JR

VILLE DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE

SODEDAT

SEINE-SAINT-DENIS

OPERATION GEOTHERMIQUE DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE

Spécifications Techniques Détaillées

Plan d'Exécution des Ouvrages

(2ème Partie)

Dossier des Ouvrages Exécutés

Forage de production GCHM1 et Forage de réinjection GCHM2

-=-=-=-=-=-=-=-=-=-

B.R.G.M.
24. JUIL. 1985
BIBLIOTHEQUE

Département géothermie

B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 63.80.01 64.31.22

Rapport du B.R.G.M.
85 SGN 222 GTH

MAI 1985

VILLE DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE

SODEDAT

SEINE-SAINT-DENIS

OPERATION GEOTHERMIQUE DE CHAMPIGNY-SUR-MARNE

Spécifications Techniques Détaillées

Plan d'Exécution des Ouvrages

(2ème Partie)

Dossier des Ouvrages Exécutés
Forage de production GCHM1 et Forage de réinjection GCHM2

-=-=-=-=-=-=-=-=-=-

Département géothermie
B.P. 6009 - 45060 Orléans Cédex - Tél.: (38) 64.31.22

Rapport du B.R.G.M.
85 SGN 222 GTH

MAI 1985

SOMMAIRE

Pages

FICHE RECAPITULATIVE FORAGE PRODUCTION GCHM1

FICHE RECAPITULATIVE FORAGE REINJECTION GCHM2

CHAPITRE I - RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE DE PRODUCTION GCHM1

I.1. INTRODUCTION 1

I.2. RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE 1

1.2.1. Historique du forage 1
1.2.2. Compte rendu journalier des opérations 3
1.2.3. Analyse des temps 16
1.2.4. Performances d'approfondissement 23
1.2.5. Performances des outils de forage 24
1.2.6. Tubages et cimentations 27
1.2.7. Boues de forage 34
1.2.8. Les diagraphies 37
1.2.9. Consommation de fuel 38

CHAPITRE II - RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE DE REINJECTION GCHM2

II.1. INTRODUCTION 39

II.2. RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE 39

II.2.1. Historique du forage 39
II.2.2. Compte rendu journalier des opérations 41
II.2.3. Analyse des temps 54
II.2.4. Performances d'approfondissement 56
II.2.5. Performances des outils de forage 56
II.2.6. Tubages et cimentations 59
II.2.7. Boues de forage 67
II.2.8. Les diagraphies 70
II.2.9. Consommation de fuel 71

CHAPITRE III - RAPPORT GEOLOGIQUE

III.1. COUPE LITHOSTRATIGRAPHIQUE 72

III.2. SITUATION 72

III.3. ASPECT STRUCTURAL 76

III.4. PROGRAMME DE DIAGRAPHIES 76

III.5. ETUDE DIAGRAPHIQUE DU NEOCOMIEN ET DU LUSITANIEN 79

III.6. CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR 79

III.7. MESURES DE TEMPERATURE 84

III.8. CONCLUSION 85

CHAPITRE IV - RAPPORT D'ESSAIS DU FORAGE DE PRODUCTION GCHM1

IV.1. RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES 86

IV.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI 87

IV.2.1. Caractéristiques de l'essai 87
IV.2.2. Interprétation de l'essai 88

IV.3. CONCLUSIONS 92

IV.4. ANNEXES 94

CHAPITRE V - RAPPORT D'ESSAIS DU PUITS DE REINJECTION GCHM2

V.1. RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES 103

V.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI 104

V.2.1. Caractéristiques de l'essai 104
V.2.2. Interprétation de l'essai 105

V.3. TEST D'INTERFERENCE 109

V.4. TEST D'INJECTION 110

V.5. CONCLUSIONS 111

V.6. PREVISION DES PRESSIONS DE POMPAGE ET DES PUISSANCES CONSOMMEES 113

V.6.1. Caractéristiques de la boucle géothermale 113
V.6.2. Relations utilisées pour les calculs 114
V.6.3. Puits de production - Puits d'injection 116

V.7. ANNEXES 137

CHAPITRE VI - RAPPORT GEOCHIMIQUE

VI.1. CHIMIE DU FLUIDE GEOTHERMAL 154

VI.1.1. Méthodologie des prélèvements 154
VI.1.2. Description de la fraction liquide et de la fraction gazeuse des échantillons prélevés..... 156
VI.1.3. Discussion sur la composition de l'eau 156
VI.1.4. Point de bulle et rapport gaz-liquide 161

VI.2. EVALUATION DES PROBLEMES LIES A L'EXPLOITATION DE L'EAU . 161

VI.2.1. La corrosion 161
VI.2.2. Les dépôts 175

FICHE RECAPITULATIVE DU FORAGE GEOTHERMIQUE DE PRODUCTION GCHM1 DE CHAMPIGNY SUR MARNE

****
******
****
*

COMMUNE : CHAMPIGNY S/MARNE

LIEU DIT : Ferme des Bordes

DEPARTEMENT : VAL DE MARNE

COORDONNEES KILOMETRIQUES : (LAMBERT 1)

x = 616 646,2
y = 122 187,0
z = + 103 m

MAITRE D'OUVRAGE : Ville de CHAMPIGNY S/MARNE
par délégation : SODEDAT 93

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

ENTREPRENEUR : GEOFOR

MACHINE : IDECO 900

OBJECTIF DU SONDAGE : Reconnaître les possibilités d'exploitation géothermique du Dogger

DUREE EFFECTIVE DU SONDAGE : du 9 décembre 1984 au 11 février 1985, soit 64 jours et 8 heures, essais compris.

FORAGE : dévié à 37,8° - Longueur forée : 2180 m

RESULTATS : DOGGER capté entre 1721 et 1856 m
Hauteur productrice : 26,5 m
Porosité moyenne : 17 %
Température à 1714 m : 78,2°C
Débit artésien : 113 m^3/h
Salinité totale : 27,71 g/l

FICHE RECAPITULATIVE DU FORAGE GEOTHERMIQUE DE REINJECTION GCHM2 DE CHAMPIGNY SUR MARNE

******
****
**
*

COMMUNE : CHAMPIGNY S/AMRNE

LIEU DIT : Ferme des Bordes

DEPARTEMENT : VAL DE MARNE

COORDONNEES KILOMETRIQUES : (LAMBERT 1)

x = 616 644,5

y = 122 196,8

z = + 103 m

MAITRE D'OUVRAGE : Ville de CHAMPIGNY S/MARNE
par délégation : SODEDAT 93

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

ENTREPRENEUR : GEOFOR

MACHINE : IDECO 900

OBJECTIF DU SONDAGE : Reconnaître les possibilités d'exploitation géothermique du Dogger

DUREE EFFECTIVE DU SONDAGE : 12 février 1985 au 28 mars 1985, soit 44 jours et 8 heures essais compris.

FORAGE : dévié à 39,1° - Longueur forée : 2094 m

RESULTATS : Dogger capté entre 1653 et 1769 m
Hauteur productrice : 26 m
Porosité moyenne : 16 %
Température : à 1644 m : 73,9°C
Débit artésien : 188 m^3/h
Salinité totale : 27,71 g/l

- CHAPITRE I -

RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE DE PRODUCTION GCHM1

I.1 - INTRODUCTION

Le forage GCHM 1 constitue le puits de production du doublet de l'opération géothermique de CHAMPIGNY SUR MARNE.

La Maîtrise de l'Ouvrage a été déléguée par la Ville de Champigny à la SODEDAT 93.

La Maîtrise d'Oeuvre des opérations en sous-sol a été confiée au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.).

Le présent rapport retrace les travaux et les résultats obtenus sur le forage de production GCHM 1.

I.2 - RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

Toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport sont exprimées en mètre par rapport à la surface du sol.

I.2.1. HISTORIQUE DU FORAGE

Début des travaux le :	09/12.84	à	4 H 00
Début de l'instrumentation le :	27/12/84	à	13 H 00
Début des intempéries le :	06/01/85	à	16 H 30
Fin des intempéries le :	15/01/85	à	10 H 30
Fin de l'instrumentation le :	29/01/85	à	13 H 30
Fin des travaux le :	11/02/85	à	12 H 00

Durée totale du forage : 64 jours et 8 heures

Durée hors instrumentation : 40 jours et 1 1/2 heure

Durée hors instrumentation et intempéries : 31 jours et 7 1/2 heures

La période d'instrumentation commence au coincement de la garniture de forage et se termine au moment où la profondeur initiale de l'ouvrage est de nouveau atteinte dans des conditions normales de travail.

La période d'intempéries correspond à une période pendant laquelle il a été impossible de poursuivre l'exécution normale du programme de forage.

LISTE DES ENTREPRISES ETANT INTERVENUES POUR

LA REALISATION DES TRAVAUX

_·_·_·_·_·_·_·_·_·_

MAITRISE D'OEUVRE :	Département Géothermie du B.R.G.M.
GEOTECHNIQUE :	B.R.G.M.
GENIE CIVIL :	BOURDIN ET CHAUSSE
FORAGE :	GEOFOR
FUEL :	MONTENAY
TETES DE PUITS :	MAPEGAZ
TUBAGES :	VALLOUREC
EQUIPEMENT TUBAGES ET VISSAGE :	WEATHERFORD
OUTILS :	HUGHES TOOL
LINER HANGER :	FORAID
BOUE :	IMCO
SERVICES CIMENTATION :	HALLIBURTON
MATERIEL CIMENTATION :	HALLIBURTON
DIAGRAPHIES FORAGE :	SCHLUMBERGER
DIAGRAPHIES PRODUCTION :	COPGO-HUNTING
DEVIATION :	TOP SERVICES
ACIDE :	HYDROCURE
CITERNAGE ET TRAITEMENT :	STB H 2 0
TRANSPORTS :	SAVONRICE
CONTROLE GEOLOGIQUE :	SCI + BRGM (Département Géothermie)
COUPE TUBAGE :	SERVCO
AIR LIFT :	MASSE

I.2.2. COMPTE RENDU JOURNALIER DES OPERATIONS

Le compte rendu journalier des opérations prend en compte les opérations effectuées jour par jour à partir de 4 h 00 le matin du jour concerné, jusqu'au lendemain 4 H 00.

01 - 09.12.84 : Début des travaux à 4 h 00
Fabrication de la boue
Forage en 17"1/2 de 12 à 189 m

Avancement : 177 m

02 - 10.12.84 : Forage en 17"1/2 de 189 à 447 m
Remontée de l'outil au jour

Avancement : 258 m

03 - 11.12.84 : Contrôle du forage
Descente tubage 13"3/8 à 445 m

04 - 12.12.84 : Cimentation du tubage 13"3/8
Attente de séchage du ciment

05 - 13.12.84 : Fin d'attente de séchage du ciment
Reforage du ciment et du matériel de cimentation
Forage en 12"1/4 de 447 à 470 m
Changement de garniture
Orientation et turbo forage de 470 à 535 m

Avancement : 88 m

06 - 14.12.84 : Turbo forage de 535 à 555 m
Changement de garniture et mise en place des BOP
Reforage de 470 à 542 M

Avancement : 20 m

07 - 15.12.84 : Reforage de 452 à 555 m
Forage en 12"1/4 de 555 à 825 m
Remontée de l'outil au jour

Avancement : 270 m

08 - 16.12.84 : Reforage de 520 à 825 m
Forage en 12"1/4 de 825 à 1004 m

Avancement : 179 m

09 - 17.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1004 à 1119 m
Changement de l'outil
Forage en 12"1/4 de 1119 à 1143 M

Avancement : 139 m

10 - 18.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1143 à 1258 m

Avancement : 115 m

11 - 19.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1258 à 1316 m
Changement de garniture
Forage en 12"1/4 de 1316 à 1318 M

Avancement : 60 m

12 - 20.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1318 à 1424 m
Contrôle du forage
Forage en 12"1/4 de 1424 à 1439 m

Avancement : 121 m

13 - 21.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1439 à 1541 m

Avancement : 102 m

14 - 22.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1541 à 1556 m
Changement de l'outil
Forage en 12"1/4 de 1556 à 1587 m

Avancement : 46 m

15 - 23.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1587 à 1681 m
Circulation et contrôle du forage
Forage en 12"1/4 de 1681 à 1700 m

Avancement : 113 m

16 - 24.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1700 à 1813 m
Circulation et contrôle du forage

Avancement : 113 m

17 - 25.12.84 : Forage en 12"1/3 de 1813 à 1874 m

Avancement : 61 m

18 - 26.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1874 à 1930 m

Avancement : 57 m

19 - 27.12.84 : Forage en 12"1/4 de 1930 à 1946 m
Circulation remontée outil et coincement à 1137 m

DEBUT INSTRUMENTATION A 13 H 00

Battage impossible
Mise en place d'un bouchon d'acide

Avancement : 16 m

20 - 28.12.84 : Essais de décoincement négatifs

21 - 29.12.84 : Essais de décoincement négatifs

22 - 30.12.84 : Essais de décoincement négatifs
Extensiométrie et back-off à 939,5 m

23 - 31.12.84 : Tentative de décoincement avec garniture de repechage sans succès
Dévissage et mise en place d'un bouchon de ciment à 939 m

24 - 01.01.85 : Attente de séchage du ciment
Contrôle du forage
Mise en place d'un deuxième bouchon de ciment à 935 m

25 - 02.01.85 : Attente de séchage du ciment
Reforage de 876 à 890 m
Descente de la garniture de side-track
Turbo forage de 890 à 893 m
Coincement à l'ajout de tige et décoincement
Essais de turboforage négatifs

Avancement : 3 m

26 - 03.01.85 : Essais de turboforage négatif
Contrôle du forage jusqu'à 893 m
Execution d'un caliper
Mise en place d'un bouchon de ciment à 690 m

27 - 04.01.85 : Attente de séchage du ciment
Turboforage (side-track) de 690 à 691 m

Avancement : 1 m

28 - 05.01.85 : Turboforage de 691 à 741 m
Changement de garniture

Avancement : 50 m

29 - 06.01.85 : Descente de l'outil à 445 m

ARRET DES TRAVAUX A 16 H 30
en raison des intempéries (gel du matériel)

38 - 15.01.85 : REPRISE DES TRAVAUX A 10 H 30
Descente de l'outil à 727 m
Reforage de 727 à 741 m
Forage en 12" 1/4 de 741 à 854 m

Avancement : 113 m

39 - 16.01.85 : Forage en 12"1/4 de 854 à 867 m
Changement de l'outil et de la garniture
Forage en 12"1/4 de 867 à 964 m

Avancement : 110 m

40 - 17.01.85 : Forage en 12"1/4 de 964 à 114 m
Remontée de l'outil en cours

Avancement : 150 m

41 - 18.01.85 : Changement de l'outil
Forage en 12"1/4 de 1114 à 1210 m

Avancement : 96 m

42 - 19.01.85 : Forage en 12"1/4 de 1210 à 1223 m
Coincement de la garniture
Execution d'un bouchon de free-pipe
Battage, décoincement et remontée de l'outil

Avancement : 13 m

43 - 20.01.85 : Execution des diagraphies
Descente de l'outil à 445 m
Attente de décision du Maître de l'Ouvrage

44 - 21.01.85 : Attente de décision du Maître de l'Ouvrage
Contrôle du forage jusqu'à 1223 m
Descente du tubage 9"5/8 à 1100 m

45 - 22.01.85 : Descente du tubage 9"5/8 à 1222 m
Cimentation du tubage
Attente de séchage du ciment

46 - 23.01.85 : Attente de séchage du ciment
Reforage du ciment et du matériel de cimentation
Forage en 8"1/2 de 1223 à 1233 m
Changement de la garniture et de l'outil

Avancement : 10 m

47 - 24.01.85 : Descente de l'outil à 1233
Forage en 8"1/2 de 1233 à 1390 m

Avancement : 157 m

48 - 25.01.85 : Forage en 8"1/2 de 1390 à 1432 m
Changement de l'outil et de la garniture
Forage en 8"1/2 de 1432 à 1478 m

Avancement : 88 m

49 - 26.01.85 : Forage en 8"1/2 de 1478 à 1561 m
Contrôle du forage
Forage en 8"1/2 de 1561 à 1617 m

Avancement : 139 m

50 - 27.01.85 : Forage en 8"1/2 de 1617 à 1635 m
Modification de la garniture
Forage en 8"1/2 de 1635 à 1738 m

Avancement : 121 m

51 - 28.01.85 : Forage en 8"1/2 de 1738 à 1864 m
Contrôle du forage
Forage en 8"1/2 de 1864 à 1881 m

Avancement : 143 m

52 - 29.01.85 : Forage en 8" 1/2 de 1881 à 1946 m

FIN INSTRUMENTATION A 13 H 30

Forage en 8"1/2 de 1946 à 2016 m
Remontée de l'outil en cours

Avancement : 135 m

53 - 30.01.85 : Fin de la remontée de l'outil au jour
Diagraphies (début)
Contrôle du forage
Diagraphies (fin)
Préparation et descente du tubages 7" en cours

54 - 31.01.85 : Descente du tubage 7"
Ancrage du tubage à 1173 m (sabot 2013 m)
Cimentation du liner 7"
Remontée du setting-tool

55 - 01.02.85 : Attente de séchage du ciment et dégerbage
Descente de l'outil à 1975 m
Reforage du ciment et du matériel de cimentation
Forage en 6" de 2016 à 2026 m
Remontée de l'outil en cours

Avancement : 10 m

56 - 02.02.85 : Changement de l'outil
Forage en 6" de 2026 à 2128 m

Avancement : 102 m

57 - 03.02.85 : Forage en 6" de 2128 à 2180 m
Remontée de l'outil au jour
Diagraphies

Avancement : 52 m

58 - 04.02.85 : Diagraphies
Coupe du tubage à 390 m
Instrumentation sur arrache-tube

59 - 05.02.85 : Instrumentation sur arrache-tube

60 - 06.02.85 : Instrumentation sur arrache-tube
Abandon d'une demi-coquille de l'arrache tube sur la tête du liner 7"
Remontée du tubage 9"5/8
Descente outil 6" en cours

61 - 07.02.85 : contrôle du forage en 6" jusqu'à 2180 m
Remontée de l'outil au jour
Mise en eau du puits
Descente des tiges à 2175 m et acidification (1er bouchon)

62 - 08.02.85 : Dégorgement et acidification (2ème bouchon)
Dégorgement et acidification (3ème bouchon)
Essais du puits

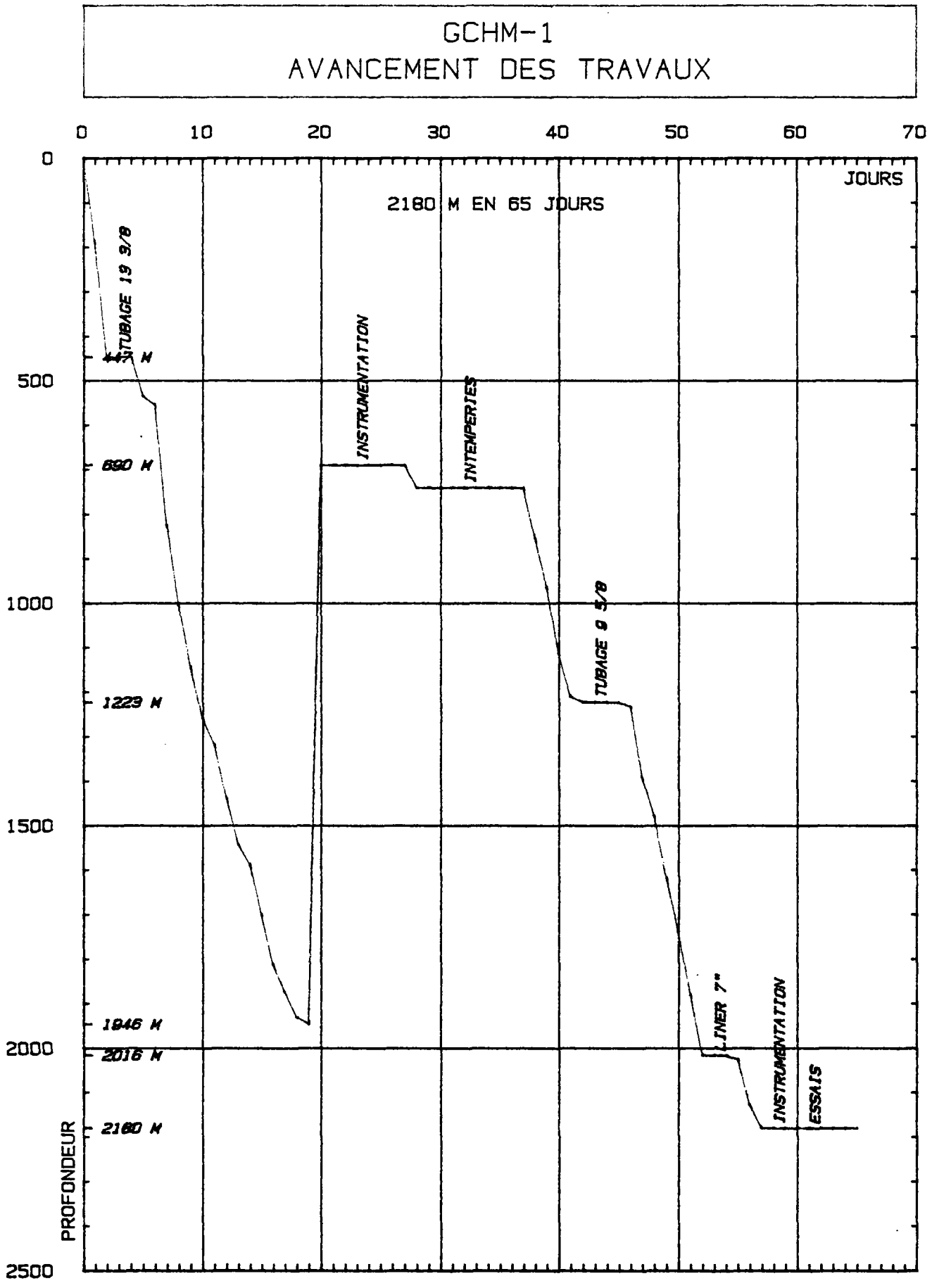
63 - 09.02.85 : Essais du puits

64 - 10.02.85 : Essais du puits
Injection saumure
Dégerbage et démontage

65. 11.02.85 : Démontage des BOP
Montage de la tête de puits

FIN DES TRAVAUX A 12 H 00

Ripage de la machine sur le puits d'injection


GCHM-1
AVANCEMENT DES TRAVAUX
0
10
20
30
40
50
60
70
JOURS
2180 M EN 65 JOURS
TUBAGE 13 3/8
INSTRUMENTATION
INTEMPERIES
TUBAGE 9 5/8
LINER 7"
INSTRUMENTATION
ESSAIS
690 M
1229 M
1946 M
2016 M
2180 M
0
500
1000
1500
2000
2500
PROFONDEUR

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE

La coupe technique ci-après résume l'état du forage en fin de travaux :

Tube technique Ø 770 mm	de	4	à	12 m
Tubage 13" 3/8	de	3.43	à	445 m
Tubage 9" 5/8	de	390	à	1222 m
Liner 7"	de	1173	à	2013 m
Forage en 6"	de	2016	à	2180 m

Les coordonnées Lambert de la tête de puits sont :

X = 616 646,2

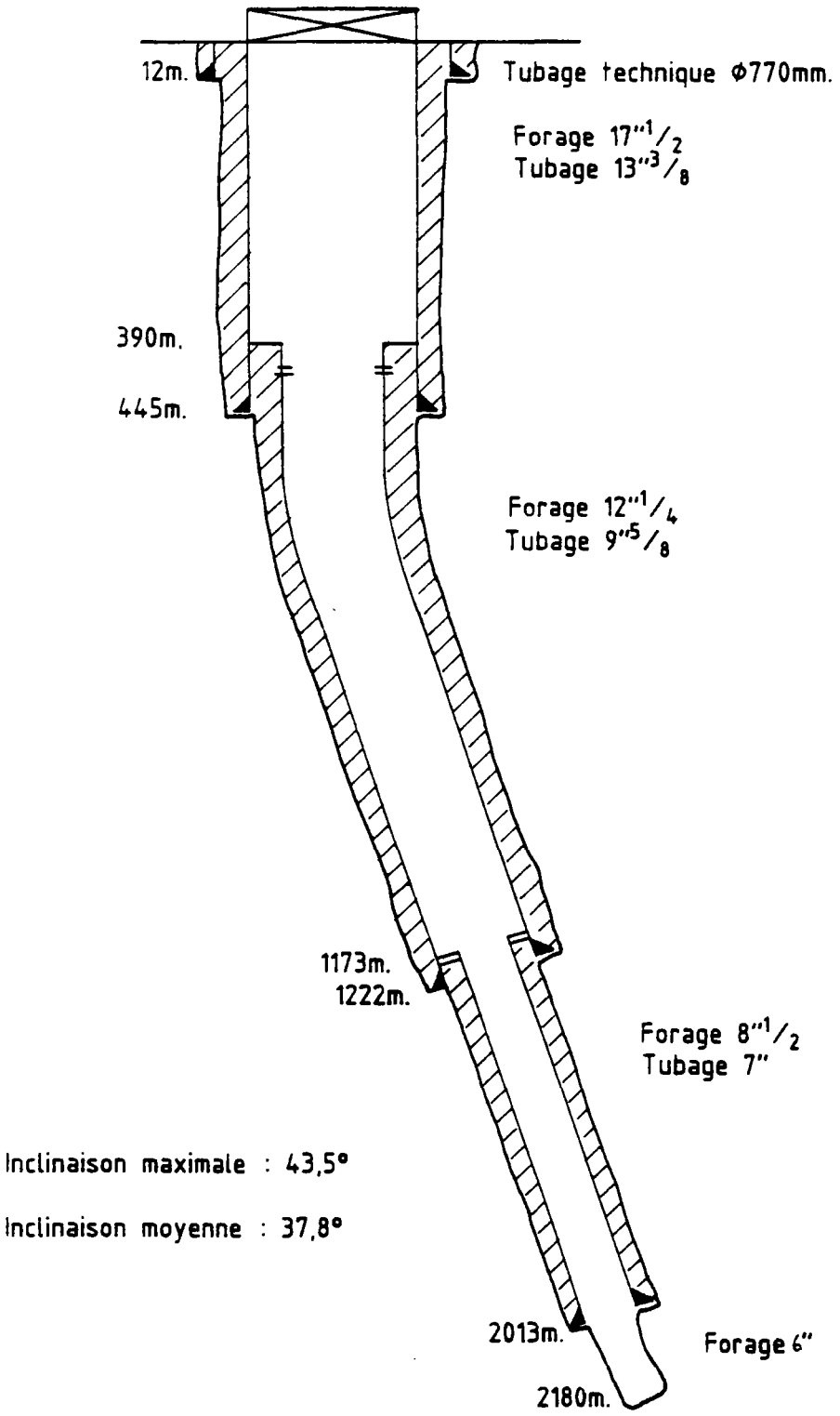
Y = 122 187,0

Z = + 103 m NGF

Les mesures effectuées au cours de la déviation permettent de définir les paramètres du forage su toit et au mur du réservoir :

	TOIT	MUR
Profondeur forée	2013 m	2180 m
Profondeur verticale	1721 m	1856 m
Déplacement	848 m	936 m
Azimut géographique	S 43 E	S 40 E
Coordonnées Lambert		
X	617 224,2	617 253,2
Y	121 562	121 469
Z	- 1618 m NGF	- 1753 m NGF

G C H M - 1


12m.
Tubage technique Φ770mm.
Forage 17"1/2
Tubage 13"3/8
390m.
445m.
Forage 12"1/4
Tubage 9"5/8
1173m.
1222m.
Forage 8"1/2
Tubage 7"
Inclinaison maximale : 43,5°
Inclinaison moyenne : 37,8°
2013m.
Forage 6"
2180m.

FORAGE GCHM1

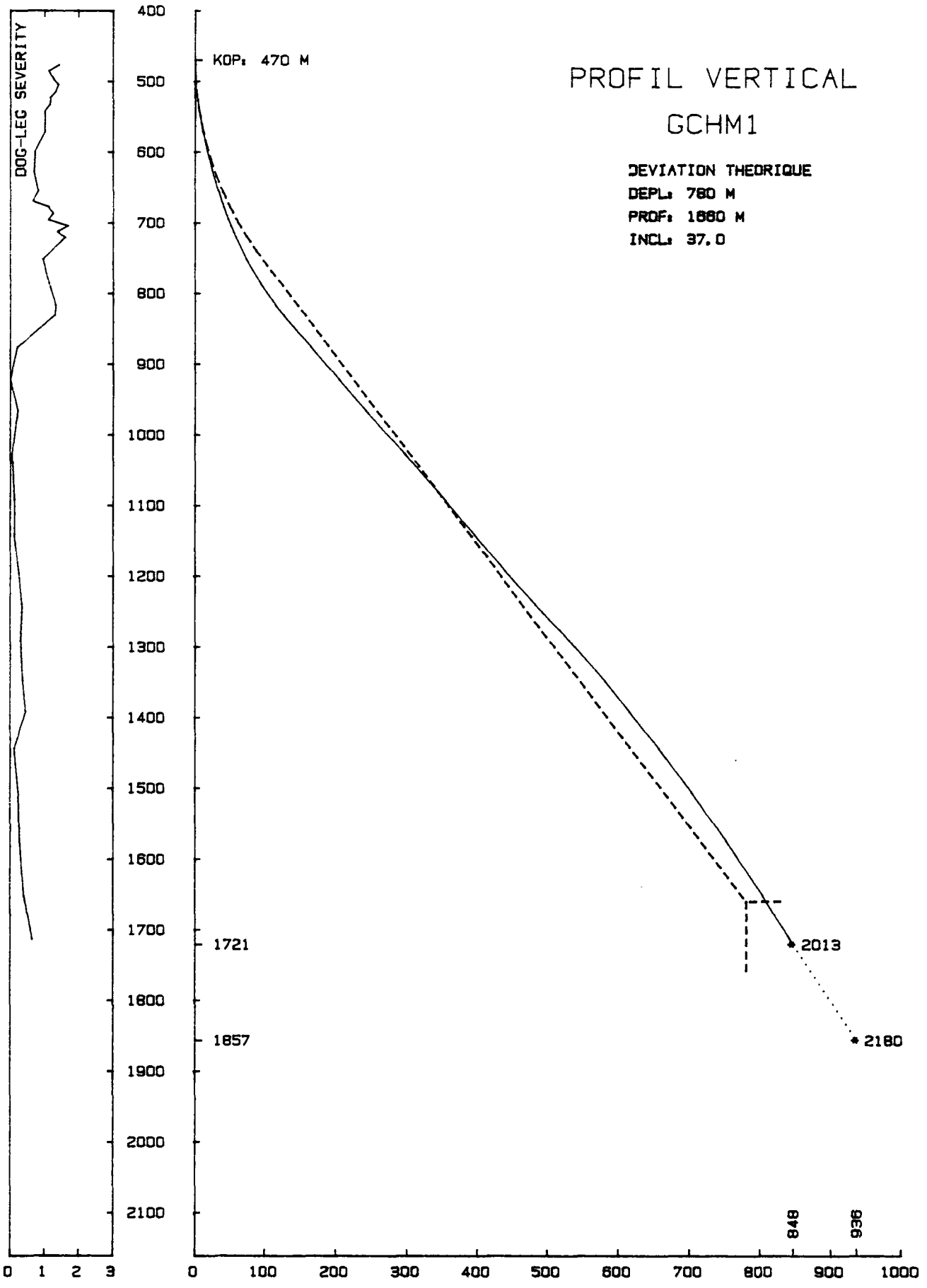
MESURES DE DEVIATION

DECLINAISON : 4,00 W

MESURE NUMERO	PROF. FOREE	INCL. MESUREE	AZIMUT MAGNET.	PROF. VERTICALE	COORD. N/S	COORD. E/W	DEPL. TOTAL	AZIMUT GEO.	DLS
KOP	470	0,00	S 41,00 E	470,0	N 0,0	E 0,0	0,0		
1	477	1,00	S 75,00 E	477,0	S 0,0	E 0,1	0,1	S 62,0 E	1,43
2	486	2,00	S 68,00 E	486,0	S 0,1	E 0,3	0,3	S 72,8 E	1,13
3	496	3,25	S 65,00 E	496,0	S 0,2	E 0,7	0,8	S 71,4 E	1,26
4	505	4,50	S 62,00 E	505,0	S 0,5	E 1,3	1,4	S 69,6 E	1,41
5	515	5,75	S 57,00 E	514,9	S 0,9	E 2,1	2,2	S 67,2 E	1,33
6	524	6,75	S 54,00 E	523,9	S 1,4	E 2,9	3,2	S 64,9 E	1,17
7	533	7,75	S 52,00 E	532,8	S 2,0	E 3,9	4,4	S 62,8 E	1,15
8	543	8,75	S 52,00 E	542,7	S 2,8	E 5,1	5,8	S 61,1 E	1,00
9	573	11,75	S 53,00 E	572,2	S 5,7	E 9,5	11,1	S 58,9 E	1,00
10	601	13,75	S 53,00 E	599,5	S 9,1	E 14,7	17,3	S 58,2 E	0,71
11	630	15,75	S 53,00 E	627,6	S 13,1	E 20,9	24,7	S 57,9 E	0,69
12	658	18,00	S 54,00 E	654,4	S 17,5	E 27,7	32,8	S 57,8 E	0,81
13	674	19,00	S 55,00 E	669,5	S 20,1	E 32,1	37,9	S 57,9 E	0,66
14	683	20,00	S 55,00 E	678,0	S 21,7	E 34,6	40,9	S 58,0 E	1,11
15	693	21,25	S 55,00 E	687,4	S 23,5	E 37,7	44,4	S 58,0 E	1,25
16	702	22,25	S 55,00 E	695,7	S 25,2	E 40,5	47,7	S 58,1 E	1,11
17	712	23,75	S 53,00 E	704,9	S 27,3	E 43,8	51,6	S 58,1 E	1,69
18	721	24,00	S 50,00 E	713,2	S 29,4	E 46,8	55,3	S 57,9 E	1,38
19	730	24,75	S 47,00 E	721,4	S 31,6	E 49,8	59,0	S 57,6 E	1,61
20	764	28,00	S 47,00 E	751,8	S 41,1	E 61,5	74,0	S 56,2 E	0,96
21	804	32,50	S 47,00 E	786,4	S 53,8	E 77,2	94,1	S 55,1 E	1,13
22	842	37,50	S 46,00 E	817,5	S 67,7	E 94,0	115,8	S 54,3 E	1,32
23	860	39,75	S 47,00 E	831,5	S 74,8	E 102,7	127,0	S 53,9 E	1,30
24	919	41,00	S 47,00 E	876,5	S 98,9	E 132,4	165,2	S 53,2 E	0,21
25	979	41,00	S 47,00 E	921,8	S 123,6	E 163,0	204,5	S 52,8 E	0,00
26	1037	41,25	S 45,00 E	965,5	S 148,1	E 192,2	242,6	S 52,4 E	0,23
27	1119	41,75	S 45,00 E	1026,9	S 183,8	E 233,2	296,9	S 51,8 E	0,06
28	1207	40,75	S 44,00 E	1093,0	S 222,2	E 276,6	354,8	S 51,2 E	0,14
29	1270	40,25	S 43,00 E	1140,9	S 249,9	E 306,8	395,7	S 50,8 E	0,13
30	1336	41,25	S 41,00 E	1190,9	S 279,8	E 337,8	438,6	S 50,4 E	0,25
31	1402	43,50	S 40,00 E	1239,7	S 311,5	E 369,0	482,9	S 49,8 E	0,36
32	1473	42,75	S 37,00 E	1291,5	S 347,3	E 401,7	531,1	S 49,2 E	0,31
33	1549	40,75	S 34,00 E	1348,2	S 386,4	E 433,9	581,0	S 48,3 E	0,37
34	1605	38,50	S 32,00 E	1391,3	S 414,9	E 455,4	616,1	S 47,7 E	0,46
35	1672	38,00	S 33,00 E	1444,0	S 448,2	E 480,1	656,8	S 47,0 E	0,12
36	1749	36,50	S 31,00 E	1505,3	S 485,9	E 507,5	702,6	S 46,2 E	0,25
37	1834	36,00	S 27,00 E	1573,8	S 528,1	E 534,9	751,6	S 45,4 E	0,28
38	1930	34,00	S 21,00 E	1652,4	S 576,7	E 560,7	804,3	S 44,2 E	0,41
39	2004	35,50	S 13,00 E	1713,2	S 616,0	E 575,8	843,2	S 43,1 E	0,65
40	2013	35,50	S 13,00 E	1720,6	S 621,0	E 577,3	847,9	S 42,9 E	
41	2180	35,50	S 13,00 E	1856,5	S 713,7	E 605,7	936,1	S 40,3 E	

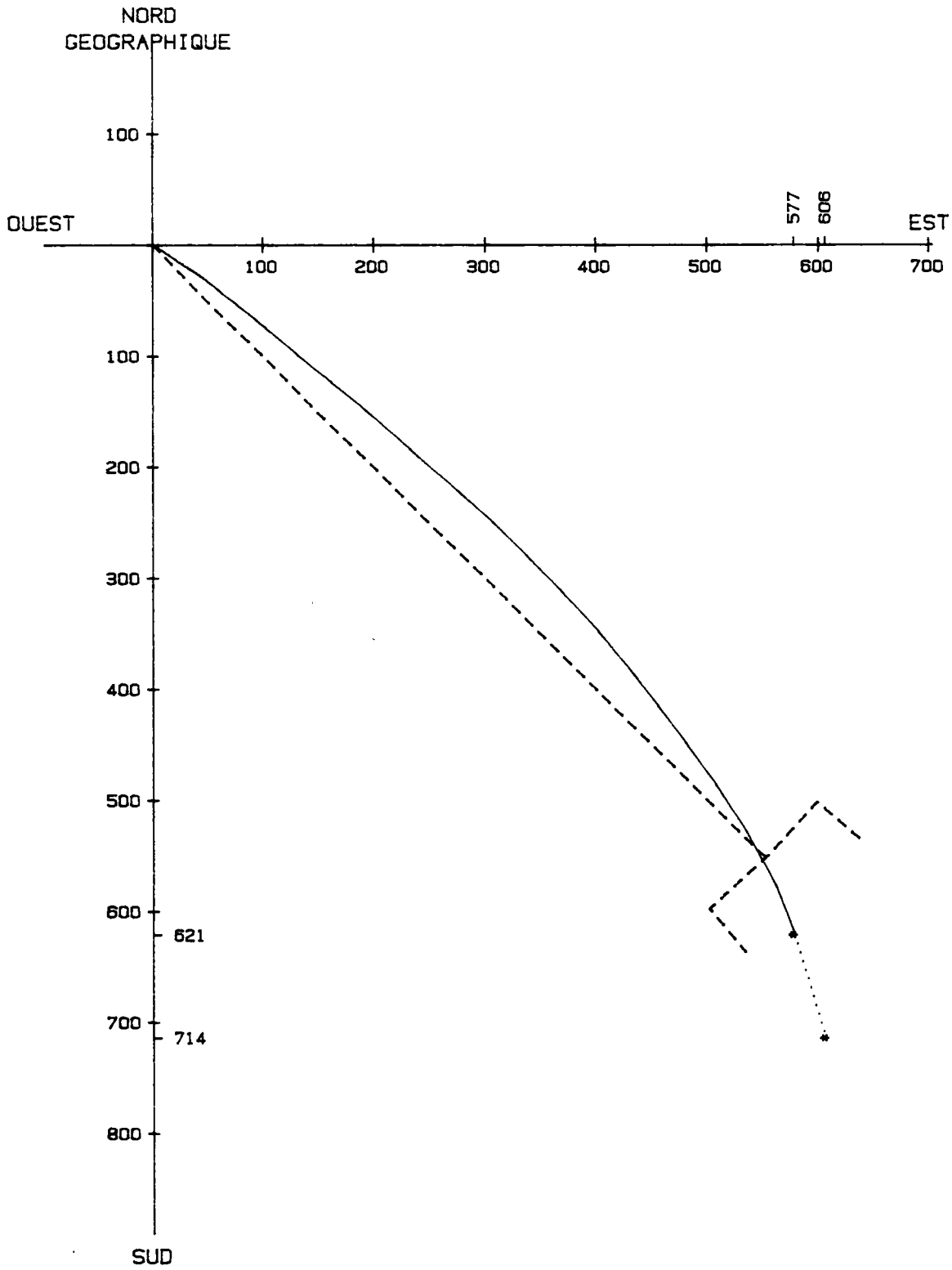
* * MESURE INTERPOLEE

DEVIATION THEORIQUE
KOP : 470 M DEPL: 780 M INCL : 37,0
GRAD: 1,25 PROF: 1660 M AZGEO: SE 45

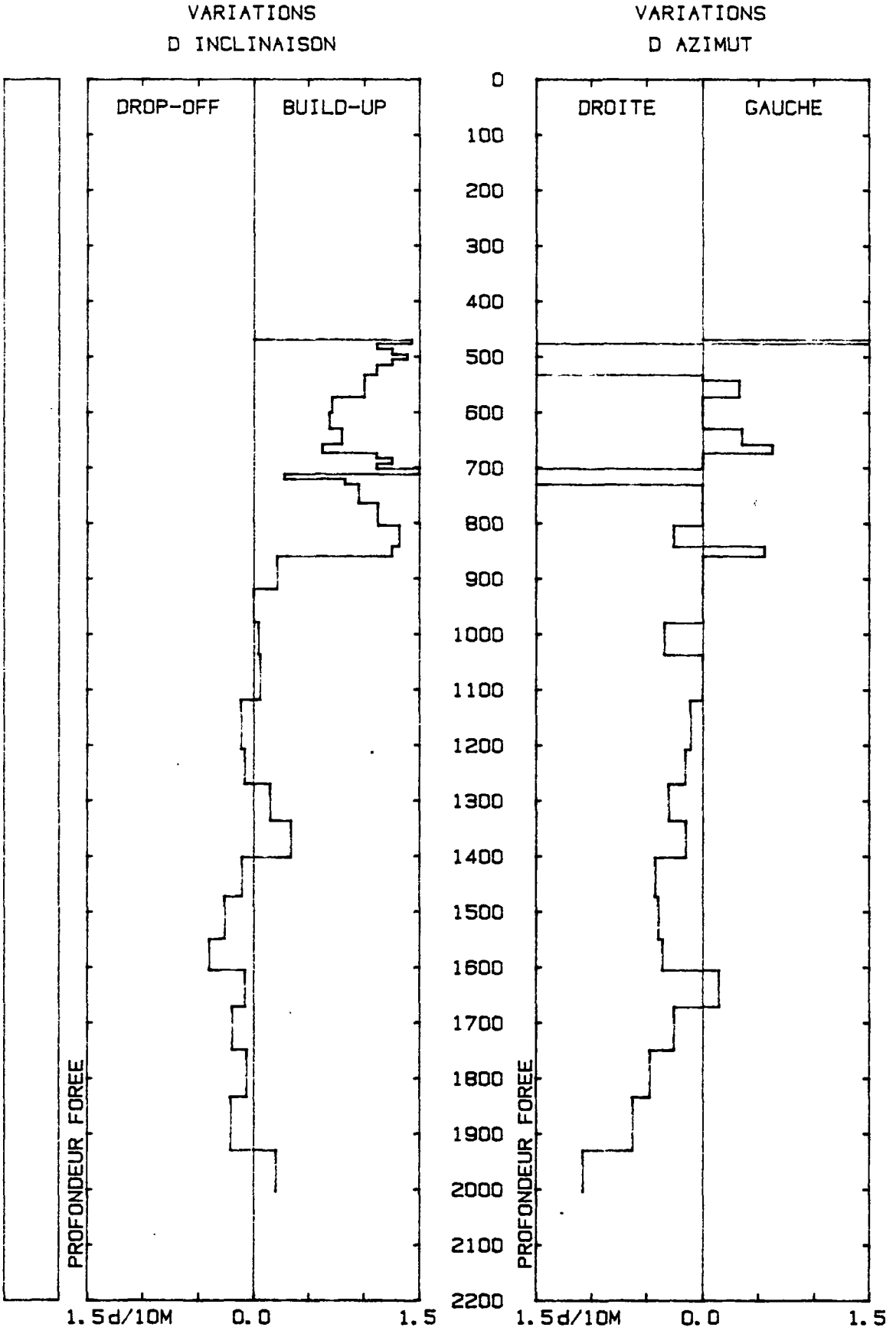

PROFIL VERTICAL
GCHM1
DEVIATION THEORIQUE
DEPL: 780 M
PROF: 1660 M
INCL: 37.0
KOP: 470 M
DOG-LEG SEVERITY
0 1 2 3
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
1721
1857
2013
2180
848
936
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

TRAJECTOIRE HORIZONTALE
GCHM1

DEVIATION THEORIQUE
DEPL : 780 M
AZGEO: S 45 E



GCHM1


VARIATIONS
D INCLINAISON
DROP-OFF
BUILD-UP
PROFONDEUR FOREE
1.5d/10M
0.0
1.5
VARIATIONS
D AZIMUT
DROITE
GAUCHE
PROFONDEUR FOREE
1.5d/10M
0.0
1.5
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
2200

I.2.3. ANALYSE DES TEMPS

Cette analyse comporte 15 postes correspondant à l'exécution des différentes opérations en cours de forage.

La durée en heure ou fraction d'heure de chaque poste est indiquée pour chacune des phases principales, et par rapport à la durée totale des travaux.

Le découpage des travaux montre trois périodes bien distinctes :

Forage sensu-stricto	:	751 1/2 heures
Instrumentation	:	582 1/2 heures
Intempéries	:	210 heures
Durée totale des travaux	:	1554 heures

Analyse n° 1 : Cette analyse prend en compte la durée totale des travaux, en y incluant les périodes d'instrumentation et d'arrêt pour cause d'intempéries, soit un total de 1544 heures de travail.

Analyse n° 2 : Cette analyse exclue les périodes d'instrumentation et d'arrêt pour cause d'intempéries. Il n'est donc pris en compte que les 751 1/2 heures de travail représentant l'exécution sensu-stricto de l'ouvrage.

Analyse n° 3 : Cette analyse représente le détail des travaux exécutés pendant la période d'instrumentation et de reprise du forage (période d'intempéries exclue) soit pendant 582 1/2 heures de travail.

