
dPc	1. 9	2. 8	3. 9	5. 1	6. 4	7. 3	8. 3	9. 6	kg/cm2
dPap	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	kg/cm2
Pd	16. 8	19. 5	22. 5	25. 5	28. 8	30. 8	32. 9	35. 7	kg/cm2
Pe	67.	98.	135.	179.	230.	265.	302.	357.	kW

III. 2. 4 - Température d"injection : 30. 00 C

Viscosité : .84 cp

Estimations après 7. mois d"exploitation à débit constant.

Q	100.	125.	150.	175.	200.	215.	230.	250.	m3/h
dPh	6. 4	8. 1	9. 8	11. 5	13. 2	14. 3	15. 3	16. 7	kg/cm2
dPc	1. 8	2. 7	3. 8	5. 0	6. 3	7. 2	8. 1	9. 4	kg/cm2
dPap	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	kg/cm2
Pd	16. 3	18. 8	21. 6	24. 5	27. 5	29. 5	31. 4	34. 1	kg/cm2
Pe	65.	94.	129.	171.	220.	253.	289.	341.	kW

III. 2. 5 - Température d"injection : 35. 00 C

Viscosité : .76 cp

Estimations après 7. mois d"exploitation à débit constant.

Q	100.	125.	150.	175.	200.	215.	230.	250.	m3/h
dPh	6. 0	7. 5	9. 1	10. 7	12. 3	13. 2	14. 2	15. 4	kg/cm2
dPc	1. 8	2. 7	3. 7	4. 9	6. 2	7. 0	7. 9	9. 2	kg/cm2
dPap	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	kg/cm2
Pd	15. 8	18. 2	20. 8	23. 5	26. 4	28. 3	30. 1	32. 7	kg/cm2
Pe	63.	91.	125.	165.	212.	243.	277.	327.	kW

III. 2. 6 - Température d"injection : 40. 00 C

Viscosité : .68 cp

Estimations après 7. mois d"exploitation à débit constant.

Q	100.	125.	150.	175.	200.	215.	230.	250.	m3/h
dPh	5. 5	7. 0	8. 4	9. 8	11. 3	12. 2	13. 0	14. 2	kg/cm2
dPc	1. 7	2. 6	3. 6	4. 8	6. 0	6. 9	7. 8	9. 0	kg/cm2
dPap	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	8. 0	kg/cm2
Pd	15. 3	17. 6	20. 0	22. 6	25. 3	27. 0	28. 8	31. 2	kg/cm2
Pe	61.	88.	120.	158.	203.	232.	265.	312.	kW

IV

RAPPORT GEOCHIMIQUE

LA COURNEUVE NORD

RAPPORT GÉOCHIMIQUE

Il a été réalisé un prélèvement de fond et des analyses sur le forage GLCN 2. Dans le but de vérifier et de compléter ces résultats, un prélèvement de surface et des analyses sur les forages GLCN 1 et GLCN 2 ont été effectués.

Les analyses chimiques du forage GLCN 1 ont confirmé celles effectuées sur le puits de production. Par la suite, les conclusions seront donc tirées à partir des résultats du forage GLCN 2 et seront généralisées à l'ensemble du réservoir du Dogger au droit de La Courneuve.

De plus, les résultats obtenus sur les forages de La Courneuve Sud sont de nature à confirmer globalement les résultats de La Courneuve Nord.

1. CHIMIE DE L'EAU GEOTHERMALE (voir planche 1)

1.1. Prélèvements

Le prélèvement de surface pour analyse détaillée a été effectué le 24/02/1982, le puits GLCN 1 produisant en débit artésien (144 m^3/h).

On peut donc considérer que les résultats n'ont pas été influencés par les opérations de forages et qu'ils sont représentatifs du réservoir (température de prélèvement : 54°C ; température de fond : 58,4°C).

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

Le prélèvement de fond réalisé sur le forage GLCN 2 a permis l'analyse chimique (analyse qualitative) du fluide géothermal au toit du réservoir.

1.2. Description de l'eau et des gaz

L'eau produite en surface était limpide et très faiblement gazeuse.

L'analyse chimique (planche 1) montre une eau moyennement chargée (22,8 g/l) essentiellement chlorurée sodique (20,4 g/l). Les autres espèces dominantes sont le calcium, les sulfates et les carbonates.

La phase gazeuse de cette eau est essentiellement constituée de gaz carbonique, d'azote et de méthane.

On notera la teneur en H_2S libéré à la pression atmosphérique (4,45 % molaire).

La composition de l'eau géothermale étudiée ici se révèle donc conforme à celle des eaux géothermales provenant du Dogger.

ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU GEOTHERMALE

(Forages GLCN 1 - 2)

Prélèvement fait le 24/02/82

- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

T. de fond : *58,4* pH : *6,75* Résistivité : (Ohm/cm) : *94 à 20°C*

Salinité totale (g/l) : *22,8*

Résidu Sec après 24 h à 110°C : Hydrocarbures totaux : *0,1 mg/kg*

Résidu Sec après 2 h à 550°C :

- ELEMENTS MAJEURS (concentrations en mg/l)

Cations : Ca : *800* Mg : *305* Na : *7 450* K : *112*

Anions : HCO_3 : *381* Cl : *13 000* SO_4 : *535* NH_4 : *23,1*

Complexes : SiO_2: *80*

- ELEMENTS EN TRACE (concentration en mg/l)

Ba : *⩽ 1* Li : *2,00* Rb : *⩽ 0,1* Sr : *70* B : *11,5*

Fe : *0,68* F : *2,2* S^{--} : *38* Mn : *0,14*

- GAZ PRODUIT A T = 58,4°C et 1 Atm PAR DEGAZAGE DE L'ECHANTILLON (concentration en % molaire)

CO_2 : *57,42* Ar : O_2 : N_2 : *29,76* CH_4 : *7,43*

C_2H_6 : *0,21* H_2S : *4,45*

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 (formations composées en majeure partie par des sels minéraux tels que NaCl, KCl).

- *les sulfates* proviennent du lessivage du gypse et de l'anhydrite (sulfates de calcium minéraux) ;

- *les sulfures* sont d'origine biogénique comme le montre l'analyse isotopique du soufre 34 (^{34}S) ;

- *le calcium, le magnésium et le strontium* proviennent du lessivage de minéraux carbonatés (calcite, dolomite, strontianite).

2. EVALUATION DES PROBLEMES LIES A L'EXPLOITATION DE L'EAU

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.

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_2S)

. H_2S libre dans la phse gazeuse (à P. atmos. et 20°C) ≃ $0,99.10^{-4}$ moles/l d'eau.

. H_2S dissous dans l'eau résiduelle < 10 ppm.

Ces résultats montrent que les problèmes de corrosion liés à la présence d'H_2S (fragilisation des métaux, etc...) pourront vraisemblablement se produire dans les installations de La Courneuve Nord (moyenne du Dogger du Bassin Parisien : $0,61.10^{-4}$ moles d'H_2S libéré/l d'eau) dans les conditions normales. Rappelons cependant que, si l'H_2S n'existe pas naturellement, il peut être le résultat d'une activité bactérienne comme il sera dit au paragraphe 2.13.

b) Oxygène (O_2)

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 naturellement, ce qui est le cas de La Courneuve Nord. 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 et exacerbée par l'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.

c) Dioxyde de carbone (CO_2)

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

Le tableau ci-après donne une comparaison de la teneur en CO_2 des eaux à La Courneuve Nord avec la teneur moyenne des eaux géothermiques du Dogger. Il est à noter que l'influence du taux de CO_2 se fait principalement sentir à la réinjection, un abaissement de température favorisant une redissolution du gaz.

RESERVOIR	DOGGER	
SITE	LA COURNEUVE NORD	MOYENNE
. CO_2 libre en % en volume des gaz à P. atm.....	57,42	16
. CO_2 dissous (en ppm).....	-	120
. pH à 58°C.....	6,75	6,9

. Par les ions dissous

a) Le Chlorure de sodium

Les fluides exploités contiennent principalement des ions Na+ et Cl- responsables, en liaison avec la teneur en oxygène, des phénomènes de corrosion localisée par piqûres. Une comparaison de la concentration relevée à La Courneuve Sud (Dogger) montre que les eaux ont des teneurs en Na+ et Cl- assez peu différentes des teneurs moyennes.

Les phénomènes de corrosion liés à la salinité seront donc vraisemblablement comparables à ceux des autres doublets géothermiques.

RESERVOIR	DOGGER	
SITE	LA COURNEUVE NORD	MOYENNE
. Résidu sec (g/l) ou salinité totale (g/l)....	22,8	26
. Na+ (mg/l).....	7 450	-
. Cl- (mg/l).....	13 000	-
. Salinité NaCl (mg/l).....	20 400	19 850

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 2.1.3.).

Comme précédemment, si nous effectuons une comparaison des concentrations, nous pouvons prévoir que ce phénomène ne devrait avoir légèrement moins d'ampleur à La Courneuve Nord que dans les autres doublets exploitant le Dogger.

RESERVOIR	DOGGER	
SITE	LA COURNEUVE NORD	MOYENNE
. SO_4^{--} (mg/l).....	535	740

c) Les sulfures

La concentration en ion S^{--} (38 mg/l), élément réducteur, intervient sur le pouvoir oxydant de la solution. Cette concentration intègre l'ensemble des dérivés sulfurés. Cet élément forme, en fin de réaction avec le fer présent dans l'eau (naturellement peu abondant à La Courneuve Nord : 0,68 mg/l), et provenant de la corrosion de surfaces métalliques (tubage, 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 de canaux (échangeurs) ou la corrosion par érosion de pièces mobiles (pompes).

