

GROUPEMENT D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

G E O V A L

196, rue des Montaudins
Domaine de Melleray
CIDEX 279
45560 SAINT-DENIS-EN-VAL

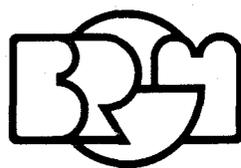
GM Y 2

FORAGE GÉOTHERMIQUE DE MELLERAY

RÉINJECTION

par

A. DEWERTZ - B. HERBRICH - H. FABRIS - PH. MAGET
A. MENJOZ - D. TOURNAYE



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Département géothermie

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

Rapport du B.R.G.M.

81 SGN 441 GTH

Juin 1981

RAPPORT DE FIN DE SONDAGE

Forage géothermique de Melleray GMY2

(puits de réinjection du doublet)

Etabli par :

- A. DEWERTZ (*Rapport technique du forage*)
- A. MENJOZ et H. FABRIS (*production - essais*)
- P. MAGET (*géologie*)
- B. HERBRICH (*supervision technique*)
- D. TOURNAYE (*synthèse*)

FICHE RECAPITULATIVE DES RESULTATS OBTENUS

SUR LE FORAGE GEOTHERMIQUE DE MELLERAY 2 (GMY 2)

Commune St Denis en Val

Département : Loiret

COORDONNEES LAMBERT

X : 573,140 (573,01 au fond)

Y : 321,165 (321,16 au fond)

Z : + 96 m

MAITRE D'OUVRAGE : GIE GEOVAL

MAITRE D'OEUVRE (géologie/forage) : B.R.G.M.

ENTREPRISE DE FORAGE : GIE FORAKY FORAMINES (appareil GB 800)

But du sondage:réaliser le puits de réinjection du doublet géothermique exploitant les eaux du Trias pour chauffer les 15 ha de serres du Domaine de Melleray

DUREE DU FORAGE : Début du forage : le 31.10.80 à 12 H 00
Fin du forage : le 9.12.80 à 4 H 00

PROFONDEUR ATTEINTE : 1661 m par rapport au sol

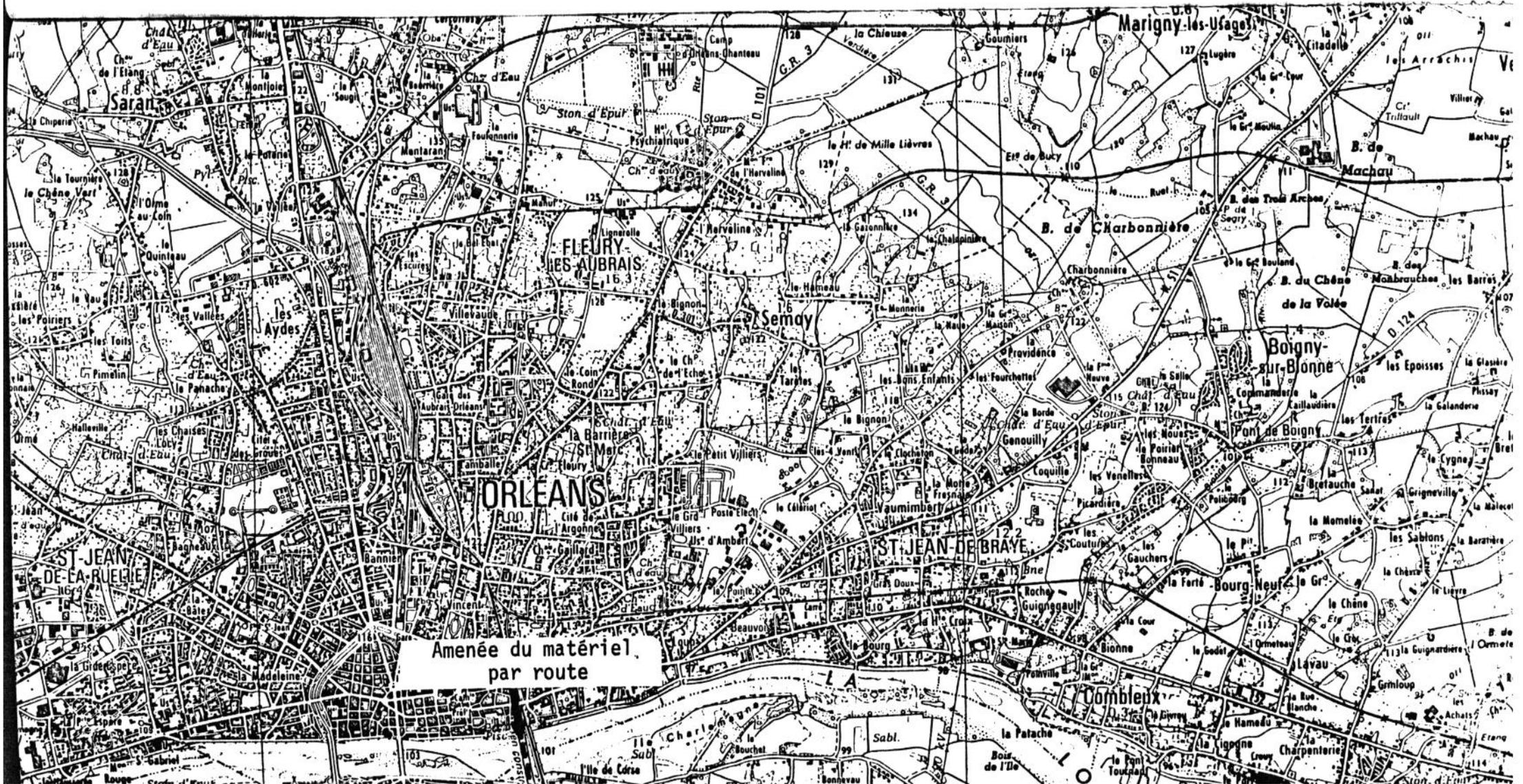
RESULTATS : Trias : entre 1418 m et 1606 m