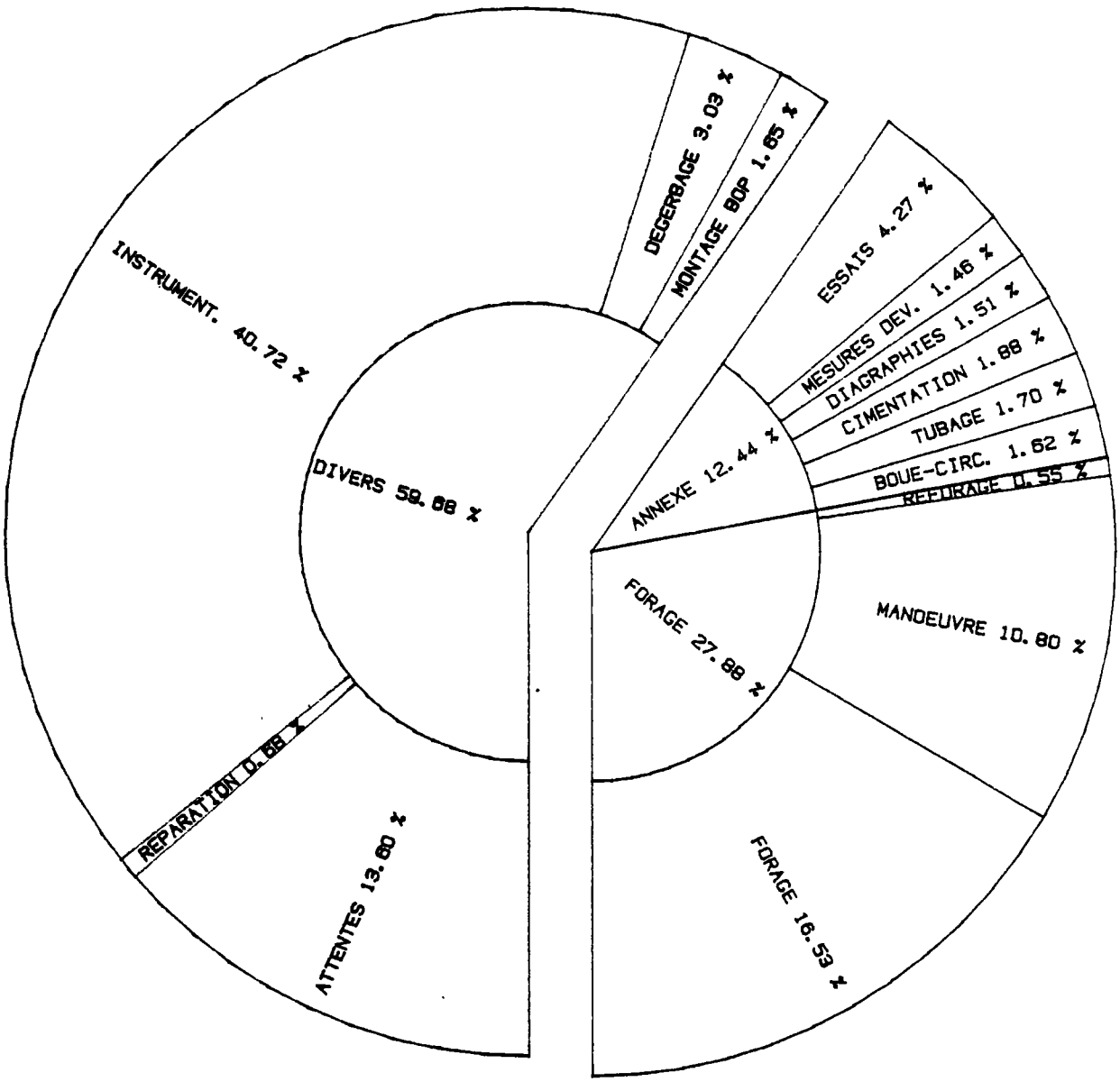
A N A L Y S E D E S T E M P S

(durée totale)

	PHASE 17" 1/2	PHASE 12" 1/4	PHASE 8" 1/2	PHASE 6"	TOTAL	POURCENTAGE
1 - FORAGE	29 3/4	194 1/4	6 1/4	25	255 1/4	16,53 %
2 - MANOEUVRE	28 1/4	85 3/4	19	33 3/4	166 3/4	10,80 %
3 - REFORAGE		5 3/4		2 3/4	8 1/2	0,55 %
4 - BOUE - CIRCULATION	6 3/4	14 3/4	1 1/2	2	25	1,62 %
5 - TUBAGE/DETUBAGE	5 3/4		12 1/4	8 1/4	26 1/4	1,70 %
6 - CIMENTATION	2		2 1/2		29	1,88 %
7 - APC	20 1/2		4			
8 - BOP - TETES DE PUITS	3	10 1/2		12	25 1/2	1,65 %
9 - DEVIATION (MESURES)		22	1/2		22 1/2	1,46 %
10 - DIAGRAPHIES			9	14 1/4	23 1/4	1,51 %
11 - INSTRUMENTATION		429	153 1/2	46 1/4	628 3/4	40,72 %
12 - ATTENTE DIVERSES		210			210	13,60 %
13 - TEST PRODUCTION				66	66	4,27 %
14 - REPARATION		5		5 1/2	10 1/2	0,60 %
15 - GERBAGE - DEGERBAGE		7	7 1/2	32 1/4	46 3/4	3,03 %
T O T A L	96	984	216	248	1544	100 %

GCHM 1
ANALYSE DES TEMPS

DUREE TOTALE DES TRAVAUX
1544 HEURES



TEMPS UTILE: 40.32 %
TEMPS MORT : 59.68 %

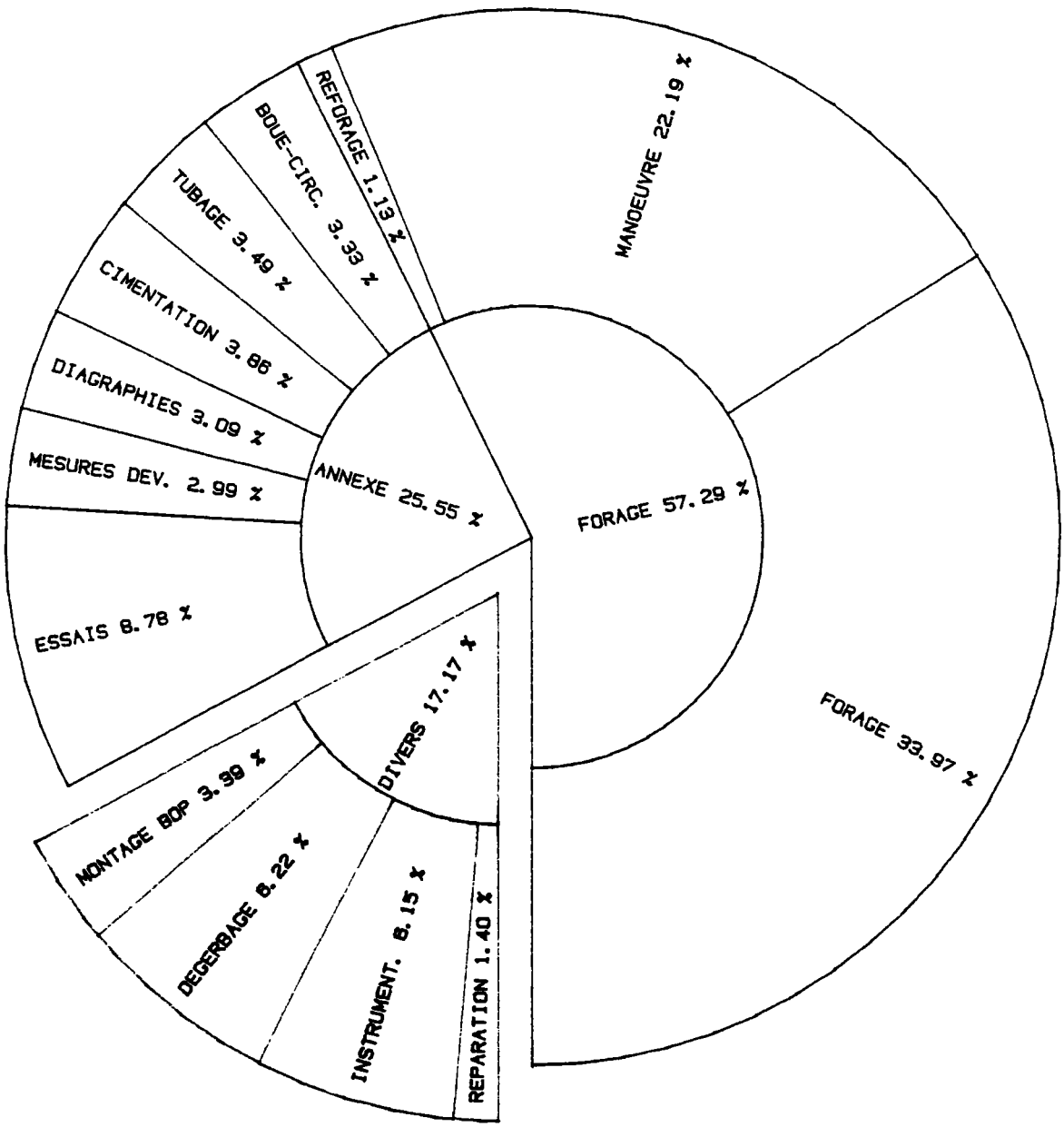
ANALYSE DES TEMPS

(hors période d'instrumentation et de gel)

	PHASE 17" 1/2	PHASE 12" 1/4	PHASE 8" 1/2	PHASE 6"	TOTAL	POURCENTAGE
1 - FORAGE	29 3/4	194 1/4	6 1/4	25	255 1/4	33,97 %
2 - MANOEUVRE	28 1/4	85 3/4	19	33 3/4	166 3/4	22,19 %
3 - REFORAGE		5 3/4		2 3/4	8 1/2	1,13 %
4 - BOUE - CIRCULATION	6 3/4	14 3/4	1 1/2	2	25	3,33 %
5 - TUBAGE/DETUBAGE	5 3/4		12 1/4	8 1/4	26 1/4	3,49 %
6 - CIMENTATION	2		2 1/2		29	3,86 %
7 - APC	20 1/2		4			
8 - BOP - TETES DE PUITS	3	10 1/2		12	25 1/2	3,39 %
9 - DEVIATION (MESURES)		22	1/2		22 1/2	2,99 %
10 - DIAGRAPHIES			9	14 1/4	23 1/4	3,09 %
11 - INSTRUMENTATION				46 1/4	46 1/4	6,15 %
12 - ATTENTE DIVERSES						
13 - TEST PRODUCTION				66	66	8,78 %
14 - REPARATION		5		5 1/2	10 1/2	1,40 %
15 - GERBAGE - DEGERBAGE		7	7 1/2	32 1/4	46 3/4	6,22 %
T O T A L	96	345	62 1/2	248	751 1/2	100 %

GCHM 1
ANALYSE DES TEMPS

DUREE TOTALE DES TRAVAUX
751 HEURES30



TEMPS UTILE: 82.83 %
TEMPS MORT : 17.17 %

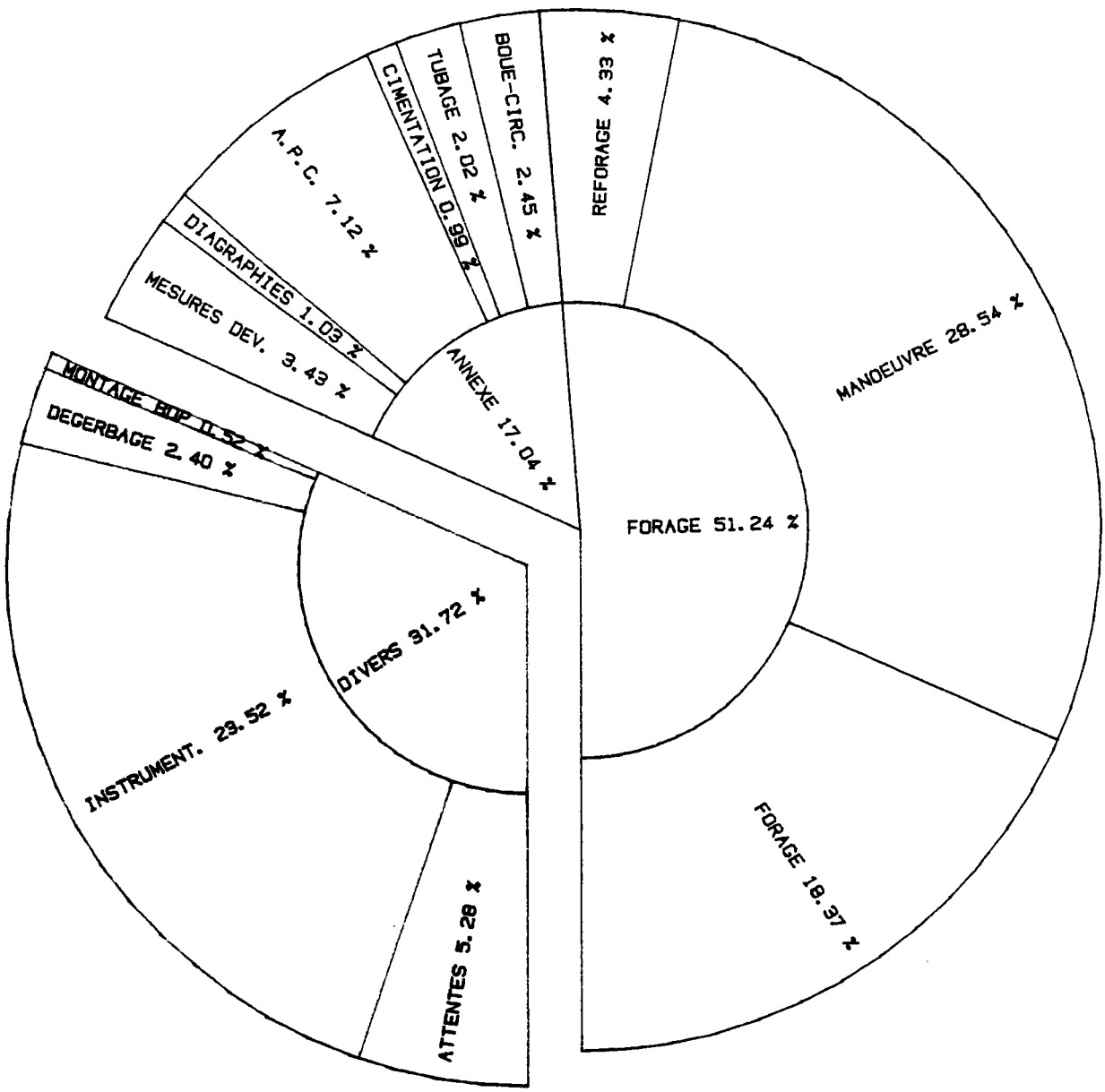
ANALYSE DES TEMPS

(Période d'instrumentation seule)

	PHASE 12" 1/4	PHASE 8" 1/2	TOTAL	POURCENTAGE
1 - FORAGE	30	77	107	18,37 %
2 - MANOEUVRE	123	43 1/4	166 1/4	28,64 %
3 - REFORAGE	10 1/4	15	25 1/4	4,33 %
4 - BOUE - CIRCULATION	10 1/2	3 3/4	14 1/4	2,45 %
5 - TUBAGE/DETUBAGE	11 3/4		11 3/4	2,02 %
6 - CIMENTATION	5 3/4		5 3/4	0,99 %
7 - APC	41 1/2		41 1/2	7,12 %
8 - BOP - TETES DE PUITS	3		3	0,52 %
9 - DEVIATION (MESURES)	11 1/4	8 3/4	20	3,43 %
10 - DIAGRAPHIES	6		6	1,03 %
11 - INSTRUMENTATION	133,1/4	3 3/4	137	23,52 %
12 - ATTENTE DIVERSES	30 3/4		30 3/4	5,28 %
13 - TEST PRODUCTION				
14 - REPARATION				
15 - GERBAGE - DEGERBAGE	12	2	14	2,40 %
T O T A L	429	153 1/2	582 1/2	100 %

GCHM 1
ANALYSE DES TEMPS

DUREE TOTALE DES TRAVAUX
582 HEURES30



TEMPS UTILE: 68.28 %
TEMPS MORT : 31.72 %

I.2.4. PERFORMANCES D'APPROFONDISSEMNT

PHASE	METRAGE	DUREE	MOYENNE (essais compris)
17" 1/2	435 m	96 h	108,75 m/j
12" 1/4	776 m	984 h	18,98 m/j
8" 1/2	793 m	216 h	88,11 m/j
6"	164 m	248 h	15,87 m/j
TOTAL	2168 m	1544 h	33,70 m/j
TOTAL hors instrumentation	2168 m	961 h 1/2	54,12 m/j
TOTAL hors instruentation et gel	2168 m	751 h 1/2	69,24 m/j

I.2.5. PERFORMANCE DE PENETRATION DES OUTILS DE FORAGE

Phase 17" 1/2	:	435 m	en	25 h 3/4	soit	16, 89 m/h
Phase 12" 1/4 (1)	:	1499 m	en	190 h 3/4	soit	7, 86 m/h
Phase 12" 1/4 (2)	:	532 m	en	29 h	soit	18, 34 m/h
Phase 8" 1/2	:	793 m	en	82 h	soit	9, 67 m/h
Phase 6"	:	164 m	en	25 h	soit	6, 56 m/h

Un total de 3423 m de forage a été exécuté en 352 h 1/2 de rotation, ce qui représente pour l'ensemble du forage un avancement instantané moyen de 9,71 m/h.

Si on ne prend pas en compte la période d'instrumentation, un total de 2168 m de forage a été exécuté en 255 h 1/4 de rotation, ce qui représente un avancement instantané moyen de 8,49 m/h.

PERFORMANCE DES OUTILS

NUMERO	DIAM.	TYPE	SERIE	COTE	METR.	TEMPS	MOY.
1	17"1/2	DR3	055PR	12	435	25H45	16.89
2	12"1/4	J4	686AN	447	23	1H15	18.40
3	12"1/4	R2	254LR	470	85	5H15	16.19
4	12"1/4	JD3	ZB361	555	270	8H15	32.73
5	12"1/4	JD3	ZB940	825	294	16H00	18.38
6	12"1/4	J22	261XS	1119	437	70H00	6.24
7	12"1/4	J22	465MS	1556	390	90H00	4.33
8	12"1/4	WM	684MR	691	50	3H30	14.29
9	12"1/4	WM	687MR	741	126	4H30	28.00
10	12"1/4	R4	084BR	867	247	9H30	26.00
11	12"1/4	JD3	ZB363	1114	109	11H30	9.48
12	8"1/2	WM	796PR	1223	10	1H45	5.71
13	8"1/2	JD3	528WK	1233	199	20H15	9.83
14	8"1/2	J22	066HL	1432	584	60H00	9.73
15	6"	WM	524NR	2016	10	1H00	10.00
16	6"	J4	160YF	2026	154	24H00	6.42

NUMERO	WOB	RPM	Q	P	TBG	DUSES
1	15	90	2000	35	622	
2	15	80	2000	35	110	
3	7	TF	1400	45	241	
4	30	80	2200	85	511	16/16/16
5	18	100	1800	75	611	16/16/16
6	22	80	2000	140	141	13/13/13
7	20	90	1800	125	888	13/13/13
8	6	TF	1600	45	111	
9	18	90	1800	35	231	
10	18	90	1800	70	622	16/16/16
11	18	90	1800	70	531	16/16/16
12	18	90	1600	80	331	
13	18	90	1600	80	310	16/16/16
14	23	90	1800	85	141	15/15/15
15	8	80	1200	55	341	
16	12	80	1400	75	322	

GCHM1

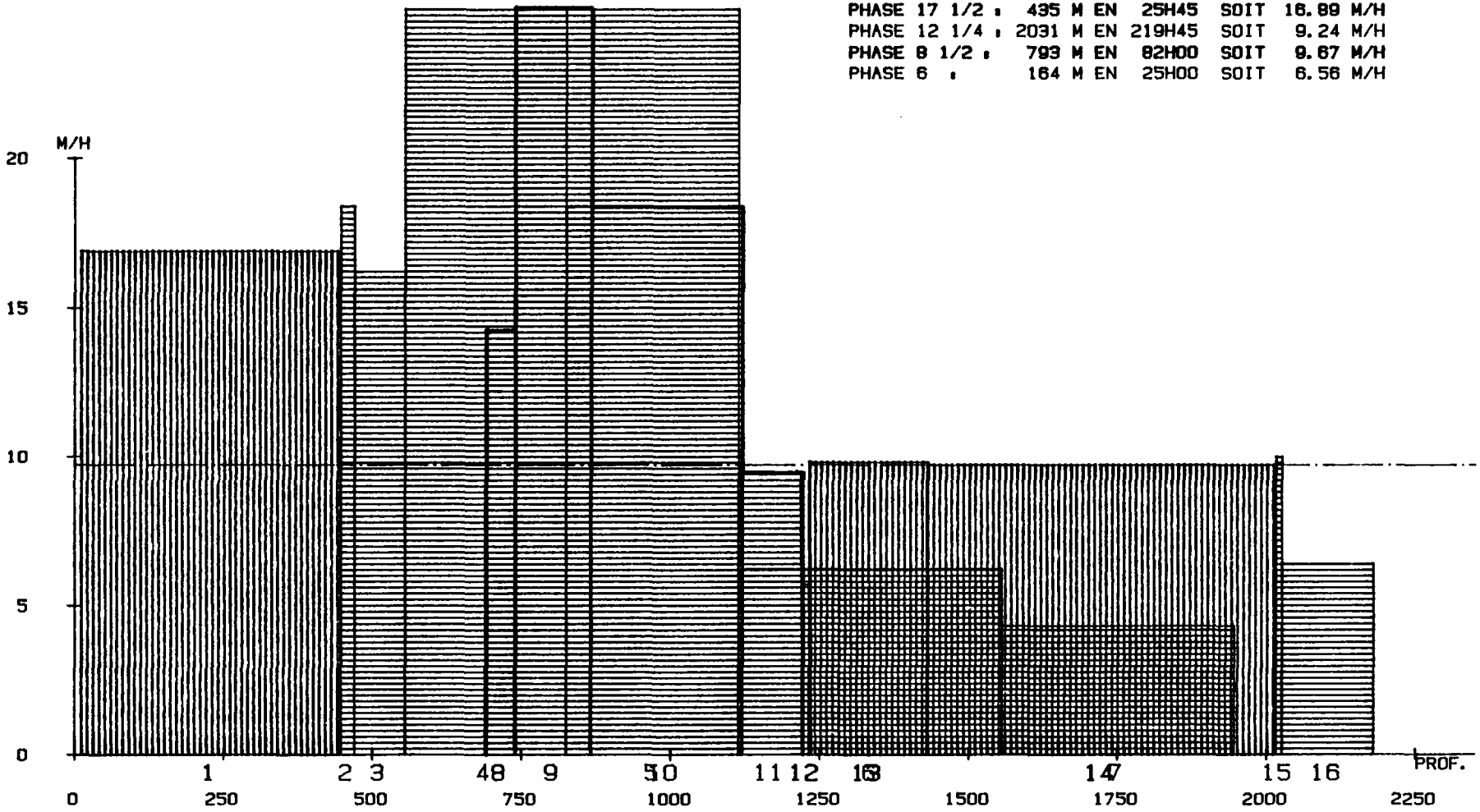
PERFORMANCE DES OUTILS

METRAGE TOTAL: 3423 M

TEMPS DE FORAGE: 352H30

AVANCEMENT: 9.71 M/H

PHASE 17 1/2 :	435 M EN	25H45	SOIT	16.89 M/H
PHASE 12 1/4 :	2031 M EN	219H45	SOIT	9.24 M/H
PHASE 8 1/2 :	793 M EN	82H00	SOIT	9.67 M/H
PHASE 6 :	164 M EN	25H00	SOIT	6.56 M/H



I.2.6. TUBAGES ET CIMENTATION

1 - Colonne 13 3/8

Ce tubage a été installé depuis la surface (dans la cave à 3,43 m sous le sol), jusqu'à 445 m de profondeur. Il couvre les formations tertiaires et les craies à silex du Senonien. Il constitue d'autre part la chambre de pompage et supporte la tête de puits.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal API
- un anneau soupape API avec réceptacle pour innerstring
- 4 tubes 13" 3/8 API, 54.5 lbs/ft, K 55 (42,70 m)
- un raccord 13" 3/8 API X VAM
- 31 tubes 13" 3/8 VAM, 54.5 lbs/ft, K 55 (397,75 m)
- 10 centreurs 13 3/8 x 17 1/2
- 8 stop-collars

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

La cimentation a été exécuté par les tiges (innerstring)

Ciment : 43 t de CPA 55

Laitier : 36 m^3 à d : 1,80 - 1,78

Chasse : 3,2 m^3 d'eau

2. Colonne 9" 5/8

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'à 1222 m de profondeur, puis coupé à 390 m. Il couvre et protège la formation aquifère de l'Albien, les formations tendres du Nécocomien et a été descendu aussi bas qu'il a été possible dans les formations sous-jacentes.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal Buttress
- un anneau soupape Buttress
- une DV (stage collar) Buttress
- 64 tubes 9" 5/8 VAM, 40 lbs/ft, K 55 (829,93 m)

COLONNE 13"3/8

-POIDS NOMINAL : 54.5 LBS/FT
-EPAISSEUR : 9.65MM
-GRADE : K55
-FILETAGE : API-VAM
-COTE DU SABOT : 445.00 M

NO ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
SABOT	0.35	0.35	444.65
1	11.65	12.00	433.00
ANNEAU	0.51	12.51	432.49
2	10.19	22.70	422.30
3	10.67	33.37	411.63
4	10.19	43.56	401.44
REDUCT	0.26	43.82	401.18
5	13.09	56.91	388.09
6	12.61	69.52	375.48
7	13.13	82.65	362.35
8	13.02	95.67	349.33
9	12.89	108.56	336.44
10	10.18	118.74	326.26
11	11.34	130.08	314.92
12	13.04	143.12	301.88
13	10.18	153.30	291.70
14	13.43	166.73	278.27
15	12.95	179.68	265.32
16	13.57	193.25	251.75
17	12.90	206.15	238.85
18	12.91	219.06	225.94
19	13.44	232.50	212.50
20	13.30	245.80	199.20
21	12.95	258.75	186.25
22	13.27	272.02	172.98
23	13.26	285.28	159.72
24	13.30	298.58	146.42
25	13.37	311.95	133.05
26	13.54	325.49	119.51
27	13.40	338.89	106.11
28	13.45	352.34	92.66
29	9.99	362.33	82.67
30	12.58	374.91	70.09
31	13.57	388.48	56.52
32	13.13	401.61	43.39
33	13.20	414.81	30.19
34	13.36	428.17	16.83
35	13.40	441.57	3.43

- 45 centreurs spiralés 9" 5/8 x 12" 1/4

- 3 centreurs positifs 9" 5/8 x 12" 1/2

- 3 gratteurs

- 96 stop collars

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

La cimentation a été exécuté en deux étages : seul le premier étage (1222 - 395 m) a été ciemnté, la deuxième partie du tubage (390 - surface) étant ultérieurement coupée et remontée pour dégager la chambre de pompage.

Ciment : 37 T de classe G

laitier : 33 m^3 à d = 1,75

Chasse : 47,6 m^3 de boue

Puis ouverture de la DV, circulation et fermeture pour évacuer l'excès de ciment dans l'annulaire du 2 ème étage.

3. Colonne 7"

Ce tubage a installé au toit du Dogger (2013 m) et a été ancré dans le casing 9" 5/8 au moyen d'un liner-hanger à 1173 m.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot soupape 7" VAM

- un landing collar 7" VAM

- un raccord 7" API X VAM

- un liner swivel 7" API

- un liner-hanger 7" x 9" 5/8 BROWN type C mécanique

- 68 tubes 7" VAM, 26 lbs/ft, K 55 (836.03 m)

- 65 centreurs droits 7" x 8" 1/2

- 5 centreurs positifs 7"

- 140 stop collars 7"

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

La cimentation été exécuté par les tiges (cimentation de liner)

COLONNE 9"5/8

-POIDS NOMINAL : 40.0 LBS/FT
-EPAISSEUR : 10.03MM
-GRADE : K55
-FILETAGE : VAM
-COTE DU SABOT : 1222.00 M

NO ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
SABOT	0.31	0.31	1221.69
1	13.52	13.83	1208.17
2	13.32	27.15	1194.85
ANNEAU	0.73	27.88	1194.12
3	13.18	41.06	1180.94
4	10.17	51.23	1170.77
5	9.65	60.88	1161.12
6	10.15	71.03	1150.97
7	13.21	84.24	1137.76
8	13.35	97.59	1124.41
9	13.15	110.74	1111.26
10	13.40	124.14	1097.86
11	13.36	137.50	1084.50
12	13.24	150.74	1071.26
13	13.52	164.26	1057.74
14	13.45	177.71	1044.29
15	13.47	191.18	1030.82
16	13.20	204.38	1017.62
17	13.17	217.55	1004.45
18	13.36	230.91	991.09
19	13.11	244.02	977.98
20	13.52	257.54	964.46
21	13.29	270.83	951.17
22	13.31	284.14	937.86
23	13.36	297.50	924.50
24	13.26	310.76	911.24
25	13.20	323.96	898.04
26	13.40	337.36	884.64
27	13.29	350.65	871.35
28	13.52	364.17	857.83
29	13.12	377.29	844.71
30	13.38	390.67	831.33
31	12.67	403.34	818.66
32	13.15	416.49	805.51
33	13.12	429.61	792.39
34	13.32	442.93	779.07
35	13.12	456.05	765.95
36	13.21	469.26	752.74
37	13.20	482.46	739.54
38	13.00	495.46	726.54
39	13.35	508.81	713.19
40	13.06	521.87	700.13
41	12.89	534.76	687.24
42	13.40	548.16	673.84
43	13.14	561.30	660.70
44	13.21	574.51	647.49
45	13.21	587.72	634.28
46	13.17	600.89	621.11
47	13.09	613.98	608.02
48	13.31	627.29	594.71

NO ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
49	13.10	640.39	581.61
50	13.01	653.40	568.60
51	13.09	666.49	555.51
52	12.77	679.26	542.74
53	13.39	692.65	529.35
54	13.56	706.21	515.79
55	12.56	718.77	503.23
56	13.26	732.03	489.97
57	13.26	745.29	476.71
58	13.31	758.60	463.40
59	13.26	771.86	450.14
60	13.35	785.21	436.79
61	13.50	798.71	423.29
62	13.56	812.27	409.73
63	13.41	825.68	396.32
DV	1.03	826.71	395.29
64	5.29	832.00	390.00

COLONNE 7"

-POIDS NOMINAL : 26.0 LBS/FT
-EPAISSEUR : 9.19MM
-GRADE : K55
-FILETAGE : VAM
-COTE DU SABOT : 2013.00 M

NO ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
SABOT	0.41	0.41	2012.59
1	12.94	13.35	1999.65
2	12.54	25.89	1987.11
ANNEAU	0.27	26.16	1986.84
3	9.43	35.59	1977.41
4	9.56	45.15	1967.85
5	12.80	57.95	1955.05
6	12.71	70.66	1942.34
7	12.60	83.26	1929.74
8	12.78	96.04	1916.96
9	12.72	108.76	1904.24
10	12.77	121.53	1891.47
11	12.95	134.48	1878.52
12	12.45	146.93	1866.07
13	12.39	159.32	1853.68
14	13.01	172.33	1840.67
15	12.76	185.09	1827.91
16	12.68	197.77	1815.23
17	12.69	210.46	1802.54
18	12.60	223.06	1789.94
19	12.33	235.39	1777.61
20	12.38	247.77	1765.23
21	12.43	260.20	1752.80
22	12.65	272.85	1740.15
23	12.52	285.37	1727.63
24	12.37	297.74	1715.26
25	12.60	310.34	1702.66
26	12.34	322.68	1690.32
27	12.37	335.05	1677.95
28	12.51	347.56	1665.44
29	12.93	360.49	1652.51
30	12.41	372.90	1640.10
31	12.49	385.39	1627.61
32	12.76	398.15	1614.85
33	12.42	410.57	1602.43
34	12.75	423.32	1589.68
35	12.13	435.45	1577.55
36	12.45	447.90	1565.10
37	12.91	460.81	1552.19
38	12.68	473.49	1539.51
39	12.85	486.34	1526.66
40	12.47	498.81	1514.19
41	12.52	511.33	1501.67
42	12.98	524.31	1488.69
43	12.97	537.28	1475.72
44	12.40	549.68	1463.32
45	12.47	562.15	1450.85
46	12.74	574.89	1438.11
47	12.53	587.42	1425.58
48	12.73	600.15	1412.85

NO ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
49	12.77	612.92	1400.08
50	12.59	625.51	1387.49
51	11.18	636.69	1376.31
52	9.98	646.67	1366.33
53	12.68	659.35	1353.65
54	9.17	668.52	1344.48
55	9.52	678.04	1334.96
56	9.33	687.37	1325.63
57	9.36	696.73	1316.27
58	9.29	706.02	1306.98
59	13.15	719.17	1293.83
60	13.22	732.39	1280.61
61	13.23	745.62	1267.38
62	13.35	758.97	1254.03
63	13.19	772.16	1240.84
64	12.53	784.69	1228.31
65	12.96	797.65	1215.35
66	13.28	810.93	1202.07
67	12.90	823.83	1189.17
68	12.88	836.71	1176.29
L-H	3.29	840.00	1173.00

Fluid spacer : 5 m^3

Ciment : 17 T de CPA 55

Laitier : 15 m^3 à d = 1,72 - 1,74 (2 % bentonite)

Chasse : 26 m^3 de boue

I.2.7. BOUES DE FORAGE

La société IMCO a fourni les produits, le laboratoire et le personnel spécialisé dans le fabrication des boues de forage.

Les caractéristiques des boues ainsi que les consommations des produits sont données ci-après phase par phase.

Phase 17 1/2 (12 m - 447 m)

Forage des formation tertiaires et de la craie à la boue bentonitique simple

densité : 1,12
viscosité : 55 sec (API)
filtrat : non contrôlé
volume des boues fabriqué au cours de la phase : 410 m^3

Phase 12 1/4 (447 m - 1946 m)

Forage à la boue aux polymères

densité : 1,08 à 1,12
viscosité : 43 à 48 sec (API)
filtrat : 5,8 à 7 cm^3/30 mm (API)

La densité est maintenue par traitement mécanique poussé
Volume total des boues fabriqué au cours de la phase : 1248 m^3

Phase instrumentation (690 - 1946 m)

Boue aux polymères - pendant les phases de forage en 12" 1/4 et en 8" 1/2 les caractéristiques du fluide ont été ajustées pour obtenir :

densité : 1,10 0 1,12
viscosité : 42 à 46 sec (API)
filtrat : 6 à 8 cm^3/30 mm (API)

La boue a été traitée lors des contaminations occasionnées par les nécessités de l'instrumentation ou par la cimentation du tubage 9" 5/8.

Volume totale de boue fabriquée pendant cette phase : 674 m^3

Phase 8" 1/2 (1946 - 2016 m)

Forage à la boue aux polymères identique à celle des phases précédentes.

Densité : 1,10 à 1,12
viscosité : 41 à 45 sec (API)
filtrat : 6 à 8 cm^3/30 mn (API)

Volume total des boues fabriquée au cours de la phase : 40 m^3

Phase 6" (2016 - 2180 m)

Forage du réservoir avec un fluide à base de biopolymère dégradables - densité contrôlée à la saumure.

densité : 1,07
viscosité : 38 à 41 sec (API)
filtrat : non contrôlé

Volume total des boues fabriqué au cours de la phase : 154 m^3

GCHM 1	PHASE 17" 1/2	PHASE 12" 1/4 avant instrum	12" 1/4 instr.	8" 1/2 instr.	PHASE 8" 1/2	PHASE 6"	TOTAL
Eau de fabrication(m^3)	410	1 248	371	303	40	154	2 526
Bentonite IMCOGEL	19 550	3 150		4 100	700		27 500
Bentonite TR GEL	-	21 850	6 850	1 150			29 850
Soude	425	1 195	450		25		2 095
Drill pac HV		1 875	722	407			3 004
Antisol 30 000				50	150		200
Drill pac LV		3 100	814	252			4 166
Antisol 100				550	175		725
CMC LVT		1 800	725	1 250	750		4 525
Paraformaldehyde		450	175	75			700
Petrogil		1 270	50	100			1 420
MD (détergent)		100	300	130			530
RD 2000		700	300	100	200		1 300
Bicarbonate de soude	*	50	250	400	40		740
Anti-mousse (bevaloïd)		20	20				40
Carbonate de sodium	*		160	400			560
Baryte			3 000		600		3 600
Chaux			500				500
Kenol's			600				600
Free pipe			800				800
Flogel						800	800
Sel						15 750	15 750
Ejection	299	712	215	201	245	89	1 761
Pertes surface	76	272	205	79	17	5	654
Pertes terrain	35	-	16	-	-	60	111

I.2.8. DIAGRAPHIES

Pendant la réalisation de l'ouvrage, des diagraphies ont été effectuées par la société Schlumberger de façon à préciser les paramètres géologiques et physiques déterminant la construction de l'ouvrage et la qualité des formations traversées.

La société Schlumberger est également intervenue pour les besoins de l'instrumentation.

Avant le tubage 9 5/8

- BGL géométrie de trou	445 - 1222 m
- GR Gamma-Ray	445 - 1222 m

Avant le tubage 7"

- BGL géométrie de trou	1150 - 2012 m
- GR Gamma-Ray	1150 - 2012 m
- LDL : Log de densité	1480 - 1830 m

Après le tubage 7"

- CBL log de cimentation	1175 - 2013 m
	400 - 1173 m

Dans le réservoir

- GR Gamma ray	2013 - 2180 m
- LDL log de densité	2013 - 2180 m
- ETT log de reference de corrosion	400 - 2010 m

Instrumentation

- BGL géométrie du forage	445 - 885 m
- SIT Extensiométrie et Back-off	850 - 1000 m

I.2.9. CONSOMMATION FUEL

La consommation totale de fuel pendant la durée du forage s'est élevée à 232,5 m^3, soit une moyenne de 3,58 m^3/jour.

La répartition de cette consommation est la suivante :

Phase de forage (32 jours)	120 m^3	,soit :	3,75 m^3/jour
Phase d'intempéries (9 jours)	24,5 m^3	,soit :	2,72 m^3/jour
Phase d'instrumentation (24 jours)	88 m^3	,soit :	3,67 m^3/jour

- CHAPITRE II -

RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE DE REINJECTION GCHM2

-=-=-=-

II. 1 . INTRODUCTION

Le forage GCHM 2 constitue le puits d'injection du doublet de l'opération géothermique de CHAMPIGNY-SUR-MARNE.

La Maîtrise de l'Ouvrage a été déléguée par le ville de Champigny à la SODEDAT 93.

La Maîtrise d'Oeuvre des opérations en sous-sol a été confiée au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.).

Le présent rapport retrace les travaux et les résultats obtenus sur le forage d'injection GCHM 2.

II. 2 . RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

Toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport sont exprimées en mètre par rapport à la surface du sol.

II.2.1. HISTORIQUE DU FORAGE

Début des travaux le	:	12.02.85	à	12 H 00
Fin des travaux le	:	28.03.85	à	20 H 00
Durée totale du forage	:	44 jours et 8 heures		

LISTE DES ENTREPRISES ETANT INTERVENUES POUR

LA REALISATION DES TRAVAUX

MAITRISE D'OEUVRE :	Département Géothermie du B.R.G.M.
GEOTECHNIQUE :	B.R.G.M.
GENIE CIVIL :	BOURDIN ET CHAUSSE
FORAGE :	GEOFOR
FUEL :	MONTENAY
TETES DE PUITS :	MAPEGAZ
TUBAGES :	VALLOUREC - BRUN FRERES
EQUIPEMENT TUBAGES ET VISSAGE :	WEATHERFORD
OUTILS :	HUGHES TOOL
BOUE :	IMCO
SERVICES CIMENTATION :	HALLIBURTON
MATERIEL CIMENTATION :	HALLIBURTON
DIAGRAPHIES FORAGE :	SCHLUMBERGER
DIAGRAPHIES PRODUCTION :	COPGO-HUNTING
DEVIATION :	TOP SERVICES
ACIDE :	HYDROCURE
CITERNAGE ET TRAITEMENT :	STB H 2 O
TRANSPORTS :	SAVONRICE
CONTROLE GEOLOGIQUE :	SCI + BRGM (Département Géothermie)
AIR LIFT :	MASSE

II.2.2. COMPTE-RENDU JOURNALIER DES OPERATIONS

Le compte rendu journalier des opérations prend en compte les opérations effectuées jour par jour à partir de 4 h 00 le matin du jour concerné, jusqu'au lendemain 4 h 00.

