ÉTABLISSEMENT PUBLIC
DU PARC DE LA VILLETTE

OPHLM VILLE
DE PARIS

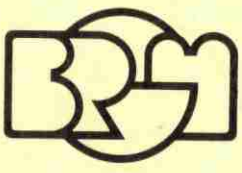
OPÉRATION GÉOTHERMIQUE DE LA VILLETTE

S.T.D. - P.E.O.

(2e partie)

D.O.E.

FORAGE DE RÉINJECTION GLAV 1 ET FORAGE DE PRODUCTION GLAV 2



Département géothermie

Rapport du B.R.G.M.

84 SGN 112 GTH

ÉTABLISSEMENT PUBLIC
DU PARC DE LA VILLETTE

OPHLM VILLE
DE PARIS

SERVICE PUBLIC
GÉOTHERMIE
B. R. G. M.
B.P. 6009
45060 ORLÉANS CEDEX
[illegible] : (38) 63.80.01

OPÉRATION GÉOTHERMIQUE DE LA VILLETTE

S.T.D. - P.E.O.

(2e partie)

D.O.E.

FORAGE DE RÉINJECTION GLAV 1 ET FORAGE DE PRODUCTION GLAV 2

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

Rapport du B.R.G.M.
84 SGN 112 GTH

Mars 1984

Réalisation : Département Applications Graphiques

SOMMAIRE

Pages

CHAPITRE I - RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE DE REINJECTION GLAV 1..... 1

1.1. INTRODUCTION..... 2

1.2. RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE..... 2

1.2.1. Historique du sondage..... 2

1.2.2. Compte rendu journalier des opérations..... 4

1.2.3. Analyse des temps..... 9

1.2.4. Etat du forage en fin de travaux..... 11

1.2.5. Performances d'approfondissement..... 12

1.2.6. Tubages et cimentations..... 19

1.2.7. Boues de forage..... 28

1.2.8. Diagraphies..... 31

1.2.9. Tableau de synthèse des garnitures utilisées..... 32

1.2.10. Têtes de puits de réinjection La Villette..... 33

CHAPITRE II - RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE DE PRODUCTION GLAV 2..... 35

2.1. INTRODUCTION..... 36

2.2. RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE..... 36

2.2.1. Historique du sondage..... 36

2.2.2. Compte rendu journalier des opérations..... 37

2.2.3. Analyse des temps..... 41

2.2.4. Etat du forage en fin de travaux..... 43

2.2.5. Performances d'approfondissement..... 49

2.2.6. Tubages et cimentation..... 52

2.2.7. Boues de forage..... 62

2.2.8. Diagraphies..... 64

2.2.9. Tableau de synthèse des garnitures utilisées..... 65

2.2.10. Têtes de puits de production de La Villette..... 66

.../...

Pages

CHAPITRE III - RAPPORT GEOLOGIQUE..... 69

3.1. DOCUMENTS FOURNIS..... 70

3.2. INTRODUCTION..... 72

3.3. COUPE LITHOSTRATIGRAPHIQUE..... 74

3.4. ASPECT STRUCTURAL..... 74

3.5. COMPARAISON AVEC LES PREVISIONS..... 76

3.6. CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR..... 78

3.7. COMMENTAIRE SUR LES DIAGRAPHIES DE RESERVOIR UTILISEES SUR LE FORAGE GLAV 2..... 79

3.8. CONCLUSION..... 81

CHAPITRE IV - RAPPORT D'ESSAIS DU FORAGE DE REINJECTION GLAV 1..... 82

4.1. RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES..... 83

4.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 16/10/83..... 84

4.2.1. Caractéristiques de l'essai..... 84

4.2.2. Interprétation de l'essai..... 85

4.3. TEST COMPLEMENTAIRE D'INJECTION..... 89

4.4. CONCLUSIONS..... 90

4.5. ANNEXES..... 92

CHAPITRE V - RAPPORT D'ESSAIS DU PUITS DE PRODUCTION GLAV 2..... 111

5.1. RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES..... 112

5.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 15/11/83..... 113

5.2.1. Caractéristiques de l'essai..... 113

5.2.2. Interprétation de l'essai..... 114

5.3. TEST COMPLEMENTAIRE D'INTERFERENCE..... 118

5.4 CONCLUSIONS..... 119

5.5. PREVISION DES PRESSIONS DE POMPAGE ET DES PUISSANCES CONSOMMEES..... 121

5.5.1. Caractéristiques de la boucle géothermale..... 121

5.5.2. Relations utilisées pour les calculs..... 122

5.6. ANNEXES..... 146

Pages

CHAPITRE VI - RAPPORT GEOCHIMIQUE..... 160

6.1. CHIMIE DU FLUIDE GEOTHERMAL..... 162

6.1.1. Prélèvements..... 162

6.1.2. Méthodologie des prélèvements..... 162

6.1.3. Description de la fraction liquide et de la fraction gazeuse des échantillons prélevés..... 164

6.1.4. Discussion sur la composition de l'eau..... 169

6.1.5. Point de bulle et rapport gaz-liquide..... 170

6.2. EVALUATION DES DIFFICULTES LIEES A L'EXPLOITATION DE L'EAU..... 179

6.2.1. La corrosion..... 179

6.2.2. Les dépôts 183

FICHE RECAPITULATIVE DES RESULTATS

OBTENUS SUR LE FORAGE GEOTHERMIQUE

DE LA VILLETTE

PUITS D'INJECTION - G L A V 1

COMMUNE : Ville de Paris

DEPARTEMENT : Seine

COORDONNEES LAMBERT 1 :

	X = 604 105		X = 604 559
au sol	Y = 132 808	au toit du réservoir	Y = 133 228
	Z = + 52 m NGF		Z = - 1589 NGF

MAITRE D'OUVRAGE : Office Public d'HLM de la Ville de Paris

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

ENTREPRENEUR : GIEFF

APPAREIL : TR 800

OBJECTIF DU SONDAGE : Réaliser le puits d'injection d'un doublet géothermique captant les eaux chaudes du Dogger en vue d'alimenter un réseau géothermal

DUREE EFFECTIVE DU FORAGE : du 20.09.83 à 20 h 30 au 19.10.83 à 3 h 30
soit 28 jours et 8 heures essais compris

PROFONDEUR FINALE : 1941 m déviés - inclinaison maximale ponctuelle 39°

RESULTATS : Dogger capté entre 1822 m et 1875 m (déviés)
Hauteur productrice cumulée : h = 18.50 m dev (16,50 m vert.)
Porosité moyenne : Ø = 15,6 %
Température stabilisée au débit moyen de 125 m^3/h : Tf = 57,3° C
Viscosité de l'eau = U = 0,48 cp
Salinité moyenne = 17.9 g/l
Pression artésienne mesurée : Par = 7,4 bars
Débit artésien : 125 m^3/h
Transmissivité intrinsèque : kh : 24 D.m.
Perméabilité intrinsèque : K = 1,5 D
Facteur de skin : S = - 4

FICHE RECAPITULATIVE DES RESULTATS OBTENUS

SUR LE FORAGE GEOTHERMIQUE DE LA VILLETTE

PUITS DE PRODUCTION G L A V 2

COMMUNE : Ville de Paris

DEPARTEMENT : SEINE

COORDONNEES LAMBERT I :

	X = 604 094		X = 603 684
AU SOL	Y = 132 798	AU TOIT DU RESERVOIR	Y = 132 285
	Z = + 52 m NGF		Z = - 1579 m NGF

MAITRE D'OUVRAGE : Office public d'HLM de la Vile de Paris

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

ENTREPRENEUR : G. I. E. F. F.

APPAREIL : TR 800

OBJECTIF DU SONDAGE : Réaliser le puits de production d'uun doublet géothermique captant les eaux chaudes du Dogger en vue d'alimenter un réseau géothermal.

DUREE EFFECTIVE DU FORAGE : du 21.10.83 à 4 H 00 au 17.11.83 à 20 H 00

soit 27 jours et 16 heures (664 heures)

PROFONDEUR FINALE : 1942 m déviés - inclinaison maximale ponctuelle 36°5

RESULTATS : Dogger capté entre 1861,5 m et 1879,5 m déviés
Hauteur productrice cumulée h = 10 m dév. (9 m vert)
Porosité moyenne Ø = 14, 6 %
Température stabilisée
Au débit moyen de 140 m^3/h (air-lift) tf = 56,9° C à 1810 m déviés
Viscosité moyenne de l'eau u = 0,48 cp
Salinité moyenne = 17.6 g/l
Pression artésienne mesurée : 7 bars
Débit artésien = 95 m^3/h
Transmissivité intrinsèque : Kh = 18 D.m
Perméabilité intrinsèque : K = 2D
Facteur de skin : S = 3,5

CHAPITRE I

RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE

DE REINJECTION GLAV 1

--------/--------

1.1. INTRODUCTION

GLAV 1 constitue le forage de réinjection du doublet de l'opération géothermique de "LA VILLETTE".

La Maîtrise d'ouvrage est assurée par l'Office Public d'HLM de la VIlle de Paris, maître d'ouvrage délégué, et l'établissement Public du Parc de la Villette, avec l'assistance de GEOCHALEUR.

La maîtrise d'oeuvre sous-sol a été confiée au Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Le présent rapport retrace dans le détail les travaux de forage réalisés pour la réinjection.

1.2. RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

Remarque : toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport sont exprimées par rapport au sol.

1.2.1. Historique du sondage

Début du forage : 20/09/1983

Fin du forage : 14/10/1983

Essais : du 14/10/1983 au 18/10/1983

Le sondage a duré 28 jours et 8 heures

Le sondage a été exécuté par l'appareil TR 800 du G.I.E. Foraky-Foramines.

Le BRGM (Département Géothermie) a assuré la maîtrise d'oeuvre de l'opération.

Les entreprises qui sont intervenues dans l'opération sont reportées sur la liste suivante.

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 :	*COOP EVA*
FORAGE :	*GIE FORAKY-FORAMINES*
FUEL :	*TRENTESAUX-LECOMTE*
TETES DE PUITS :	*MAPEGAZ*
TUBAGES :	*VALLOUREC*
EQUIPEMENT TUBAGES ET VISSAGE :	*WEATHERFORD*
OUTILS :	*HUGUES TOOL*
LINER HANGER :	*BAKER*
BOUE :	*CECA*
SERVICES CIMENTATION :	*SAPS*
MATERIEL CIMENTATION :	*HALLIBURTON - WEATHERFORD*
DIAGRAPHIES FORAGE :	*SCHLUMBERGER*
DIAGRAPHIES PRODUCTION :	*COPGO-HUNTING*
DEVIATION :	*DOWELL*
ACIDE :	*HYDROCURE*
TRAITEMENT BOURBIERS :	*SAPEC*
CITERNAGE :	*SNAB*
TRANSPORTS :	*SAVONRICE*
CONTROLE GEOLOGIQUE :	*GEODOC + BRGM (Département Géothermie)*
COUPE TUBAGE :	*SERVCO*
AIR LIFT :	*MASSE*

1.2.2. Compte rendu journalier des opérations

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 - 20.09.83 : Début des travaux à 20 h 30 le 20.09.83
Forage en 17 1/2 de 23 à 29 m (avant trou initial à 23 m)

Avancement journalier : 6 m

2 - 21.09.83 : Forage en 17 1/2 de 29 à 357 m

Avancement journalier : 328 m

3 - 22.09.83 : Forage en 17 1/2 de 357 à 450,50 m
Remontée de l'outil
Descente du tubage 13 3/8 à 449, 44 m
Cimentation du tubage 13 3/8 avec 40 T de CPJ 45

Avancement journalier : 93,50 m

4 - 23.09.83 : Attente prise ciment
Descente outil 12 1/4 à 434, 50 m
Reforage de 434,50 à 441,60 m

5 - 24.09.83 : Reforage de 441,60 à 450,50 m
Forage de 450,50 à 470 m
Changement d'outil
Forage à la turbine en 12 1/4 de 470 à 543 m

Avancement journalier : 92,50 m

6 - 25.09.83 : Remontée de la turbine
Reforage de 470 à 543 m
Forage de 543 à 589 m
Descente de la turbine

Avancement journalier : 46 m

7 - 26.09.83 : Turbo-forage de 589 à 626 m
Dégerbage turbine
Reforage de 589 à 626 m
Forage de 626 à 664 m
Remontée de l'outil

Avancement journalier : 75 m

8 - 27.09.83 : Redescente de l'outil
Forage de 664 à 795 m
Remontée de l'outil
Changement garniture
Forage de 795 à 818 m

Avancement journalier : 154 m

9 - 28.09.83 : Forage en 12 1/4 de 818 à 1030 m
Remontée de l'outil
Diagraphies

Avancement journalier : 212 m

10- 29.09.83 : Diagraphies
Descente de l'outil
Reforage de 599 à 1030 m
Forage de 1030 à 1033,50 m
Remontée de l'outil
Descente T 9 5/8 à 1032, 45 m

Avancement journalier : 3,50 m

11- 30.09.83 : Cimentation du tubage 9 5/8 avec 43,3 T de CPJ 45
Montage B.O.P.
Attente prise ciment

12- 01.10.83 : Attente prise ciment
Changement garniture
Descente de l'outil 8 1/2
Reforage de 1003 à 1033,50 m
Forage de 1033,50 à 1048 m
Remontée de l'outil

Avancement journalier : 14,50 m

13- 02.10.83 : Descente de l'outil
Reforage de 1033,50 à 1048 m
Forage en 8 1/2 de 1048 à 1152 m
Remontée de l'outil
Gerbage de la turbine

Avancement journalier : 104 m

14- 03.10.83 : Descente de l'outil à 1152 m
Turbo-forage de 1152 à 1227 m
Dégerbage turbine
Reforage de 1152 à 1171 m

Avancement journalier : 75 m

15- 04.10.83 : Reforage de 1171 à 1227 m
Forage en 8 1/2 de 1227 m à 1397 m

Avancement journalier : 170 m

16- 05.10.83 : Forage de 1397 à 1434 m
changement de l'outil
Reforage de 1416 à 1434 m
Forage de 1434 à 1490 m

Avancement journalier : 93 m

17- 06.10.83 : Forage de 1490 à 1653 m

Avancement journalier : 163 m

18- 07.10.83 : Forage en 8 1/2 de 1653 à 1721 m
Changement d'outil

Avancement journalier : 68 m

19- 08.10.83 : Descente de l'outil
Reforage de 1716 à 1721 m
Forage de 1721 à 1813 m
Remontée de l'outil
Descente sonde diagraphie

Avancement journalier : 92 m

20- 09.10.83 : Diagraphies
Descente de l'outil
Reforage de 1805 à 1813 m
Remontée de l'outil
Descente du tubage 7" à 1812, 32 m

21- 10.10.83 : Cimentation 1er étage avec 8,5 T de CPA 55
Ouverture DV inférieure
Attente prise ciment
Cimentation 2è étage avec 8,8 T de CPA 55
fermeture DV inférieure
Ouverture DV supérieure
Attente prise ciment
Cimentation 3è étage avec 15 T de CPA 55
Fermeture DV supérieure

22- 11.10.83 : Attente prise ciment
Démontage - Remontage B.O.P.
Attente prise ciment
Descente de l'outil 6" pour reforage

23- 12.10.83 : Reforage matériel cimentation
Forage de 1813 à 1816 m
Remontée de l'outil

Avancement journalier : 3 m

24- 13.10.83 : Descente de l'outil 6"
Forage en 6" de 1816 à 1941 m

Avancement journalier : 125 m

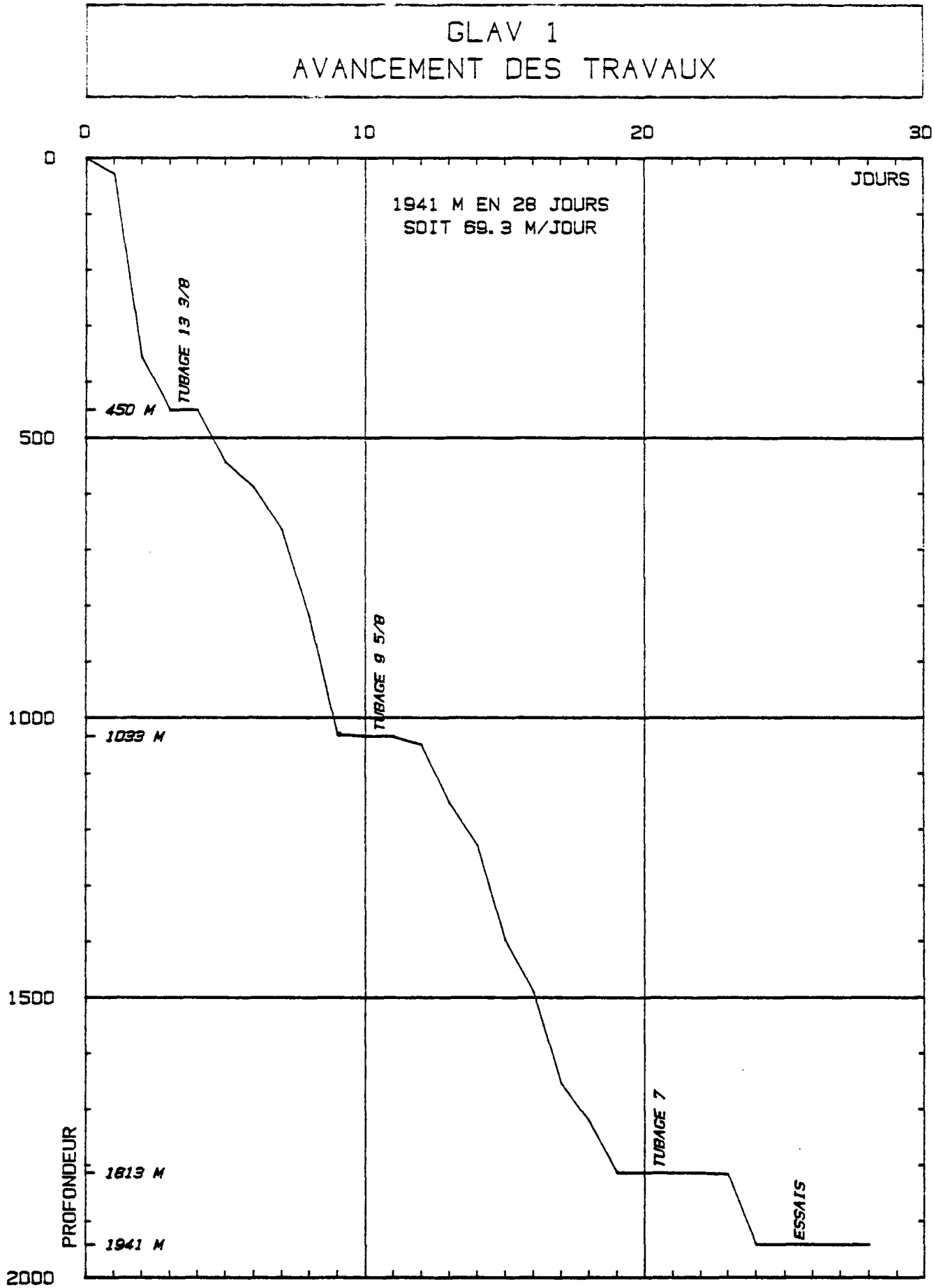
25- 14.10.83 : Remontée de l'outil
Diagraphies
Air-lift
Descente garniture pour acidification

26- 15.10.83 : Acidification du puits
Mise en débit : 126 m^3/h artésiens

27- 16.10.83 : Mesure de pression
Mesure de production

28- 17.10.83 : Mesure de production
Démontage matériel de mesure de production
Injection 38m^3 de saumure
Diagraphies de production

29- 18.10.83 : Diagraphies de production
Dégerbage garniture
Démontage B.O.P.
Mise en place tête de puits
Fin des travaux à 3 h 30


GLAV 1
AVANCEMENT DES TRAVAUX
0
10
20
30
JOURS
1941 M EN 28 JOURS
SOIT 69.3 M/JOUR
TUBAGE 13 3/8
450 M
TUBAGE 9 5/8
1033 M
TUBAGE 7
ESSAIS
1813 M
1941 M
PROFONDEUR
0
500
1000
1500
2000

1.2.3. Analyse des temps

Cette analyse comporte 12 opérations ou postes correspondant aux 680 heures nécessaires à l'exécution du forage.

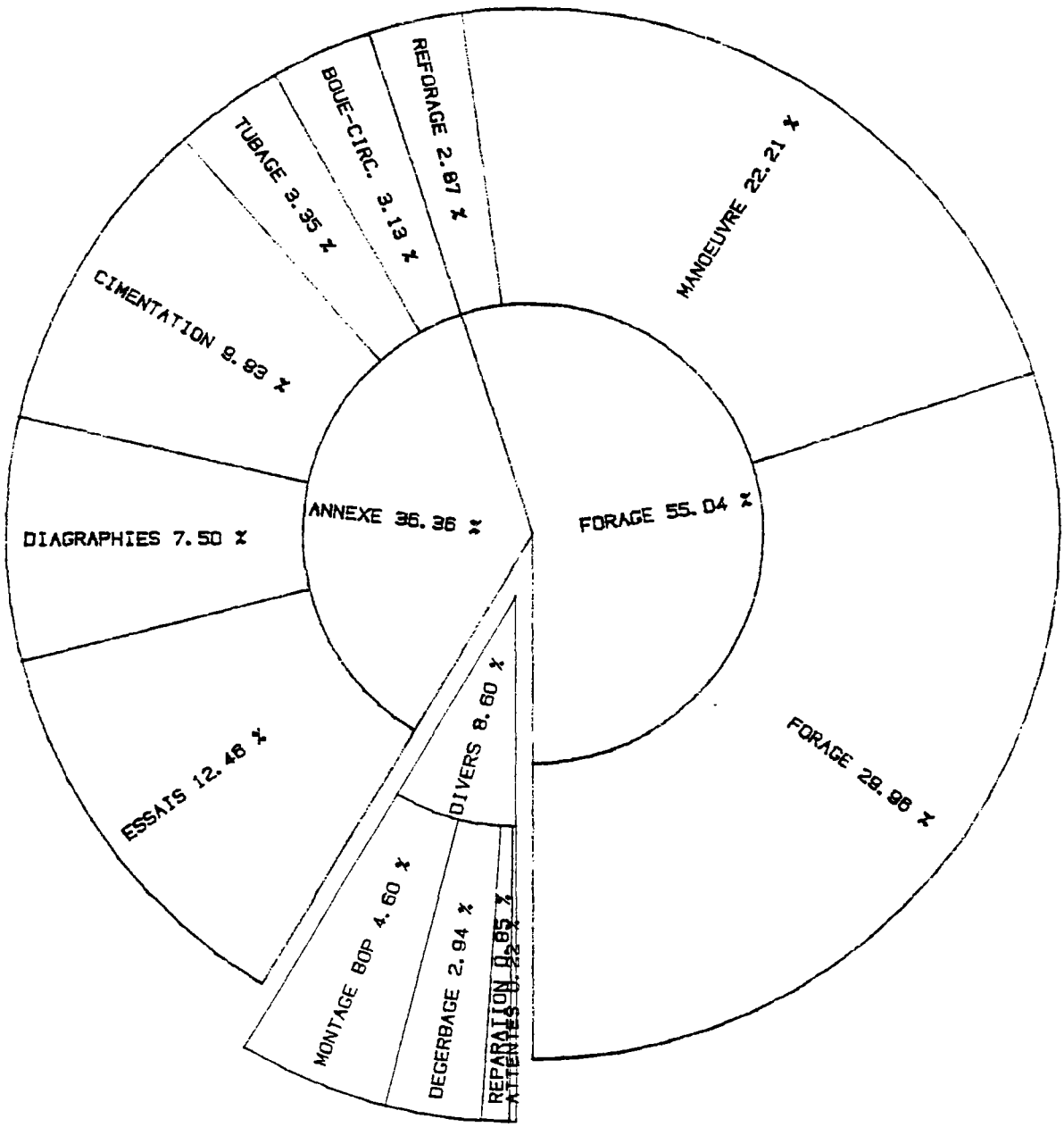
La durée en heure ou fraction d'heure de chaque opération ou poste est indiquée pour chacune des 4 phases principales par rapport à la durée totale des travaux.

OPERATIONS	PHASE 17 1/2	PHASE 12 1/4	PHASE 8 1/2	PHASE 6"	TOTAL	%
1 - Forage y compris ajout des tiges	33,75	46,75	106,00	17,25	203,75	29,96
2 - Manoeuvre pour forage	5,50	54,25	64,00	27,25	151,00	22,21
3 - Reforage Elargissage	/	9,75	6,50	3,25	19,50	2,87
4 - Fabrication boue circulation	8,75	3,25	7,75	1,50	21,25	3,13
5 - tubage - détubage	7,50	8,00	7,25	/	22,75	3,35
6 - Cimentation et attente prise ciment	21,50	13,25	32,75	/	67,50	9,93
7 - Montage BOP Modification tête puits	/	14,00	7,00	10,25	31,25	4,60
8 - Mesure de déviation diagraphies	/	23,50	19,50	8,00	51,00	7,50
9 - Instrumentation Attentes diverses	/	0,25	1,25		1,50	0,22
10 - Essais	/	/	/	84,75	84,75	12,46
11 - Réparation	/	0,75	2,25	2,75	5,75	0,85
12 - Dégerbage	1,00	2,50	2,00	14,50	20,00	2,94
TOTAL	78,00	176,25	256,25	169,50	680,00	100 %

Temps utiles : (postes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10) = 91,40 %
Temps morts : (postes 7, 9, 11, 12) = 8,60 %

GLAV 1
ANALYSE DES TEMPS

DUREE TOTALE DES TRAVAUX
680 HEURES



TEMPS UTILE: 91.40 %
TEMPS MORT : 8.60 %

1.2.4. Etat du forage en fin de travaux

La coupe technique ci-après résume l'état du forage en fin de travaux (profondeurs par rapport au sol) :

- tube technique Ø 770 mm posé à - 23, 00 m
- tubage 13 3/8 posé à - 449, 44 m (sabot)
- tubage 9 5/8 posé à -1032, 45 m (sabot)
- tubage 7" posé à - 1812, 32 m (sabot)
- forage 6" jusqu'à 1941 m

Coordonnées Lambert de la tête de puits

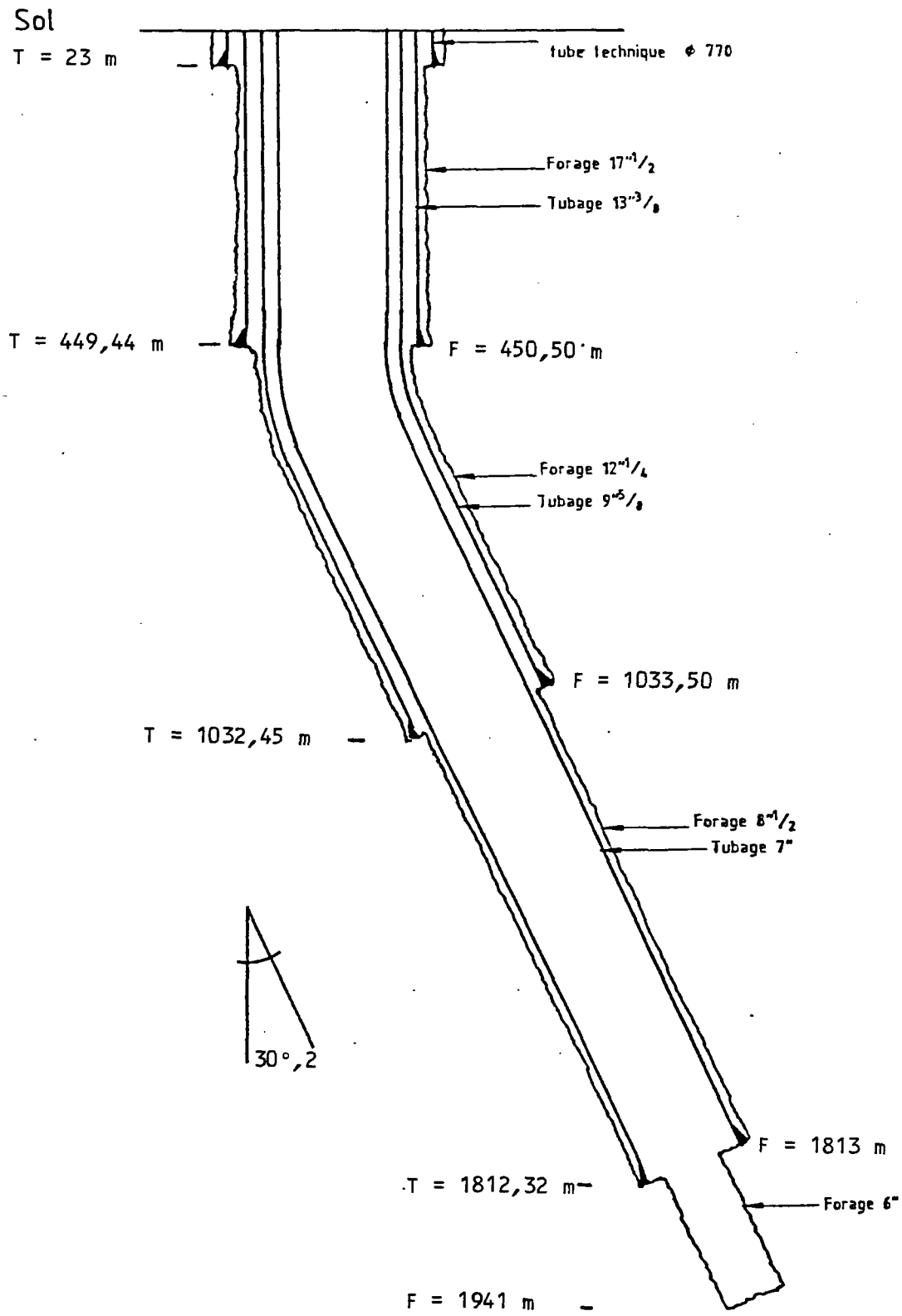
X = 604 105
Y = 132 808
Z = + 52 m NGF

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

	toit du réservoir	mur du réservoir
profondeur forée	1813 m	1941 m
profondeur verticale	1641 m	1755 m
déplacement résultant	619 m	679 m
direction géographique résultante	N 47,20 E	N 47, 70 E
coordonnées Lambert X	604 559	604 607
Y	133 128	133 265
Z	- 1589	- 1703

COUPE TECHNIQUE DU FORAGE

GLAV 1



GLAV1

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. RESULTANT	D. L. S.
KOP	463	0.75	SW 54.00	463.0	S 0.0	W 0.0	0.0	-	-
1	482	1.25	NE 67.00	482.0	S 0.2	E 0.1	0.2	S 33.5 E	1.05
2	501	3.25	NE 60.00	501.0	N 0.2	E 0.8	0.8	N 76.1 E	1.06
3	519	5.50	NE 54.00	518.9	N 1.0	E 1.9	2.1	N 61.4 E	1.27
4	529	6.50	NE 48.00	528.9	N 1.7	E 2.6	3.1	N 56.7 E	1.18
5	570	11.50	NE 28.00	569.4	N 7.0	E 6.2	9.4	N 41.4 E	1.42
6	581	13.00	NE 25.00	580.1	N 9.2	E 7.1	11.6	N 37.7 E	1.48
7	594	13.50	NE 28.00	592.8	N 11.9	E 8.2	14.5	N 34.6 E	0.65
8	604	13.75	NE 33.00	602.5	N 14.0	E 9.3	16.8	N 33.5 E	1.20
9	613	14.00	NE 39.00	611.2	N 15.9	E 10.4	19.0	N 33.3 E	1.62
10	636	14.50	NE 50.00	633.5	N 20.2	E 14.1	24.6	N 35.0 E	1.20
11	655	17.00	NE 55.00	651.8	N 23.6	E 18.0	29.6	N 37.3 E	1.50
12	674	20.00	NE 56.00	669.8	N 27.3	E 22.7	35.5	N 39.7 E	1.59
13	693	22.50	NE 56.00	687.5	N 31.6	E 28.1	42.3	N 41.7 E	1.32
14	721	27.00	NE 56.50	712.9	N 38.7	E 37.4	53.8	N 44.0 E	1.61
15	749	30.75	NE 57.00	737.5	N 46.9	E 48.1	67.2	N 45.7 E	1.34
16	777	34.25	NE 57.50	761.1	N 55.9	E 60.2	82.2	N 47.1 E	1.25
17	814	37.00	NE 55.50	791.1	N 69.0	E 77.3	103.6	N 48.2 E	0.81
18	851	37.75	NE 55.00	820.5	N 83.1	E 94.8	126.1	N 48.8 E	0.22
19	888	37.75	NE 54.50	849.8	N 97.4	E 112.3	148.7	N 49.1 E	0.08
20	944	38.75	NE 54.50	893.8	N 119.5	E 139.1	183.4	N 49.3 E	0.18
21	1009	38.25	NE 54.25	944.6	N 145.3	E 170.2	223.8	N 49.5 E	0.08
22	1066	35.50	NE 56.50	990.2	N 166.6	E 197.0	258.0	N 49.8 E	0.54
23	1103	35.00	NE 56.50	1020.4	N 179.6	E 213.9	279.3	N 50.0 E	0.14
24	1141	34.50	NE 57.50	1051.7	N 192.7	E 231.2	301.0	N 50.2 E	0.20
25	1150	34.75	NE 61.00	1059.1	N 195.6	E 235.4	306.1	N 50.3 E	2.23
26	1160	34.50	NE 58.00	1067.3	N 198.8	E 240.1	311.7	N 50.4 E	1.72
27	1169	34.00	NE 55.50	1074.7	N 201.9	E 244.1	316.8	N 50.4 E	1.66
28	1179	33.00	NE 54.00	1083.1	N 205.4	E 248.4	322.3	N 50.4 E	1.30
29	1188	32.00	NE 52.00	1090.7	N 208.5	E 252.0	327.1	N 50.4 E	1.63
30	1198	31.00	NE 49.00	1098.2	N 212.1	E 255.8	332.3	N 50.3 E	1.86
31	1207	30.00	NE 46.00	1107.0	N 215.4	E 259.0	336.9	N 50.2 E	2.02
32	1245	29.50	NE 41.00	1139.9	N 230.0	E 271.0	355.4	N 49.7 E	0.67
33	1301	29.25	NE 42.00	1188.7	N 251.8	E 287.7	382.3	N 48.8 E	0.10
34	1366	29.00	NE 44.50	1245.5	N 276.3	E 307.7	413.5	N 48.1 E	0.19
35	1413	28.50	NE 44.50	1286.7	N 293.5	E 322.4	436.0	N 47.7 E	0.11
36	1488	28.00	NE 45.00	1352.8	N 320.4	E 345.6	471.2	N 47.2 E	0.07
37	1563	27.75	NE 45.50	1419.1	N 346.7	E 368.7	506.1	N 46.8 E	0.05
38	1648	27.50	NE 52.00	1494.4	N 374.7	E 396.4	545.5	N 46.6 E	0.36
39	1704	27.00	NE 55.00	1544.2	N 391.4	E 415.9	571.1	N 46.7 E	0.26
40	1797	25.75	NE 59.00	1627.5	N 416.2	E 448.9	612.2	N 47.2 E	0.23
41	1812	25.75	NE 59.00	1641.0	N 419.9	E 454.2	618.6	N 47.2 E	-
42	1870	27.25	NE 54.00	1692.9	N 435.7	E 474.8	644.4	N 47.5 E	0.46
43	1928	31.25	NE 56.50	1743.5	N 453.4	E 496.9	672.7	N 47.6 E	0.72
44	1941	31.25	NE 56.50	1754.6	N 457.5	E 502.2	679.4	N 47.7 E	-

* * MESURE INTERPOLEE

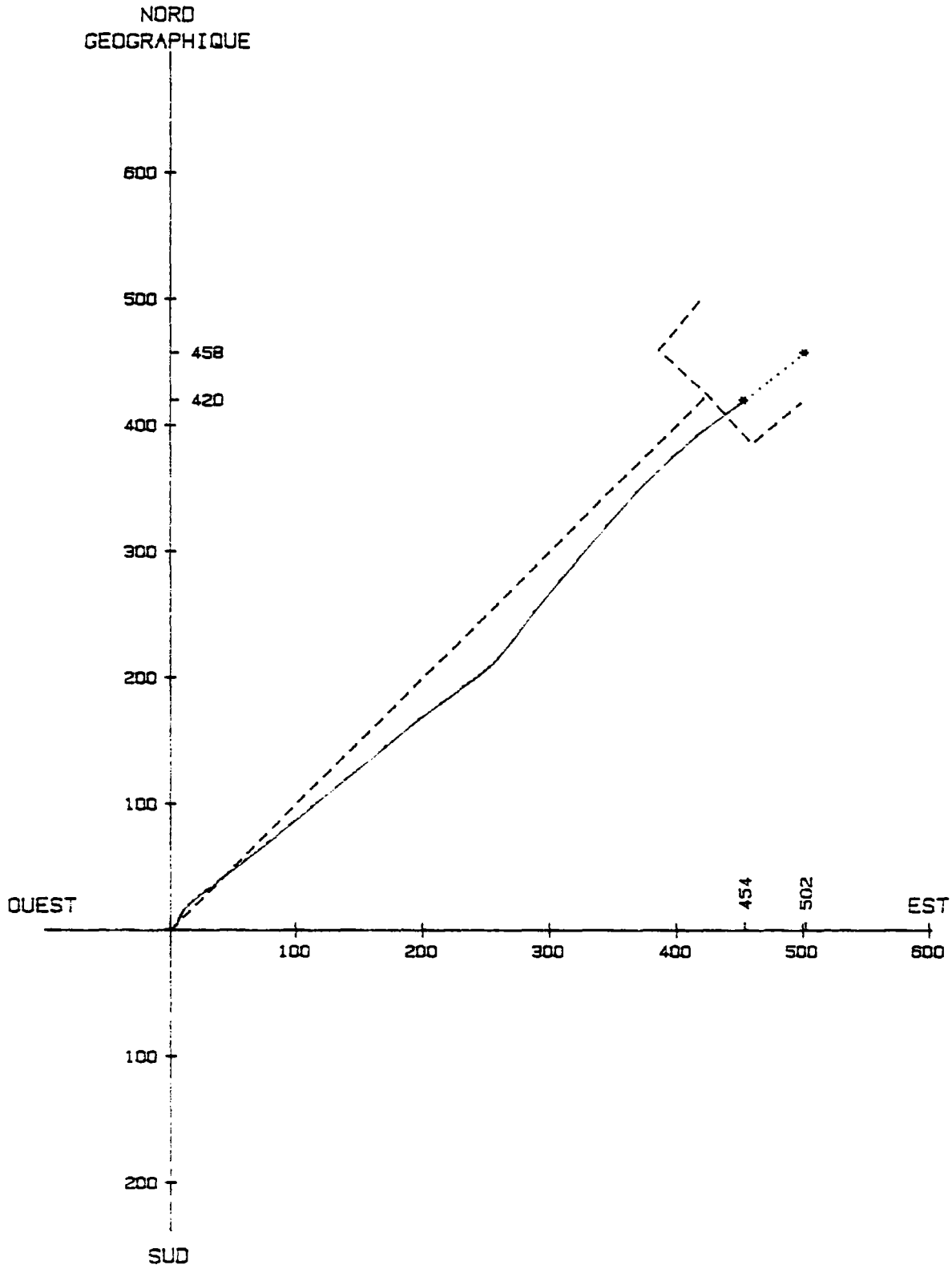
DEVIATION THEORIQUE

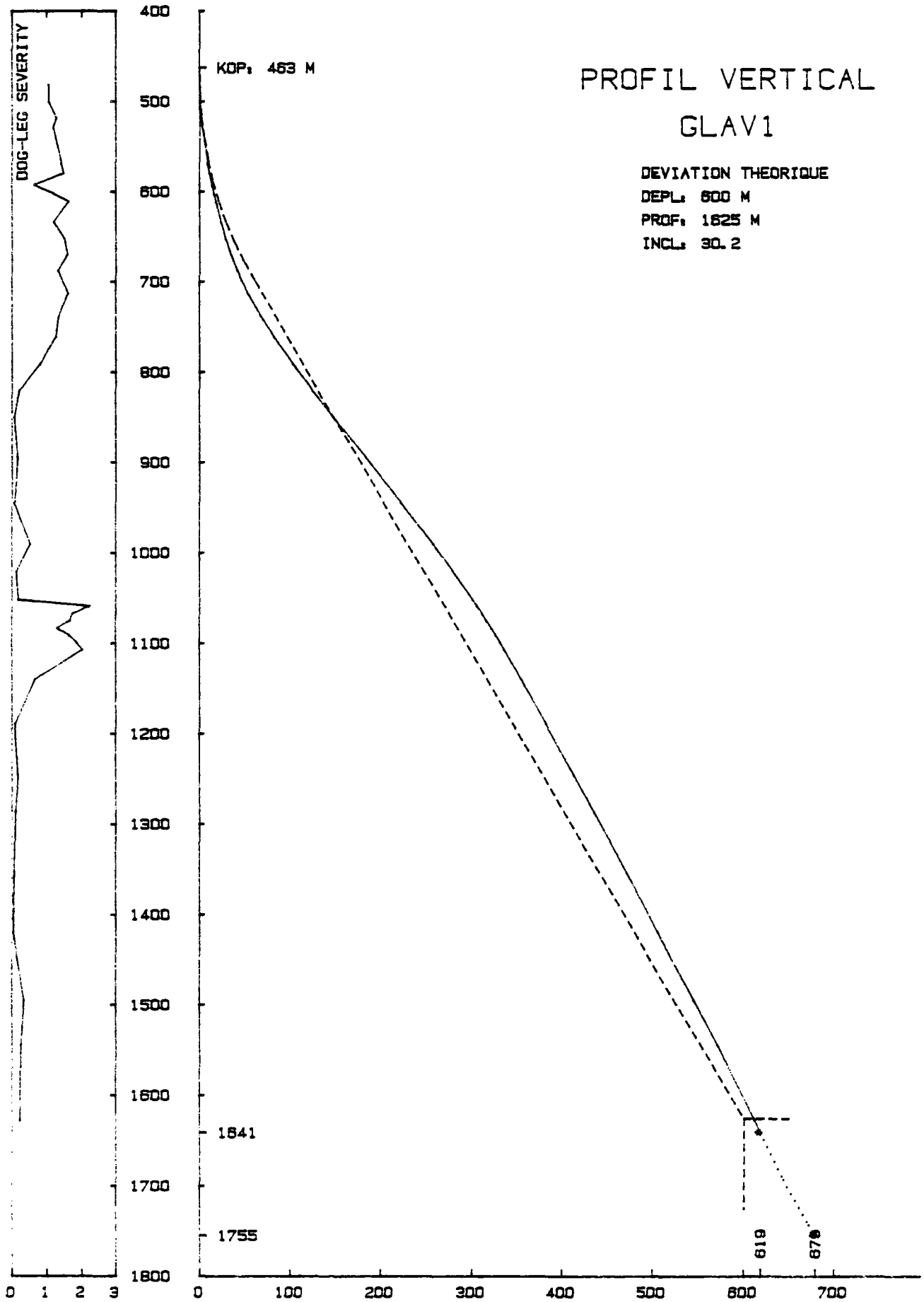
KOP : 470 M DEPL: 600 M INCL : 30.2

GRAD: 1.25 PROF: 1625 M AZGEO: NE 45

TRAJECTOIRE HORIZONTALE
GLAV1

DEVIATION THEORIQUE
DEPL : 600 M
AZGEO: N 45 E




PROFIL VERTICAL
GLAV1
DEVIATION THEORIQUE
DEPL: 600 M
PROF: 1625 M
INCL: 30.2
KOP: 463 M
DOG-LEG SEVERITY
1641
1755
619
870
0 1 2 3
400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800
0 100 200 300 400 500 600 700