Essais préliminaires (air lift) enregistrement du 8/12/1980

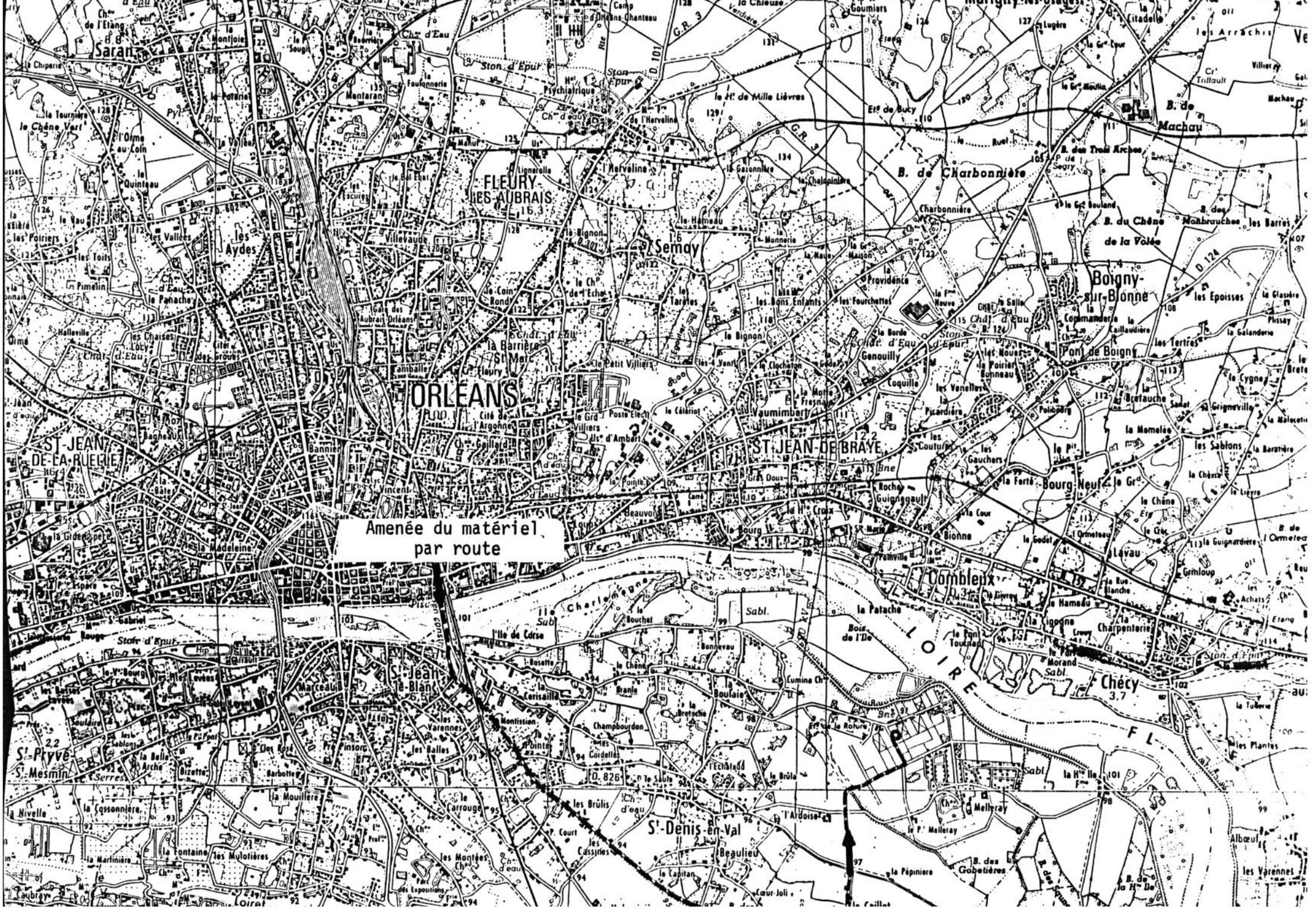
- débit 85 m³/H

- température fond de puits : 73 °C

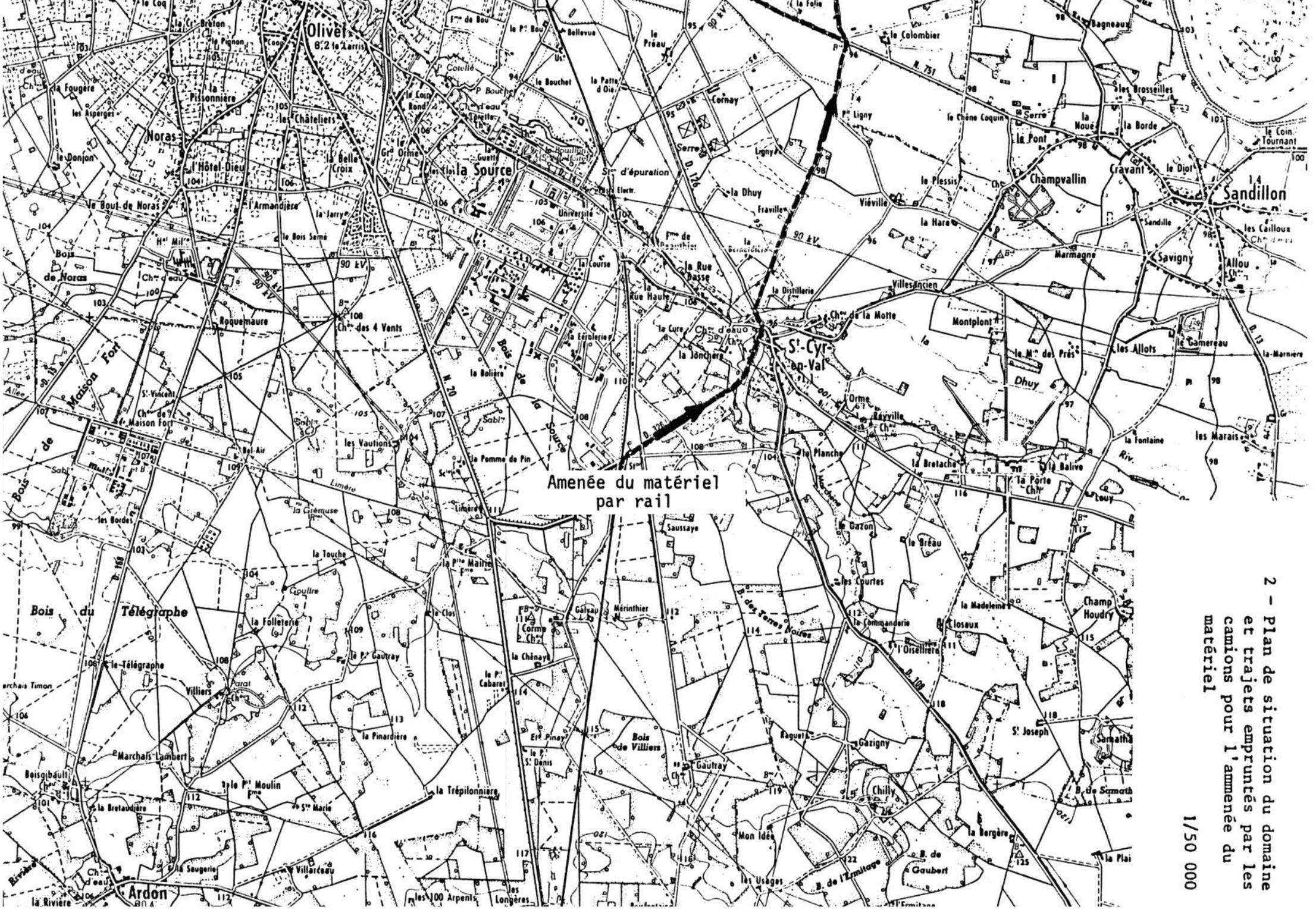
- minéralisation totale de l'eau : 38 g/l