Remarquons que la teneur moyenne obtenue dans les résultats d'analyse du Dogger du Bassin de Paris est de 30 ppm.

Il est donc 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.

2.1.2. *La corrosion mécanique*

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 points 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. paragraphe 2.1.1.).

2.1.3. *La corrosion bactérienne*

LIEUX DE PRELEVEMENT		GLCN 2 - FOND DE PUITS			GLCN 1 - SURFACE (*)		
DATE D'ANALYSE		24 h	8 j	15 j	à réception	8 j	15 j
Type de bactéries	T°C						
Bactéries sulfato-réductrices	58°C	+	+	+	o	o	o
	35°C	++	+	+	o	o	o
Ferro-bactéries	58°C	+	+	+	/	/	/
	35°C	+	+	+	/	/	/

Légende : o absence
+ présence importante
++ présence très importante
/ non recherchées

(*) nombre de bactéries viables dans 20 ml

Remarquons que les analyses exécutées sur les prélèvements de fonds du puits n° 2 de La Courneuve Nord donnent des résultats contradictoires avec ceux des prélèvements de surface réalisés sur GLCN 1 ; ces résultats devront être précisés dans l'avenir.

En ce qui concerne l'influence de la température sur le développement et la croissance des bactéries, il est admis que l'optimum se situe entre 30°C et 40°C. Ce fait explique, que, généralement, les bactéries sont plus actives dans le puits de réinjection des doublets géothermiques ou dans le réseau situé en aval des échangeurs (température moyenne de 35°C).

Cependant, dans le cas de La Courneuve Nord, la présence de bactéries à la température de production (≃ 56°C en surface) reste tout à fait vraisemblable par rapport à ce qui vient d'être écrit, la littérature admettant généralement la température de 56°C comme seuil de développement des bactéries.

Notons enfin sur le tableau des résultats bactériologiques une tendance à diminution de l'activité des bactéries dans le temps ; ce phénomène peut vraisemblablement être imputé à l'épuisement du milieu nutritif de culture non renouvelé en cours d'étude.

Pour mémoire, précisons que l'action des bactéries sulfato-réductrices (en symbiose avec les bactéries de fer) se manifeste par le percement des canalisations métalliques (corrosion par piqûres) au niveau des 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^{--} 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.

CONCLUSION

Cependant, 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 des 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. Ce programme devra s'appuyer sur l'analyse périodique d'échantillons de fluides et de dépôts prélevés sur des éléments d'installations corrodés à l'occasion de leur remplacement.

2.2. Les dépôts

L'exploitation de l'eau géothermique modifie directement les paramètres physiques qui sont les siens dans le réservoir. La pression au fond est de 170 bars (pression statique au sol : 8,8 bars).

La température est de 58,4°C au fond. Elle sera comprise après passage dans l'échangeur entre 30°C et 20°C.

A partir des diverses études effectuées sur le Dogger dans cette région et après mesure du pH sur le site (pH = 6,75), nous pouvons considérer que l'eau est saturée en calcite et en quartz.

- le fer : le fer dissous est en quantité peu importante. Cependant, une aération prolongée provoquerait la formation d'hydroxydes insolubles.

- la calcite et les carbonates : dans la mesure où on ne procèdera pas au dégazage de l'eau, dégazage qui amènerait une sursaturation de l'eau en calcite (et autres carbonates) 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 Nord en regard des concentrations connues par ailleurs au Dogger.

  La silice dont l'action incrustante est fréquemment constatée sur les champs géothermiques haute énergie ne devrait pas être en excès dans l'eau après l'échangeur, le refroidissement n'étant pas suffisant. Par contre, l'eau sera vraisemblablement sursaturée 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 concentrations en silice sont du même ordre que celles rencontrées dans les exploitations géothermiques de Melun, Villeneuve-la-Garenne et Creil pour lesquelles il n'y a pas eau de problèmes dus à cet élément.

RESERVOIR	DOGGER
SITE	LA COURNEUVE NORD
SiO_2 (ng/l)	80

2.3. Point de bulle

L'étude des relations pression-volume du fluide présentées sur les planches 2 et 3 ci-après (température de production 58°C - température de réinjection 25°C) permet d'aboutir aux résultats suivants :