PERFORMANCE DES OUTILS DE FORAGE (HORS REFORAGES TERRAINS)

N°	DIAMETRE	MARQUE ET TYPE	NUMERO DE SERIE	COTE DEBUT OPERATION (m)	METRAGE FORE (m)	TEMPS DE ROTATION (h)	MOYENNE HORAIRE (m/h)	POIDS (T)	ROTATION (tr/mn)	DEBIT (l/mn)	PRESSION (bar)	USURE (TBG)	REMARQUES
1	17 1/2	Hughes DR2	600 NR	23	427,50	18h55	22,60	15	90	1500	20	32I	/
2	12 1/4	Hughes DR1	554 FR	450,50	19,50	0h35	33,43	12	90	1500	25	1/1	reforage mat ciment
3	12 1/4	Hughes DR1	553 FR	470	73	6h04	12,03	/	/	1600	35	42I	turboforage
4	12 1/4	Hughes DR2	555 FR	543	46	2h29	18,52	17	90	1800	20	/	/
4	12 1/4	Hughes DR2	555 FR	589	37	6h20	5,84	/	/	1600	30	/	turboforage
2	12 1/4	Hughes DR1	554 FR	626	169	7h20	23,05	12	90	1800	/	/	/
5	12 1/4	Hughes DR2	557 FR	795	235	11h33	20,35	15	90/100	1800	35	43I	/
4	12 1/4	Hughes DR2	555 FR	1030	3,5	0h15	14,00	15	90	1800	40	/	turboforage
6	8 1/2	Hughes J3	974 NS	1033,5	14,50	1h25	10,24	15	90	1500	70	/	/
7	8 1/2	Hughes JD3	860 DR	1048	104	8h35	12,12	18	90	1900	70	7II	/
8	8 1/2	Hughes XR3	500 UR	1152	75	6h50	10,98	/	/	1500	60	32I	turboforage
9	8 1/2	Hughes JD3	531 WK	1227	207	21h40	9,55	18	85	1500	90	42I	
10	8 1/2	Hughes J33	899 AS	1434	287	39h10	7,33	18	85	1500	90	34I	
6	8 1/2	Hughes J3	974 NS	1721	92	10h05	9,12	18	90	1500	90	41I	
11	6"	Hughes OSC1J	298 BK	1813	3	0h42	4,29	6	70	1200	100	87I	reforage DV
12	6"	Hughes J33	648 LK	1816	125	13h30	9,26	10	85	1200	75	21I	

Soit 12 outils utilisés sont certains ont été descendus plusieurs fois (16 runs)

1.2.5. **Performances d'approfondissement**

1.2.5.1. Répartition du métrage foré

Phase 17 1/2	:	23 m	-	450,50 m	=	427,50 m
Phase 12 1/4	:	1033,50 m	-	450,50 m	=	583 m
Phase 8 1/2	:	1033,50 m	-	1813 m	=	779,50 m
Phase 6"	:	1941 m	-	1813 m	=	128 m

1.2.5.2. Performances d'approfondissement

Moyenne journalière essais compris :

$$24 \times \frac{1941}{680} = 68{,}51 \text{ m/j}$$

Moyenne journalière hors essais :

$$24 \times \frac{1941}{595{,}25} = 78{,}26 \text{ m/j}$$

1.2.5.3. Performances de pénétrtion des outils de forage

Phase 17 1/2	:	427,50 m	en	18 h 55	soit	22,60 m/h
Phase 12 1/2	:	583 m	en	34 h 36	soit	16,85 m/h
Phase 8 1/2	:	779,50 m	en	14 h 12	soit	8,88 m/h
Phase 6"	:	128 m	en	14 h 12	soit	9,01 m/h

GLAV1

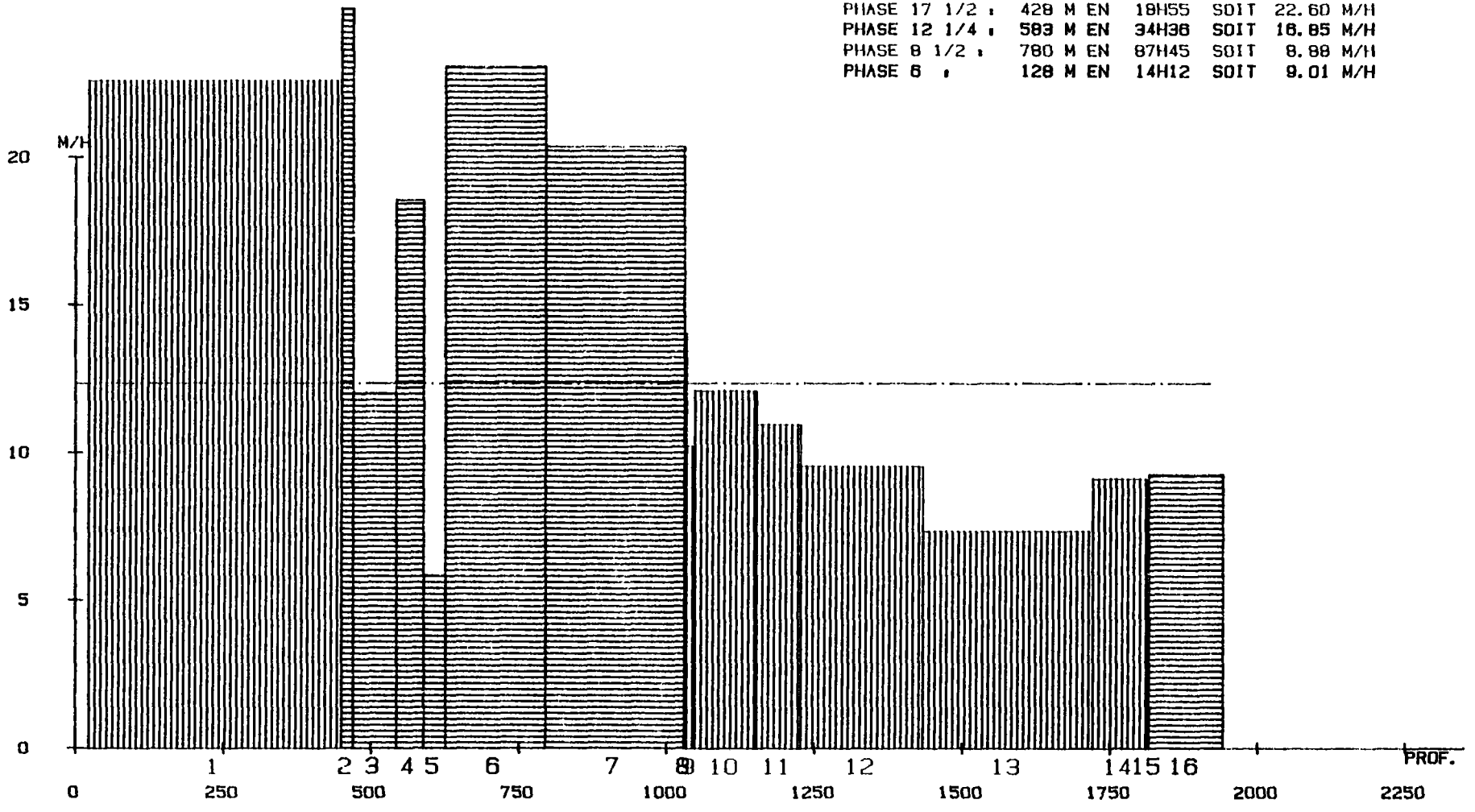
PERFORMANCE DES OUTILS

METRAGE TOTAL: 1918 M

TEMPS DE FORAGE: 155H28

AVANCEMENT: 12.34 M/H

PHASE 17 1/2 :	428 M EN	18H55	SOIT	22.60 M/H
PHASE 12 1/4 :	583 M EN	34H38	SOIT	16.85 M/H
PHASE 8 1/2 :	780 M EN	87H45	SOIT	8.88 M/H
PHASE 6 :	128 M EN	14H12	SOIT	9.01 M/H



1.2.6. Tubages et cimentations

1.2.6.1. Colonne 13 5/8

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'à 449,44 m de profondeur. Il couvre les formations tertiaires et la craie à silex du Sénonien.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal 13" 3/8
- un anneau soupape 13 3/8
- 454,74 m de tubes API 54,50 lbs/ft, K 55
- 15 centreurs droits 13 3/8 x 17 1/2
- 15 stop-collars 13 3/8
- vissage des tubes au couple de serrage par clé hydraulique
- cimentation de la colonne au moyen d'un groupe de pompage (déplacement de bouchons)
- ciment : 40 T de CPJ 45
- laitier : 38 m^3 à d = 1,72 - 1,75
- chasse : 35,5 m^3 de boue
- cimentation complémentaire par 12 m^3 de béton

1.2.6.2. Colonne 9 5/8

Ce tubage a été installé à 1032,45 m ; il protège notamment les sables aquifères de l'Albien et couvre le build up.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal 9 5/8
- un anneau soupape 9 5/8
- 1038,55 m de tubes API 36 lbs/ft K55
- 55 centreurs droits 12 1/4 x 9 5/8
- 15 centreurs positifs 13 3/8 x 9 5/8
- 140 stop-collars 9 5/8
- vissage des tubes au couple de serrage par clé hydraulique
- cimentation de la colonne avec déplacement de bouchons
- ciment : 43,3 T de CPJ 45
- laitier : 35,6 m^3 à d = 1.80
- chasse : 40,8 m^3 de boue

1.2.6.3. Colonne 7"

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'au toit du dogger à 1812,32 m.

Le matériel suivant a été utilisé :

- 1 sabot canal 7"
- 1 anneau différentiel à bille
- 2 DV cementing collars 7"
- 1817,63 m de tubages VAM 7" 26 lbs/ft K 55
- 80 centreurs spiralés 7" X 8 1/2 (D ET G)
- 28 centreurs positifs 7" 9 5/8

- 5 stractchers 7"
- 1 cement basket 7"
- 230 stops-collars 7"
- vissage des tubes au couple de serrage par clé hydraulique
- cimentation de la colonne au moyen d'un groupe de pompage selon la méthode de cimentation "triple étage".

PREMIER ETAGE : (1813 - 1346)

Ciment : 8,5 T de CPA 55
Laitier : 7,5 m^3 à d = 1,75
Chasse : 35,7 m^3 de boue

DEUXIEME ETAGE : (1346 - 863)

Ouverture de la DV inférieure
Ciment : 8,8 T de CAP 55
Laitier : 8 m^3 à d = 1,75
Chasse : 27 m^3 de boue
Fermeture de la DV inférieure
Ouverture DV supérieure

TROISIEME ETAGE : (863 - sol)

Ciment : 15 T de CPA 55
Laitier : 13,5 m^3 à d = 1,75
Chasse : 17,3 m^3 de boue
Fermeture DV supérieure

Après reforage de chaque DV et avant reforage du sabot, l'étanchéité a été vérifiée.

Un CBL (Cement Bond Log) a été enregistré après cimentation.
Il indique une cimentation apparamment assez médiocre en contradiction avec les observations directes faites sur le site
(pas de pertes, retour normal de la boue et d'excès de ciment, montées en pression correctes dans l'annulaire)

COLONNE 13 3/8

Ø	POIDS (LBS/FT)	EPAISSEUR (mm)	FILETAGE	GRADE	LONGUEUR UTILISEE (m)
13 3/8	54.50	9.65	API	K 55	454,54

Côte sabot : 449,44 m
Tête casing : - 4,00 m/sol

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEURS CUMULEES (m)
Sabot	0,26	
1	12,76	12,96
Anneau	0,48	13,44
2	13,03	26,47
3	12,94	39,41
4	12,70	52,11
5	12,90	65,01
6	12,65	77,66
7	12,83	90,49
8	12,96	103,45
9	12,72	116,17
10	13,10	129,27
11	13,03	142,30
12.	13,11	155,41
13	13,16	168,57
14	12,03	180,60
15	12,88	193,48
16	13,08	206,56
17	13,12	219,68
18	13,14	232,82
19	13,25	246,07
20	13,22	259,29
21	13,21	272,50
22	12,92	285,52
23	13,24	298,76
24	12,91	311,67
25	13,08	324,75
26	13,30	338,05
27	11,89	349,94
28	13,04	362,98
29	12,74	375,72
30	13,31	389,03
31	13,06	402,09
32	13,22	415,31
33	13,15	428,46
34	13,18	441,64
35	13,10	454,74

COLONNE 9 5/8

Ø	POIDS (LBS/FT)	EPAISSEUR (mm)	FILETAGE	GRADE.	LONGUEUR UTILISEE (m)
9 5/8	36	8,94	API	K 55.	1038,55

Côte sabot : 1032, 45 m
Tête casing : - 2, 90 m/sol

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEURS CUMULEES (m)
Sabot	0,36	
1	12,91	13,27
2	13,02	26,29
Anneau	0,50	26,79
3	12,79	39,58
4	12,88	52,46
5	12,92	65,38
6	12,65	78,13
7	12,86	90,99
8	13,04	104,03
9	12,83	116,86
10	12,79	129,65
11	12,86	142,51
12	12,91	155,42
13	12,93	168,35
14	12,84	181,19
15	11,86	193,05
16	12,81	205,86
17	12,93	218,79
18	11,07	229,86
19	12,84	242,70
20	13,10	255,80
21	12,23	268,03
22	12,80	280,83
23	13,00	293,83
24	12,23	306,06
25	11,96	318,02
26	10,96	328,98
27	12,11	341,09
28	12,91	354,00
29	11,73	365,73
30	12,41	378,14
31	12,86	391,00
32	12,91	403,91
33	12,89	416,80
34	12,70	429,50

35	.	12,31	.	441,81
36	.	11,63	.	453,44
37	.	12,55	.	465,99
38	.	12,87	.	478,86
39	.	12,33	.	491,19
40	.	12,52	.	503,71
41	.	12,55	.	516,26
42	.	12,63	.	528,89
43	.	13,21	.	542,30
44	.	12,98	.	555,08
45	.	13,25	.	568,33
46	.	13,26	.	581,59
47	.	12,73	.	594,32
48	.	13,10	.	607,42
49	.	13,26	.	620,68
50	.	13,54	.	634,22
51	.	13,19	.	647,41
52	.	13,10	.	660,51
53	.	13,46	.	673,97
54	.	13,22	.	687,19
55	.	12,69	.	699,88
56	.	13,21	.	713,09
57	.	13,16	.	726,25
58	.	13,22	.	739,47
59	.	13,21	.	752,68
60	.	13,33	.	766,01
61	.	12,72	.	778,73
62	.	13,31	.	792,04
63	.	12,77	.	804,81
64	.	11,82	.	816,63
65	.	11,97	.	828,60
66	.	12,99	.	841,59
67	.	13,01	.	854,60
68	.	12,90	.	867,50
69	.	12,30	.	879,80
70	.	12,50	.	892,30
71	.	12,93	.	905,23
72	.	12,67	.	917,90
73	.	12,65	.	930,55
74	.	12,01	.	942,56
75	.	11,46	.	954,02
76	.	11,90	.	965,92
77	.	12,74	.	978,66
78	.	12,99	.	991,65
79	.	12,16	.	1003,91
80	.	13,16	.	1017,07
81	.	12,48	.	1029,55
82	.	9,00	.	1038,55

COLONNE 7"

Ø	POIDS (LBS/FT)	EPAISSEUR (mm)	FILETAGE	GRADE	LONGUEUR UTILISEE (M)
7"	26	9.19	VAM	K55	1817,63

Côte sabot : 1812, 32 m
Tête casing : dans casing head en fond de cave

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEURS CUMUULEES (m)
SABOT	0,28	
1	12,47	12,75
2	12,84	25,59
Anneau	0,60	26,19
3	12,67	38,86
4	12,74	51,60
5	12,80	64,40
6	12,76	77,16
7	12,89	89,94
8	12,55	102,49
9	12,79	115,28
10	12,60	127,88
11	12,56	140,44
12	12,67	153,11
13	12,76	165,87
14	12,72	178,59
15	12,77	191,36
16	12,76	204,12
17	12,59	216,71
18	12,33	229,04
19	12,62	241,66
20	12,68	254,34
21	12,69	267,03
22	11,94	278,97
23	12,73	291,70
24	11,81	303,51
25	12,68	316,19
26	12,38	328,57
27	12,62	341,19
28	12,69	353,88
29	12,44	366,32
30	12,56	378,88
31	12,69	391,57
32	12,40	403,97
33	12,43	416,40

34	.	12,46	.	428,86
35	.	12,36	.	441,22
36	.	12,43	.	453,65
DV	.	1,00	.	467,31
38	.	12,70	.	480,01
39	.	12,51	.	491,52
40	.	12,63	.	504,15
41	.	12,49	.	517,64
42	.	12,56	.	530,20
43	.	12,22	.	542,42
44	.	12,76	.	555,18
45	.	12,70	.	567,88
46	.	12,60	.	580,58
47	.	12,50	.	592,98
48	.	11,82	.	604,80
49	.	12,76	.	617,56
50	.	12,20	.	629,76
51	.	12,46	.	642,22
52	.	11,94	.	654,16
53	.	12,52	.	666,68
54	.	12,52	.	679,20
55	.	11,49	.	690,69
56	.	11,83	.	702,52
57	.	12,28	.	714,80
58	.	12,32	.	727,12
59	.	12,18	.	739,30
60	.	11,92	.	751,22
61	.	12,19	.	763,41
62	.	12,84	.	776,25
63	.	12,83	.	789,08
64	.	12,87	.	801,95
65	.	12,86	.	814,81
66	.	12,43	.	827,24
67	.	12,15	.	839,39
68	.	12,99	.	852,38
69	.	11,94	.	864,32
70	.	12,08	.	876,40
71	.	12,18	.	888,58
72	.	11,99	.	900,57
73	.	12,23	.	912,80
74	.	11,83	.	924,63
75	.	11,81	.	936,44
76	.	12,20	.	948,64
DV	.	1,00	.	949,64
77	.	13,03	.	962,67
78	.	12,71	.	975,38
79	.	12,59	.	987,97
80	.	12,60	.	1000,57
81	.	12,47	.	1013,04
82	.	12,61	.	1025,65
83	.	12,62	.	1038,27
84	.	12,78	.	1051,05
85	.	12,70	.	1063,75
86	.	12,77	.	1076,52

87	.	12,74	.	1089,26
88	.	12,68	.	1101,94
89	.	12,96	.	1114,90
90	.	13,06	.	1127,96
91	.	12,97	.	1140,93
92	.	13,07	.	1154,00
93	.	13,04	.	1167,04
94	.	13,22	.	1180,26
95	.	13,16	.	1193,42
96	.	12,90	.	1206,32
97	.	12,41	.	1218,73
98	.	12,96	.	1231,69
99	.	12,35	.	1244,04
100	.	13,39	.	1257,43
101	.	13,11	.	1270,54
102	.	13,23	.	1283,77
103	.	13,41	.	1297,18
104	.	13,12	.	1310,30
105	.	13,32	.	1323,62
106	.	13,06	.	1336,68
107	.	13,19	.	1349,87
108	.	13,06	.	1362,93
109	.	13,26	.	1376,19
110	.	12,97	.	1389,16
111	.	12,68	.	1401,84
112	.	9,07	.	1410,91
113	.	9,22	.	1420,13
114	.	9,14	.	1429,27
115	.	9,12	.	1438,39
116	.	11,64	.	1450,03
117	.	12,73	.	1462,76
118	.	10,51	.	1473,27
119	.	12,06	.	1485,33
120	.	12,76	.	1498,09
121	.	11,87	.	1509,96
122	.	12,96	.	1522,92
123	.	12,65	.	1535,57
124	.	12,47	.	1548,04
125	.	12,59	.	1560,63
126	.	11,65	.	1572,28
127	.	11,98	.	1584,26
128	.	12,78	.	1597,04
129	.	12,07	.	1609,11
130	.	12,35	.	1621,46
131	.	12,99	.	1634,45
132	.	12,37	.	1646,82
133	.	12,78	.	1659,60
134	.	12,68	.	1672,28
135	.	11,41	.	1683,69
136	.	12,32	.	1696,01
137	.	12,04	.	1708,05
138	.	12,73	.	1720,78
139	.	12,03	.	1732,81
140	.	12,44	.	1745,25

141	.	12,27	.	1757,52
142	.	12,60	.	1770,12
143	.	12,61	.	1782,73
144	.	12,72	.	1795,45
145	.	9,77	.	1805,22
146	.	12,41	.	1817,63

1.2.7. Boues de forage

La société CECA 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 des produits sont données ci-après phase par phase.

1.2.7.1. Phase 17"1/2 (23 m - 450,50 m)

Forage des formations tertiaires et de la craie à la boue bentonitique simple. Traitement mécanique et dilution à l'eau dans la craie.

Densité : 1.09 à 1.17

Viscosité : 36 à 50

Filtrat : non contrôlé

Volume des boues fabriqué au cours de la phase = 170 m^3 auquel il faut ajouter 80 m^3 de dilution à l'eau claire d'où un total de 250 m^3.

1.2.7.2. Phase 12"1/4 (450,50 m - 1033,50 m)

Forage à la boue aux polymères

Caractéristiques de la boue :

Densité : 1.06 à 1.14

Viscosité : 44 à 48

Filtrat : 6,8 à 8,2

La densité est maintenues par traitement mécanique poussé.

Volume total de boue fabriqué : 222 m^3

1.2.7.3. Phase 8"1/2 (1033,50 m - 1813 m)

Forage de la phase à la boue aux polymères identique à celle de la phase précédente avec toutefois contrôle plus rigoureux du filtrat :

Densité : 1.09 à 1.12

Viscosité : 40 à 65

Filtrat : 5.4 à 7.8

La boue a été traitée lors des contaminations occasionnées par la cimentation des tubages.

Volume total de boue fabriqué : 197 m^3

1.2.7.4. Phase 6" (1813 m - 1941 m)

Forage du réservoir avec un fluide à base de biopolymères dégradables. Densité obtenue avec ajout de sel

Densité : 1.06

Viscosité : 37 à 45

Filtrat : non contrôlé

Volume total de boue fabriqué : 112 m^3

CONSOMMATION DES PRODUITS BOUE (PENDANT LES PHASES DE FORAGE)

PRODUITS	U	PHASE 17 1/2	PHASE 12 1/4	PHASE 8 1/2	PHASE 6"	TOTAL
Eau de fabrication	m^3	170 (+80 dilution)	222	197	112	701 (781) avec dilution
Soude	kg	550	300	450		1300
Bentonite FB2	kg	14150	4100	5500		23750
CMC R110	kg		425	1075		1500
Drispac Rag.	kg		500	770		1270
Coatec (lub)	1		60	150		210
CECA DD	1		120	60		180
Baryte	kg		4000	3600		7600
Stearate	1			20		20
Brixal M 83	kg			500		500
Bicarbonate	kg			500		500
Sel	kg				10550	10550
Celloboud	kg				218	218
Bactiram	1				50	50
Pertes terrains	m^3	160				160
Pertes surface	m^3	35	78	126	9	248
Ejection	m^3	55	64	117	49	285

1.2.8. 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 9 5/8

- sonique BHC de 768 à 449 m
- gamma ray de 768 à 449 m
- BGL géométrie du trou de 973 à 449 m

Avant le tubage 7"

- sonique BHC de 1628 à 725 m
- gamma ray de 1628 à 725 m
- BGL géométrie du trou de 1630 à 1031 m

Après le tubage 7"

- cement bond log CBL de 1810 à 20 m

Dans le réservoir

- densité de formation FDC de 1940 à 1812 m

- neutron CNL de 1940 à 1812 m

- gamma ray de 1940 à 1812 m

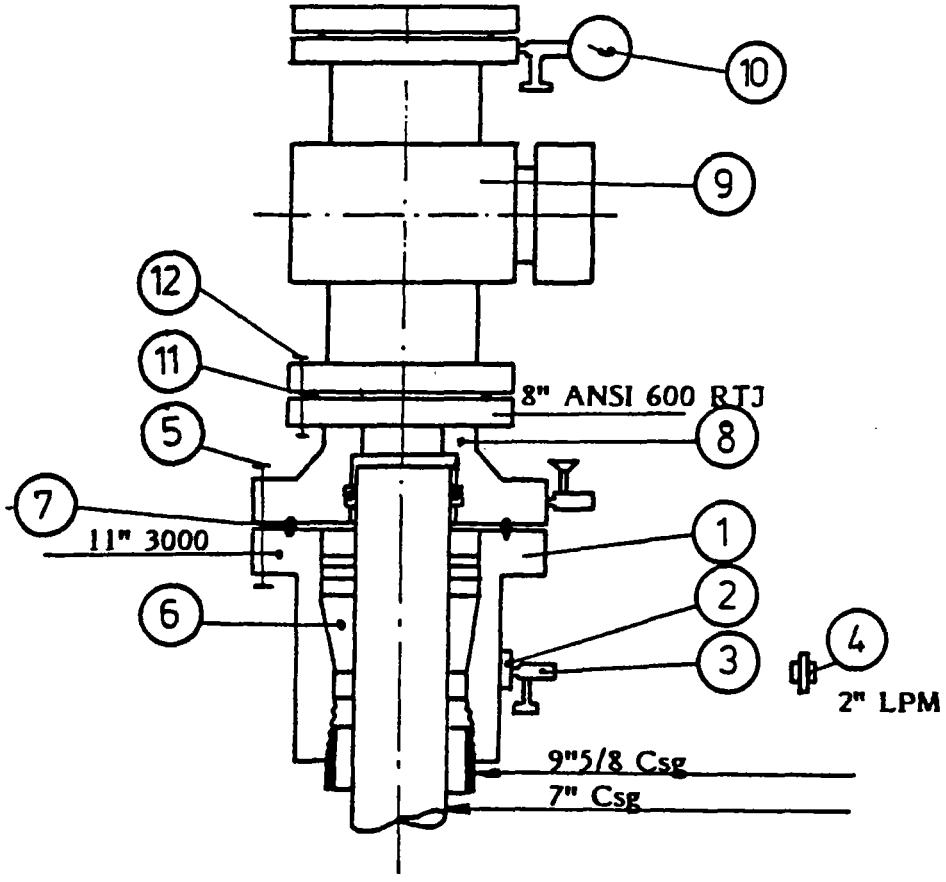
1.2.9. Tableau de synthèse des garnitures utilisées

PHASE	GARNITURE	OBSERVATION
17 1/2	RB + 2 DC 9 1/2 + 10 DC 7 3/4 + DP5"	Forage vertical en Ø 17 1/2
12 1/4	RB + 10 DC 7 3/4 / DP 5"	Reforage ciment et partie verticale en Ø 12 1/4
12 1/4	RB 12 1/4 + Turbine 8" + Réduction + Raccord coudé 2° + KM8" + 6 DC 7 3/4 + 18 HW DP + DP 5"	Amorce du build up rotary en Ø 12 1/2 de 0 à 13° 5
12 1/4	RB 12 1/4 + NB + Réduction + 1KM 6 1/2. + Réduction + 2 KM 8" + 1DC + ST 121/4. + 9 DC + réduction + 18 HW	Fin de build up rotary en Ø 12 1/4 de 13°5 à 31°
12 1/4	RB 12 1/4 + NB 12 1/4 + DC court 8" + ST + 2 KM + ST + 10 DC 7 3/4 + 18 HWDP + DP 5"	Forage en 12 1/4 stabilisé à environ 31°
8 1/2	RB + 12 DC 6 1/2 / DP 5"	Reforage ciment
8 1/2	RB + NB 8 3/8 + DC court + ST + KM + ST. + KM + 1DC 6 1/4 ST13 DC 6 1/4 + 6 HWDP + FJ + coulisse + 12 HWDP + DP 5"	Forage en 8 1/2 stabilisé avec angle de 32 à 38° changement de garniture en raison de la montée en angle
8 1/2	RB + NB 8 1/2 + DC court + ST 83/8 + KM 61/2 + ST + KM + DC 61/4 + ST + 13 DC 61/4 / 6HWDP +FJ + coulisse + 12 HWDP + DP 5"	Garniture de forage descendante de 38 à 27°
6"	RB + 20 DC 4 3/4 + DP 3 1/2	Reforage ciment + début du réservoir en déviation stabilisée
6"	RB + NB + KM + ST + DC 43/4 + ST + 19 DC 4 3/4 + DP 3 1/2	Forage du réservoir en déviation stabilisée

1.2.10. Têtes de puits de réinjection de LA VILLETTE

comprenant :

Numéro	Quantité	
1	1	Casing Head avec : . Partie inférieure 9"5/8 API Casing court femelle . Bride supéroeure 11" API 3000 RTJ munie d'une sortie latérale 2" LPF. Elle permet de poursuivre le forage en 8"1/2
2	1	Réduction 2" LPM par 1/2" gaz cylindrique femelle
3	3	Robinet Bourdon RPN X 951 1/2" gaz cylindrique
4	1	Bouchon 2" LPM série 3000 à tête hexagonale
5	1	Jeu de T.F. et écrous pour bride 11"3000
6	1	Casing hanger Installé dans la casing head I et soutenant 2000 m de casing 7" 26 lb/ft. Muni d'un dispositif d'étanchéité.
7	2	Joint tore R53 ovale
8	1	Adapteur . Bride inférieure 11" API 3000 RTJ . Bride supérieure 8" ANSI 600 RTJ muni de joints toriques faisant étanchéité sur un casing 7" Muni d'un piquage 1/2" gaz cylindrique sur la circonférence de la bride 11" API 3000 permettant de tester l'étanchéité du joint R 53, du dispositif d'étanchéité du casing hanger et des joints toriques
9	1	Robinet sphérique - DN 8" - ANSI 600 - Passage intégral A brides RTJ - Commande par réducteur Avec revêtement interne de Nickel chimique - épaisseur 75 microns (procédé KANIGEN). L'une des brides 8" est munie sur sa circonférence d'un piquage 1/2" gaz cylindrique femelle.
10	1	Manomètre Bourdon MIX diamètre 100 Type D - 0-100 bars
11	4	Joint tore R 49 ovale avec bague de protection PTFE d'une seule pièce
12	4	Jeu de T.F. et écrous ASTM A 193 B7) pour bride 8" 600 RTJ
13	1	Bride pleine 8" 600 RTJ
14	1	Coude à 90° long Rayon 8" muni de brides à collerette 8" 600 RTJ


10
9
12
11
8" ANSI 600 RTJ
5
8
7
11" 3000
1
2
6
3
4
2" LPM
9"5/8 Csg
7" Csg

CHAPITRE II

RAPPORT TECHNIQUE DU FORAGE

DE PRODUCTION GLAV 2

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

2.1. INTRODUCTION

GLAV 2 constitue le forage de production du doublet de l'opération géothermique de "LA VILLETTE".

La Maîtrise d'ouvrage est assurée par l'Office Public d'HLM de la Ville de Paris, maître d'ouvrage délégué, et l'établissement public du Parc de la Villette, avec l'assistance de GEOCHALEUR.

La Maîtrise d'Oeuvre sous-sol a été confiée au Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

Le présent rapport retrace dans le détail les travaux de forage réalisés pour la réinjection.

2.2. RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

Remarque : toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport sont exprimées par rapport au sol.

2.2.1. Historique du sondage

Début du forage : 21/10/83

Fin du forage : 12/11/83

Essais : du 13/11/83 au 17/11/83

Le sondage a duré 27 jours et 16 heures.

Le sondage a été exécuté par l'appareil TR 800 du GIE Foraky-Foramines.

Le B.R.G.M. (Département Géothermie) a assuré la maîtrise d'oeuvre de l'opération.

Les entreprises qui sont intervenues dans l'opération sont identiques à celles qui sont intervenues sur le sondage GLAV 1.

2.2.2. Compte rendu journalier des opérations

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 . 21.10.83 : Début des travaux le 21.10.83 à 4 h 00
Forage en 17 1/2 avec turbine + télépilote (expérience IFP)
Forage de 22 à 207 m

Avancement journalier : 185 m

2 . 22.10.83 : Forage en 17 1/2 de 207 à 422 m (turbine)
Remontée de l'outil

Avancement journalier : 215 m

3 . 23.10.83 : Dégerbage télépilote et turbine 9 1/2
Forage en 17 1/2 de 422 à 449 m
Remontée de l'outil
Descente du tubage 13 3/8 à 448, 11 m
Cimentation du tubage avec 42 T de CAP 55

Avancement journalier : 27 m

4 . 24.10.83 : Montage tête de puits
Reforage matériel de cimentation de 434 à 449 m
Forage en 12 1/4 de 449 à 470 m

Avancement journalier : 21 m

5 . 25.10.83 : Remontée de l'outil
Gerbage de la turbine
Forage en 12 1/4 de 470 à 576 m

Avancement journalier : 106 m

6 . 26.10.83 : Forage en 12 1/4 de 576 à 590 m
Changement de garniture
Forage de 590 à 634 m

Avancement journalier : 58 m

7 . 27.10.83 : Forage en 12 1/4 de 634 à 719 m
Changement de garniture
Forage de 719 à 843 m

Avancement journalier : 209 m

8 . 28.10.83 : Forage en 12 1/4 de 843 à 1016,50 m
Remontée de l'outil

Avancement journalier : 173,50 m

9 . 29.10.83 : SPE posé à 750 m
Reforage de 744 à 1016,50 m
Forage en 12 1/4 de 1016,50 m à 1031 m
Descente du liner 9 5/8 avec les tiges 5"

Avancement journalier : 14,50 m

10. 30.10.83 : Ancrage du liner hanger
Cimentation du liner hanger avec 28 T de Ciment CPA 55
Attente prise ciment

11. 31.10.83 : Attente prise ciment
Reforage matériel cimentation
Forage en 8 1/2 de 1031 à 1044 m

Avancement journalier : 13 m

12. 01.11.83 : Changement d'outil
Forage de 1044 à 1207 m

Avancement journalier : 163 m

13. 02.11.83 : Forage de 1207 à 1236 m
Changement d'outil
Forage en 8 1/2 de 1236 à 1318 m

Avancement journalier : 111 m

14. 03.11.83 : Forage en 8 1/2 de 1318 à 1509 m

Avancement journalier : 191 m

15. 04.11.83 : Forage en 8 1/2 de 1509 à 1712 m

Avancement journalier : 203 m

16. 05.11.83 : Forage en 8 1/2 de 1712 à 1735 m
Reforage de 1725 à 1735 m
Forage en 8 1/2 de 1735 à 1818,50 m
Remontée de l'outil

Avancement journalier : 106,50 m

17. 06.11.83 : Reforage de 1810 à 1818,50 m
Forage en 8 1/2 de 1818,50 à 1819 m
Remontée de l'outil
Descente du tubage 7"

Avancement journalier : 0,50 m

18. 07.11.83 : Descente du tubage 7" à 1818,16 m
Cimentation du premier étage avec 8,80 T de CPA 55
Ouverture de la DV inférieure
Attente prise ciment
Cimentation du deuxième étage avec 17 T de CPA 55
Fermeture DV inférieure
Ouverture de la DV supérieure
Circulation
Démontage des B.O.P.

19. 08.11.83 : Coupe du tube 7" sous les BOP
Remontage des BOP
Montage tube fontaine
Descente de l'outil
Gerbage des DC 4 3/4

20. 09.11.83 : Reforage matériel cimentation
Descente de l'outil à 1705 m

21. 10.11.83 : Reforage sabot de 1791 à 1819 m
Forage en 6" de 1819 à 1919 m

Avancement journalier : 100 m

22. 11.11.83 : Forage en 6" de 1919 à 1942 m
Descente du coupe tube
Tubage 7" coupé à 403,50 M
Remontée du coupe tube

Avancement journalier : 23 m

23. 12.11.83 : Remontée du tubage 7" coupé
Contrôle du trou en 12 1/4
Contrôle du puits en 6"

24. 13.11.83 : Mise en production du puits
Q = 55 m^3/h
Acidification
Dégorgement

25. 14.11.84 : Montage tête d'air lift
Q = 171 m^3/h
Injection de 50 m^3 d'eau dans puits n° 1
Branchement flow line sur puits n° 1
Q artésien puits 1 = 113 m^3/h
Fermeture puits 1 et 2

26. 15.11.83 : Q air lift 140 m^3/h
Fermeture

27. 16.11.83 : Puits n° 2 fermé
Puits n° 1 ouvert
Mesure de production
Préparation pour injection saumure

28. 17.11.83 : Puits n° 1 tué avec 35 m^3 de saumure à d= 1,08
Puits n° 2 tué avec 60 m^3 de saumure à d= 1,08
Démontage BOP
Montage tête de puits
DTM à 20 h 00

2.2.3. Analyse des temps

Cette analyse comporte 12 opérations ou postes corresponddant aux 664 heures nécessaires à l'exécution du forage.

La durée en heure ou fraction d'heure de chaque opération ou poste est indiquée pour chacune des 4 phases principales par rapport à la durée totale des travaux.