Amenée du matériel
par route



Amenée du matériel
par route



Amenée du matériel
par rail

2 - Plan de situation du domaine
et trajets empruntés par les
camions pour l'amenée du
matériel

1/50 000

S O M M A I R E

=====

I/ RAPPORT GEOLOGIQUE

I - INTRODUCTION

II - RAPPELS

- II.1. Cadre structural
- II.2. Résultats du premier

III - DEROULEMENT DE LA SURVEILLANCE GEOLOGIQUE DU FORAGE

IV - TERRAINS TRAVERSEES

- IV.1. Présentation des résultats
- IV.2. Comparaison avec GMY1

V - NIVEAUX PRODUCTEURS

VI - PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

II/ RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

I - COMPTE RENDU JOURNALIER DES OPERATIONS

II - TUBAGES ET CIMENTATIONS

- II.1. Colonne 13"3/8
- II.2. Colonne 9"5/8
- II.3. Colonne 7"

III - ETAT DU PUITTS APRES LES OPERATIONS D'ABANDON

IV - PERFORMANCES D'APPROFONDISSEMENT

V - REPARTITION DU METRAGE

VI - VITESSE MOYENNE DE PENETRATION

III/ RESULTATS DES ESSAIS

I - RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES

II - INTERPRETATION DE L'ESSAI

- II.1. Caractéristiques de l'essai
- II.2. Interprétation de l'essai
- II.3. Conclusions
- II.4. Tableau récapitulatif

III - ANNEXES

IV/ RAPPORT GEOCHIMIQUE

I - CHIMIE DE L'EAU GEOTHERMALE

- I.1. Prélèvements
- I.2. Description de l'eau, des gaz et des particules en suspension
- I.3. Origine des éléments

II - EVALUATION DES PROBLEMES LIES A L'EXPLOITATION DE L'EAU

II.1. La corrosion

- II.1.1. La corrosion chimique
- II.1.2. La corrosion mécanique
- II.1.3. La corrosion bactérienne

II.2. Les dépôts

II.3. Le point de bulle - les problèmes de dégazage

III - CONCLUSION

I - RAPPORT GEOLOGIQUE

I - INTRODUCTION

L'objectif géothermique des forages de Melleray (commune de Saint Denis en Val - LOiret) est constitué par les grès du Trias. Il est à noter que le premier forage de Melleray (GMY-1) réalisé il y a un an fut la première opération de captage d'eau profond dans cette formation.
(Rapport de fin de sondage du puits GMY1 : 80 SGN 435 GTH)

Le forage de GMY-2 est implanté à l'ouest du premier forage.
Ses coordonnées kilométriques sont :

x = 573,240
y = 321,165 (zone II)

L'altitude du sol est de + 96 m (NGF)

Le forage étant en déviation, les coordonnées à la base des grès du Trias sont :

x = 573,01
y = 321,16

II - RAPPELS

II.1. - Cadre structural

Les forages de Melleray se situent sur le flanc septentrional d'une fosse profonde centrée sous la Sologne (près de Salbris), les terrains sédimentaires remontant progressivement vers le nord-ouest en direction du Massif Armoricaïn (cf. carte du rapport 80.SGN.435.GTH). Un accident majeur du Bassin Parisien, la faille de Sennely, limite la fosse à quelques kilomètres à l'est du site de Melleray et la sépare du compartiment oriental qui joue le rôle d'un haut fond durant tout le Trias (horst de Sennely - Rebrechien).

La position de l'axe de la fosse, parallèle à la faille de Sennely est difficilement déterminable. La gravimétrie (1) montre un axe léger pouvant correspondre à l'axe de la fosse et passant à l'ouest des sites. A l'inverse, l'interprétation sismique la plus récente (2) montre un relèvement des terrains vers l'ouest.

Des accidents tectoniques, de moindre importance, viennent perturber le schéma précité. L'anomalie résiduelle gravimétrique (3) montre l'existence possible d'une branche annexe de la faille de Sennely passant plus à l'ouest ou l'existence d'ondulations parallèles à celle-ci. En l'absence de campagne sismique au droit de Saint Denis en Val, il n'est pas possible de préciser la nature de ces structures. La carte de la page suivante présente ce document gravimétrique.