1 - 12.02.85 : Début des travaux à 12 h 00
Forage en 17"1/2 de 12 à 84 m

Avancement : 72 m

2 - 13.02.85 : Forage en 17"1/2 de 84 à 141 m
Elargissage en 23" de 12 à 82 m

Avancement : 57 m

3 - 14.02.85 : Elargissage en 23" de 82 à 141 m
Descente du tubage 18"5/8 à 140,5 m
Cimentation du tubage 18"5/8
Attente de séchage du ciment

4 - 15.02.85 : Attente de séchage du ciment
Reforage du ciment et du matériel de cimentation
Forage en 17"1/2 de 141 à 192 m

Avancement : 51 m

5 - 16.02.85 : Forage en 17"1/2 de 192 à 468 m

Avancement : 276 m

6 - 17.02.85 : Forage en 17"1/2 de 468 à 470 m
Préparation de la garniture de déviation
Turboforage en 17"1/2 de 470 à 535 m

Avancement : 67 m

7 - 18.02.85 : Turboforage en 17"1/2 de 535 à 637 m

Avancement : 102 m

8 - 19.02.85 : Turboforage en 17"1/2 de 637 à 688 m
Changement de l'outil
Reforage de 670 à 688 m

Avancement : 51 m

9 - 20.02.85 : Turboforage en 17"1/2 de 688 à 714 m
Changement de la garniture de déviation
Gerbage des nouveaux drill-collars 8"1/4 spiralés

Avancement : 26 m

10 - 21.02.85 : Descente à 450 m et reforage du build-up de 450 à 714 m
Forage en 17"1/2 de 714 à 818 m

Avancement : 104 m

11 - 22.02.85 : Forage en 17"1/2 de 818 à 883 m
Changement de l'outil et modification de la garniture de déviation
Reforage de 460 à 606 m

Avancement : 65 m

12 - 23.02.85 : Reforage de 606 à 883 m
Forage en 17"1/2 de 883 à 918 m
Short-trip de contrôle à 875 m
Forage en 17"1/2 de 918 à 927 m
Remontée de l'outil au jour

Avancement : 44 m

13 - 24.02.85 : Descente et reforage de 917 à 927 m
Forage en 17"1/2 de 927 à 1025 m
Changement outil et stabilisateur

Avancement :98 m

14 - 25.02.85 : Reforage de 1019 à 1025 m
Forage en 17"1/2 de 1025 à 1080 m
Remontée de l'outil
Diagraphies de la phase

Avancement : 55 m

15 - 26.02.85 : Diagraphies de la phase
Contrôle du forage et reforage de 1070 à 1080 m
Descente du tubage 13" 3/8 à 1078 m
Cimentation du tubage

16 - 27.02.85 : Cimentation du tubage 13"3/8
Attente de séchage du ciment
Cimentation complémentaire en tête
Modification de la tête de puits

17 - 28.02.85 : Montage et test des BOP
Dégerbage des drill-collars 9"1/2
Reforage du ciment et du matériel de cimentation
Forage en 12"1/4 de 1080 à 1087 m
Changement de l'outil et de la garniture de forage

Avancement : 7 m

18 - 01.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1087 à 1129 m
Short trip de contrôle au sabot (traction + 45 T)
Reforage de 1078 à 1129 m
Forage en 12" 1/4 de 1129 à 1155 m

Avancement : 68 m

19 - 02.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1155 à 1159 m
Changement de la garniture pour correction d'azimut
Turboforage en 12"1/4 de 1159 à 1187 m

Avancement : 32 m

20 - 03.03.85 : Turboforage en 12"1/4 de 1187 à 1212 m
Modification de la garniture de déviation
Reforage de 1190 à 1212 m
Forage en 12"1/4 de 1212 à 1226 m

Avancement : 39 m

21 - 04.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1226 à 1253 m
Modification de la garniture de déviation
Reforage de 1245 à 1253 m
Forage en 12"1/4 de 1253 à 1284 m

Avancement : 58 m

22 - 05.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1284 à 1331 m
Modification de la garniture de déviation
Forage en 12"1/4 de 1331 à 1363 m

Avancement : 79 m

23 - 06.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1363 à 1376 m
Changement de la coulisse et test
Reforage de 1310 à 1376 m
Forage en 12"1/4 de 1376 à 1398 m

Avancement : 35 m

24 - 07.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1398 à 1426 m
Contrôle et reforage de 1192 à 1208 m
Forage en 12"1/4 de 1426 à 1441 m

Avancement : 43 m

25 - 08.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1441 à 1498 m

Avancement : 57 m

26 - 09.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1498 à 1519 m
Short-trip au sabot et reforage de 1403 à 1430 m
Forage en 12"1/4 de 1519 à 1546 m

Avancement : 48 m

27 - 10.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1546 à 1616 m
Short-trip au sabot
Forage en 12"1/4 de 1616 à 1623 m

Avancement : 77 m

28 - 11.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1623 à 1674 m

Avancement : 51 m

29 - 12.03.85 : Forage en 12" 1/4 de 1674 à 1730 m
Changement de l'outil de forage
Forage en 12"1/4 de 1730 à 1735 m

Avancement : 61 m

30 - 13.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1735 à 1769 m
Short-trip au sabot
Reforage de 1516 à 1550 et de 1727 à 1769 m
Forage en 12"1/4 de 1769 à 1797 m

Avancement : 62 m

31 - 14.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1797 à 1872 m
Remontée de l'outil en cours

Avancement : 75 m

32 - 15.03.85 : Remontée de l'outil au jour et changement
Reforage de 11450 à 1872 m
Forage en 12"1/4 de 1872 à 1881 m

Avancement : 9 m

33 - 16.03.85 : Forage en 12"1/4 de 1881 à 1955 m
Short-trip au sabot (traction + 50 T)

Avancement : 74 m

34 - 17.03.85 : Reforage de 1840 à 1955 m
Remontée de l'outil au jour
Diagraphies de la phase 12"1/4
Contrôle du forage
Forage en 12"1/4 de 1955 à 1957 m
Remontée de l'outil en cours

Avancement : 2 m

35 - 18.03.85 : Remontée de l'outil au jour et dégerbage du matériel de déviation
Descente du tubage 9"5/8 à 1955 m
Cimentation du premier étage

36 - 19.03.85 : Attente de séchage du ciment
Cimentation du deuxième étage
Ancrage du casing et dégerbage des DC 8"1/4

37 - 20.03.85 : Dégerbage des DC 8"1/4 et test des BOP et du casing
Reforage du ciment et du matériel de cimentation
Forage en 8"1/2 de 1957 à 2046 m

Avancement : 89 m

38 - 21.03.85 : Forage en 8"1/2 de 2046 à 2094 m
Remontée de l'outil au jour
Diagraphies de réservoir plus ETT et CBL

Avancement : 48 m

39 - 22.03.85 : Fin des diagraphies de réservoir
Descente des tiges à 1538
Attente pour vidange des bourbiers

40 - 23.03.85 : Attente pour vidange des bourbiers
Mise en eau du puits
Stimulation par acidification (3 bouchons)

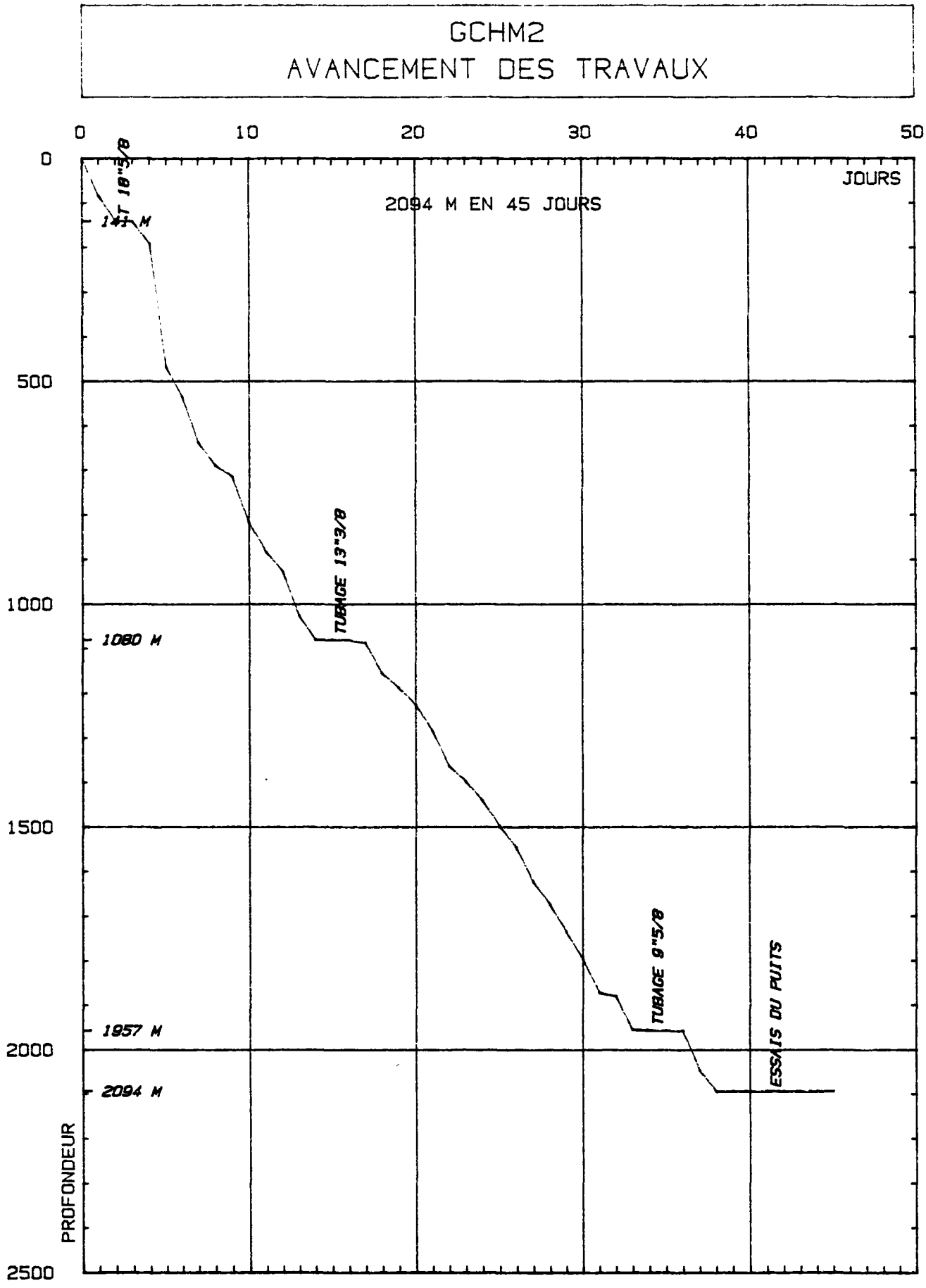
41 - 24.03.85 : Mesure du débit artésien et de la température
Mesure de la remontée de pression
Diagraphies de production

42 - 25.03.85 : Diagraphies de production

43 - 26.03.85 : Essais d'interférence entre les deux puits

44 - 27.03.85 : Test d'injectivité et mise sous contrôle des 2 puits
Dégerbage du matériel de forage

45 - 28.03.85 : Dégerbage du matériel de forage
Démontage des BOP et montage de la tête de puits
Fin des travaux à 20 h 00


GCHM2
AVANCEMENT DES TRAVAUX
0
10
20
30
40
50
JOURS
2094 M EN 45 JOURS
0
500
1000
1500
2000
2500
PROFONDEUR
141 M
1080 M
1957 M
2094 M
TUBAGE 13"3/8
TUBAGE 9"5/8
ESSAIS DU PUITS

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE

La coupe technique ci-après résume l'état du forage en fin de travaux :

Tube technique Ø 770 mm	de	4	à	12 m
Tubage 18"5/8	de	4	à	140,5 m
Tubage 13"3/8	de	3.5	à	1078 m
Tubage 9"5/8	de	3.5	à	1955 m
Forage 8"1/2	de	1957	à	2094 m

Les coordonnées Lambert de la tête de puits sont :

X = 616 644,5

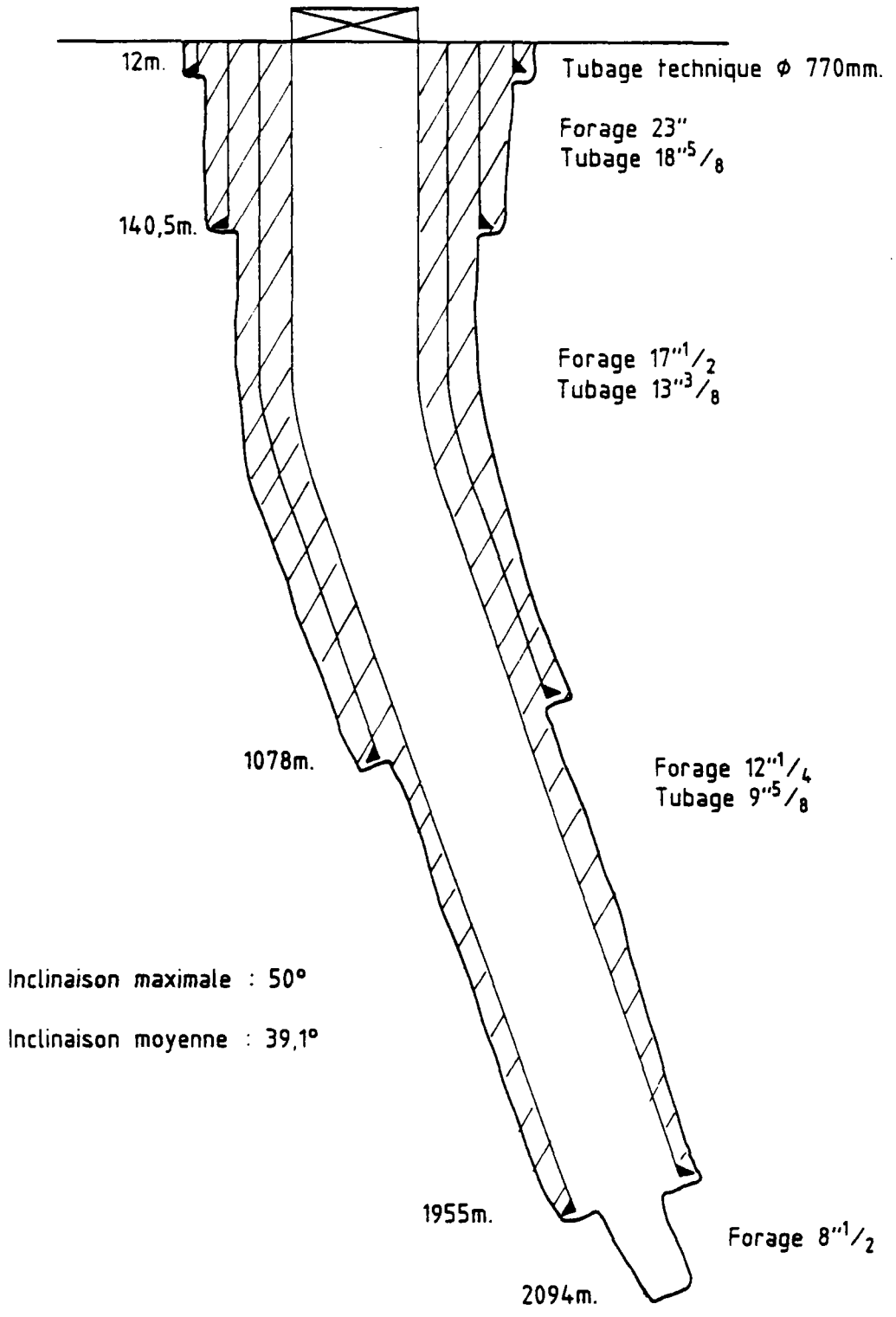
Y = 122 196,8

Z = + 103 NGF

Les mesures effectuées au cours de la déviation permettent de définir les paramètres du forage au toit et au mur du réservoir :

	TOIT	MUR
Profondeur forée	1955 m	2094 m
Profondeur verticale	1653 m	1769 m
Déplacement	831 m	907 m
Azimut géographique	N 33 E	N 34 E
Coordonnées Lambert		
X	617 099,4	617 146
Y	122 894,6	122 954,6
Z	- 1550 m NGF	- 1666 m NGF

G C H M - 2


12m.
Tubage technique ϕ 770mm.
Forage 23"
Tubage 18"5/8
140,5m.
Forage 17"1/2
Tubage 13"3/8
1078m.
Forage 12"1/4
Tubage 9"5/8
Inclinaison maximale : 50°
Inclinaison moyenne : 39,1°
1955m.
Forage 8"1/2
2094m.

FORAGE GCHM2

MESURES DE DEVIATION

DECLINAISON : 4.00 W

MESURE NUMERO	PROF. FOREE	INCL. MESUREE	AZIMUT MAGNET.	PROF. VERTICALE	COORD. N/S	COORD. E/W	DEPL. TOTAL	AZIMUT BEO.	DLS
KOP	469	0.50	N 49.00 E	469.0	N 0.0	E 0.0	0.0		
1	472	0.75	N 42.00 E	472.0	N 0.0	E 0.0	0.0	N 41.5 E	0.87
2	491	1.50	N 30.00 E	491.0	N 0.3	E 0.2	0.4	N 32.8 E	0.41
3	510	3.00	N 15.00 E	510.0	N 1.0	E 0.5	1.1	N 23.5 E	0.84
4	519	3.75	N 15.00 E	519.0	N 1.6	E 0.6	1.7	N 19.6 E	0.83
5	536	6.00	N 21.00 E	537.9	N 3.1	E 0.9	3.3	N 16.6 E	1.21
6	547	7.00	N 21.00 E	546.8	N 4.1	E 1.2	4.3	N 16.9 E	1.11
7	557	7.75	N 22.00 E	556.8	N 5.3	E 1.6	5.6	N 17.0 E	0.76
8	567	8.75	N 22.00 E	566.7	N 6.7	E 2.1	7.0	N 17.2 E	1.00
9	577	9.75	N 21.00 E	576.5	N 8.2	E 2.6	8.6	N 17.3 E	1.01
10	595	11.50	N 19.00 E	594.2	N 11.4	E 3.5	11.9	N 16.9 E	0.99
11	603	11.25	N 11.00 E	602.1	N 13.0	E 3.8	13.5	N 16.2 E	2.00
12	613	11.00	N 14.00 E	611.9	N 14.9	E 4.1	15.4	N 15.3 E	0.63
13	622	11.00	N 18.00 E	620.7	N 16.6	E 4.4	17.1	N 14.9 E	0.85
14	633	11.25	N 21.00 E	631.5	N 18.6	E 5.0	19.3	N 15.0 E	0.57
15	642	11.75	N 25.00 E	640.3	N 20.3	E 5.6	21.0	N 15.3 E	1.05
16	651	12.50	N 29.00 E	649.1	N 22.0	E 6.3	22.9	N 16.0 E	1.25
17	661	13.50	N 31.00 E	658.9	N 24.1	E 7.3	25.1	N 16.9 E	1.10
18	666	13.75	N 32.00 E	663.7	N 25.1	E 7.8	26.3	N 17.3 E	0.69
19	673	14.50	N 33.00 E	670.5	N 26.6	E 8.6	28.0	N 18.0 E	1.13
20	680	15.00	N 35.00 E	677.3	N 28.1	E 9.5	29.7	N 18.7 E	1.02
21	699	15.75	N 33.00 E	695.6	N 32.5	E 12.1	34.7	N 20.4 E	0.48
22	713	17.50	N 33.00 E	709.0	N 36.0	E 14.0	38.6	N 21.2 E	1.25
23	741	21.00	N 33.00 E	735.4	N 44.1	E 18.5	47.8	N 22.7 E	1.25
24	788	27.75	N 33.00 E	776.2	N 61.0	E 27.9	67.1	N 24.5 E	1.44
25	835	35.00	N 33.00 E	818.3	N 82.4	E 39.7	91.5	N 25.7 E	1.54
26	873	35.00	N 32.00 E	849.5	N 101.6	E 50.1	113.3	N 26.3 E	0.15
27	894	35.00	N 33.00 E	866.7	N 112.2	E 55.9	125.3	N 26.5 E	0.27
28	917	34.75	N 33.00 E	882.2	N 121.7	E 61.1	136.2	N 26.7 E	0.13
29	950	36.00	N 34.00 E	912.4	N 140.3	E 71.7	157.6	N 27.1 E	0.37
30	998	40.00	N 36.00 E	950.2	N 165.6	E 86.9	187.1	N 27.7 E	0.87
31	1037	43.00	N 37.00 E	979.4	N 187.4	E 100.8	212.8	N 28.3 E	0.79
32	1070	44.50	N 37.00 E	1003.3	N 206.6	E 113.2	235.6	N 28.7 E	0.45
33	1106	43.00	N 36.00 E	1029.3	N 227.6	E 126.6	260.4	N 29.1 E	0.46
34	1144	42.75	N 37.00 E	1057.1	N 249.4	E 140.5	286.2	N 29.4 E	0.19
35	1168	43.00	N 36.00 E	1074.7	N 263.1	E 149.3	302.5	N 29.6 E	0.30
36	1177	42.00	N 37.00 E	1081.3	N 268.3	E 152.5	308.6	N 29.6 E	1.34
37	1187	40.00	N 38.00 E	1088.9	N 273.7	E 156.1	315.1	N 29.7 E	2.10
38	1196	38.00	N 39.00 E	1095.9	N 278.4	E 159.4	320.8	N 29.8 E	2.33
39	1203	36.00	N 40.00 E	1101.5	N 281.8	E 161.8	325.0	N 29.9 E	2.98
40	1243	34.00	N 39.00 E	1134.2	N 300.5	E 175.1	347.8	N 30.2 E	0.52
41	1264	36.00	N 38.00 E	1151.4	N 310.4	E 181.9	359.8	N 30.4 E	0.99
42	1321	45.00	N 40.00 E	1194.7	N 340.7	E 203.2	396.7	N 30.8 E	1.60
43	1347	48.00	N 39.00 E	1212.6	N 356.1	E 214.1	415.5	N 31.0 E	1.19
44	1366	50.00	N 38.00 E	1225.1	N 367.9	E 222.2	429.8	N 31.1 E	1.13
45	1391	49.75	N 38.00 E	1241.2	N 383.7	E 232.9	448.9	N 31.3 E	0.10
46	1411	49.50	N 36.00 E	1254.2	N 396.4	E 241.4	464.1	N 31.3 E	0.13
47	1439	49.00	N 38.00 E	1272.4	N 414.0	E 253.3	485.3	N 31.5 E	0.18
48	1478	46.25	N 38.00 E	1298.2	N 438.2	E 269.7	514.5	N 31.6 E	0.19
49	1506	47.75	N 38.00 E	1317.0	N 455.5	E 281.3	535.3	N 31.7 E	0.18
50	1544	47.00	N 38.50 E	1342.7	N 478.6	E 297.0	563.3	N 31.8 E	0.22
51	1572	46.50	N 38.00 E	1361.9	N 495.4	E 308.5	583.6	N 31.9 E	0.22
52	1601	46.00	N 38.00 E	1381.9	N 512.8	E 320.2	604.6	N 32.0 E	0.17
53	1649	44.75	N 38.50 E	1415.6	N 541.0	E 339.5	638.7	N 32.1 E	0.27
54	1687	43.25	N 40.00 E	1443.0	N 562.6	E 354.7	665.1	N 32.2 E	0.48
55	1715	43.00	N 39.00 E	1463.4	N 578.2	E 365.8	684.2	N 32.3 E	0.26
56	1753	42.00	N 39.00 E	1491.4	N 599.2	E 380.5	709.8	N 32.4 E	0.26
57	1801	39.50	N 40.00 E	1527.8	N 624.7	E 398.7	741.1	N 32.5 E	0.54
58	1840	37.00	N 41.00 E	1558.4	N 644.1	E 413.1	765.2	N 32.7 E	0.66
59	1935	32.50	N 42.50 E	1636.0	N 687.5	E 446.6	819.8	N 33.0 E	0.38
#60#	1955	33.50	N 42.50 E	1652.7	N 696.1	E 453.5	830.8	N 33.1 E	
#61#	2094	33.50	N 42.50 E	1768.6	N 756.2	E 501.3	907.2	N 33.5 E	

MESURE INTERPOLEE

DEVIATION THEORIQUE
KOP : 470 M DEPL: 780 M INCL : 37.0
GRAD: 1.25 PROF: 1660 M AZGED: NE 45

FORAGE GCHM2

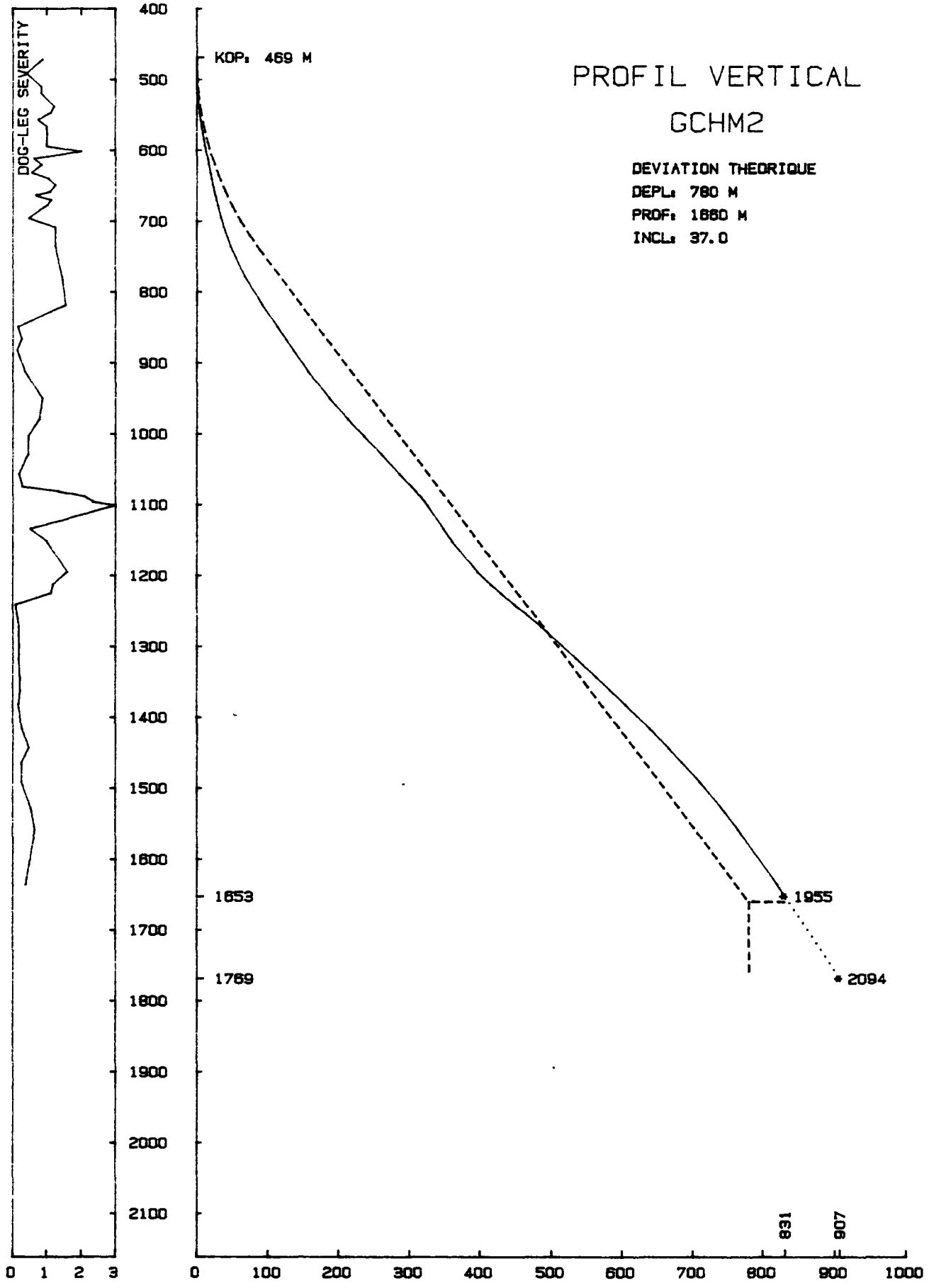
MESURES DE DEVIATION

DECLINAISON : 4.00 W

MESURE NUMERO	PROF. FOREE	INCL. MESUREE	AZIMUT MAGNET.	PROF. VERTICALE	COORD. N/S	COORD. E/W	DEPL. TOTAL	AZIMUT GED.	DLS
KOP	469	0.50	N 49.00 E	469.0	N 0.0	E 0.0	0.0		
1	472	0.75	N 42.00 E	472.0	N 0.0	E 0.0	0.0	N 41.5 E	0.87
2	491	1.50	N 30.00 E	491.0	N 0.3	E 0.2	0.4	N 32.8 E	0.41
3	510	3.00	N 15.00 E	510.0	N 1.0	E 0.5	1.1	N 23.5 E	0.84
4	519	3.75	N 15.00 E	519.0	N 1.6	E 0.6	1.7	N 19.6 E	0.83
5	538	6.00	N 21.00 E	537.9	N 3.1	E 0.9	3.3	N 16.8 E	1.21
6	547	7.00	N 21.00 E	546.8	N 4.1	E 1.2	4.3	N 16.9 E	1.11
7	557	7.75	N 22.00 E	556.8	N 5.3	E 1.6	5.6	N 17.0 E	0.76
8	567	8.75	N 22.00 E	566.7	N 6.7	E 2.1	7.0	N 17.2 E	1.00
9	577	9.75	N 21.00 E	576.5	N 8.2	E 2.6	8.6	N 17.3 E	1.01
10	595	11.50	N 19.00 E	594.2	N 11.4	E 3.5	11.9	N 16.9 E	0.99
11	603	11.25	N 11.00 E	602.1	N 13.0	E 3.8	13.5	N 16.2 E	2.00
12	613	11.00	N 14.00 E	611.9	N 14.9	E 4.1	15.4	N 15.3 E	0.63
13	622	11.00	N 18.00 E	620.7	N 16.6	E 4.4	17.1	N 14.9 E	0.85
14	633	11.25	N 21.00 E	631.5	N 18.6	E 5.0	19.3	N 15.0 E	0.57
15	642	11.75	N 25.00 E	640.3	N 20.3	E 5.6	21.0	N 15.3 E	1.05
16	651	12.50	N 29.00 E	649.1	N 22.0	E 6.3	22.9	N 16.0 E	1.25
17	661	13.50	N 31.00 E	658.9	N 24.1	E 7.3	25.1	N 16.9 E	1.10
18	666	13.75	N 32.00 E	663.7	N 25.1	E 7.8	26.3	N 17.3 E	0.69
19	673	14.50	N 33.00 E	670.5	N 26.6	E 8.6	28.0	N 18.0 E	1.13
20	680	15.00	N 35.00 E	677.3	N 28.1	E 9.5	29.7	N 18.7 E	1.02
21	699	15.75	N 33.00 E	695.6	N 32.5	E 12.1	34.7	N 20.4 E	0.48
22	713	17.50	N 33.00 E	709.0	N 36.0	E 14.0	38.6	N 21.2 E	1.25
23	741	21.00	N 33.00 E	735.4	N 44.1	E 18.5	47.8	N 22.7 E	1.25
24	788	27.75	N 33.00 E	778.2	N 61.0	E 27.9	67.1	N 24.5 E	1.44
25	835	35.00	N 33.00 E	818.3	N 82.4	E 39.7	91.5	N 25.7 E	1.54
26	873	35.00	N 32.00 E	849.5	N 101.6	E 50.1	113.3	N 26.3 E	0.15
27	894	35.00	N 33.00 E	866.7	N 112.2	E 55.9	125.3	N 26.5 E	0.27
28	913	34.75	N 33.00 E	882.2	N 121.7	E 61.1	136.2	N 26.7 E	0.13
29	950	36.00	N 34.00 E	912.4	N 140.3	E 71.7	157.6	N 27.1 E	0.37
30	998	40.00	N 36.00 E	950.2	N 165.6	E 86.9	187.1	N 27.7 E	0.87
31	1037	43.00	N 37.00 E	979.4	N 187.4	E 100.8	212.8	N 28.3 E	0.79
32	1070	44.50	N 37.00 E	1003.3	N 206.6	E 113.2	235.6	N 28.7 E	0.45
33	1106	43.00	N 36.00 E	1029.3	N 227.6	E 126.6	260.4	N 29.1 E	0.46
34	1144	42.75	N 37.00 E	1057.1	N 249.4	E 140.5	286.2	N 29.4 E	0.19
35	1168	43.00	N 36.00 E	1074.7	N 263.1	E 149.3	302.5	N 29.6 E	0.30
36	1177	42.00	N 37.00 E	1081.3	N 268.3	E 152.5	308.6	N 29.6 E	1.34
37	1187	40.00	N 38.00 E	1088.9	N 273.7	E 156.1	315.1	N 29.7 E	2.10
38	1196	38.00	N 39.00 E	1095.9	N 278.4	E 159.4	320.8	N 29.8 E	2.33
39	1203	36.00	N 40.00 E	1101.5	N 281.8	E 161.8	325.0	N 29.9 E	2.98
40	1243	34.00	N 39.00 E	1134.2	N 300.5	E 175.1	347.8	N 30.2 E	0.52
41	1264	36.00	N 38.00 E	1151.4	N 310.4	E 181.9	359.8	N 30.4 E	0.99
42	1321	45.00	N 40.00 E	1194.7	N 340.7	E 203.2	396.7	N 30.8 E	1.60
43	1347	48.00	N 39.00 E	1212.6	N 356.1	E 214.1	415.5	N 31.0 E	1.19
44	1366	50.00	N 38.00 E	1225.1	N 367.9	E 222.2	429.8	N 31.1 E	1.13
45	1391	49.75	N 38.00 E	1241.2	N 383.7	E 232.9	448.9	N 31.3 E	0.10
46	1411	49.50	N 38.00 E	1254.2	N 396.4	E 241.4	464.1	N 31.3 E	0.13
47	1439	49.00	N 38.00 E	1272.4	N 414.0	E 253.3	485.3	N 31.5 E	0.18
48	1478	48.25	N 38.00 E	1298.2	N 438.2	E 269.7	514.5	N 31.6 E	0.19
49	1506	47.75	N 38.00 E	1317.0	N 455.5	E 281.3	535.3	N 31.7 E	0.18
50	1544	47.00	N 38.50 E	1342.7	N 478.6	E 297.0	563.3	N 31.8 E	0.22
51	1572	46.50	N 38.00 E	1361.9	N 495.4	E 308.5	583.6	N 31.9 E	0.22
52	1601	46.00	N 38.00 E	1381.9	N 512.8	E 320.2	604.6	N 32.0 E	0.17
53	1649	44.75	N 38.50 E	1415.6	N 541.0	E 339.5	638.7	N 32.1 E	0.27
54	1687	43.25	N 40.00 E	1443.0	N 562.6	E 354.7	665.1	N 32.2 E	0.48
55	1715	43.00	N 39.00 E	1463.4	N 578.2	E 365.8	684.2	N 32.3 E	0.26
56	1753	42.00	N 39.00 E	1491.4	N 599.2	E 380.5	709.8	N 32.4 E	0.26
57	1801	39.50	N 40.00 E	1527.8	N 624.7	E 398.7	741.1	N 32.5 E	0.54
58	1840	37.00	N 41.00 E	1558.4	N 644.1	E 413.1	765.2	N 32.7 E	0.66
59	1935	33.50	N 42.50 E	1636.0	N 687.5	E 446.6	819.8	N 33.0 E	0.38
60	1955	33.50	N 42.50 E	1652.7	N 696.1	E 453.5	830.8	N 33.1 E	
61	2094	33.50	N 42.50 E	1768.6	N 756.2	E 501.3	907.2	N 33.5 E	

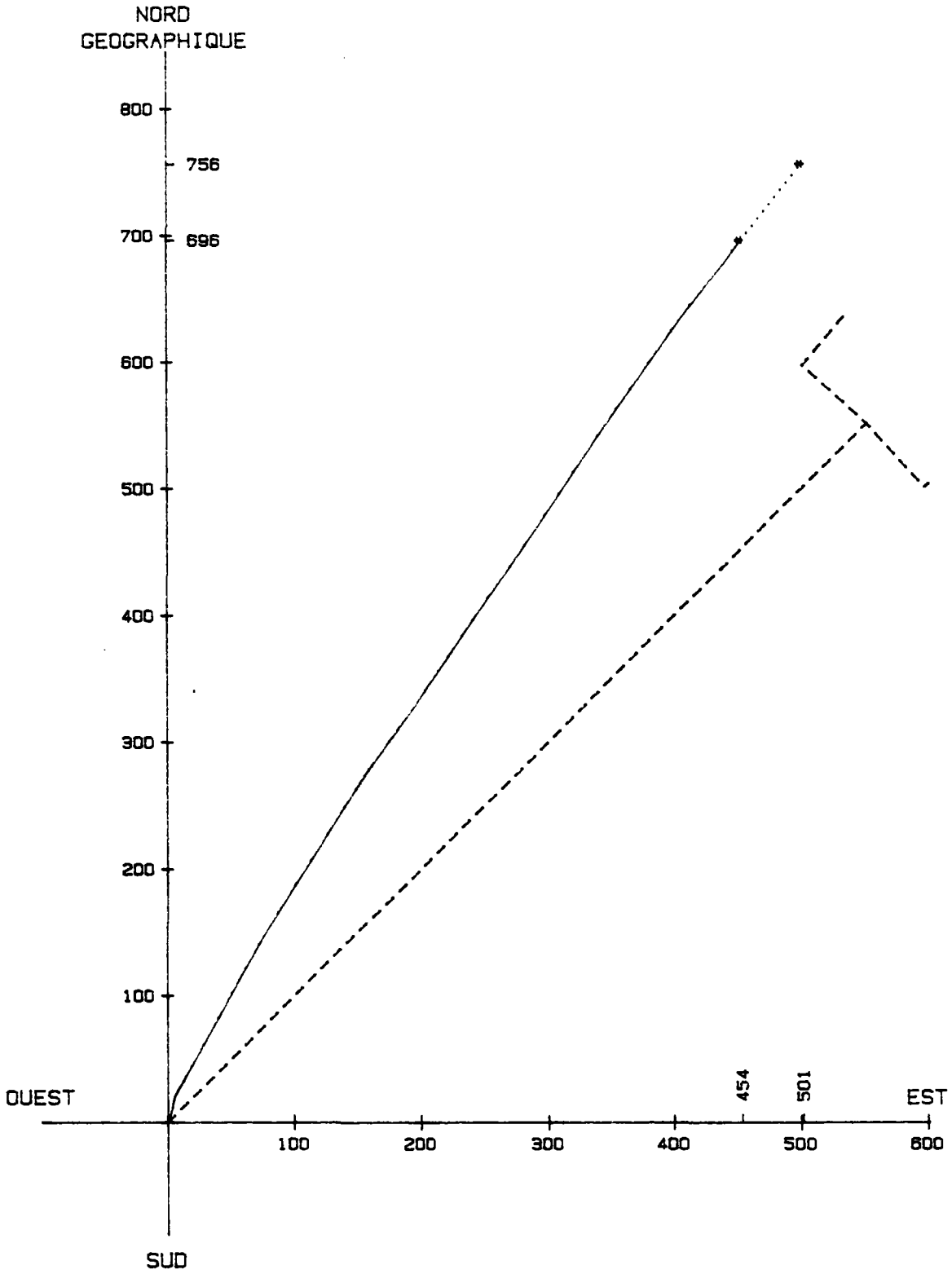
* * MESURE INTERPOLEE

DEVIATION THEORIQUE
KOP : 470 M DEPL: 780 M INCL : 37.0
GRAD: 1.25 PROF: 1660 M AZGED: NE 45

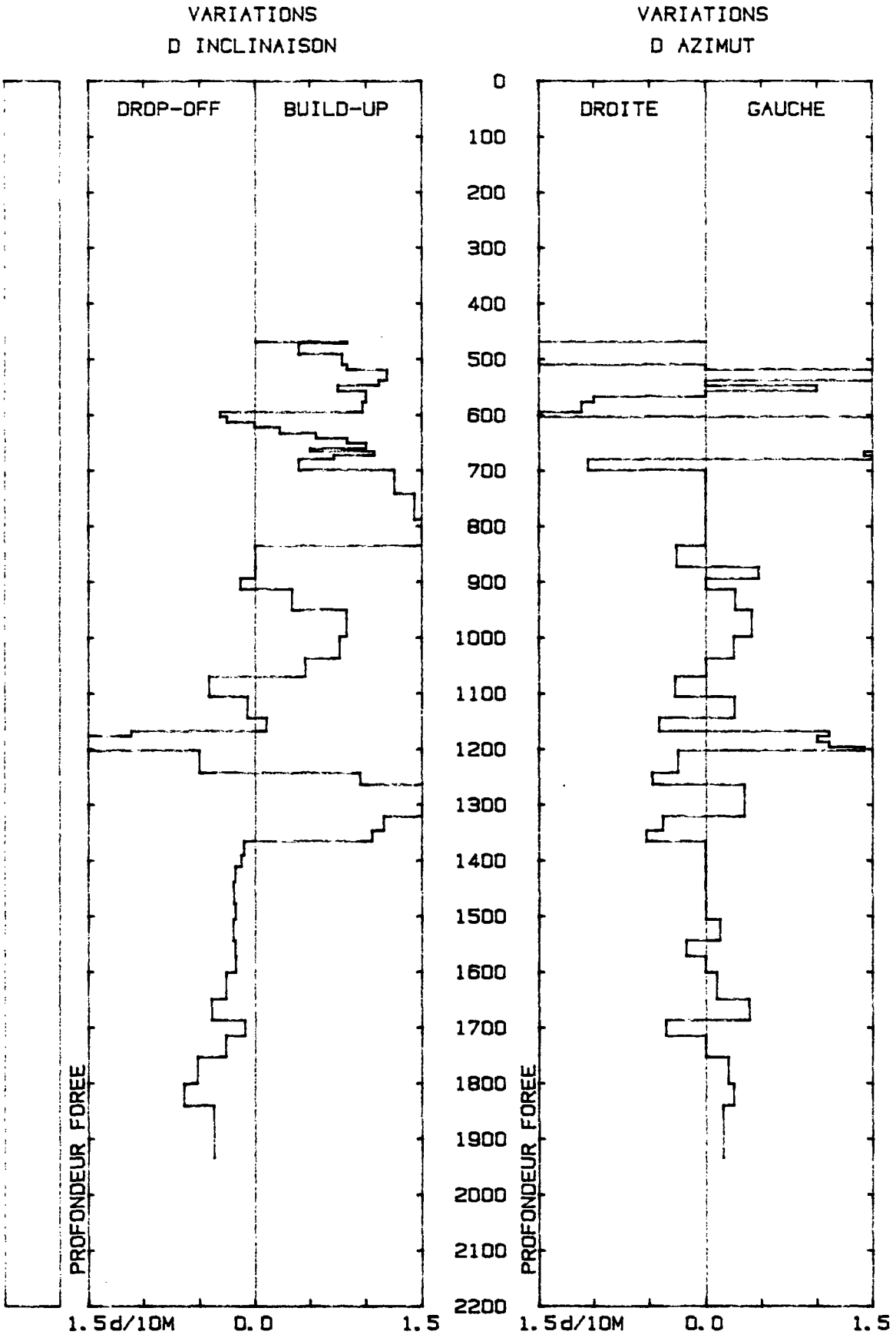

PROFIL VERTICAL
GCHM2
DEVIATION THEORIQUE
DEPL: 780 M
PROF: 1660 M
INCL: 37.0
KOP: 469 M
DOG-LEG SEVERITY
1653
1769
1955
2094
831
907
0 1 2 3
400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

TRAJECTOIRE HORIZONTALE
GCHM2

DEVIATION THEORIQUE
DEPL : 780 M
AZGEO: N 45 E



GCHM2


VARIATIONS
D INCLINAISON
DROP-OFF
BUILD-UP
PROFONDEUR FOREE
1.5d/10M
0.0
1.5
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
2100
2200
VARIATIONS
D AZIMUT
DROITE
GAUCHE
PROFONDEUR FOREE
1.5d/10M
0.0
1.5

II.2.3. ANALYSE DES TEMPS

Cette analyse comporte 15 postes correspondant à l'exécution des différentes opérations en cours de forage. La durée en heure ou fraction d'heure de chaque poste est indiquée pour chacune des phases principales, et par rapport à la durée totale des travaux.

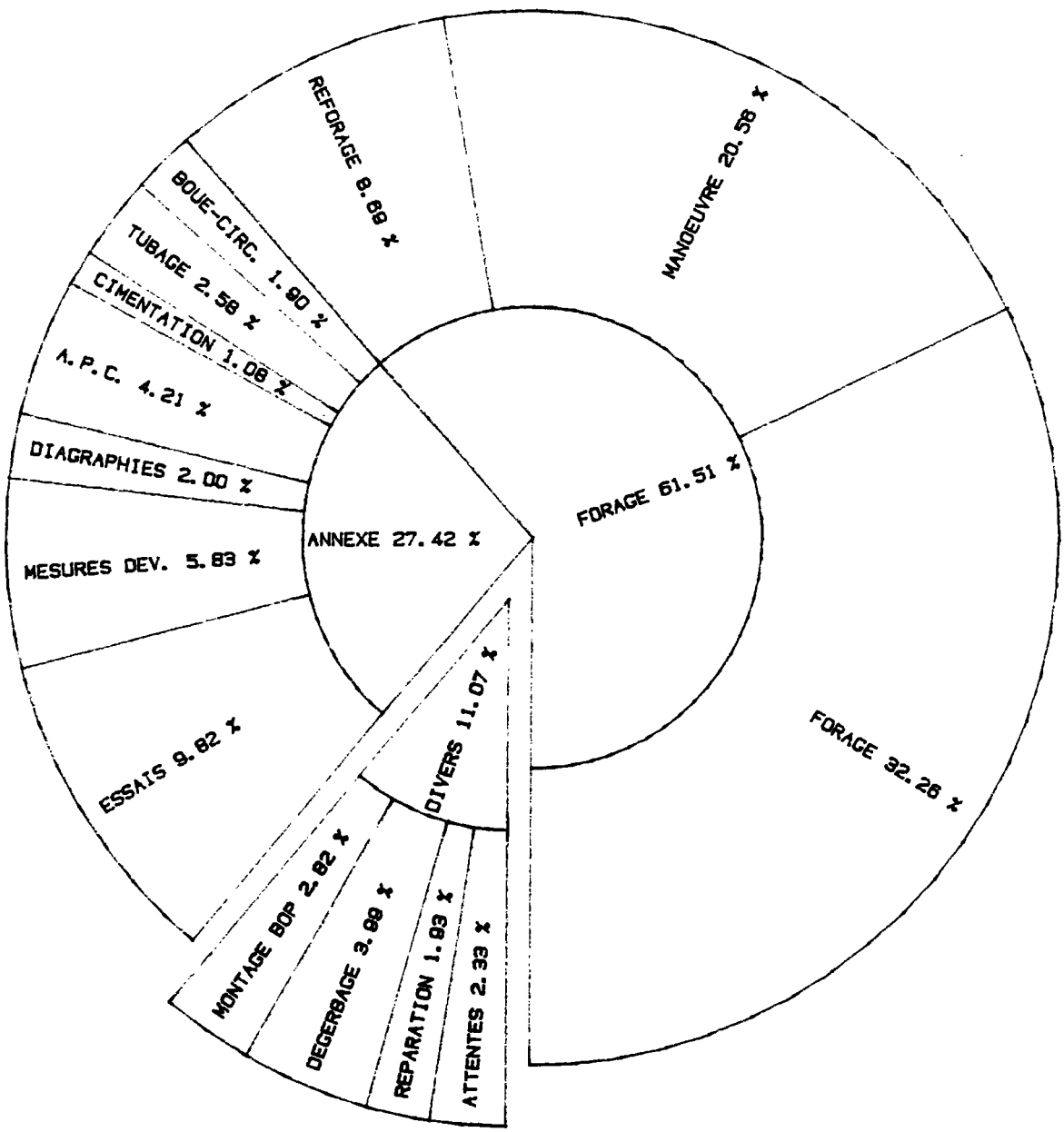
ANALYSE DES TEMPS	PHASE 23"	PHASE 17"1/2	PHASE 12"1/4	PHASE Réservoir	TOTAL	POURCENTAGE
1. FORAGE	17 1/4	105 1/4	202 3/4	18	343 1/4	32,26 %
2. MANOEUVRE	10 3/4	54	141	13	218 3/4	20,56 %
3. REFORAGE/ELARGISSAGE	22 1/2	31 3/4	35 3/4	2 1/2	92 1/2	8,69 %
4. BOUE/CIRCULATION	1 1/2	4 3/4	11	3	20 1/4	1,90 %
5. TUBAGE	6 1/2	9 3/4	11 1/4		27 1/2	2,58 %
6. CIMENTATION	2 1/2	3	6		11 1/2	1,08 %
7. ATTENTE PRISE CIMENT	21 1/2	11 1/4	12		44 3/4	4,21 %
8. BOP/TETE DE PUITS			15	15	30	2,82 %
9. MESURES DE DEVIATION		31	31		62	5,83 %
10. DIAGRAPHIES		8	3 1/2	9 3/4	21 1/4	2,00 %
11. INSTRUMENTATION					0	0,00 %
12. ATTENTES DIVERSES				24 3/4	24 3/4	2,00 %
13. ESSAIS				104 1/2	104 1/2	9,82 %
14. REPARATION	1/2	10 1/2	8 1/2	1	20 1/2	1,93 %
15. GERBAGE/DEGERBAGE		13 1/4	3	26 1/4	42 1/2	3,99 %
TOTAL	83	282 1/2	480 3/4	217 3/4	1064	100 %

Temps utile : postes 1, 2, 3,4, 5, 6? 7, 9, 10 et 13

Temps mort : postes 8, 11, 12, 14 et 15

GCHM2
ANALYSE DES TEMPS

DUREE TOTALE DES TRAVAUX
1064 HEURES



TEMPS UTILE: 88.93 %
TEMPS MORT : 11.07 %

II.2.4. PERFORMANCES D'APPROFONDISSEMENT

PHASE	METRAGE	DUREE	MOYENNE (essais compris)
23"	129 m	83 h	37,30 m/j
17"1/2	939 m	282 h 1/2	79,77 m/j
12"1/4	877 m	480 h 3/4	43,78 m/j
8" 1/2	137 m	217 h 3/4	15,10 m/j
TOTAL	2 082 m	1064 h	46,96 m/j

II.2.5. PERFORMANCES DE PENETRATION DES OUTILS DE FORAGE
(ajouts de tige compris)

Phase 23" : 129 m en 17 h 1/4 soit 7,48 m/h

Phase 17"1/2 : 939 m en 105 h 1/4 soit 8,92 m/h

Phase 12"1/4 : 877 m en 202 h 3/4 soit 4,33 m/h

Phase 8" 1/2 : 137 m en 18 h soit 7,61 m/h

Un total de 2082 m de forage a été exécuté en 343 h 1/4 de rotation, ce qui représente pour l'ensemble du forage un avancement instantané moyen de 6,07 m/h.

Les difficultés de déviation rencontrées au cours de la phase 12"1/4 expliquent les performances de pénétration moyennes obtenues sur ce forage.