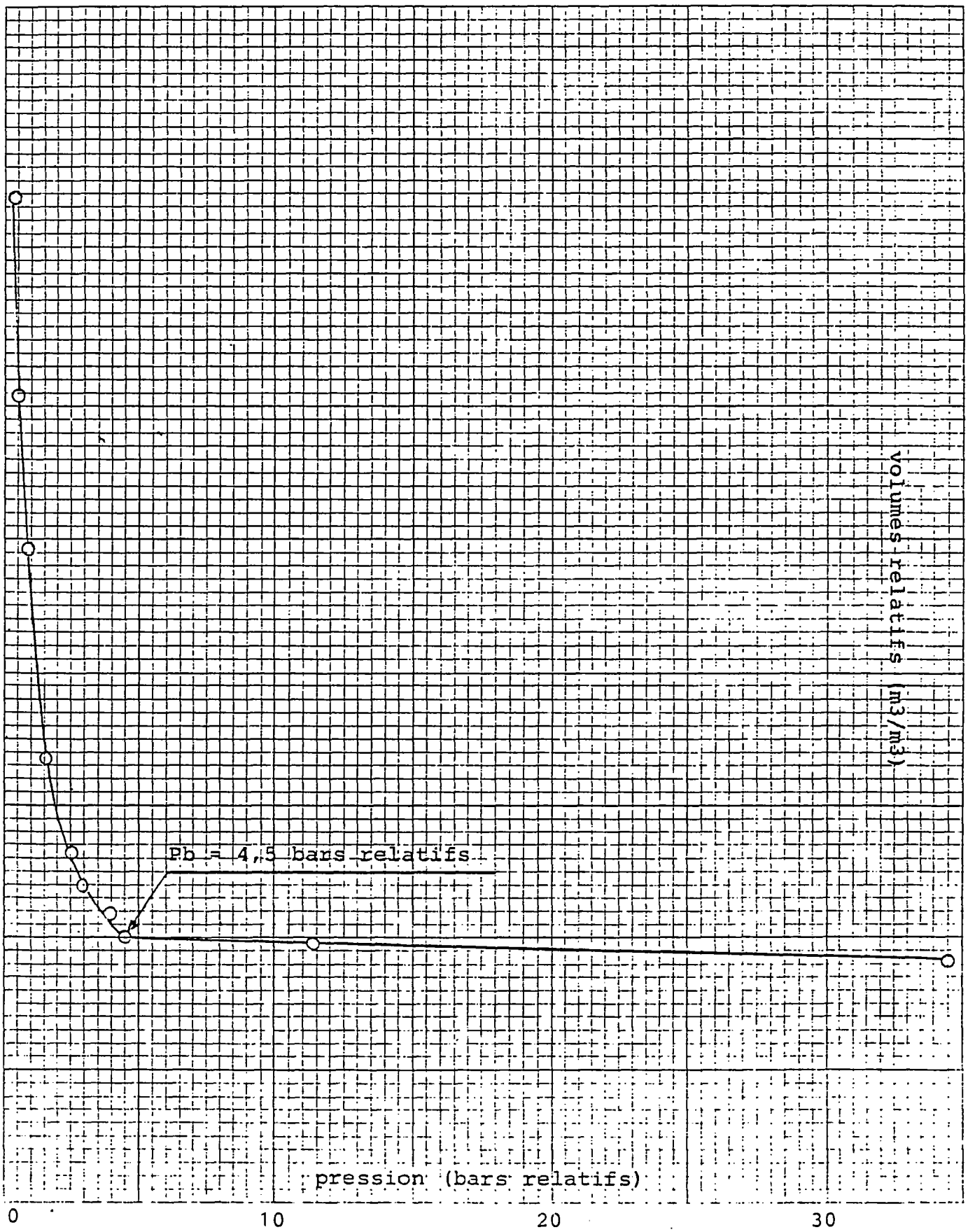
les faibles niveaux du point de bulle sont de 4,4 bars (P. absolue) à 35°C et 5,5 bars (P. absolue) à 58,4°C. Le fluide géothermique devra être utilisé, en accord avec les responsables "production" du département Géothermie du B.R.G.M., dans des conditions de pression tenant compte de ces valeurs.

COMPAGNIE : SINDICAT MIXTE POUR LA GEOTHERMIE
A LA COURNEUVE

PUITS : GLCN 2

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 58,4°C

PLANCHE 2a



COMPAGNIE : SYNDICAT MIXTE POUR LA GEOTHERMIE A LA COURNEUVE.

PUITS : GLCN 2

PLANCHE 2b

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 58,4°C

Pression (bars rel.)	Volume relatif (V/Vpb-m3/m3)	Coefficient de compressibilité (bar-1 x 10-5)
206,9	0,9934	
Ps = 170,0	0,9941	1,85
137,4	0,9948	2,23
103,4	0,9957	2,64
66,0	0,9969	3,18
34,5	0,9981	3,89
11,4	0,9995	5,85
Pb = 4,5	1,0000	7,77
3,9	1,0017	
2,9	1,0040	
2,6	1,0064	
1,6	1,0135	
1,1	1,0218	
0,8	1,0293	
0,5	1,0407	
0,3	1,0558	