II.2. - Résultats du premier forage

II.2.1. - Coupe géologique

Par rapport aux prévisions, le premier forage -GMY.1.- a montré un relèvement progressif mais très accentué de toutes les formations géologiques rencontrées (1370 m de profondeur au toit du Trias au lieu de 1 550 m), ce qui se traduit par une épaisseur moindre que prévu pour toutes les couches traversées, sauf pour l'étage stratigraphique du Trias (248 m au lieu de 200 m). Plusieurs interprétations peuvent être données à ce résultat :

a - La fosse serait moins profonde que prévue, erreur qui s'explique en raison de l'absence de profils sismiques dans la région de Saint Denis en Val ;

(1) Anomalie de Bouguer :

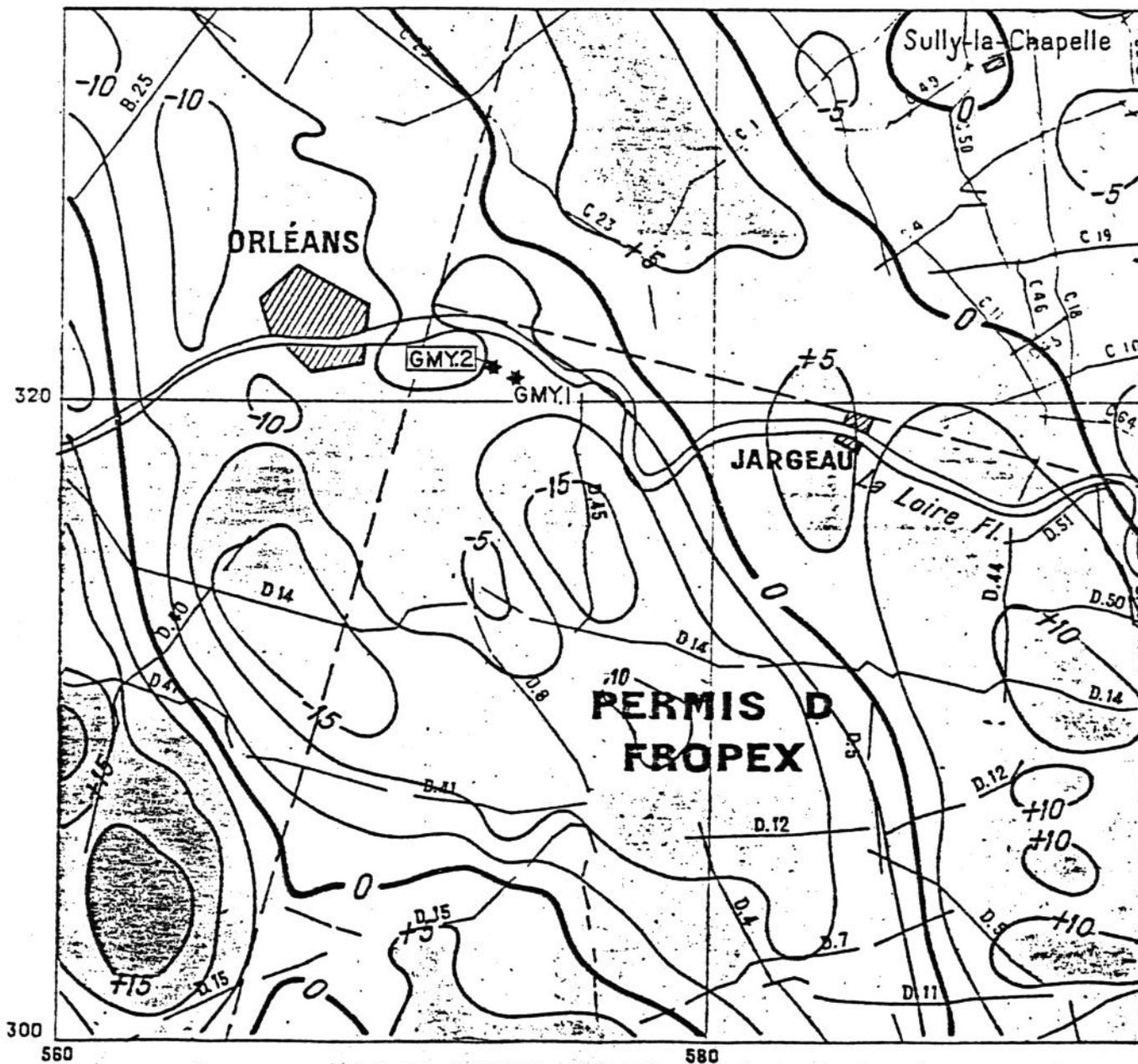
- carte gravimétrique de la France à 1/1 000 000
- Carte issue du rapport CGG de 1964 - RAP - Permis "Sologne et Blois"
n° d'archivage : 2169

(2) Carte SNEA (P), 1979 ayant servi à l'élaboration de la carte en isobathes du Trias dans le rapport SPEG/BRGM/SNEA

(3) Rapport CGG, 1958 - CEP AMO FRANCE - Permis de Pithiviers-Montargis-Jargeau
n° d'archivage 733 III.

GRAVIMETRIE
ANOMALIE RESIDUELLE (d=2,3)

Echelle 1/200 000



Carte issue du rapport CGG - 1958 . CEP - AMO FRANCE
 Permis de Pithiviers - Montargis - Jargeau
 N° d'archivage BRGM : 733 III

- b - Le forage GMY.1 serait implanté sur le relèvement des couches géologiques contre la faille de Sennely ; l'axe de la fosse serait alors plus à l'ouest.
- c - Les perturbations structurales citées précédemment créeraient un compartiment intermédiaire entre la fosse de Sologne et le horst de Sennely-Rebrechien.

Ces interprétations ont été déterminantes dans le choix de la direction du forage de réinjection par rapport au premier forage de production.

II.2.2. - Formation du Trias

La plus grande épaisseur des dépôts du Trias témoigne l'importance de la fosse dans la région de Saint Denis en Val et du jeu plus accentué de la faille de Sennely durant cette période.

En ce qui concerne les dépôts détritiques du Trias constituant la série aquifère, le forage GMY.1 a retrouvé les trois ensembles gréseux définis dans l'étude du Trias du Bassin Parisien (1), séparés par des dépôts essentiellement argileux (les deux ensembles inférieurs étant cependant plus difficilement discernables).