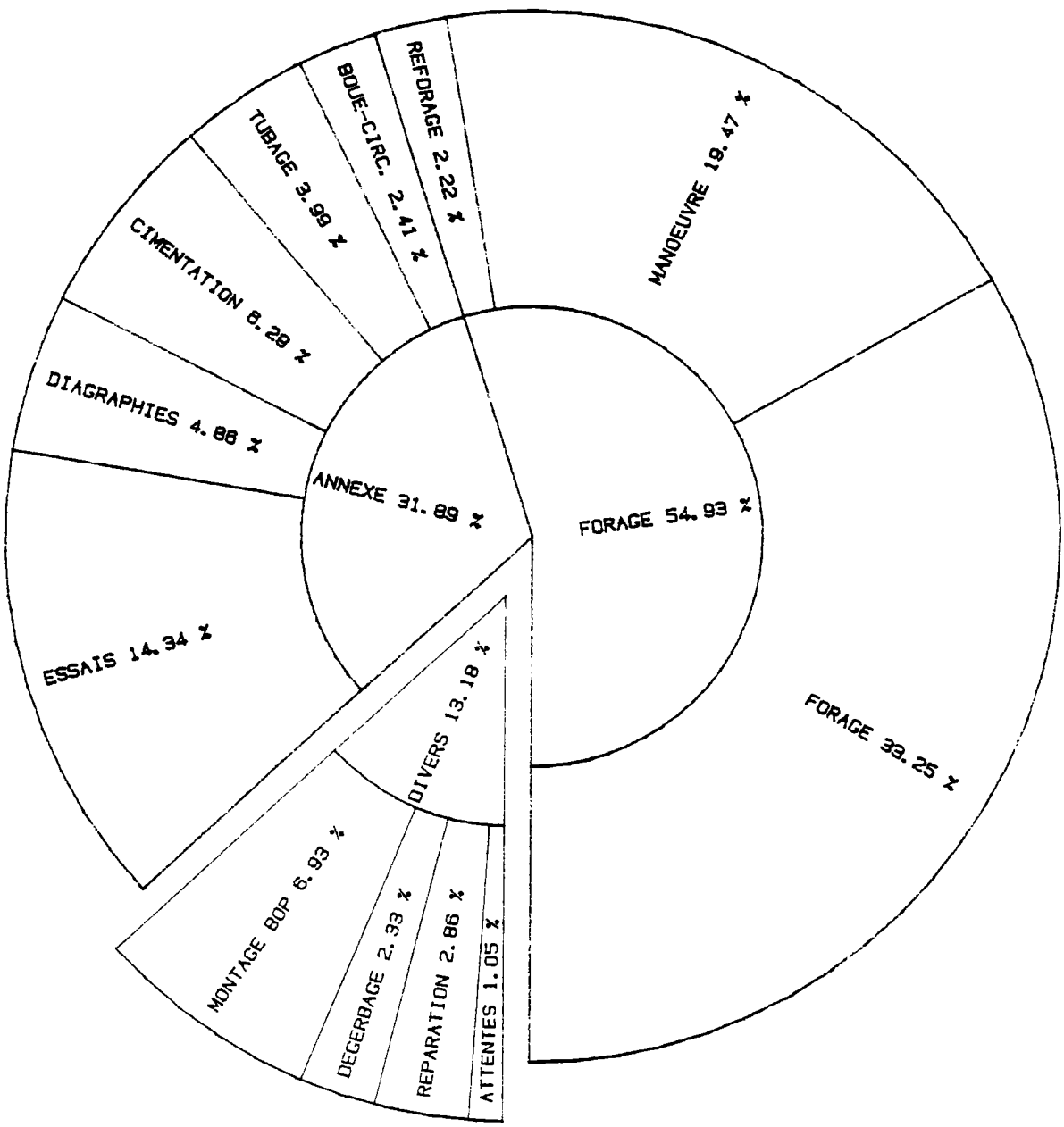
OPERATION	PHASE 17 1/2	PHASE 12 1/4	PHASE 8 1/2	PHASE 6"	TOTAL	POURCENTAGE
1 - Forage y compris ajouts des tiges	39,00	56,75	101,75	23,25	220,75	33,25
2 - Maneouvre pour forage	12,25	45,50	39,25	32,25	129,25	19,47
3 - Reforage Elargissage	0,25	6,00	4,00	4,50	14,75	2,22
4 - Fabrication de boue circulation	6,25	3,50	4,75	1,50	16,00	2,41
5 - Tubage détubage	4,25	7,00	8,25	7,00*	26,50	3,99
6 - Cimentation et attente prise ciment	6,50	21,25	14,00	/	41,75	6,29
7 - Montage BOP modification tête de puits	19,00	1,00	7,25	18,75	46,00	6,93
8 - Mesure de déviation diagraphies	0,25	13,75	8,50	9,75	32,25	4,86
9 -Instrumentation attentes diverses	/	0,25	5,75	1,00	7,00	1,05
10 - Essais	/	/	/	95,25	95,25	14,34
11 - Réparation	1,00	3,75	/	14,25	19,00	2,86
12 - Dégerbage	1,00	/	11,50	3,00	15,50	2,33
Total	89,75	158,75	205,00	210,50	664,00	100 %

* coupe du tube 7"

Temps utiles (postes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10) 86,83 %
Temps morts (postes 7, 9, 11, 12) 13,17 %

GLAV 2
ANALYSE DES TEMPS

DUREE TOTALE DES TRAVAUX
664 HEURES



TEMPS UTILE: 86.82 %
TEMPS MORT : 13.18 %

2.2.4. Etat du forage en fin de travaux

La coupe technique ci-après résume l'état du forage en fin de travaux (profondeur par rapport au sol) :

- tube technique Ø 770 posé à - 22,00 m

- tubage 13 3/8 posé à - 448, 11 m (sabot)

- liner 9 5/8 posé à - 1030,50 m (sabot)
  ancré à - 401,03 m

- tubage 7" posé à - 1818, 16 m (sabot)
  coupé à - 403,50 m

- forage en 6" jusqu'à - 1942 m

Coordonnées Lambert de la tête de puits :

X = 604 094

Y = 132 798

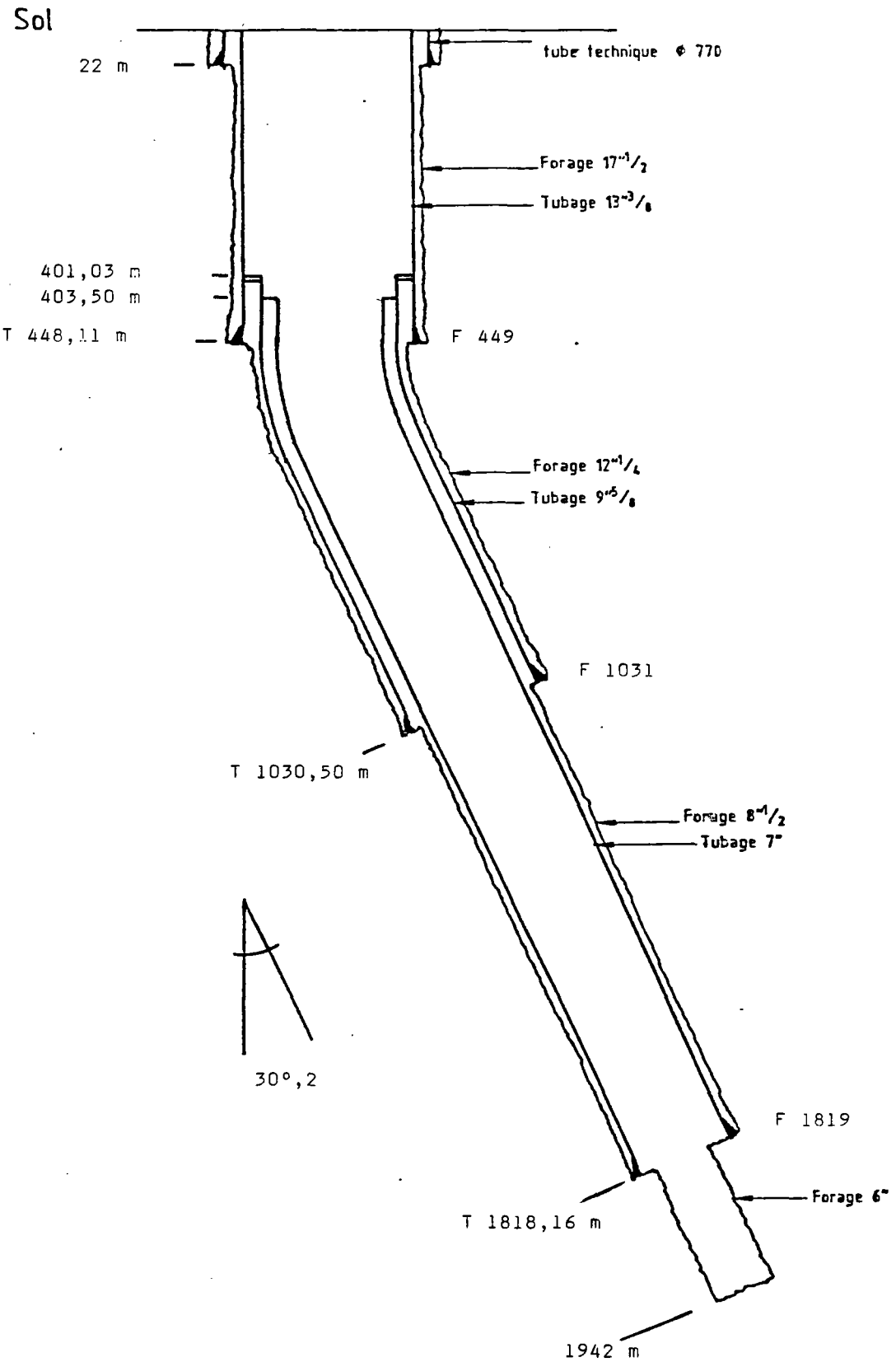
Z = + 52 m NGF

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

	toit du réservoir	mur du réservoir
Profondeur forée	1819 m	1942 m
Profondeur verticale	1631 m	1743,50 m
Déplacement résultant	656 m	707 m
Direction géographique résultante	S 38,6 W	S 39,6 W
Coordonnées Lambert		
X	603 684	603 643
Y	132 285	132 254
Z	- 1579 m NGF	- 1691,50 m NGF

COUPE TECHNIQUE DE FORAGE

GLAV 2



GLAV2

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. RESULTANT	D.L.S.
KOP	457	0.83	NW 67.00	457.0	S 0.0	W 0.0	0.0	-	-
1	467	0.83	SW 53.00	467.0	N 0.0	E 0.0	0.0	N 79.0 E	0.83
2	485	3.00	SW 56.00	485.0	S 0.4	W 0.4	0.6	S 48.2 W	1.20
3	504	5.75	SW 44.00	503.9	S 1.4	W 1.5	2.0	S 46.9 W	1.52
4	513	6.75	SW 42.00	512.9	S 2.1	W 2.1	3.0	S 44.3 W	1.14
5	523	8.00	SW 41.00	522.8	S 3.2	W 2.9	4.3	S 42.3 W	1.26
6	542	10.50	SW 45.00	541.5	S 5.5	W 4.8	7.3	S 40.9 W	1.36
7	561	13.00	SW 47.00	560.1	S 8.4	W 7.4	11.2	S 41.3 W	1.33
8	570	14.50	SW 48.00	568.9	S 10.0	W 8.9	13.3	S 41.6 W	1.69
9	597	17.75	SW 39.00	594.8	S 15.7	W 13.6	20.8	S 40.9 W	1.52
10	625	20.50	SW 36.00	621.3	S 23.4	W 18.7	29.9	S 38.6 W	1.04
11	653	24.75	SW 35.00	647.1	S 32.6	W 24.3	40.6	S 36.7 W	1.52
12	690	31.00	SW 34.00	679.8	S 47.5	W 33.1	57.9	S 34.9 W	1.69
13	738	36.00	SW 35.00	719.8	S 70.3	W 46.5	84.3	S 33.5 W	1.05
14	785	35.50	SW 35.00	758.0	S 93.8	W 60.7	111.7	S 32.9 W	0.11
15	850	35.25	SW 36.00	811.0	S 125.9	W 80.3	149.4	S 32.5 W	0.10
16	916	36.00	SW 36.50	864.6	S 158.4	W 100.8	187.8	S 32.5 W	0.12
17	1001	36.50	SW 38.00	933.2	S 200.5	W 128.4	238.1	S 32.6 W	0.12
18	1067	35.00	SW 38.50	986.7	S 232.3	W 150.1	276.6	S 32.9 W	0.29
19	1132	34.75	SW 39.00	1040.0	S 262.9	W 171.3	313.7	S 33.1 W	0.06
20	1207	34.75	SW 42.00	1101.7	S 297.2	W 196.7	356.4	S 33.5 W	0.23
21	1262	34.25	SW 45.50	1147.0	S 321.2	W 216.6	387.4	S 34.0 W	0.37
22	1347	33.50	SW 49.00	1217.6	S 355.7	W 249.1	434.2	S 35.0 W	0.25
23	1432	31.00	SW 49.00	1288.4	S 387.7	W 281.2	479.0	S 35.9 W	0.29
24	1506	29.75	SW 50.00	1353.3	S 414.0	W 307.8	515.9	S 36.6 W	0.18
25	1583	27.75	SW 48.50	1420.8	S 440.0	W 334.1	552.5	S 37.2 W	0.28
26	1648	26.75	SW 48.00	1478.6	S 461.4	W 354.9	582.1	S 37.6 W	0.16
27	1714	26.25	SW 48.00	1537.6	S 482.5	W 375.4	611.4	S 37.9 W	0.08
28	1798	26.00	SW 56.00	1613.1	S 507.3	W 402.8	647.8	S 38.5 W	0.42
29	1818	26.00	SW 56.00	1631.0	S 512.7	W 409.7	656.3	S 38.6 W	-
30	1851	26.00	SW 57.00	1660.7	S 521.5	W 421.2	670.3	S 38.9 W	0.13
31	1935	23.25	SW 56.00	1737.1	S 542.8	W 449.0	704.4	S 39.6 W	0.33
32	1942	23.25	SW 56.00	1743.5	S 544.5	W 451.2	707.1	S 39.6 W	-

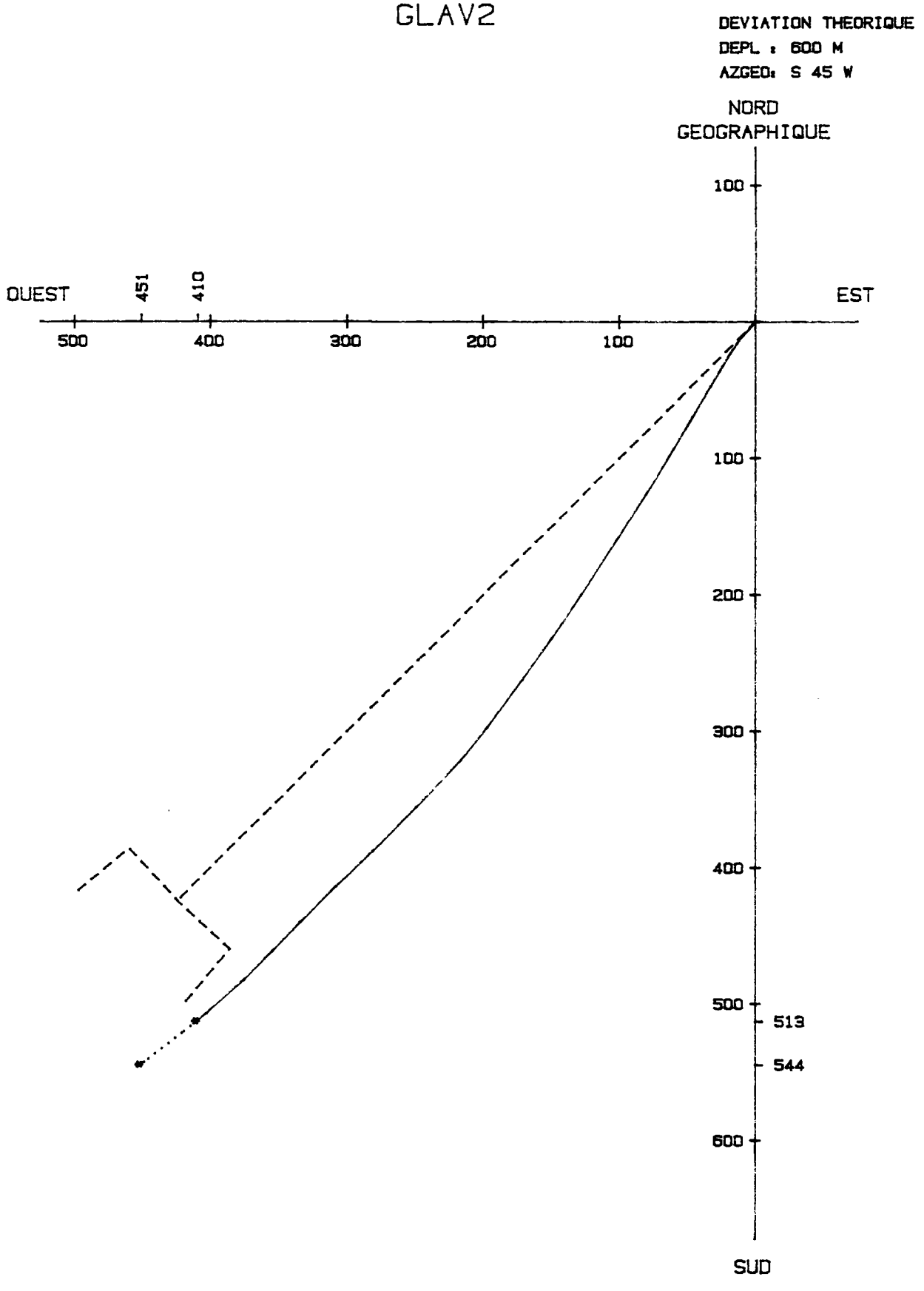
* * MESURE INTERPOLEE

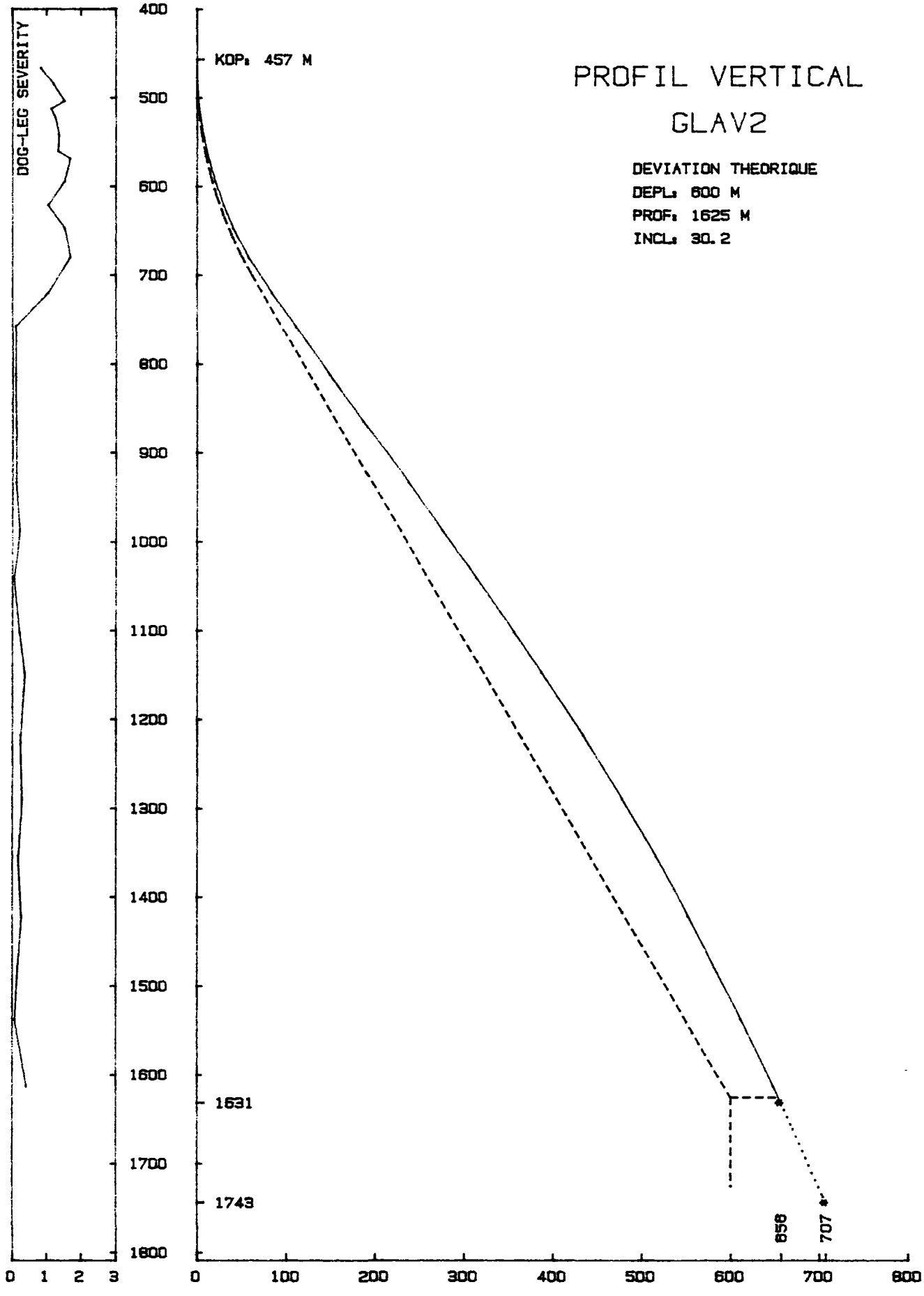
DEVIATION THEORIQUE

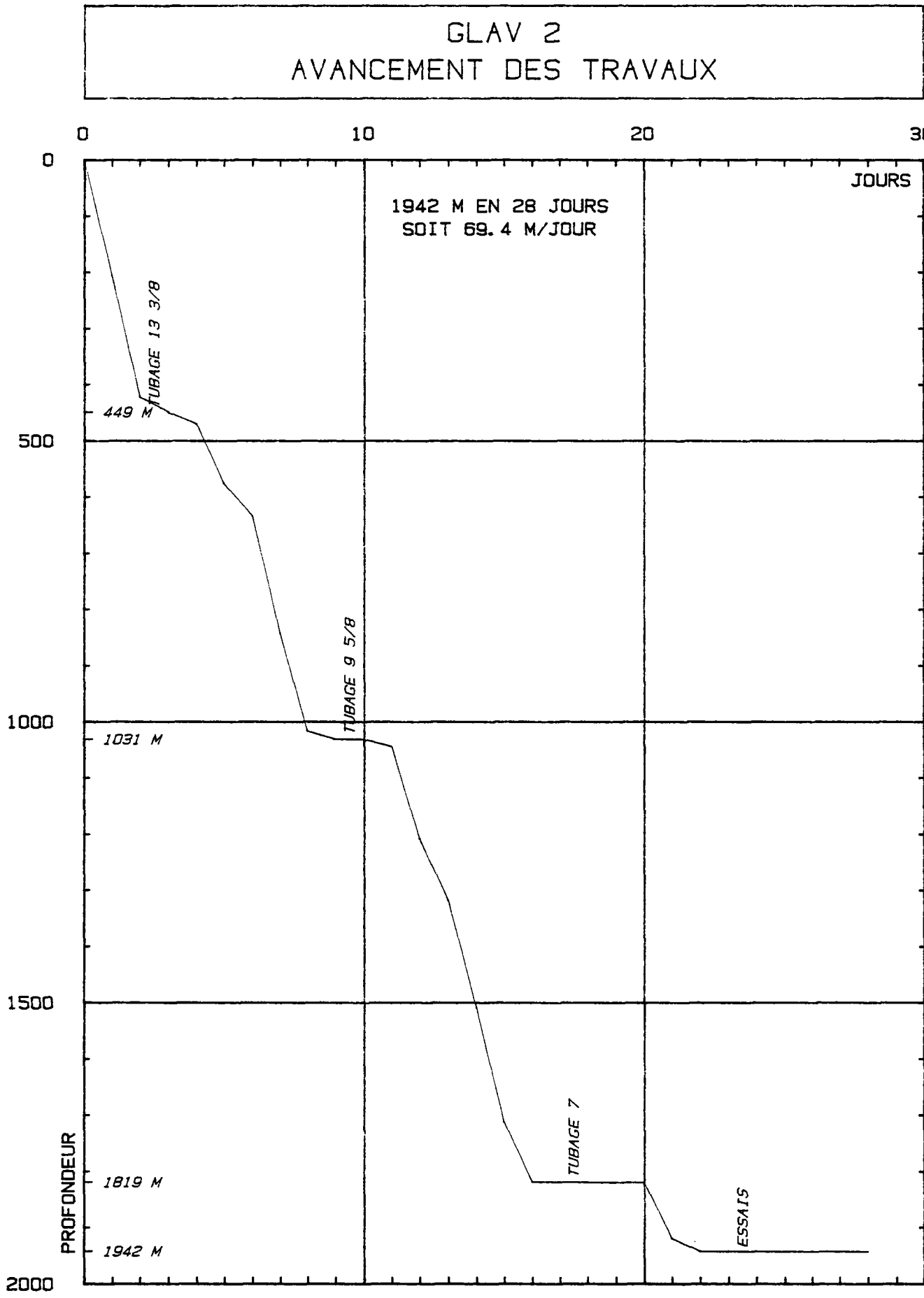
KOP : 470 M DEPL: 600 M INCL : 30.2

GRAD: 1.25 PROF: 1625 M AZGEO: SW 45

TRAJECTOIRE HORIZONTALE
GLAV2




PROFIL VERTICAL
GLAV2
DEVIATION THEORIQUE
DEPL: 600 M
PROF: 1625 M
INCL: 30.2
KOP: 457 M
DOG-LEG SEVERITY
0
1
2
3
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1631
1743
0
100
200
300
400
500
600
700
800
658
707


GLAV 2
AVANCEMENT DES TRAVAUX
0
10
20
30
JOURS
1942 M EN 28 JOURS
SOIT 69.4 M/JOUR
TUBAGE 13 3/8
449 M
TUBAGE 9 5/8
1031 M
TUBAGE 7
1819 M
ESSAIS
1942 M
PROFONDEUR
0
500
1000
1500
2000

2.2.5. Performances d'approfondissement

2.2.5.1. Répartition du métrage foré

Phase 17 1/2	:	22 m	-	449 m	=	427 m
Phase 12 1/4	:	449 m	-	1031 m	=	582 m
Phase 8 1/2	:	1031 m	-	1819 m	=	788 m
Phase 6"	:	1819 m	-	1942 m	=	123 m

2.2.5.2. Performances d'approfondissement

moyenne journalière essais compris

$$24 \times \frac{1942}{664} = 70{,}19 \text{ m/j}$$

moyenne journalière hors essais

$$24 \times \frac{1942}{568{,}75} = 81{,}95 \text{ m/j}$$

2.2.5.3. Performance d'approfondissement des outils de forage

Phase 17 1/2 : 427 m en 27 H 34 soit 15,49 m/h

Phase 12 1/4 : 582 m en 46 H 15 soit 12,58 m/h

Phase 8 1/2 : 788 m en 87 H 10 soit 9,04 m/h

Phase 6" : 123 m en 20 H 20 soit 6,05 m/h

Soit 10 outils dont 4 avaient déjà été utilisés sur GLAV1.

PERFORMANCES DES OUTILS DE FORAGE (HORS REFORAGES TERRAINS)

N°	DIAMETRE	MARQUE ET TYPE	NUMERO DE SERIE	COTE DEBUT OPERATION (m)	METRAGE FORE (m)	TEMPS DE ROTATION (h)	MOYENNE HORAIRE (m/h)	POIDS (t)	ROTATION (tr/mn)	DEBIT (l/m)	PRESSION (bar)	USURE TBG	REMARQUES
1	17 1/2	HUGHES DR2	562 NR	22	400	25 h 14	15,85	3/5	300	2000	15/40	35°5/8	turboforage essai expérimental
2	17 1/2	HUGHES DR2	600 NR	422	27	2 h 20	11,57	12	100	2200	20	4SI	déjà utilisé sur GLAV1 (outil 1)
3	12 1/4	HUGHES DR2	555 FR	449	21	1 h 10	18	15	100	1800	20	43I	déjà utilisé sur GLAV1 (outil 4)
4	12 1/4	HUGHES DR2	560 FR	470	120	12 h 35	9,54	/	/	1600	20/40	34I	Turboforage
5	12 1/4	HUGHES DR2	556 FR	590	426,50	31 h 50	13,40	18	110	1800	40	76 0/8	
6	12 1/4	HUGHES DR1	554 FR	1016,50	14,50	0 h 40	21,75	18	110	1800	40	43I	déjà utilisé sur GLAV1 (outil 2)
7	8 1/2	HUGHES J3	974 NS	1031	13	2 h 05	6,24	15	90	1800	60	52I	déjà utilisé sur GLAV1 (outil 6)
8	8 1/2	HUGHES JD3	603 EF	1044	192	24 h 55	7,71	18	90	1800	75	53I	
9	8 1/2	HUGHES J22	110 VS	1236	583	60 h 10	9,69	18	90/75	1600	75	35I	
10	6"	HUGHES J3	187 HL	1819	123	20 h 20	6,05	10	90	1200	60	77 0/16	

GLAV2

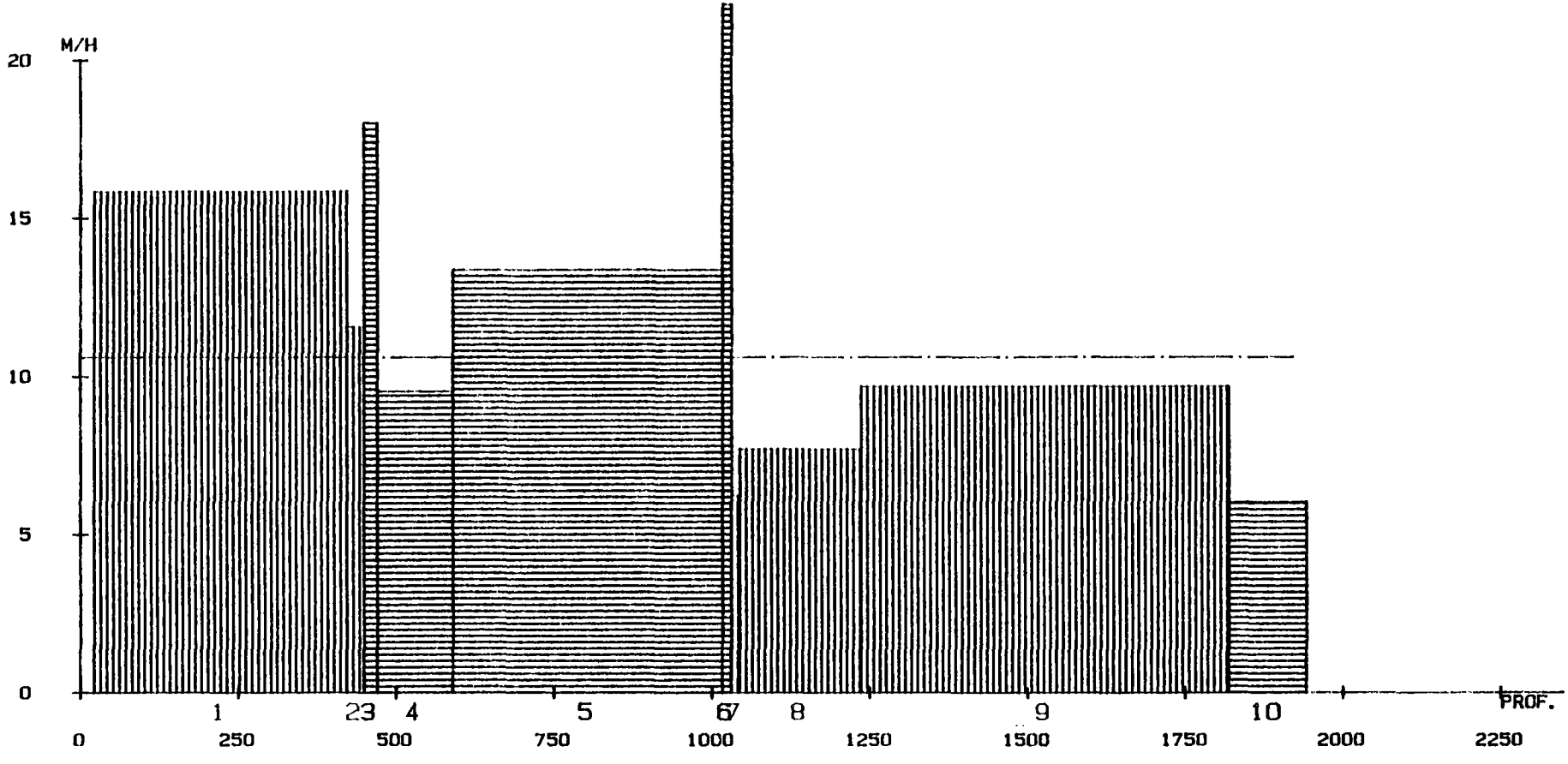
PERFORMANCE DES OUTILS

METRAGE TOTAL: 1920 M

TEMPS DE FORAGE: 181H19

AVANCEMENT: 10.59 M/H

PHASE 17 1/2 :	427 M EN	27H34	SOIT	15.49 M/H
PHASE 12 1/4 :	582 M EN	46H15	SOIT	12.58 M/H
PHASE 8 1/2 :	788 M EN	87H10	SOIT	9.04 M/H
PHASE 6 :	123 M EN	20H20	SOIT	6.05 M/H



2.2.6. Tubages et cimentation

2.2.6.1. Colonne 13 3/8

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'à 448,11 m de profondeur. Il couvre les formations tertiaires et les craies à silex du Sénonien. Il constitue la future chambre de pompage.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal 13" 3/8 API
- un anneau soupape 13" 3/8 API
- 38, 54 m de tubes 13 3/8 API 54,50 lbs/ft, K 55
- 415,31 m de tubes 13 3/8 VAM 54,50 lbs/ft K 55
- un raccord APIm x VAMf
- 15 centreurs droits 13 3/8 x 17 1/2
- 15 sotps-collars 13 3/8

Vissage des tubes au couple de serrage par clé hydraulique

Cimentation de la colonne avec déplacement de bouchons

Ciment : 42 T de CPA 55 amiante

Laitier : 38 m^3 à d = 1.75

Chasse : 35.75 m^3 de boue

2.2.6.2. Colonne 9 5/8 (liner)

Ce liner a été installé de 401,03 m à 1030,50 m. Il protège les sables aquifères de l'Albien et couvre le build up. Il est ancré dans le tubage 13 3/8 au moyen d'un liner hanger.

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal 9 5/8 API
- un anneau différentiel 9 5/8 API
- un landing collar 9 5/8 API
- un liner hanger mécanique 13 3/8 x 9 5/8 type A Bakerline
- 55 centreurs droits 9 5/8 x 12 1/4
- 5 centreurs positifs 9 5/8 X 13 3/8
- 120 stops-collars

Vissage des tubes au couple de serrage par clé hydraulique.
Cimentation de la colonne au moyen d'un groupe de pompage.

Méhtode utilisée : cimentation de liner

Ciment : 28 T de CPA 55 amiante

Laitier : 24,2 m^3 à d = 1,80

Chasse : 30,5 m^3 de boue

2.2.6.3. Colonne 7"

Ce tubage a été installé depuis la surface jusqu'au toit du dogger, puis coupé à 403,50 m (sabot à 1818,16 m)

Le matériel suivant a été utilisé :

- un sabot canal 7"
- un anneau différentiel à bille
- 2 DV cementing collars 7"
- 1823,26 m de tubes 7" VAM 26 lbs/ft K 55 (dont 408,60 m récupérés après la coupe)
- 5 gratteurs
- 80 centreurs spiralés 7" x 8 1/2 (D et G)
- 20 centreurs positifs 7" x 9 5/8
- 1 ombrelle de cimentation 7"
- 214 stops - collars 7"

Vissage des tubes au couple de serrage par clé hydraulique

Cimentation de la colonne au moyen d'un groupe de pompe selon la méthode de cimentation "triple étage". Deux étages ont été cimentés.

PREMIER ETAGE (1818, 16 m - 1331 m)

Fluide spacer : 5 m^3

Ciment : 8, 80 T de CPA 55 amiante

Laitier : 8 m^3 à d = 1,75

Chasse : 35,85 m^3 de boue

ouverture de la DV inférieure

DEUXIEME ETAGE (1331 m - 405,63 m)

Ciment : 17 T de CAP 55 amiante

Laitier : 15,5 m^3 à d = 1,75

Chasse : 26,65 m^3 de boue

Fermeture de la DV inférieure

TROISIEME ETAGE (405,63 m - sol)

Ouverture de la DV supérieure

Circulation 22 m^3

Fermeture de la DV supérieure (chasse 8 m^3)

Après reforage de chaque DV et avant reforage du sabot, l'étanchéité de la colonne a été vérifiée. Un CBL a été enregistré ; son résultat médiocre est identique à celui constaté sur le premier forage et laisse planer de sérieux doute sur la fiabilité de la sonde de mesure (là aussi aucune perte de laitier n'a été constatée et les enregistrements de pressions sont tout à fait corects).

COLONNE 13 3/8

Ø	POIDS (LBS/FT)	EPAISSEUR (mm)	FILETAGE	GRADE	LONGUEUR UTILISEE
13 3/8	54,5	9,65	API et VAM	K 55	453,85 m

Côte sabot : - 448 , 11 m tête casing : - 3,12 m/sol

N°	LONGUEUR (m)		LONGUEUR CUMULEES (m)
SABOT	0,26		API
1	13,12		13,38
ANNEAU	0,48		13,86
2	13,01		26,87
3	12,41		39,28
RACCORD APIXVAM.	0,22	.VAM	39,50
4	13,18		52,68
5	13,10		65,78
6	12,98		78,76
7	12,72		L91,48
8	13,10		104,58
9	13,16		117,74
10	13,03		130,77
11	13,21		143,98
12	12,77		156,75
13	13,15		169,90
14	13,12		183,02
15	12,82		195,84
16	12,80		208,64
17	13,46		222,10
18	13,00		235,01
19	12,91		248,01
20	13,03		261,04
21	13,16		274,20
22	12,75		286,95
23	12,98		299,93
24	13,21		313,14
25	12,99		326,13
26	13,06		339,19
27	13,26		352,45
28	13,07		365,52
29	13,44		378,96
30	13,18		392,14
31	13,55		405,69
32	13,02		418,71
33	13,15		431,86
34	13,13		444,99
35	9,82		454,81

COLONNE 9 5/8

Ø	POIDS (LBS/FT)	EPAISSEUR (mm)	FILETAGE	GRADE	LONGUEUR UTILISEE
9 5/8	36	8,94	VAM	K 55	627,14 m

Côte sabot : - 1030,50 m
Côte casing : Ancré dans le tubage 13 3/8 à 401,03 m

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEUR CUMULEES (m)
SABOT	0,32	
1	12,57	12,89
2	12,51	25,40
ANNEAU	0,57	25,97
DIFFERENTIEL		
LANDING COLLAR	0,50	26,47
3	12,66	39,13
4	12,02	51,15
5	10,40	61,55
6	10,41	71,96
7	9,75	81,71
8	11,10	92,81
9	11,37	104,18
10	11,12	115,30
11	9,39	124,69
12	9,90	134,59
13	9,80	144,39
14	9,67	154,06
15	10,02	164,08
16	9,81	173,89
17	9,46	183,35
18	10,52	193,87
19	11,20	205,07
20	12,13	217,20
21	12,41	229,61
22	12,45	242,06
23	12,35	254,41
24	12,65	267,06
25	11,95	279,01
26	12,51	291,52
27	12,41	303,93
28	12,64	316,57
29	12,75	329,32
30	12,64	341,96
31	12,47	354,43
32	12,12	366,55

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEUR CUMULEES (m)
33	12,56	379,11
34	12,47	391,58
35	12,52	404,10
36	12,32	416,42
37	12,06	428,48
38	12,34	440,82
39	12,62	453,44
40	12,60	466,04
41	13,12	479,16
42	12,34	491,50
43	12,67	504,11
44	12,05	516,22
45	11,95	528,11
46	12,51	540,68
47	12,74	553,42
48	12,57	565,99
49	12,46	578,45
50	12,57	591,02
51	12,34	603,36
52	12,27	615,63
53	12,90	628,53
HANGER	0,94	629,47

COLONNE 7"

Ø	POIDS (LBS/FT)	EPAISSEUR (mm)	FILETAGE	GRADE	LONGUEUR UTILISEE (m)
7"	26	9,19	VAM	K 55	1820,40

Côte sabot : 1818,16 m
Côte casing : coupé à - 401,03 m/sol

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEUR CUMULEES (m)
SABOT	0,26	
1	12,77	13,03
2	12,59	25,62
Anneau	0,60	26,22
3	12,61	38,85
4	12,58	51,41
5	9,27	60,68
6	13,39	74,07
7	13,15	87,22
8	12,36	99,58
9	13,08	112,66
10	13,32	125,98
11	12,75	138,73
12	11,75	150,48
13	12,71	163,19
14	12,42	175,61
15	12,15	187,76
16	12,30	200,06
17	12,81	212,87
18	11,99	224,86
19	12,87	237,73
20	12,67	249,40
21	11,95	261,35
22	12,24	273,59
23	12,46	286,05
24	12,61	298,66
25	12,78	311,44
26	12,68	324,12
27	12,75	336,87
28	12,67	349,54
29	12,69	362,23
30	12,38	374,61
31	12,46	387,07
32	12,08	399,15
33	12,76	411,91
34	12,73	424,64

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEUR CUMULEES (m)
35	12,32	436,96
36	11,25	448,21
37	12,56	460,77
38	12,53	473,30
39	13,04	486,34
DV	1,00	487,34
40	12,06	499,40
41	11,93	511,33
42	12,31	523,64
43	12,33	535,97
44	12,60	548,57
45	12,12	560,69
46	12,29	572,98
47	12,78	585,76
48	12,39	598,15
49	12,90	611,05
50	12,85	623,90
51	12,98	636,88
52	12,70	649,58
53	12,81	662,39
54	12,95	675,34
55	12,56	687,90
56	12,80	700,70
57	12,91	713,61
58	12,97	726,58
59	12,77	739,35
60	12,87	752,22
61	12,69	764,91
62	12,79	777,70
63	11,36	789,06
64	11,24	800,80
65	12,64	813,44
66	12,39	825,83
67	11,92	837,75
68	11,97	849,72
69	8,80	858,52
70	8,59	867,11
71	8,58	875,69
72	8,08	883,77
73	10,04	893,81
74	8,59	902,40
75	8,50	910,90
76	9,09	919,90
77	7,91	927,90
78	9,10	937,00
79	9,13	946,13
80	9,08	955,21
81	12,01	967,22

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEUR CUMULEES (m)
82	12,10	979,32
83	12,25	991,57
84	12,58	1004,15
85	12,55	1016,70
86	12,84	1029,54
87	12,49	1042,03
88	12,40	1054,43
89	12,56	1066,99
90	12,83	1079,82
91	12,50	1092,32
92	12,21	1104,53
93	12,57	1117,10
94	12,86	1129,96
95	10,80	1140,76
96	12,42	1153,18
97	12,22	1165,40
98	11,62	1177,02
99	11,87	1188,89
100	12,74	1201,63
101	12,70	1214,33
102	12,52	1226,85
103	12,35	1239,20
104	12,53	1251,73
105	12,47	1264,20
106	11,56	1275,76
107	12,50	1288,26
108	12,83	1301,09
109	12,20	1313,29
110	11,38	1324,67
111	12,37	1337,04
112	12,14	1349,18
113	12,60	1361,78
114	12,38	1374,16
115	12,37	1386,53
116	12,35	1398,88
117	12,65	1411,53
DV	1,00	1412,53
118	11,89	1424,42
119	12,53	1436,95
120	12,53	1449,47
121	12,67	1462,14
122	12,27	1474,41
123	11,85	1486,26
124	12,61	1498,87
125	12,55	1511,42
126	12,25	1523,67
128	11,84	1548,01
129	12,31	1560,32
130	12,50	1572,82

N°	LONGUEUR (m)	LONGUEUR CUMULEES (m)
131	11,54	1584,36
132	12,78	1597,14
133	11,36	1608,50
134	12,76	1621,26
135	13,00	1634,26
136	11,84	1646,10
137	12,84	1658,94
138	12,82	1671,76
139	12,05	1683,81
140	12,85	1696,66
141	12,70	1709,36
142	12,95	1722,31
143	12,27	1734,58
144	12,15	1746,73
145	12,68	1759,41
146	12,46	1771,87
147	12,57	1784,44
148	12,99	1797,43
149	12,92	1810,35
150	12,91	1823,26

2.2.7. Boues de forage

La société CECA a fourni les produits , le laboratoire et le personnel spécialisé dans la fabircation des boues de forage.