FORAGE GCHM2

PERFORMANCE DES OUTILS

NUMERO	DIAM.	TYPE	SERIE	COTE	METR.	TEMPS	MOY.
1	17"1/2	R3	056PR	12	458	36H05	12.69
2	17"1/2	R3	057PR	470	218	26H45	8.15
3	17"1/2	R3	056PR	688	26	3H30	7.43
4	17"1/2	R3J	777KR	714	169	12H00	14.08
5	17"1/2	OSC3J	886VR	883	142	15H45	9.02
6	17"1/2	R3	057PR	1025	55	11H30	4.78
7	12"1/4	J4	AN686	1080	7	1H45	4.00
8	12"1/4	OSC1J	539ER	1087	72	10H10	7.08
9	12"1/4	WM	686MR	1159	53	6H47	7.81
10	12"1/4	OSC1J	539ER	1212	41	4H00	10.25
11	12"1/4	JD3	358LB	1253	173	28H45	6.02
12	12"1/4	J22	462MS	1426	304	87H25	3.48
13	12"1/4	JD3	843GL	1730	142	25H35	5.55
14	12"1/4	JD3	840GL	1872	85	13H30	6.30
15	8"1/2	JD3	527WK	1957	137	13H40	10.02

NUMERO	WOB	RPM	Q	P	TBG	DUSES
1	10	100	2800	20		
2	8	TF	1700	65	421	
3	5	TF	1700	65	311	
4	25	120	2800	60	255	
5	22	90	2800	60	755	
6	23	100	2800	65	655	
7	15	100	2200	30	201	
8	22	100	2200	80		16/16/16
9	8	TF	1700	60	222	
10	22	100	2200	80	323	16/16/16
11	20	120	2200	85	502	16/16/16
12	15	110	2200	95	322	16/16/16
13	17	110	2200	100	122	16/16/16
14	17	90	2500	115	121	16/16/16
15	15	90	1800	80		14/14/14

GCHM2

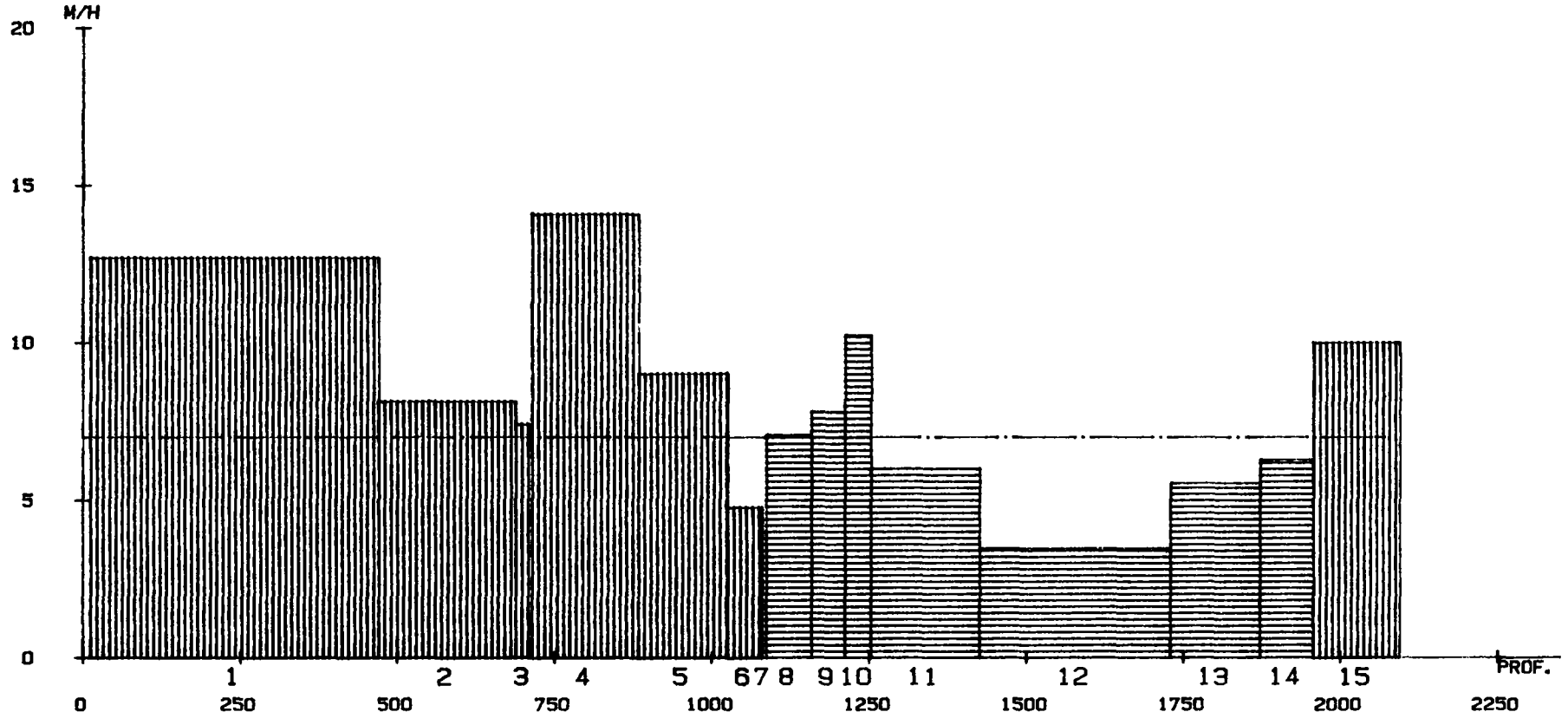
PERFORMANCE DES OUTILS

METRAGE TOTAL: 2082 M

TEMPS DE FORAGE: 297H12

AVANCEMENT: 7.01 M/H

PHASE 17 1/2 : 1068 M EN 105H35 SOIT 10.12 M/H
PHASE 12 1/4 : 877 M EN 177H57 SOIT 4.93 M/H
PHASE 8 1/2 : 137 M EN 13H40 SOIT 10.02 M/H



II.2.6. TUBAGE ET CIMENTATION

1 - Colonne 18"5/8

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'à 140,5 m de profondeur. Il a ensuite été coupé en fond de cave.

Il couvre les formations tertiaires, protégeant ainsi l'ouvrage des risques de perte et d'éboulement pendant l'exécution du build-up en 17"/12.

Le matériel suivant a été utilisé :

- 1 sabot canal Buttress avec réceptacle pour innerstring
- 13 tubes 18"5/8 Buttress, 87.5 lbs/ft, K 55 (148,66 m)

La cimentation a été exécutée par les tiges (innerstring)

ciment : 16 T de CPJ 45

laitier : 14,7 m^3 à d = 1,80

chasse : 800 l d'eau

Cimentation complémentaire en surface avec 4 T de ciment.

2 - Colonne 13" 3/8

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'à 1078 m de profondeur. Il couvre et protège les formations aquifères et tendres (Albien, Néocomien), jusqu'au toit du Purbeckien. Il couvre également la zone de build-up avant la poursuite du forage en déviation stabilisée jusqu'au toit du Dogger.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal 13"3/8 Buttress
- un anneau différentiel 13"3/8 Buttress
- 54 tubes 13"3/8 Buttress, 61 lbs/ft, K 55 (654,21 m)
- un raccord 13"3/8 Buttress x API
- 33 tubes 13" 3/8 API, 54,5 lbs/ft, K 55 (431,98 m)
- 30 centreurs droits 13"3/8 x 17"1/2
- 1 centreurs positif 13"3/8 x 18"5/8

COLONNE 18"5/8

-POIDS NOMINAL : 87.5 LBS/FT
-EPAISSEUR : 11.05 mm
-GRADE : K55
-FILETAGE : BUTTRESS
-COTE DU SABOT : 140.50 m

No ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
SABOT	1.17	1.17	139.33
1	10.97	12.14	128.36
2	10.93	23.07	117.43
3	13.06	36.13	104.37
4	11.90	48.03	92.47
5	11.86	59.89	80.61
6	11.25	71.14	69.36
7	9.45	80.59	59.91
8	9.38	89.97	50.53
9	12.26	102.23	38.27
10	11.76	113.99	26.51
11	12.93	126.92	13.58
12	11.24	138.16	2.34
13	11.67	149.83	-9.33

En fin de phase 17"1/2, le tubage est coupé en fond de cave

COLONNE 13"3/8

-POIDS NOMINAL : 61.0 LBS/FT
-EPAISSEUR : 10.92 mm
-GRADE : K55
-FILETAGE : BUTTRESS
-COTE DU SABOT : 1078.00 m

No ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
SABOT	0.40	0.40	1077.60
1	12.51	12.91	1065.09
ANNEAU	0.67	13.58	1064.42
2	11.90	25.48	1052.52
3	12.29	37.77	1040.23
4	11.98	49.75	1028.25
5	12.27	62.02	1015.98
6	12.36	74.38	1003.62
7	11.15	85.53	992.47
8	12.01	97.54	980.46
9	11.50	109.04	968.96
10	12.08	121.12	956.88
11	11.68	132.80	945.20
12	11.64	144.44	933.56
13	11.63	156.07	921.93
14	12.17	168.24	909.76
15	12.22	180.46	897.54
16	12.00	192.46	885.54
17	12.54	205.00	873.00
18	12.13	217.13	860.87
19	12.12	229.25	848.75
20	12.20	241.45	836.55
21	12.00	253.45	824.55
22	12.27	265.72	812.28
23	12.29	278.01	799.99
24	12.17	290.18	787.82
25	11.29	301.47	776.53
26	11.02	312.49	765.51
27	12.40	324.89	753.11
28	12.19	337.08	740.92
29	12.00	349.08	728.92
30	12.26	361.34	716.66
31	12.68	374.02	703.98
32	12.44	386.46	691.54
33	11.42	397.88	680.12
34	11.35	409.23	668.77
35	12.33	421.56	656.44
36	12.48	434.04	643.96
37	12.22	446.26	631.74
38	12.64	458.90	619.10
39	12.35	471.25	606.75
40	12.22	483.47	594.53
41	12.08	495.55	582.45
42	12.50	508.05	569.95
43	12.23	520.28	557.72
44	12.23	532.51	545.49
45	11.88	544.39	533.61
46	11.99	556.38	521.62
47	12.38	568.76	509.24
48	12.35	581.11	496.89

No ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
49	11.87	592.98	485.02
50	12.45	605.43	472.57
51	12.49	617.92	460.08
52	12.40	630.32	447.68
53	12.36	642.68	435.32
54	12.60	655.28	422.72
RAC	0.32	655.60	422.40
55(*)	13.09	668.69	409.31
56	13.35	682.04	395.96
57	13.34	695.38	382.62
58	13.25	708.63	369.37
59	13.20	721.83	356.17
60	13.47	735.30	342.70
61	13.37	748.67	329.33
62	12.95	761.62	316.38
63	13.17	774.79	303.21
64	12.27	787.06	290.94
65	12.91	799.97	278.03
66	12.39	812.36	265.64
67	13.14	825.50	252.50
68	13.06	838.56	239.44
69	13.12	851.68	226.32
70	13.25	864.93	213.07
71	12.23	877.16	200.84
72	12.81	889.97	188.03
73	13.22	903.19	174.81
74	13.25	916.44	161.56
75	13.20	929.64	148.36
76	12.93	942.57	135.43
77	12.61	955.18	122.82
78	13.14	968.32	109.68
79	13.48	981.80	96.20
80	12.84	994.64	83.36
81	13.14	1007.78	70.22
82	13.02	1020.80	57.20
83	13.35	1034.15	43.85
84	13.44	1047.59	30.41
85	13.55	1061.14	16.86
86	13.34	1074.48	3.52
87	13.10	1087.58	-9.58

(*)de N°55 à N°87 : Poids nominal 54,5 lbs/ft
Epaisseur 9.65 mm
Grade K 55
Filetage API 8rd STC

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

La cimentation a été exécutée par déplacement avec bouchons.

ciment : 104 T de CPA 55

laitier : 90,6 m^3 à d =1,75 - 1,80 avec retardateur et antimousse

chasse : 85,5 m^3 de boue

Cimentation complémentaire de l'annulaire en surface avec 3,5 m^3 de béton.

3 - Colonne 9" 5/8

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'au toit de l'aquifère du Dogger, soit à 1954 m. Il servira de colonne d'injection du fluide géothermal.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal 9"5/8 Buttress
- un anneau différentiel 9"5/8 API
- 2 raccords 9"5/8 API x Buttress
- 1 Baffle collar 9"5/8
- 1 DV (stage collar) 9"5/8 Buttress
- 152 tubes 9"5/8 VAM, 40 lbs/ft, K55 (1960,97 m)
- 5 gratteurs 9"5/8
- 85 centreurs spiralés 9"5/8 x 12"1/4
- 12 centreurs positifs 9"5/8x12"1/4
- 196 stop-collars 9"5/8

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

La cimentation a été exécutée en deux étages :

1er étage : . fluid spacer : 7 m^3

ciment : 35 T de CPA 55 amianté

laitier : 27,3 m^3 à d = 1,80

. Chasse : 76 m^3 de boue

Ouverture de la DV (1400 psi), et circulation intermittente pendant 12 heures.

COLONNE 9"5/8

-POIDS NOMINAL : 40.0 LBS/FT
-EPAISSEUR : 10.03 mm
-GRADE : K55
-FILETAGE : VAM
-COTE DU SABOT : 1955.00 m

No ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
SABOT	0.40	0.40	1954.60
1	13.00	13.40	1941.60
2	13.17	26.57	1928.43
RAC	0.30	26.87	1928.13
ANNEAU	0.70	27.57	1927.43
RAC	0.25	27.82	1927.18
BAFFLE	0.20	28.02	1926.98
3	13.29	41.31	1913.69
4	12.80	54.11	1900.89
5	13.48	67.59	1887.41
6	13.06	80.65	1874.35
7	13.20	93.85	1861.15
8	13.31	107.16	1847.84
9	13.24	120.40	1834.60
10	13.17	133.57	1821.43
11	13.54	147.11	1807.89
12	13.42	160.53	1794.47
13	12.70	173.23	1781.77
14	13.52	186.75	1768.25
15	13.75	200.50	1754.50
16	13.52	214.02	1740.98
17	13.37	227.39	1727.61
18	12.85	240.24	1714.76
19	13.56	253.80	1701.20
20	13.35	267.15	1687.85
21	12.70	279.85	1675.15
22	13.33	293.18	1661.82
23	13.47	306.65	1648.35
24	13.32	319.97	1635.03
25	13.40	333.37	1621.63
26	12.52	345.89	1609.11
27	12.17	358.06	1596.94
28	13.26	371.32	1583.68
29	13.26	384.58	1570.42
30	13.04	397.62	1557.38
31	13.25	410.87	1544.13
32	13.20	424.07	1530.93
33	13.48	437.55	1517.45
34	12.40	449.95	1505.05
35	13.08	463.03	1491.97
36	13.20	476.23	1478.77
37	13.33	489.56	1465.44
38	13.08	502.64	1452.36
DV	1.02	503.66	1451.34
39	13.40	517.06	1437.94
40	12.95	530.01	1424.99
41	13.15	543.16	1411.84
42	10.74	553.90	1401.10
43	13.42	567.32	1387.68
44	13.47	580.79	1374.21

No ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
45	13.11	593.90	1361.10
46	13.20	607.10	1347.90
47	13.33	620.43	1334.57
48	13.54	633.97	1321.03
49	12.78	646.75	1308.25
50	12.46	659.21	1295.79
51	13.10	672.31	1282.69
52	13.37	685.68	1269.32
53	13.29	698.97	1256.03
54	12.43	711.40	1243.60
55	13.23	724.63	1230.37
56	13.17	737.80	1217.20
57	13.31	751.11	1203.89
58	10.19	761.30	1193.70
59	13.29	774.59	1180.41
60	13.08	787.67	1167.33
61	13.56	801.23	1153.77
62	13.41	814.64	1140.36
63	13.20	827.84	1127.16
64	13.17	841.01	1113.99
65	13.33	854.34	1100.66
66	13.09	867.43	1087.57
67	13.38	880.81	1074.19
68	13.33	894.14	1060.86
69	13.56	907.70	1047.30
70	13.55	921.25	1033.75
71	13.01	934.26	1020.74
72	13.07	947.33	1007.67
73	13.02	960.35	994.65
74	12.76	973.11	981.89
75	13.29	986.40	968.60
76	12.61	999.01	955.99
77	9.96	1008.97	946.03
78	13.54	1022.51	932.49
79	13.58	1036.09	918.91
80	13.10	1049.19	905.81
81	13.12	1062.31	892.69
82	13.48	1075.79	879.21
83	13.50	1089.29	865.71
84	13.27	1102.56	852.44
85	13.41	1115.97	839.03
86	13.26	1129.23	825.77
87	13.24	1142.47	812.53
88	12.10	1154.57	800.43
89	13.31	1167.88	787.12
90	13.36	1181.24	773.76
91	13.23	1194.47	760.53
92	13.54	1208.01	746.99
93	13.34	1221.35	733.65
94	13.30	1234.65	720.35
95	12.93	1247.58	707.42
96	13.57	1261.15	693.85
97	13.20	1274.35	680.65
98	13.13	1287.48	667.52
99	13.23	1300.71	654.29
100	13.45	1314.16	640.84
101	12.74	1326.90	628.10

No ORDRE	LONGUEUR	LONGUEUR CUMULEE	COTE/SOL
102	9.80	1336.70	618.30
103	13.55	1350.25	604.75
104	13.14	1363.39	591.61
105	10.16	1373.55	581.45
106	10.21	1383.76	571.24
107	9.97	1393.73	561.27
108	13.58	1407.31	547.69
109	13.50	1420.81	534.19
110	13.45	1434.26	520.74
111	13.08	1447.34	507.66
112	10.09	1457.43	497.57
113	13.21	1470.64	484.36
114	13.35	1483.99	471.01
115	13.45	1497.44	457.56
116	13.15	1510.59	444.41
117	13.05	1523.64	431.36
118	13.39	1537.03	417.97
119	13.21	1550.24	404.76
120	13.50	1563.74	391.26
121	13.42	1577.16	377.84
122	13.41	1590.57	364.43
123	13.34	1603.91	351.09
124	13.32	1617.23	337.77
125	13.36	1630.59	324.41
126	12.97	1643.56	311.44
127	13.14	1656.70	298.30
128	13.21	1669.91	285.09
129	13.21	1683.12	271.88
130	13.22	1696.34	258.66
131	13.28	1709.62	245.38
132	13.40	1723.02	231.98
133	13.32	1736.34	218.66
134	13.38	1749.72	205.28
135	13.33	1763.05	191.95
136	13.05	1776.10	178.90
137	13.40	1789.50	165.50
138	13.42	1802.92	152.08
139	13.47	1816.39	138.61
140	13.27	1829.66	125.34
141	13.25	1842.91	112.09
142	13.02	1855.93	99.07
143	9.45	1865.38	89.62
144	9.79	1875.17	79.83
145	10.14	1885.31	69.69
146	9.58	1894.89	60.11
147	9.94	1904.83	50.17
148	9.91	1914.74	40.26
149	9.57	1924.31	30.69
150	13.21	1937.52	17.48
151	12.95	1950.47	4.53
152	13.37	1963.84	-8.84

2ème étage : . ciment : 60,4 T de CPA 55 amianté

. laitier : 55 m^3 à d = 1,68 (2 % bentonite)

. chasse : 58 m^3 de boue

Fermeture de la DV (2000 psi)

II.2.7. BOUES DE FORAGE

La Société IMCO a fourni les produits, le laboratoire et le personnel spécialisé dans la fabrication des boues de forage.

Les caractéristiques des boues ainsi que les consommations de produits sont données ci-après phase par phase.

. Phase 23" (12 - 141 m)

Forage de formations tertiaires à la boue bentonitique simple.

Les pertes de circulation rencontrées au cours de cette phase ont été partiellement contrôlées grâce à l'utilisation de colmatants.

Volume de boue fabriqué au cours de la phase : 335 m^3

. Phase 17"1/2 (141 - 1080 m)

Forage à la boue aux polymères

densité : 1,08 à 1,13

viscosité : 40 à 48 sec (API)

filtrat : 7 à 9 cm^3/30 mm (API)

Volume de boue fabriqué au cours de la phase : 1014 m^3

. Phase 12"1/4 (1080 - 1957 m)

Forage à la boue aux polymères identique à celle de la phase précédente. Du FOD a été utilisé comme lubrifiant pour limiter les frottements.

densité : 1,07 à 1,11

viscosité : 40 à 45 sec (API)

filtrat : 5,6 à 8 cm^3/30mn (API)

Les caractéristiques de la boue sont maintenues par traitement chimique et mécanique (centrifugation) poussé.

Volume de boue fabriqué au cours de la phase : 805 m^3

. Phase 8"1/2 (1957 - 2094 m)

Forage du réservoir avec un fluide à base de polymères dégradables. La densité est contrôlée à la saumure.

densité : 1,04 à 1,06

viscosité : 40 à 44 sec (API)

filtrat : non contrôlé

Volume de boue fabriqué au cours de la phase : 189 m^3

GCHM 2	PHASE 23"	PHASE 17" 1/2	PHASE 12" 1/4	PHASE 8" 1/2	TOTAL
Eau de fabrication(m^3)	335	1 014	805	189	2 343
Bentonite IMCOGEL	19 250	2 200	2 800		24 250
Bentonite TR GEL		13 300	9 900		23 200
Soude	400	750	1 325		2 475
Antisol 30 000		1 250	1 700		2 950
Antisol 100		450	2 125		2 575
Paraformaldehyde		375	475	125	957
MD & MDL (détergent)			270		270
RD 2000			450		450
Bicarbonate de soude			550		550
Anti-mousse (Bevaloïd)			160		160
Baryte			2 400		2 400
FOD (m^3)			11		11
Flogel				1 150	1 150
Sel				13 000	13 000
Colmatant FM	1500				1 500
Ejection (m^3)	10	749	488	148	1 395
Pertes surface (m^3)	15	284	314	17	630
Pertes terrain (m^3)	204	20	70	24	318

II.2.8. DIAGRAPHIES

Pendant la réalisation de l'ouvrage, des diagraphies ont été effectuées par la société Schlumberger de façon à préciser les paramètres géologiques et physiques déterminant la construction de l'ouvrage et la qualité des formations traversées.

Avant le tubage 13"3/8

- BGL géométrie de trou	110 - 1075 m
- GR Gamma-Ray	400 - 1075 m

Avant le tubage 9"3/8

- BGL géométrie de trou	1035 - 1952 m
- GR Gamma-Ray	1035 - 1952 m

Après le tubage 9"5/8

- CBL log de cimentation	65 - 1953 m

Dans le réservoir

- GR Gamma ray	1935 - 2091 m
- LDL log de densité	1955 - 2091 m
- ETT log de reference de corrosion	1078 - 1954 m

CONSOMMATION FUEL

La consommation totale de fuel pendant la durée du forage s'est élevée à 145,5 m^3, soit une moyenne de 3,23 m^3/jour.

11 m^3 de fuel ont été utilisés dans la boue comme lubrifiant (limitation des frottements).

- CHAPITRE III -

RAPPORT GEOLOGIQUE

III.1 - COUPE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

La lithologie et les limites des différentes séries stratigraphiques traversées par les 2 forages de Champigny-sur-Marne sont résumées dans les fiches de synthèse (Tableau I et II). Dans ces fiches figurent les limites des principales séries traversées, d'une part en profondeurs déviées, d'autre part en profondeurs corrigées, ramenées à la profondeur verticale par rapport au sol. On donne aussi la cote NGF (Nivellement géographique de la France) des toits des différentes formations avec les épaisseurs correspondantes. Une coupe technique de forage ainsi qu'un récapitulatif des différentes opérations de diagraphies réalisées est également fournie.

On trouvera également en annexes 1 et 2 un log de fin de sondage pour chacun des 2 puits à l'échelle du 1/500 indiquant :

- les paramètres de forage,
- la vitesse d'avancement,
- les angles et azimuts de déviation,
- la description lithologique des déblais de forage,
- la coupe lithostratigraphique, interprétée avec le report pour calage du Gamma Ray (diagraphie de radioactivité naturelle des roches).

III.2 - SITUATION

Le doublet géothermique de Champigny-sur-Marne a été implanté à l'Est, Nord-Est des opérations de Maisons-Alfort (8.5 km), Créteil (8 km), Bonneuil (6.5 km) et Sucy-en-Brie (4.5 km). Il est situé à proximité de la ferme des Bordes sur la rive gauche de la Marne (voir plan de situation figure 1).

Cote NGF : + 103 m

GCHM1 - 1 bis - Puits de production

Coordonnées de plateforme	Coordonnées de la cible au toit du réservoir
x = 616 646,2	x = 617 224,2
y = 122 187,0	y = 121 562

Forage dévié à partir de 470 m

Déviation moyenne : 37°,3/4
Déviation maximum : 43° 1/2
Déviation dans le réservoir : 35°1/2

TABLEAU I

CHAMPIGNY - SUR - MARNE (production)

GCHM 1 - 1bis

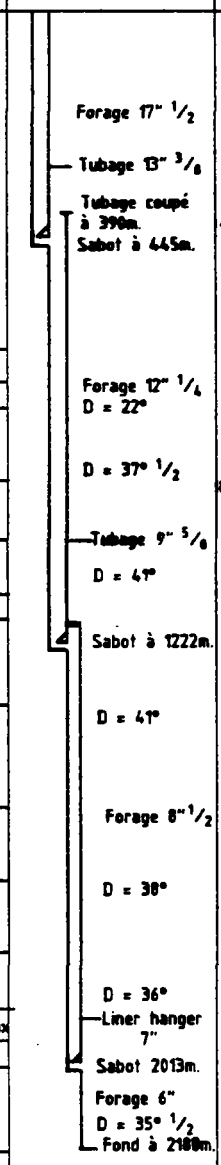
Coordonnées

Surface { x = 616 630 ; y = 122 200 ; z = + 103

Fond { x = 617 236 ; y = 121 486

Département : VAL DE MARNE
Commune : CHAMPIGNY
Date de forage : 9/12/84 - 3/2/85
Maître d'oeuvre : B.R.G.M.
Maître d'ouvrage : Ville de CHAMPIGNY
Maître d'ouvrage délégué : SODEDAT 93

Longueur forée (m.)	Profondeur verticale (m./sol)	Cote NGF (m.)	Epaisseur (m.)	Stratigraphie	Lithologie
0 m.	0	+ 103			
645	642	-539	61	CENOMANIEN	Calcaire grèseux . Marne
710	703	-600	44	GAULT	Argile calcaire
759	747	-644	106	ALBO APTIEN	Sable plus argileux á la base
896	853	-750	91	BARREMIEN	Sable et argile
1009	944	-841	82	NEOCOMIEN	Alternance de sable , de grès et d'argile
1118	1026	-923	31	PURBECKIEN	Calcaire dolomie
1160	1057	-954	126	PORTLANDIEN	Dolomie , calcaire et marne
1325	1183	-1080	143	KIMMERIDGIEN	Marne silteuse , marne calcaire
1520	1326	-1223	112	SEQUANIEN	Calcaire avec intercalation de marne
1665	1438	-1335	108	RAURACIEN	Calcaire argileux , calcaire graveleux
1800	1546	-1443	89	ARGOVIEN	Marne silteuse , argile calcaire ,grès
1910	1635	-1532	52	OXFORDIEN	Marne silteuse,calcaire argileux
1972	1687	-1584	39	CALLOVIEN	Marne à argile calcaire
2020	1726	-1623	130	BATHONIEN	Calcaire micritique graveleux oolithique
2180	1856	-1753			



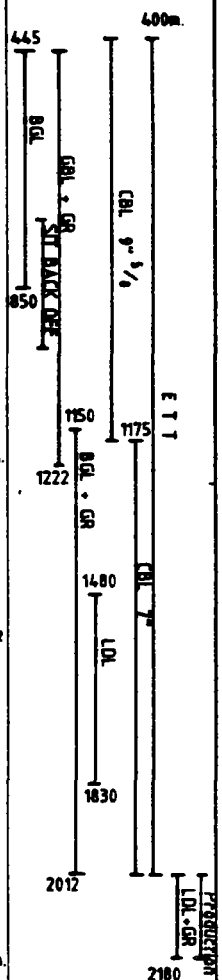


TABLEAU II

CHAMPIGNY SUR MARNE (injection) — GCHM 2

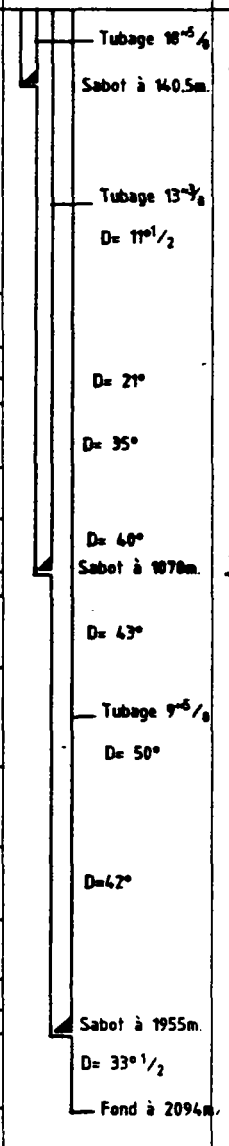
Coordonnées

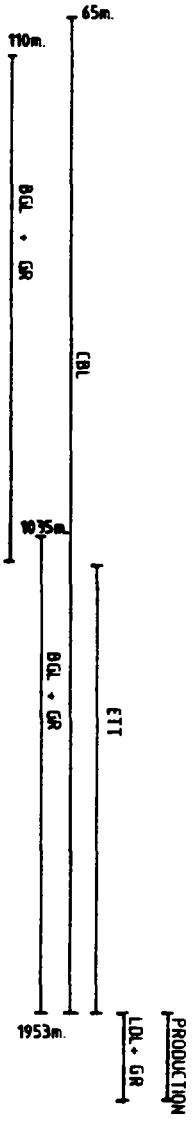
Surface { x = 616 630 ; y = 122 200 ; z = + 103m. NGF

Fond { x = 617 131 ; y = 122 956

Département : VAL DE MARNE
Commune : CHAMPIGNY SUR MARNE
Date de forage : 12/02/85 - 21/03/85
Maitre d'oeuvre : B.R.G.M.
Maitre d'ouvrage : Ville de CHAMPIGNY
Maitre d'ouvrage délégué : SODEDAT 93

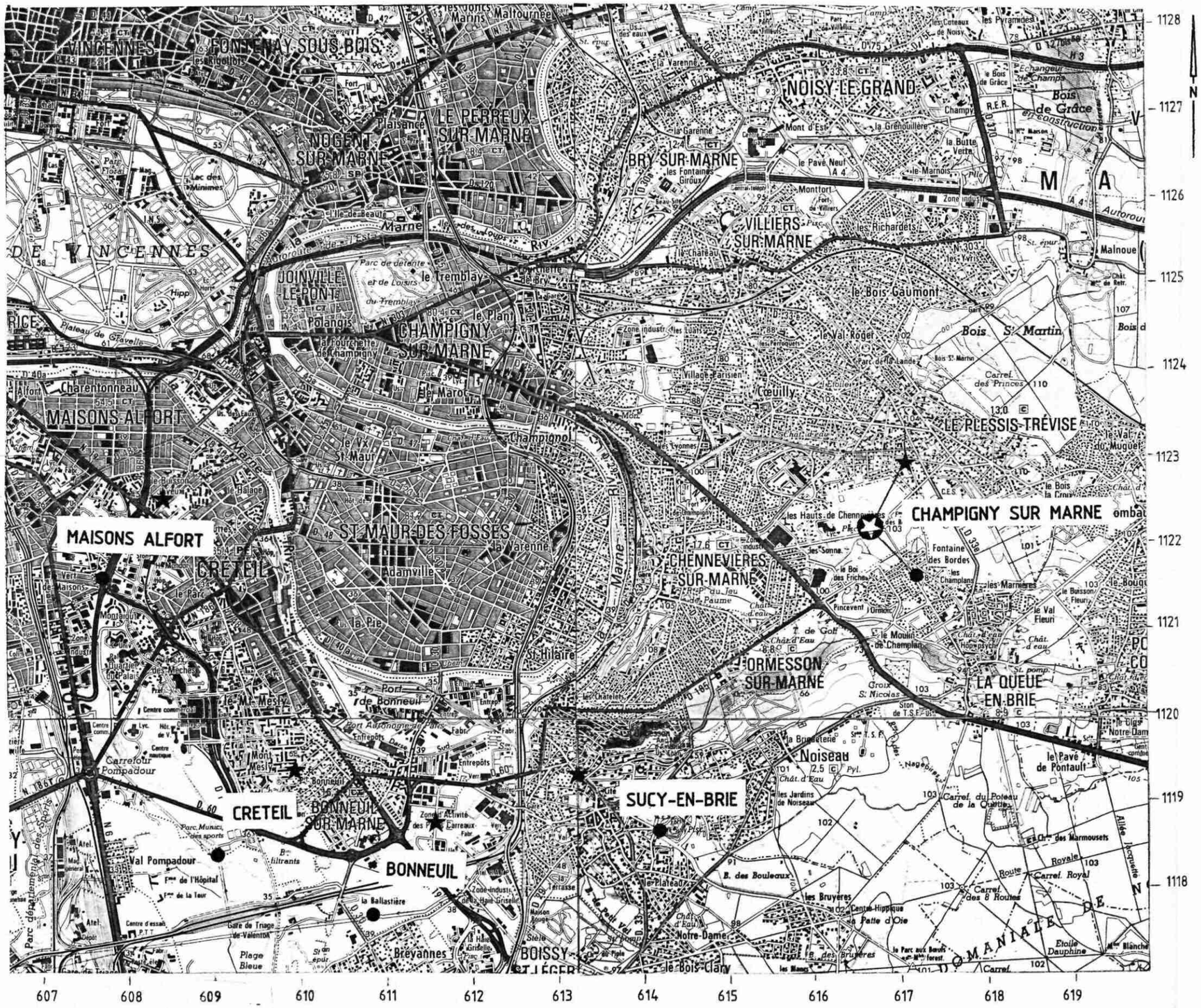
Longueur forée (m.)	Profondeur verticale (m./sol)	Cote NGF (m.)	Epaisseur (m)	Stratigraphie	Lithologie
0	0	+103			
540	540	-437	102	TURONIEN	Craie à silex
644	642	-539	54	CENOMANIEN	Grès calcaire, marne silteuse
700	696	-593	46	" GAULT"	Argile calcaire± silteuse
748	742	-639	107	ALBO-APTIEN	Sable, devenant plus argileux à la base
873	849	-746	81	BARREMIEN	Alternance d'argile calcaire et de grès
972	930	-827	76	NEOCOMIEN	Argile calcaire sable et grès
1074	1006	-903	30	PURBECKIEN	Calcaire, dolomie
1115	1036	-933	115	PORTLANDIEN	Calcaire sublithographique marne
1263	1151	-1048	129	KIMMERIDGIEN	Marne silteuse calcaire sublithographique
1451	1280	-1177	103	SEQUANIEN	Calcaire oolithique calcaire sublithographique
1603	1383	-1280	100	RAURACIEN	Calcaire gréseux calcaire argileux
1742	1483	-1380	87	ARGOVIEN	Argile calcaire à marne
1855	1570	-1467	47	OXFORDIEN	Calcaire argileux, marne
1913	1617	-1514	39	CALLOVIEN	Marne, argile calcaire
1959	1656	-1553	113	BATHONIEN	Calcaire micritique calcaire graveleux calcaire oolithique
2094	1769	1666			





PRODUCTION :
Débit
Température
Pression
Echantillonnage

FIGURE 1



PLAN DE SITUATION

- Puits de Production
- Puits d'injection
- Plateforme du doublet de CHAMPIGNY-SUR-MARNE

ECHELLE 1/ 50.000

GCHM2 - Puits d'injection

Coordonnées de plateforme	Coordonnées de la cible au toit du réservoir
x = 616 644,5	x = 617 099,4
y = 122 196,8	y = 122 894,6

Forage dévié à partir de 470 m.

Déviation moyenne : 39° 1/4
Déviation maximum : 50°
Déviation dans le réservoir : 33° 1/2

Au toit de l'objectif, la distance séparant les impacts du puits de production au puits d'injection est de 1338 m. 1338 m

III.3 - ASPECT STRUCTURAL

Le toit du Bathonien a été atteint à 1726 m (vert.) soit - 1623 m NGF au puits de production et à 1656 m (vert.) soit - 1553 m NGF au puits d'injection, soit une différence de 70 m entre les cotes verticales des 2 puits au toit du réservoir.

Cette différence provient de la position du doublet sur le flanc sud de l'anticlinal de Beynes-Meudon.

Aux doublets de Maisons-Alfort et Cachan, qui sont situés dans une position analogue à celle de Champigny par rapport à l'anticlinal, on a également observé des différences de cotes assez importantes entre les 2 puits d'un même doublet.

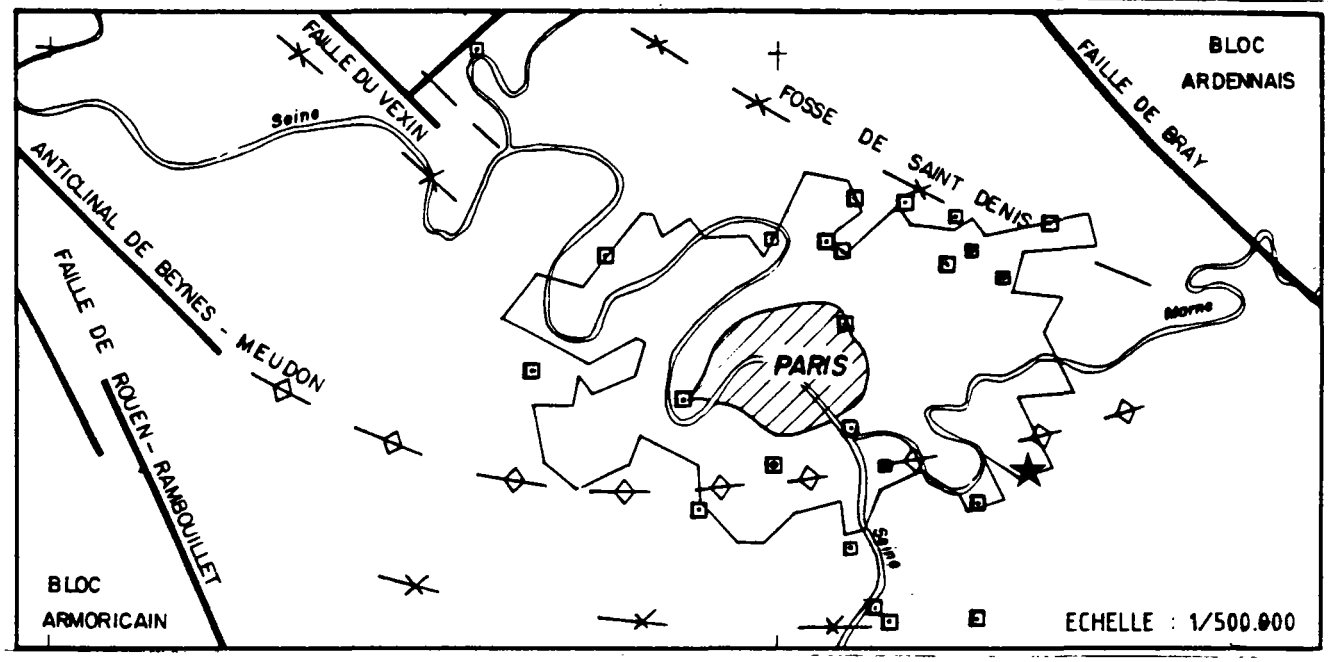
En fonction des nouvelles données acquises lors de ces 2 forages, la carte des isobathes au toit du Dogger doit être légèrement modifiée en prolongeant l'isobathe 1500 davantage vers l'Est, comme cela est indiqué sur la figure 2.

III.4 - PROGRAMME DE DIAGRAPHIES

(voir tableau III)

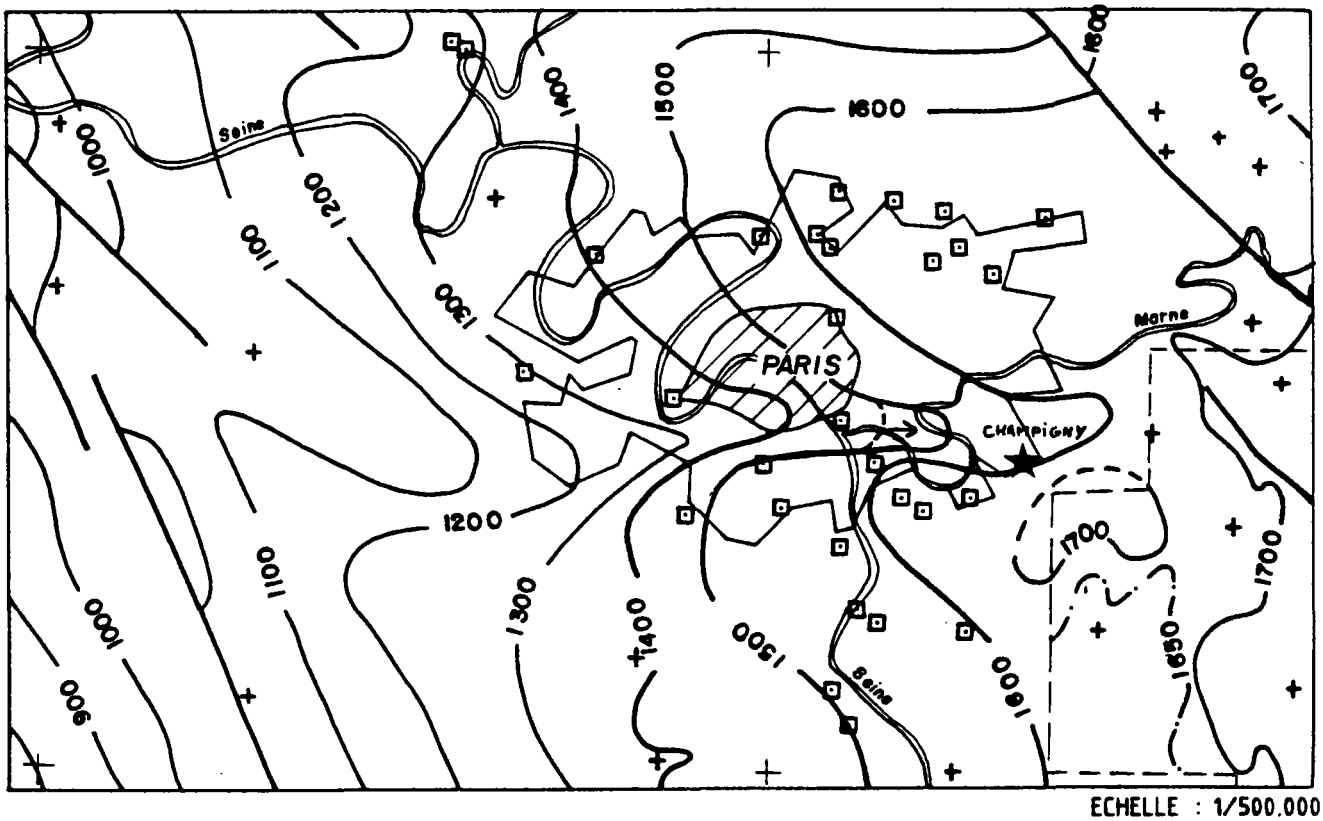
FIGURE 2

CADRE GEOLOGIQUE



★ Site étudié ⊡ Forage géothermique —◇— Axe anticlinal —×— Axe synclinal

ISOBATHES AU TOIT DU DOGGER



Accident tectonique

900 Isobathes au toit du Dogger (cote NGF)

★ Site étudié

---- Tracé initial de l'isobathe 1500

⊡ Forage géothermique

\+ Forage pétrolier

Permis pétrolier de Brie

TABLEAU DES OPERATIONS DE DIAGRAPHIES

OPERATION		DATE	NATURE DE L'OPERATION	FOND SONDEUR	INTERVALLE ETUDIE	ECHELLES
CHM1	1	30-12-84	SIT - Back-off	1930	1000- 750	1/500, 1/200
	2	03-01-85	BGL	1930	885- 445	1/500, 1/200
CHM1 bis	3	20-01-85	BGL GR (BGL: géométrie du trou)	1223	1222- 445	1/500, 1/200
			BGL GR (GR: radioactivité des roches)	2016	2012-1150	1/500, 1/200
	4	30-01-85	LDL (Densité des formations)	2016	1830-1480	1/500, 1/200
	5	03-02-85	CBL 7" (contrôle de cimentation)	2182	2013-1175	1/200
			CBL 9"5/8	2182	1173- 400	1/200
			ETT (épaisseur des tubages)	2182	2010- 400	1/200
			LDL GR	2182	2180-2013	1/500, 1/200
CHM2	1	26-02-85	BGL GR	1080	1075- 110	1/500, 1/200
	2	17-03-85	BGL GR	1955	1952-1035	1/500, 1/200
	3	21-03-85	CBL 9"5/8	2094	65-1953	1/200
			ETT	2094	1078-1954	1/200
			LDL GR	2094	1955-2091	1/500, 1/200

III.5 - ETUDE DIAGRAPHIQUE DES AQUIFERES DU NEOCOMIEN ET DU LUSITANIEN*

(voir diagraphie de densité LDL reproduite sur le log de fin de sondage).

- L'aquifère du Néocomien n'a pas été loggé par suite des difficultés de forage ayant nécessité la pose d'un tubage 9"5/8 à 1222 m.

- L'aquifère du Lusitanien a été loggé de 1830 m à 1480 m.

La diagraphie de densité LDL met en évidence deux ensembles réservoirs :

- 1605 - 1670 : 65 m d'épaisseur.
  Grainstone oolithique avec une porosité moyenne de 19.5 %.

- 1747 - 1800 : 53 m d'épaisseur.
  Ce niveau possède des caractéristiques diagraphiques hétérogènes avec, à la partie supérieure une série cimentée Wackestone-Packestone, et une série oolithique à la base.

La porosité est très variable, les niveaux les plus poreux étant compris entre 18 et 21 %.

III.6 - CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR DU DOGGER

Le forage GCHM1 - 1 bis a traversé le Bathonien de 2020 m (1726) à 2180 m (1856) selon un angle de 35° 1/2, ce qui correspond à une épaisseur de 160 m (130).

Le forage GCHM2 a traversé la Bathonien de 1959 m (1656) à 2094 m (1769) selon un angle de 33° 1/2, ce qui correspond à une épaisseur de 135 m (113).

III. 6.1. - Une corrélation diagraphique a été établie au niveau du réservoir entre ouvrage de production (GCHM1-1 bis) et ouvrage de réinjection (GCHM2) (voir annexe 3).

Pour cela, on a utilisé les descriptions d'échantillons du réservoir, les diagraphies de densité (LDL), de radioactivité (G. Ray) de production (débitmètre) ainsi que le log d'avancement.

La diagraphie d'avancement donne un avancement plus rapide dans les zones poreuses.

* La reconnaissance diagraphique des réservoirs intermédiaires est imposée par l'AFME.

La diagraphie de radioactivité (G. Ray) indique les zones à passées calcaires franches.

La diagraphie de densité (LDL) fait correspondre les zones poreuses à des zones de faible densité pour une lithologie donnée.

D'emblée, il est à noter une bonne similitude entre les 2 sondages, mis à part une diminution d'épaisseur répartie sur les différents ensembles constituant le réservoir du puits d'injection (GCHM2).

- Dalle Nacrée

La Dalle Nacrée est sensiblement plus réduite au puits d'injection 5 m contre 9 m au puits de production.