II.2.3. - Substratum du Trias

Le forage GMY.1 a mis en évidence par carottage la présence d'orthogneiss alors que l'on ne connaissait jusqu'alors que le granite (sur le horst de Sennely-Rebrechien) ou les terrains métamorphiques du Primaire (à l'ouest).

II.2.4. - Conclusions pour le deuxième forage

L'orientation du forage GMY.2 a été fixée en fonction de la disponibilité des terrains pour le forage, vers l'ouest.

L'évolution des profondeurs pour le forage GMY.2 serait inverse suivant l'interprétation retenue. Celle d'un relèvement des couches vers l'ouest au site considéré (hypothèse a et c) a été jugée la plus probable en raison de la fiabilité des informations utilisées. En conséquence, l'épaisseur du Trias serait moindre.

(1) "Etude du potentiel géothermique du Trias du Bassin Parisien" - 1979
 HOUSSE G., KOROTCHANSKY A., MAGET Ph. - A.C. CCE/SPEG avec la collaboration du B.R.G.M. et de SNEA (P).

III - DEROULEMENT DE LA SURVEILLANCE GEOLOGIQUE DU FORAGE

La surveillance géologique s'est déroulée différemment suivant les terrains traversés et suivant les phases de forages (cf. rapport technique).

- De 0 à 556 m : Le forage du puits géothermique a été effectué avec un contrôle géologique minimal, sans appareil enregistreur, étant donné la proximité du premier puits GMY.1 qui rendait une détection aisée des cotes fondamentales. Dans cet intervalle, les conditions furent les suivantes :

- . de 0 à 13 m : indications provenant de mesures au pénétromètre .
- . de 0 à 42 m : résultats issus du sondage destructif au lieu même du forage (cf. rapport d'étude d'implantation du forage n° 80.CEN.011).
- . de 13 à 100 m : forage en perte totale dans le Tertiaire, dû au karst du "Calcaire de Beauce". Pas de déblai.
- . de 100 à 556 m : forage du Crétacé jusqu'à pénétration dans les calcaires du Portlandien, facilement repérables en forage, sur une quarantaine de mètres.
Echantillonnage tous les 10 mètres avec examens seulement sur les échantillons correspondant aux changements de faciès. Ces examens ne montrent aucune modification lithologique par rapport au premier forage GMY.1. La synthèse géologique sera donc reprise intégralement.
Absence d'échantillonnage entre 460 et 515 m en raison de l'avancement extrêmement rapide du forage.

- De 556 à 1456m : Traversée des "morts-terrains" jusqu'au Trias, avec contrôle géologique conventionnel. L'objectif fondamental de cette phase était de déceler toute variation dans les cotes des limites lithologiques par rapport au premier forage.

La cote d'arrêt a été ainsi fixée dans les "argiles rouges" du Trias à 1 mètre environ au dessus des grès du Trias que l'on doit capter.

Les diagraphies ont été réalisées lors de cette phase (à partir de 525 m de profondeur). Les calages pour la coupe géologique sont donc impossibles au dessus.

- De 1456 à 1662 m : Forage de l'aquifère du Trias. Echantillonnage très serré ; examen permanent des corrélations avec le premier forage.

Le carottage prévu des niveaux poreux n'a pu être effectué (cf. rapport technique).

La cote d'arrêt du forage a été fixée à 10 mètres environ après l'entrée supposée dans le substratum du Trias constitué par du gneiss altéré. Les critères d'arrêt ont été :

- . corrélations dans le Trias en utilisant :
 - avancement "gamma ray" sur GMY.1
 - avancement sur les deux forages
- . ralentissement homogène de l'avancement
- . apparition des premiers feldspaths (très altérés)

. augmentation des débris de roche cristallophylienne.

REMARQUES :

Les corrélations avec l'avancement ont été fortement perturbées du fait du diamètre de forage différent de GMY.2, de la boue différente ("Flogel") et surtout, vers la fin du forage, par les caractéristiques changeantes de forage en raison des risques de rupture de garniture.

L'utilisation de la boue au "Flogel" a aussi perturbé l'échantillonnage d'où des descriptions lithologiques parfois non significatives.

Les différences notées dans le Trias entre les deux forages sont à mettre aussi sur le compte du type de dépôts du Trias (cf. chapitre IV.2.2).

IV - TERRAINS TRAVERSES

IV.1. - Présentation des résultats

- . Log fondamental (annexe 1) - Conformément à la présentation du rapport du premier forage GMY.1, le "log fondamental" présente conjointement :
 - l'analyse de chantier ;
 - la synthèse géologique.

REMARQUES :

- La stratigraphie employée est identique à celle de GMY.1. Les termes utilisés dans les synthèses existantes de la recherche pétrolière ont été conservés afin de rendre les corrélations entre forages plus aisées.
- Les limites indiquées sur la coupe géologique sont basées sur les mêmes repères de diagraphies pour les deux forages.
- . Corrélations diagraphiques dans le Trias (annexe 2) - Cette planche présente les diagraphies les plus représentatives dans le Trias :
 - "Neutron density log"
 - avec: diamètreur
 - radioactivité (gamma ray)
 - neutron
 - "Dual laterolog micro-SFL"
 - Débitmètre

IV.2. - Comparaison avec GMY.1.

IV.2.1. - Coupe géologique

Le forage GMY.2 montre un léger relèvement des terrains vers l'ouest, conformément à l'hypothèse jugée la plus probable. Ce relèvement est progressif, comme le montre le graphique de la page suivante.

Jusqu'au toit du Dogger, le relèvement est très léger. Une perturbation apparaît au niveau du toit du calcaire, due à un épaississement brutal des marnes du Callovien.

Du toit du Bathonien jusqu'au toit du Trias, les sédiments montrent une diminution d'épaisseur beaucoup plus forte, mais régulière.

Le Trias, pris dans son ensemble montre une diminution d'épaisseur due au relèvement beaucoup plus accentué du socle (36 m plus haut qu'à GMY.1).

IV.2.2. - Formation du Trias

La planche de la page 15 présente la diagraphie "gammay ray" pour les deux forages de Melleray.