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

2.2.7.1. Phase 17 1/2 (22 m - 449 m)

Forage des formations tertiaire et de la craie à la boue bentonitique simple.

densité : 1,11 à 1,13
viscosité : 38 à 45
filtrat : non contrôlé
Volume des boues fabriqué au cours de la phase = 265 m^3

2.2.7.2. Phase 12 1/4 (449 m à 1031 m)

Forage à la boue aux polymères

densité : 1,05 à 1,13
viscosité : 43 à 45
filtrat : 8 à 9

La densité est maintenue par traitement mécanique poussé (centrifugation)
Volume total des boues fabriqué au cours de la phase = 198 m^3

2.2.7.3. Phase 8 1/2 (1031 - 1819 m)

Forage à la boue aux polymères identique à celle de la phase précédente. Toutefois, les caractéristiques de cette boue ont été ajustées en permanence pour obtenir :

densité : 1,08 à 1,12
viscosité : 41 à 45
filtrat : 5,6 à 7,5

La boue a été traitée lors des contaminations occasionnées par la cimentation des tubages.
Volume total des boues fabriquée au cours de la phase : 258 m^3

2.2.7.4. Phase 6" (1819 m - 1942 m)

Forage du réservoir avec un fluide à base de biopolymères dégradables - densité obtenue avec ajout de sel

densite : 1,06
viscosité : 38 à 50
Filtrat : non contrôlé

Volume total des boues fabriqué au cours de la phase = 108 m^3

CONSOMMATION DES PRODUITS BOUE (pendant les phases de forage)

PRODUITS	U	PHASE 17 1/2	PHASE 12 1/4	PHASE 8 1/2	PHASE 6"	TOTAL
Eau de fabrication	m^3	265	198	258	108	829
Bentonite FB2	kg.	15 850	4 075	6 825		26 750
Soude	kg.	450	290	460		1 200
Baryte	kg.	3 400	2 500	2 500		8 400
Cecap Reg	e	25	50			75
CMC R 110	kg.		300	80		380
Drispac Rag	kg.		300	810		1110
Brixel	kg.		250	600		850
Drilpac SL	kg.			328		328
Coatex (luf)	1			180		180
Chaux	kg.			280	440	720
Bicarbonate	kg.			400		400
Sel	kg.				12 500	12 500
Celloboud	kg.				354	354
Bactiram	1				50	50
Pertes terrain	m^3	55	-	-	-	
Pertes surface	m^3	25	28	117	12	
Ejection	m^3	150	101	130	115	

2.2.8. 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 9 5/8

- BGL géométrie de trou de 750 à 448 m
- Gamma-Ray de 750 à 448 m

Avant le tubage 7"

- BGL géométrie de trou de 1812 à 1030 m
- Gamma-Ray de 1812 à 700 m

Après le tubage 7"

- CBL cement bond log de 1815 à 350 m

Dans le réservoir

- GR - Gamma-Ray de 1941 à 1750 m
- LDL log de densité de 1941 à 1825 m
- NGT de 1941 à 1775 m

2.2.9. Tableau de synthèse des garnitures utilisées

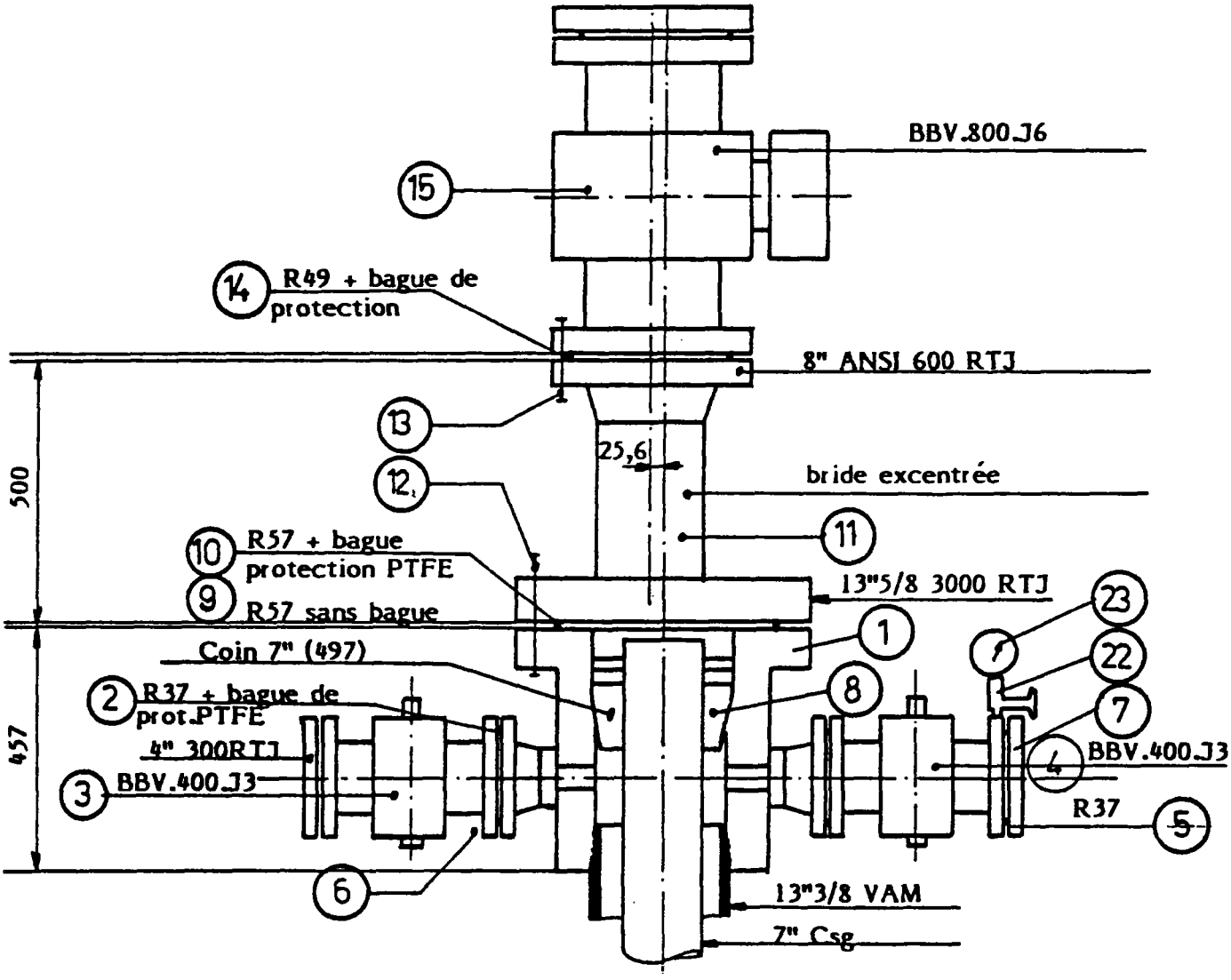
PHASE	GARNITURE	OBSERVATIONS
17 1/2	.RB + turbine 9 1/2 + télépilote 9 1/2 + 2 DC 9 1/2 . + 6 DC 7 3/4 + DP 5"	.Essais du télépilote .9 1/2 de l'IFP en .phase 17 1/2
17 1/2	.RB + 2 DC 9 1/2 + 6 DC 7 3/4 + DP 5"	.fin phase 17 1/2 .conventionnelle
12 1/4	.RB + 10 DC 7 3/4 + DP 5"	.Partie verticale .12 1/4
12 1/4	.RB + turbine 8" + raccord coudé 2° + KM 8" + .6 DC 7 3/4 + 18 HWDP + DP 5"	.Amorce du build up .à la turbine
12 1/4	.RB + NB + KM 6 1/2 + 2 KM 8" + ST + 9 DC 7 3/4 + .18 HWDP + DP 5	.Fin du build up en .rotary
12 1/4	.RB + NB 12 1/4 + DC court 8" + ST + 2 KM 8"+ ST . + 10 DC 7 3/4 + 18 HWDP + DP 5"	.Forage stabilisé . à environ 31°
8 1/2	.RB + 14 DC 7 3/4 + 18 HWDP + DP 5"	.Garniture de reforage
8 1/2	.RB + NB 8 1/2 + DC court + ST + 1 KM 6 1/2 + ST .+ 1 KM 6 1/2 + 1 DC 6 1/4 + ST + 13 DC 6 1/4 + .4 HWDP + FJ 6 1/4 + Coulisse 6 1/4 + 14 HWDP + DP 5".	.Garniture pour forage . stabilisé à 32°
6"	.RB + KM6" + 20 DC 4 3/4 + DP 3 1/2	.Garniture de reforage .+ forage du réservoir

2.2.10. Têtes de puits de production de LA VILLETTE

comprenant :

Numéro	Quantité	
1	1	Casing head avec : . Partie inférieure 13"3/8 VAM . Bride supérieure 13"5/8 API 3000 RTJ munie de 2 sorties latérales à brides 4" ANSI 300 RTJ Alésage : 378 mm pour permettre le passage d'un liner hanter 13"3/8 x 9"5/8
2	2	Joint tore R 37 ovale muni d'une bague de protection PTFE d'une pièce
3	1	Robinet sphérique - DN 4" - Passage total - ANSI 300 - A brides RTJ - Commande par clé - REF. BBV.400.J3
4	1	Robinet sphérique - DN 4" - Passage total - ANSI 300 - A brides RTJ - Commande par clé - REF. BBV.400.J3. L'une des brides est munie d'un piquage 1/2" gaz cylindrique femelle.
5	2	Joint tore R 37 ovale
6	4	Jeu de T.F. et écrous (ASTM A 193 B7) pour brides 4" 300 RTJ
7	2	Bride pleine 4"300 RTJ
8	1	Casing hanger Installé dans le casing head 1 et doutenant 2 000 m. de casing 7"26 lb/ft - Muni d'un dispositif d'étanchéité
9	1	Joint tore R 57 ovale
10	1	Joint R 57 ovale avec bague de protection PTFE d'une pièce
11	1	Réduction . Bride inférieure 13"5/8 API 3000 RTJ . Bride supérieure 8" ANSI 600 RTJ excentrée de 25,6 mm dans l'axe vertical
12	1	Jeu de T.F. et écrous (ASTM A 193 gr. B7) pour bride 13"5/8 API 3000 RTJ
13	4	Jeu de T.F. et écrous (ASTM A 193 gr. B7) pour bride 8" 600 RTJ
14	4	Joint tore R 49 ovale avec bague de protection PTFE d'une pièce
15	1	Robinet sphérique - DN 8" - Passage intégral - ANSI 600 - A brides RTJ - Commande par récucteur

Numéro	Quantité	
16	1	Coude à 90° long Rayon 8" muni de brides à collerette 8" ANSI 600 RTJ
22	1	Robinet Bourdon RPN X 951 - DN 1/2" gaz cylindrique
23	1	Manomètre Bourdon MIX diamètre 100 - Type D - 0 - 16 bars
24	1	Bride pleine 8" 600 RTJ


BBV.800_J6
15
14 R49 + bague de protection
8" ANSI 600 RTJ
13
12
25,6
bride excentrée
11
10 R57 + bague protection PTFE
9 R57 sans bague
13"5/8 3000 RTJ
1
23
22
7
Coin 7" (497)
8
2 R37 + bague de prot.PTFE
4" 300RTJ
3 BBV.400_J3
4 BBV.400_J3
R37
5
6
13"3/8 VAM
7" Csg
500
457

CHAPITRE III

RAPPORT GEOLOGIQUE

3.1. DOCUMENTS FOURNIS

En annexe, on trouvera un tableau de corrélation diagraphique du Dogger entre le puits d'injection et le puits de production et un log de fin de sondage à l'échelle du 1/500 pour chacun des 2 puits.

Ce document fournit la description lithologique des échantillons collectés durant le forage avec la limite stratigraphique des différentes séries traversées. Surce log sont indiqués également divers paramètres de forage tel que : vitesse d'avancement, mesures de déviation, poids sur l'outil, vitesse de rotation de l'outil et débit de la pompe, quelques informations concernant la boue ainsi que les résultats des calcimétries.

De plus, une diagraphie de radioactivité, le Gamma-Ray a été reportée sur le log de fin de sondage afin de délimiter plus précisement les différents niveaux.

PLAN DE SITUATION

Echelle 1/50 000ème

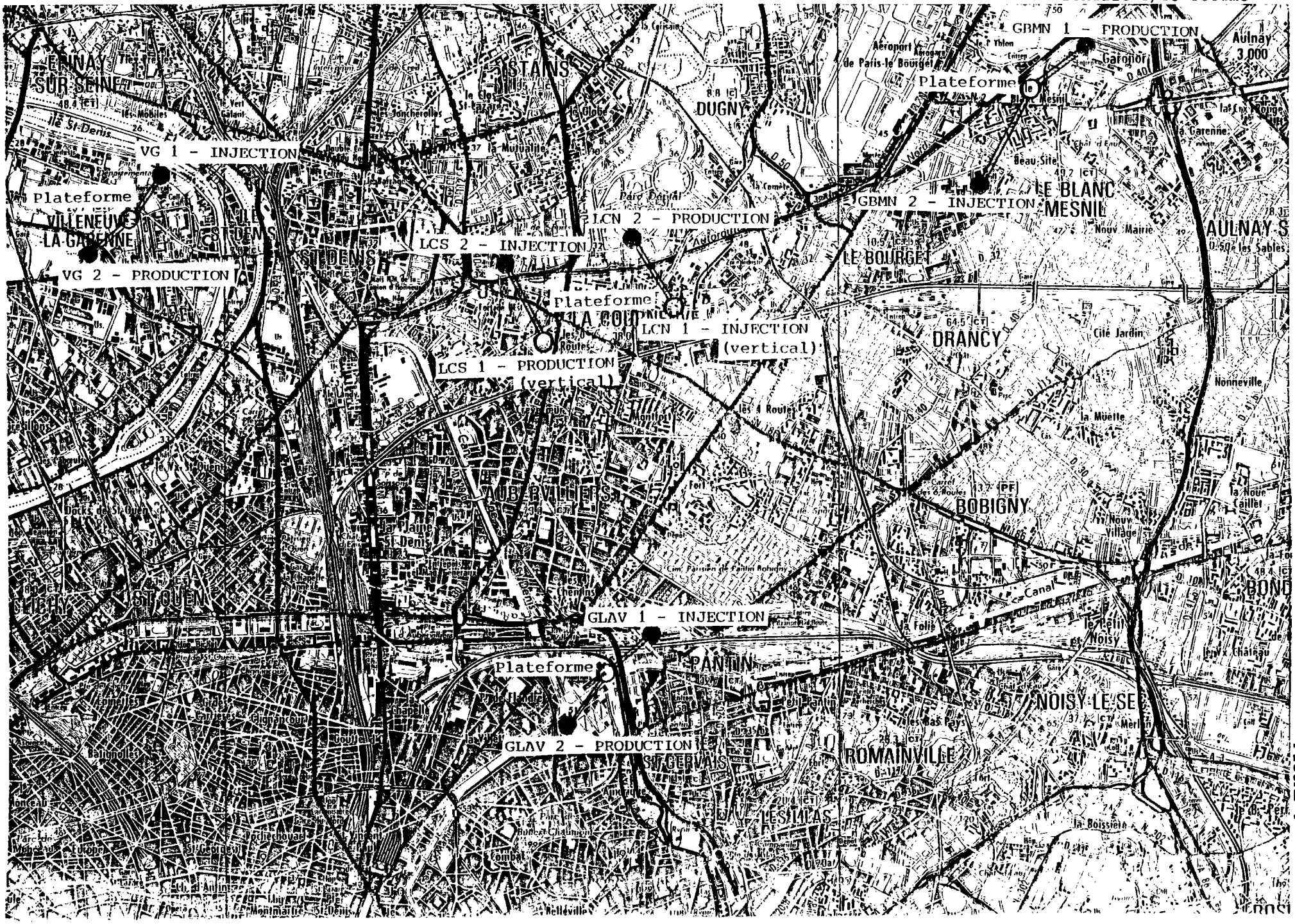


FIGURE 1

3.2. INTRODUCTION

Le forage de LA VILLETTE a été implanté au Sud des forages de LA COURNEUVE (voir plan de situation figure n° 1).

GLAV 1 : puits d'injection

Coordonnées de la plateforme	Coordonnées de la cible
x = 604 105	x = 604 559
y = 132 808	y = 133 228

Forage dévié à partir de 460 m.

Angle maximum de déviation 38°75 à 944 m
Angle moyen 31°.

GLAV 2 : puits de production

Coordonnées de la plateforme	Coordonnées de la cible
x = 604 094	x = 603 684
y = 132 798	y = 132 285

Forage dévié à partir de 450 m.

Angle maximum de déviation 36°50 à 1 001 m
Angle moyen 31°.

- Diagraphies différées éxécutées sur le puits GLAV 1 :

Phase 12"1/4 : BHC sonic + G. Ray = 449 - 768
BGL (géométrie de trou) = 449 - 973

Phase 8"1/2 : BHC sonic + G. Ray = 725 - 1 628
BGL (géométrie de trou) = 1 031 - 1 630
CBL (controle de cimentation) = 20 - 1 810

Phase 6" (réservoir) : FDC (densité de formation) = 1 812 - 1 940
CNL (neutron) = 1 812 - 1 940
G. Ray = 1 580 - 1 940

TABLEAU 1

SERIE STRATIGRAPHIQUE		LA VILLETTE GLAV 1				LA VILLETTE GLAV 2			
		Prof. déviée	Prof. vert.	Cote NGF	Epai.	Prof. déviée	Prof. vert.	Cote NGF	Epai.
Récent et tertiaire		0		+ 52	140			+ 52	
Crétacé supér.	Sénonien	140	140	- 88	370	140	140	- 88	372
	Turonien	510	510	- 458	128	512	512	- 470	131
Crétacé moyen	Cénomanien	641	638	- 586	57	643	638	- 586	55
	"Gault"	701	695	- 643	36	706	693	- 641	35
	Albo-aptien	741	731	- 679	93	748	728	- 676	94
Crétacé infér.	Barrémien	855	824	- 772	45	863	822	- 770	47
	Néocomien-Wealdien	912	869	- 817	90	922	869	- 817	83
Jurassique supérieur	Purbeckien	1 027	959	- 907	26	1 025	952	- 900	27
	Portlandien	1 060	985	- 933	119	1 057	979	- 927	119
	Kimmeridgien	1 204	1 104	-1 052	137	1 203	1 098	-1 046	135
	Séquanien	1 361	1 241	-1 189	102	1 365	1 233	-1 181	102
	Rauracien	1 477	1 343	-1 291	101	1 485	1 335	-1 283	99
	Argovien	1 591	1 944	-1 392	95	1 598	1 434	-1 382	94
	Oxfordien	1 698	1 539	-1 487	61	1 703	1 528	-1 476	60
Jurassique moyen	Callovien	1 767	1 600	-1 548	39	1 771	1 588	-1 536	38
	Dogger	1 810	1 639	-1 587	115	1 812	1 626	-1 574	117
	Profondeur finale	1 941	1 754	-1 702		1 942	1 743	-1 691	

- Diagraphies différées exécutées sur le puits GLAV 2

Phase 12"1/4 : BGL + G.Ray = 448 - 750 m

Phase 8"1/2 : BGL = 1 030 - 1 812

G. Ray = 700 - 1 812

CBL = 350 - 1 815

Phase 6" (réservoir) : GR = 1 750 - 1 941

LDL
(litho density log) = 1 825 - 1 941

NGT
(natural G. Ray spectrometry) =
1 775 - 1 941

3.3. COUPE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

Dans le tableau ci-après, les limites des principales séries traversées sont données pour les 2 puits du doublet. (tableau 1)

3.4. ASPECT STRUCTURAL

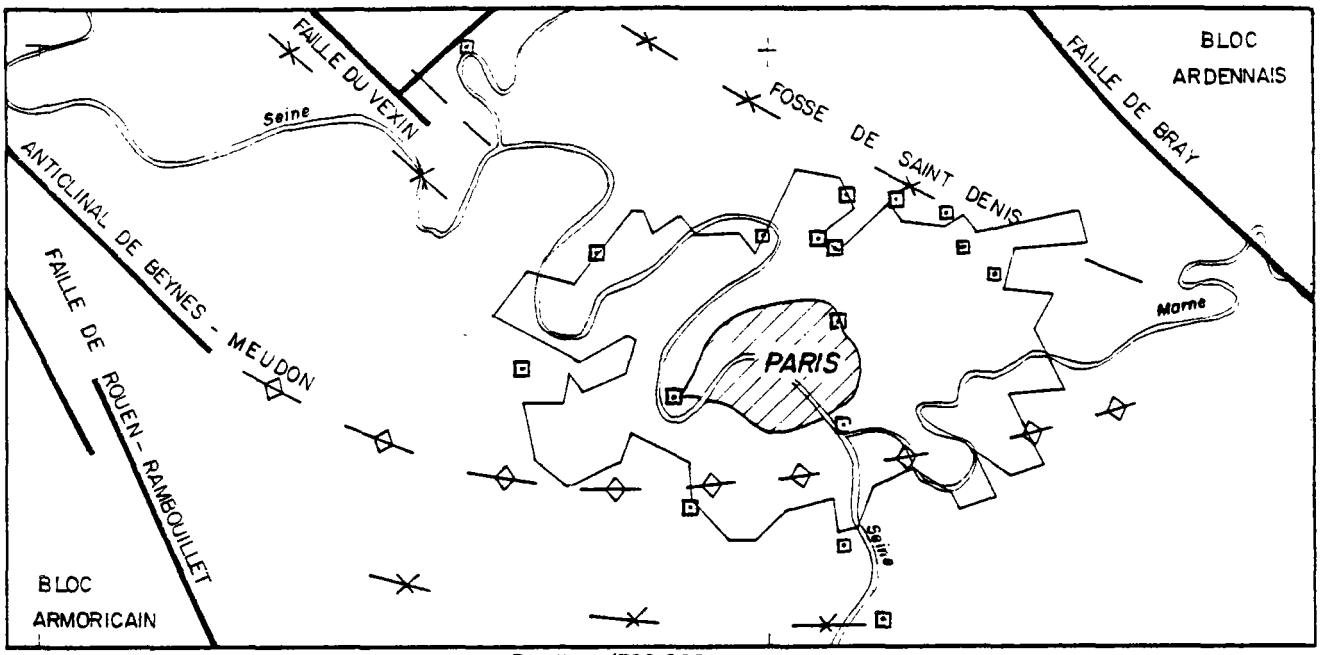
Les côtes NGF des puits de production et d'injection de LA VILLETTE sont en accord avec la carte structurale préalablement établie par les pétroliers au toit du Dogger (voir figure n° 2).

En effet la côte NGF du toit du Dogger correspond respectivement à (- 1 587 m) pour GLAV 1 et (- 1 574 m) pour GLAV 2 ; or sur la carte le doublet de LA VILLETTE est situé entre les isobathes 1 550 et 1 600.

C'est l'axe anticlinal de Beynes-Meudon et l'axe synclinal dit fosse de Saint Denis qui conditionnent cette disposition structurale.

FIGURE 2

CADRE GEOLOGIQUE

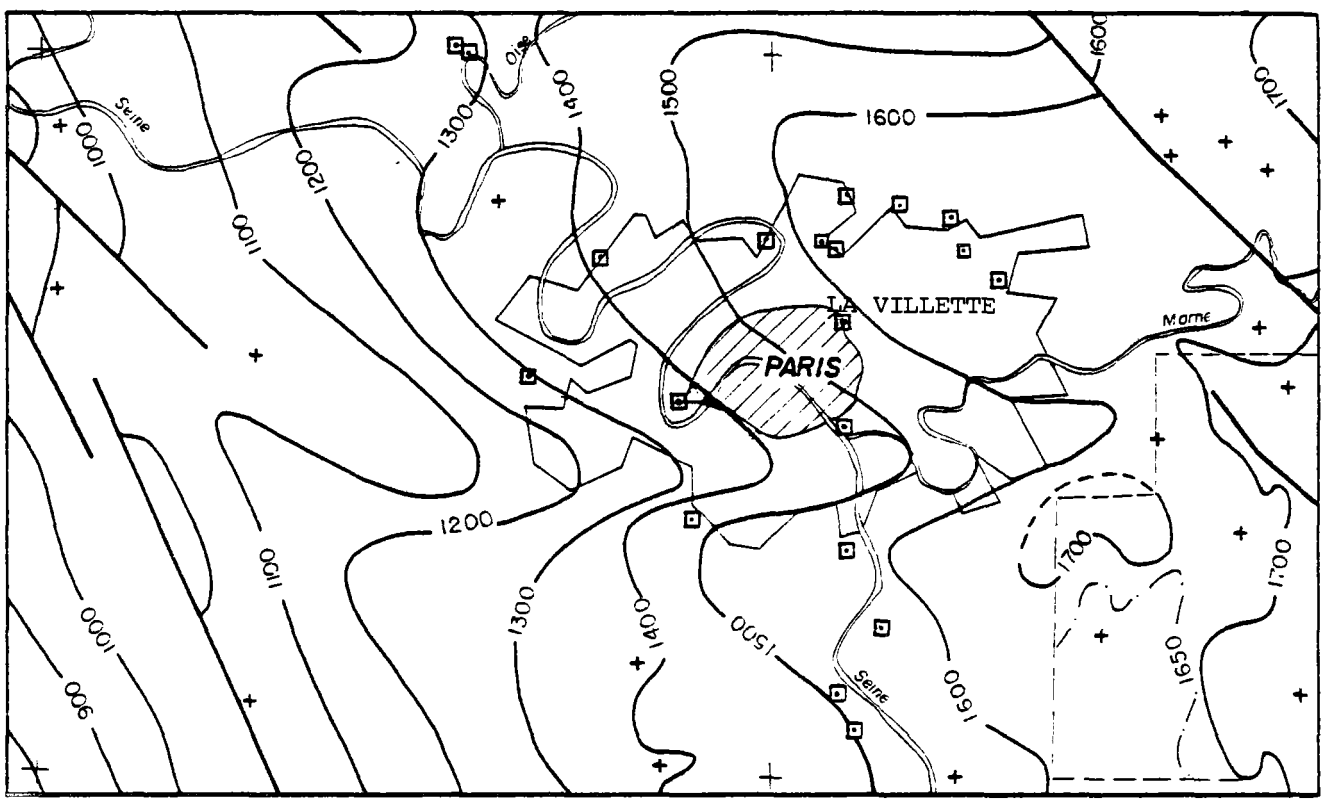


Echelle : 1/500.000

⊕ Site étudié — Faille

⊡ Forage géothermique — Axe anticlinal — Axe synclinal

ISOBATHES AU TOIT DU DOGGER



Echelle : 1/500.000

Accident tectonique

Isobathes au toit du Dogger (cote NGF)

⊕ Site étudié

⊡ Forage Géothermique

\+ Forage Pétrolier

Permis Pétrolier de BRIE

3.5. COMPARAISON AVEC LES PREVISIONS

Les profondeurs sont indiquées en côtes verticales.

	GLAV 1		Prévision	GLAV 2	
	Ecart	Coupe réelle		Coupe réelle	Ecart
Sénonsien	+ 5	135	135	140	+ 5
Turonien	- 5	510	505	512	- 7
Cénomanien	+ 8	638	630	638	+ 8
"Gault"	+ 5	695	690	693	+ 3
Albo-aptien	+ 6	731	725	728	+ 3
Barrémien	+ 4	824	820	822	+ 2
Néocomien	+ 9	869	860	869	+ 9
Purbeckien	- 9	959	950	952	+ 2
Portlandien	+ 10	985	975	979	+ 4
Kimmeridgien	+ 9	1 104	1 095	1 098	+ 3
Séquanien	- 4	1 241	1 245	1 233	- 12
Rauracien	+ 8	1 343	1 335	1 335	0
Argovien	+ 14	1 444	1 430	1 434	+ 4
Oxfordien	+ 14	1 539	1 525	1 528	+ 3
Callovien	- 15	1 600	1 585	1 588	+ 3
Dogger	+ 14	1 639	1 625	1 626	+ 1

REMARQUES

Pour GLAV 1, on constate un léger approfondissement des couches à partir de la base du jurassique supérieur, le Dogger ayant d'ailleurs été atteint 14 m plus bas que prévu.

Pour GLAV 2, les écarts entre coupe réelle et coupe prévisionnelle sont très faibles.

Il n'y a qu'un mètre de différence en ce qui concerne la côte du toit du Dogger, entre les prévisions et la coupe réelle.

Pour les 2 puits, la côte foreur du sabot du 7" est identique à celle obtenue avec les diagraphies différées et les diagraphies de production .

GLAV 1 = 1 812 m GLAV 2 = 1 818 m.

TABLEAU INTERPRETATIF DES ZONES PRODUCTRICES

GLAV 1 (injection)

N°	Profondeur (m)	Epai. en m.	Débit en %	Porosité P g/cm³	FDC Ø	Ø h
1	1 822 - 1 824	2	6.6	2.5	0.12	0.24
2	1 840 - 1 844	4	13.3	2.48	0.13	0.52
3	1 856 - 1 859	3	6.6	2.39	0.19	0.57
4	1 859 - 1 860.5	1.5	16.6	2.37	0.20	0.30
5	1 860.5 - 1 862	1.5	6.6	2.45	0.15	0.225
6	1 862 - 1 863	1	10	2.42	0.17	0.17
7	1 864 - 1 865	1	6.6	2.45	0.15	0.15
8	1 867.5 - 1 868	0.5	13.3	2.42	0.17	0.085
9	1 871 - 1 874.5	3.5	6.6	2.43	0.16	0.56
10	1 874.5 - 1 875	0.5	13.3	2.45	0.15	0.075
		18.5	100 %			2.895

$$Øm = \frac{\Sigma Øh}{\Sigma h} = \frac{2.895}{18.5} = 0.156 \qquad 15.6\ \%$$

GLAV 2 (production)

N°	Profondeur (m)	Epai. en m.	Débit en %	Porosité P g/cm³	LDL Ø	Ø h
1	1 861.5 - 1 862	0.5	9	2.42	0.17	0.085
2	1 864.5 - 1 867	2.5	14	2.45	0.15	0.375
3	1 867.5 - 1 869	1.5	13	2.43	0.16	0.240
4	1 870 - 1 872.5	2.5	37	2.47	0.14	0.350
5	1 874.5 - 1 875.5	1	9	2.43	0.16	0.160
6	1 877 - 1 878	1	10	2.52	0.11	0.110
7	1 878.5 - 1 879.5	1	8	2.56	0.09	0.09
		10	100 %			1.41

$$Øm = \frac{\Sigma Øh}{\Sigma h} = \frac{1.41}{10} = 0.141 \qquad 14.1\ \%$$

h : hauteurs productrices déterminées au débitmètre. Débit en % : % par rapport au débit total déduit de l'interprétation du débitmètre.

TABLEAU 2

3.6. CARACTERISTIQUES DU RESERVOIR

Le sondage GLAV 1 a traversé le Dogger de 1 810 m (1 639 m) à 1 941 m (1 754 m) ce qui correspond a une hauteur de 131 m (117 m) selon un angle moyen variant entre 26° et 27°.

Le sondage GLAV 2 a traversé le Dogger de 1 812 m (1 626 m) à 1 942 m (1 743 m) ce qui correspond à une hauteur de 130 m (117 m) selon un angle moyen de 26°.

Dans le tableau 2, sont indiqués les niveaux productifs des 2 puits, toutes les profondeurs correspondant à des mesures déviées.

Une corrélation a été établie entre les 2 puits, en utilisant les diagraphies de densité (LDL), de radioactivité (G. Ray), de production (débitmètre) et le log d'avancement (voir en annexe).

On peut noter dans l'ensemble une très bonne correspondance entre les différentes diagraphies des 2 puits, le réservoir présentant d'ailleurs dans les 2 cas sensiblement les mêmes caractéristiques à savoir :

- les faciès "Dalle nacrée" représentés par des calcarénites graveleuses à éléments bioclastiques et pseudo-oolithiques. Dans cette zone, la porosité est très faible, environ 3 % ;

- les faciès du Comblanchien correspondant à des micrites dures, compactes et à des calcarénites à pseudo-oolithes et gravelles.

  REMARQUE : dans cette zone, on note cependant une différence en comparant les logs de porosité des 2 puits. En effet vers 1 845 m pour le puits d'injection GLAV 1, on obtient une porosité supérieure à 15 % fournissant un débit représentant 13 % du débit total, alors que pour le puits de production GLAV 2, la porosité est nettement inférieure et c'est une zone non productive.

- les faciès de l'oolithe blanche constitués de calcarénites oolithiques vacuolaires, graveleuses localement, à ciment micritique ;

- les faciès d'avant barrière sont composés de calcarénites gravelo-oolithiques et bioclastiques, microgravelеuses par endroits, comportant dans les 2 puits quelques niveaux avec une bonne porosité (15 %) mais ce sont des niveaux qui se révèlent improductifs, ceci est dû aux conditions de dépôt peu favorables au développement d'un réseau perméable.

3.7. COMMENTAIRE SUR LES DIAGRAPHIES DE RESERVOIR UTILISEES SUR LE FORAGE GLAV 2

- Diagraphie NGT :

Pour le 2ème puits du doublet (GLAV 2) on a utilisé une diagraphie de radioactivité naturelle, le NGT qui permet de déterminer la lithologie par analyse spectrale des rayons γ émis par le thorium, le potassium et l'uranium.

D'une manière générale, l'uranium représentant une grande partie de la radioactivité détectée dans la formation du Dogger l'argilosité est par conséquent très faible, et le Dogger peut être ainsi considéré comme une formation propre.

- Diagraphie LDL :

Diagraphie qui fournit un moyen de détermination directe de la lithologie.

Principe : une sélection des rayons gamma de faible énergie arrivant à un compteur positionné sur la sonde, permet de mesurer "l'effet photo-électrique" ou "absorption photo-électrique" relié au nombre atomique moyen des noyaux des atomes de la formation. "Pe" représente le facteur d'absorption photo-électrique.

$$Pe = \frac{(Z\ eff)^{3.6}}{10}$$

Z eff = nombre atomique effectif, moyenne du nombre atomique de tous les atomes du milieu considéré.

Voir le tableau ci-après, pour les valeurs de cet indice en fonction des différents niveaux.

Minerals	P_e	ϱ_b	ϱ_e	U
Dolomite	3.142	2.877	2.864	9.00
Limestone	5.084	2.710	2.708	13.77
Sandstone	1.806	2.648	2.650	4.79
Anhydrite	5.055	2.977	2.957	14.95
Gypsum	3.420	2.351	2.372	8.11
Halite	4.169	2.032	2.074	8.65
Chlorite *	6.30	2.79	2.79	17.58
Illite *	3.45	2.52	2.52	8.69
Kaolinite *	1.83	2.41	2.41	4.41
Montmorillonite *	2.04	2.12	2.12	4.32
Coal *	.180	1.400	1.468	.26
Barite	266.8	4.105	4.011	1070.
Hematite	21.48	5.150	4.987	107.
Sylvite	8.51	1.863	1.916	16.3
Zircon	69.10	4.392	4.279	296.

* Approximate values

On peut constater sur l'enregistrement du LDL que la valeur du Pe est pratiquement égale à 5 sur l'ensemble du Dogger ce qui correspond à une formation constituée presque exclusivement de calcaire. Les quelques déflexions qui apparaissent sur la diagraphie indiquent la présence soit de dolomie soit d'argile, mais les échantillons récupérés à la surface ne permettent pas une détermination précise de la lithologie, et les niveaux concernés étant des bancs très minces, il n'est pas possible d'aller plus avant dans la reconnaissance de ces anomalies.

3.8. CONCLUSION

Le réservoir du Dogger qui sera utilisé pour l'exploitation du doublet de LA VILLETTE présente les caractéristiques suivantes.

	GLAV 1 (injection)	GLAV 2 (production)
Profondeur des niveaux producteurs	entre 1 822 et 1 875 m (dévié) 1 650 et 1697 m) (vert.)	1 861.5 - 1 879.5 (1 670 - 1 686)
Nombre de niveaux producteurs	10	7
Epaisseurs cumulées des niveaux producteurs	18.5 (dévié) 16.6 (vert.)	10 (dévié) 9 (vert.)
Porosité moyenne	15.6 %	14.0 %
Transmissivité intrinsèque (Kh)	24 D.m.	18 D.m.
Perméabilité K	1.50 D	2 D
Température stabilisée °C	à 1 805 m 57.3° C	à 1 810 m 56.9° C
Débit artésien	125 m^3/h	83 m^3/h
Pression artésienne mesurée (fin du Build up)	7.4 bars	7 bars
Salinité moyenne (prévision)	15 g/l	17.5 g/l

CHAPITRE IV

RAPPORT D'ESSAIS DU FORAGE DE REINJECTION GLAV 1

4.1. 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 transmissivité moyenne (de l'ordre de 24 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif).

Le débit artésien maximal obtenu a été 133 m3/h aprés les opérations d'acidification
(avant acidification il était de 95 m3/h)

Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 1822 m et 1875 m dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 18.50 m dév. (16.5 m vert.)
Porosité moyenne	O = 15.6 %
Température stabilisée à 1805 m.(déviés) au débit moyen de 125 m3/h	Tf = 57.3 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.48 cp
Salinité moyenne	= 15 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée (fin de build up)	Par = 7.4 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 173.750 kg/cm^2 (1805 m d.)

Paramètres retenus :

Transmissivité relative	kh/u = 51 D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh = 24 D.m
Perméabilité intrinsèque	k = 1.5 D
Facteur de skin	S = - 4

4.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 16/10/83

Le test de formation a été réalisé le 16/10/83 après les travaux de développement de l'ouvrage. Il se compose d'une période de production à débit constant (artésien), 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.

4.2.1. CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage (16/10/83)..... t = 13.15.00
- arrêt du pompage (16/10/83)..... t = 23.15.00
- durée du pompage.....tp = 10.00.00

- fin de remontée de pression (17/10/83)..... t = 17.00.00
- débit nominal moyen..... Q = 125 m3/h

- température à 1805 m dév. au débit nominal Tf = 57.3 C
  (température de mélange durant
  la production)

- localisation de la sonde TP.....1805 m.dev.
  soit 1634.5 vert.

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

4.2.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI :

4.2.2.1. 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 = 18.5 m.devié
16.5 m. vertical
Porosité moyenne Ø = 15.6 %

4.2.2.2. Salinité moyenne :

La salinité déduite de la mesure de conductivité est de 15 g/l

4.2.2.3. Compressibilité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 1822 et 1875 m dév., la compressibilité est évaluée à la profondeur moyenne de 1848 m. déviés ,soit 1673 m. vertical.

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

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

pour une pression de confinement de 171 atm et une température de 57.3 C.

D'aprèe l'abaque de Hall, et pour une porosité de 15.6 %, la compressibilité effective de la roche vaut :

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

d'où la compressibilité totale :

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

4.2.2.4. Viscosité de l'eau de la formation :

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

$$u = 0.48\ cp$$

4.2.2.5. 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 1805 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 $\qquad PD = 1.2$

$dt = 1$ h $\qquad tD/CD = 560$

$CD.\exp(2S) = 100$

Transmissivité :

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

$$\frac{kh}{u} = 6852 \text{ D.cm/cp}$$

avec $u = 0.48$ cp $\qquad kh = 32.89$ D.m

et $h = 16.5$ m $\qquad k = 1.99$ D

Facteur de skin :

$$C = 2.n.\frac{kh}{u}.\frac{dt}{\frac{tD}{CD}} = 2.76\ 10^{5} \text{ cm3/atm}$$

$$CD = \frac{C}{2n.O.Ct.h.rw^2} = 29294$$

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

il vient $S = - 2.83$

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 :

$$m = 1.28 \text{ kg/cm2/décade}$$

d'où $$\frac{kh}{u} = \frac{0.183\ Q}{m} = 5129 \text{ D.cm/cp}$$

$$kh = 24.62 \text{ D.m}$$

et avec h = 16.5 m k = 1.49 D

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul :

$$P(1h) = 172.433 \text{ kg/cm2}$$

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

soit $S = - 4.04$

Cette dernière valeur de S traduit l'effet de skin global de l'ouvrage, incluant l'incidence de la déviation (27 degrés).

Pression statique extrapolée :

P* = 173.750 kg/cm2 abs. à 1805 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 $m = 0.93$ kg/cm2/décade

d'où $\frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m} = 7059$ D.cm/cp

$kh = 33.88$ D.m

$k = 2.05$ D avec $h = 16.5$ m

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul P(1h) = 172.533 kg/cm2

il vient :

$$S = -2.39$$

4.3. TEST COMPLEMENTAIRE D'INJECTION

Afin de contrôler la symétrie de comportement du réservoir sur GLAV1 , un test d'injection a été exécuté.
Durant cet essai, la sonde de mesure est demeurée à la cote 1805 m. déviés.

Au cours de cet essai un débit de 90 m3/h a été injecté dans le forage GLAV1 pendant 8 heures 12 minutes.
Pendant la durée de l'injection la température enregistrée au niveau de la sonde a décru de 55.9 C à 21.6 C.

a/ Caractéristiques de l'essai

- Début de l'essai (17/10/83) .....t = 14.35.00
- Arrêt de l'essai (17/10/83) .....t = 22.47.46
- Durée de l'essai .....t = 08.12.46
- Débit d'injection.....Q = 90 m3/h

Position de la sonde TP ..... 1805 m.

b/ Résultats de l'interprétation

Le report des points expérimentaux en diagramme log-log se trouve sur la figure 4 et sur la figure 5 en diagramme semi-log.

A cause des oscillations de pression enregistrées les courbes ne sont pas interprétables pour une vérification de la transmissivité, mais la variation totale de pression enregistrée (5 kg/cm2) permet de vérifier la symétrie de comportement du réservoir sur le forage GLAV1.

4.4. CONCLUSIONS

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production artésienne montre un réservoir de moyenne transmissivité (de l'ordre de 24 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif voisin de - 4).

Le test d'injection a permis de vérifier la symétrie de comportement du réservoir sur ce forage.