- Ensemble Gravelo-micritique

On note également une réduction d'épaisseur de cet ensemble en 2 (26 m) alors qu'en 1, la puissance de cette formation atteint 31 m. Toutefois, on retrouve à peu près les mêmes horizons poreux.

- Ensemble Oolithique et Graveleux

Même différence avec (26 m) en 2 et (32 m) en 1. Dans les 2 puits, c'est dans cette formation que l'on enregistre la porosité la plus élevée et la production la plus importante.

- Ensemble Graveleux

Epaisseur identique dans les 2 sondages, mais porosité différente, plus importante au puits de production.

- Ensemble Graveleux, bioclastique, micritique et sparitique

La grande diversité des faciès rend très difficile les corrélations à ce niveau.

III.6.2. - Identification et lithologie du réservoir

- Dalle Nacrée

Grainstone gravelo-oolithique compact.

- Ensemble gravelo-micritique

Ensemble de calcaire graveleux à texture grainstone-packestone alternant avec des calcaires micritiques. Zone à calcaire alternativement poreuse et compactée.

- Ensemble oolithique et graveleux

Cet ensemble est constitué de calcaire oolithique et graveleux à texture non jointive - packestone - Porosité essentiellement matricielle d'importance variable. Passées de calcarénite à ciment micritique.

- Ensemble graveleux, localement oolithique

où l'on enregistre une porosité moyenne plus élevée au puits de production, formation renfermant des calcaires graveleux, hétérométriques à ciment grainstone dominant avec quelques passées de calcaires oolithiques.

- Ensemble gravelo-bioclastique, micritique et sparitique

La base du réservoir renferme des calcaires micritiques à sparitiques, à texture Wackestone-Mudstone constituant des niveaux compacts alternant avec des niveaux de calcaire graveleux, bioclastique, présentant une certaine porosité.

III.6.3. - Zones productrices (tableau IV)

- Ensemble Gravelo-micritique

Cet ensemble renferme 3 niveaux productifs (GCHM1) représentant 36 % du débit total et 2 niveaux productifs (GCHM2) représentant 18 % du débit total.

- Ensemble Oolithique

La production la plus importante provient de cet ensemble avec en (1) 55 % sur 21.5 m d'épaisseur cumulée et 58 % en(2) sur 20 m d'épaisseur cumulée.

- Ensemble graveleux

Un seul niveau productif fournissant 9 % du débit total (GCHM1) et 2 niveaux (GCHM2) représentant 24 % du débit total.

La partie inférieure malgré quelques niveaux poreux dans les 2 sondages n'est pas productive.

TABLEAU IV

TABLEAU INTERPRETATIF DES ZONES PRODUCTRICES

GCHM1 (Production)

N°	Profondeur * (m)	Hauteur productrice (m)	Débit en %	Porosité p g/cm³	FDC Ø	Ø h
1	2040-2042	2	18	2.42	18 %	0.36
2	2046-2049	3	9	2.38	20 %	0.6
3	2051.5-2054.5	3	9	2.45	16 %	0.48
4	2065.5-2071	5.5	23	2.35	22 %	1.21
5	2079-2081	2	14	2.41	18 %	0.36
6	2081-2085	14	18	2.45	16 %	2.24
7	2114-2117	3	9	2.53	11 %	0.33
	TOTAL	32.5	100			5.58

$$\text{Øm} = \frac{\Sigma\ \text{Ø h}}{\Sigma h} = \frac{5.58}{32.5} = 17\ \%$$

GCHM2 (Injection)

1	1970-1973	3	12	2.47	14.5	0.435
2	1977-1981	4	6	2.5	12.8	0.512
3	1992-1995	3	6	2.4	18.5	0.555
4	1995-2000	5	29	2.33	24	1.20
5	2000-2010	10	23	2.43	17	1.70
6	2017-2019	2	12	2.45	16	0.32
7	2028-2032	4	12	2.6	6.9	0.276
	TOTAL	31	100			4.998

$$\text{Øm} = \frac{\Sigma \text{Ø h}}{\Sigma h} = \frac{4.998}{31} = 16\ \%$$

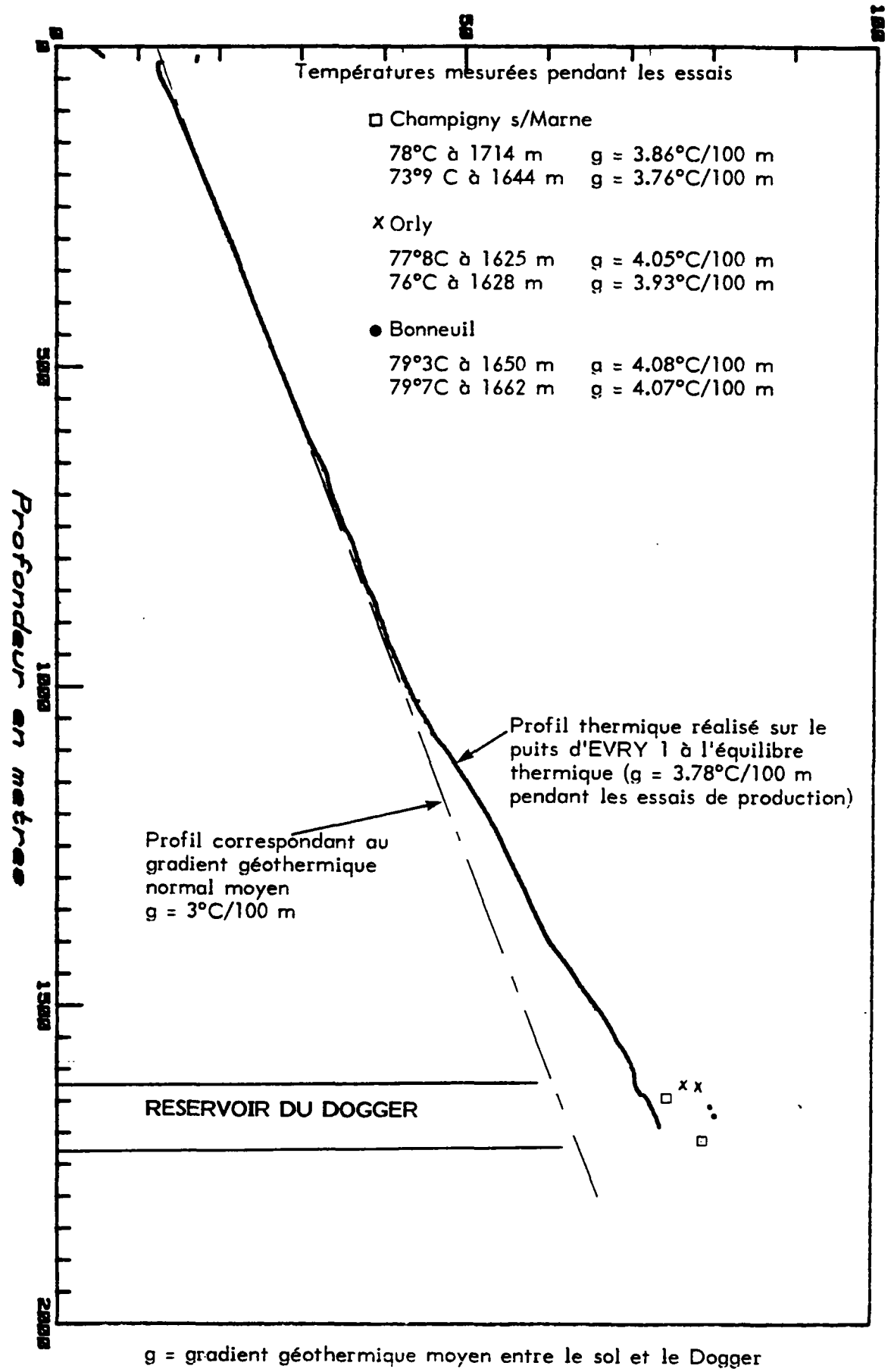
* toutes les cotes sont des cotes déviées
Hauteur productrice = hauteur déterminée au débitmètre
Débit en % = % par rapport au débit total déduit de l'interprétation du débitmètre

Ø = porosité

Øm = porosité moyenne

PROFIL THERMIQUE D'EVRY

Figure 3



g = gradient géothermique moyen entre le sol et le Dogger

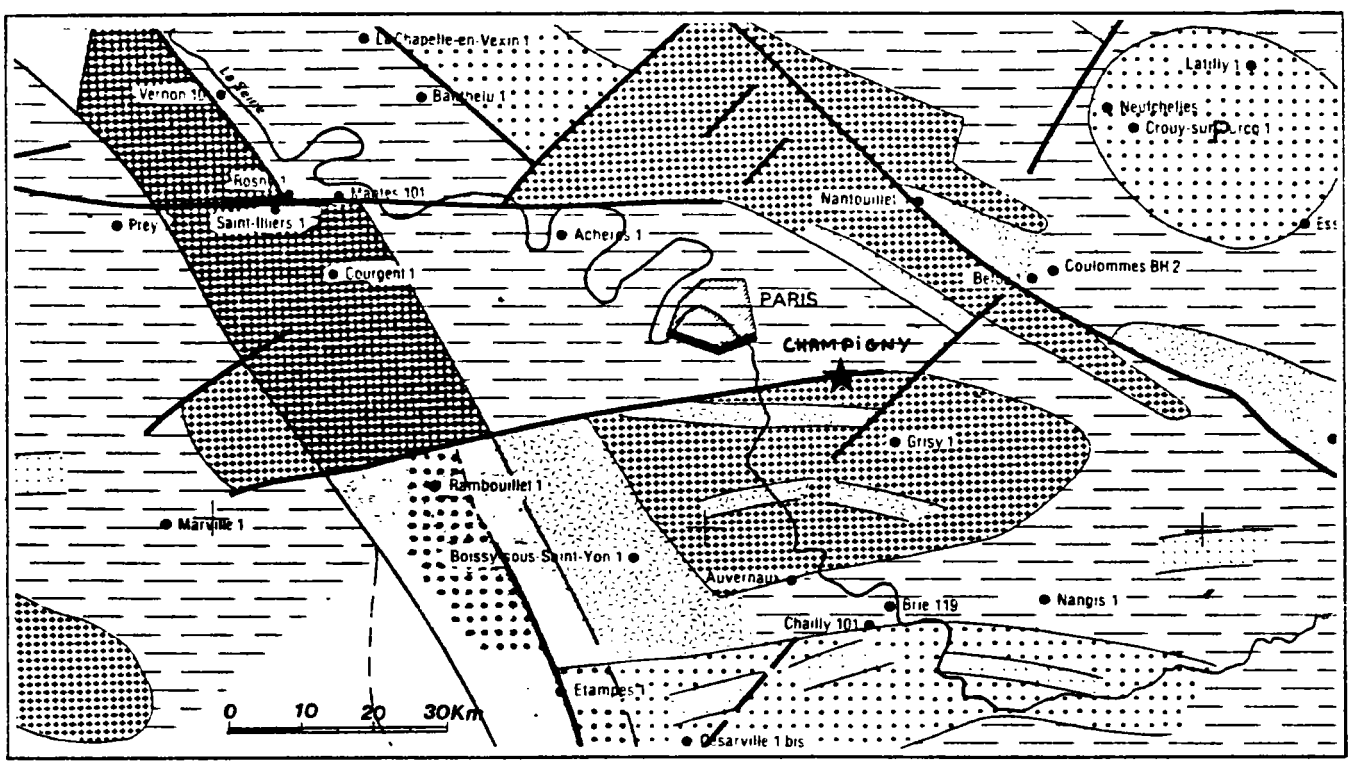
III.7 - MESURES DE TEMPERATURE

Les mesures de température effectuées sur les 2 puits de Champigny-sur-Marne ont révélé des températures élevées, supérieures à celles qui correspondraient au gradient géothermique normal (3°C/100 m) - voir diagramme fig. 3.

GCHM1 — 78°C à 1714 m, soit un gradient moyen entre le Dogger et le sol de 3.86°C/100 m

GCHM2 — 73.9°C à 1644 m, soit un gradient moyen entre le Dogger de 3.76°C/100 m.

Ces valeurs élevées qui sont reportées sur un profil thermique, en l'occurence celui d'Evry (fig. 3), peuvent s'expliquer en partie par la situation du doublet de Champigny-sur-Marne qui se trouve à la limite d'une zone où le socle est granitique (voir carte ci-dessous). Les doublets d'Orly, EVry et Bonneuil (mentionnés sur la figure 3) qui sont situés également dans cette zone, ont bénéficié de températures élevées.



LITHOLOGIE DU SOCLE DU BASSIN PARISIEN

III.8 - CONCLUSION

Le réservoir du Dogger qui sera utilisé pour l'exploitation du doublet de Champigny-sur-Marne présente les caractéristiques suivantes.

	GCHM1-1 bis	GCHM2
Profondeur des niveaux producteurs	2040 m - 2117 m	1970 m - 2032 m
Cotes verticales	(1743 m - 1805 m)	-1655 m - 1717 m)
Nombre de niveaux producteurs	7	7
Epaisseur cumulée des niveaux producteurs	32.5 m déviée 26.5 m vert.	31 m déviée 26 m vert.
Porosité moyenne	17 %	16 %
Transmissivité intrinsèque	51 D.m.	58 D.m.
Perméabilité	1.9 D	2.2 D
Température stabilisée	78°C à 1714 vert.	73°9 à 1644 vert.
Débit artésien	113 m^3/h	188 m^3/h
Salinité moyenne	20 g/l	24 g/l
Pression artésienne en tête de puits	3.5 bars	3.5 bars
Pression statique de gisement	176.01 kg/cm^2 à 1714 m vert.	169.790 kg/cm^2 à 1644 m vert.

- CHAPITRE IV -

RAPPORT D'ESSAIS DU FORAGE DE PRODUCTION GCHM1

IV. 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 transmissivité (de l'ordre de 50 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif).

Le débit artésien maximal obtenu a été 113 m3/h aprés les opérations d'acidification.
(avant acidification il était 60 m3/h)

Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 2040 m et 2117 m dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 32.5 m dév. (26.5 m vert.)
Porosité moyenne	O = 17 %
Température stabilisée à 2005 m.(déviés) au débit moyen de 113 m3/h (artésien)	Tf = 78.2 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.37 cp
Salinité moyenne	= 20 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée (fin de build up)	Par = 3.5 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 176.010 kg/cm^2 à 2005 m.déviés

Paramètres retenus :

Transmissivité relative	kh/u = 138 D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh = 51 D.m
Perméabilité intrinsèque	k = 1.9 D
Facteur de skin	S = - 1

IV.2. - INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 09/02/85

Le test de formation a été réalisé le 09/02/85 après les travaux de développement de l'ouvrage. Il se compose d'une période de production à débit constant (artésienne), suivie 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.

IV.2.1 - CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage (09/02/85)..... t = 06.00.00
- arrêt du pompage (09/02/85)..... t = 16.00.00
- durée du pompage.....tp = 10.00.00

- fin de remontée de pression (10/02/85)..... t = 07.00.00
- débit nominal moyen..... Q = 113 m3/h

- température à 2005 m dév. au débit nominal Tf = 78.2 C
  (température de mélange durant
  la production)

- localisation de la sonde TP.....2005 m.dev.
  soit 1714 m.vert.

- rayon du forage dans le réservoir..... 7.62 cm

IV.2.2. - INTERPRETATION DE L'ESSAI :

IV.2.2.1. - Hauteur productive et porosité du réservoir :

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

Hauteur productive h = 32.5 m.devié
26.5 m. vertical
Porosité moyenne 0 = 17 %

IV.2.2.2. - Salinité moyenne :

La salinité déduite de la mesure de conductivité est de 20 g/l

IV.2.2.3. - Compressibilité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 2040 et 2117 m dév., la compressibilité est évaluée à la profondeur moyenne de 2073 m. déviés ,soit 1770 m. vertical.

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

$$Cw = 4.3\ 10^{-5}\ atm^{-1}$$

pour une pression de confinement de 175 atm et une température de 79 C.

D'après l'abaque de Hall, et pour une porosité de 17 %, la compressibilité effective de la roche vaut :

$$Cr = 5.4\ 10^{-5}\ atm^{-1}$$

d'où la compressibilité totale :

$$Ct = 10^{-4}\ atm^{-1}$$

IV.2.2.4. - Viscosité de l'eau de la formation :

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

$$u = 0.37\ cp$$

IV.2.2.5. - Perméabilité et facteur de skin :

La perméabilité et le facteur de skin sont déterminés à partir de l'enregistrement de la remontée de pression finale avec la sonde TP en place à 2005 m dév.

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

a/ - Courbe type (diagramme log-log)

La première estimation des paramètres est effectuée à l'aide de l'abaque Flopetrol (SPE 8205,1979) et du report des points expérimentaux en graphique bi-log (figure 1).

Points de coincidence des graphiques :

$dP = 1$ kg/cm2 $\qquad PD = 2.7$

$dt = 1$ h $\qquad tD/CD = 2.1\ 10^{2}$

$CD.\exp(2S) = 10000$

Transmissivité :

$$PD = \frac{2.n.kh.dP}{Q.u} \qquad \text{d'où} \qquad \frac{kh}{u} = \frac{PD.Q}{2.n.dP}$$

$$\frac{kh}{u} = 13937\ D.cm/cp$$

avec $u = 0.37$ cp $\qquad kh = 52$ D.m

et $h = 26.5$ m $\qquad k = 2$ D

Facteur de skin :

$$C = 2.n.\frac{kh}{u}.\frac{dt}{\frac{tD}{CD}} = 1.5\ \ 10^{6}\ \text{cm3/atm}$$

$$CD = \frac{C}{2n.O.Ct.h.rw^2} = 91265$$

et avec $S = 0.5 \text{ Ln } (CD.\exp(2S)/CD)$

il vient $S = -1.1$

b/ - Méthode de HORNER :

Le report de la figure 2 représente l'évolution 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.

Transmissivité :

La pente moyenne de la droite vaut :

$$m = 0.43 \text{ kg/cm2/décade}$$

d'où $$\frac{kh}{u} = \frac{0.183\ Q}{m} = 13803 \text{ D.cm/cp}$$

avec $u = 0.37$ $\quad kh = 51$ D.m

et avec $h = 26.5$ m $\quad k = 1.9$ D

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul :

$$P(1h) = 175.567 \text{ kg/cm2}$$

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

soit $S = -1$

Pression statique extrapolée :

P* = 176.010 kg/cm2 abs. à 2005 m dév.

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 = 0.36 kg/cm2/décade

d'où $\frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m}$ = 16487 D.cm/cp

avec u = 0.37 cp. kh = 61 D.m

k = 2.3 D avec h = 26.5 m

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul P(1h) = 175.566 kg/cm2

il vient :

S = + 0.58

IV.3. - 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 50 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif voisin de - 1).

TABLEAU RECAPITULATIF

Niveaux producteurs	entre 2040 et 2117 m.dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 32.5 m dév.soit 26.5 m vert.
Porosité moyenne	= 17 %
Température stabilisée à 2005 m dév. au débit de 113 m3/h	Tf = 78.2 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.37 cp
Salinité moyenne	= 20 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée	Par = 3.5 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 176.010 kg/cm2 abs. à 2005 m dév.

	retenu	(d'après) Log-Log	Horner	MDH
Transmissivité relative kh/u en D.m/cp.	138	139	138	165
Transmissivité intrinsèque kh en D.m	51	52	51	61
Perméabilité intrinsèque k en Darcy	1.9	2	1.9	2.3
Facteur de skin S	-1	-1.1	-1	+0.58

IV.4. - ANNEXES

066

CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM1

REMONTEE DE PRESSION DU 09/02/85

DUREE DE PRODUCTION = 10.000 Heures
Pwfo..... = 172.605 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
1	16. 1.10	.00278	.006	3601.879	172.611
2	16. 1.20	.00556	.020	1800.822	172.625
3	16. 1.30	.00833	.036	1201.018	172.641
4	16. 1.40	.01111	.040	901.065	172.645
5	16. 1.50	.01389	.048	720.978	172.653
6	16. 2. 0	.01667	.048	601.009	172.653
7	16. 2.10	.01944	.055	515.310	172.660
8	16. 2.30	.02500	.065	401.006	172.670
9	16. 2.40	.02778	.068	361.014	172.673
10	16. 2.50	.03056	.080	328.271	172.685
11	16. 3. 0	.03333	.090	301.005	172.695
12	16. 3.10	.03611	.103	277.932	172.708
13	16. 3.20	.03889	.124	258.143	172.729
14	16. 3.30	.04167	.177	241.004	172.782
15	16. 3.40	.04444	.231	226.007	172.836
16	16. 3.50	.04722	.317	212.765	172.922
17	16. 4. 0	.05000	.986	200.995	173.591
18	16. 4.10	.05278	1.959	190.472	174.564
19	16. 4.30	.05833	1.976	172.426	174.581
20	16. 4.40	.06111	2.002	164.635	174.607
21	16. 4.50	.06389	2.041	157.518	174.646
22	16. 5. 0	.06667	2.114	150.998	174.719
23	16. 5.10	.06944	2.122	145.000	174.727
24	16. 5.20	.07222	2.178	139.459	174.783
25	16. 5.30	.07500	2.187	134.332	174.792
26	16. 5.40	.07778	2.226	129.571	174.831
27	16. 5.50	.08056	2.237	125.136	174.842
28	16. 6. 0	.08333	2.262	120.999	174.867
29	16. 6.10	.08611	2.281	117.129	174.886
30	16. 6.20	.08889	2.292	113.498	174.897
31	16. 6.30	.09167	2.315	110.090	174.920
32	16. 6.40	.09444	2.329	106.883	174.934

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
33	16. 6.50	.09722	2.340	103.856	174.945
34	16. 7. 0	.10000	2.356	101.000	174.961
35	16. 7.10	.10278	2.365	98.298	174.970
36	16. 7.20	.10556	2.373	95.736	174.978
37	16. 7.30	.10833	2.387	93.307	174.992
38	16. 7.40	.11111	2.400	91.000	175.005
39	16. 7.50	.11389	2.403	88.804	175.008
40	16. 8. 0	.11667	2.414	86.714	175.019
41	16. 8.10	.11944	2.427	84.721	175.032
42	16. 8.20	.12222	2.437	82.818	175.042
43	16. 8.30	.12500	2.445	81.000	175.050
44	16. 8.40	.12778	2.449	79.261	175.054
45	16. 8.50	.13056	2.453	77.595	175.058
46	16. 9. 0	.13333	2.464	76.000	175.069
47	16. 9.30	.14167	2.479	71.588	175.084
48	16.10. 0	.15000	2.503	67.667	175.108
49	16.10.30	.15833	2.512	64.158	175.117
50	16.11. 0	.16667	2.527	61.000	175.132
51	16.11.30	.17500	2.546	58.143	175.151
52	16.12. 0	.18333	2.560	55.545	175.165
53	16.12.44	.19556	2.571	52.136	175.176
54	16.13.14	.20389	2.588	50.046	175.193
55	16.13.44	.21222	2.598	48.120	175.203
56	16.14.14	.22056	2.607	46.340	175.212
57	16.14.44	.22889	2.614	44.689	175.219
58	16.15.14	.23722	2.627	43.154	175.232
59	16.15.44	.24556	2.635	41.724	175.240
60	16.16.14	.25389	2.635	40.387	175.240
61	16.16.44	.26222	2.651	39.136	175.256
62	16.17.14	.27056	2.657	37.961	175.262
63	16.17.44	.27889	2.658	36.857	175.263
64	16.18.14	.28722	2.673	35.816	175.278
65	16.18.44	.29556	2.677	34.835	175.282
66	16.19.14	.30389	2.686	33.907	175.291
67	16.19.44	.31222	2.690	33.028	175.295
68	16.20.14	.32056	2.689	32.196	175.294
69	16.20.44	.32889	2.697	31.405	175.302
70	16.21.14	.33722	2.708	30.654	175.313
71	16.21.44	.34556	2.713	29.939	175.318
72	16.22.14	.35389	2.715	29.257	175.320
73	16.22.44	.36222	2.725	28.607	175.330
74	16.23.14	.37056	2.732	27.986	175.337
75	16.23.44	.37889	2.734	27.393	175.339
76	16.24.14	.38722	2.740	26.825	175.345

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
77	16.24.44	.39556	2.744	26.281	175.349
78	16.25.14	.40389	2.753	25.759	175.358
79	16.25.44	.41222	2.752	25.259	175.357
80	16.26.14	.42056	2.754	24.778	175.359
81	16.26.44	.42889	2.760	24.316	175.365
82	16.27.14	.43722	2.763	23.872	175.368
83	16.27.44	.44556	2.772	23.444	175.377
84	16.28.14	.45389	2.773	23.032	175.378
85	16.28.44	.46222	2.781	22.635	175.386
86	16.29.44	.47889	2.791	21.882	175.396
87	16.30.44	.49556	2.798	21.179	175.403
88	16.31.44	.51222	2.800	20.523	175.405
89	16.32.44	.52889	2.811	19.908	175.416
90	16.33.44	.54556	2.817	19.330	175.422
91	16.34.44	.56222	2.829	18.787	175.434
92	16.35.44	.57889	2.827	18.274	175.432
93	16.36.44	.59556	2.841	17.791	175.446
94	16.37.44	.61222	2.844	17.334	175.449
95	16.38.44	.62889	2.848	16.901	175.453
96	16.39.44	.64556	2.857	16.491	175.462
97	16.40.44	.66222	2.864	16.101	175.469
98	16.42.14	.68722	2.869	15.551	175.474
99	16.43.44	.71222	2.877	15.041	175.482
100	16.45.14	.73722	2.886	14.564	175.491
101	16.46.44	.76222	2.891	14.120	175.496
102	16.47.44	.77889	2.895	13.839	175.500
103	16.48.44	.79556	2.899	13.570	175.504
104	16.49.44	.81222	2.904	13.312	175.509
105	16.51.44	.84556	2.915	12.827	175.520
106	16.53.44	.87889	2.917	12.378	175.522
107	16.55.44	.91222	2.922	11.962	175.527
108	16.57.44	.94556	2.939	11.576	175.544
109	17. 0.44	.99556	2.945	11.045	175.550
110	17. 2.44	1.02889	2.953	10.719	175.558
111	17. 4.44	1.06222	2.960	10.414	175.565
112	17. 6.44	1.09556	2.965	10.128	175.570
113	17. 8.44	1.12889	2.970	9.858	175.575
114	17.10.44	1.16222	2.977	9.604	175.582
115	17.12.44	1.19556	2.982	9.364	175.587
116	17.14.44	1.22889	2.986	9.137	175.591
117	17.16.44	1.26222	2.991	8.923	175.596
118	17.18.44	1.29556	2.997	8.719	175.602
119	17.20.44	1.32889	2.999	8.525	175.604
120	17.23.44	1.37889	3.009	8.252	175.614

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
121	17.27.44	1.44556	3.015	7.918	175.620
122	17.30.44	1.49556	3.020	7.686	175.625
123	17.32.44	1.52889	3.025	7.541	175.630
124	17.34.44	1.56222	3.029	7.401	175.634
125	17.37.44	1.61222	3.034	7.203	175.639
126	17.39.44	1.64556	3.038	7.077	175.643
127	17.41.44	1.67889	3.046	6.956	175.651
128	17.43.44	1.71222	3.048	6.840	175.653
129	17.46.44	1.76222	3.055	6.675	175.660
130	17.50.44	1.82889	3.058	6.468	175.663
131	17.53.44	1.87889	3.064	6.322	175.669
132	17.56.44	1.92889	3.069	6.184	175.674
133	18. 0.44	1.99556	3.072	6.011	175.677
134	18. 2.44	2.02889	3.078	5.929	175.683
135	18. 5.44	2.07889	3.080	5.810	175.685
136	18. 9.44	2.14556	3.084	5.661	175.689
137	18.12.44	2.19556	3.090	5.555	175.695
138	18.15.44	2.24556	3.093	5.453	175.698
139	18.18.44	2.29556	3.101	5.356	175.706
140	18.24.44	2.39556	3.105	5.174	175.710
141	18.29.44	2.47889	3.111	5.034	175.716
142	18.34.44	2.56222	3.116	4.903	175.721
143	18.37.44	2.61222	3.120	4.828	175.725
144	18.41.44	2.67889	3.125	4.733	175.730
145	18.45.44	2.74556	3.131	4.642	175.736
146	18.52.44	2.86222	3.138	4.494	175.743
147	19. 1.44	3.01222	3.141	4.320	175.746
148	19. 6.44	3.09556	3.145	4.230	175.750
149	19.11.44	3.17889	3.150	4.146	175.755
150	19.16.44	3.26222	3.155	4.065	175.760
151	19.22.44	3.36222	3.159	3.974	175.764
152	19.29.44	3.47889	3.163	3.874	175.768
153	19.34.44	3.56222	3.167	3.807	175.772
154	19.40.44	3.66222	3.169	3.731	175.774
155	19.49.44	3.81222	3.174	3.623	175.779
156	19.55.44	3.91222	3.175	3.556	175.780
157	20. 1.44	4.01222	3.180	3.492	175.785
158	20. 8.44	4.12889	3.183	3.422	175.788
159	20.13.44	4.21222	3.187	3.374	175.792
160	20.20.44	4.32889	3.190	3.310	175.795
161	20.25.44	4.41222	3.196	3.266	175.801
162	20.41.44	4.67889	3.200	3.137	175.805
163	20.53.44	4.87889	3.205	3.050	175.810
164	21. 9.44	5.14556	3.208	2.943	175.813

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
165	21.19.44	5.31222	3.212	2.882	175.817
166	21.35.44	5.57889	3.218	2.792	175.823
167	21.51.44	5.84556	3.224	2.711	175.829
168	22. 9.44	6.14556	3.228	2.627	175.833
169	22.23.44	6.37889	3.231	2.568	175.836
170	22.33.44	6.54556	3.234	2.528	175.839
171	22.53.44	6.87889	3.239	2.454	175.844
172	23.17.44	7.27889	3.245	2.374	175.850
173	23.33.44	7.54556	3.250	2.325	175.855
174	23.57.44	7.94556	3.254	2.259	175.859
175	0.19.44	8.31222	3.258	2.203	175.863
176	0.47.44	8.77889	3.263	2.139	175.868
177	1. 7.44	9.11222	3.268	2.097	175.873
178	1.31.44	9.51222	3.271	2.051	175.876
179	1.43.44	9.71222	3.274	2.030	175.879
180	2.15.44	10.24556	3.276	1.976	175.881
181	2.35.44	10.57889	3.279	1.945	175.884
182	2.55.44	10.91222	3.282	1.916	175.887
183	3.21.44	11.34556	3.287	1.881	175.892
184	4. 1.44	12.01222	3.290	1.832	175.895
185	4.29.44	12.47889	3.294	1.801	175.899
186	4.59.44	12.97889	3.296	1.770	175.901
187	5.19.44	13.31222	3.299	1.751	175.904
188	5.47.44	13.77889	3.302	1.726	175.907
189	6.15.44	14.24556	3.305	1.702	175.910
190	6.53.44	14.87889	3.309	1.672	175.914

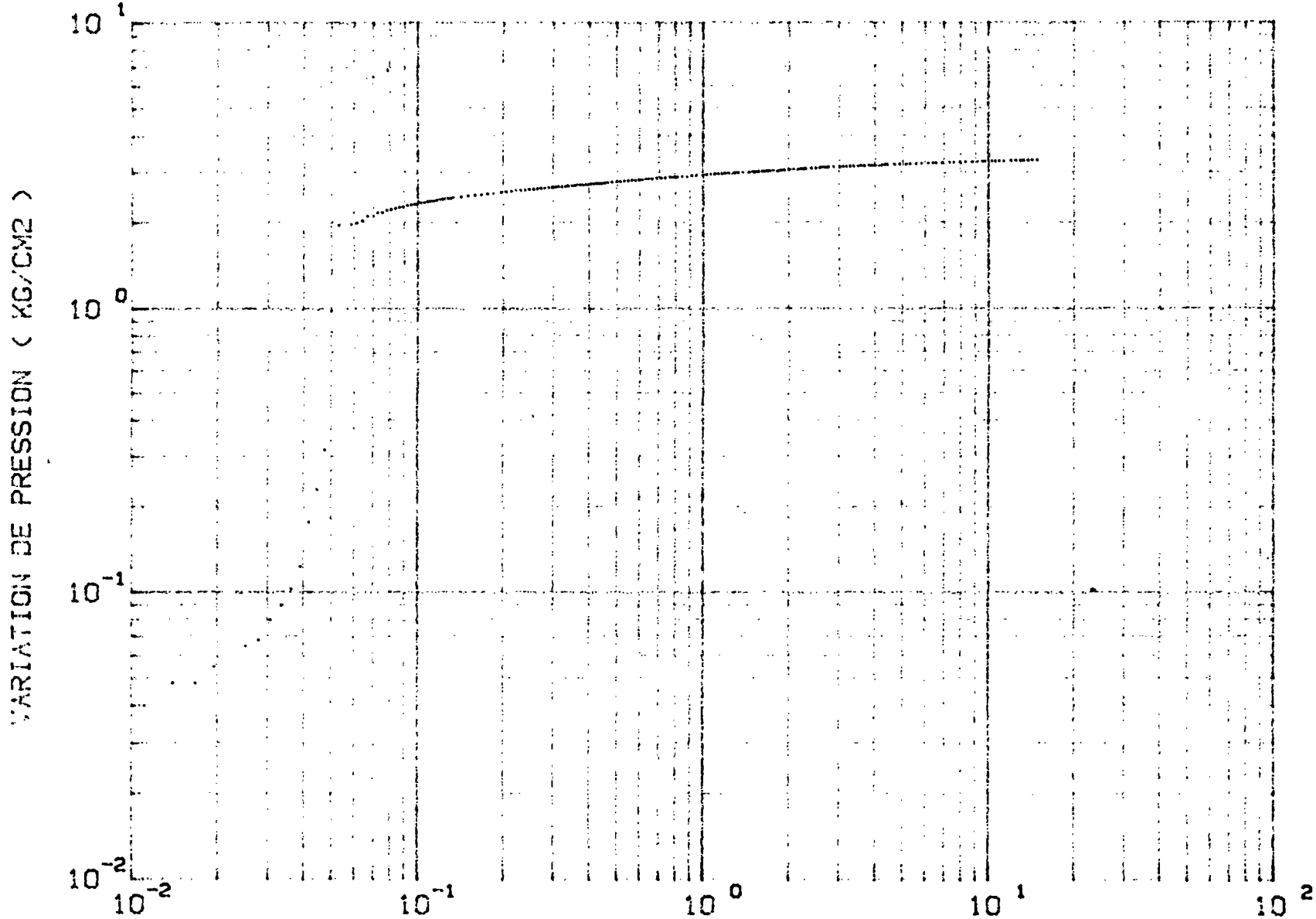


FIGURE 1 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - CHAMPIGNY SUR MARNE - FORAGE GCHM1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME LOG-LOG

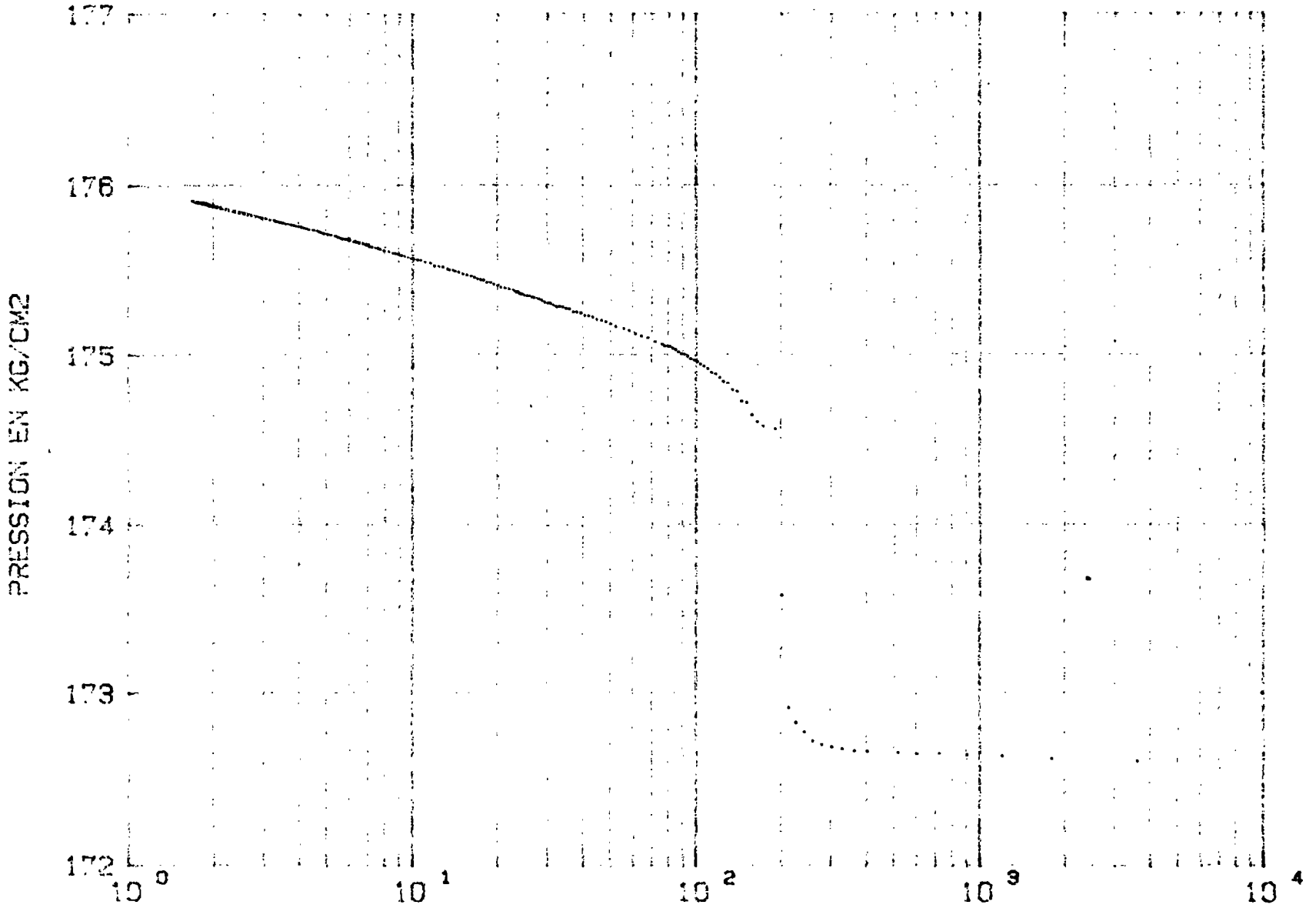


FIGURE 2 - (TP+DT)/DT
TEST DE FORMATION - CHAMPIGNY SUR MARNE - FORAGE GCHM1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME DE HORNER

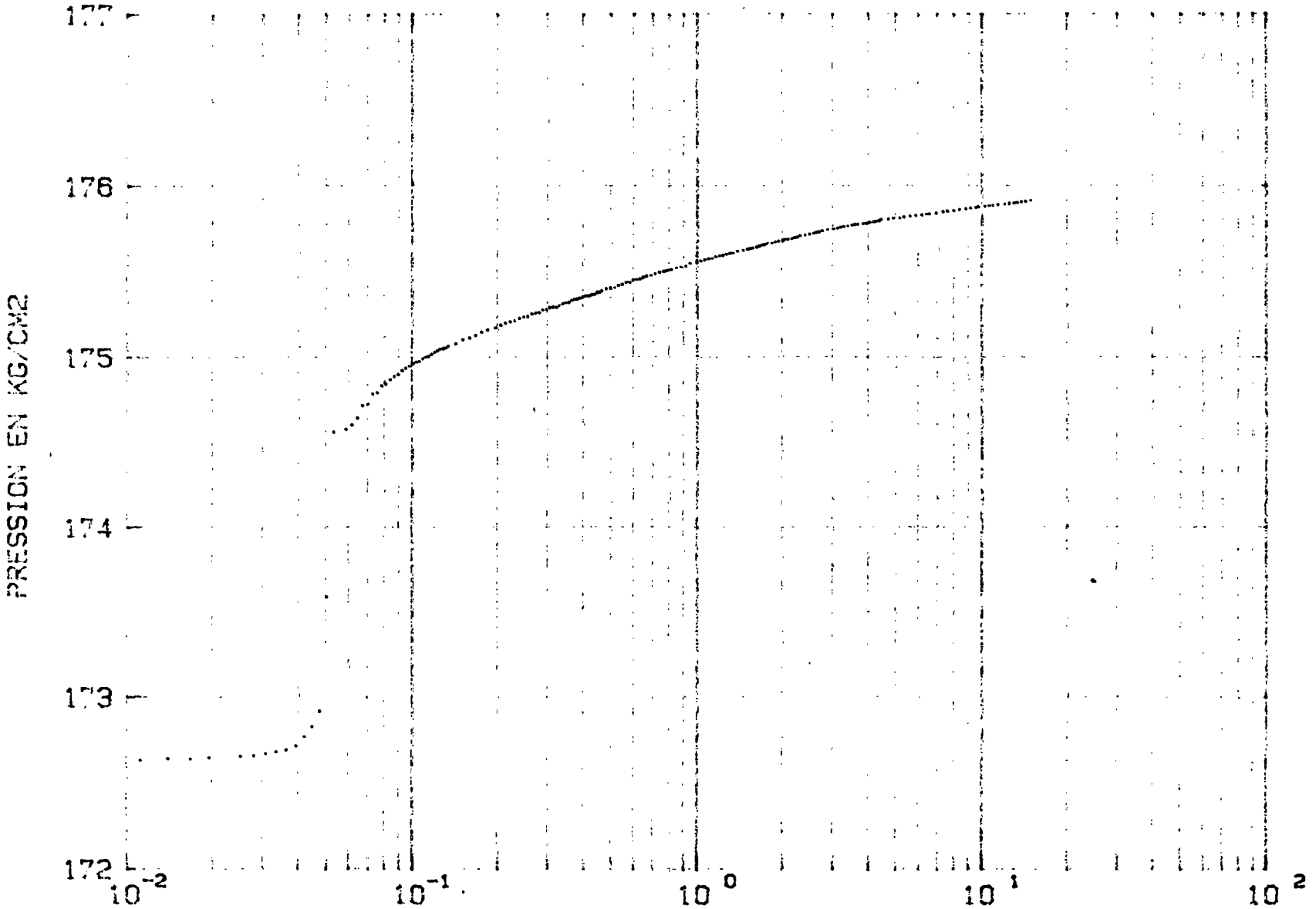


FIGURE 3 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - CHAMPIGNY SUR MARNE - FORAGE GCHM1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME SEMI-LOG (MDH)

- CHAPITRE V -

RAPPORT D'ESSAIS DU PUITS DE REINJECTION GCHM2

V.1.- 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 transmissivité (de l'ordre de 58 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif).

Le débit artésien maximal obtenu a été 188 m3/h aprés les opérations d'acidification.
(avant acidification il était de 120 m3/h)

Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 1970 m et 2032 m dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 31 m dév. (26 m vert.)
Porosité moyenne	0 = 16 %
Température stabilisée à 1945 m.(déviés) au débit moyen de 140 m3/h (artésien)	Tf = 73.9 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.38 cp
Salinité moyenne	= 24 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée (fin de build up)	Par = 3.5 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 169.790 kg/cm^2 à 1945 m.déviés

Paramètres retenus :

Transmissivité relative	kh/u = 153 D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh = 58 D.m
Perméabilité intrinsèque	k = 2.2 D
Facteur de skin	S = - 3.8

V.2. - INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 24/03/85

Le test de formation a été réalisé le 24/03/85 après les travaux de développement de l'ouvrage. Il se compose d'une période de production à débit constant (artésienne), suivie 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.

V.2.1- CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage (24/03/85)..... t = 22.30.00
- arrêt du pompage (25/03/85)..... t = 10.00.00
- durée du pompage.....tp = 11.30.00

- fin de remontée de pression (26/03/85)..... t = 13.00.00
- débit nominal moyen..... Q = 140 m3/h

- température à 1945 m dév. au débit nominal Tf = 73.9 C
  (température de mélange durant
  la production)

- localisation de la sonde TP.....1945 m.dev.
  soit 1644 m.vert.

- rayon du forage dans le réservoir..... 10.795 cm

V.2.2. - INTERPRETATION DE L'ESSAJ :

V.2.2.1. - Hauteur productive et porosité du réservoir :

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

Hauteur productive h = 31 m.devié
27 m. vertical
Porosité moyenne 0 = 16 %

V.2.2.2. - Salinité moyenne :

La salinité déduite de la mesure de conductivité est de 24 g/l

V.2.2.3. - Compressibilité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 1970 et 2032 m dév., la compressibilité est évaluée à la profondeur moyenne de 2000 m. déviés ,soit 1690 m. vertical.

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

$$Cw = 4.27\ 10^{-5}\ atm^{-1}$$

pour une pression de confinement de 168 atm et une température de 74.5 C.

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

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

d'où la compressibilité totale :

$$Ct = 10^{-4}\ atm^{-1}$$

V.2.2.4. - Viscosité de l'eau de la formation :

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

$$u = 0.38\ cp$$

V.2.2.5. - Perméabilité et facteur de skin :

La perméabilité et le facteur de skin sont déterminés à partir de l'enregistrement de la remontée de pression finale avec la sonde TP en place à 1945 m dév.

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

a/ - Courbe type (diagramme log-log)

La première estimation des paramètres est effectuée à l'aide de l'abaque Flopetrol (SPE 8205,1979) et du report des points expérimentaux en graphique bi-log (figure 1).

Points de coincidence des graphiques :

$dP = 1$ kg/cm2 $\qquad PD = 3.5$

$dt = 1$ h $\qquad tD/CD = 6.2\ 10^{2}$

$CD.\exp(2S) = 1000$

Transmissivité :

$$PD = \frac{2.n.kh.dP}{Q.u} \qquad \text{d'où} \qquad \frac{kh}{u} = \frac{PD.Q}{2.n.dP}$$

$$\frac{kh}{u} = 22383 \text{ D.cm/cp}$$

avec $u = 0.38$ cp $\qquad kh = 85$ D.m

et $h = 26$ m $\qquad k = 3.27$ D

Facteur de skin :

$$C = 2.n.\frac{kh}{u}.\frac{dt}{\frac{tD}{CD}} = 8.17\ 10^{5} \text{ cm3/atm}$$

$$CD = \frac{C}{2n.0.Ct.h.rw^2} = 70586$$

et avec $S = 0.5 \text{ Ln } (CD.\exp(2S)/CD)$

il vient $S = -2.1$

b/ - Méthode de HORNER :

Le report de la figure 2 représente l'évolution 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.