Les trois grandes séquences grossièrement détritiques, séparées

par des bancs argileux, se corrèlent parfaitement d'un forage à l'autre. En outre, on observe une conservation d'épaisseur de la plus grande partie du Trias, du sommet jusqu'au toit des grès inférieurs (cf graphique de la p.14). Ce n'est que dans cette dernière séquence détritique que l'on observe une réduction d'épaisseur qui atteint 16 m (40 m au lieu de 56 m à GMY.1) du fait de la remontée du socle.

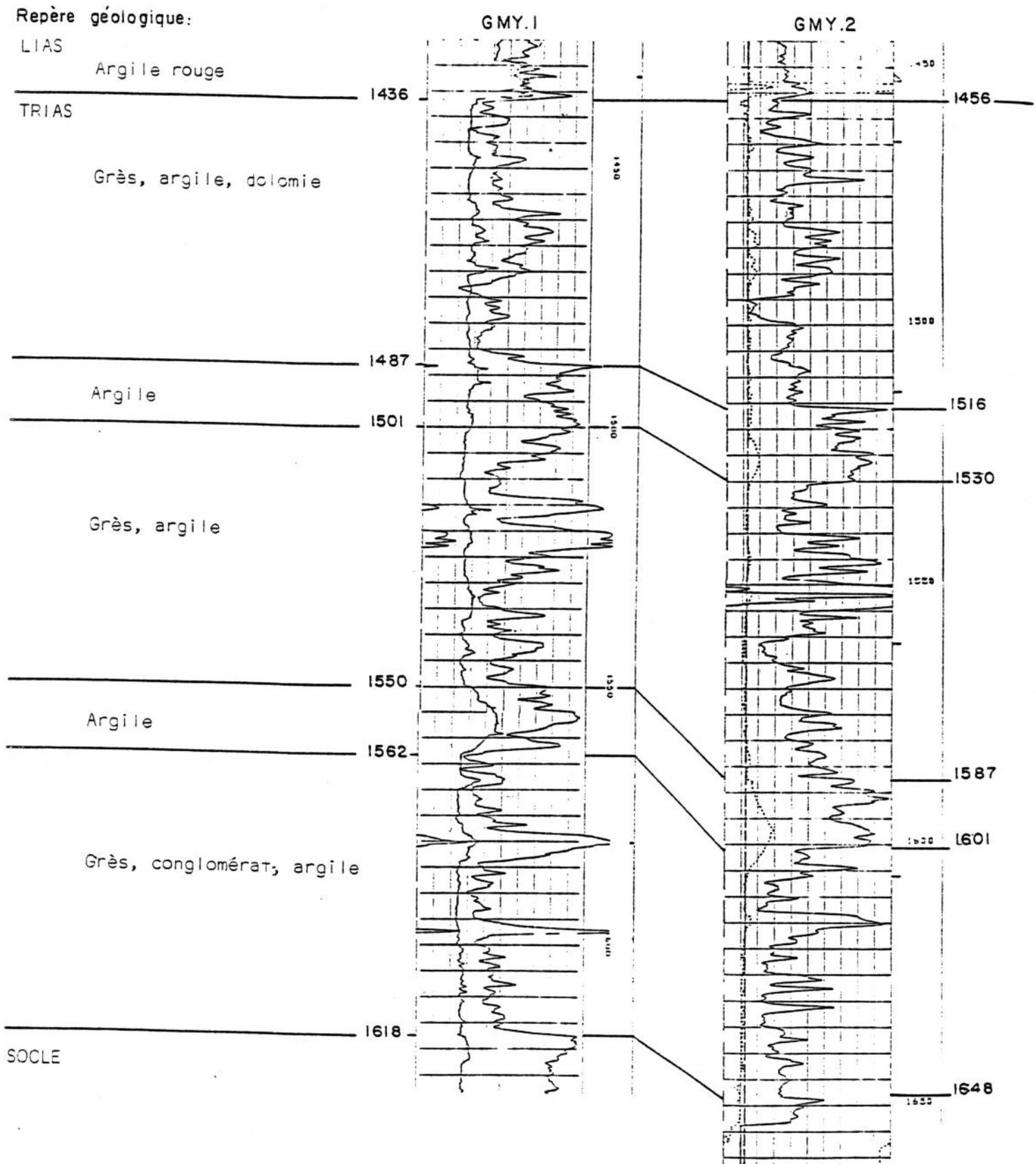
Les corrélations deviennent difficiles ou mauvaises à l'échelle métrique des bancs argileux ou gréseux à l'intérieur d'une séquence (cf. diagraphies comparées page 15). Un banc d'argile très net au forage GMY.1 (à 1505 m, par exemple) devient à peine sensible à GMY.2 (correspondance à 1535 m) sur lequel, par contre, apparaissent de nouveaux lits d'argile (à 1541 m par exemple). Ces différences sont liées au type de dépôt du Trias : sédimentation fluviatile où les grès correspondent à des chenaux divaguant au cours du temps et entre lesquels se déposent les sédiments les plus fins (argile).