TABLEAU RECAPITULATIF

Niveaux producteurs	entre 1822 m et 1875 m dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 18.5 m dév. soit 16.5 m vert.
Porosité moyenne	= 15.6 %
Température stabilisée à 1805 m dev. au débit de 125 m3/h	Tf = 57.3 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.48 cp
Salinité moyenne	= 15 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée	Par = 7.4 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 173.750 kg/cm2 abs. à 1805 m dév.

	retenu	Log-Log (d'après)	Horner (d'après)	MDH (d'après)	Injection
Transmissivité relative kh/u en D.m/cp.	51	68.5	51.29	71	/
Transmissivité intrinsèque kh en D.m	25	32.9	24.6	33.9	/
Perméabilité intrinsèque k en Darcy	1.5	1.99	1.48	2.04	/
Facteur de skin S	-4	-2.83	-4.04	-2.39	/

4.5. ANNEXES

LA VILLETTE - GLAV 1 - REMONTEE DE PRESSION

LA VILLETTE - GLAV1

REMONTEE DE PRESSION DU 16/10/83

DUREE DE PRODUCTION = 10.000 Heures
Pwfo..... = 167.418 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
1	23.15.53	.01472	.030	680.218	167.448
2	23.16. 8	.01889	.250	530.423	167.668
3	23.16.23	.02306	2.303	434.726	169.721
4	23.16.38	.02722	2.790	368.354	170.208
5	23.16.53	.03139	3.003	319.581	170.421
6	23.17. 8	.03555	3.233	282.255	170.651
7	23.17.23	.03972	3.379	252.747	170.797
8	23.17.49	.04694	3.554	214.021	170.972
9	23.18. 4	.05111	3.625	196.652	171.043
10	23.18.19	.05528	3.684	181.907	171.102
11	23.18.34	.05944	3.736	169.224	171.154
12	23.18.49	.06361	3.787	158.208	171.205
13	23.19. 4	.06778	3.845	148.537	171.263
14	23.19.19	.07195	3.895	139.995	171.313
15	23.19.34	.07611	3.931	132.384	171.349
16	23.19.49	.08028	3.963	125.567	171.381
17	23.20. 4	.08445	3.992	119.419	171.410
18	23.20.19	.08861	4.018	113.852	171.436
19	23.20.34	.09278	4.045	108.783	171.463
20	23.20.49	.09694	4.069	104.151	171.487
21	23.21. 4	.10111	4.091	99.900	171.509
22	23.21.19	.10528	4.113	95.987	171.531
23	23.21.34	.10945	4.132	92.370	171.550
24	23.21.49	.11361	4.152	89.019	171.570
25	23.22. 4	.11778	4.172	85.905	171.590
26	23.22.19	.12194	4.187	83.005	171.605
27	23.22.34	.12611	4.207	80.295	171.625
28	23.22.49	.13028	4.222	77.759	171.640
29	23.23.19	.13861	4.252	73.144	171.670
30	23.23.49	.14694	4.282	69.053	171.700
31	23.24.19	.15528	4.307	65.401	171.725
32	23.24.49	.16361	4.331	62.121	171.749

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
33	23.25.19	.17194	4.358	59.159	171.776
34	23.25.49	.18028	4.378	56.470	171.796
35	23.26.19	.18861	4.401	54.019	171.819
36	23.26.49	.19694	4.422	51.776	171.840
37	23.27.19	.20528	4.439	49.714	171.857
38	23.27.49	.21361	4.458	47.814	171.876
39	23.28.19	.22194	4.476	46.056	171.894
40	23.28.49	.23028	4.493	44.426	171.911
41	23.29.19	.23861	4.509	42.909	171.927
42	23.29.49	.24694	4.525	41.495	171.943
43	23.30.19	.25528	4.540	40.173	171.958
44	23.30.49	.26361	4.555	38.935	171.973
45	23.31.19	.27194	4.568	37.772	171.986
46	23.31.49	.28028	4.581	36.679	171.999
47	23.32.19	.28861	4.594	35.649	172.012
48	23.32.49	.29694	4.608	34.676	172.026
49	23.33.19	.30528	4.619	33.757	172.037
50	23.33.49	.31361	4.631	32.887	172.049
51	23.34.19	.32195	4.641	32.061	172.059
52	23.34.49	.33028	4.654	31.277	172.072
53	23.35.19	.33861	4.664	30.532	172.082
54	23.35.49	.34694	4.676	29.823	172.094
55	23.36.49	.36361	4.694	28.502	172.112
56	23.37.49	.38028	4.716	27.297	172.134
57	23.38.49	.39694	4.732	26.192	172.150
58	23.39.49	.41361	4.752	25.177	172.170
59	23.40.49	.43028	4.768	24.241	172.186
60	23.41.49	.44694	4.786	23.374	172.204
61	23.42.49	.46361	4.800	22.570	172.218
62	23.43.49	.48028	4.815	21.821	172.233
63	23.44.49	.49694	4.832	21.123	172.250
64	23.45.49	.51361	4.843	20.470	172.261
65	23.46.49	.53028	4.858	19.858	172.276
66	23.47.49	.54694	4.869	19.283	172.287
67	23.48.49	.56361	4.885	18.743	172.303
68	23.49.49	.58028	4.894	18.233	172.312
69	23.50.49	.59694	4.909	17.752	172.327
70	23.51.49	.61361	4.917	17.297	172.335
71	23.52.49	.63028	4.928	16.866	172.346
72	23.53.49	.64694	4.942	16.457	172.360
73	23.54.49	.66361	4.950	16.069	172.368
74	23.55.49	.68028	4.962	15.700	172.380
75	23.56.49	.69694	4.972	15.348	172.390
76	23.57.49	.71361	4.982	15.013	172.400

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
77	23.58.49	.73028	4.991	14.693	172.409
78	23.59.49	.74694	5.000	14.388	172.418
79	0. 0.49	.76361	5.010	14.096	172.428
80	0. 1.49	.78028	5.019	13.816	172.437
81	0. 2.49	.79694	5.030	13.548	172.448
82	0. 3.49	.81361	5.036	13.291	172.454
83	0. 4.49	.83028	5.044	13.044	172.462
84	0. 5.49	.84694	5.053	12.807	172.471
85	0. 6.49	.86361	5.060	12.579	172.478
86	0. 7.49	.88028	5.067	12.360	172.485
87	0. 8.49	.89694	5.074	12.149	172.492
88	0. 9.49	.91361	5.083	11.946	172.501
89	0.10.49	.93028	5.091	11.749	172.509
90	0.11.49	.94695	5.096	11.560	172.514
91	0.12.49	.96361	5.104	11.378	172.522
92	0.13.49	.98028	5.110	11.201	172.528
93	0.14.49	.99694	5.117	11.031	172.535
94	0.15.49	1.01361	5.127	10.866	172.545
95	0.17.49	1.04694	5.136	10.552	172.554
96	0.19.49	1.08028	5.151	10.257	172.569
97	0.21.49	1.11361	5.161	9.980	172.579
98	0.23.49	1.14694	5.173	9.719	172.591
99	0.25.49	1.18028	5.186	9.473	172.604
100	0.27.49	1.21361	5.197	9.240	172.615
101	0.29.49	1.24694	5.208	9.020	172.626
102	0.31.49	1.28028	5.218	8.811	172.636
103	0.33.49	1.31361	5.228	8.613	172.646
104	0.35.49	1.34694	5.238	8.424	172.656
105	0.37.49	1.38028	5.247	8.245	172.665
106	0.39.49	1.41361	5.258	8.074	172.676
107	0.41.49	1.44695	5.268	7.911	172.686
108	0.43.49	1.48028	5.277	7.755	172.695
109	0.45.49	1.51361	5.286	7.607	172.704
110	0.47.49	1.54694	5.293	7.464	172.711
111	0.49.49	1.58028	5.301	7.328	172.719
112	0.51.49	1.61361	5.311	7.197	172.729
113	0.53.49	1.64694	5.316	7.072	172.734
114	0.55.49	1.68028	5.325	6.951	172.743
115	0.57.49	1.71361	5.332	6.836	172.750
116	0.59.49	1.74694	5.340	6.724	172.758
117	1. 1.49	1.78028	5.346	6.617	172.764
118	1. 3.49	1.81361	5.354	6.514	172.772
119	1. 5.49	1.84694	5.361	6.414	172.779
120	1. 7.49	1.88028	5.370	6.318	172.788

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
121	1. 9.49	1.91361	5.375	6.226	172.793
122	1.11.49	1.94695	5.382	6.136	172.800
123	1.13.49	1.98028	5.389	6.050	172.807
124	1.15.49	2.01361	5.394	5.966	172.812
125	1.17.49	2.04694	5.402	5.885	172.820
126	1.19.49	2.08028	5.408	5.807	172.826
127	1.21.49	2.11361	5.413	5.731	172.831
128	1.23.49	2.14694	5.419	5.658	172.837
129	1.25.49	2.18028	5.427	5.587	172.845
130	1.29.49	2.24694	5.439	5.450	172.857
131	1.33.49	2.31361	5.449	5.322	172.867
132	1.37.49	2.38028	5.459	5.201	172.877
133	1.41.49	2.44695	5.471	5.087	172.889
134	1.45.49	2.51361	5.481	4.978	172.899
135	1.49.49	2.58028	5.491	4.876	172.909
136	1.53.49	2.64694	5.499	4.778	172.917
137	1.57.49	2.71361	5.510	4.685	172.928
138	2. 1.49	2.78028	5.519	4.597	172.937
139	2. 5.49	2.84694	5.529	4.513	172.947
140	2. 9.49	2.91361	5.534	4.432	172.952
141	2.13.49	2.98028	5.542	4.355	172.960
142	2.17.49	3.04694	5.551	4.282	172.969
143	2.21.49	3.11361	5.561	4.212	172.979
144	2.25.49	3.18028	5.567	4.144	172.985
145	2.29.49	3.24694	5.574	4.080	172.992
146	2.33.49	3.31361	5.583	4.018	173.001
147	2.37.49	3.38028	5.591	3.958	173.009
148	2.41.49	3.44695	5.598	3.901	173.016
149	2.45.49	3.51361	5.605	3.846	173.023
150	2.51.49	3.61361	5.613	3.767	173.031
151	2.57.49	3.71361	5.623	3.693	173.041
152	3. 3.49	3.81361	5.632	3.622	173.050
153	3. 9.49	3.91361	5.641	3.555	173.059
154	3.15.49	4.01361	5.651	3.492	173.069
155	3.21.49	4.11361	5.660	3.431	173.078
156	3.27.49	4.21361	5.669	3.373	173.087
157	3.33.49	4.31361	5.679	3.318	173.097
158	3.39.49	4.41361	5.686	3.266	173.104
159	3.45.49	4.51361	5.693	3.216	173.111
160	3.51.49	4.61361	5.703	3.167	173.121
161	3.57.49	4.71361	5.708	3.122	173.126
162	4. 3.49	4.81361	5.714	3.077	173.132
163	4. 9.49	4.91361	5.723	3.035	173.141
164	4.15.49	5.01361	5.729	2.995	173.147

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
165	4.21.49	5.11361	5.734	2.956	173.152
166	4.27.49	5.21361	5.744	2.918	173.162
167	4.33.49	5.31361	5.749	2.882	173.167
168	4.39.49	5.41361	5.754	2.847	173.172
169	4.45.49	5.51361	5.762	2.814	173.180
170	4.51.49	5.61361	5.768	2.781	173.186
171	4.57.49	5.71361	5.774	2.750	173.192
172	5. 3.49	5.81361	5.781	2.720	173.199
173	5. 9.49	5.91361	5.786	2.691	173.204
174	5.15.49	6.01361	5.791	2.663	173.209
175	5.21.49	6.11361	5.796	2.636	173.214
176	5.27.49	6.21361	5.803	2.609	173.221
177	5.33.49	6.31361	5.806	2.584	173.224
178	5.39.49	6.41361	5.810	2.559	173.228
179	5.47.49	6.54695	5.818	2.527	173.236
180	5.55.49	6.68028	5.825	2.497	173.243
181	6. 3.49	6.81361	5.829	2.468	173.247
182	6.11.49	6.94695	5.837	2.439	173.255
183	6.19.49	7.08028	5.844	2.412	173.262
184	6.27.49	7.21361	5.850	2.386	173.268
185	6.35.49	7.34694	5.854	2.361	173.272
186	6.43.49	7.48028	5.859	2.337	173.277
187	6.51.49	7.61361	5.865	2.313	173.283
188	6.59.49	7.74694	5.869	2.291	173.287
189	7. 7.49	7.88028	5.876	2.269	173.294
190	7.15.49	8.01361	5.882	2.248	173.300
191	7.23.49	8.14694	5.887	2.227	173.305
192	7.31.49	8.28028	5.891	2.208	173.309
193	7.39.49	8.41361	5.897	2.189	173.315
194	7.47.49	8.54695	5.902	2.170	173.320
195	7.53.49	8.64694	5.906	2.156	173.324
196	8. 7.49	8.88028	5.911	2.126	173.329
197	8.13.49	8.98028	5.916	2.114	173.334
198	8.27.49	9.21361	5.923	2.085	173.341
199	8.37.49	9.38028	5.928	2.066	173.346
200	8.47.49	9.54694	5.933	2.047	173.351
201	8.57.49	9.71361	5.938	2.029	173.356
202	9. 5.49	9.84694	5.945	2.016	173.363
203	9.15.49	10.01361	5.948	1.999	173.366
204	9.25.49	10.18028	5.951	1.982	173.369
205	9.35.49	10.34694	5.956	1.966	173.374
206	9.43.49	10.48028	5.960	1.954	173.378
207	9.51.49	10.61361	5.965	1.942	173.383
208	10. 1.49	10.78028	5.970	1.928	173.388

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
209	10. 9.49	10.91361	5.975	1.916	173.393
210	10.19.49	11.08028	5.977	1.903	173.395
211	10.29.49	11.24694	5.982	1.889	173.400
212	10.41.49	11.44695	5.988	1.874	173.406
213	10.59.49	11.74694	5.993	1.851	173.411
214	11. 5.49	11.84694	5.997	1.844	173.415
215	11.13.49	11.98028	5.999	1.835	173.417

LA VILLETTE - GLAV1
TEST D"INJECTION DU 16/10/83
Pwso = 173.380 kg/cm2

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
1	14.35.24	.00667	.002	173.382
2	14.35.39	.01083	.913	174.293
3	14.35.54	.01500	.880	174.260
4	14.36. 9	.01917	.923	174.303
5	14.36.24	.02333	.920	174.300
6	14.36.39	.02750	.896	174.276
7	14.36.54	.03167	.896	174.276
8	14.37. 9	.03583	.826	174.206
9	14.37.24	.04000	2.215	175.595
10	14.37.39	.04417	2.360	175.740
11	14.37.54	.04833	2.451	175.831
12	14.38. 9	.05250	2.556	175.936
13	14.38.31	.05861	2.740	176.120
14	14.38.46	.06278	2.889	176.269
15	14.39. 1	.06694	3.038	176.418
16	14.39.16	.07111	3.173	176.553
17	14.39.31	.07528	3.312	176.692
18	14.39.46	.07944	3.441	176.821
19	14.40. 1	.08361	3.574	176.954
20	14.40.16	.08778	3.695	177.075
21	14.40.31	.09194	3.810	177.190
22	14.40.46	.09611	3.909	177.289
23	14.41. 1	.10028	3.997	177.377
24	14.41.16	.10444	4.074	177.454
25	14.41.31	.10861	4.141	177.521
26	14.41.46	.11278	4.197	177.577
27	14.42. 1	.11694	4.246	177.626
28	14.42.16	.12111	4.292	177.672
29	14.42.31	.12528	4.328	177.708
30	14.42.46	.12944	4.362	177.742
31	14.43.16	.13778	4.427	177.807
32	14.43.46	.14611	4.487	177.867

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
33	14.44.16	.15444	4.566	177.946
34	14.44.46	.16278	4.659	178.039
35	14.45.16	.17111	4.764	178.144
36	14.45.46	.17944	4.868	178.248
37	14.46.16	.18778	4.971	178.351
38	14.46.46	.19611	5.052	178.432
39	14.47.16	.20444	5.117	178.497
40	14.47.46	.21278	5.165	178.545
41	14.48.16	.22111	5.202	178.582
42	14.48.46	.22944	5.233	178.613
43	14.49.16	.23778	5.231	178.611
44	14.49.46	.24611	5.225	178.605
45	14.50.16	.25444	5.243	178.623
46	14.50.46	.26278	5.254	178.634
47	14.51.16	.27111	5.264	178.644
48	14.51.46	.27944	5.281	178.661
49	14.52.16	.28778	5.295	178.675
50	14.52.46	.29611	5.300	178.680
51	14.53.16	.30444	5.296	178.676
52	14.53.46	.31278	5.294	178.674
53	14.54.16	.32111	5.290	178.670
54	14.54.46	.32944	5.280	178.660
55	14.55.16	.33778	5.261	178.641
56	14.55.46	.34611	5.238	178.618
57	14.56.46	.36278	5.193	178.573
58	14.57.46	.37944	5.139	178.519
59	14.58.46	.39611	5.107	178.487
60	14.59.46	.41278	5.081	178.461
61	15. 0.46	.42944	5.051	178.431
62	15. 1.46	.44611	5.004	178.384
63	15. 2.46	.46278	4.961	178.341
64	15. 3.46	.47944	4.949	178.329
65	15. 4.46	.49611	4.960	178.340
66	15. 5.46	.51278	4.987	178.367
67	15. 6.46	.52944	5.060	178.440
68	15. 7.46	.54611	5.190	178.570
69	15. 8.46	.56278	5.364	178.744
70	15. 9.46	.57944	5.539	178.919
71	15.10.46	.59611	5.675	179.055
72	15.11.46	.61278	5.761	179.141
73	15.12.46	.62944	5.786	179.166
74	15.13.46	.64611	5.768	179.148
75	15.14.46	.66278	5.699	179.079
76	15.15.46	.67944	5.620	179.000

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
77	15.16.46	.69611	5.511	178.891
78	15.17.46	.71278	5.409	178.789
79	15.18.46	.72944	5.280	178.660
80	15.19.46	.74611	5.168	178.548
81	15.20.46	.76278	5.063	178.443
82	15.21.46	.77944	4.959	178.339
83	15.22.46	.79611	4.857	178.237
84	15.23.46	.81278	4.771	178.151
85	15.24.46	.82944	4.698	178.078
86	15.25.46	.84611	4.629	178.009
87	15.26.46	.86278	4.554	177.934
88	15.27.46	.87944	4.498	177.878
89	15.28.46	.89611	4.438	177.818
90	15.29.46	.91278	4.387	177.767
91	15.30.46	.92944	4.338	177.718
92	15.31.46	.94611	4.293	177.673
93	15.32.46	.96278	4.259	177.639
94	15.33.46	.97944	4.229	177.609
95	15.34.46	.99611	4.191	177.571
96	15.35.46	1.01278	4.169	177.549
97	15.36.46	1.02944	4.147	177.527
98	15.37.46	1.04611	4.121	177.501
99	15.38.46	1.06278	4.112	177.492
100	15.39.46	1.07944	4.084	177.464
101	15.40.46	1.09611	4.070	177.450
102	15.41.46	1.11278	4.068	177.448
103	15.42.46	1.12944	4.047	177.427
104	15.43.46	1.14611	4.034	177.414
105	15.44.46	1.16278	4.026	177.406
106	15.45.46	1.17944	4.011	177.391
107	15.47.46	1.21278	3.997	177.377
108	15.49.46	1.24611	3.989	177.369
109	15.51.46	1.27944	3.969	177.349
110	15.53.46	1.31278	3.964	177.344
111	15.55.46	1.34611	3.958	177.338
112	15.57.46	1.37944	3.949	177.329
113	15.59.46	1.41278	3.938	177.318
114	16. 1.46	1.44611	3.933	177.313
115	16. 3.46	1.47944	3.923	177.303
116	16. 5.46	1.51278	3.916	177.296
117	16. 7.46	1.54611	3.913	177.293
118	16. 9.46	1.57944	3.906	177.286
119	16.13.46	1.64611	3.885	177.265
120	16.17.46	1.71278	3.878	177.258

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
121	16.21.46	1.77944	4.289	177.669
122	16.23.46	1.81278	4.438	177.818
123	16.25.46	1.84611	4.498	177.878
124	16.27.46	1.87945	4.542	177.922
125	16.31.46	1.94611	4.570	177.950
126	16.35.46	2.01278	4.574	177.954
127	16.39.46	2.07944	4.568	177.948
128	16.43.46	2.14611	4.549	177.929
129	16.47.46	2.21278	4.535	177.915
130	16.51.46	2.27944	4.515	177.895
131	16.55.46	2.34611	4.464	177.844
132	16.59.46	2.41278	4.443	177.823
133	17. 3.46	2.47944	4.427	177.807
134	17. 7.46	2.54611	4.416	177.796
135	17.15.46	2.67944	4.402	177.782
136	17.19.46	2.74611	4.392	177.772
137	17.23.46	2.81278	4.369	177.749
138	17.29.46	2.91278	4.363	177.743
139	17.35.46	3.01278	4.346	177.726
140	17.37.46	3.04611	4.334	177.714
141	17.39.46	3.07944	4.422	177.802
142	17.43.46	3.14611	4.439	177.819
143	17.49.46	3.24611	4.439	177.819
144	17.53.46	3.31278	4.422	177.802
145	17.57.46	3.37945	4.397	177.777
146	18. 1.46	3.44611	4.391	177.771
147	18. 5.46	3.51278	4.374	177.754
148	18. 9.46	3.57944	4.356	177.736
149	18.13.46	3.64611	4.327	177.707
150	18.17.46	3.71278	4.316	177.696
151	18.21.46	3.77944	4.299	177.679
152	18.25.46	3.84611	4.286	177.666
153	18.29.46	3.91278	4.686	178.066
154	18.33.46	3.97944	4.722	178.102
155	18.37.46	4.04611	4.725	178.105
156	18.41.46	4.11278	4.715	178.095
157	18.45.46	4.17944	4.705	178.085
158	18.49.46	4.24611	4.679	178.059
159	18.53.46	4.31278	4.658	178.038
160	18.57.46	4.37945	4.623	178.003
161	19. 1.46	4.44611	4.588	177.968
162	19. 5.46	4.51278	4.567	177.947
163	19. 9.46	4.57944	4.553	177.933
164	19.13.46	4.64611	4.527	177.907

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
165	19.17.46	4.71278	4.512	177.892
166	19.21.46	4.77944	4.491	177.871
167	19.23.46	4.81278	4.488	177.868
168	19.25.46	4.84611	4.774	178.154
169	19.27.46	4.87945	4.853	178.233
170	19.29.46	4.91278	4.879	178.259
171	19.33.46	4.97944	4.904	178.284
172	19.35.46	5.01278	4.889	178.269
173	19.39.46	5.07944	4.879	178.259
174	19.43.46	5.14611	4.868	178.248
175	19.47.46	5.21278	4.851	178.231
176	19.51.46	5.27944	4.833	178.213
177	19.55.46	5.34611	4.813	178.193
178	19.59.46	5.41278	4.772	178.152
179	20. 1.46	5.44611	4.760	178.140
180	20. 3.46	5.47944	4.982	178.362
181	20. 7.46	5.54611	5.039	178.419
182	20.11.46	5.61278	5.063	178.443
183	20.19.46	5.74611	5.045	178.425
184	20.23.46	5.81278	5.251	178.631
185	20.25.46	5.84611	5.225	178.605
186	20.29.46	5.91278	5.250	178.630
187	20.33.46	5.97944	5.258	178.638
188	20.37.46	6.04611	5.225	178.605
189	20.43.46	6.14611	5.200	178.580
190	20.49.46	6.24611	5.182	178.562
191	20.55.46	6.34611	5.157	178.537
192	21. 1.46	6.44611	5.134	178.514
193	21. 7.46	6.54611	5.123	178.503
194	21.13.46	6.64611	5.107	178.487
195	21.19.46	6.74611	5.072	178.452
196	21.21.46	6.77944	5.062	178.442
197	21.23.46	6.81278	5.387	178.767
198	21.25.46	6.84611	5.419	178.799
199	21.27.46	6.87945	5.409	178.789
200	21.31.46	6.94611	5.429	178.809
201	21.37.46	7.04611	5.416	178.796
202	21.41.46	7.11278	5.383	178.763
203	21.45.46	7.17944	5.371	178.751
204	21.49.46	7.24611	5.354	178.734
205	21.55.46	7.34611	5.290	178.670
206	22. 1.46	7.44611	5.260	178.640
207	22. 9.46	7.57944	5.237	178.617
208	22.15.46	7.67944	5.207	178.587

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
209	22.21.46	7.77944	5.165	178.545
210	22.27.46	7.87945	5.137	178.517
211	22.31.46	7.94611	5.115	178.495
212	22.37.46	8.04611	5.086	178.466
213	22.43.46	8.14611	5.055	178.435
214	22.47.46	8.21278	5.029	178.409

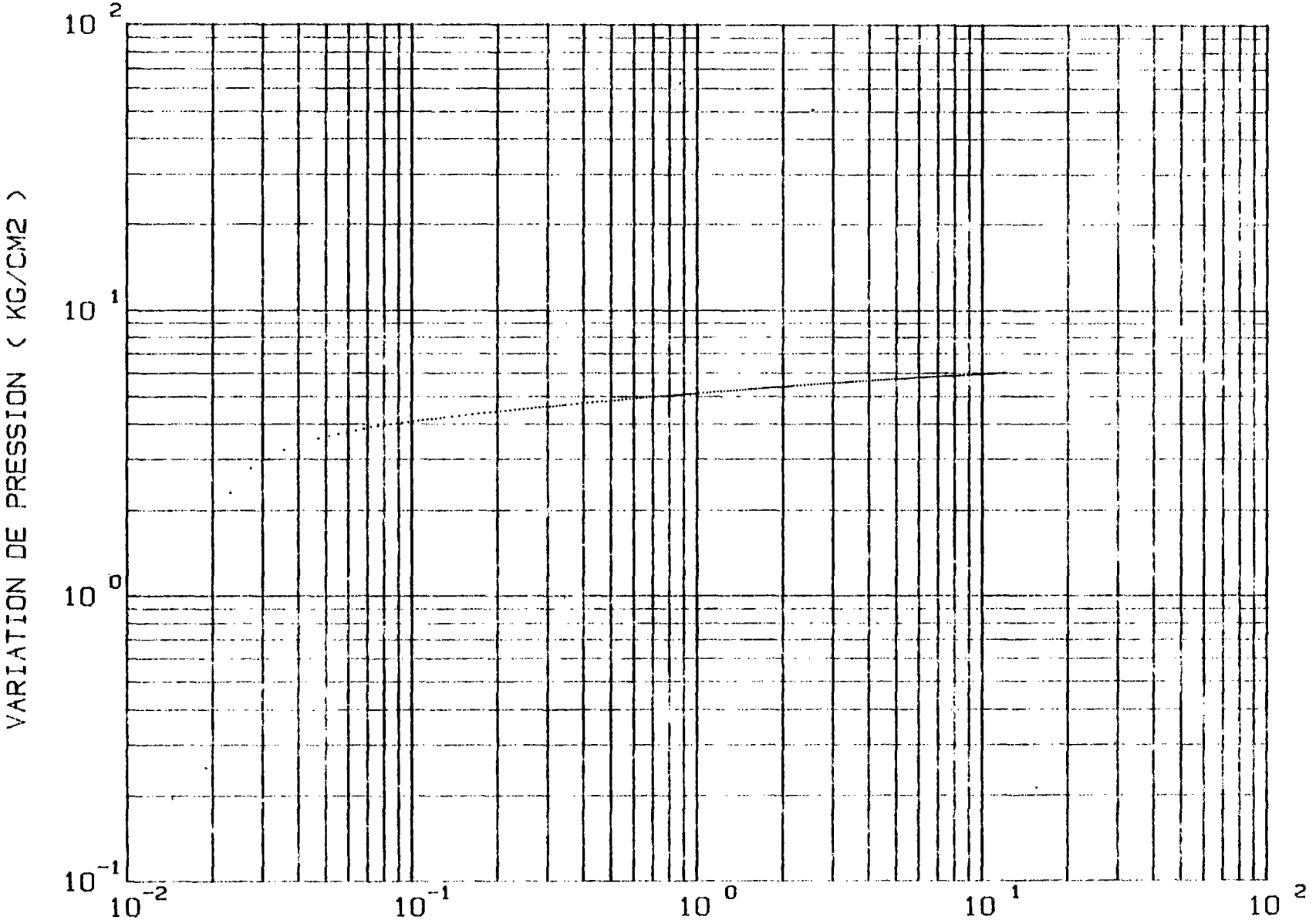


FIGURE 1 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME LOG-LOG

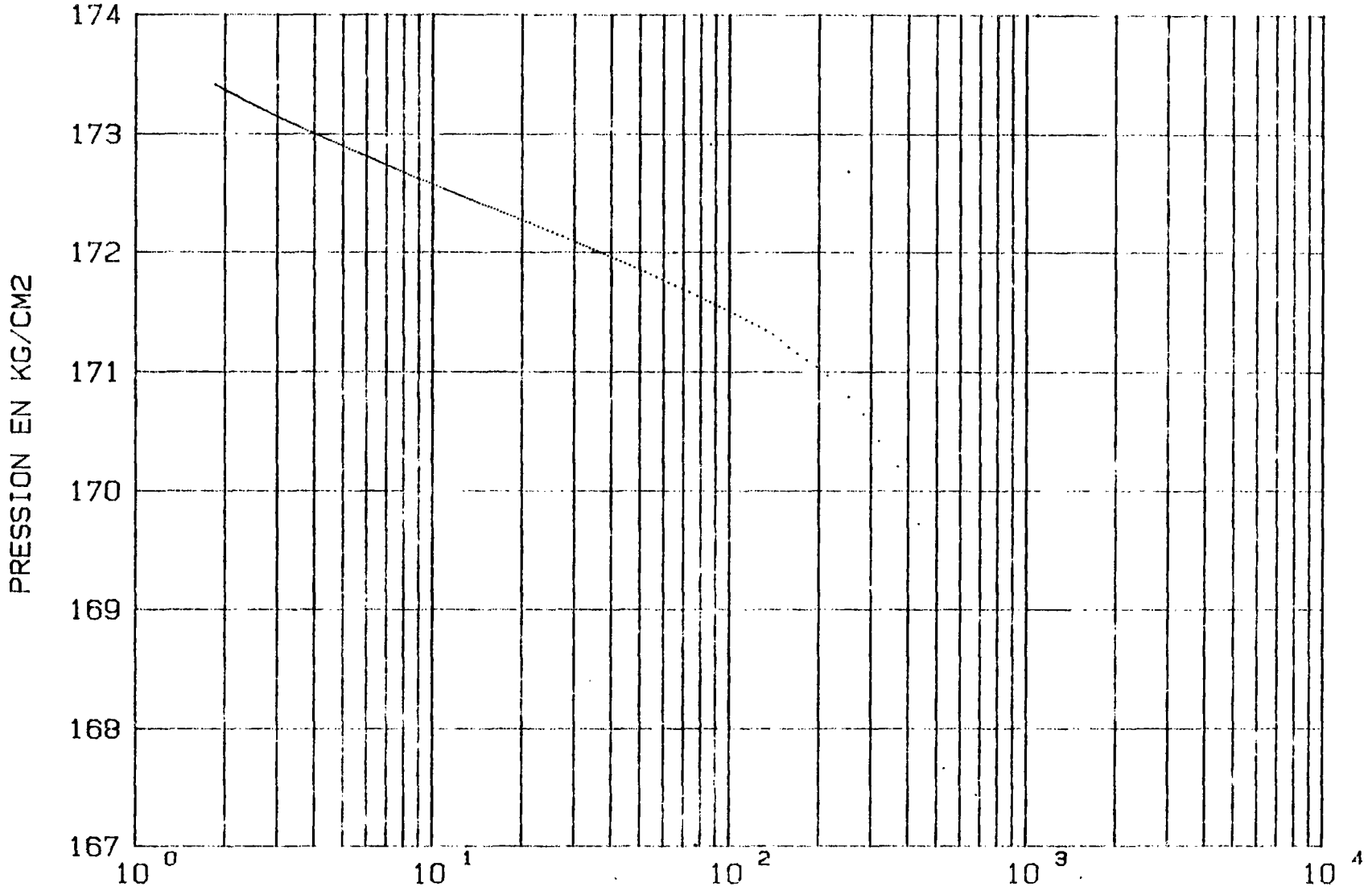


FIGURE 2 - (TP+DT)/DT
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME HORNER

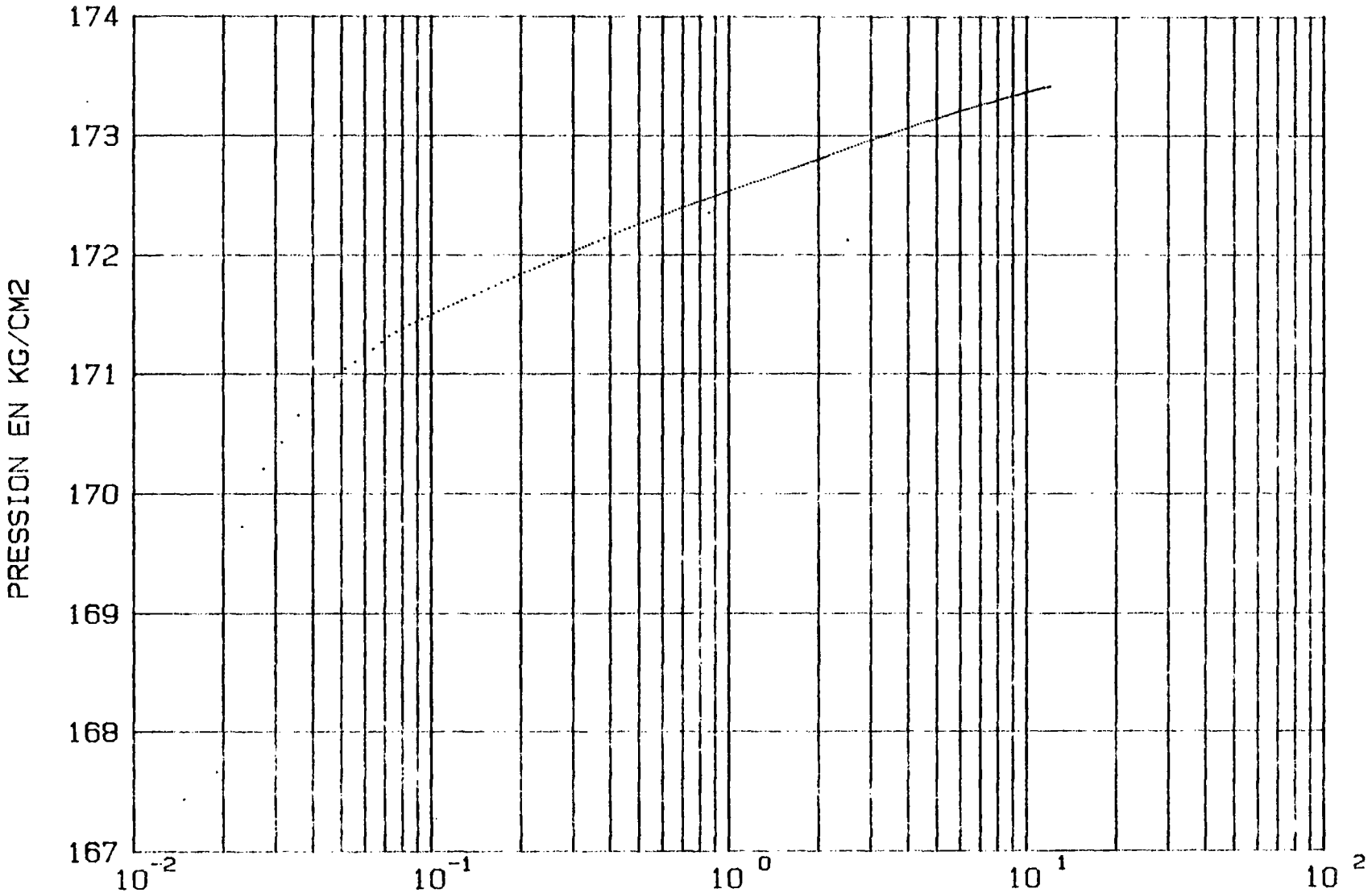


FIGURE 3 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV1
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME SEMI-LOG

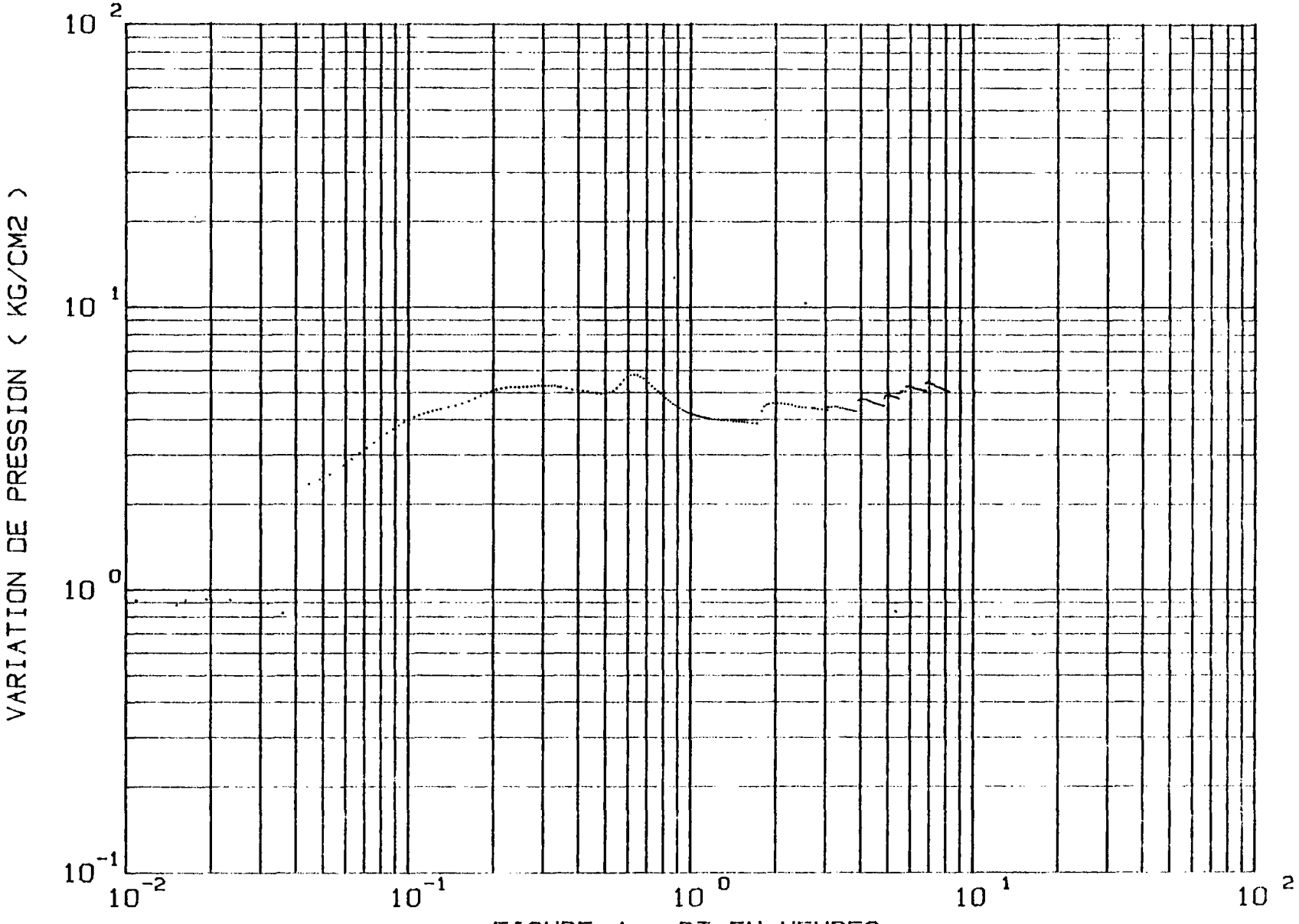


FIGURE 4 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV1
TEST D'INJECTION - DIAGRAMME LOG-LOG

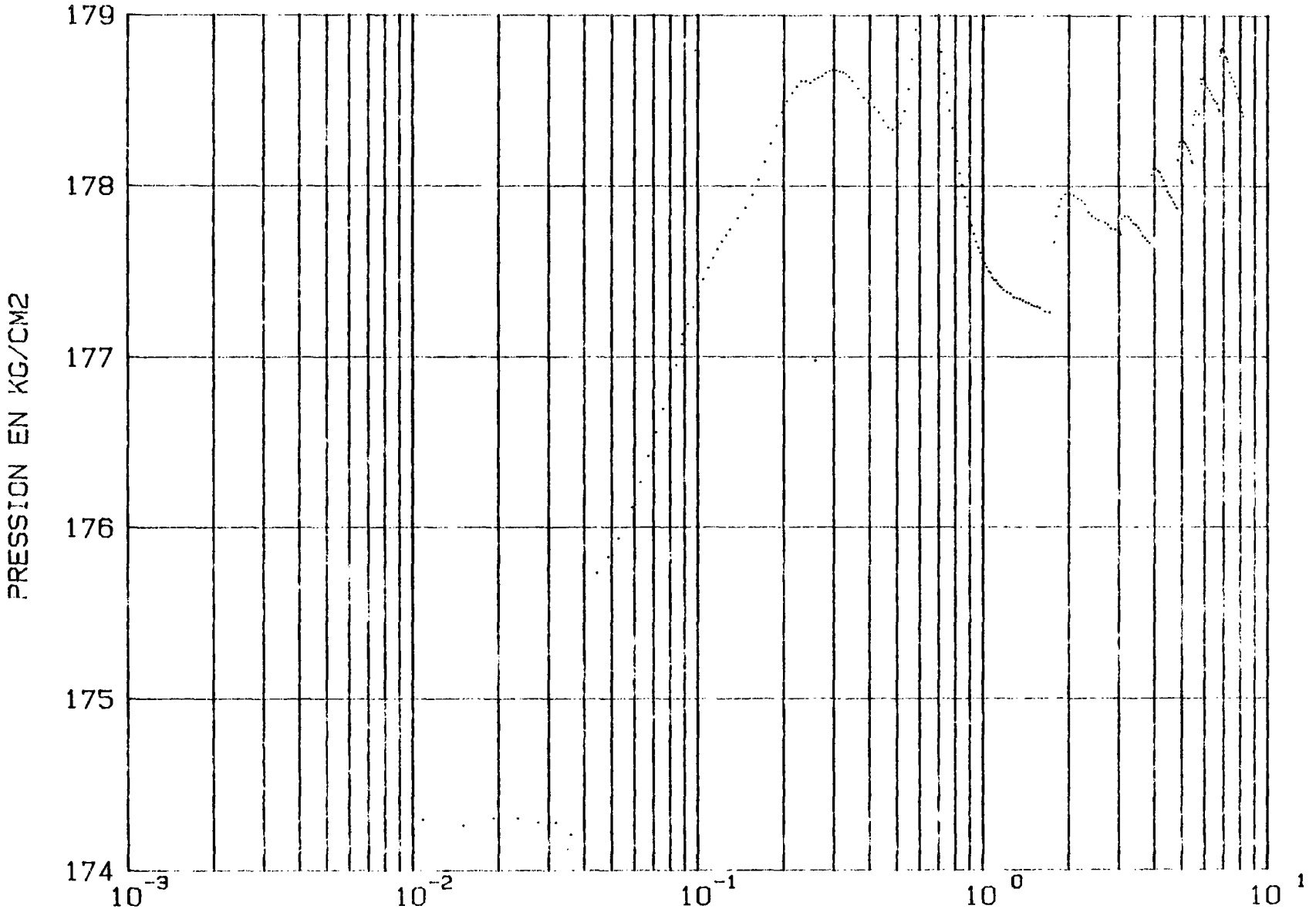


FIGURE 5 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV1
TEST D'INJECTION - DIAGRAMME SEMI-LOG

CHAPITRE V

RAPPORT D'ESSAIS DU PUITS DE PRODUCTION GLAV 2

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

5.1. RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production en air-lift montre un réservoir de transmissivité moyenne (de l'ordre de 18 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif).

Le débit artésien maximal obtenu a été 95 m3/h aprés les opérations d'acidification
(avant acidification il était de 55 m3/h)

Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 1861.5 m et 1879.5 m dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 10 m dév. (9 m vert.)
Porosité moyenne	O = 14.6 %
Température stabilisée à 1810 m.(déviés) au débit moyen de 140 m3/h (air-lift)	Tf = 56.9 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.48 cp
Salinité moyenne	= 16 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée (fin de build up)	Par = 7 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 172.060 kg/cm^2 (1810 m d.)

Paramètres retenus :

Transmissivité relative	kh/u = 37 D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh = 18 D.m
Perméabilité intrinsèque	k = 2 D
Facteur de skin	S = - 3.5

5.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 15/11/83

Le test de formation a été réalisé le 15/11/83 après les travaux de développement de l'ouvrage. Il se compose d'une période de production à débit constant (air-lift), 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.

5.2.1. CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage (15/11/83)..... t = 08.00.00
- arrêt du pompage (15/11/83)..... t = 18.30.00
- durée du pompage.....tp = 10.30.00

- fin de remontée de pression (16/11/83)..... t = 06.30.17
- débit nominal moyen..... Q = 140 m3/h

- température à 1810 m dév. au débit nominal Tf = 56.9 C
  (température de mélange durant
  la production)

- localisation de la sonde TP.....1810 m.dev.
  soit 1623.8 vert.