Coefficient de dilatation thermique (°C-1) = $0,358 \times 10^{-3}$

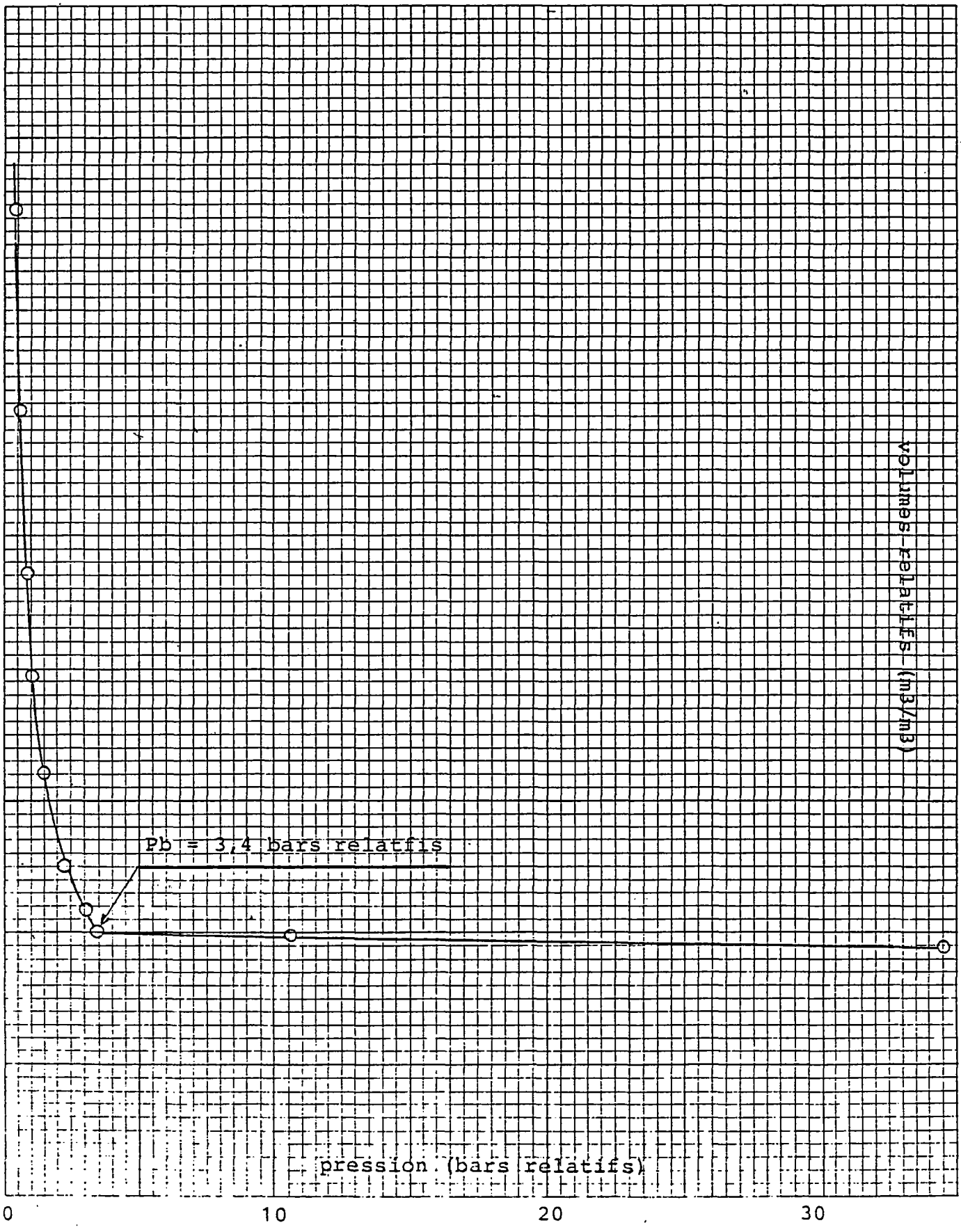
(entre 22,8°C and 58,4°C)

COMPAGNIE : SYNDICAT MIXTE POUR LA GEOTHERMIE A LA COURNEUVE

PUITS : GLCN 2

PRESSION-VOLUME-RELATION DU FLUIDE DE GISEMENT A 35°C

PLANCHE 3a



COMPAGNIE : SYNDICAT MIXTE POUR LA GEOTHERMIE A LA COURNEUVE

PUITS : GLCN 2

PLANCHE 3b

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 35°C

	Pression (bars rel.)	Volume relatif (V/Vpb-m3/m3)	Coefficient de compressibilité (bar-1 x 10-5)
	206,9	0,9942	
Ps =	170,0	0,9950	2,23
	137,9	0,9958	2,41
	103,4	0,9967	2,63
	66,3	0,9977	2,91
	34,5	0,9988	3,21
	10,6	0,9997	3,80
Pb =	3,4	1,0000	4,60
	3,3	1,0003	
	3,0	1,0016	
	2,2	1,0050	
	1,4	1,0121	
	1,0	1,0194	
	0,8	1,0272	
	0,6	1,0394	
	0,3	1,0546	

Coefficient de dilatation thermique (°C-1) = $0,227 \times 10^{-3}$

(entre 22,8°C et 35°C)