CORRELATIONS ENTRE LES FORAGES

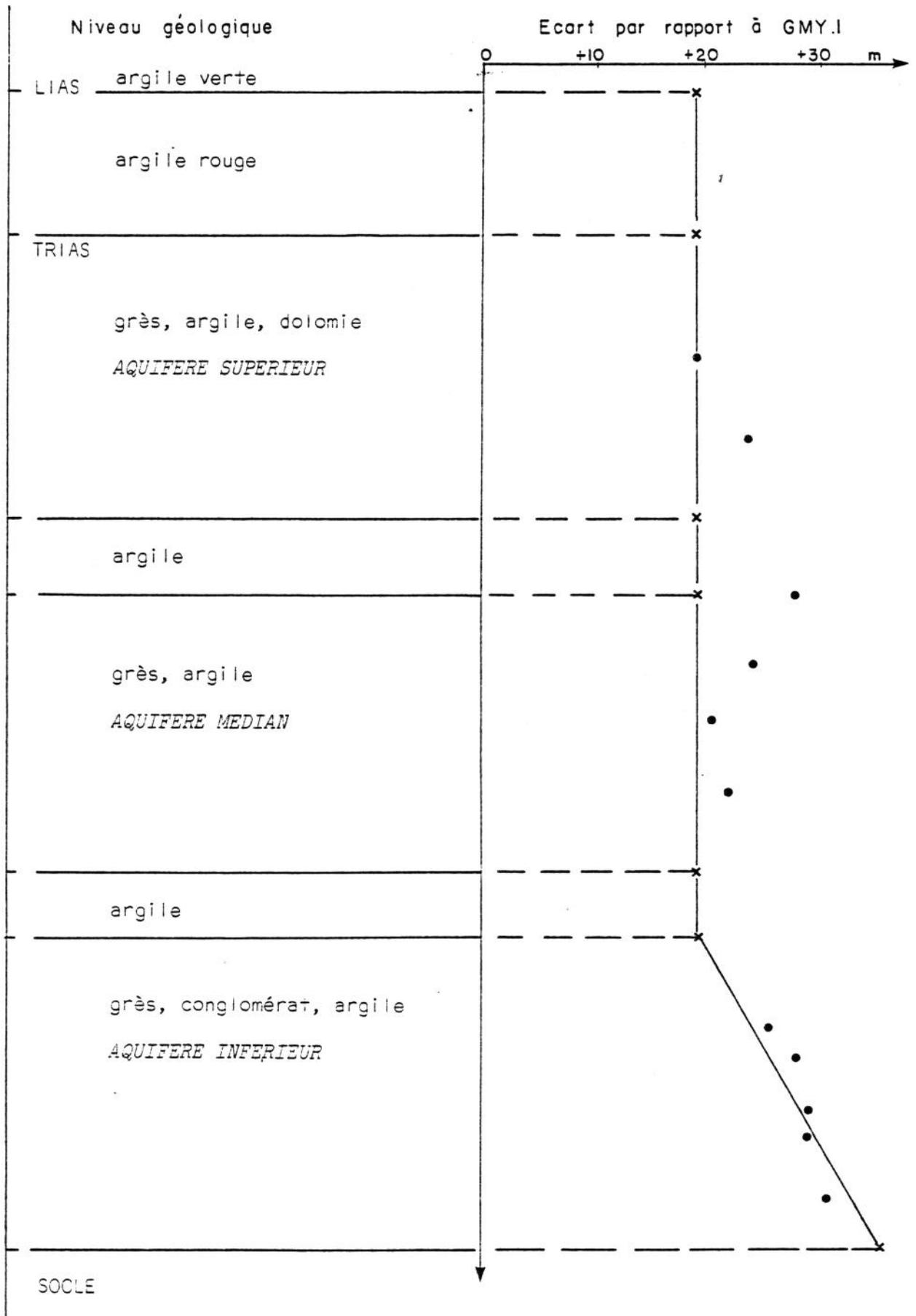
GMY.1 et GMY.2

Repère géologique	GMY. 1	GMY. 2		Ecart à GMY.2	0 10 20 30 →		
		foré	vertical				
Portlandien	512	563	563	+ 3	•		
	566			+ 4	•		
Kimmeridgien	612	608	608	+ 5	•		
	730			+ 7	•		
Sequanien	843	836	836	+ 7	•		
Rauracien	912	907	907	+ 5	•		
Argovien sup.							
Callovien - Arg. inf.	1027	1022	1021	+ 6	•		
	1063			+ 2	•		
Bathonien							
Bajocien	1187	1188	1180	+ 7	•		
	1237			+ 11	•		
Lias sup.	1296	1302	1283	+ 13	•		
Lias inf.	1360	1372	1343	+ 17	•		
	1436			+ 19	•		
Trias	1487	1516	1468	+ 19	•		
	1550			1587	1530	+ 20	•
	1618					+ 36	•
Primaire		1648	1582		•		

CORRELATIONS DIAGRAPHIQUES DANS LE TRIAS
ENTRE LES FORAGES GMY.1 ET GMY.2 DE MELLERAY
(Gamma ray)



RELEVEMENT DU TRIAS A GMY.2
 PAR RAPPORT A GMY.1
 (Par corrélations diagraphiques)



V - NIVEAUX PRODUCTEURS

L'épaisseur cumulée des grès poreux (interprétation des diagraphies) et la hauteur réellement productrice (mesure au débitmètre) sont présentées dans le chapitre 3 et en annexe 18. Il ne sera repris ici que les résultats dans le but de faire les corrélations avec le premier forage (GMY.1) après avoir transformé les longueurs forées en profondeurs verticales, et d'en tirer les conclusions sur le plan géologique.

Les données sont présentées sur le tableau de la page suivante. Le toit du Trias (base des "argiles rouges") est pris comme niveau de référence. Il faut noter que les hauteurs productrices dépendent naturellement des hauteurs crépinées, d'où la figuration de ces dernières sur le tableau.

Les résultats des mesures au débitmètre montrent, comme pour le premier forage GMY.1, que tous les niveaux poreux ne sont pas producteurs : sur une hauteur verticale de 64 m décelée à partir des diagraphies, 30 m seulement sont productifs (1), ce qui donne un rapport de 47 %, valeur très proche de celle obtenue pour le premier forage (cf. tableau de la page 19).

Le tableau montre qu'il y a concordance entre les niveaux producteurs des aquifères médian et inférieur aux épaisseurs près. Une anomalie paraît au sommet de l'aquifère médian où l'assise argileuse semble produire ; cela est sans doute dû à la position de la crépine jointe à une "cave" (cf. p 18 de 1520 à 1530 m en longueur forée). Par contre, les niveaux producteurs de l'aquifère supérieur ne correspondent pas du tout à ceux observés sur le premier forage, et ce pour 53 % du débit total ; la cimentation dolomitique des grès (cf. calcimétrie et rapport du premier forage) et une fracturation peuvent expliquer cette absence totale de relation.

Le tableau qui suit résume les caractéristiques hydrogéologiques du Trias au forage GMY.2, comparativement à celles de GMY.1. Si, comme on vient de le voir ci-dessus, il n'y a pas concordance parfaite entre les niveaux producteurs pour la plus grande part du débit mesuré, les caractéristiques globales du Trias sont conservées ; la transmissivité calculée (cf. chapitre 3) est tout à fait comparable à celle du premier forage, compte-tenu de la réduction d'épaisseur des grès.