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

5.2.2. INTERPRETATION DE L'ESSAI :

5.2.2.1. Hauteur productive et porosité du réservoir :

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

Hauteur productive h = 10 m.devié
9 m. vertical
Porosité moyenne O = 14.6 %

5.2.2.2. Salinité moyenne :

La salinité déduite de la mesure de conductivité est de 16 g/l
(45 m.Siemens/cm à 53°C)

5.2.2.3. Compressibilité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 1861.5 et 1879.5 m dév., la compressibilité est évaluée à la profondeur moyenne de 1870 m. déviés ,soit 1677.8 m. vertical.

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

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

pour une pression de confinement de 172 atm et une température de 56.9 C.

D'aprèe l'abaque de Hall, et pour une porosité de 14.6 %, la compressibilité effective de la roche vaut :

$$Cr = 5.8\ 10^{-5}\ atm^{-1}$$

d'où la compressibilité totale :

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

5.2.2.4. Viscosité de l'eau de la formation :

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

$$u = 0.48\ cp$$

5.2.2.5. Perméabilité et facteur de skin :

La perméabilité et le facteur de skin sont déterminés à partir de l'enregistrement de la remontée de pression finale avec la sonde TP en place à 1810 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 PD = 0.82

dt = 1 h tD/CD = 150

CD.exp(2S) = 10000

Transmissivité :

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

$$\frac{kh}{u} = 5244 \text{ D.cm/cp}$$

avec u = 0.48 cp kh = 25.17 D.m

et h = 9 m k = 2.8 D

Facteur de skin :

$$C = 2.n.\frac{kh}{u}.\frac{dt}{\frac{tD}{CD}} = 9.48\ 10^{5} \text{ cm3/atm}$$

$$CD = \frac{C}{2n.O.Ct.h.rw} = 197947$$

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

il vient $S = - 1.5$

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 :

$$m = 2.00 \text{ kg/cm2/décade}$$

d'où

$$\frac{kh}{u} = \frac{0.183 \, Q}{m} = 3676 \text{ D.cm/cp}$$

$$kh = 17.64 \text{ D.m}$$

et avec h = 9 m $\quad k = 1.96$ D

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul :

$$P(1h) = 169.940 \text{ kg/cm2}$$

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

soit $S = - 3.56$

Cette dernière valeur de S traduit l'effet de skin global de l'ouvrage, incluant l'incidence de la déviation (26 degrés).

Pression statique extrapolée :

P* = 172.060 kg/cm2 abs. à 1810 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 = 1.156 kg/cm2/décade

d'où $\frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m} = 6361$ D.cm/cp

avec u = 0.48 cp. kh = 30.53 D.m

k = 3.39 D avec h = 9 m

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul P(1h) = 170.281 kg/cm2

il vient :

S = + 0.27

5.3. TEST COMPLEMENTAIRE D'INTERFERENCE

Afin de contrôler la continuité hydraulique du réservoir entre GLAV1 et GLAV2, un test d'interférence a été exécuté.
Durant cet essai, la sonde de mesure est demeurée dans le forage GLAV2 à la cote 1810 m. déviés.

Au cours de cet essai un débit moyen de 110 m3/h (artésien) a été prélevé dans le forage GLAV1 pendant 3 heures 52 minutes.

a/ Caractéristiques de l'essai

- Début de l'essai (16/11/83) .....t = 15.00.00
- Arrét de l'essai (16/11/83) .....t = 18.51.48
- Durée de l'essai .....t = 03.51.48
- Débit d'injection.....Q = 110 m3/h

Position de la sonde TP ..... 1810 m.

b/ Résultats de l'interprétation

Le report des points expérimentaux en diagramme log-log se trouve sur la figure 4 .

Le début de la baisse de pression enregistrée sur GLAV2 et dûe au prélévement dans GLAV1 se situe vers 16 heures 57 minutes soit un peu moins de 2 heures aprés le début du prélévement.

L'interprétation de la courbe enregistrée conduit par comparaison avec la courbe standard à une transmissivité de 13.42 Darcy.m.
Bien que l'ordre de grandeur soit vérifié, cette valeur n'est pas trés significative, vu les faibles rabattements enregistrés.

Le principal résultat obtenu est la réalité de l'interférence et par conséquent la vérification de la continuité hydraulique de l'aquifére entre les deux forages du doublet.

5.4. CONCLUSIONS

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production en air-lift montre un réservoir de moyenne transmissivité (de l'ordre de 18 D.m) et un ouvrage développé (facteur de skin négatif voisin de - 3.5).

Le test d'interférence a permis de vérifier la continuité hydraulique du réservoir entre les deux forages du doublet.

TABLEAU RECAPITULATIF

Niveaux producteurs	entre 1861.5 m et 1879.5 m dév.
Hauteur productrice cumulée	h = 10 m dév. soit 9 m vert.
Porosité moyenne	= 14.6 %
Température stabilisée à 1810 m dev. au débit de 140 m3/h (air-lift)	Tf = 56.9 C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.48 cp
Salinité moyenne	= 16 g/l
Compressibilité totale	$Ct = 10^{-4}$ atm^{-1}
Pression artésienne mesurée	Par = 7 bars
Pression statique extrapolée	Pe = 172.060 kg/cm2 abs. à 1810 m dév.

	retenu	(d'après) Log-Log	Horner	MDH	Interférence
Transmissivité relative kh/u en D.m/cp.	37	52.4	36.76	63.6	27.96
Transmissivité intrinsèque kh en D.m	18	25.17	17.64	30.53	13.42
Perméabilité intrinsèque k en Darcy	2	2.8	1.96	3.39	1.49
Facteur de skin S	-3.5	-1.5	-3.56	+0.27	/

5.5. PREVISION DES PRESSIONS DE POMPAGE ET DES PUISSANCES CONSOMMEES

Les pressions de pompage sont calculées pour une installation fonctionnant en boucle avec un puits de pompage et un puits de réinjection opérant à même débit. Les données utilisées sont issues des résultats des essais sur les forages GLAV1 et GLAV2.

5.5.1. CARACTERISTIQUES DE LA BOUCLE GEOTHERMALE

5.5.1.1. PARAMETRES DU RESERVOIR

Les caractéristiques moyennes retenues sont les suivantes :

Hauteur productive cumulée ..... 16.5 m (GLAV1)
9 m (GLAV2)
Porosité moyenne ..... 15.6 % (GLAV1)
14.6 % (GLAV2)
(GLAV1)
18 D.m (GLAV2)
Perméabilité intrinsèque ..... 1.5 D (GLAV1)
2 D (GLAV2)
Température moyenne du réservoir en production: 57.3 C (GLAV1)
56.9 C (GLAV2)
Viscosité du fluide ..... 0.48 cp
Pression artésienne potentielle corrigée.....8.8 kg/cm2
(GLAV2)

5.5.1.2. DISTANCE ENTRE OUVRAGES

La distance réelle entre les puits au niveau du réservoir est de 1285 m (toit).

5.5.1.3. CARACTERISTIQUES PARTICULIERES DES FORAGES

Puits de production :

Tubage 7 " jusqu'à 1818 m déviés

Réservoir 6 " ; facteur de skin : - 3.5

Puits de réinjection :

Tubage 7 " jusqu'à 1812 m déviés

Réservoir 6 " ; facteur de skin : - 4

5.5.2. RELATIONS UTILISEES POUR LES CALCULS

5.5.2.1. VARIATION DE PRESSION HYDRODYNAMIQUE dPh

Puits de production :

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

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).

5.5.2.2. PERTES DE CHARGE DANS LES TUBAGES dPc

Relation utilisée :

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

di = diamètre intérieur du casing

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

5.5.2.3. BILAN DES PRESSIONS

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

Production : Pd = dPh + dPc - Pap

Injection : Pd = dPh + dPc + Pas

5.5.2.4. PUISSANCE ELECTRIQUE DE POMPAGE

La puissance éléctrique de pompage est calculée par la relation :

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

DONNEES PUITS DE PRODUCTION :

PERMEABILITE INTRINSEQUE.....	2.000	D
HAUTEUR PRODUCTIVE CUMULEE.....	9.000	m
VISCOSITE DU FLUIDE RESERVOIR....	.480	cp
DISTANCE ENTRE PUITS.....	1285.000	m
RAYON PUITS DE PRODUCTION.....	7.620	cm
SKIN DE PRODUCTION.....	-3.500	
POROSITE.....	.146	
COMPRESSIBILITE TOTALE.....	.100E-03	atm-1
DIAMETRE INTERIEUR TUBAGE.....	15.940	cm
LONGUEUR TUBAGE DE PRODUCTION....	1818.000	m
LONGUEUR PRODUCTION RESERVOIR....	61.500	m
PRESSION ARTESIENNE POTENTIELLE..	8.800	kg/cm2
OPTION CALCUL INTERFERENCE.....	2	

DONNEES PUITS D"INJECTION :

PERMEABILITE INTRINSEQUE.....	1.500	D
HAUTEUR PRODUCTIVE CUMULEE.....	16.500	m
RAYON PUITS D"INJECTION.....	7.620	cm
SKIN INJECTION.....	-4.000	
DIAMETRE INTERIEUR TUBAGE.....	15.940	cm
LONGUEUR TUBAGE.....	1812.000	m
LONGUEUR INJECTION RESERVOIR.....	63.000	m

5.5.3.1.1. PUITS DE PRODUCTION

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	4.2	6.4	8.5	10.6	12.7	17.0	21.2	25.5	kg/cm2
dPc	.5	1.1	1.8	2.7	3.7	6.2	9.2	12.8	kg/cm2
dPap	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	kg/cm2
Pd	-4.0	-1.4	1.5	4.5	7.6	14.3	21.6	29.4	kg/cm2
Pe	-8.	-4.	6.	22.	46.	115.	216.	353.	kW

5.5.3.1.2. PUITS DE PRODUCTION

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	4.4	6.6	8.8	11.0	13.2	17.6	22.0	26.4	kg/cm2
dPc	.5	1.1	1.8	2.7	3.7	6.2	9.2	12.8	kg/cm2
dPap	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	kg/cm2
Pd	-3.9	-1.1	1.8	4.9	8.1	15.0	22.4	30.4	kg/cm2
Pe	-8.	-3.	7.	24.	49.	120.	224.	365.	kW

5.5.3.1.3. PUITS DE PRODUCTION

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	4.6	7.0	9.3	11.6	13.9	18.6	23.2	27.9	kg/cm2
dPc	.5	1.1	1.8	2.7	3.7	6.2	9.2	12.8	kg/cm2
dPap	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	kg/cm2
Pd	-3.6	-.8	2.3	5.5	8.8	15.9	23.6	31.8	kg/cm2
Pe	-7.	-2.	9.	27.	53.	128.	236.	382.	kW

5.5.3.2. PUITS D"INJECTION

5.5.3.2.1. Temperature d"injection :25.00 C
Viscosite : .92 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	3.0	4.6	6.2	7.9	9.5	12.9	16.4	19.9	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	3.0	4.2	7.1	10.5	14.6	kg/cm2
dPap	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	kg/cm2
Pd	11.0	13.2	15.7	18.4	21.2	27.5	34.4	42.0	kg/cm2
Pe	22.	40.	63.	92.	127.	220.	344.	504.	kW

5.5.3.2.2. Temperature d"injection :30.00 C
Viscosite : .82 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.8	4.2	5.7	7.3	8.8	11.9	15.1	18.2	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	3.0	4.1	6.9	10.3	14.2	kg/cm2
dPap	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	kg/cm2
Pd	11.0	13.1	15.4	17.9	20.6	26.5	33.0	40.2	kg/cm2
Pe	22.	39.	62.	90.	124.	212.	330.	482.	kW

5.5.3.2.3. Temperature d"injection :35.00 C
Viscosite : .74 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.6	4.0	5.4	6.8	8.2	11.1	14.0	16.9	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	2.9	4.0	6.7	10.1	13.9	kg/cm2
dPap	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	kg/cm2
Pd	11.2	13.1	15.3	17.7	20.2	25.8	32.0	38.8	kg/cm2
Pe	22.	39.	61.	88.	121.	207.	320.	466.	kW

5.5.3.2.4. Temperature d"injection :40.00 C
Viscosite : .67 cp

Estimations apres 1.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.5	3.7	5.0	6.4	7.7	10.3	13.0	15.7	kg/cm2
dPc	.6	1.1	1.9	2.8	3.9	6.6	9.9	13.7	kg/cm2
dPap	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	kg/cm2
Pd	11.3	13.2	15.3	17.5	19.9	25.2	31.2	37.7	kg/cm2
Pe	23.	40.	61.	88.	120.	202.	312.	452.	kW

5.5.3.2.5. Temperature d"injection :25.00 C
Viscosite : .92 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	3.2	4.9	6.7	8.4	10.2	13.9	17.6	21.3	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	3.0	4.2	7.1	10.5	14.6	kg/cm2
dPap	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	kg/cm2
Pd	11.3	13.6	16.2	19.0	21.9	28.4	35.6	43.4	kg/cm2
Pe	23.	41.	65.	95.	132.	227.	356.	521.	kW

5.5.3.2.6. Temperature d"injection :30.00 C
Viscosite : .82 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.9	4.5	6.0	7.6	9.2	12.5	15.8	19.1	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	3.0	4.1	6.9	10.3	14.2	kg/cm2
dPap	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	kg/cm2
Pd	11.2	13.3	15.7	18.3	21.0	27.1	33.8	41.1	kg/cm2
Pe	22.	40.	63.	91.	126.	217.	338.	493.	kW

5.5.3.2.7. Temperature d"injection :35.00 C
Viscosite : .74 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.7	4.1	5.5	7.0	8.4	11.4	14.3	17.3	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	2.9	4.0	6.7	10.1	13.9	kg/cm2
dPap	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	kg/cm2
Pd	11.2	13.3	15.5	17.9	20.5	26.1	32.4	39.3	kg/cm2
Pe	22.	40.	62.	89.	123.	209.	324.	471.	kW

5.5.3.2.8. Temperature d"injection :40.00 C
Viscosite : .67 cp

Estimations apres 7.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.5	3.8	5.1	6.4	7.7	10.4	13.1	15.8	kg/cm2
dPc	.6	1.1	1.9	2.8	3.9	6.6	9.9	13.7	kg/cm2
dPap	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	kg/cm2
Pd	11.3	13.2	15.3	17.5	20.0	25.3	31.2	37.7	kg/cm2
Pe	23.	40.	61.	88.	120.	202.	312.	453.	kW

5.5.3.2.9. Temperature d"injection :25.00 C
Viscosite : .92 cp

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	3.5	5.4	7.3	9.3	11.3	15.3	19.3	23.4	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	3.0	4.2	7.1	10.5	14.6	kg/cm2
dPap	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	kg/cm2
Pd	11.6	14.1	16.9	19.8	23.0	29.8	37.3	45.4	kg/cm2
Pe	23.	42.	67.	99.	138.	238.	373.	545.	kW

5.5.3.2.10. Temperature d"injection :30.00 C
Viscosite : .82 cp

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	3.1	4.8	6.4	8.1	9.9	13.3	16.8	20.4	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	3.0	4.1	6.9	10.3	14.2	kg/cm2
dPap	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	kg/cm2
Pd	11.4	13.7	16.1	18.8	21.7	27.9	34.8	42.3	kg/cm2
Pe	23.	41.	65.	94.	130.	223.	348.	508.	kW

5.5.3.2.11. Temperature d"injection :35.00 C
Viscosite : .74 cp

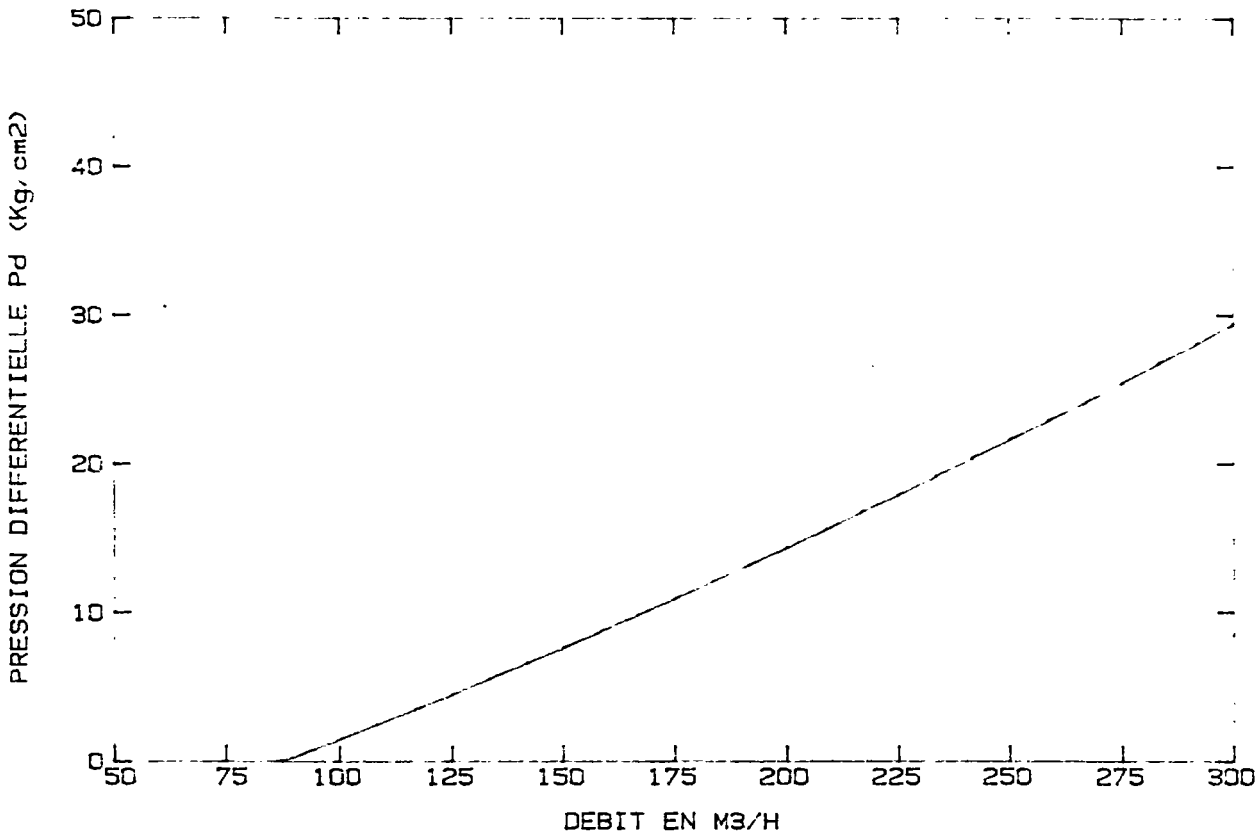
Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

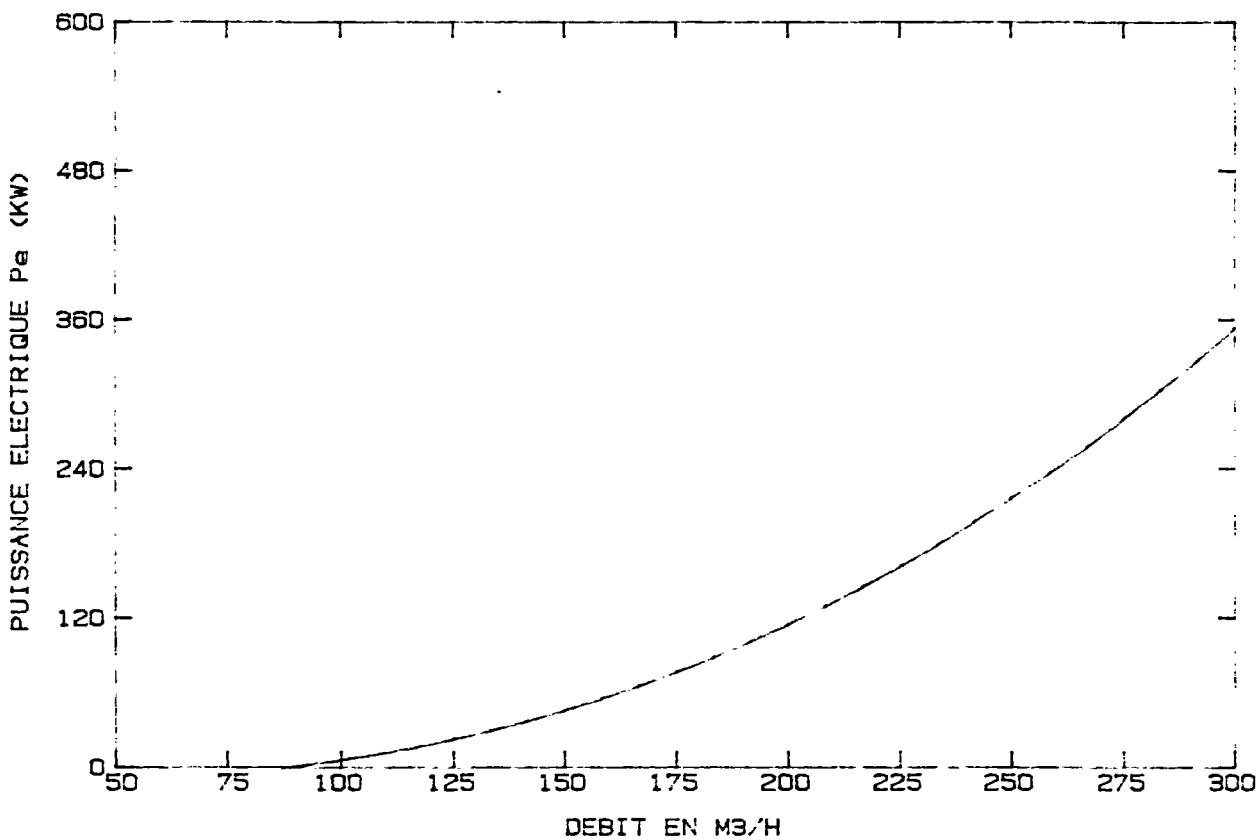
Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.8	4.2	5.7	7.2	8.7	11.8	14.9	18.0	kg/cm2
dPc	.6	1.2	2.0	2.9	4.0	6.7	10.1	13.9	kg/cm2
dPap	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	kg/cm2
Pd	11.3	13.4	15.7	18.1	20.8	26.5	32.9	39.9	kg/cm2
Pe	23.	40.	63.	91.	125.	212.	329.	479.	kW

5.5.3.2.12. Temperature d"injection :40.00 C
Viscosite : .67 cp

Estimations apres 120.00 mois d"exploitation a debit constant.

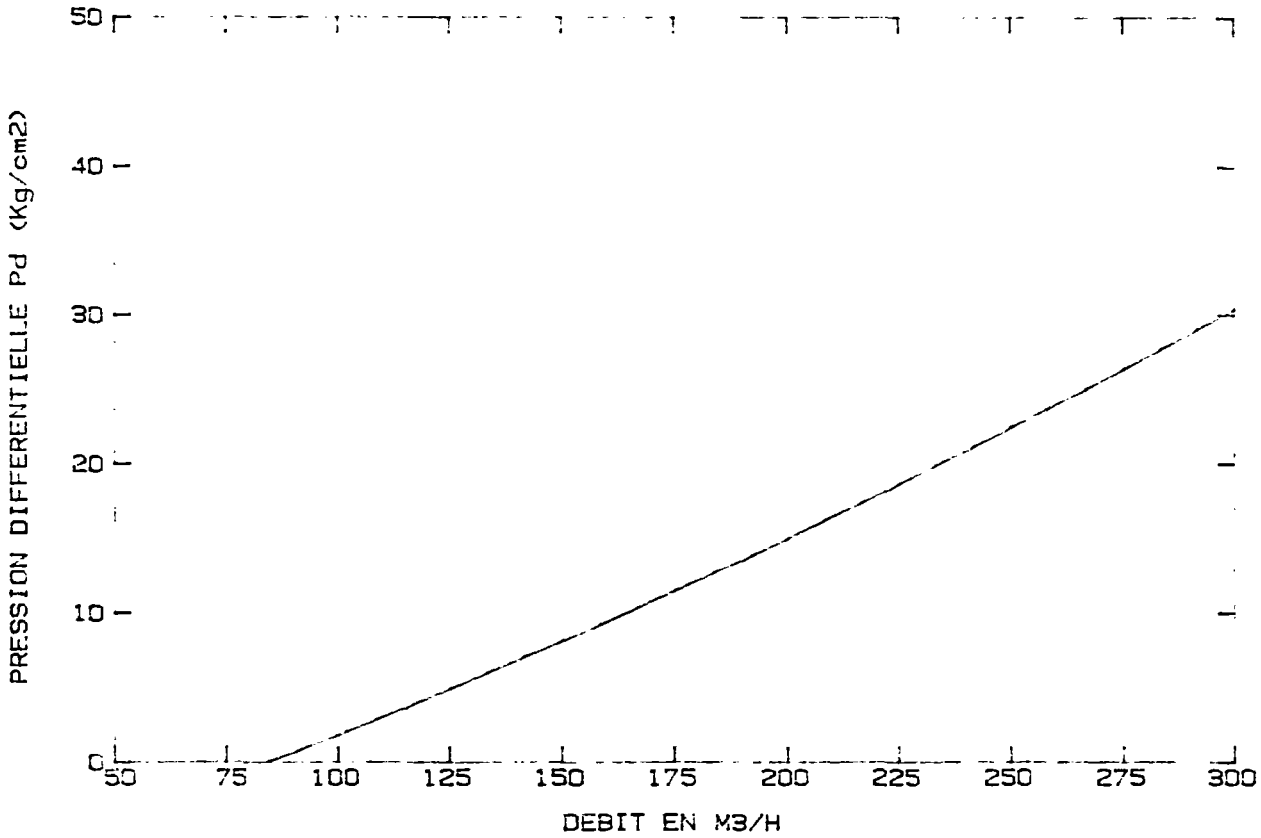
Q	50.	75.	100.	125.	150.	200.	250.	300.	m3/h
dPh	2.5	3.8	5.1	6.4	7.8	10.4	13.1	15.9	kg/cm2
dPc	.6	1.1	1.9	2.8	3.9	6.6	9.9	13.7	kg/cm2
dPap	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	kg/cm2
Pd	11.3	13.2	15.3	17.6	20.0	25.3	31.3	37.8	kg/cm2
Pe	23.	40.	61.	88.	120.	203.	313.	454.	kW