LOG DE FIN DE SONDAGE

MAITRE D'OUVRAGE	PUITS	MAITRE D'OEUVRE
Société Nouvelle pour la Recherche et la Recherche	LA CHAPELLE SOUS T (LILLETTE)	B.R.G.M. - Département Géothermie

Département : SEINE-MARITIME
Commune : LA CHAPELLE
Lieu dit/Adresse : Rue de France

Coordonnées : surface
X = 604.203,72
Y = 174.619,04
Z = ?
Fond :
X = ?
Y = ?
Z = 35,5 m
Z = 34,5 m

Exploitant de forage : TH-BEC
Entrepreneur : FOSSY-FERRAY-CONSTANT

Début de forage : 27 Janvier 1982
Fin de forage : 22 avril 1982
Profondeur Forage : 1774,0
Profondeur Sondeur : 1771,3
Sondeur : Lutéal
Technique Fonçage : Puits vertical
Numéro d'ordre : 00029

Niveau de référence : Sol

Cheque de forage
CP/A : 0 - 979 m
CP/2 : 979 - 1660 m
P° : 1660 - 1774 m

Tubages
1°/0,0 - 139,32 m
2° : - 1661,49 m

Surveillance géologique : Lahaie
Supervision géologique : B.R.G.M. - Département Géothermie

Echelle : 1/ 2000

ETAGES GEOLOGIQUES	ECHANTILLONS	ENREGISTREMENT DIAGRAPHIES	CALCIMETRIE CUTTINGS	COUPE TECHNIQUE	DESCRIPTION DES CUTTINGS	DIAGRAPHIES G.L.C.N.1	LITHOLOGIE	ETAGES
QUATERNAIRE					Argile à Silex, avec jaune, rouillée et à silex noirs. Craie blanche à silex blonds. Craie blanche à silex blonds. Craie blanche à silex blonds

LOG DE FIN DE SONDAGE

SONDE : SLIGOMAR	SITE : Le CANNIGOU, NORD-E - Vallée de Fontvieille	ALTITUDE : 10 METRES
Recherches Minières pour la Géothermie R.G.F. Bassin Parisien		B.R.G.M. - 11, Rue Hoche - BP 6009 - 45060 ORLEANS

Département : Bouches-du-Rhône
Commune : LA CRAU
Lieu-dit hydrologique : Sur la Vallée

Coordonnées : Lambert I
X = 832.900,00
Y = 176.100,00
Z = 009,000
Z = 009,000
Fil : 31,0 m
Fil : 31,0 m

Appareil de Forage : R 100
Entrepreneur : SAE FORAGE-CHANTAGE

Début de forage : 1 mars 1982
Fin de forage : 10 mars 1982
Profondeur forée : 1000 m
Profondeur tubée/cuvelée : 1000,3
Diamètre : initial : 8 1/2
Diamètre final : 4 1/2
Boues, d'où : 00000

Travaux : NEANT

Tubage : 1 : 0 - 27 m
2 : 27 - 1000,30 m
Crépine : 1 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 1 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 2 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 3 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 4 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 5 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 6 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 7 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 8 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 9 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 10 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 11 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 12 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 13 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 14 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 15 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 16 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 17 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 18 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 19 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 20 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 21 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 22 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 23 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 24 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 25 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 26 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 27 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 28 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 29 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 30 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 31 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 32 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 33 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 34 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 35 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 36 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 37 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 38 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 39 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 40 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 41 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 42 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 43 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 44 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 45 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 46 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 47 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 48 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 49 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 50 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 51 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 52 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 53 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 54 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 55 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 56 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 57 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 58 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 59 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 60 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 61 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 62 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 63 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 64 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 65 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 66 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 67 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 68 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 69 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 70 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 71 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 72 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 73 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 74 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 75 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 76 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 77 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 78 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 79 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 80 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 81 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 82 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 83 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 84 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 85 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 86 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 87 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 88 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 89 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 90 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 91 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 92 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 93 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 94 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 95 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 96 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 97 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 98 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 99 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 100 : 1000,30 - 1000 m

Equipement : 1 : 0 - 27 m
2 : 27 - 1000,30 m
Crépine : 1 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 1 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 2 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 3 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 4 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 5 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 6 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 7 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 8 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 9 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 10 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 11 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 12 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 13 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 14 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 15 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 16 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 17 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 18 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 19 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 20 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 21 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 22 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 23 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 24 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 25 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 26 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 27 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 28 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 29 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 30 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 31 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 32 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 33 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 34 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 35 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 36 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 37 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 38 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 39 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 40 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 41 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 42 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 43 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 44 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 45 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 46 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 47 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 48 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 49 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 50 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 51 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 52 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 53 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 54 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 55 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 56 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 57 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 58 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 59 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 60 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 61 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 62 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 63 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 64 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 65 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 66 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 67 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 68 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 69 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 70 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 71 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 72 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 73 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 74 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 75 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 76 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 77 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 78 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 79 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 80 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 81 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 82 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 83 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 84 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 85 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 86 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 87 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 88 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 89 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 90 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 91 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 92 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 93 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 94 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 95 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 96 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 97 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 98 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 99 : 1000,30 - 1000 m
Cimentation : 100 : 1000,30 - 1000 m