Transmissivité :

La pente moyenne de la droite vaut :

$$m = 0.48 \text{ kg/cm2/décade}$$

d'où $$\frac{kh}{u} = \frac{0.183\ Q}{m} = 15320 \text{ D.cm/cp}$$

avec $u = 0.38$ $\quad kh = 58$ D.m

et avec $h = 26$ m $\quad k = 2.23$ D

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul :

$$P(1h) = 169.260 \text{ kg/cm2}$$

$$S = 1.15 \left(\frac{dP(1h)}{m} - \text{Log} \left(\frac{k}{0.u.Ct.rw^2} \right) - 3.9077 \right)$$

soit $S = -3.8$

Pression statique extrapolée :

P* = 169.790 kg/cm2 abs. à 1945 m dév.

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 $m = 0.30$ kg/cm2/décade

d'où $\frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m} = 24511$ D.cm/cp

avec u = 0.38 cp. $kh = 93$ D.m

$k = 3.57$ D avec h = 26 m

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul P(1h) = 169.320 kg/cm2

il vient :

$$S = -0.9$$

V.3. - TEST D'INTERFERENCE :

Afin de controler le comportement du forage dans son mode d'exploitation ,un test d'interférence a été exécuté.
Durant cet essai la sonde de mesure est demeurée à la cote 1945 m.déviés.

Au cours de cet essai un débit de 85 m3/h a été prélevé dans le forage GCHM1 pendant 5 heures.L'enregistrement de la pression de fond en GCHM2 a permis de controler l'apparition de l'interférence hydraulique et par conséquent la continuité hydraulique du réservoir.

Caractéristiques de l'essai:

- Début de l'essai (27/03/85) .....t = 07.00.00
- Arret de l'essai (27/03/85) .....t = 12.00.00
- Durée de l'essai .....t = 05.00.00
- Débit moyen .....Q = 85 m3/h
- Position de la sonde TP .....1945 m dév.

Les variations de pression obtenues en GCHM2, bien que nettement mises en évidence, sont trop faibles pour conduire à une interprétation quantitative fiable.
L'apparition de l'interférence en GCHM2 se situe environ 2 heures après la mise en production de GCHM1.

Les variations de pression obtenues sont reportées sur la figure 4 en diagramme log-log et en figure 5 en diagramme semi-log.

V.4.- TEST D'INJECTION :

Afin de controler le comportement du forage GCHM2 en injection,un débit de 70 m3/h a été injecté dans ce dernier pendant 3 heures.

Pendant la durée de l'injection la température enregistrée au niveau de la sonde a décru de 72 C à 21.9 C.

Caractéristiques de l'essai:

- Début de l'essai (27/03/85).....t = 12.00.00
- Arrét de l'essai (27/03/85).....t = 15.00.00
- Durée de l'essai .....t = 03.00.00
- Débit d'injection .....Q = 70 m3/h
- Position de la sonde TP .....1945 m.dév.
- Température de l'eau injectée (réseau urbain)....10°C

Ce test a permis de vérifier en ordre de grandeur la symétrie de comportement du réservoir sur le forage GCHM2.

Les variations de pression obtenues sont reportées sur la figure 6 en diagramme log-log et sur la figure 7 en diagramme semi-log.

V.5 - 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 58 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif voisin de - 3.8).

TABLEAU RECAPITULATIF

Niveaux producteurs	entre 1970 et 2032 m.dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 31 m dév.soit 26 m vert.
Porosité moyenne	= 16 %
Température stabilisée à 1945 m dév. au débit de 140 m3/h	Tf = 73.9 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.38 cp
Salinité moyenne	= 24 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée	Par = 3.5 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 169.790 kg/cm2 abs. à 1945 m dév.

	retenu	(d'après) Log-Log	Horner	MDH
Transmissivité relative kh/u en D.m/cp.	153	223	153	245
Transmissivité intrinsèque kh en D.m	58	85	58	93
Perméabilité intrinsèque k en Darcy	2.2	3.27	2.23	3.57
Facteur de skin S	-3.8	-2.1	-3.8	-0.9

V.6. PREVISIONS DES PRESSIONS DE POMPAGE ET DES PUISSANCES CONSOMMEES

V.6.1 - CARACTERISTIQUES DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

V.6.1.1. - PARAMETRES DU RESERVOIR

Les caractéristiques moyennes retenues sont les suivantes :

Hauteur productive cumulée	26.50 m (GCHM1)
	26 m (GCHM2)
Porosité moyenne	17 % (GCHM1)
	16 % (GCHM2)
Transmissivité intrinséque	51 D.m (GCHM1)
	58 D.m (GCHM2)
Perméabilité intrinsèque	1.9 D (GCHM1)
	2.2 D (GCHM2)

Température moyenne du réservoir en production: 78 C (GCHM1)

Viscosité du fluide ..... 0.37 cp

Pression artésienne potentielle corrigée....4.95 kg/cm2

V.6.1.2 - DISTANCE ENTRE OUVRAGES

La distance réelle entre les puits au niveau du réservoir est de 1330 m (toit).

V.6.1.3 - CARACTERISTIQUES PARTICULIERES DES FORAGES

Puits de production :

Tubage 9 5/8 " jusqu'à 1173 m déviés
Tubage 7" jusqu'à 2013 m déviés
Réservoir 6" ; facteur de skin : - 1

Puits de réinjection :

Tubage 9 5/8 " jusqu'à 1955 m déviés
Réservoir 8 1/2 " ; facteur de skin : - 3.8

V.6.2 - RELATIONS UTILISEES POUR LES CALCULS

V.6.2.1. - VARIATION DE PRESSION HYDRODYNAMIQUE dPh

Puits de production :

$$dPh = \frac{Q.uo}{2nkh} \left(Ln \frac{D}{rw} + S \right) \qquad \text{(atm)}$$

Puits de réinjection :

Le calcul est effectué pour t = 1 mois,7 mois,120 mois, avec prise en compte de l'effet pariétal thermique (influence de la viscosité plus elevée dans la zone envahie par les eaux de réinjection).

V.6.2.2- PERTES DE CHARGE DANS LES TUBAGES dPc

Relation utilisée :

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

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.

V.6.2.3 - BILAN DES PRESSIONS

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

Production : Pd = dPh + dPc - Pap

Injection : Pd = dPh + dPc + Pas

V.6.2.4 - PUISSANCE ELECTRIQUE DE POMPAGE

La puissance éléctrique de pompage est calculée par la relation :

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

DONNEES PUITS DE PRODUCTION :

PERMEABILITE INTRINSEQUE.....:	1.900	D
HAUTEUR PRODUCTIVE CUMULEE.....:	26.500	m
VISCOSITE DU FLUIDE RESERVOIR....:	.370	cp
DISTANCE ENTRE PUITS.....:	1330.000	m
RAYON PUITS DE PRODUCTION.....:	7.620	cm
SKIN DE PRODUCTION.....:	-1.000	
POROSITE.....:	.370	
COMPRESSIBILITE TOTALE.....:	.100E-03	atm-1
DIAMETRE INTERIEUR TUBAGE.....:	15.940	cm
LONGUEUR TUBAGE DE PRODUCTION....:	2013.000	m
LONGUEUR PRODUCTION RESERVOIR....:	104.000	m
PRESSION ARTESIENNE POTENTIELLE..:	4.950	kg/cm2
OPTION CALCUL INTERFERENCE.....:	2	

DONNEES PUITS D"INJECTION :

PERMEABILITE INTRINSEQUE.....:	2.200	D
HAUTEUR PRODUCTIVE CUMULEE.....:	26.000	m
RAYON PUITS D"INJECTION.....:	10.795	cm
SKIN INJECTION.....:	-3.800	
DIAMETRE INTERIEUR TUBAGE.....:	22.440	cm
LONGUEUR TUBAGE.....:	1955.000	m
LONGUEUR INJECTION RESERVOIR.....:	77.000	m

V.6.3.1. - PUITS DE PRODUCTION

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	1.2	2.5	3.7	5.0	6.2	7.4	8.7	9.9	kg/cm2
dPc	.4	1.3	2.6	4.4	6.5	9.0	11.9	15.1	kg/cm2
dPap	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	kg/cm2
Pd	-3.3	-1.2	1.4	4.4	7.8	11.5	15.6	20.1	kg/cm2
Pe	-5.	-4.	7.	28.	62.	111.	175.	257.	kW

V.6.3.2. - PUITS D"INJECTION

V.6.3.2.1. - Temperature d"injection :30.00 C
Viscosite : .83 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.9	1.8	2.9	3.9	4.9	6.0	7.1	8.2	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	1.0	1.5	2.0	2.6	3.4	kg/cm2
dPap	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	kg/cm2
Pd	3.2	4.3	5.6	7.1	8.6	10.2	11.9	13.7	kg/cm2
Pe	5.	14.	27.	45.	69.	98.	134.	176.	kW

V.6.3.2.2. - Temperature d"injection :35.00 C
Viscosite : .75 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.8	1.7	2.7	3.7	4.6	5.6	6.6	7.6	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	1.0	1.4	2.0	2.6	3.3	kg/cm2
dPap	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	kg/cm2
Pd	3.4	4.5	5.8	7.1	8.6	10.1	11.7	13.4	kg/cm2
Pe	5.	14.	28.	45.	68.	97.	131.	172.	kW

V.6.3.2.3. - Temperature d"injection :40.00 C
Viscosite : .68 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.8	1.7	2.5	3.5	4.4	5.3	6.2	7.2	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	.9	1.4	1.9	2.5	3.2	kg/cm2
dPap	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	kg/cm2
Pd	3.7	4.7	5.9	7.2	8.6	10.0	11.6	13.2	kg/cm2
Pe	6.	15.	28.	46.	69.	96.	130.	169.	kW

V.6.3.2.4. - Temperature d"injection :45.00 C
Viscosite : .62 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.8	1.6	2.4	3.3	4.1	5.0	5.9	6.8	kg/cm2
dPc	.1	.3	.5	.9	1.4	1.9	2.5	3.2	kg/cm2
dPap	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	kg/cm2
Pd	4.0	5.1	6.2	7.4	8.7	10.1	11.6	13.2	kg/cm2
Pe	6.	16.	30.	47.	70.	97.	130.	168.	kW

V.6.3.2.5. - Temperature d"injection :75.00 C
Viscosite : .37 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.5	5.1	kg/cm2
dPc	.1	.2	.5	.8	1.2	1.7	2.2	2.8	kg/cm2
dPap	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	kg/cm2
Pd	6.4	7.2	8.1	9.1	10.1	11.2	12.4	13.6	kg/cm2
Pe	10.	23.	39.	58.	81.	108.	139.	175.	kW

V.6.3.2.6. - Temperature d"injection :30.00 C
Viscosite : .83 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	1.0	2.1	3.2	4.4	5.6	6.8	8.0	9.2	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	1.0	1.5	2.0	2.6	3.4	kg/cm2
dPap	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	kg/cm2
Pd	3.3	4.6	6.0	7.6	9.2	11.0	12.8	14.8	kg/cm2
Pe	5.	15.	29.	48.	74.	105.	144.	189.	kW

V.6.3.2.7./ - Temperature d"injection :35.00 C
Viscosite : .75 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.9	2.0	3.0	4.1	5.2	6.3	7.4	8.5	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	1.0	1.4	2.0	2.6	3.3	kg/cm2
dPap	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	kg/cm2
Pd	3.5	4.7	6.1	7.5	9.1	10.7	12.5	14.3	kg/cm2
Pe	6.	15.	29.	48.	73.	103.	139.	183.	kW

V.6.3.2.8 - Temperature d"injection :40.00 C
Viscosite : .68 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.9	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	.9	1.4	1.9	2.5	3.2	kg/cm2
dPap	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	kg/cm2
Pd	3.8	4.9	6.2	7.5	9.0	10.5	12.2	13.9	kg/cm2
Pe	6.	16.	30.	48.	72.	101.	136.	177.	kW

V.6.3.2.9. - Temperature d"injection :45.00 C
Viscosite : .62 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.8	1.7	2.6	3.5	4.5	5.4	6.3	7.3	kg/cm2
dPc	.1	.3	.5	.9	1.4	1.9	2.5	3.2	kg/cm2
dPap	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	kg/cm2
Pd	4.1	5.2	6.4	7.6	9.0	10.5	12.0	13.7	kg/cm2
Pe	7.	17.	31.	49.	72.	101.	135.	175.	kW

V.6.3.2:10 - Temperature d"injection :75.00 C
Viscosite : .37 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.6	1.3	1.9	2.5	3.1	3.8	4.4	5.0	kg/cm2
dPc	.1	.2	.5	.8	1.2	1.7	2.2	2.8	kg/cm2
dPap	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	kg/cm2
Pd	6.4	7.2	8.0	9.0	10.0	11.1	12.3	13.5	kg/cm2
Pe	10.	23.	39.	58.	80.	107.	138.	173.	kW

V.6.3.2.11 - Temperature d"injection :30.00 C
Viscosite : .83 cp

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	1.2	2.5	3.8	5.1	6.5	7.9	9.3	10.7	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	1.0	1.5	2.0	2.6	3.4	kg/cm2
dPap	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	kg/cm2
Pd	3.5	5.0	6.6	8.3	10.2	12.1	14.1	16.3	kg/cm2
Pe	6.	16.	32.	53.	81.	116.	158.	208.	kW

V.6.3.2.12. - Temperature d"injection :35.00 C
Viscosite : .75 cp

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	1.1	2.2	3.4	4.7	5.9	7.1	8.4	9.7	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	1.0	1.4	2.0	2.6	3.3	kg/cm2
dPap	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	kg/cm2
Pd	3.7	5.0	6.5	8.1	9.8	11.6	13.5	15.5	kg/cm2
Pe	6.	16.	31.	52.	79.	112.	151.	198.	kW

V.6.3.2.13 - Temperature d"injection :40.00 C
Viscosite : .68 cp

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	1.0	2.1	3.1	4.3	5.4	6.5	7.6	8.8	kg/cm2
dPc	.1	.3	.6	.9	1.4	1.9	2.5	3.2	kg/cm2
dPap	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	kg/cm2
Pd	3.9	5.1	6.5	8.0	9.6	11.2	13.0	14.8	kg/cm2
Pe	6.	16.	31.	51.	76.	108.	145.	190.	kW

V.6.3.2.14 - Temperature d"injection :45.00 C
Viscosite : .62 cp

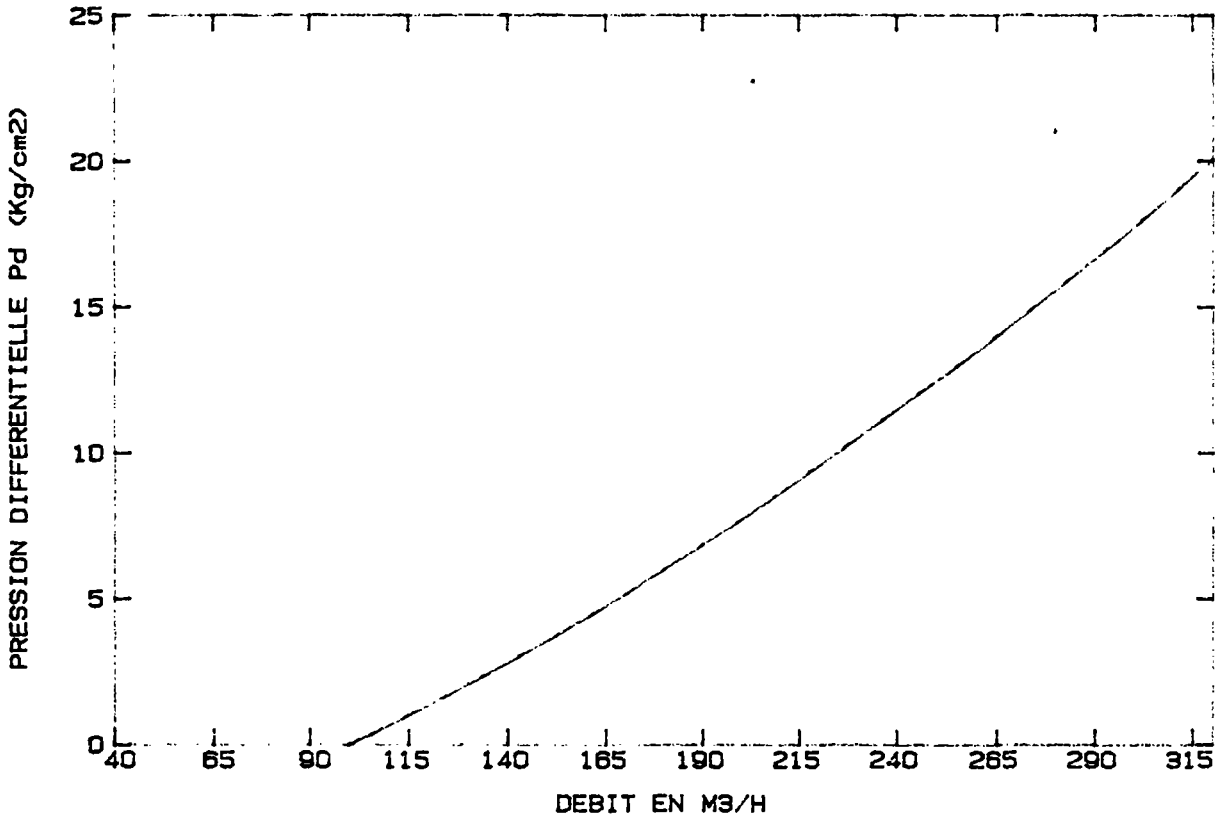
Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

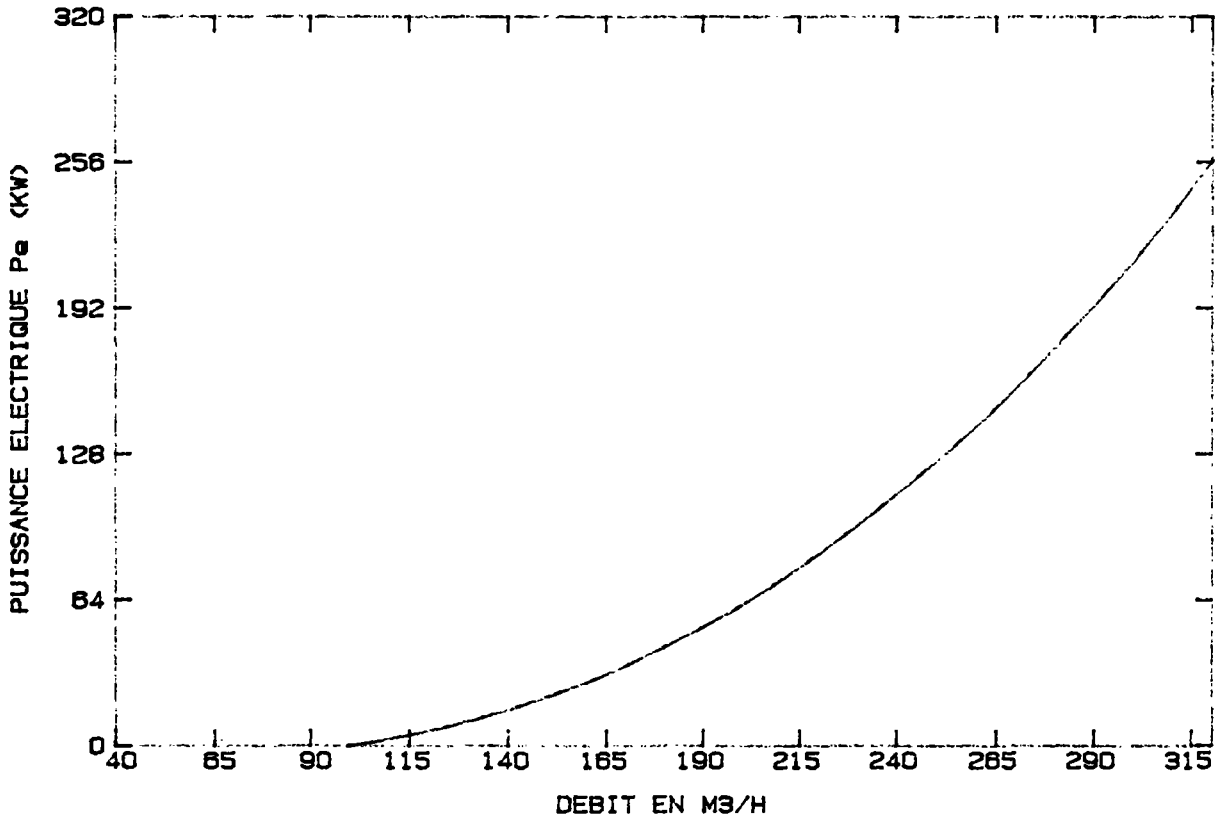
Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	7.0	8.0	kg/cm2
dPc	.1	.3	.5	.9	1.4	1.9	2.5	3.2	kg/cm2
dPap	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	kg/cm2
Pd	4.2	5.4	6.6	8.0	9.5	11.0	12.7	14.4	kg/cm2
Pe	7.	17.	32.	51.	76.	106.	142.	184.	kW

V.6.3.2.15 - Temperature d"injection :75.00 C
Viscosite : .37 cp

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

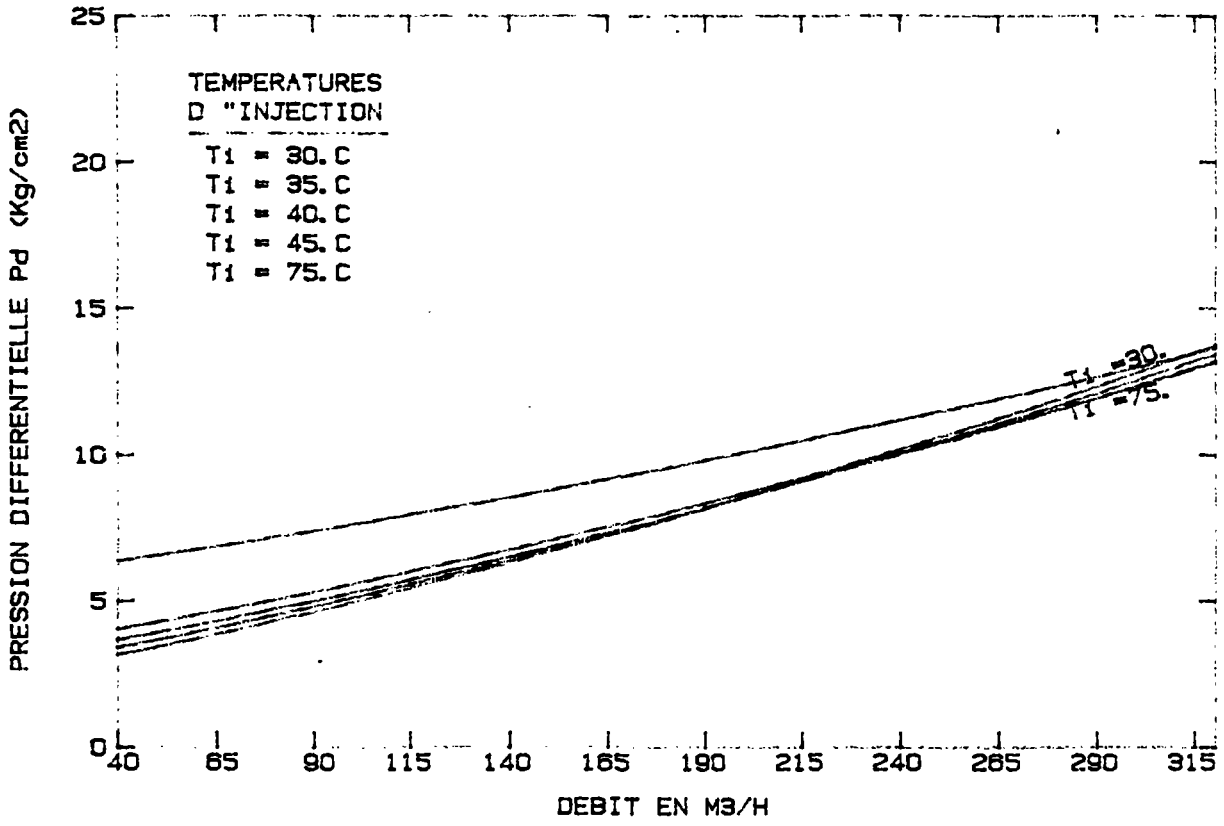
Q	40.	80.	120.	160.	200.	240.	280.	320.	m3/h
dPh	.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	kg/cm2
dPc	.1	.2	.5	.8	1.2	1.7	2.2	2.8	kg/cm2
dPap	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	kg/cm2
Pd	6.3	7.1	8.0	8.9	9.9	11.0	12.1	13.3	kg/cm2
Pe	10.	23.	38.	57.	79.	105.	136.	171.	kW

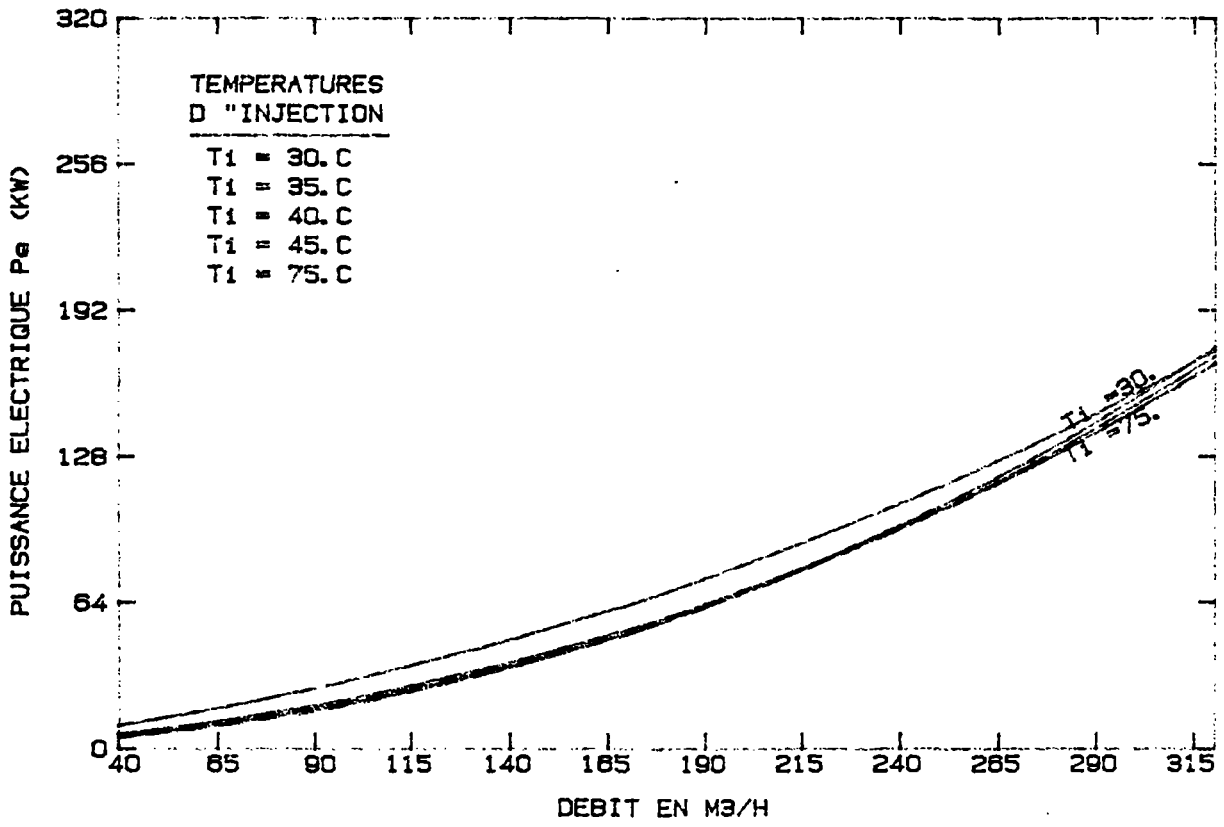




PRODUCTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 120.0

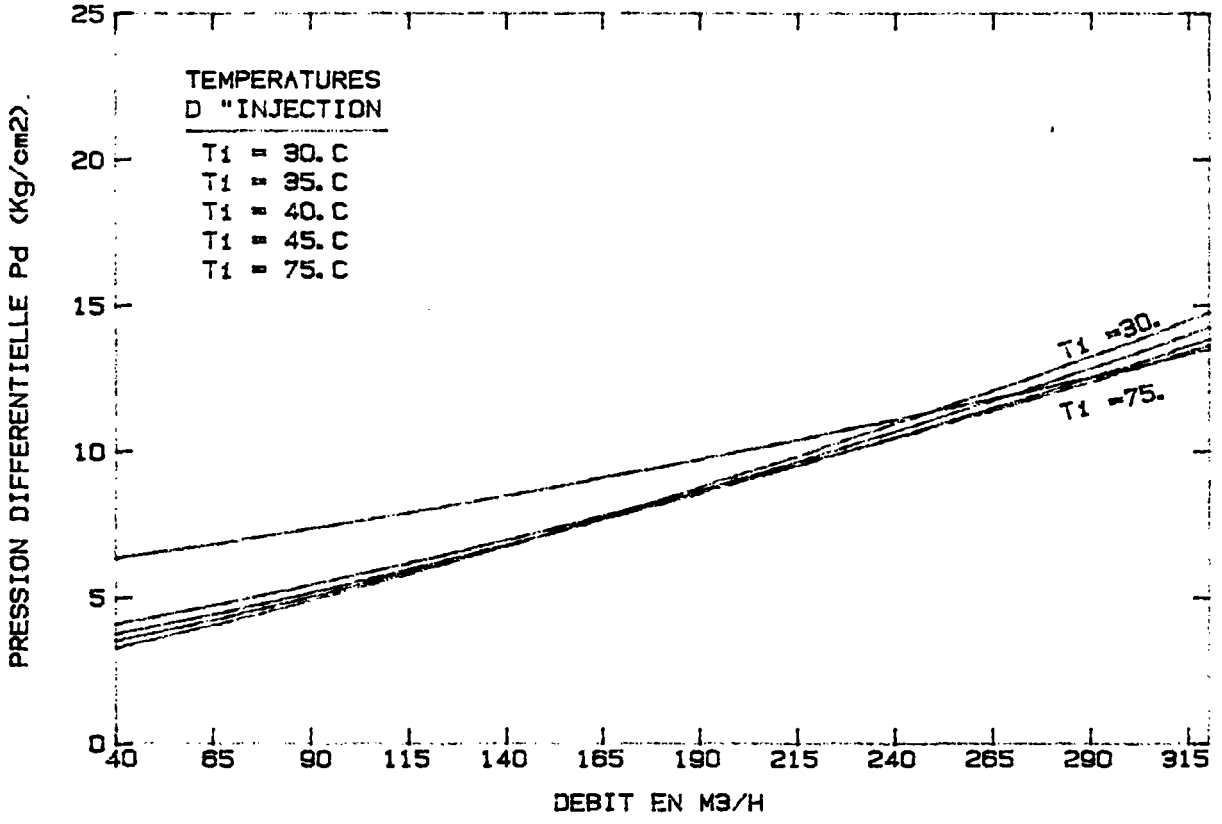
FORAGE GCHM1

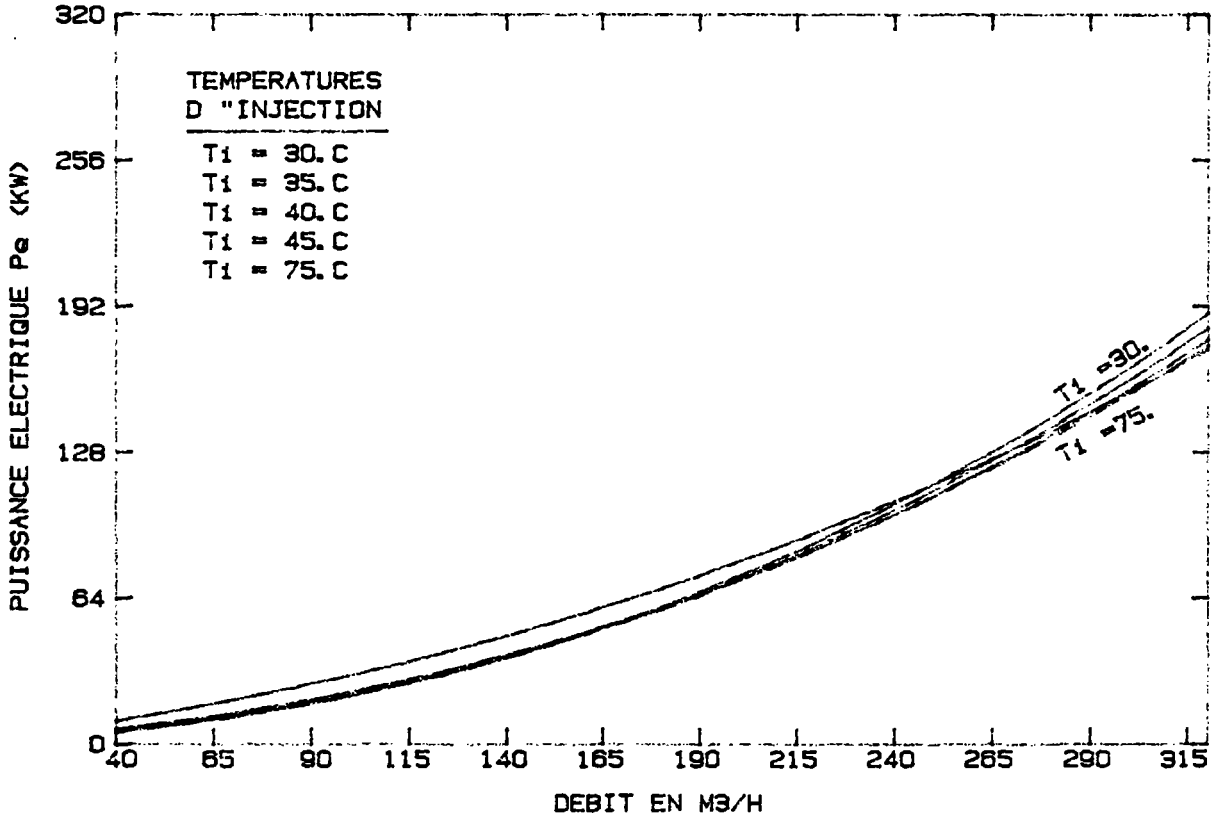




INJECTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 1.0

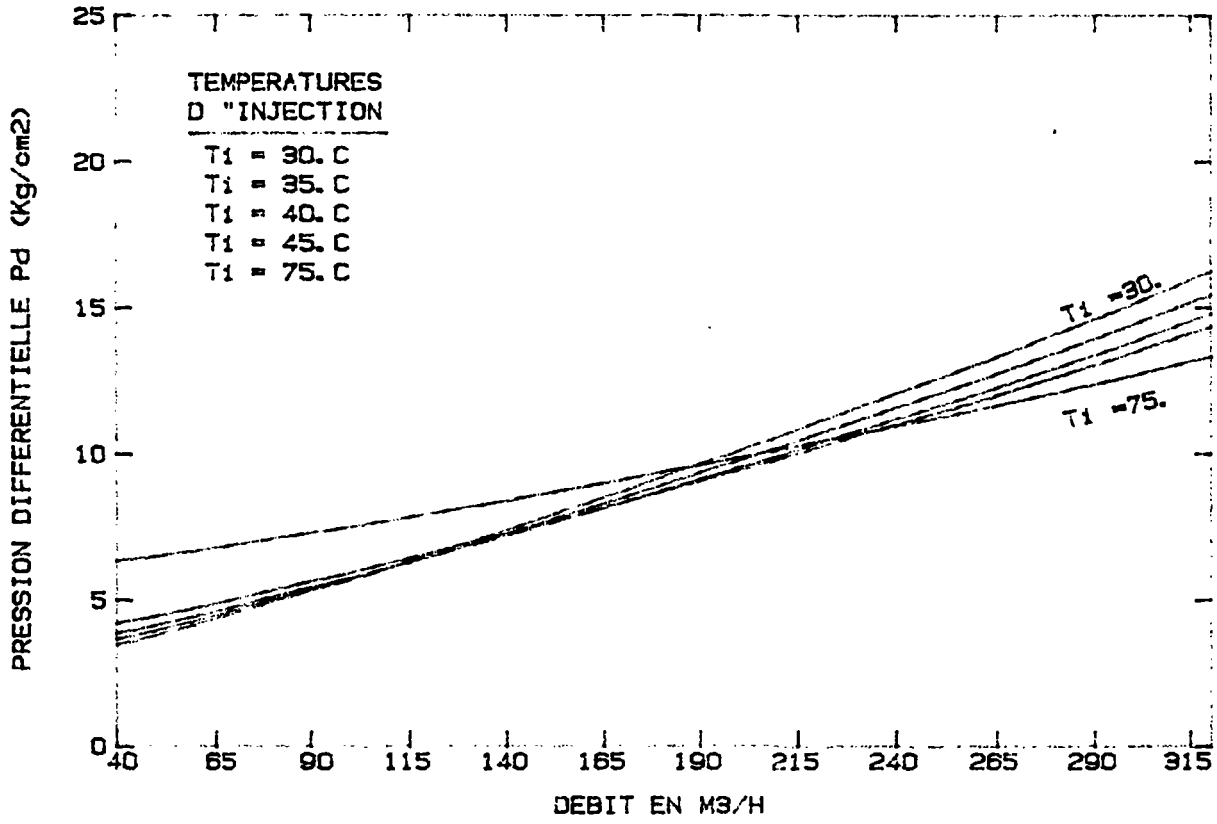
FORAGE GCHM2

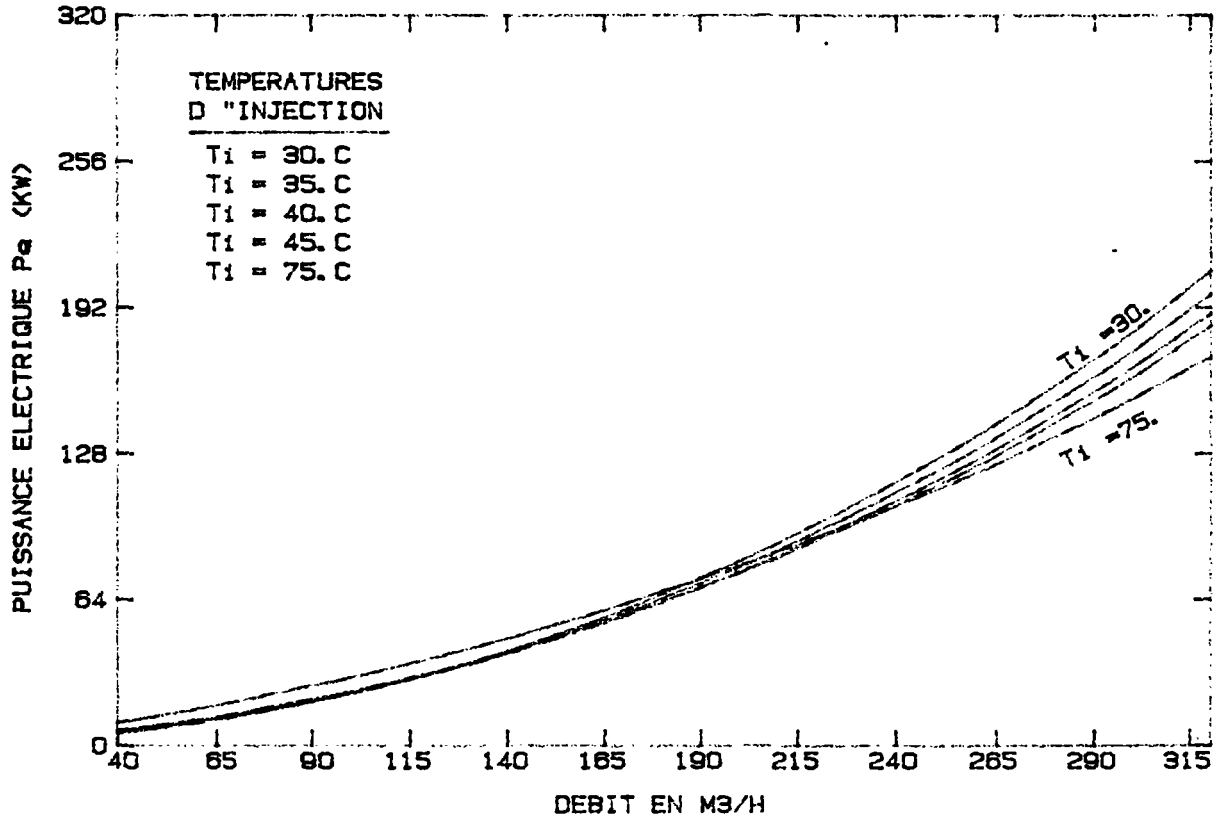




INJECTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 7.0

FORAGE GCHM2





INJECTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 120.0

FORAGE GCHM2

V.7. - ANNEXES

CHAMPIGNY SUR MARNE GCHM2

REMONTEE DE PRESSION DU 25/03/85

DUREE DE PRODUCTION = 11.500 Heures
Pwfo..... = 167.276 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
1	9.57.37	.00278	.041	4140.589	167.317
2	9.57.47	.00556	.316	2070.795	167.592
3	9.57.57	.00833	1.104	1381.021	168.380
4	9.58. 7	.01111	1.147	1035.986	168.423
5	9.58.17	.01389	1.106	828.975	168.382
6	9.58.27	.01667	1.323	691.011	168.599
7	9.58.37	.01944	1.258	592.428	168.534
8	9.58.47	.02222	1.366	518.493	168.642
9	9.58.57	.02500	1.369	461.007	168.645
10	9.59. 7	.02778	1.399	414.987	168.675
11	9.59.17	.03056	1.431	377.350	168.707
12	9.59.27	.03333	1.437	345.995	168.713
13	9.59.37	.03611	1.470	319.455	168.746
14	9.59.47	.03889	1.475	296.707	168.751
15	9.59.57	.04167	1.500	276.998	168.776
16	10. 0. 7	.04445	1.508	259.747	168.784
17	10. 0.17	.04722	1.526	244.525	168.802
18	10. 0.27	.05000	1.538	230.999	168.814
19	10. 0.37	.05278	1.549	218.893	168.825
20	10. 0.47	.05556	1.558	207.997	168.834
21	10. 0.57	.05833	1.569	198.143	168.845
22	10. 1. 7	.06111	1.580	189.181	168.856
23	10. 1.17	.06389	1.584	180.998	168.860
24	10. 1.27	.06667	1.594	173.500	168.870
25	10. 1.37	.06944	1.602	166.599	168.878
26	10. 1.47	.07222	1.608	160.230	168.884
27	10. 1.57	.07500	1.617	154.334	168.893
28	10. 2. 7	.07778	1.625	148.855	168.901
29	10. 2.17	.08056	1.630	143.756	168.906
30	10. 2.27	.08333	1.640	138.999	168.916
31	10. 2.37	.08611	1.645	134.547	168.921
32	10. 2.47	.08889	1.651	130.373	168.927

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
33	10. 2.57	.09167	1.656	126.454	168.932
34	10. 3. 7	.09445	1.662	122.764	168.938
35	10. 3.17	.09722	1.666	119.284	168.942
36	10. 3.27	.10000	1.670	116.000	168.946
37	10. 3.37	.10278	1.677	112.891	168.953
38	10. 3.47	.10556	1.681	109.946	168.957
39	10. 3.57	.10833	1.684	107.154	168.960
40	10. 4. 7	.11111	1.688	104.500	168.964
41	10. 4.17	.11389	1.692	101.975	168.968
42	10. 4.47	.12222	1.704	95.090	168.980
43	10. 5.17	.13056	1.715	89.085	168.991
44	10. 5.47	.13889	1.725	83.800	169.001
45	10. 6.17	.14722	1.738	79.113	169.014
46	10. 6.47	.15556	1.743	74.928	169.019
47	10. 7.17	.16389	1.753	71.169	169.029
48	10. 7.47	.17222	1.763	67.774	169.039
49	10. 8.17	.18056	1.768	64.692	169.044
50	10. 8.47	.18889	1.775	61.882	169.051
51	10. 9.17	.19722	1.781	59.310	169.057
52	10. 9.47	.20556	1.786	56.946	169.062
53	10.10.17	.21389	1.795	54.766	169.071
54	10.10.47	.22222	1.800	52.750	169.076
55	10.11.17	.23056	1.808	50.879	169.084
56	10.11.47	.23889	1.811	49.139	169.087
57	10.12.17	.24722	1.816	47.517	169.092
58	10.12.47	.25556	1.824	46.000	169.100
59	10.13.17	.26389	1.828	44.579	169.104
60	10.13.47	.27222	1.832	43.245	169.108
61	10.14.17	.28056	1.837	41.990	169.113
62	10.14.47	.28889	1.842	40.808	169.118
63	10.15.17	.29722	1.844	39.691	169.120
64	10.15.47	.30556	1.848	38.636	169.124
65	10.16.17	.31389	1.855	37.637	169.131
66	10.16.47	.32222	1.859	36.690	169.135
67	10.17.17	.33056	1.859	35.790	169.135
68	10.17.47	.33889	1.868	34.934	169.144
69	10.18.17	.34722	1.868	34.120	169.144
70	10.18.47	.35556	1.874	33.344	169.150
71	10.19.17	.36389	1.880	32.603	169.156
72	10.20.17	.38056	1.886	31.219	169.162
73	10.21.17	.39722	1.889	29.951	169.165
74	10.21.47	.40556	1.896	29.356	169.172
75	10.22.17	.41389	1.900	28.785	169.176
76	10.22.47	.42222	1.903	28.237	169.179