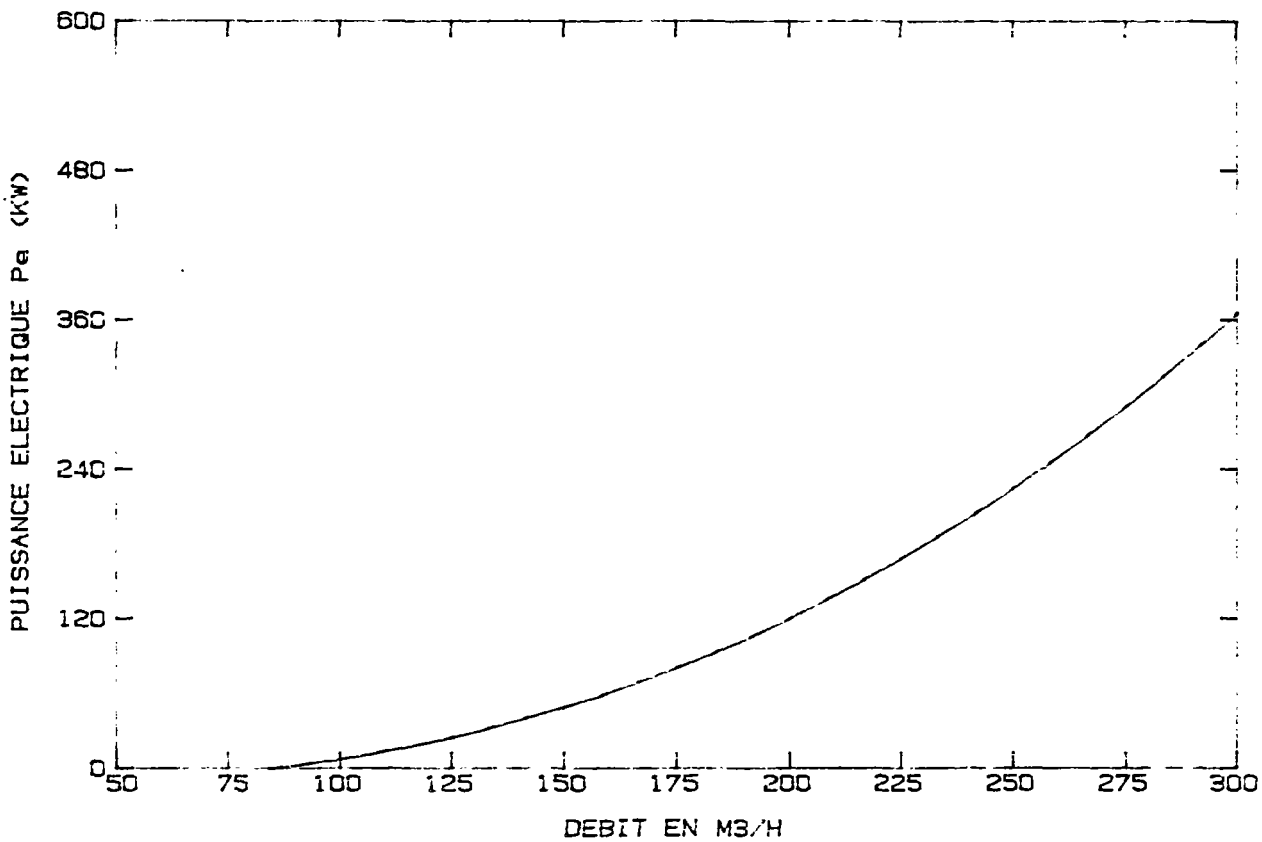




PRODUCTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 1.0

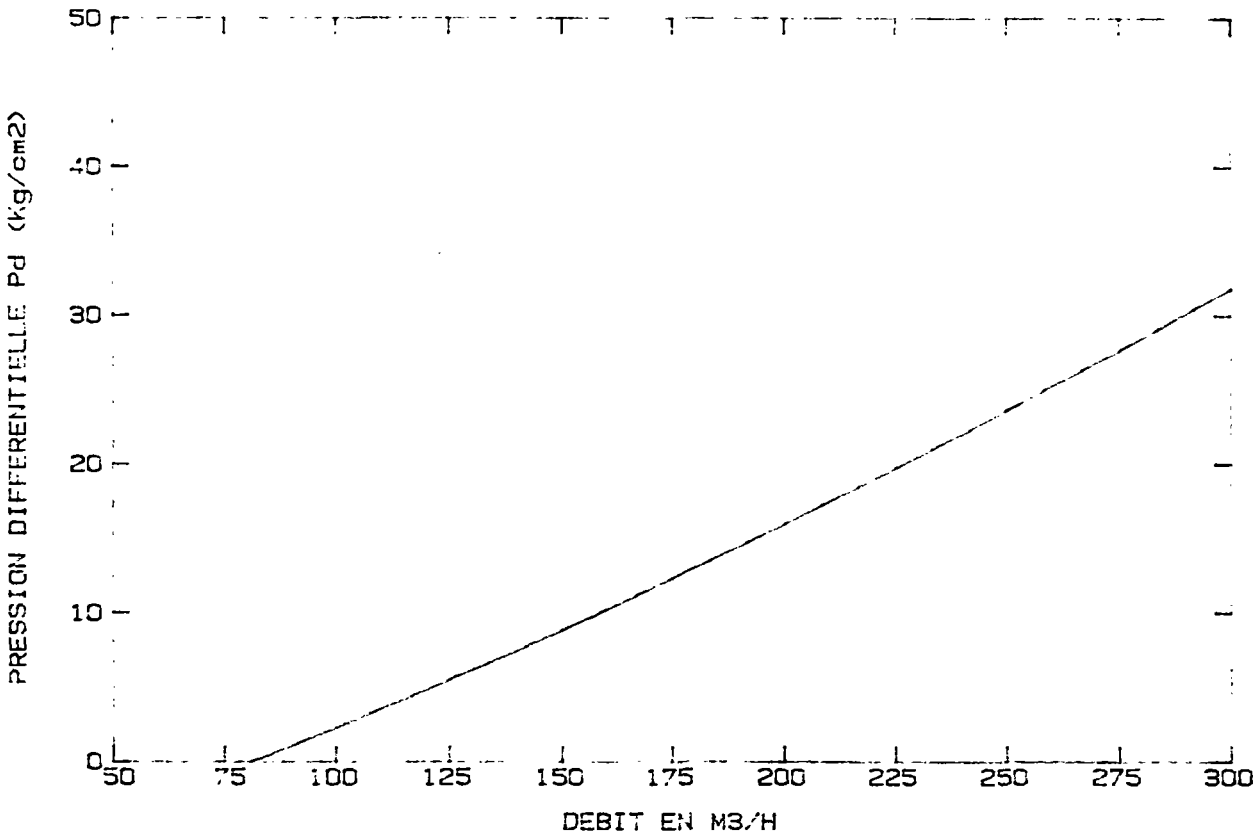
FORAGE GLAV2

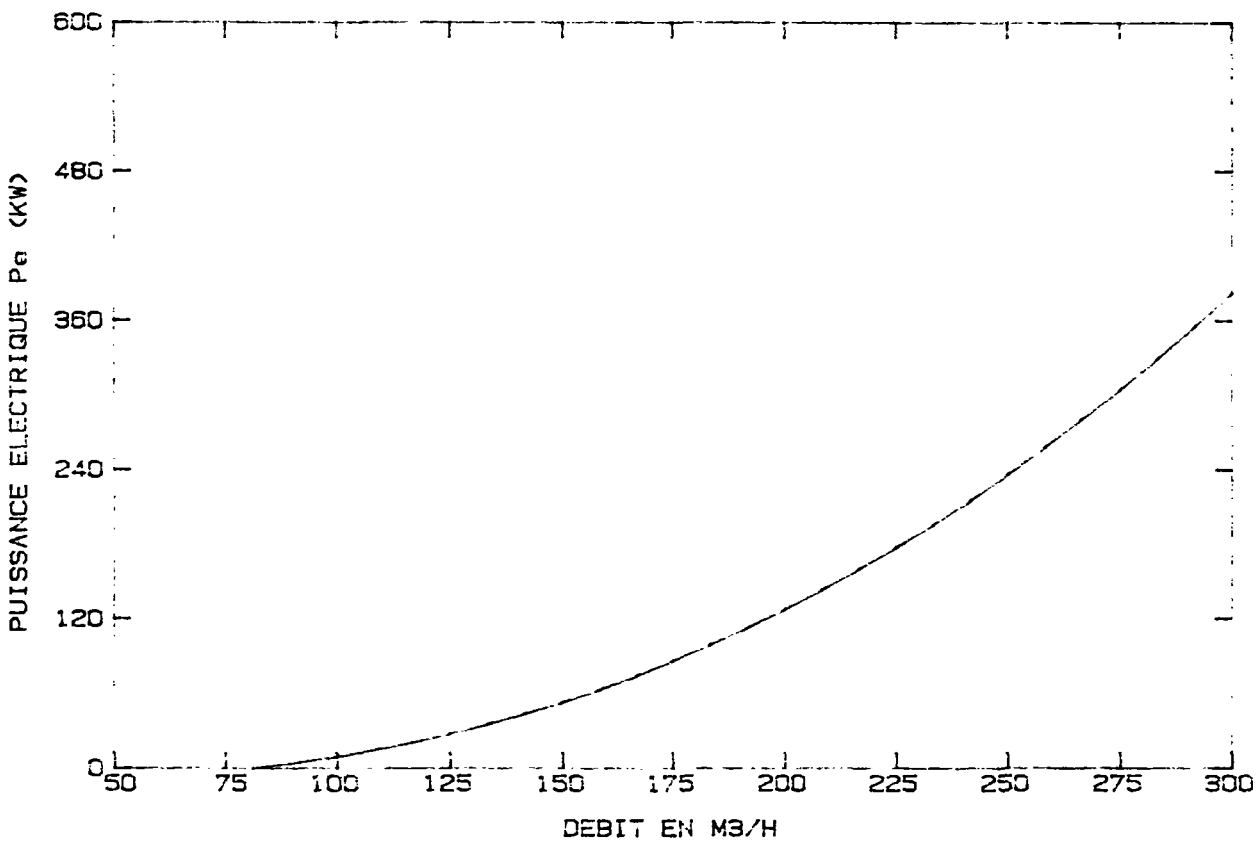




PRODUCTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 7.0

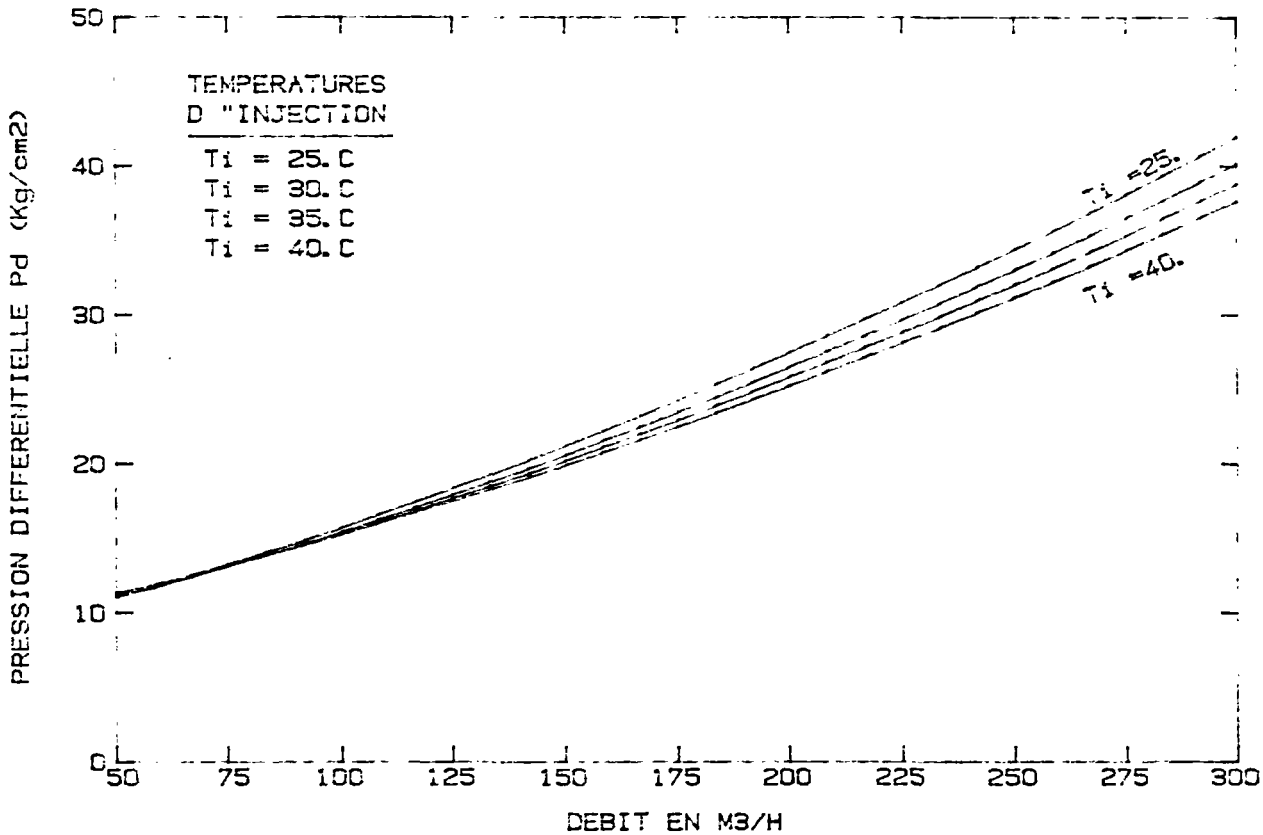
FORAGE GLAV2

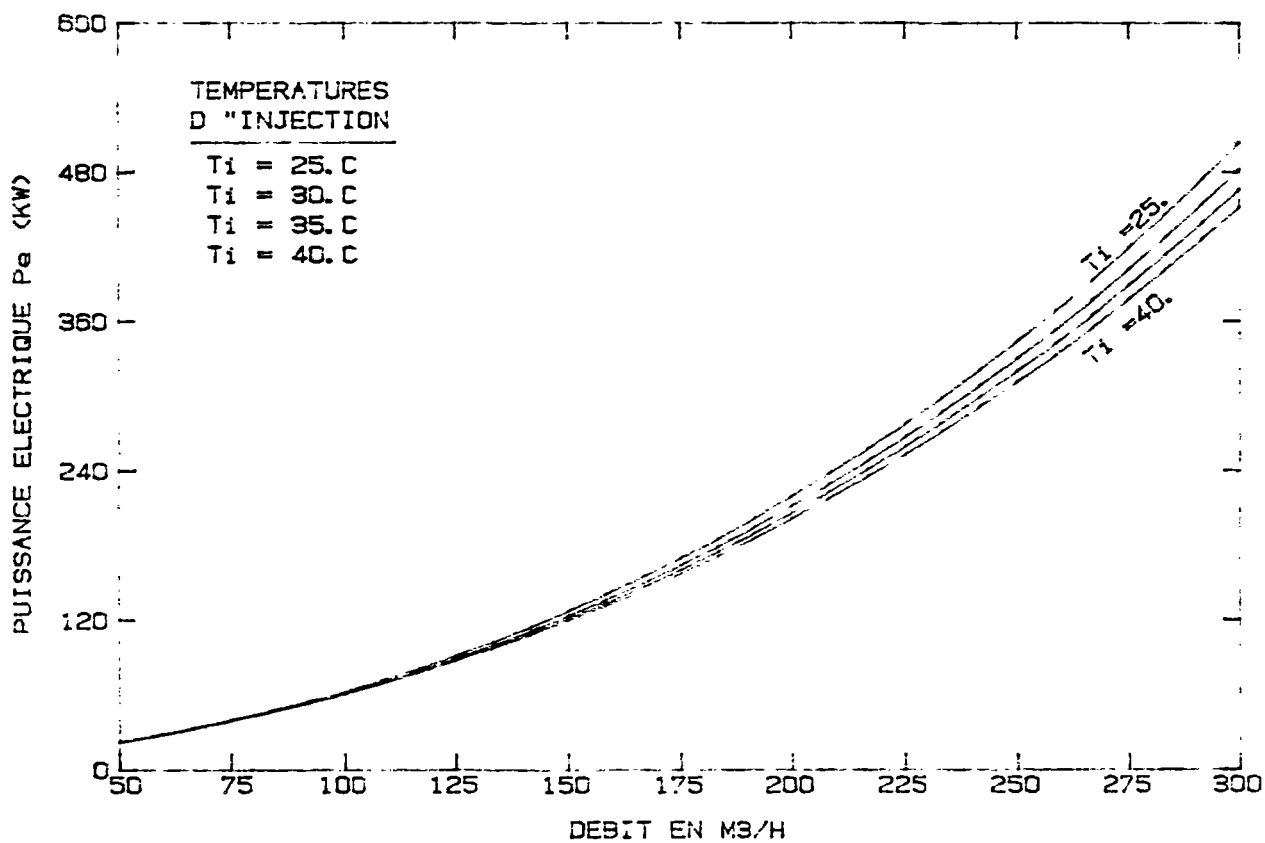




PRODUCTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 120.0

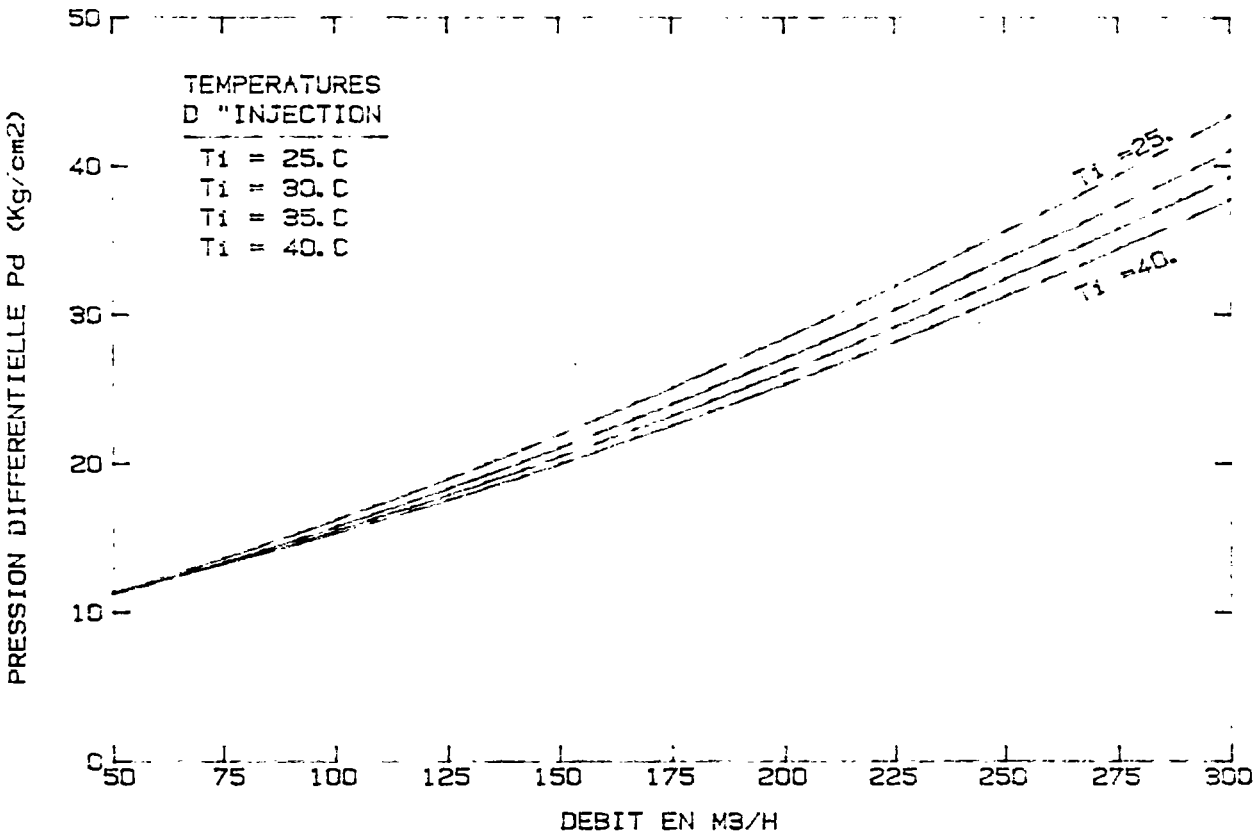
FORAGE GLAV2

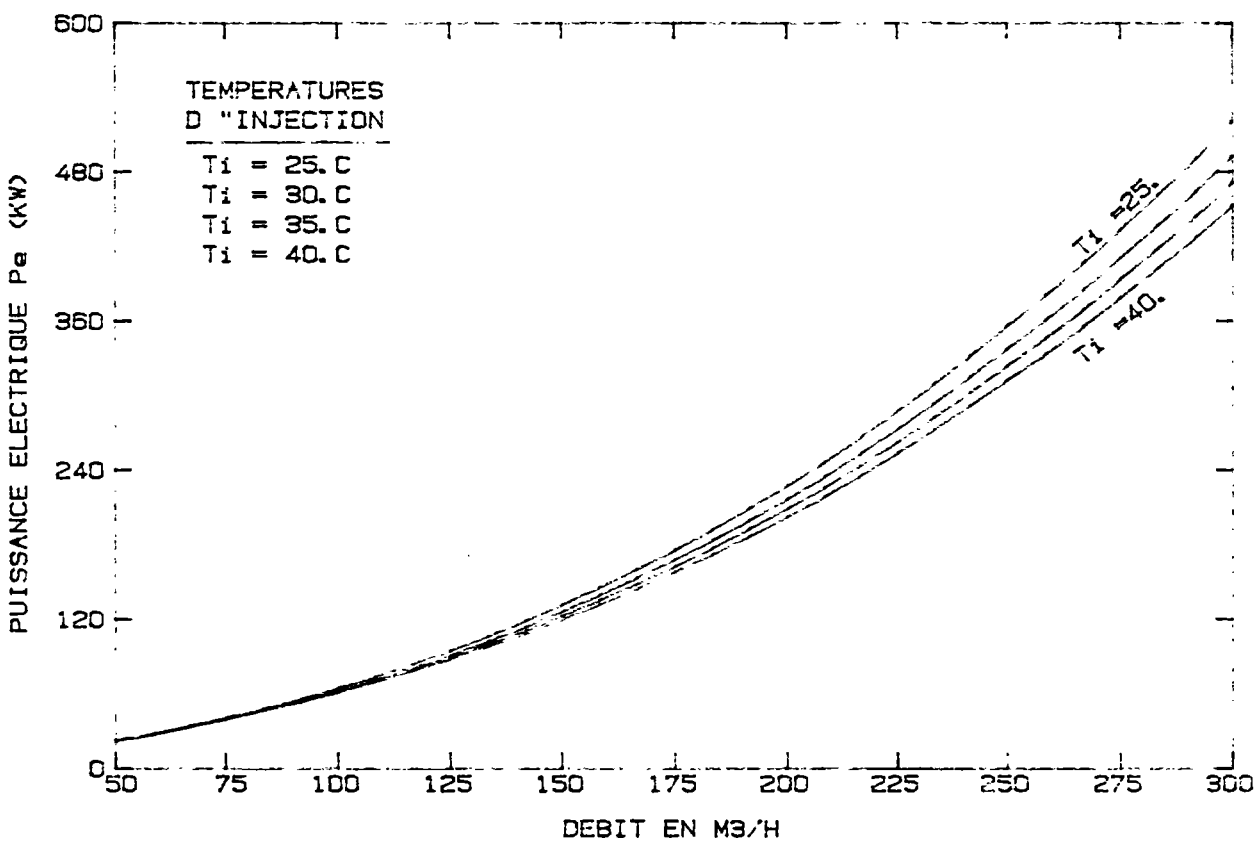




INJECTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 1.0

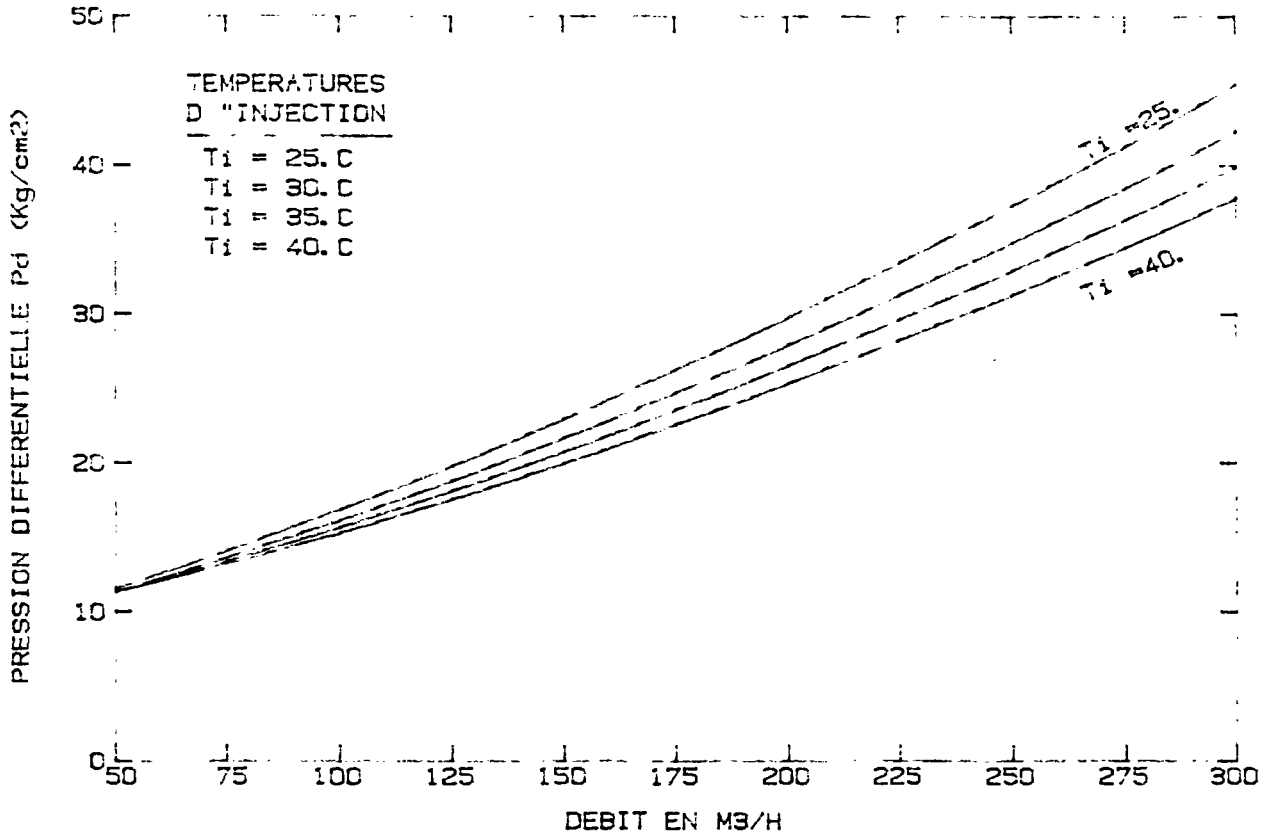
FORAGE GLAVi

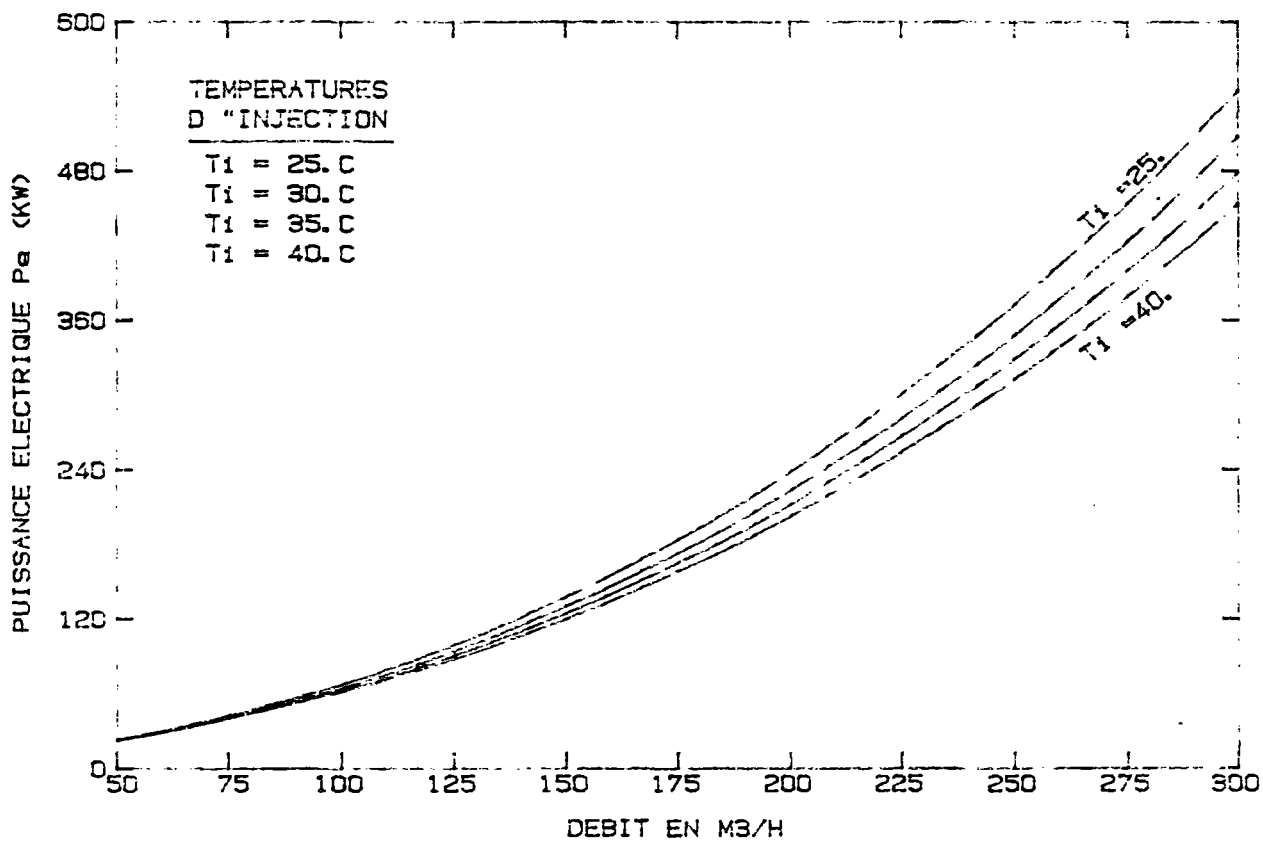




INJECTION : PREVISION D"EXPLOITATION A t(mois)= 7.0

FORAGE GLAV1





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

FORAGE GLAV1

5.6. - ANNEXES

LA VILLETTE - GLAV2

REMONTEE DE PRESSION DU 15:11:83

DUREE DE PRODUCTION = 10.500 Heures
Pwfo..... = 160.953 Kg/cm2

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
1	18.31. 8	.05000	.335	211.003	161.288
2	18.31.23	.05417	.749	194.846	161.702
3	18.31.28	.05556	1.175	190.001	162.128
4	18.31.53	.06250	1.869	169.000	162.822
5	18.32. 8	.06667	2.627	158.502	163.580
6	18.32.23	.07083	3.408	149.236	164.361
7	18.32.38	.07500	4.170	141.002	165.123
8	18.32.53	.07917	4.846	133.632	165.799
9	18.33. 8	.08333	5.381	127.002	166.334
10	18.33.23	.08750	5.768	121.001	166.721
11	18.33.38	.09167	6.044	115.547	166.997
12	18.33.53	.09583	6.247	110.566	167.200
13	18.34. 8	.10000	6.406	106.000	167.359
14	18.34.23	.10417	6.535	101.799	167.488
15	18.34.38	.10833	6.644	97.923	167.597
16	18.34.53	.11250	6.732	94.332	167.685
17	18.35. 8	.11667	6.815	91.000	167.768
18	18.35.23	.12083	6.885	87.896	167.838
19	18.35.38	.12500	6.949	85.000	167.902
20	18.36.17	.13583	7.103	78.300	168.056
21	18.36.32	.14000	7.151	76.000	168.104
22	18.36.47	.14417	7.199	73.832	168.152
23	18.37. 2	.14833	7.245	71.787	168.198
24	18.37.17	.15250	7.291	69.852	168.244
25	18.37.32	.15667	7.330	68.022	168.283
26	18.37.47	.16083	7.369	66.285	168.322
27	18.38. 2	.16500	7.407	64.637	168.360
28	18.38.17	.16917	7.443	63.069	168.396
29	18.38.32	.17333	7.476	61.577	168.429
30	18.38.47	.17750	7.509	60.155	168.462
31	18.39. 2	.18167	7.539	58.799	168.492
32	18.39.32	.19000	7.601	56.264	168.554

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
33	18.40. 2	.19833	7.653	53.942	168.606
34	18.40.32	.20667	7.704	51.807	168.657
35	18.41. 2	.21500	7.751	49.838	168.704
36	18.41.32	.22333	7.796	48.015	168.749
37	18.42. 2	.23167	7.839	46.324	168.792
38	18.42.32	.24000	7.879	44.750	168.832
39	18.43. 2	.24833	7.915	43.282	168.868
40	18.43.32	.25667	7.954	41.909	168.907
41	18.44. 2	.26500	7.985	40.623	168.938
42	18.44.32	.27333	8.018	39.415	168.971
43	18.45. 2	.28167	8.052	38.278	169.005
44	18.45.32	.29000	8.080	37.207	169.033
45	18.46. 2	.29833	8.111	36.196	169.064
46	18.46.32	.30667	8.137	35.239	169.090
47	18.47. 2	.31500	8.164	34.333	169.117
48	18.47.32	.32333	8.190	33.474	169.143
49	18.48. 2	.33167	8.215	32.658	169.168
50	18.48.32	.34000	8.238	31.883	169.191
51	18.49. 2	.34833	8.263	31.144	169.216
52	18.49.32	.35667	8.284	30.439	169.237
53	18.50. 2	.36500	8.305	29.767	169.258
54	18.50.32	.37333	8.327	29.125	169.280
55	18.51. 2	.38167	8.347	28.511	169.300
56	18.51.32	.39000	8.367	27.923	169.320
57	18.52. 2	.39833	8.386	27.360	169.339
58	18.52.32	.40667	8.404	26.820	169.357
59	18.53. 2	.41500	8.423	26.301	169.376
60	18.53.32	.42333	8.440	25.803	169.393
61	18.54. 2	.43167	8.459	25.324	169.412
62	18.54.32	.44000	8.474	24.864	169.427
63	18.55. 2	.44833	8.492	24.420	169.445
64	18.55.32	.45667	8.507	23.993	169.460
65	18.56. 2	.46500	8.523	23.581	169.476
66	18.56.32	.47333	8.538	23.183	169.491
67	18.57. 2	.48167	8.554	22.799	169.507
68	18.57.32	.49000	8.569	22.429	169.522
69	18.58. 2	.49833	8.583	22.070	169.536
70	18.58.32	.50667	8.596	21.724	169.549
71	18.59. 2	.51500	8.610	21.388	169.563
72	18.59.32	.52333	8.625	21.064	169.578
73	19. 0. 2	.53167	8.636	20.749	169.589
74	19. 0.32	.54000	8.651	20.444	169.604
75	19. 1. 2	.54833	8.662	20.149	169.615
76	19. 1.32	.55667	8.675	19.862	169.628

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
77	19. 2. 2	.56500	8.686	19.584	169.639
78	19. 2.32	.57333	8.696	19.314	169.649
79	19. 3. 2	.58167	8.712	19.052	169.665
80	19. 3.32	.59000	8.722	18.797	169.675
81	19. 4. 2	.59833	8.734	18.549	169.687
82	19. 4.32	.60667	8.745	18.308	169.698
83	19. 5. 2	.61500	8.757	18.073	169.710
84	19. 5.32	.62333	8.767	17.845	169.720
85	19. 6.32	.64000	8.787	17.406	169.740
86	19. 7.32	.65667	8.810	16.990	169.763
87	19. 8.32	.67333	8.828	16.594	169.781
88	19. 9.32	.69000	8.846	16.217	169.799
89	19.10.32	.70667	8.864	15.859	169.817
90	19.21.29	.88917	9.031	12.809	169.984
91	19.21.32	.89000	9.036	12.798	169.989
92	19.21.35	.89083	9.033	12.787	169.986
93	19.21.39	.89194	9.035	12.772	169.988
94	19.21.42	.89278	9.036	12.761	169.989
95	19.21.45	.89361	9.035	12.750	169.988
96	19.21.52	.89556	9.037	12.725	169.990
97	19.21.55	.89639	9.039	12.714	169.992
98	19.22.25	.90472	9.046	12.606	169.999
99	19.22.40	.90889	9.050	12.553	170.003
100	19.22.55	.91306	9.052	12.500	170.005
101	19.23.10	.91722	9.056	12.448	170.009
102	19.23.25	.92139	9.059	12.396	170.012
103	19.23.40	.92555	9.063	12.345	170.016
104	19.24.10	.93389	9.071	12.243	170.024
105	19.24.40	.94222	9.076	12.144	170.029
106	19.25.10	.95055	9.083	12.046	170.036
107	19.25.40	.95889	9.089	11.950	170.042
108	19.26.10	.96722	9.097	11.856	170.050
109	19.26.40	.97555	9.102	11.763	170.055
110	19.27.10	.98389	9.106	11.672	170.059
111	19.27.40	.99222	9.114	11.582	170.067
112	19.28.10	1.00056	9.120	11.494	170.073
113	19.28.40	1.00889	9.126	11.407	170.079
114	19.29.10	1.01722	9.132	11.322	170.085
115	19.29.40	1.02555	9.140	11.238	170.093
116	19.38.37	1.17472	9.241	9.938	170.194
117	19.38.40	1.17555	9.241	9.932	170.194
118	19.38.50	1.17833	9.242	9.911	170.195
119	19.39.20	1.18667	9.247	9.848	170.200
120	19.39.50	1.19500	9.253	9.787	170.206

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
121	19.40.20	1.20333	9.258	9.726	170.211
122	19.40.50	1.21167	9.260	9.666	170.213
123	19.51.57	1.39694	9.360	8.516	170.313
124	19.52. 0	1.39778	9.361	8.512	170.314
125	19.52. 3	1.39861	9.362	8.507	170.315
126	19.52.40	1.40889	9.366	8.453	170.319
127	19.53.10	1.41722	9.370	8.409	170.323
128	19.53.40	1.42555	9.374	8.366	170.327
129	19.54.10	1.43389	9.375	8.323	170.328
130	19.54.40	1.44222	9.381	8.280	170.334
131	19.55.10	1.45055	9.385	8.239	170.338
132	19.55.40	1.45889	9.388	8.197	170.341
133	19.56.10	1.46722	9.393	8.156	170.346
134	19.56.40	1.47555	9.398	8.116	170.351
135	19.57.10	1.48389	9.401	8.076	170.354
136	19.57.40	1.49222	9.404	8.036	170.357
137	19.59.40	1.52555	9.421	7.883	170.374
138	20. 1.40	1.55889	9.435	7.736	170.388
139	20. 3.40	1.59222	9.448	7.595	170.401
140	20. 5.40	1.62556	9.463	7.459	170.416
141	20. 7.40	1.65889	9.475	7.330	170.428
142	20. 9.40	1.69222	9.489	7.205	170.442
143	20.11.40	1.72555	9.501	7.085	170.454
144	20.13.40	1.75889	9.513	6.970	170.466
145	20.15.40	1.79222	9.527	6.859	170.480
146	20.17.40	1.82555	9.538	6.752	170.491
147	20.19.40	1.85889	9.551	6.649	170.504
148	20.21.40	1.89222	9.561	6.549	170.514
149	20.23.40	1.92555	9.571	6.453	170.524
150	20.25.40	1.95889	9.584	6.360	170.537
151	20.27.40	1.99222	9.595	6.270	170.548
152	20.29.40	2.02555	9.608	6.184	170.561
153	20.31.40	2.05889	9.616	6.100	170.569
154	20.33.40	2.09222	9.625	6.019	170.578
155	20.35.40	2.12556	9.636	5.940	170.589
156	20.37.40	2.15889	9.647	5.864	170.600
157	20.39.40	2.19222	9.655	5.790	170.608
158	20.41.40	2.22555	9.665	5.718	170.618
159	20.43.40	2.25889	9.674	5.648	170.627
160	20.45.40	2.29222	9.685	5.581	170.638
161	20.47.40	2.32555	9.692	5.515	170.645
162	20.49.40	2.35889	9.700	5.451	170.653
163	20.51.40	2.39222	9.710	5.389	170.663
164	20.53.40	2.42555	9.717	5.329	170.670

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
165	20.55.40	2.45889	9.726	5.270	170.679
166	20.57.40	2.49222	9.735	5.213	170.688
167	20.59.40	2.52555	9.742	5.158	170.695
168	21. 1.40	2.55889	9.750	5.103	170.703
169	21. 3.40	2.59222	9.758	5.051	170.711
170	21. 5.40	2.62556	9.768	4.999	170.721
171	21. 7.40	2.65889	9.774	4.949	170.727
172	21. 9.40	2.69222	9.782	4.900	170.735
173	21.11.40	2.72555	9.788	4.852	170.741
174	21.13.40	2.75889	9.798	4.806	170.751
175	21.15.40	2.79222	9.804	4.760	170.757
176	21.17.40	2.82555	9.812	4.716	170.765
177	21.19.40	2.85889	9.818	4.673	170.771
178	21.21.40	2.89222	9.825	4.630	170.778
179	21.31.39	3.05861	9.858	4.433	170.811
180	21.40.45	3.21028	9.885	4.271	170.838
181	21.50.47	3.37750	9.912	4.109	170.865
182	21.51.17	3.38583	9.914	4.101	170.867
183	21.51.47	3.39417	9.917	4.094	170.870
184	21.54.17	3.43583	9.922	4.056	170.875
185	21.56.17	3.46917	9.928	4.027	170.881
186	21.58.17	3.50250	9.933	3.998	170.886
187	22. 0.17	3.53583	9.937	3.970	170.890
188	22. 2.17	3.56917	9.942	3.942	170.895
189	22. 4.17	3.60250	9.946	3.915	170.899
190	22. 6.17	3.63583	9.952	3.888	170.905
191	22. 8.17	3.66917	9.957	3.862	170.910
192	22.10.17	3.70250	9.964	3.836	170.917
193	22.14.17	3.76917	9.972	3.786	170.925
194	22.16.17	3.80250	9.977	3.761	170.930
195	22.18.17	3.83583	9.982	3.737	170.935
196	22.20.17	3.86917	9.988	3.714	170.941
197	22.22.17	3.90250	9.991	3.691	170.944
198	22.24.17	3.93583	9.997	3.668	170.950
199	22.26.17	3.96917	10.001	3.645	170.954
200	22.28.17	4.00250	10.005	3.623	170.958
201	22.30.17	4.03583	10.011	3.602	170.964
202	22.32.17	4.06917	10.013	3.580	170.966
203	22.34.17	4.10250	10.021	3.559	170.974
204	22.36.17	4.13583	10.024	3.539	170.977
205	22.38.17	4.16917	10.027	3.518	170.980
206	22.40.17	4.20250	10.031	3.499	170.984
207	22.42.17	4.23583	10.036	3.479	170.989
208	22.44.17	4.26917	10.040	3.459	170.993

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
209	22.46.17	4.30250	10.044	3.440	170.997
210	22.50.17	4.36917	10.050	3.403	171.003
211	22.54.17	4.43583	10.061	3.367	171.014
212	22.58.17	4.50250	10.069	3.332	171.022
213	23. 2.17	4.56917	10.076	3.298	171.029
214	23. 6.17	4.63583	10.082	3.265	171.035
215	23.10.17	4.70250	10.089	3.233	171.042
216	23.14.17	4.76917	10.099	3.202	171.052
217	23.18.17	4.83583	10.102	3.171	171.055
218	23.22.17	4.90250	10.111	3.142	171.064
219	23.26.17	4.96917	10.118	3.113	171.071
220	23.30.17	5.03583	10.126	3.085	171.079
221	23.34.17	5.10250	10.135	3.058	171.088
222	23.38.17	5.16917	10.142	3.031	171.095
223	23.42.17	5.23583	10.148	3.005	171.101
224	23.46.17	5.30250	10.156	2.980	171.109
225	23.50.17	5.36917	10.163	2.956	171.116
226	23.52.17	5.40250	10.175	2.944	171.128
227	23.56.17	5.46917	10.182	2.920	171.135
228	0. 0.17	5.53583	10.191	2.897	171.144
229	0. 4.17	5.60250	10.199	2.874	171.152
230	0.10.17	5.70250	10.209	2.841	171.162
231	0.18.17	5.83583	10.220	2.799	171.173
232	0.22.17	5.90250	10.225	2.779	171.178
233	0.28.17	6.00250	10.233	2.749	171.186
234	0.34.17	6.10250	10.244	2.721	171.197
235	0.40.17	6.20250	10.251	2.693	171.204
236	0.46.17	6.30250	10.261	2.666	171.214
237	0.54.17	6.43583	10.271	2.631	171.224
238	0.58.17	6.50250	10.277	2.615	171.230
239	1. 2.17	6.56917	10.282	2.598	171.235
240	1. 8.17	6.66917	10.289	2.574	171.242
241	1.14.17	6.76917	10.296	2.551	171.249
242	1.20.17	6.86917	10.304	2.529	171.257
243	1.26.17	6.96917	10.311	2.507	171.264
244	1.32.17	7.06917	10.318	2.485	171.271
245	1.38.17	7.16917	10.325	2.465	171.278
246	1.42.17	7.23583	10.331	2.451	171.284
247	1.48.17	7.33583	10.338	2.431	171.291
248	1.54.17	7.43583	10.344	2.412	171.297
249	2. 0.17	7.53583	10.352	2.393	171.305
250	2. 6.17	7.63583	10.357	2.375	171.310
251	2.12.17	7.73583	10.364	2.357	171.317
252	2.18.17	7.83583	10.371	2.340	171.324

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm2)	(tp+dt)/dt ou fonction S	p (kg/cm2)
253	2.26.17	7.96917	10.378	2.318	171.331
254	2.32.17	8.06917	10.384	2.301	171.337
255	2.38.17	8.16917	10.391	2.285	171.344
256	2.46.17	8.30250	10.399	2.265	171.352
257	2.52.17	8.40250	10.404	2.250	171.357
258	2.56.17	8.46917	10.409	2.240	171.362
259	3. 2.17	8.56917	10.416	2.225	171.369
260	3.10.17	8.70250	10.421	2.207	171.374
261	3.16.17	8.80250	10.427	2.193	171.380
262	3.22.17	8.90250	10.432	2.179	171.385
263	3.28.17	9.00250	10.437	2.166	171.390
264	3.34.17	9.10250	10.442	2.154	171.395
265	3.40.17	9.20250	10.447	2.141	171.400
266	3.46.17	9.30250	10.453	2.129	171.406
267	3.52.17	9.40250	10.458	2.117	171.411
268	3.58.17	9.50250	10.464	2.105	171.417
269	4. 4.17	9.60250	10.469	2.093	171.422
270	4.12.17	9.73583	10.475	2.078	171.428
271	4.20.17	9.86917	10.481	2.064	171.434
272	4.26.17	9.96917	10.487	2.053	171.440
273	4.34.17	10.10250	10.492	2.039	171.445
274	4.40.17	10.20250	10.497	2.029	171.450
275	4.48.17	10.33583	10.502	2.016	171.455
276	4.52.17	10.40250	10.507	2.009	171.460
277	5. 0.17	10.53583	10.511	1.997	171.464
278	5. 8.17	10.66917	10.516	1.984	171.469
279	5.14.17	10.76917	10.520	1.975	171.473
280	5.20.17	10.86917	10.525	1.966	171.478
281	5.28.17	11.00250	10.530	1.954	171.483
282	5.36.17	11.13583	10.534	1.943	171.487
283	5.42.17	11.23583	10.539	1.935	171.492
284	5.46.17	11.30250	10.544	1.929	171.497
285	5.54.17	11.43583	10.548	1.918	171.501
286	6. 0.17	11.53583	10.551	1.910	171.504
287	6. 6.17	11.63583	10.556	1.902	171.509
288	6.12.17	11.73583	10.559	1.895	171.512
289	6.18.17	11.83583	10.563	1.887	171.516
290	6.24.17	11.93583	10.567	1.880	171.520
291	6.30.17	12.03583	10.571	1.872	171.524

LA VILLETTE - GLAV2
RABATTEMENT EN DEBIT DU 16/11/83
Pwso = 171.682 kg/cm2

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
1	16.57.48	1.96334	.001	171.681
2	16.59.48	1.99667	.001	171.681
3	17. 1.48	2.03000	.001	171.681
4	17. 3.48	2.06333	.001	171.681
5	17. 5.48	2.09667	.003	171.679
6	17. 7.48	2.13000	.001	171.681
7	17. 9.48	2.16333	.003	171.679
8	17.11.48	2.19667	.002	171.680
9	17.13.48	2.23000	.002	171.680
10	17.15.48	2.26333	.002	171.680
11	17.17.48	2.29667	.003	171.679
12	17.19.48	2.33000	.003	171.679
13	17.21.48	2.36333	.004	171.678
14	17.23.48	2.39667	.004	171.678
15	17.25.48	2.43000	.003	171.679
16	17.27.48	2.46334	.002	171.680
17	17.29.48	2.49667	.002	171.680
18	17.31.48	2.53000	.003	171.679
19	17.33.48	2.56333	.004	171.678
20	17.35.48	2.59667	.006	171.676
21	17.37.48	2.63000	.005	171.677
22	17.39.48	2.66333	.006	171.676
23	17.41.48	2.69667	.003	171.679
24	17.43.48	2.73000	.005	171.677
25	17.47.48	2.79667	.006	171.676
26	17.55.48	2.93000	.006	171.676
27	18. 5.48	3.09667	.008	171.674
28	18.11.48	3.19667	.009	171.673
29	18.17.48	3.29667	.011	171.671
30	18.23.48	3.39667	.012	171.670
31	18.29.48	3.49667	.013	171.669
32	18.37.48	3.63000	.014	171.668

no du point	t (Heures)	dt (Heures)	dp (kg/cm2)	p (kg/cm2)
33	18.41.48	3.69667	.015	171.667
34	18.45.48	3.76333	.017	171.665
35	18.47.48	3.79667	.018	171.664
36	18.49.48	3.83000	.019	171.663

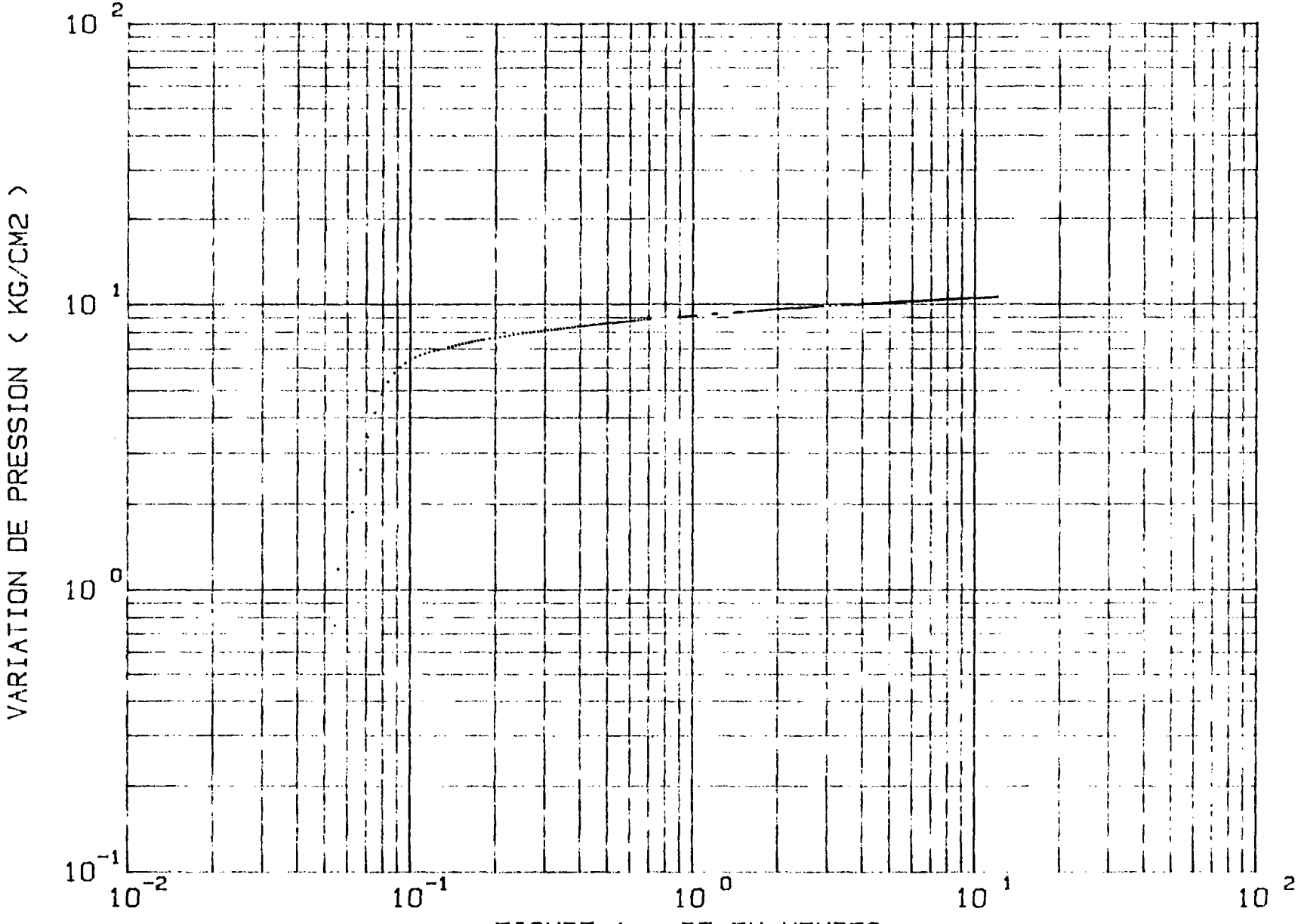


FIGURE 1 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME LOG-LOG

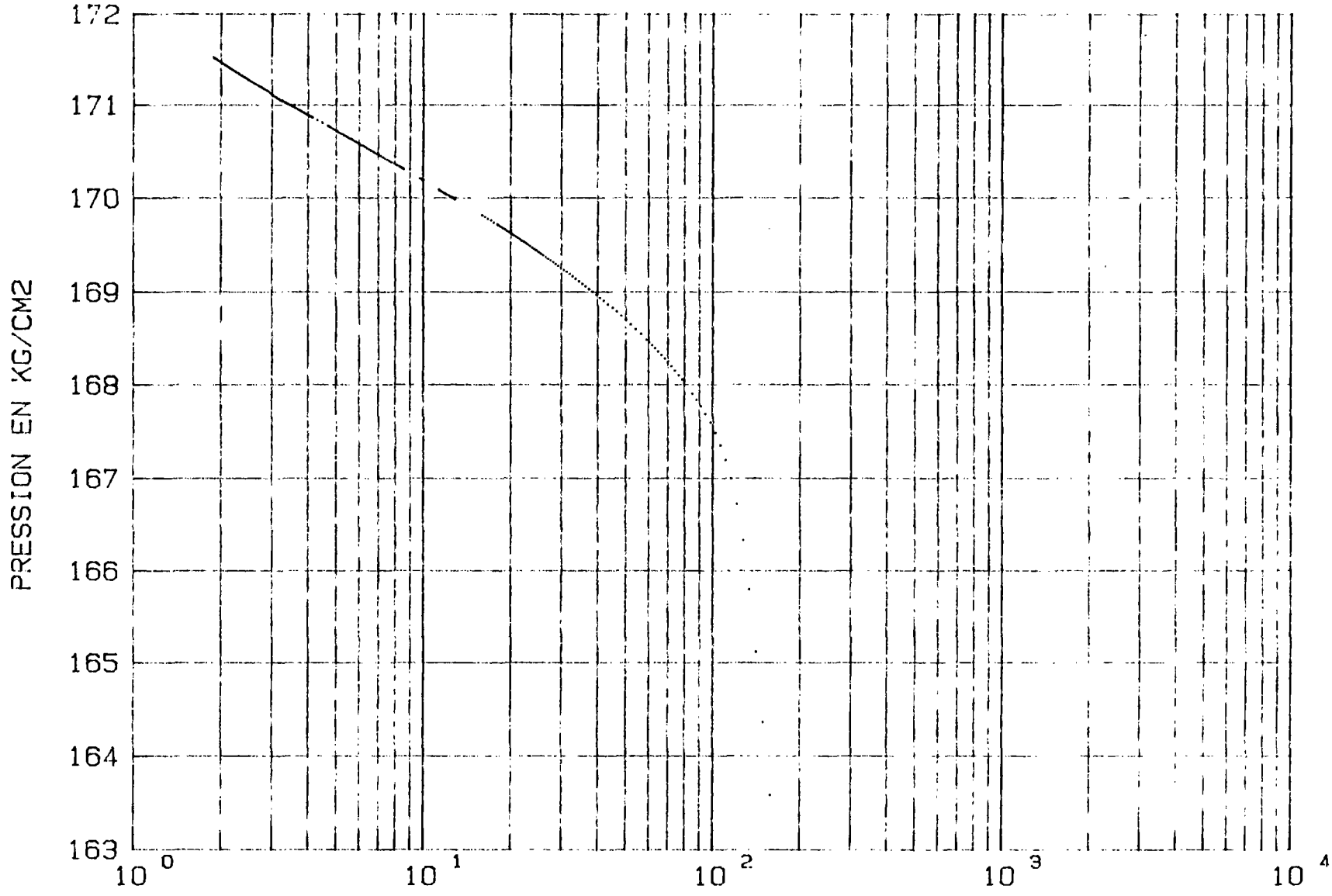


FIGURE 2 - (TP+DT)/DT
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME DE HORNER