Observations géologue : NEANT

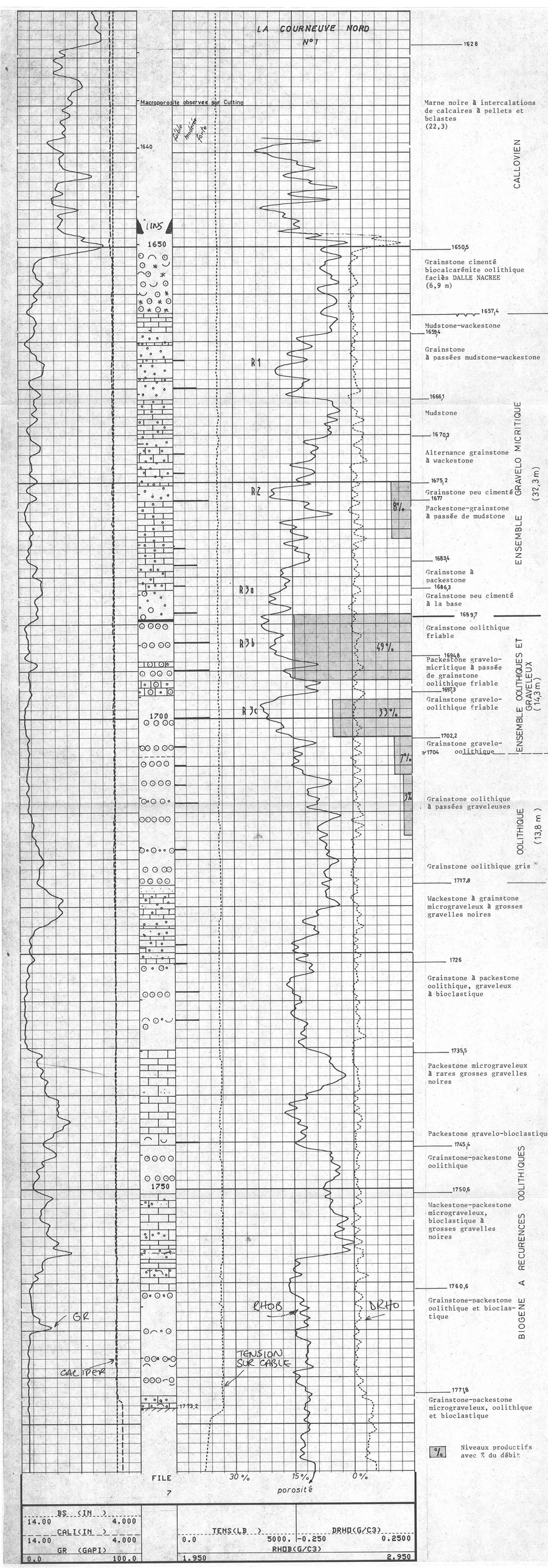
Observations géologiques : Sur réservoirs : S.A.G.A.

Echelle : 1/ 500

Profondeurs en m.	Coupe géologique	Lithologie	Observations	Diagraphies	Coupe technique	Observations	Diagraphies
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							
110							
120							
130							
140							
150							
160							
170							
180							
190							
200							
210							
220							
230							
240							
250							
260							
270							
280							
290							
300							
310							
320							
330							
340							
350							
360							
370							
380							
390							
400							
410							
420							
430							
440							
450							
460							
470							
480							
490							
500							
510							
520							
530							
540							
550							
560							
570							
580							
590							
600							
610							
620							
630							
640							
650							
660							
670							
680							
690							
700							
710							
720							
730							
740							
750							
760							
770							
780							
790							
800							
810							
820							
830							
840							
850							
860							
870							
880							
890							
900							
910							
920							
930							
940							
950							
960							
970							
980							
990							
1000							

Profondeur totale : 1000 m

Fichier : 31-1



1628

Marne noire à intercalations de calcaires à pellets et bclastes (22,3)

CALLOVIEN

1650

1650,5

Grainstone cimenté biocalcarénite oolithique faciès DALLE NACREE (6,9 m)

1657,4

Mudstone-wackestone

1659,4

Grainstone à passées mudstone-wackestone

1666,1

Mudstone

1670,3

Alternance grainstone à wackestone

1675,2

Grainstone peu cimenté

1677

Packestone-grainstone à passée de mudstone

ENSEMBLE GRAVELO MICRITIQUE (32,3 m)

1683,4

Grainstone à packestone

1686,3

Grainstone peu cimenté à la base

1689,7

Grainstone oolithique friable

1694,8

Packestone gravelo-micritique à passée de grainstone oolithique friable

1697,3

Grainstone gravelo-oolithique friable

ENSEMBLE OOLITHIQUES ET GRAVELEUX (14,3 m)