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
77	10.23.17	.43056	1.905	27.710	169.181
78	10.24.17	.44722	1.909	26.714	169.185
79	10.25.17	.46389	1.914	25.790	169.190
80	10.26.17	.48056	1.919	24.931	169.195
81	10.27.17	.49722	1.924	24.128	169.200
82	10.28.17	.51389	1.929	23.378	169.205
83	10.29.17	.53056	1.935	22.675	169.211
84	10.30.17	.54722	1.942	22.015	169.218
85	10.32.17	.58056	1.950	20.809	169.226
86	10.33.17	.59722	1.954	20.256	169.230
87	10.34.17	.61389	1.955	19.733	169.231
88	10.35.17	.63056	1.961	19.238	169.237
89	10.36.17	.64722	1.963	18.768	169.239
90	10.37.17	.66389	1.967	18.322	169.243
91	10.38.17	.68056	1.972	17.898	169.248
92	10.39.17	.69722	1.978	17.494	169.254
93	10.40.17	.71389	1.980	17.109	169.256
94	10.41.17	.73056	1.986	16.741	169.262
95	10.43.17	.76389	1.989	16.055	169.265
96	10.45.17	.79722	1.994	15.425	169.270
97	10.46.17	.81389	1.998	15.130	169.274
98	10.47.17	.83056	2.002	14.846	169.278
99	10.48.17	.84722	2.006	14.574	169.282
100	10.49.17	.86389	2.009	14.312	169.285
101	10.50.17	.88056	2.009	14.060	169.285
102	10.51.17	.89722	2.013	13.817	169.289
103	10.52.17	.91389	2.017	13.584	169.293
104	10.53.17	.93056	2.022	13.358	169.298
105	10.55.17	.96389	2.027	12.931	169.303
106	10.57.17	.99722	2.029	12.532	169.305
107	10.58.17	1.01389	2.033	12.342	169.309
108	11. 0.17	1.04722	2.036	11.981	169.312
109	11. 2.17	1.08056	2.040	11.643	169.316
110	11. 4.17	1.11389	2.043	11.324	169.319
111	11. 6.17	1.14722	2.047	11.024	169.323
112	11. 8.17	1.18056	2.052	10.741	169.328
113	11.10.17	1.21389	2.058	10.474	169.334
114	11.12.17	1.24722	2.061	10.220	169.337
115	11.14.17	1.28056	2.064	9.980	169.340
116	11.16.17	1.31389	2.067	9.753	169.343
117	11.18.17	1.34722	2.069	9.536	169.345
118	11.20.17	1.38056	2.074	9.330	169.350
119	11.22.17	1.41389	2.079	9.134	169.355
120	11.26.17	1.48056	2.084	8.767	169.360

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
121	11.30.17	1.54722	2.088	8.433	169.364
122	11.32.17	1.58056	2.096	8.276	169.372
123	11.38.17	1.68056	2.106	7.843	169.382
124	11.42.17	1.74722	2.108	7.582	169.384
125	11.44.17	1.78056	2.112	7.459	169.388
126	11.48.17	1.84722	2.114	7.226	169.390
127	11.50.17	1.88056	2.120	7.115	169.396
128	11.54.17	1.94722	2.121	6.906	169.397
129	11.56.17	1.98056	2.127	6.806	169.403
130	12. 0.17	2.04722	2.132	6.617	169.408
131	12. 4.17	2.11389	2.136	6.440	169.412
132	12. 8.17	2.18056	2.142	6.274	169.418
133	12.12.17	2.24722	2.145	6.117	169.421
134	12.16.17	2.31389	2.149	5.970	169.425
135	12.20.17	2.38056	2.154	5.831	169.430
136	12.24.17	2.44722	2.161	5.699	169.437
137	12.32.17	2.58056	2.164	5.456	169.440
138	12.38.17	2.68056	2.170	5.290	169.446
139	12.44.17	2.78056	2.177	5.136	169.453
140	12.52.17	2.91389	2.182	4.947	169.458
141	13. 0.17	3.04722	2.187	4.774	169.463
142	13. 6.17	3.14722	2.190	4.654	169.466
143	13.12.17	3.24722	2.196	4.541	169.472
144	13.18.17	3.34722	2.202	4.436	169.478
145	13.26.17	3.48056	2.208	4.304	169.484
146	13.36.17	3.64722	2.212	4.153	169.488
147	13.44.17	3.78056	2.218	4.042	169.494
148	13.52.17	3.91389	2.223	3.938	169.499
149	14. 0.17	4.04722	2.228	3.841	169.504
150	14. 8.17	4.18056	2.231	3.751	169.507
151	14.14.17	4.28056	2.235	3.687	169.511
152	14.22.17	4.41389	2.242	3.605	169.518
153	14.34.17	4.61389	2.245	3.492	169.521
154	14.42.17	4.74722	2.249	3.422	169.525
155	14.50.17	4.88056	2.255	3.356	169.531
156	15. 4.17	5.11389	2.260	3.249	169.536
157	15.16.17	5.31389	2.264	3.164	169.540
158	15.30.17	5.54722	2.269	3.073	169.545
159	15.42.17	5.74722	2.275	3.001	169.551
160	16. 6.17	6.14722	2.282	2.871	169.558
161	17. 7.37	7.16945	2.295	2.604	169.571
162	17.15.37	7.30278	2.308	2.575	169.584
163	17.24.55	7.45778	2.311	2.542	169.587
164	17.40.55	7.72444	2.315	2.489	169.591

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
165	17.54.55	7.95778	2.331	2.445	169.607
166	18.20.55	8.39111	2.339	2.370	169.615
167	18.42.55	8.75778	2.343	2.313	169.619
168	19.14.55	9.29111	2.349	2.238	169.625
169	19.42.55	9.75778	2.354	2.179	169.630
170	20.54.55	10.95778	2.356	2.049	169.632
171	21.14.55	11.29111	2.359	2.019	169.635
172	21.34.55	11.62445	2.365	1.989	169.641
173	22.22.55	12.42445	2.368	1.926	169.644
174	22.40.55	12.72444	2.371	1.904	169.647
175	22.52.55	12.92445	2.376	1.890	169.652
176	23. 6.55	13.15778	2.378	1.874	169.654
177	23.38.55	13.69111	2.380	1.840	169.656
178	0. 2.55	14.09111	2.384	1.816	169.660
179	0.40.55	14.72444	2.385	1.781	169.661
180	0.58.55	15.02445	2.386	1.765	169.662

CHAMPIGNY SUR MARNE GCHM2
RABATTEMENT EN DEBIT DU 06.0245
Pwso = 169.756 kg/cm2

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
1	6.10.45	.16667	0.000	169.756
2	6.18.45	.30000	.002	169.754
3	6.26.45	.43333	.010	169.746
4	6.38.40	.63194	.004	169.752
5	6.46.45	.76667	.007	169.749
6	6.54.45	.90000	.009	169.747
7	7. 2.45	1.03333	.005	169.751
8	7.10.45	1.16667	.013	169.743
9	7.24.45	1.40000	.013	169.743
10	7.40.45	1.66667	.023	169.733
11	7.52.45	1.86667	.023	169.733
12	8. 4.45	2.06667	.029	169.727
13	8.26.45	2.43333	.031	169.725
14	8.44.45	2.73333	.026	169.730
15	8.56.45	2.93333	.017	169.739
16	9. 8.45	3.13333	.027	169.729
17	9.16.45	3.26667	1.031	168.725
18	9.28.45	3.46667	.027	169.729
19	9.44.45	3.73333	.023	169.733
20	9.54.45	3.90000	.021	169.735
21	10. 2.45	4.03333	.026	169.730
22	10.18.45	4.30000	.023	169.733
23	10.30.45	4.50000	.029	169.727
24	10.48.45	4.80000	.031	169.725
25	11. 2.45	5.03333	.040	169.716
26	11. 4.45	5.06667	.042	169.714
27	11.30.45	5.50000	.034	169.722
28	11.46.45	5.76667	.037	169.719

CHAMPIGNY SUR MARNE GCHM2
TEST D"INJECTION DU 27/03/85
Pwso = 169.755 kg/cm2

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
1	12. 1.47	.00278	.120	169.875
2	12. 1.57	.00556	.200	169.955
3	12. 2. 7	.00833	.232	169.987
4	12. 2.17	.01111	.387	170.142
5	12. 2.27	.01389	.431	170.186
6	12. 2.37	.01667	.502	170.257
7	12. 2.47	.01945	.523	170.278
8	12. 2.57	.02222	.559	170.314
9	12. 3. 7	.02500	.577	170.332
10	12. 3.17	.02778	.594	170.349
11	12. 3.27	.03056	.612	170.367
12	12. 3.37	.03333	.619	170.374
13	12. 4. 7	.04167	.627	170.382
14	12. 4.37	.05000	.424	170.179
15	12. 5. 7	.05833	.079	169.834
16	12. 5.37	.06667	-.052	169.703
17	12. 6. 7	.07500	-.119	169.636
18	12. 6.37	.08333	-.157	169.598
19	12. 7. 7	.09167	.066	169.821
20	12. 7.37	.10000	.332	170.087
21	12. 8. 7	.10833	.419	170.174
22	12. 8.37	.11667	.030	169.785
23	12. 9.37	.13333	-.171	169.584
24	12.10.37	.15000	-.209	169.546
25	12.11.37	.16667	-.205	169.550
26	12.12.37	.18333	-.197	169.558
27	12.14. 7	.20833	.282	170.037
28	12.15. 7	.22500	.499	170.254
29	12.16. 7	.24167	.518	170.273
30	12.17. 7	.25833	.508	170.263
31	12.18. 7	.27500	.482	170.237
32	12.19. 7	.29167	.470	170.225

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
33	12.20. 7	.30833	.416	170.171
34	12.21. 7	.32500	.327	170.082
35	12.24. 7	.37500	.480	170.235
36	12.26. 7	.40833	.540	170.295
37	12.29. 7	.45833	.725	170.480
38	12.32. 7	.50833	.796	170.551
39	12.34. 7	.54167	.829	170.584
40	12.37. 7	.59167	.885	170.640
41	12.39. 7	.62500	.920	170.675
42	12.42. 7	.67500	1.040	170.795
43	12.46. 7	.74167	1.111	170.866
44	12.49. 7	.79167	1.163	170.918
45	12.51. 7	.82500	1.188	170.943
46	12.53. 7	.85833	1.262	171.017
47	12.56. 7	.90833	1.280	171.035
48	12.58. 7	.94167	1.290	171.045
49	13. 3. 7	1.02500	1.274	171.029
50	13. 7. 7	1.09167	1.245	171.000
51	13.11. 7	1.15833	2.229	171.984
52	13.15. 7	1.22500	1.238	170.993
53	13.19. 7	1.29167	1.289	171.044
54	13.23. 7	1.35833	1.367	171.122
55	13.28. 7	1.44167	1.487	171.242
56	13.32. 7	1.50833	1.853	171.608
57	13.35. 7	1.55833	2.190	171.945
58	13.38. 7	1.60833	2.500	172.255
59	13.42. 7	1.67500	2.718	172.473
60	13.46. 7	1.74167	2.701	172.456
61	13.50. 7	1.80833	2.662	172.417
62	13.55. 7	1.89167	2.365	172.120
63	14. 0. 7	1.97500	2.091	171.846
64	14. 5. 7	2.05833	1.962	171.717
65	14.10. 7	2.14167	1.801	171.556
66	14.15. 7	2.22500	1.696	171.451
67	14.20. 7	2.30833	1.492	171.247
68	14.25. 7	2.39167	1.554	171.309
69	14.30. 7	2.47500	1.569	171.324
70	14.35. 7	2.55833	1.559	171.314
71	14.40. 7	2.64167	1.533	171.288
72	14.45. 7	2.72500	1.502	171.257
73	14.50. 7	2.80833	1.480	171.235
74	14.55. 7	2.89167	1.459	171.214
75	15. 0. 7	2.97500	1.445	171.200

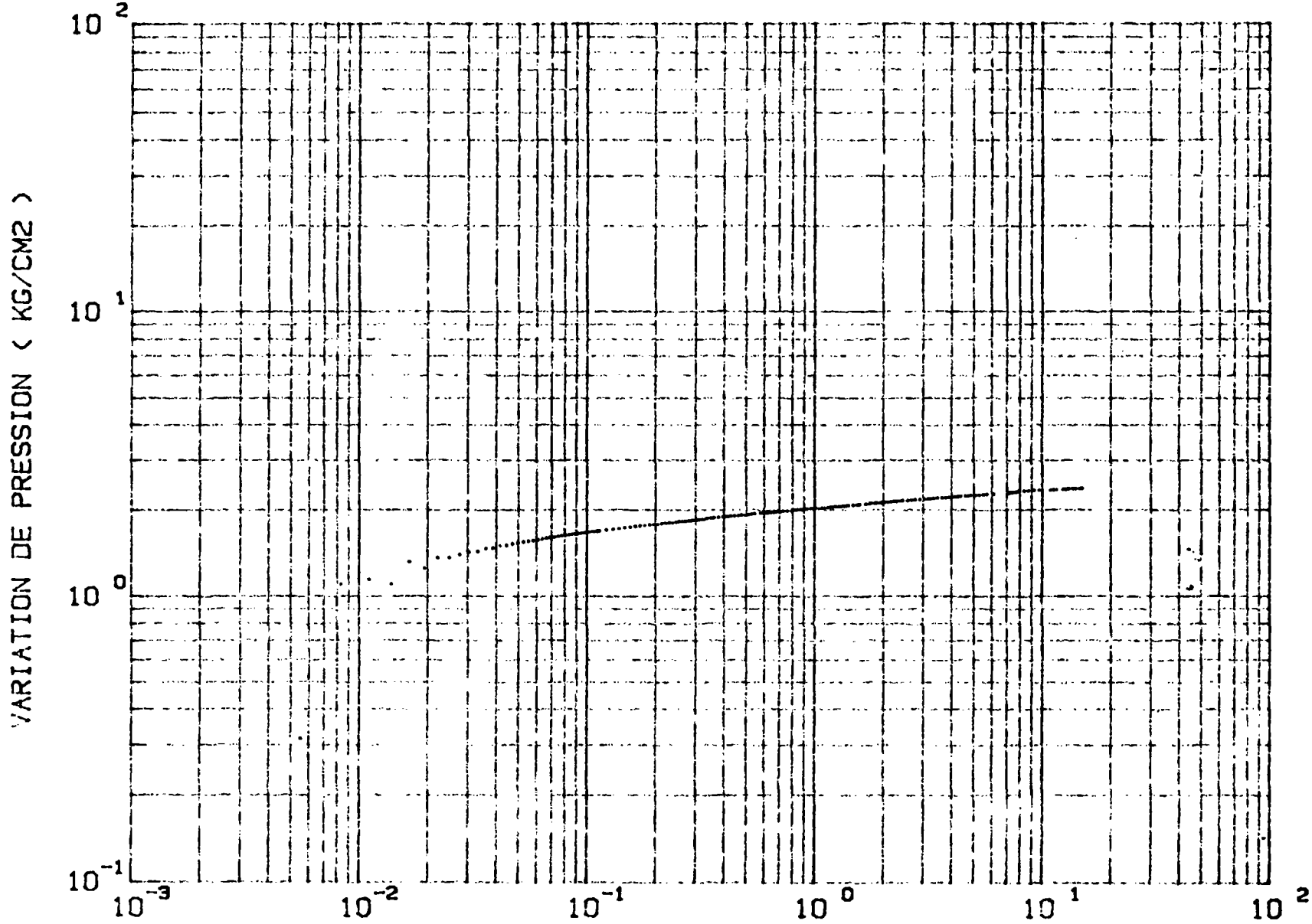


FIGURE 1 - DT EN HEURES
TEST DE PRODUCTION - CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME LOG-LOG

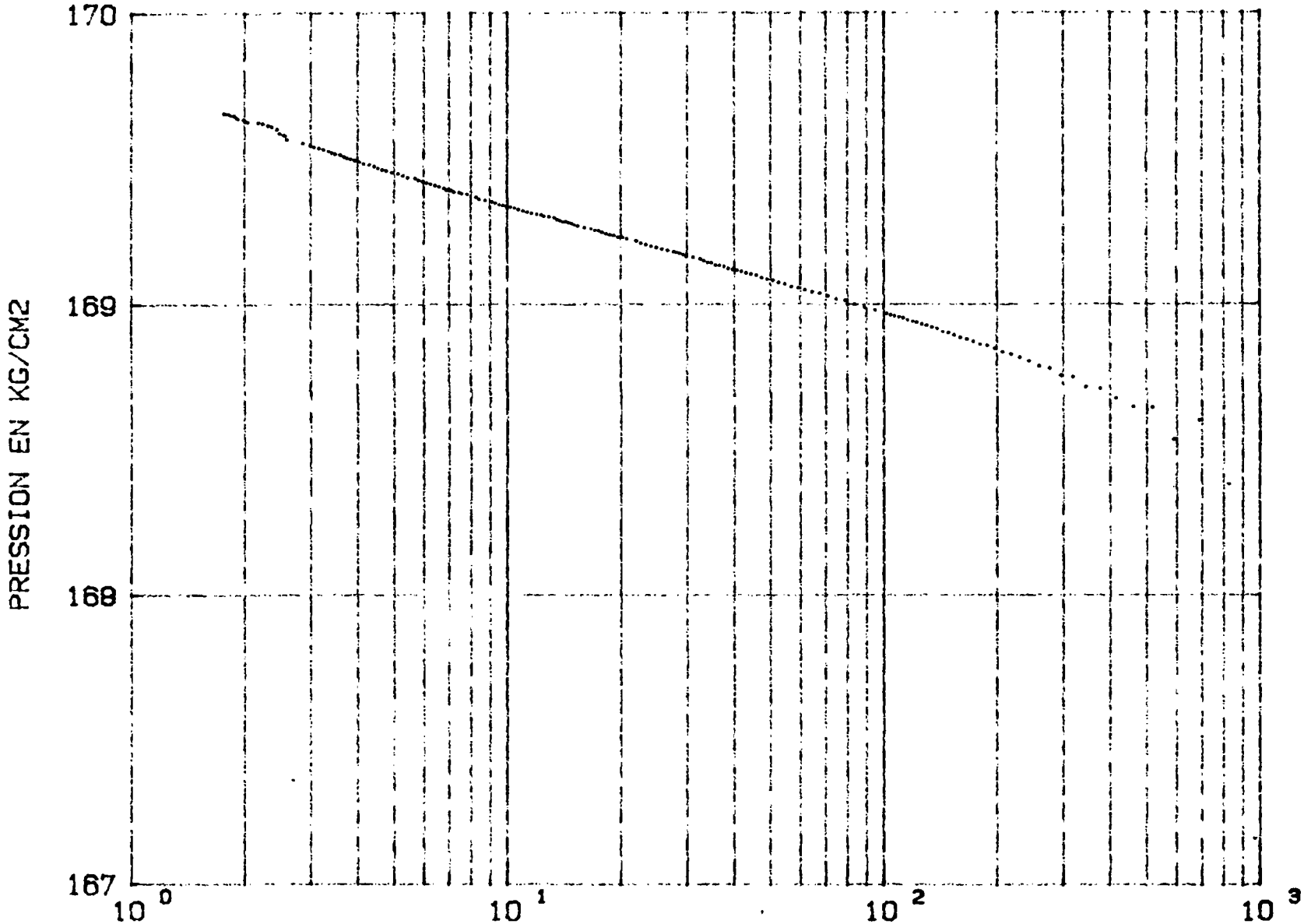


FIGURE 2 - (TP+DT)/DT
TEST DE PRODUCTION - CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME DE HORNER

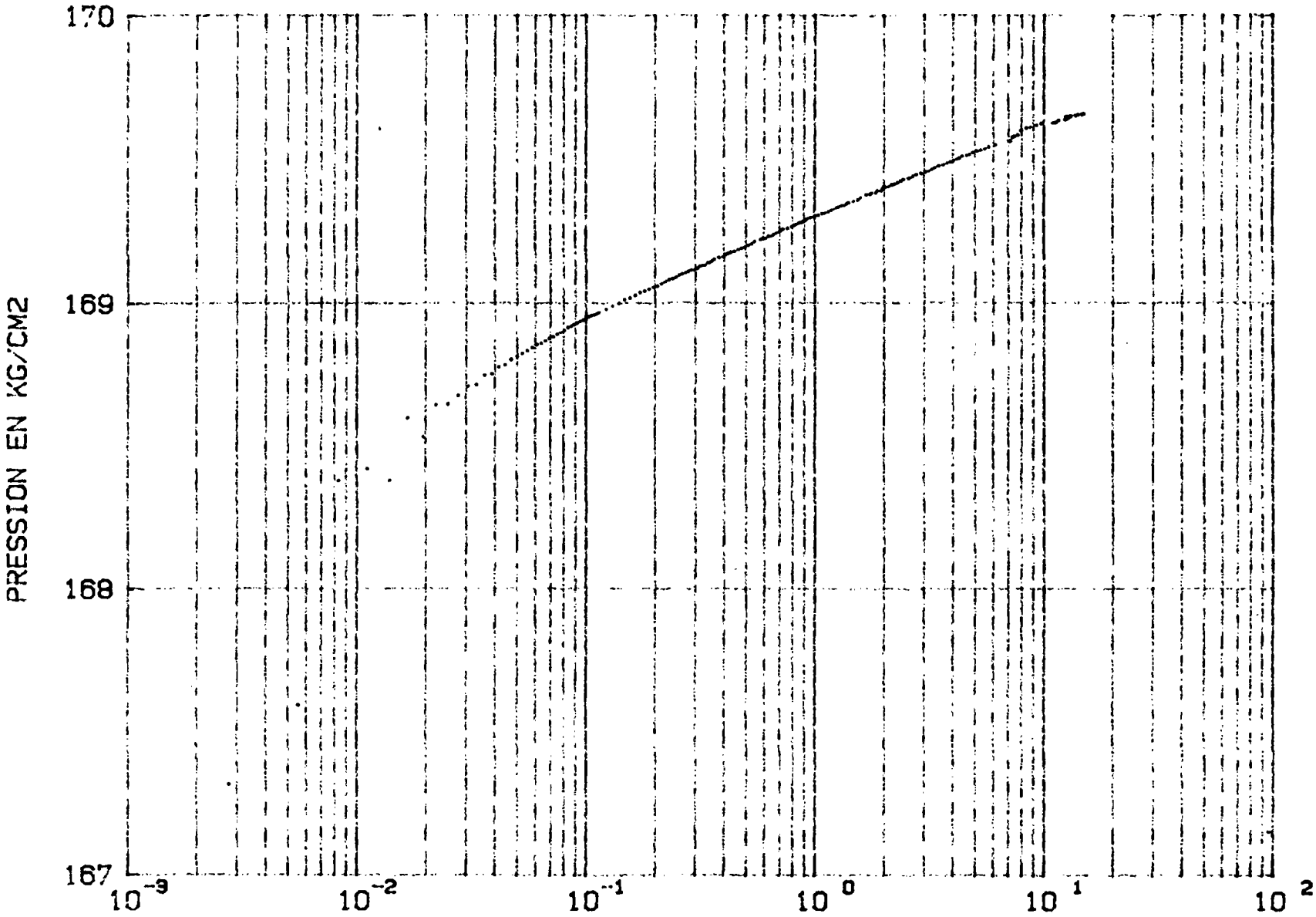


FIGURE 3 - DT EN HEURES
TEST DE PRODUCTION - CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME MDH (SEMI-LOG)

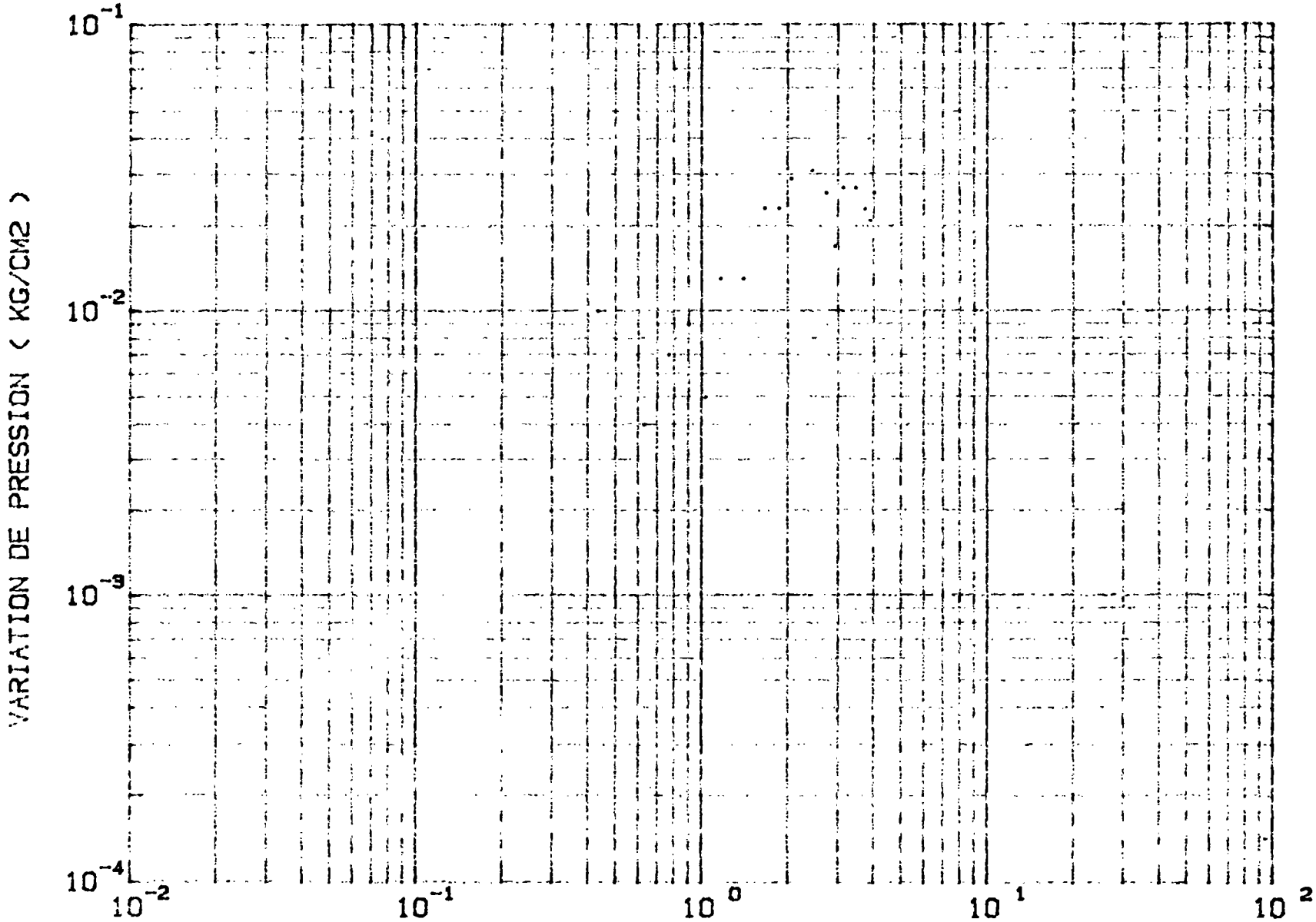


FIGURE 4 - DT EN HEURES
TEST D'INTERFERENCE - CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM2
PRODUCTION DE GCHM1 - EFFET SUR GCHM2 - DIAGRAMME LOG-LOG

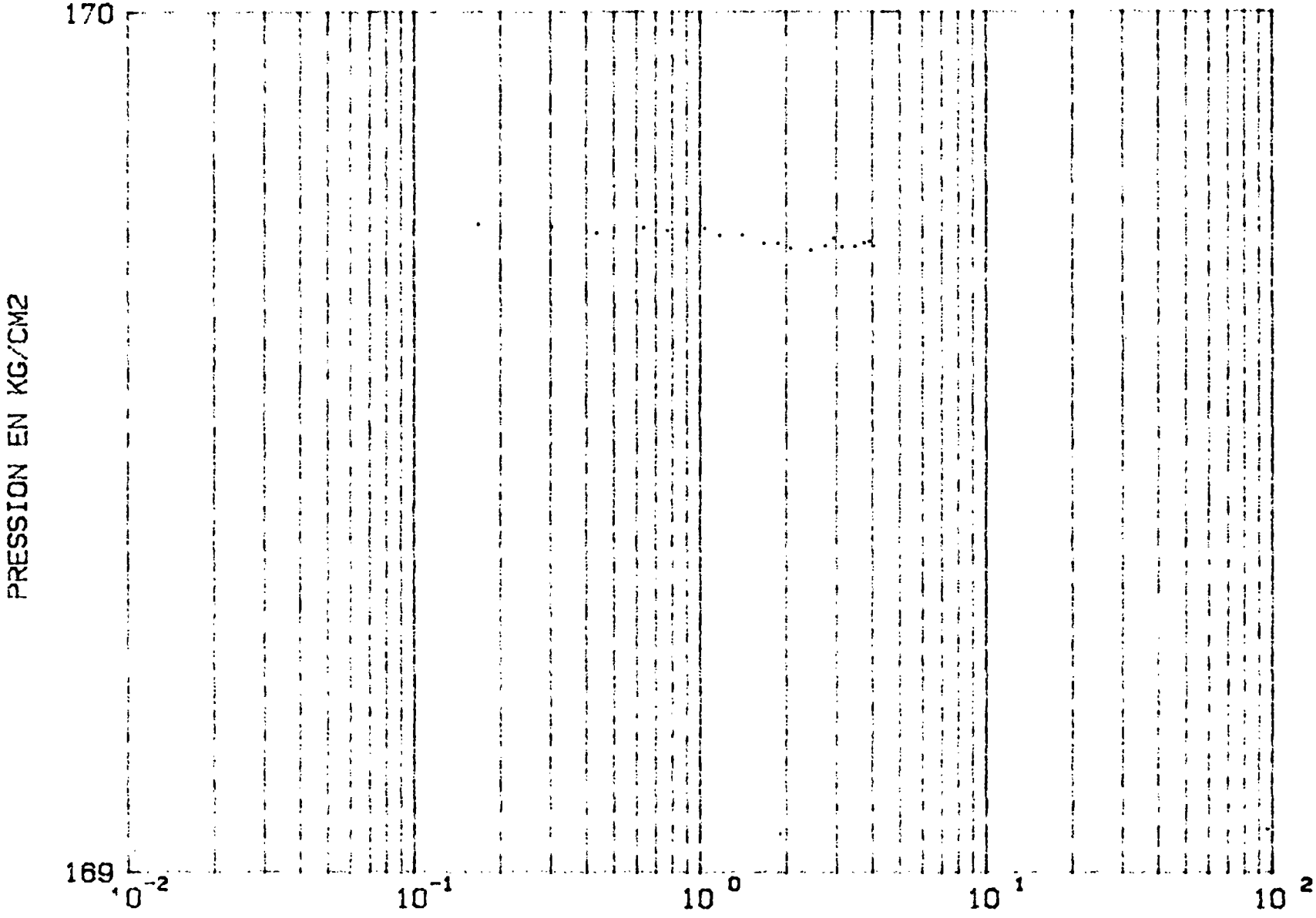


FIGURE 5 - DT EN HEURES
TEST D'INTERFERENCE - CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM2
PRODUCTION DE GCHM1 - EFFET SUR GCHM2 - DIAGRAMME SEMI-LOG

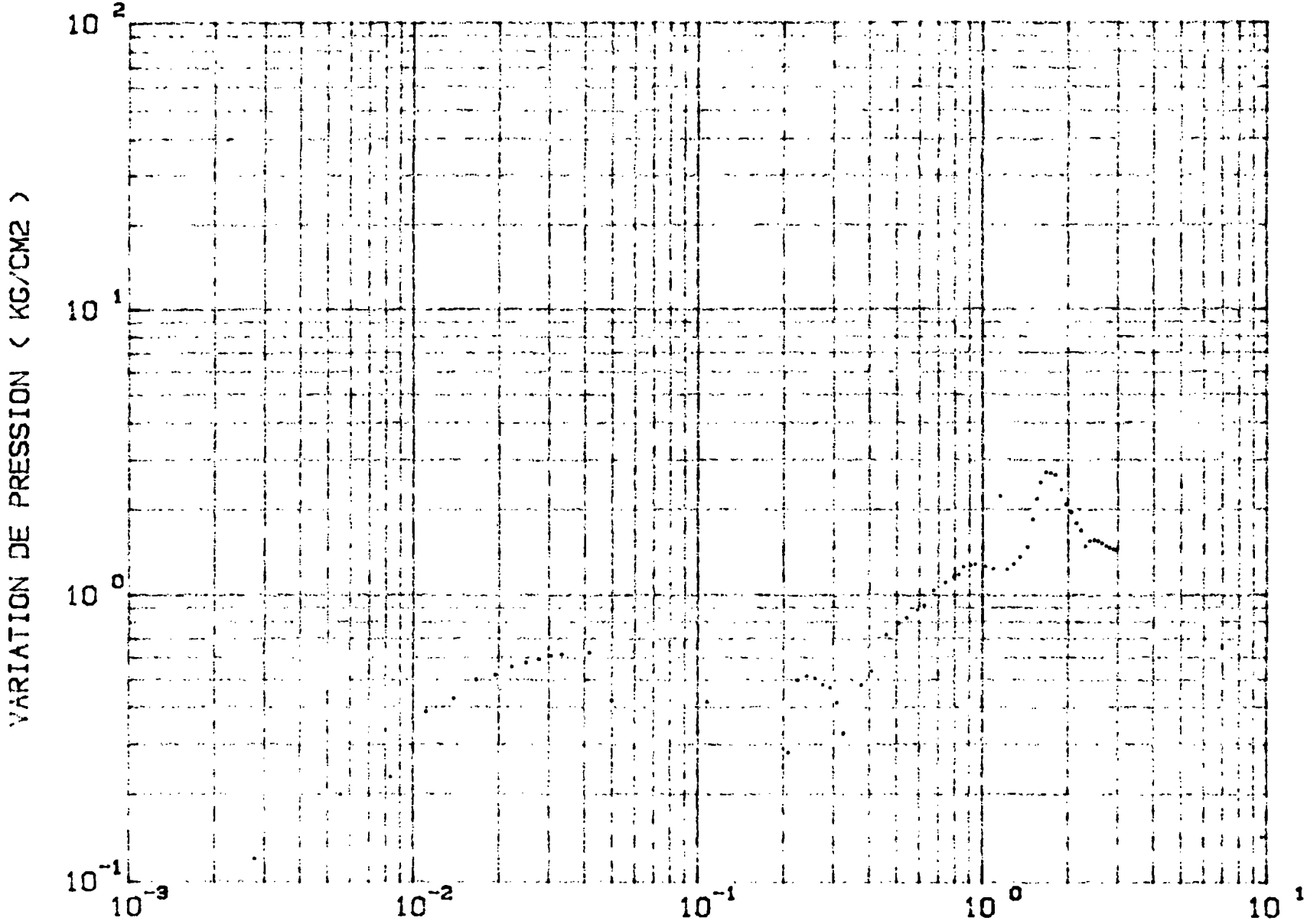


FIGURE 6 - DT EN HEURES
TEST D'INJECTION - CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM2
MONTEE EN PRESSION (DEBIT: 70 M3/H) - DIAGRAMME LOG-LOG

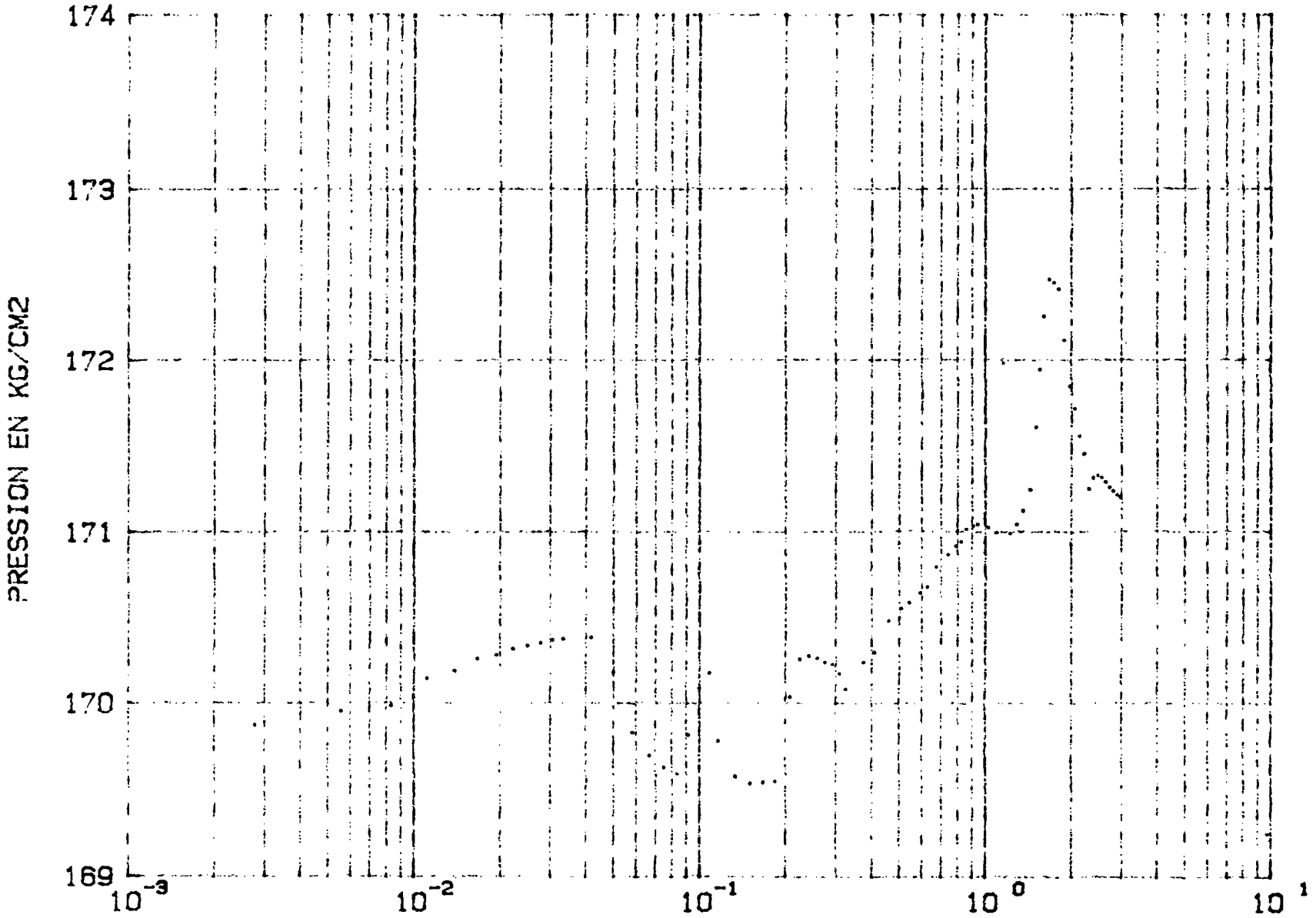


FIGURE 7 - DT EN HEURES
TEST D'INJECTION - CHAMPIGNY SUR MARNE - GCHM2
MONTEE EN PRESSION (DEBIT: 70 M3/H) - DIAGRAMME SEMI-LOG

- CHAPITRE VI -

RAPPORT GEOCHIMIQUE

RESUME ET CONCLUSIONS CONCERNANT LE FLUIDE PRODUIT GCHM 1

Température de fond : 78.5°C

Salinité totale : 27.71 g/l

pH à 69.5°C : 6.18

Teneur en soufre sous forme sulfates : 920 mg/l

Teneur en soufre sous forme sulfures : $< 3.10^{-5}$ mg/l

Point de bulle : 9.9 bars relatifs à 78.2°C

Rapport gaz/liquide : 0.093 m^3 de gaz/m^3 d'eau à 15°C

Bactéries : aucune activité bactérienne n'a été détectée ni en ce qui concerne les bactéries sulfato-réductrices, ni en ce qui concerne les bactéries du fer.

Les fluides du puits de production et d'injection ont été prélevés et analysés :

. sur GCHM 1 un échantillonnage de fond a été réalisé ; l'analyse permet d'établir les caractéristiques du fluide à la sortie du réservoir.

En surface, les analyses des échantillons prélevés sur la flow-line permettent d'une part de vérifier et de compléter les prélèvements de fond et d'autre part, de déterminer les grandeurs caractéristiques prévisionnelles du fluide exploité.

. sur GCHM 2, seule l'analyse du fluide produit en surface a été réalisée. L'objet de cette analyse est de vérifier ultérieurement la similitude entre la chimie du fluide réinjecté et celle du fluide de formation au fond du puits d'injection.

VI.1 - CHIMIE DU FLUIDE GEOTHERMAL

Les prélèvements de surface pour analyse ont été effectués le 09/02/85 pour GCHM 1 et le 25/03/85 pour GCHM 2. Chaque puits produisait alors en débit artésien. Les températures mesurées pendant le prélèvement étaient de 69.5°C à GCHM 1 et de 70.5°C à GCHM 2.

Le prélèvement de fond réalisé à l'aide d'un échantillonneur de fond a permis l'analyse chimique au toit du réservoir. La température mesurée au fond est de 78.5°C. L'écart de température entre le fond et la tête de puits est dû aux pertes par conduction, à la mise en production.

VI.1.1 - Méthodologie des prélèvements

VI.1.1.1 - Prélèvements de surface

Le fluide géothermal a été conditionné de façon spécifique en fonction des types d'analyses à effectuer :

- **ANIONS** : 1 prèlèvement dans un flacon de 250 cm^3 après filtration sur membrane à 0,45 pour la détermination des concentrations en Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{--}, HS^-, F^-, SiO_2, B.

- CATIONS : 1 prélèvement dans un flacon de 250 cm^3 après filtration sur membrane filtrante 0,45μm et acidification à pH = 1 environ (par HNO_3 Suprapur) pour la détermination des concentrations en Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}.

- ELEMENTS EN TRACES : 1 prélèvement de 50 cm^3 filtré à 0.45μm et acidifié à pH 1 par HNO_3 Suprapur pour analyse des éléments en traces : Sr^{++}, Li^+, Fe, Ba, Al.

- GAZ LIBRES : 1 prélèvement est réalisé par déplacement d'eau dans une ampoule de 300 cm^3. L'eau et le gaz sont séparés dans un séparateur en verre conçu à cet effet. Les composés gazeux dissous sont analysés par chromatographie CO_2, H_2S, CH_4, C_2H_6, Ar, O_2, N_2, H_2.

- ANALYSE ISOTOPIQUE 18 O-D : 1 prélèvement de 500 cm^3.

- ANALYSE ISOTOPIQUE DU SOUFRE : 1 prélèvement de 1 litre ; les sulfures éventuels sont piégés sous forme de sulfure de cadmium pour l'analyse isotopique du soufre dans la phase réduite. Les sulfates sont ensuite précipités sous forme de $BaSO_4$ au laboratoire pour l'analyse isotopique de la forme oxydée du soufre.

- ANALYSE BACTERIOLOGIQUE : 2 prélèvements en flacons stériles à embout conique pour la numération des ferro-bactéries et des bactéries sulfato-réductrices.

VI.1.1.2 - Mesures de terrain

Les grandeurs non conservatives sont déterminées sur place, dans des conditions rigoureuses :

- température des échantillons prélevés mesurée à l'aide d'une sonde, lecture sur afficheur digital,

- pH déterminé dans les conditions de production à la température du fluide. L'étalonnage est réalisé à l'aide de tampons calibrés portés à la température de mesure. Le pH est mesuré en système clos, à l'abri de l'air,

- Eh déterminé également à l'abri de l'air, dans les conditions de production,

- conductivité à la température de production,

- débits relatifs gaz/eau de la fraction prélevée mesurés au séparateur et permettant une comparaison avec le rapport gaz/eau (GLR) déterminé sur l'échantillon de fond,

- réserve alcaline essentiellement représentée par HCO_3^- et HS^-, dosée par les méthodes GRAN et CULBERSON, d'ajouts successifs d'acide,

- sulfures et thiosulfates dosés à l'électrode d'argent par précipitation des sulfures au mercure. Cette manipulation est entièrement réalisée à l'abri de l'air, à l'aide d'un montage spécifique.

VI.1.1.3 - Prélèvement de fond

Ce prélèvement permet l'étude de 6 points particuliers :

- les relations pression-volume du fluide géothermal à température de réinjection,

- les relations pression-volume du fluide géothermal à température de production avec contrôle du point de bulle sur un second échantillon,

- test de séparation phase liquide phase gazeuse pour 2 échantillons. Ce test fournit des données sur la pression au fond des puits, les proportions d'eau et de gaz (GLR) et la composition de l'eau résiduelle,

- analyse du gaz libéré au cours de la séparation,

- analyse bactériologique (ferrobactéries, bactéries sulfato-réductrices),

- analyse chimique de l'échantillon de fond.

VI.1.2 - Description de la fraction liquide et de la fraction gazeuse des échantillons prélevés (voir planches 1 à 3)

La fraction liquide produite en surface était limpide et ne présentait pas de dépôts visibles à l'oeil nu. Après quelques minutes de contact à l'air libre, on note le développement de quelques flocons bruns d'hydroxyde ferrique. Aucune odeur d'H_2S n'a été perçue.

La fraction liquide prélevée au fond était de couleur rougeâtre ; il faut noter que plusieurs jours se sont écoulés entre le prélèvement et la récupération du fluide et que ce délai permet la précipitation de phases secondaires.

L'analyse chimique (planche 1 à 3) montre une eau chargée (27.7 g/l) de type chlorurée sodique ; les autres espèces dominantes sont le calcium et les sulfates.

La fraction gazeuse de l'échantillon de surface est constituée essentiellement par du méthane, du gaz carbonique et de l'azote.

La fraction gazeuse de l'échantillon de fond est essentiellement constituée des mêmes espèces.

VI.1.3 - Discussion sur la composition de l'eau

Les concentrations respectives des divers éléments dans l'eau de formation sont fonction des conditions de gisement et de la solubilité des minéraux avec lesquels la solution est susceptible de réagir dans ces conditions. Les modifications des caractéristiques du fluide au cours du cycle géothermal dans la boucle peuvent favoriser certaines réactions provoquant des perturbations de fonctionnement de l'installation.