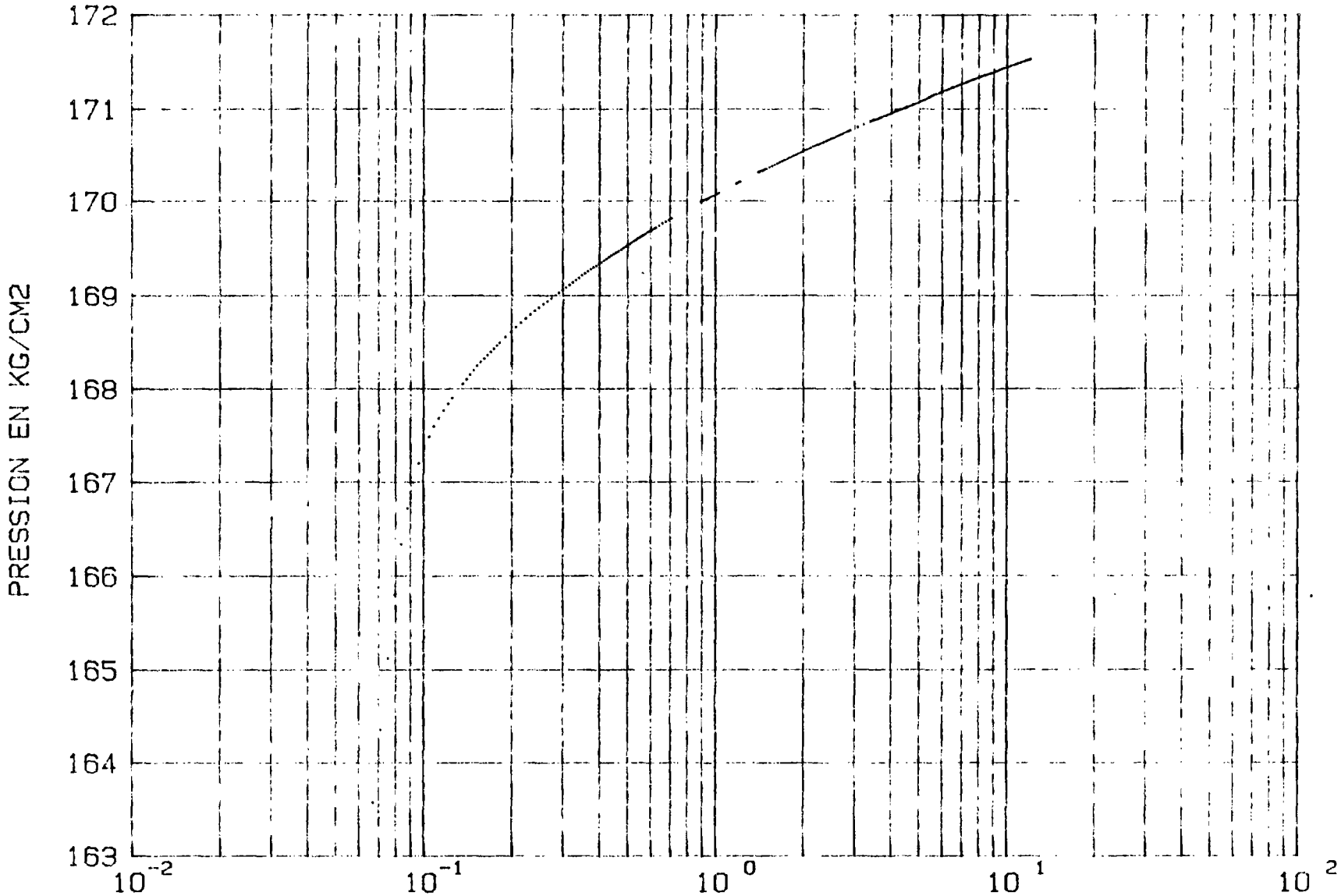


FIGURE 3 - DT EN HEURES
TEST DE FORMATION - LA VILLETTE - FORAGE GLAV2
REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE - DIAGRAMME MDH (SEMI-LOG)

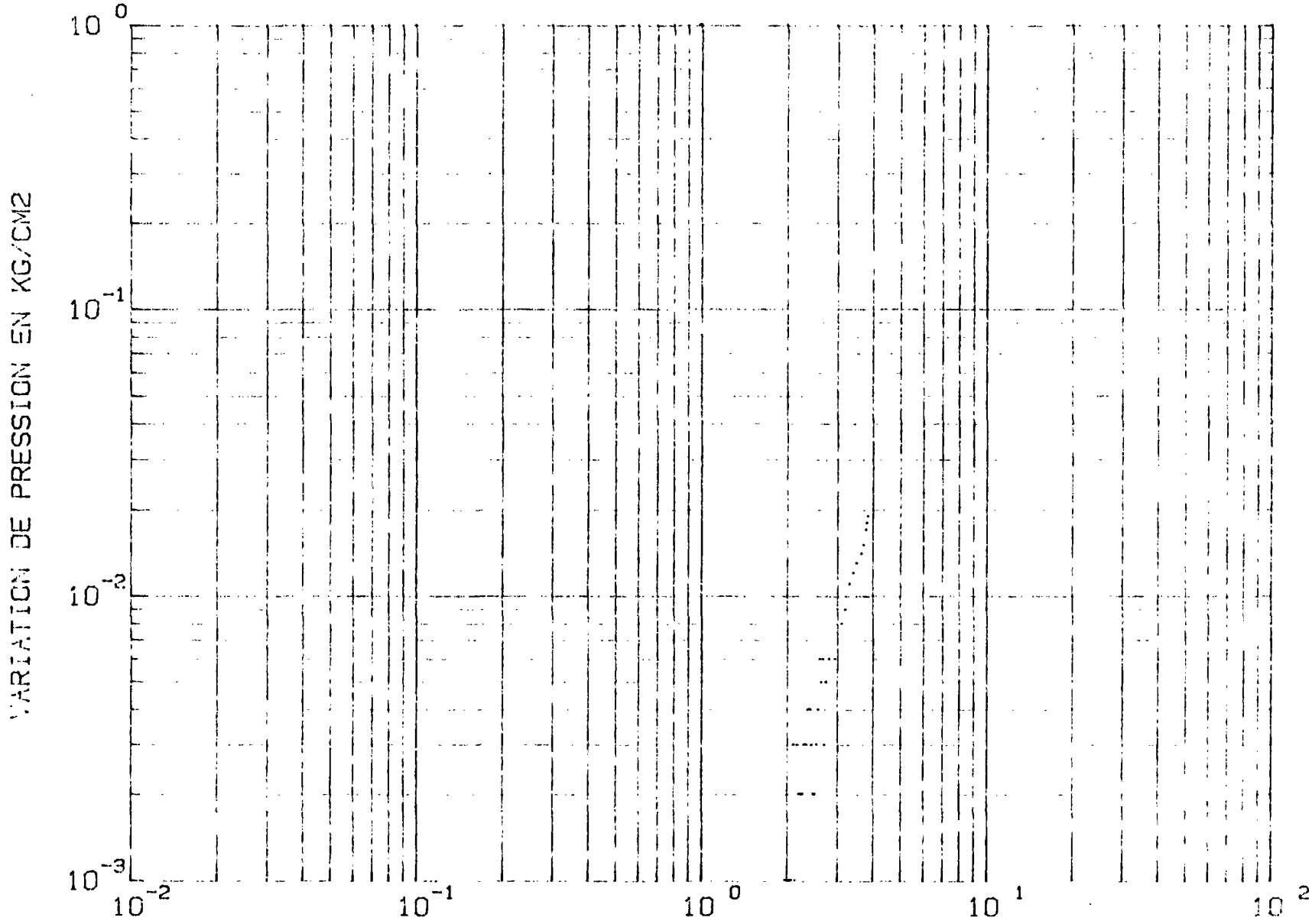


FIGURE 4 - DT EN HEURES
LA VILLETTE - TEST D'INTERFERENCE ENTRE GLAV1 ET GLAV2
PRODUCTION DE GLAV1 - EFFET SUR GLAV2 - DIAGRAMME LOG-LOG

CHAPITRE VI

RAPPORT GEOCHIMIQUE

RESUME ET CONCLUSIONS CONCERNANT LE FLUIDE PRODUIT

(GLAV 2)

Température de fond : 56.9°C

Salinité totale : 17.6 g/l

Salinité NaCl : 14 g/l

pH à 48.2°C : 6.36

Teneur en soufre sous forme sulfates : 760 mg/l

Teneur en soufre sous forme sulfures : 148.5 mg/l

Point de bulle : 6 bars relatifs à 55.2°C

Rapport gaz-liquide : 0.112 m^3 de gaz/m^3 d'eau à 15°C

Bactéries : activité détectée après 15 jours sur l'échantillon de fond.

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

- sur GLAV 2 un échantillonage 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 du fluide au fond du puits d'injection.

- sur GLAV 1, 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.

6.1. CHIMIE DU FLUIDE GEOTHERMAL

6.1.1. Prélèvements

Les prélèvements de surface pour analyse ont été effectués le 16.10.83 pour GLAV 1 et le 17.11.83 pour GLAV 2. Chaque puits produisait alors en débit artésien. Les températures mesurées pendant le prélèvement étaient de 50.8°C à GLAV 1 et de 48.2°C à GLAV 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 57.2°C. L'écart de température entre le fond et la tête de puits est dû aux pertes par conduction, à la mise en production.

6.1.2. Méthodologie des prélèvements

6.1.2.1. Prélèvements de surface

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

- ANIONS : 1 prélèvement dans le flacon de 250 cm³ après filtration sur membrane filtrante 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 cm³ après filtration sur membrane filtrante 0,45 et acidification à pH = 1 environ (par HNO_3) Suprapur pour la détermination des concentrations en Na+, K+, MG2+, Ca2+.

- ELEMENTS EN TRACES : 1 prélèvement de 50 cm^3 filtré à 0,1 μ et acidifié à pH 1 par HNO3 Suprapur pour analyse des éléments en traces : Sr^{++}, Li^{+}, Fe, Cu, Ba, As, 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.

- GAZ DISSOUS : après séparation des gaz libres un prélèvement de gaz dissous est réalisé à l'aide d'une ampoule sous un vide de 10^{-6} Torr. 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 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.

6.1.2.1.2. 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.

- Oxygène dissous.

6.1.2.2. 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.

6.1.3. 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. L'odeur fétide liée à la concentration en H_2S était très marquée. Le conduit de prélèvement en PVC souple transparent se noircit au cours du temps. Il a été noté sur d'autres sites semblables qu'après un certain temps de production ce phénomène ne se produit plus.

La fraction liquide prélevée au fond était de couleur grisâtre et présentait une odeur fétide. De plus, un dépôt de particules noires a été constaté.

L'analyse chimique (planches 1 à 3) montre une eau chargée (17.6 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 de l'azote et du méthane. Les autres espèces gazeuses dominantes sont le gaz carbonique et l'éthane.

La fraction gazeuse de l'échantillon de fond est constituée essentiellement par du dioxyde de carbone. Les autres espèces gazeuses dominantes sont l'azote, le méthane et l'hydrogène sulfuré.

PLANCHE 1

ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU GEOTHERMALE

Puits GLAV 1

Prélèvement de surface du 16.10.1983

Température de fond (Tp)	57.3°C
Température de surface (Ts)	50.8°C
pH à Ts	6.26
EH à Ts	- 352 mV
Conductivité à Ts	38.6 mS cm^{-1}
Salinité	17.9 g/l

		Concentrations mg/l	Concentrations 10^{-3} Mole/litre
Cations majeurs	Ca^{++}	675	16.87
	Mg^{++}	215	8.85
	Na^{+}	5370	233.48
	K^{+}	75	1.92
Anions majeurs	HCO^{3}	415	6.80
	Cl^{-}	10295	290.41
	$SO^{=}4$	720	7.5
	HS^{-}	133	4.03
	SIO_2	24	0.40
Traces	F	2.8	0.147
	B	12.1	1.12
	NH4	15.6	0.867
	Li	1.70	0.245
	Sr	43.8	0.5
	Mn	0.20	0.0036
	Fe	0.65	0.0116
	Ba	0.3	0.0016
	Cu	< 0.0005	< 0.000008
	Al	0.062	0.00231

	GAZ LIBRES %	GAZ DISSOUS M/l
CO_2	15.6	$3.18.10^{-3}$
N 2	39.3	$3.54.10^{-4}$
O 2	0.02	$1.88.10^{-6}$
H2S	1.3	-
H2	1.04	$< 8.3.10^{-7}$
He	0.97	$< 1.2.10^{-6}$
CH_4	33.3	$2.83.10^{-4}$
C2H6	4.4.	$4.32.10^{-5}$
Ar	0.64	$4.52.10^{-6}$

Rapport volumique phase gazeuse/phase liquide : 0.15 m^3/m^3

ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU GEOTHERMALE

Puits GLAV2

Prélèvement de surface du 17.11.1983

Température de fond (Tp)	56.9°C
Température de surface (Ts)	48.2°C
pH à Ts	6.36
Eh à TS	- 336 mV
Conductivité à Ts	35.6 mS cm^{-1}
Salinité	17.6 g/l

		mg/l	10^{-3} Mole/litre
Cations majeurs	Ca++	659	16.44
	Mg++	205	8.43
	Na+	5480	238.26
	K+	79	2.02
Anions majeurs	$HCO3^-$	145.18	2.38
	CL^-	10118	285.42
	$SO_4^=$	760	7.92
	HS^-	148.5	4.5
	SIO2	35	0.583
Traces	F	2.6	0.137
	B	11.4	1.05
	NH4	18.6	1.03
	Li	1.8	0.26
	Sr	38.8	0.44
	Rb	4	0.047
	Mn	0.07	0.0013
	Fe	0.9	0.0161
	Ba	0.024	0.00013
	As	0.020	0.00027
	Cu	0.0009	0.000014
	Al	0.0038	0.00014

	GAZ LIBRES %	GAZ DISSOUS M/l
CO2	17	$3.31.10^{-3}$
N2	38.4	$2.83.10^{-4}$
O2	0.068	$6.92.10^{-6}$
H2S	0.94	-
H2	0.43	$2.22.10^{-6}$
He	0.87	$7.07.10^{-7}$
CH4	32.1	$2.51.10^{-4}$
C2H6	4.6	$3.77.10^{-5}$
Ar	0.35	$4.11.10^{-6}$

Rapport volumique phase gazeuse/phase liquide : 0.093 m^3/m^3

ANALUSE CHIM%IQUE DE L'EAU GEOTHERMALE

Puits GLAV 2

Prélèvement de fond du 17.11.1983

Température de fond : 56.9°C
pH à 20°C : 6.9
Résistivité à 20°C : 44 Ω/cm

		mg/l	10^{-3} Mole/litre
Cations majeurs	Ca++	664	16.6
	Mg++	222	9.13
	Na+	4910	213.5
	K+	82	2.1
Anions majeurs	HCO^-_3	409	6.70
	Cl^-	9800	276.4
	$SO_4^=$	740	7.71
	Fe total	1.77	0.032

	GAZ LIBERE PAR SEPARATION POURCENTAGE MOLAIRE
O2	0.97
N2	23.99
CO2	50.88
H2S	1.65
CH4	19.95
C2H6	1.88
C3	0.68

Rapport volumique phase gazeuse/phase liquide : 0.112 à 15°C et à pression atmosphérique

6.1.4. 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.

6.1.4.1. 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
- 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 est monophasique.

6.1.4.2. 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. Aucours de la recharge du réservoir, l'eau se charge en sel (NàCl) par mise en solution de minéraux évaporitiques. L'eau du puits GLAV2 a une salinité totale de 17.6 g/l, représentée pour 14 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-déssus 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 le quartz. L'utilisation du géothermomètre à quartz indique une température d'équilibre cohérente avec la température mesurée en fond de puits.

. Le fluorure : la concentration en F^- est limitée par la fluorite (CaF2).

6.1.4.3. 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'exploitations commentés au chapitre II.

6.1.5. Point de bulle et rapport gaz-liquide

L'étude des relations pression-volume du fluide géothermique (présenté sur les planches 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B) permet d'aboutir aux résultats suivants :

- pour une température de production en surface de 55°C le niveau du point de bulle est d'environ 6 bars (pression relative).

- pour une température en surface de 35°C au puits d'injection, le niveau du point de bulle est d'environ 3,5 bars (pression relative).

Le rapport gaz/liquide GLR a été déterminé à pression atmosphérique et à température ambiante. Le GLR est compris entre 100 et 112 litres de gaz par m^3 d'eau (GLR = C.10 à 0.112 m^3/m^3) (planches 7A et 7B).

Planche 4A

COMPAGNIE : O P H L M PARIS

PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

TABLE 3

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 55,2 °C

(Echantillon n° 1)

Pression (bar rel.)	Volume relatif (V/Vpb- m^3/m^3)	Coefficient de compressibilité ($bar^{-1} \times 10^{-5}$)
344.8	0.9859	
275.9	0.9887	4.145
241.4	0.9901	4.147
206.9	0.9916	4.162
137.9	0.9944	4.176
69.0	0.9973	4.205
55.2	0.9979	4.234
41.4	0.9985	4.263
27.6	0.9991	4.292
17.2	0.9995	4.336
10.3	0.9998	4.394
6.4	0.9999	4.510
Pb = 6.0	1.0000	4.742
5.7	1.0001	
5.0	1.0005	
4.1	1.0013	
2.3	1.0057	
1.7	1.0103	

Coefficient de dilatation thermique ($°C^{-1}$) = 0.387×10^{-3}

(entre 21 °C et 55.2 °C)

Planche 4B

COMPAGNIE : O P H L M PARIS

PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 55.2 °C

(Echantillon n° 1)

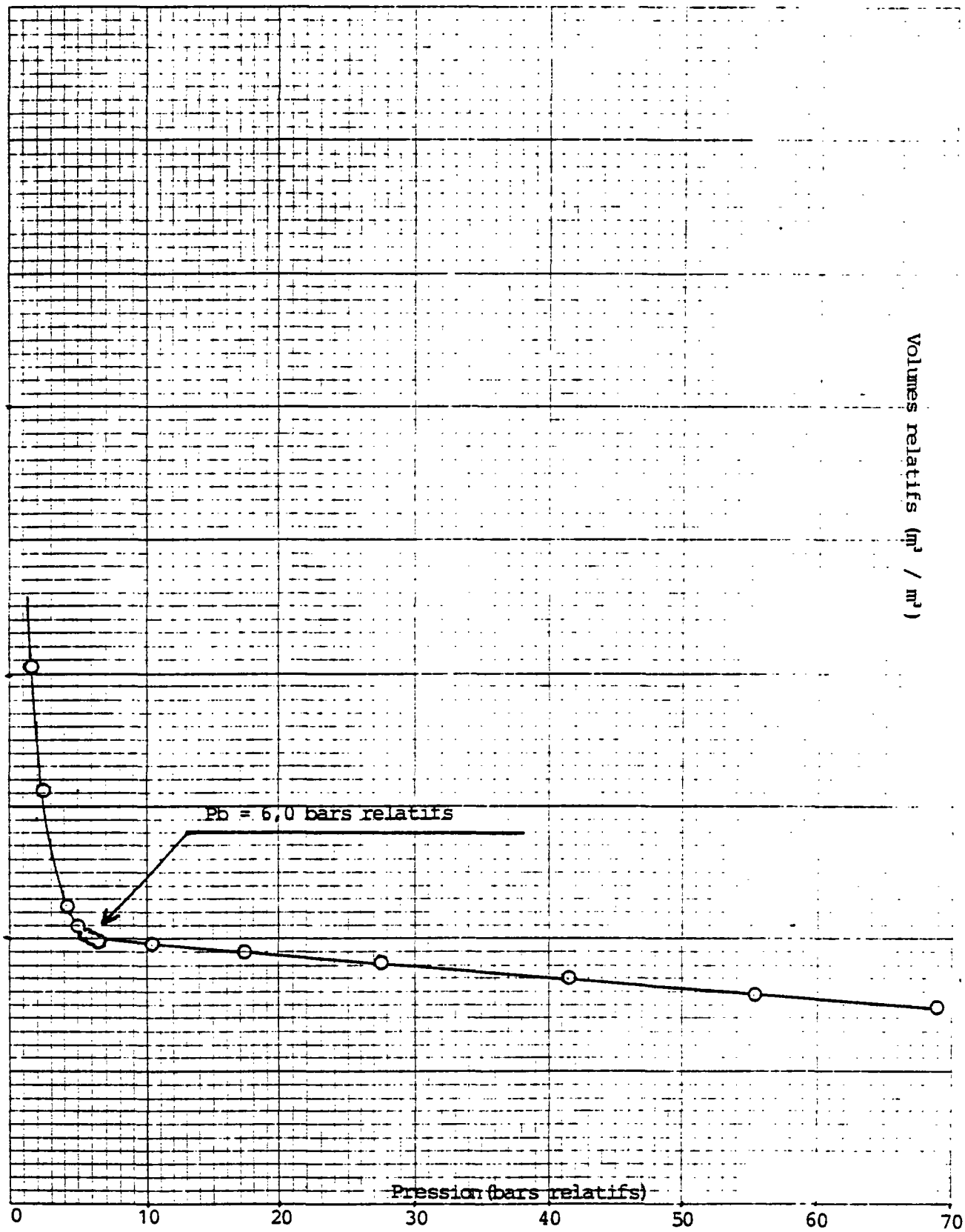


Planche 5A

COMPAGNIE : O P H L M PARIS
PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

TABLE 4

CONTROLE DU POINT DE BULLE DE L'ECHANTILLON N°2

A 55.2 °C

	Pression (bars rel.)	Volume (tours de pompe)
	344.8	67.93
	275.9	67.19
	241.4	66.83
	206.9	66.48
	137.9	65.75
	69.0	64.99
	55.2	64.85
	41.4	64.69
	20.7	64.46
	10.3	64.35
	6.9	64.30
Pb =	5.5	64.28
	4.7	64.09
	3.8	63.74
	3.0	63.17
	2.2	62.14
	1.6	59.68

Planche 5B

COMPAGNIE : O P H L M PARIS

PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

CONTROLE DU POINT DE BULLE DE L'ECHANTILLON N° 2 A 55.2 °C

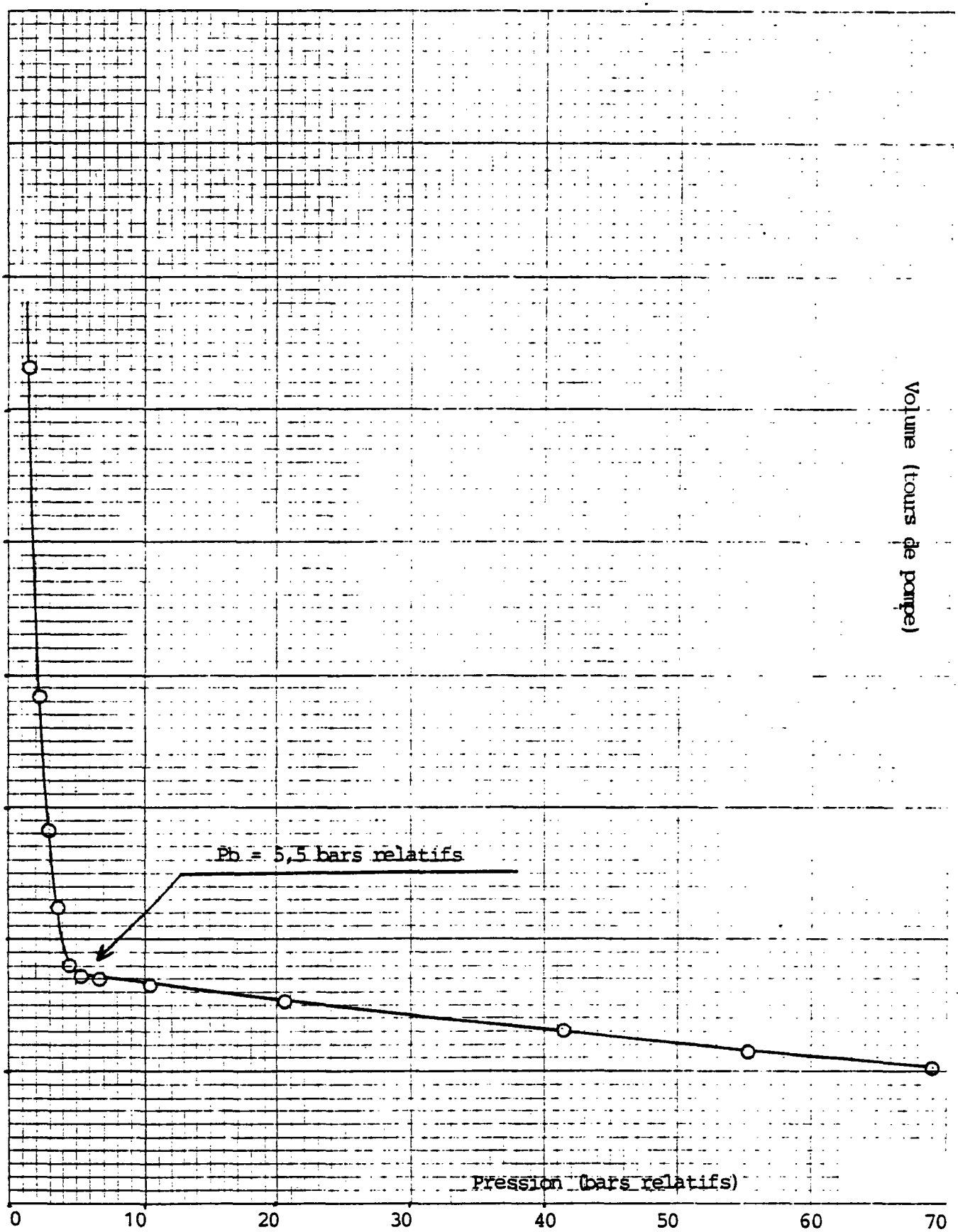


Planche 6A

COMPAGNIE : O P H L M PARIS
PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

TABLE 2

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

	Pression (bars rel.)	Volume relatif ($V/Vpb-m^3/m^3$)	Coefficient de compressibilité ($bar^{-1} \times 10^{-5}$)
	344.8	0.9855	
	275.9	0.9882	3.973
	241.4	0.9896	4.031
	206.9	0.9910	4.075
	137.9	0.9938	4.162
	69.0	0.9968	4.350
	41.4	0.9980	4.582
	27.6	0.9987	4.785
	13.8	0.9994	5.032
	6.9	0.9998	5.438
	5.5	0.9999	5.800
Pb =	3.3	1.0000	6.409
	3.1	1.0001	
	2.6	1.0009	
	1.7	1.0042	
	1.2	1.0071	
	0.7	1.0156	

Coefficient de diluation thermique ($°C^{-1}$) = $0,279 \times 10^{-3}$
(entre 21 ° et 35 °C)

COMPAGNIE : O P H L M PARIS Planche 6B

PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

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

(Echantillon n° 1)

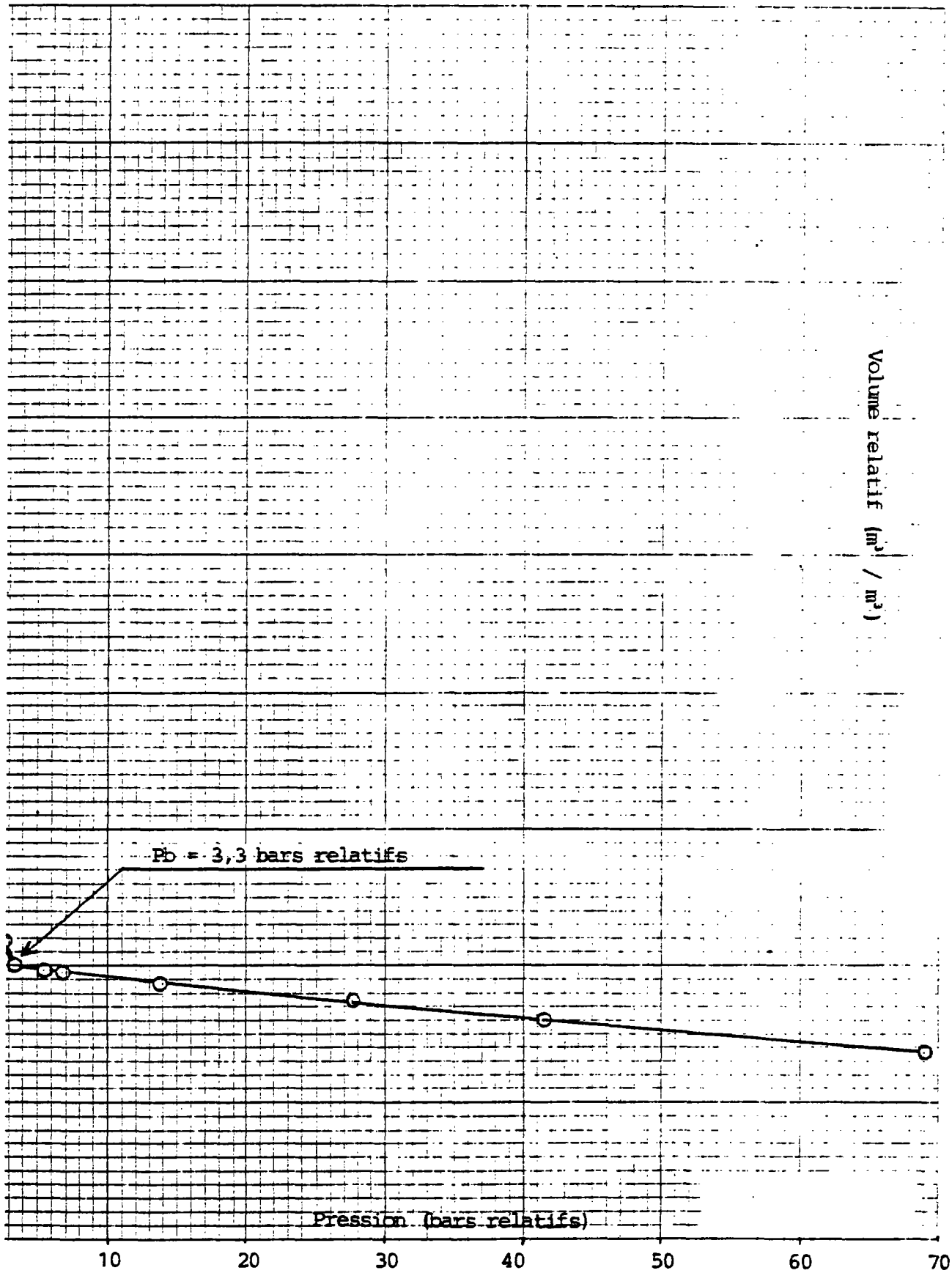


Planche 7A

COMPAGNIE : O P H L M PARIS

PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

TEST DE SEPARATION

Echantillon N° 1

	Pression (bars rel.)	Température (°C)	GLR par rapport à l'eau résiduelle (m^3 / m^3)
Conditions de fond	-	57.2 °C	-
Atmosphère	0	15	0.112

Masse volumique de l'eau résiduelle : 1,0117 g/cm^3

Planche 7B

COMPAGNIE : O P H L M PARIS

PUITS : LA VILLETTE - GLAV 2

TABLE 6

TEST DE SEPARATION

Echantillon N° 2

	Pression (bars rel.)	Temperature (°C)	GLR par rapport à l'eau résiduelle (m^3 / m^3)
Conditions de fond	-	57.2 °C	-
Atmosphère	0	15	0.103

Masse volumique de l'eau résiduelle : 1.0117 g/cm^3

6.2. EVALUATION DES DIFFICULTES LIEES A L'EXPLOITATION DE L'EAU

6.2.1. La corrosion

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

. la corrosion chimique et/ou électrochimique

. la corrosion bactérienne

. la corrosion mécanique

6.2.1.1. 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 importantes et provoquer une érosion mécanique très rapide des canalisations ou des pompes de réinjection.

Il est nécessaire, en particulier, de remarquer que les bulles de gaz libérées à de faibles pressions peuvent être comprimées mais non redissoutes instantanément, ce qui a poureffet 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 La Villette l'odeur caractéristique d'H_2S a été décelée à plusieurs reprises. 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 : 1,65 %.

. Concentration en sulfures dans les échantillons de surface : 148 ppm.

Ces teneurs sont globalement conformes avec celles trouvées dans les eaux de la nappe du Dogger dans la partie Nord-Est du Bassin Parisien.

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 CO2 obtenue par dégazage de l'échantillon de fond (50,88 %molaire) est du même ordre de g randeur que celle rencontrée dans la plupart des autres doublets exploitant le Dogger.

CONCLUSION

Parmi les gaz présents dans le fluide géothermique de LA VILLETTE seuls l'hydrogène sulfuré et le gaz carbonique pourront 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 de ces phénomènes. 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 peu 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) des phénomènes de corrosion localisée par piqures. Une comparaison de la concentration relevée à LA VILLETTE (Dogger) montre que les eaux y ont des teneurs en Na+ et Cl^- inférieures aux teneurs moyennes. Cette Minéralisation relativement plus faible est liée à la température assez basse de LA VILLETTE (57°C).

Les Phénomènes de corrosion liés à la salinité seront donc vraisemblablement légèrement moins importants que dans les autres doublets géothermiques, sans pour autant que la différence d'agressivité soit significative.

RESERVOIR	DOGGER	
SITE	GLAV 2 LA VILLETTE	MOYENNE
Salinité NaCL (g/l)	14	19.85

b) Lês 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 6.2.1.3.).

Comme précédemment, si nous effectuons une comparaison des concentrations nous pouvons prévoir que ce phénomène ne devrait avoir guère plus d'ampleur à LA VILLETTE que dans les autres doublets exploitant le Dogger.

RESERVOIR	DOGGER	
SITE	GLAV 2 LA VILLETTE	MOYENNE
SO_4^{--} (mg/l)	760	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 (naturellement peu abondant à la VILLETTE) et provenant de la corrosion de surfaces métalliques (tubages, etc...), des composés très peu solubles, tels que la pyrite.

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

Cependant, il reste nécessaire de disposer au débouché de la tête de puits de production d'un système de décantation ainsi que les filtres en amont de tous les points sensibles du réseau en prenant soin toutefois d'éviter des pertes de charges trop importantes qui auraient pour conséquence des dégazages dans le réseau.

6.2.1.2. 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...).

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. 6.2.1.1.).

6.2.1.3. La corrosion bactérienne

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

LIEUX DE PRELEVEMENT ET DATE D'ANALYSE	LA VILLETTE (PRELEVEMENT OCT. - NOV. 1983)									
		FOND DE PUITS GLAV2			SURFACE GLAV2			SURFACE GLAV1		
TYPE DE BACTERIE	T°C	24 h	8 j	15 j	24 h	8 j	15 j	24 h	8 j	15 j
BACTERIES SULFATO REDUCTRICES	55	0	0	+	0	0	0	0	0	0
	35	0	0	+	0	0	0	0	0	0
FERRO BACTERIES	55	0	0	0	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	33	0	0	0	NR	NR	NR	NR	NR	NR

++ présence très importante
+ présence importante (>11.000)
+ - présence peu importante
0 absence
NR non recherché

Ces résultats montrent la possibilité d'une activité bactérienne dans l'eau géothermique du forage de production GLAV 2.

Il est indispensable de contrôler régulièrement ce paramètre en cours d'exploitation et de prendre éventuellement les dispositions propres à limiter les effets d'une telle activité.

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, 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) se manifeste par le percement des canalisations métalliques (corrosion par piqûres) au niveau des coudes particulièrement.

Ce phénomène peut être expliqué schématiquement par la succession des réactions suivantes : transformation des ions SO_4^{--} contenus dans l'eau en ions S^{--} par des bactéries, capture des ions ferriques ou ferreux 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.

6.2.2. Les dépôts

La température de l'eau est de 56,9°C au fond et sera comprise entre 25° et 30°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 GLAV 1 et GLAV 2, nous avons procédé à un ensemble de calculs thermodynamiques chimiques. Les résultats sont résumés sur la planche 8.

Les eaux du Dogger à La VIllette évoluent au voisinage de l'équilibre avec la silice sous forme de calcédoine et le sulfure de fer sous forme de Mackinawite.

Elles sont en revanche sous-saturées vis-à-vis de la plupart des alumino-silicates, des carbonates et des sulfates :

- feldspaths : adulaire, albite
- argiles : illite, halloysite
- carbonates : aragonite, calcite, dolomite, magnésite, witherite
- sulfates : barite, anhydrite, celestite

Les conditions de sur-saturation sont remplies vis-à-vis de quelques minéraux :

- faible sursaturation vis-à-vis de la kaolinite et de la strontionite
- forte sursaturation vis-à-vis de la pyrite et de la pyrophyllite

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 circualtion, 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.

6.2.2.1. La calcite et les carbonates

Le comportement de la calcite au cours du cycle géothermal est régi par 2 paramètres dont les effets se compensent :

- la solubilité de la calcite augmente lorsque la température diminue,
- la solubilité de la calcite 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 calcite 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 sur les installations de la région parisienne.

6.2.2.2. Les sulfures

L'eau du Dogger à La Villette évolue au voisinage de l'équilibre avec la mackinawite. En revanche, elle est sursaturée de 6 ordres de grandeur vis-à-vis de la pyrite.

Comme dans le cas de la calcite le dégazage favorise la précipitation des sulfures. A ce phénomène s'ajoute le fait que la solubilité de la pyrite et des autres sulfures diminue lorsque la température diminue. S'il est possible d'éviter le dégazage en maintenant dans le réseau une pression supérieure à celle du point de bulle on ne peut neutraliser l'effet de baisse de température au niveau de l'échangeur. Parmi les installations en service on a observé celles qui à composition voisine des eaux de La Villette permettaient la formation de sulfures solides dans le réseau. Dans d'autres cas, les conditions sont telles que l'eau supporte la sursaturation sans que les sulfures de fer ne se fixent, en particulier sur les plaques de l'échangeur.

PLANCHE 8

INDICES DE SATURATIONS MINERALES

MINERAL	COMPOSITION	INDEX DE SATURATION*
Adulaire	$KAlSI_3O_8$	0.19
Albite	$NaAlSi_3O_8$	0.12
Anhydrite	$CaSO_4$	0.26
Aragonite	$CaCO_3$	0.21
Barite	$BaSO_4$	0.12
Boehmite	$AlO(OH)$	0.11
Calcite	$CaCO_3$	0.54
Calcédoine	SIO_2	1.24
Celestite	$SrSO_4$	0.13
Chlorite	$Mg_5 Al_2 Si_3 O_{10} (OH)_8$	1.10^{-5}
Dolomite	$Ca Mg (CO_3)_2$	0.21
FeS amorphe	FeS	0.24
Fluorite	$Ca F_2$	0.51
Greigite	$Fe_3 S_8$	$1.5.10^{-3}$
Gypse	$CaSO_4\ 2\ H_2O$	0.25
Halloysite	$Al_2SI_2O_5 (OH)_4$	8.10^{-4}
Illite	Argile	0.42
Kaolinite	$Al_2Si_2O_5 (OH)_4$	5.7
Mica K		0.05
Mackinawite	Fe_9S_8	1.27
Magnésite	$Mg CO_3$	0.35
Montmorillonite	Argile	> 1
Pyrite	FeS_2	$1.4.10^6$
Pyrophyllite	Argile	323
Quartz	SiO_2	3
Strontianite	$SrCO_3$	5.6
Witherite	$BaCO_3$	0.1

Index de saturation = 1 équilibre
> 1 sursaturation
< 1 sous saturation

6.2.2.3. Silice

La solubilité de la silice diminue avec la température et l'eau se sursature de plus en plus, vis-à-vis du quartz. Toutefois même pour des concentrations en silice supérieures à celles d'Aulnay 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 agumentation des pertes de charge et diminution dela capacité d'échange au niveau de l'échanguer).

6.2.2.4. Les alumino-silicates

L'eau est fortement sous saturée vis-à-vis de l'halloysite, forme argileuse de basse température et sursaturée vis-à-vis de la kaolinité. 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.

6.2.2.5. Les sulfates

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

LOG DE FIN DE SONDAGE

MAITRE D'OUVRAGE	PUITS	MAITRE D'OEUVRE
O.P.H.L.M. de la ville de PARIS	LA VILLETTE GLAV 1 INJECTION	B. R. G. M.

Département : Seine
Commune : PARIS
Arr^t Minéralogique : Ile de France

Coordonnées surface : X = 604 105 ; Y = 132 808	Début de forage : 20 septembre 1983
Fond : X = 604 607 ; Y = 133 265 — Cible : X = 604 559 ; y = 133 228	Fin de forage : 18 octobre 1983
Zs = 52	Profondeur finale : 1941
Zr = 56.10 m.	Profondeur verticale : 1754
	Déviation : azimut N.48 E. ; inclinaison finale 31° 1/4
	Niveau d'arrêt : CALCAIRE du BATHONIEN
Appareil de forage : TR-800 ; Entrepreneur : FORAKY -FORAMINE	

Phases de forage :	Tubages :
17" 1/2 : 0 - 450m.	13" 3/8 : 0 - 449,5m.
12" 1/4 : 450 - 1034m.	9" 5/8 : 0 - 1032,5m.
8" 1/2 : 1034 - 1813m.	7" : 0- 1812m.
6" : 1813 - 1941m.	

Surveillance géologique : SAMEGA
Supervision géologique : B. R. G. M.

Echelle : 1/ 500

LOG DE FIN DE SONDAGE

MAITRE D'OUVRAGE	PUITS	MAITRE D'OEUVRE
O P H L M de la ville de PARIS	LA VILLETTE GLAV 2 PRODUCTION	B.R.G.M.

Département : Seine
Commune : PARIS
Arr^t Minéralogique : Ile de France

Coordonnées surface : X = 604 094, Y = 132 798	Début de forage : 21 octobre 1983
Fond : X = 603 643, Y = 132 254 — Cible : x = 603 684, y = 132 285	Fin de forage : 11 novembre 1983
Zs = 52	Profondeur finale : 1942
Zr = 56.10	Profondeur verticale : 1743.5
	Déviation : azimut S. 39.6 W. inclinaison finale 23.25°
	Niveau d'arrêt : CALCAIRE DU BATHONIEN

Appareil de forage : TR-800
Entrepreneur : FORAKY - FORAMINE

Phases de forage :	Tubages :
17" 1/2 : 0 - 449m.	13" 3/8 : 448m.
12" 1/4 : 449 - 1031m.	9" 5/8 : 1030.5m.
8" 1/2 : 1031 - 1819m.	7" : 1818m.
6" : 1819 - 1942m.	

Surveillance géologique : SAMEGA
Supervision géologique : B.R.G.M.

Echelle : 1/ 500

G L A V 1

G L A V - 2

CORRELATION DIAGRAPHIQUE ET INTERPRETATION
SEDIMENTOLOGIQUE DU DOGGER

GAMMA-RAY
Unités API
0 150

POROSITE EN POURCENTAGE
45% 30% 15% 0%

DENSITE grammes/cm^3
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 %
20 10 0

FACIES
ET TYPES DE DEPOTS

1800

Sabot
7"

Faciès d'arrière barriere

Calcarenite graveleuse,bioclastique,
et pseudo-oolithique

6,6

Faciès de barrière

-COMBLANCHIEN
Alternance :
- de micrite a sparite
- de calcarenite a pseudo-oolithes
et gravelles

13,3

1850

Oolithes blanches

Calcarenite oolithique , vacuolaire,
graveleux, localement a ciment micritique

16,6 6,6
10 6,6
6,6
13,3
13,3 6,6

1900

Faciès d'avant barrière

Calcarenite gravelo-oolithique,
microgravelaux par endroit

1941
Prfondeur finale

GAMMA-RAY
Unités API
0 150

45% 15% 0%

DENSITE grammes/cm^3
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 %
30 10 0

FACIES
ET TYPES DE DEPOTS

1800

Sabot
7"

1850

9
14
13
37
9
10
8

1900

1942
Profondeur finale