1700

1702,2

Grainstone gravelo-oolithique

~1704

Grainstone oolithique à passées graveleuses

OOLITHIQUE (13,8 m)

Grainstone oolithique gris

1717,8

Wackestone à grainstone micrograveleux à grosses gravelles noires

1726

Grainstone à packestone oolithique, graveleux à bioclastique

1735,5

Packestone micrograveleux à rares grosses gravelles noires

Packestone gravelo-bioclastique

1745,4

Grainstone-packestone oolithique

1750

1750,6

Wackestone-packestone micrograveleux, bioclastique à grosses gravelles noires

1760,6

Grainstone-packestone oolithique et bioclastique

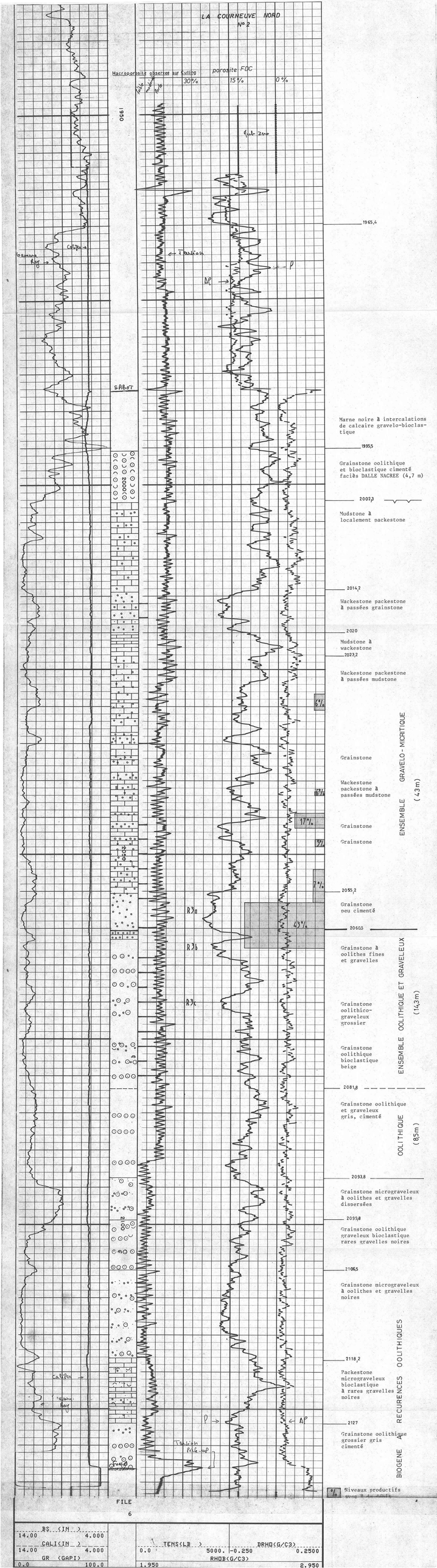
BIOGENE A RECURENCES OOLITHIQUES

1771,8

Grainstone-packestone micrograveleux, oolithique et bioclastique

1773,2

% Niveaux productifs avec % du débit


LA COURNEUVE NORD
N° 2
Macroporosité observée sur Cuttings
porosité FDC
30%
15%
0%
1950
1965,4
1955
2002,3
2014,2
2020
2023,2
2055,2
2060,5
2081,8
2093,8
2099,8
2106,5
2118,2
2127
Marne noire à intercalations de calcaire gravelo-bioclastique
Grainstone oolithique et bioclastique cimenté faciès DALLE NACREE (4,7 m)
Mudstone à localement packestone
Wackestone packestone à passées grainstone
Mudstone à wackestone
Wackestone packestone à passées mudstone
Grainstone
Wackestone packestone à passées mudstone
Grainstone
Grainstone
Grainstone peu cimenté
Grainstone à oolithes fines et gravelles
Grainstone oolithico-graveleux grossier
Grainstone oolithique bioclastique beige
Grainstone oolithique et graveleux gris, cimenté
Grainstone micrograveleux à oolithes et gravelles dispersées
Grainstone oolithique graveleux bioclastique rares gravelles noires
Grainstone micrograveleux à oolithes et gravelles noires
Packestone micrograveleux bioclastique à rares gravelles noires
Grainstone oolithique grossier gris cimenté
ENSEMBLE GRAVELO-MICRITIQUE (43m)
ENSEMBLE OOLITHIQUE ET GRAVELEUX (14,3m)
OOLITHIQUE (8,5m)
RECURRENCES OOLITHIQUES BIOGENE A
Niveaux productifs
FILE
6
BS (IN)
14.00 4.000
CALI(IN)
14.00 4.000
GR (GAPI)
0.0 100.0
TENS(LB)
0.0 5000.
DRHO(G/C3)
-0.250 0.2500
RHOB(G/C3)
1.950 2.950