VI.1.3.1 - Conditions de gisement

La composition chimique de l'eau géothermale est conditionnée par un ensemble de propriétés du réservoir :

- composition de la roche réservoir primaire

ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU GEOTHERMALE - PUITS GCHM1

Planche 1

Localité	Code forage	Prélèvement				Remarques :
		date	auteur	point	fiabilité	
CHAMPIGNY	GCHM1	9/2/85	GO + SC	flow-line	0.5 %	$\xi Co_2 = 10.59.10^{-3}$

				ppm	m mole/l		ppm	m mole/l		ppm	m mole/l	
t°c :	69.5		Na	8600	373.91	HCO_3	315	5.16	SiO_2	4.4	0.73	
pH àt° :	6.18	(6.09)	K	119	3.04	CO_3			F	5.5	0.29	
Eh àt°(mv):	- 150		Ca	1445	36.12	Cl	15975	450.63	B	14.6	1.35	
Resist àt° : ($mS\ cm^{-1}$)	77.8		Mg	284	11.69	SO_4	920	9.58	NO_3			
O_2 : (ppm)	1.0					HS	-	ND	I			
						S			Br			

$\xi^+ = 472.57$ $\xi^- = 474.95$

	ppm	mmole/l		ppb	10^{-6} mole/l
NH_4	2.5	1.47	Ba	341	1.82
Li	2.5	0.36	As		
Sr	47	0.536	Cs		
Rb			Al	560	20.7
Mn					
Fe	9.5	0.17			

	gaz libres % vol	gaz dis. mole/l
Co_2	28.9	$3.33.10^{-3}$
N_2	23.94	$2.34.10^{-4}$
O_2	< 60 ppm	$2.62.10^{-5}$
H_2S	< 90 ppm	-
H_2	0.87	$4.01.10^{-6}$
He	0.53	$< 1.09.10^{-6}$
CH_4	39.4	$2.57.10^{-4}$
C_2H_6	2.72	$2.01.10^{-5}$
Ar	0.17	$< 4.26.10^{-6}$

ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU GEOTHERMALE - PUITS GCHM1 - ECHANTILLON DE FOND

Planche 2

Localité	Code forage	Prélèvement				Remarques :
		date	auteur	point	fiabilité	
CHAMPIGNY	GCHM1	9/2/85	Flopétrol	Fond	6.5 %	

				ppm	m mole/l		ppm	m mole/l		ppm	mole/l	
t°c :	78.2		Na	8010	348.26	HCO_3	299	4.90	SiO_2			
pH àt° :	7.1 à 20°C		K	119	3.04	CO_3			F			
Eh àt°(mv):			Ca	1309	32.72	Cl	15620	440.62	B			
Resist àt° : ($mS\ cm^{-1}$)			Mg	239	9.83	SO_4	973	10.13	NO_3			
O_2 : (ppm)						HS			I			
						S			Br			

$\Sigma^- = 436.4$ $\Sigma^+ = 465.78$

	ppm	mole/l		ppb	mole/l
NH_4			Ba		
Li			As		
Sr			Cs		
Rb					
Mn					
Fe	25 à 60				

	gaz libres % vol	gaz dis. mole/l
Co_2	37.95	
N_2	25.19	
O_2	0.19	
H_2S	0.00	
H_2	-	
He	-	
CH_4	32.88	
C_2H_6	2.06	

ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU GEOTHERMALE - PUITS GCHM2

Planche 3

Localité	Code forage	Prélèvement				Remarques :
		date	auteur	point	fiabilité	
CHAMPIGNY	GCHM2	25/3/85	SC	flow-line	4.2 %	

				ppm	m mole/l		ppm	m mole/l		ppm	m mole/l	
t°c :	70.5		Na	7750	336.95	HCO_3	305	5	SiO_2	37	0.62	
pH àt° :	6.32		K	115	2.94	CO_3			F	5.4	0.28	
Eh àt°(mv):	- 150		Ca	1200	30	Cl	14620	412.41	B	15.7	1.45	
Resist àt° : ($mS\ cm^{-1}$)	77.1		Mg	230	9.46	SO_4	912	9.5	NO_3			
O_2 : (ppm)	0.8					HS			I			
						S			Br			

$\Sigma^+ = 418.81$ $\Sigma^- = 436.41$

	ppm	mmole/l		ppb	10^{-6} mole/l
NH_4	25.7	1.43	Ba	300	1.6
Li	2.2	0.32	As		
Sr	53.6	0.61	Cs		
Rb			Al	360	13.33
Mn					
Fe	9	0.16			

	gaz libres % vol	gaz dis. mole/l
Co_2	20.1	$3.1.10^{-3}$
N_2	27.6	$4.8.10^{-4}$
O_2	0.05	$3.3.10^{-5}$
H_2S	< 10 ppm	-
H_2	0.71	$3.3.10^{-6}$
He	0.64	$1.9.10^{-6}$
CH_4	43.9	$2.7.10^{-4}$
C_2H_6	3.3	$2.1.10^{-5}$
Ar	0.21	3.10^{-6}

- composition initiale de l'eau

- cinétique de dissolution des minéraux primaires

- type d'écoulement du fluide dans le réservoir

- vitesse de précipitation des minéraux secondaires et de formation des minéraux d'altération

- la température, qui règle certaines vitesses de réaction ainsi que les conditions d'équilibre entre l'eau et la roche réservoir

- la pression, dont il a par ailleurs été montré que les effets sont très limités tant que le fluide reste monophasique.

VI.1.3.2 - Origine des éléments et solubilité des minéraux

Les analyses isotopiques de l'oxygène et de l'hydrogène (deutérium) ont montré que les eaux du Dogger ont une origine météorique. Au cours de la recharge du réservoir, l'eau se charge en sel (NaCl) par mise en solution de minéraux évaporitiques. L'eau du puits GCHM 1 a une salinité totale de 27.7 g/l, représentée pour 21.8 g/l par NaCl.

- Chlorures : les teneurs en chlorure, ion très mobile, ne peuvent, d'une manière générale, dans les formations sédimentaires, être contrôlées de façon significative que par la solubilité de NaCl dont la valeur limite n'est pas atteinte ici.

- Les alcalins sont mis en solution par lessivage. L'application du géothermomètre Na/K semble indiquer que les teneurs relatives en alcalins sont contrôlées par la solubilité des feldspaths alcalins.

- Les alcalins-terreux : le calcium, le magnésium et le strontium ont leur concentration en solution limitée par la solubilité des carbonates respectifs, calcite, calcite - magnésite - dolomite, strontianite. La composition de la solution avoisine également l'équilibre avec les sulfates de calcium (anhydrite et gypse) et de strontium (celestite).

- Sulfates : teneur limitée par les minéraux ci-dessus mentionnés.

- Les sulfures semblent être d'origine biogénique comme l'indique l'analyse isotopique du soufre 34 dans les puits environnants. En effet, les bactéries sulfato-réductrices réduisent les sulfates dissous en sulfures. Ces derniers sont alors immobilisés et les concentrations en solution sont limitées par la précipitation avec le fer et d'autres métaux (Pb, Zn, Cu).

- La silice : sa teneur en solution est contrôlée par la solubilité d'une phase solide, vraisemblablement la calcédoine. L'utilisation du géothermomètre à silice indique une température d'équilibre cohérente avec la température mesurée en fonds de puits.

- Le fluorure : la concentration en F- est limitée par la fluorite (CaF_2).

VI.1.3.3 - Evolution des caractéristiques du fluide dans la boucle

Diminution de pression en cours de la remontée : une diminution de pression en dessous du point de bulle risque de modifier notablement les conditions thermodynamiques et chimiques du fluide et provoquer un certain nombre de réactions décrites au chapitre II.

La baisse de température entre la production et la réinjection déplace les conditions d'équilibre entre phase liquide et phase solide et se trouve de la même manière à l'origine des problèmes d'exploitation commentés au chapitre II.

VI.1.4 - Point de bulle et rapport gaz-liquide

L'étude des relations pression-volume du fluide géothermique (présenté sur les planches 4A, 4B, 5A, 5B) permet d'aboutir aux résultats suivants :

- pour une température de production en surface de 78°C le niveau du point de bulle est de 9.9 bars (pression relative) ;

- pour une température en surface de 35°C au puits d'injection, le niveau du point de bulle est de 4.4 bars (pression relative).

Le rapport gaz/liquide GLR a été déterminé à pression atmosphérique et à température ambiante. Dans ces conditions, le GLR est de 93 litres de gaz par m^3 d'eau (GLR = 0.093 m^3/m^3) (planche 6).

VI.2 - EVALUATION DES DIFFICULTES LIEES A L'EXPLOITATION DE L'EAU

VI.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 :

- corrosion chimique et/ou électrochimique,

- corrosion bactérienne,

- corrosion mécanique.

VI.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.

TEST DE SEPARATION

	Pression (bars rel.)	Température (°C)	GLR par rapport à l'eau résiduelle m³/m³
Conditions de fond	----	78.2	------
Atmosphère	0	15	0.093

Masse volumique de l'eau résiduelle à 15 °C : 1.0193 g/cm³

COMPAGNIE : SODEDAT 93

PUITS : GCHM 1 bis

PLANCHE 4A

RELATION PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 78,2°C

(chambre FSR - B 110)

	Pression (bars rel.)	Volume relatif (V/Vpb)	Coefficient de compressibilité ($bar^{-1} \times 10^{-5}$)
	298,1	0,9868	------
	242,1	0,9887	3,495
	173,2	0,9913	3,770
	104,1	0,9942	4,220
	35,5	0,9978	5,264
	20,3	0,9988	7,163
	14,5	0,9994	9,034
	11,1	0,9998	11,789
Pb =	9,9	1,0000	19,807
	9,1	1,0017	
	8,0	1,0044	
	6,9	1,0079	
	5,2	1,0149	
	3,6	1,0273	
	2,0	1,0557	
	1,1	1,1083	

Coefficient de dilatation thermique ($°C^{-1}$) : $0,439 \times 10^{-3}$

(entre 21,8 °C et 78,2 °C)

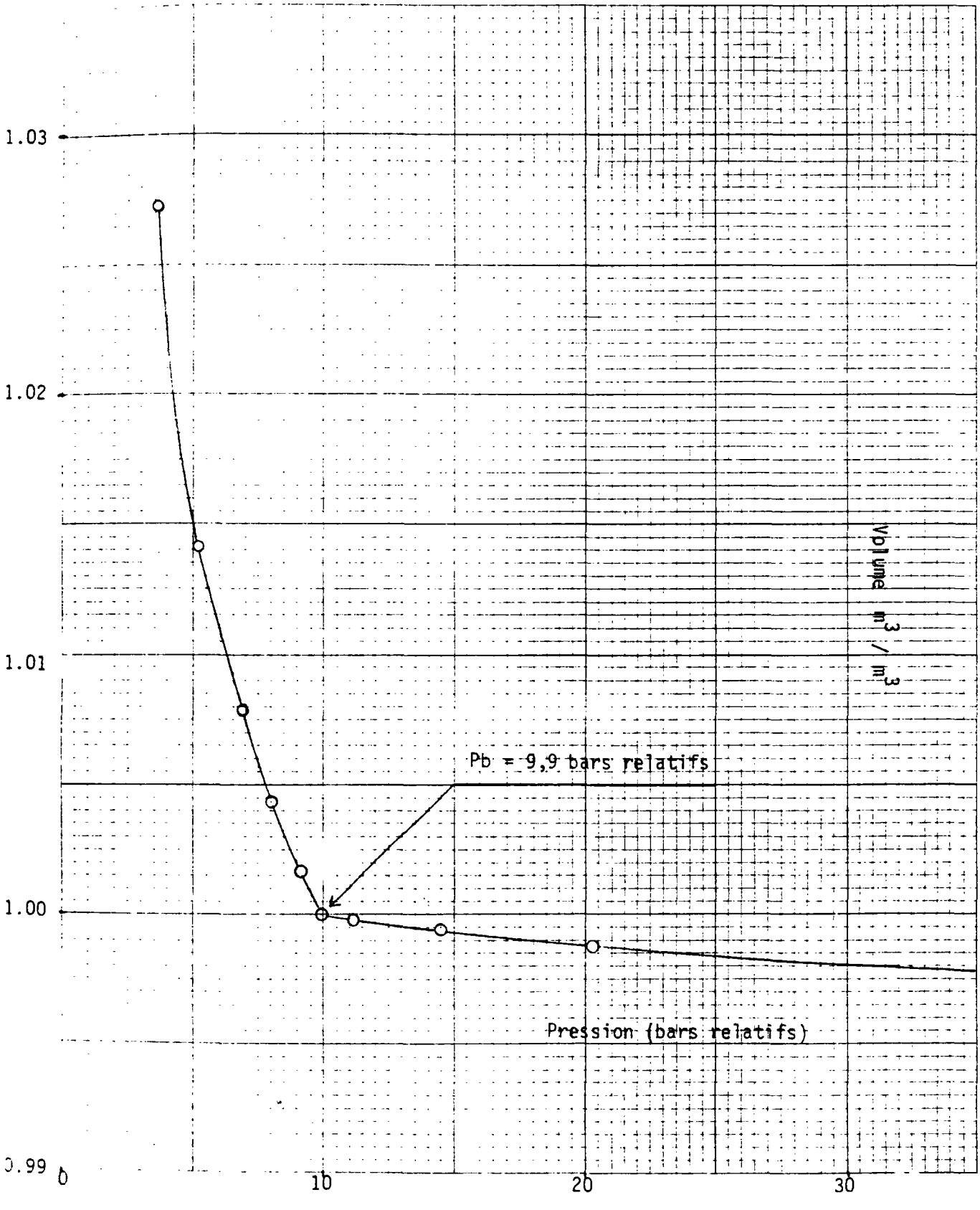
COMPAGNIE : SODEDAT 93

PUITS : GCHM 1bis

PLANCHE 4B

RELATION PRESSION VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 78,2 °C

(chambre FSR - B 110)



COMPAGNIE : SODEDAT PLANCHE 5A

PUITS : GCHM1 bis

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

(chambre FSR-B 110)

	Pression (bars rel.)	Volume relatif (V/Vpb)	Coefficient de compressibilité ($bar^{-1} \times 10^{-5}$)
	298,1	0,9769	-----
	241,4	0,9795	4,698
	173,8	0,9830	5,293
	104,2	0,9873	6,351
	34,7	0,9935	8,961
	15,1	0,9963	14,703
	9,5	0,9976	22,069
	6,9	0,9984	30,523
	5,1	0,9992	45,356
Pb =	4,4	1,0000	109,954
	3,8	1,0037	
	3,3	1,0061	
	2,3	1,0109	
	1,5	1,0186	
	0,5	1,0591	

Coefficient de dilatation thermique ($°C^{-1}$) : $0,218 \times 10^{-3}$

(entre 21,8 °C et 35 °C)

COMPAGNIE : SODEDAT 93

PUITS : GCHM 1 bis PLANCHE 5B

RELATION PRESSION VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 35 °C

(chambre FSR-B 110)

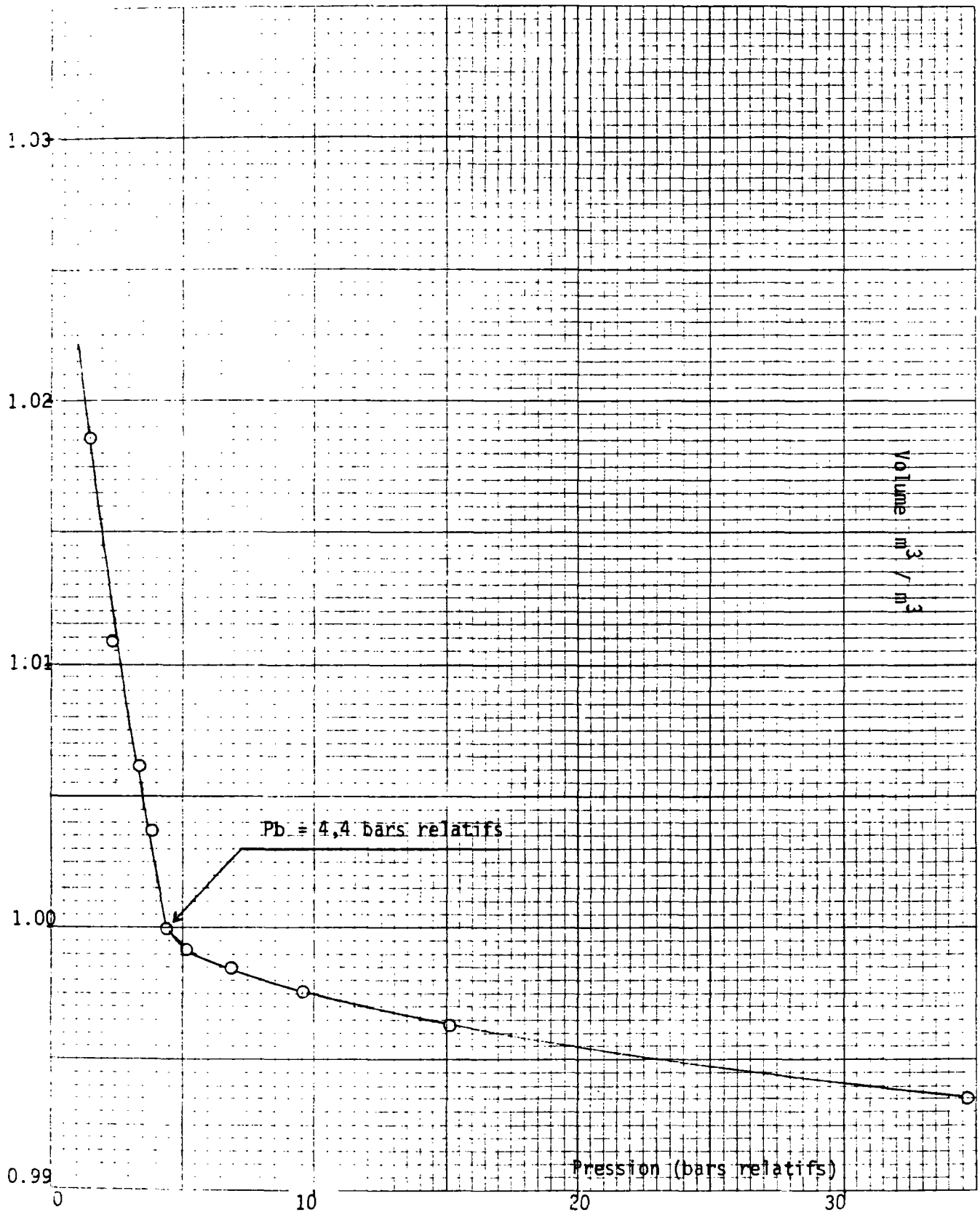


TABLE 3

RELATION PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 78,2°C

(chambre FSR - B 110)

	Pression (bars rel.)	Volume relatif (V/Vpb)	Coefficient de compressibilité ($bar^{-1} \times 10^{-5}$)
	298,1	0,9868	------
	242,1	0,9887	3,495
	173,2	0,9913	3,770
	104,1	0,9942	4,220
	35,5	0,9978	5,264
	20,3	0,9988	7,163
	14,5	0,9994	9,034
	11,1	0,9998	11,789
Pb =	9,9	1,0000	19,807
	9,1	1,0017	
	8,0	1,0044	
	6,9	1,0079	
	5,2	1,0149	
	3,6	1,0273	
	2,0	1,0557	
	1,1	1,1083	

Coefficient de dilatation thermique ($°C^{-1}$) : $0,439 \times 10^{-3}$

(entre 21,8 °C et 78,2 °C)

COMPAGNIE : SODEDAT 93

PUITS : GCHM 1bis

PLANCHE 6B

RELATION PRESSION VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 78,2 °C

(chambre FSR - B 110)

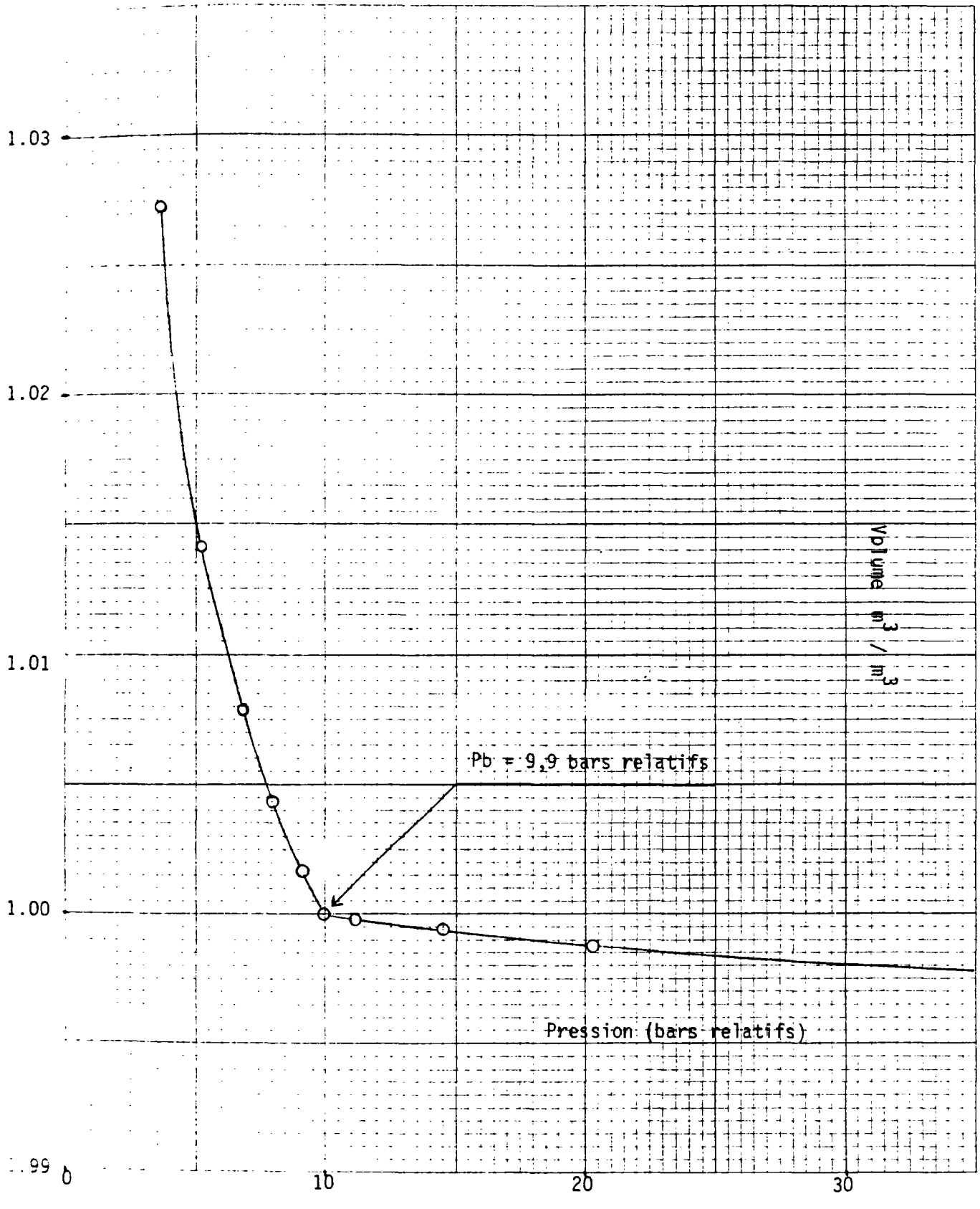


TABLE 2

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

(chambre FSR-B 110)

	Pression (bars rel.)	Volume relatif (V/Vpb)	Coefficient de compressibilité ($bar^{-1} \times 10^{-5}$)
	298,1	0,9769	-----
	241,4	0,9795	4,698
	173,8	0,9830	5,293
	104,2	0,9873	6,351
	34,7	0,9935	8,961
	15,1	0,9963	14,703
	9,5	0,9976	22,069
	6,9	0,9984	30,523
	5,1	0,9992	45,356
Pb =	4,4	1,0000	109,954
	3,8	1,0037	
	3,3	1,0061	
	2,3	1,0109	
	1,5	1,0186	
	0,5	1,0591	

Coefficient de dilatation thermique ($°C^{-1}$) : $0,218 \times 10^{-3}$

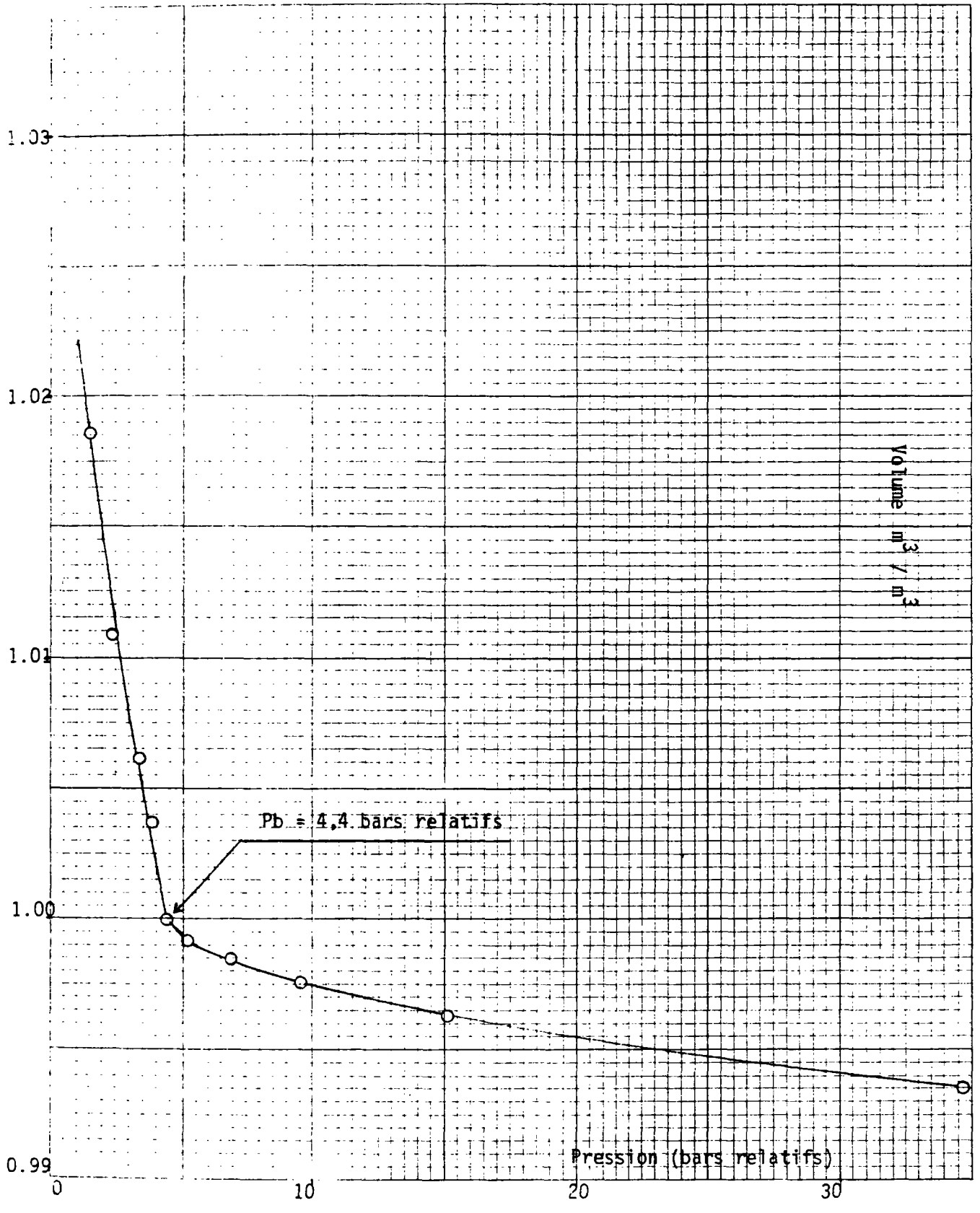
(entre 21,8 °C et 35 °C)

COMPAGNIE : SODEDAT 93
PUITS : GCHM 1 bis

PLANCHE 7B

RELATION PRESSION VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 35 °C

(chambre FSR-B 110)



Il est nécessaire, en particulier, de remarquer que les bulles de gaz libérées à de faibles pressions peuvent être comprimées mais non redissoutes instantanément, ce qui a pour effet de renforcer leur pouvoir érosif.

Cet aspect du problème est 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)

Au cours du forage du réservoir à Champigny aucune odeur caractéristique d'H_2S n'a été décelée. Une telle constatation (le système olfactif présente une sensibilité de l'ordre de 1 ppm) se trouve confirmée par les résultats de l'analyse présentés sur les planches 1, 2 et 3.

- H_2S dégazé par l'échantillon de fond : non détecté

- concentration en sulfures dans les échantillons de surface :
  $< 3.10^{-5}$ mg/l

L'absence de sulfures, en fin de sondage, constitue un avantage certain par rapport aux fluides notamment produits par le Dogger dans la région Nord-Est du Bassin Parisien. A priori, et si l'on n'enregistre aucune évolution de ces valeurs, qui pourrait en particulier être le résultat d'une activité bactérienne, les phénomènes de corrosion liés à H_2S ne doivent pas perturber l'opération de Champigny-sur-Marne.

b) 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.

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. La concentration de CO_2 obtenue par dégazage de l'échantillon de fond (37.95 % molaire) est du même ordre de grandeur que celle rencontrée dans la plupart des autres doublets exploitant le Dogger.

Conclusion

Parmi les gaz présents dans le fluide géothermique de Champigny seul le gaz carbonique pourra avoir une incidence importante sur les portions métalliques du réseau et tout particulièrement sur les tubages, têtes de puits et pompes ; des analyses périodiques devront être effectuées afin de contrôler strictement l'évolution des phénomènes de corrosion. Par contre, pour un réseau de surface constitué de canalisations en fibre de verre - résine epoxy et d'échangeurs titane, de telles concentrations n'auront que peut d'effet corrosif.

- 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 (présence accidentelle ou traces d'O_2 mesurées dans le gaz) des phénomènes de corrosion localisée par piquures. Une comparaison de la concentration relevée à Champigny (Dogger) montre que les eaux y ont des teneurs en Na+ et Cl- voisines des teneurs moyennes.

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

RESERVOIR	DOGGER	
SITE	GCHM 1 Champigny	MOYENNE
Salinité NaCl (g/l)	21.8	19.85

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, et si nous effectuons une comparaison des concentrations nous pouvons prévoir que ce phénomène ne devrait avoir guère plus d'ampleur à Champigny que dans les autres doublets exploitant le Dogger, la différence étant assez faible.

RESERVOIR	DOGGER	
SITE	GCHM 1 CHAMPIGNY	MOYENNE
SO_4^{--} (mg/l)	920	740

c) Les sulfures

La concentration en ion sulfure, 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 et provenant du réservoir ou de la corrosion de surfaces métalliques (tubages, etc...), des composés très peu solubles, tels que la pyrite.

Ces composés, lorsqu'ils existent, peuvent se déposer ou s'assembler en agrégats entraînés par l'eau induisant les colmatages de fins canaux (échangeurs) ou la corrosion par érosion de pièces mobiles (pompes).

Les caractéristiques de l'eau du Dogger à Champigny ne laissent pas prévoir ce type de troubles pendant la phase d'exploitation.

VI.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 (très peu de particules solides véhiculées).

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...). Par mesure de sécurité, il pourra également être prévu de mettre en place un système de filtration en amont de l'installation, en prenant soin toutefois d'éviter des pertes de charges trop importantes qui auraient pour conséquence des dégazages dans le réseau.

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. 2.1.1).

VI.2.1.3 - La corrosion bactérienne

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-après :

LIEUX DE PRELEVEMENT ET DATE D'ANALYSE	CHAMPIGNY (PRELEVEMENT FEV-MARS 1985)									
		FOND DE PUITS			SURFACE GCHM 1			SURFACE GCHM 2		
TYPE DE BACTERIE	T°C	24h	8j	15j	24h	8j	15j	24h	8j	15j
BACTERIES SULFATO-REDUCTRICES	76 35	<3 <3	<3 <3	<3 <3	<0.04 <0.04			0 0		
FERRO BACTERIES	76 33	<3 <3	<3 <3	<3 <3	0 0			0		

La teneur en bactéries est exprimée en nombre de bactéries/ml d'eau.

Ces résultats montrent la faible probabilité d'une activité bactérienne dans l'eau géothermique du forage de production GCHM 1 et du forage de réinjection GCHM 2.

Il est toutefois indispensable de contrôler régulièrement ce paramètre en cours d'exploitation afin de détecter tout risque d'évolution et de prendre, le cas échéant, les dispositions propres à limiter les effets de l'activité bactérienne.

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

Pour mémoire, précisons encore que l'action des bactéries sulfato-réductrices (en symbiose avec les bactéries de fer) lorsqu'elles existent, 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 S^{--} par des bactéries, capture des ions ferriques ou ferreux de l'eau du réservoir ou des tubages (d'où perforations) pour la formation de précipités de sulfures de fer en équilibre chimique.

Les sulfures de fer qui ne sont pas immobilisés sur place peuvent se trouver en condition favorable de précipitation au niveau des échangeurs. Un tel phénomène observé par ailleurs a pour effet d'augmenter les pertes de charge et de réduire la capacité d'échange thermique.

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

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

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 notamment s'appuyer sur l'analyse périodique d'échantillons de fluides et de dépôts prélevés sur des éléments d'installation corrodés à l'occasion de leur remplacement.

VI.2.2 - Les dépôts

La température de l'eau est de 78°C au fond et sera de 35°C après passage dans l'échangeur.

A partir des diverses études effectuées sur le Dogger dans cette région, et après les mesures et analyses réalisées sur les fluides produits par GCHM 1 et GCHM 2, nous avons procédé à un ensemble de calculs thermodynamiques chimiques. Les résultats sont résumés sur la planche 7.

Les eaux du Dogger à Champigny, avant dégazage, évoluent au voisinage de l'équilibre avec la silice sous forme de calcédoine, les carbonates, vraisemblablement sous forme de calcite ($CaCO_3$) et sidérite ($FeCO_3$), et le fer (goethite).

Elles sont en revanche sous saturées vis à vis des sulfates :

- anhydrite
- barite
- célestite
- gypse

Les eaux du Dogger de Champigny sont sursaturées vis à vis de la plupart des argiles excepté l'halloysite.

Le fait qu'une eau soit sursaturée vis à vis de certains minéraux ne signifie pas nécessairement qu'il y ait précipitation.

En effet, le fluide peut supporter un degré de saturation parfois important tant qu'il n'y a pas perturbation du milieu. Par ailleurs, les conditions de circulation, l'état de surface des matériaux et la structure des équipements peuvent inhiber la réaction de précipitation ou au contraire la stimuler, auquel cas elle se produit rapidement.

VI.2.2.1 - Les carbonates

Les eaux du Dogger du Bassin Parisien sont habituellement, dans les conditions de réservoir, en équilibre avec la calcite. Bien que le calcul réalisé à partir de la composition du fluide produit à GCHM 1 montre une légère sursaturation (dans la limite des marges d'erreur) vis à vis de la calcite, et un équilibre avec la dolomite, en conditions de réservoir, on peut penser que là encore la calcite régit la teneur en carbonates.

Le comportement des carbonates au cours du cycle géothermal est régi par 2 paramètres dont les effets sont inverses :

- la solubilité des carbonates augmente lorsque la température diminue ;

- la solubilité des carbonates diminue lorsque la pression diminue.

Dans la mesure où l'on maintient dans le réseau une pression supérieure à la pression du point de bulle, on évitera le dégazage et on défavorisera la précipitation de carbonates qui pourrait en résulter.

Il est à noter que, dans la mesure où cette règle de pression est respectée, on n'observe pas de dépôt de carbonates dans les installations de la région parisienne. Le calcul réalisé sur GCHM 1 montre que le degré de saturation vis à vis de la calcite, de la dolomite ou de la sidérite diminue lorsque la température décroît et donc que le risque de précipitation par baisse de température au niveau de l'échangeur n'est pas identifié.

VI.2.2.2 - Les sulfures

En l'absence de sulfures dans l'eau du Dogger à Champigny, il n'y a aucun risque de précipitation de ses espèces minérales. Il conviendra toutefois de surveiller attentivement l'évolution des sulfures en cours d'exploitation. Ces derniers peuvent en effet être générés par une activité bactérienne et induire des précipitations par réaction avec le fer.

VI.2.2.3 - Silice

La teneur en silice à GCHM 1 est réglée par la solubilité de la calcédoine. La solubilité de la silice diminue avec la température et l'eau se sursature de plus en plus, vis à vis de la calcédoine et du quartz. Toutefois, même pour des concentrations en silice supérieures à celles de Champigny, il n'a pas été observé de dépôt siliceux en région parisienne. On peut penser que la cinétique de précipitation, la vitesse de circulation du fluide et l'ensemble des conditions sont peu favorables à cette réaction et donc à une diminution des performances (par augmentation des pertes de charge et diminution de la capacité d'échange au niveau de l'échangeur).

VI.2.2.4 - Les alumino-silicates

L'eau est sous saturée vis à vis de l'halloysite, forme argileuse de basse température et sursaturée vis à vis de la kaolinite. Les minéraux argileux ou alumino-silicatés n'ont jamais été observés dans les dépôts des eaux du Dogger ; même si les conditions étaient réunies pour la formation d'alumino-silicates les quantités générées seraient très faibles compte tenu des faibles concentrations en aluminium disponible et ne perturberaient en rien le fonctionnement de l'installation. Ce point sera à prendre en considération pour vérification à la mise en exploitation.

VI.2.2.5 - Les sulfactes

Seul le sulfate de baryum est susceptible de s'immobiliser mais là encore les quantités générées seraient très faibles ; la barite n'a par ailleurs jamais été observée dans les dépôts des eaux du Dogger.

VI.2.2.6 - Les minéraux du fer

L'eau de Champigny contient des teneurs importantes en fer. Il est à noter que lorsque la température décroît le degré de saturation vis à vis des minéraux du fer décroît également. Il semble probable qu'au niveau de la formation la teneur en fer soit contrôlée par un équilibre avec la sidérite ($FeCO_3$), ce qui est courant dans un réservoir carbonaté et avec la goéthite (FeOOH). En cours d'exploitation le fer ne risque de se déposer sous forme d'hydroxyde ferrique qu'à la faveur d'un dégazage à la température de production. Là encore on veillera à maintenir une pression suffisante dans le réseau pour éviter ce phénomène. Par ailleurs une mise à l'air, c'est à dire une entrée d'oxygène dans le fluide, peut également favoriser la précipitation de formes hydroxydées du fer. L'entrée d'oxygène, également néfaste pour les phénomènes de corrosion, sera à proscrire ; à cet effet, on ne pourra qu'avantageusement recommander l'insertion d'additifs anti-oxygène dans les saumures de complétion ultérieures.

Il conviendra également, dès les premiers stades de la mise en exploitation, de surveiller le comportement du fluide vis à vis des minéraux du fer.

INDICES DE SATURATIONS MINERALES

Minéral	Composition	Index de saturation* à 69°C		Index de saturation* à 35°C	
		avant dégaz.	après dégaz.	avant dégaz.	après dégaz.
Adulaire	$KalSi_3O_8$	0.03	4	7.6	17
Albite	$NaALSI_3O_8$	2.9	4.3	3.6	8.2
Anhydrite	$CaSO_4$	0.56	0.56	0.38	0.38
Aragonite	$CaCO_3$	0.63	0.41	0.36	0.24
Barite	$BaSO_4$	0.46	0.46	1.56	1.56
Boehmite	ALO(OH)	4.1	4.9	0.95	1.76
Calcite	$CaCO_3$	1.8	1.18	0.67	0.44
Calcédoine	SiO_2	1	1	2.2	2.2
Celestite	$SrSO_4$	0.1	0.1	0.1	0.1
Chlorite	$Mg_5Al_2Si_3O_{10}(OH)_8$	0.6	7.2	5.10^{-8}	$1.5.10^{-6}$
Dolomite	$CaMg\ (CO_3)_2$	0.97	0.4	0.02	0.09
$Fe\ (OH)_3$ amorphe	$Fe\ (OH)_3$	3.10^{-6}	7.10^{-6}	5.10^{-7}	9.10^{-7}
Fluorite	CaF_2	1.6	.174	3.1	3.1
Goethite	FeO (OH)	1	2.2	0.01	0.02
Gypse	$CaSO_4\ 2\ H_2O$	0.36	0.37	0.48	0.48
Halloysite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	0.54	0.77	0.24	0.82
Illite	Argile	36	9.10^2	3.10^2	$1.8.10^3$
Kaolinite	$Al_2Si_2O_5\ (OH)_4$	$2.5.10^3$	3.10^3	2.10^3	8.10^3
Mica K		7.4	1.10^3	2.10^2	$1.5.10^3$
Magnésite	$MgCO_3$	0.7	0.49	0.25	0.16
Montmorillonite	Argile	$2.50.10^3$	4.10^3	3.10^3	1.10^4
Quartz	SiO_2	2.2	2.2	6	6
Siderite	$FeCO_3$	0.93	0.65	0.35	0.25
Strontianite	$SrCO_3$	4.1	2.6	5.5	3.6
Witherite	$BaCO_3$	0.41	0.27	1.2	0.77

* INdex de saturation = 1 équilibre
> 1 sursaturation
< 1 sous saturation

LOG DE FIN DE SONDAGE

ANNEXE 1

MAITRE D'OUVRAGE	PUITS	MAITRE D'OEUVRE
VILLE DE CHAMPIGNY S. MARNE	CHAMPIGNY G C H M 1 - 1bis	B.R.G.M.

Département : VAL DE MARNE
Commune : CHAMPIGNY
Arrt Minéralogique : PARIS

Coordonnées surface : X = 616 630 ; Y = 122 200
Fond : X = 617 236 ; Y = 121 486
Zs = +103m. NGF ; Zf = -1623
Cible : x = 617 207 ; y = 121 579
Appareil de forage : IDECO 900
Entrepreneur : GEOFOR

Début de forage : 9 / 12 / 84
Fin de forage : 3 / 02 / 85
Profondeur finale : 2180m.
Profondeur verticale : 1856
Déviation : azimut S. 13.00 E. ; inclinaison finale 35°1/2
Niveau d'arrêt : BATHONIEN

Phases de forage		Tubages	
17"1/2	12 - 445m.	13"3/8	0 - 445m.
12"1/4	445 - 1223m.	9"5/8	390 - 1222m.
8"1/2	1223 - 2016m.	LH 7"	1173 - 2013m.
6"	2016 - 2182m.		

Surveillance géologique : S. C. I.
Supervision géologique : B. R. G. M.

Echelle : 1/500

LOG DE FIN DE SONDAGE

ANNEXE 1

Client : SI.DOM	Projet :	Date fin : 15/12/2021
VILLE DE CHAMPIGNY SUR MARNE	S I D O M	N 6 5 5

Opérateur : SOL ES NANCY
Contrôle : CHAPPOT
Ing. Opérateur : HARO

Coordonnées : système : RGF93

X : 654 483		Hauteur de forage : 15 000 m
Y : 6 865 000		Cote du forage : 37 110 NGF
Z : 107 NGF		Méthodes forage : Carottage
Inclinaison : 90 °		Fluide de forage : Boue de forage
Azimut : 0 °		Diamètre : 146 mm à 15,00 m
Projection : RGF		Cote : 37 110 NGF à 22,10 m
Origine des coordonnées : Sol		Date : 15/12/2021
Coordonnées : GPS RTK		

Essais : Cf. Coupe

pl : 5 EA	R_p : 1 MPa
P_{LM} : 2 MPa	P_{LM} : 2 MPa
P_{LM} : 300 - 450a	P_{LM} : 1 MPa
P_{LM} : 450 - 600a	

Observations générales : S I S

Implantation générale : N N E S

Page : 1 / 1

Profondeur (m)	Lithologie	Description des terrains	Observations	Prélèvements	Coupe technique
0,00					
0,10		Terre végétale, grisâtre, humide, avec quelques racines.			
0,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
0,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
0,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
0,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
1,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
1,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
1,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
1,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
1,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
2,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
2,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
2,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
2,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
2,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
3,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
3,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
3,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
3,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
3,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
4,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
4,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
4,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
4,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
4,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
5,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
5,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
5,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
5,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
5,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
6,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
6,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
6,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
6,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
6,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
7,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
7,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
7,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
7,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
7,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
8,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
8,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
8,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
8,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
8,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
9,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
9,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
9,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
9,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
9,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
10,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
10,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
10,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
10,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
10,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
11,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
11,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
11,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
11,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
11,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
12,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
12,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
12,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
12,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
12,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
13,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
13,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
13,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
13,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
13,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
14,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
14,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
14,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
14,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
14,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
15,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
15,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
15,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
15,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
15,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
16,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
16,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
16,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
16,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
16,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
17,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
17,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
17,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
17,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
17,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
18,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
18,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
18,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
18,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
18,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
19,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
19,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
19,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
19,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
19,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
20,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
20,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
20,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
20,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
20,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
21,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
21,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
21,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
21,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
21,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
22,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
22,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
22,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
22,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
22,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
23,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
23,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
23,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
23,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
23,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
24,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
24,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
24,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
24,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
24,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
25,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
25,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
25,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
25,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
25,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
26,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
26,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
26,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
26,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
26,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
27,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
27,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
27,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
27,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
27,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
28,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
28,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
28,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
28,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
28,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
29,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
29,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
29,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
29,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
29,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
30,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
30,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
30,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
30,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
30,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
31,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
31,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
31,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
31,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
31,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
32,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
32,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
32,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
32,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
32,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
33,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
33,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
33,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
33,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
33,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
34,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
34,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
34,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
34,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
34,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
35,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
35,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
35,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
35,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
35,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
36,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
36,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
36,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
36,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
36,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
37,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
37,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
37,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
37,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
37,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
38,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
38,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
38,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
38,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
38,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
39,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
39,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
39,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
39,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
39,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
40,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
40,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
40,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
40,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
40,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
41,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
41,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
41,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
41,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
41,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
42,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
42,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
42,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
42,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
42,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
43,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
43,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
43,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
43,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
43,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
44,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
44,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
44,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
44,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
44,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
45,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
45,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
45,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
45,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
45,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
46,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
46,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
46,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
46,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
46,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
47,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
47,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
47,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
47,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
47,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
48,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
48,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
48,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
48,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
48,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
49,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
49,30		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
49,50		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
49,70		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
49,90		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			
50,10		Remblais, grisâtre, humide, avec quelques débris de briques.			

ANNEXE 3

CORRELATION DIAGRAPHIQUE
ENTRE LES 2 PUITS AU NIVEAU DU RESERVOIR

G C H M 1 - 1bis DEVIATION 35° 1/2

GAMMA-RAY
Unités API
0 150

DENSITE grammes/cm³
1,95 2.45 2.95

Vitesse d'avancement
(en mn./m.)
0 5 10 15 20 25

Niveaux productifs
avec indication
du débit en %
40 30 20 10

FACIES
ET TYPES DE DEPOTS

2000
Sabot 7"
2050
2100
2150

18%
9%
9%
23%
14%
18%
9%

Dalle nacrée

Ensemble gravelo-micritique

Ensemble de calcaires graveleux texture grainstone-packestone alternant avec des calcaires micritiques

Ensemble oolithique et graveleux packestone - grainstone

Ensemble graveleux à passées oolithiques grainstone

Alternance de :

-Calcarénite à texture grainstne, localement bioclastique, graveleux

- Micrite grise à blanche packestone wackestone

-Sparite dure , á intraclastes bioclastes et gravelles recristallisées

G C H M 2 DEVIATION 33° 1/2

GAMMA-RAY
Unités API
0 150

DENSITE grammes/cm³
1,95 2.45 2.95

Vitesse d'avancement
(en mn./m.)
0 5 10 15 20 25

Niveaux productifs
avec indication
du débit en %
40 30 20 10

Sabot 9"5/8
1950
2000
2050
2100

12%
6%
6%
29%
23%
12%
12%