(1) Résultat dans les conditions de l'essai de "pompage par émulsion" (air-lift) au débit moyen de 85 m³/h.

NIVEAUX PRODUCTEURS

Niveau géologique	GMY.1			GMY.2			Profondeur verticales
	Grès	Crépines	Product. ‰	Grès	Crépines	Product. ‰	
argile rouge							1417
1436							
TRIAS	I			I			
grès, argile, dolomie	I			I		40	
AQUIFERE SUPERIEUR	I		9	I		7	
	I		4	I			
	I		7	I			
	I			I			
1487				I		13	1468
argile	I			I			
1501				I		7	1481
grès, argile	I		4	I			
AQUIFERE MEDIAN	I		14	I			
	I			I		7	
	I		7	I			
	I		18	I		8	
	I			I		8	
1550			12				1580
argile							
1562						3	1542
grès, conglomérat, argile	I		7	I			
AQUIFERE INFERIEUR	I		6	I		7	
	I		10	I			
	I			I			
1618							1582
SOCLE							
Hauteurs cumulées (m):	87,3		36	64		30	

‰ Q = Pourcentage du débit

COMPARAISON DES PARAMETRES
HYDROGEOLOGIQUES DU TRIAS

	GM.1	GM.2	Variation
Hauteur totale du Trias (m)	182	165	9 %
Epaisseur des grès (m) (à partir des diagraphies)	87	64 *	25 %
Hauteur productrice (m) (à partir du débitmètre)	36	30 *	17 %
Rapport H. prod./Ep. grès	0,41	0,47	
Rapport H. prod./Haut. tot.	0,20	0,18	
Transmissivité (d.m)	15,5	13,2	15 %
Perméabilité moyenne (d.)			
- sur hauteur productrice	0,43	0,44*	
- sur épaisseur des grès	0,18	0,20*	

* Approximation faite en tenant compte de la hauteur verticale

VI - PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Les résultats du forage géothermique GMY.2 et les comparaisons avec le premier forage GMY.1 amènent plusieurs conclusions.

VI.1. - Sur le plan structural, le forage GMY.2 met en évidence une remontée rapide du socle vers l'ouest :

- a - S'il s'agit d'une remontée générale des terrains vers le nord-ouest (hypothèse sismique, ch. II.2.1.), le Trias risque alors de présenter une épaisseur réduite très rapidement dans cette direction, ce qui se répercutera sur la transmissivité de l'aquifère donc sur sa productivité.
- b - S'il s'agit d'une structure intermédiaire entre la faille de Sennely et l'axe de la fosse (hypothèse gravimétrique), le potentiel de la nappe ne diminuera que plus loin.

Cette double hypothèse a de l'importance pour tout projet vers le nord-ouest, entre autre pour Orléans, Saint Jean de la Ruelle, etc... Seule une campagne sismique pourrait lever l'incertitude dans les secteurs où l'agglomération urbaine ne constitue pas une contrainte excessive ; le carottage sismique réalisé au forage GMY.1 assurerait la fiabilité de l'interprétation d'une telle campagne.

VI.2. - Sur le plan lithologie du Trias, le forage GMY.2 montre que la réduction d'épaisseur affecte d'abord la base du Trias, les deux ensembles gréseux supérieurs étant globalement inchangés. Cette évolution doit être prise en compte pour tout autre projet dans la région.

VI.3. - Sur le plan hydrogéologique, les grès du Trias conservent leurs caractéristiques globales, cependant, les mauvaises relations entre les niveaux producteurs rendront nécessaires la réévaluation d'un projet après le premier forage (distance entre les deux puits, équipement,...) dans toute opération ; un programme de carottage sur le premier puits serait même souhaitable.

II - RAPPORT TECHNIQUE DE FORAGE

Remarques : toutes les profondeurs mentionnées dans ce rapport sont prises par rapport au sol.

Historique du sondage :

Début du montage : le 15.10.80

Début du forage : le 31.10.80 à 12 h 00

Fin du sondage : le 9.12.80 à 4 h 00

Profondeur atteinte : 1661 m

Ce sondage a duré 40 jours - 16 heures. Le forage a été réalisé avec l'appareil EMSCO-GB 800 de la Société Foraky, le BRGM Département Géothermie assurant la maîtrise d'oeuvre de l'opération.

La surveillance géologique a été assurée par la Société Samega à partir du Portlandien sous la supervision du Département Géothermie du BRGM.

I - COMPTE RENDU JOURNALIER DES OPERATIONS

Un tube guide a été posé à 12 m avant le forage.

- Le 31.10.80 Fin des opérations de montage à 12 h 00. Fabrication de 90 m³ de boue bentonitique, et forage de 12 à 45 m. Perte totale de circulation entre 13 et 14 m (forage à l'eau claire) Avancement journalier 33 m.
- Le 1.11.80 Forage en 17" 1/2 en perte totale jusqu'à 100 m. Préparation du tubage 13" 3/8 et descente de celui-ci à la cote sabot 99,59 m. Avancement journalier 55 m.
- Le 2.11.80 Cimentation avec 10 T de ciment CPJ 45. Le laitier de densité 1.82 a été mis en place par une chasse de 7,2 m³ d'eau claire jusqu'à l'acoup de pression (50 b). Attente de prise de ciment. Montage de la goulotte. Mise en place d'un piquage 2" pour le remplissage du puits. Enregistrement d'une thermométrie après 16 h 00 d'attente de prise.
- Le 3.11.80 Descente de la garniture de forage. Top ciment à 87 m. Reforage du ciment jusqu'au sabot. Mise en boue du puits. Forage en 12" 1/4 de 100 à 251 m. Avancement journalier : 151 m.

.../...

- Le 4.11.80 Forage en 12 1/4 de 251 à 345 m. Remontée pour changement d'outil. Forage en 12 1/4 de 370 à 485 m. Avancement journalier : 232 m.
- Le 5.11.80 Forage de 483 à 555 m. Circulation. Contrôle du puits sur tout le découvert. Remontée de l'outil en dégerbant les D.C 9" 1/2. Préparation pour tubage 9" 5/8. Descente du tubage 9" 5/8. Avancement journalier : 72 m.
- Le 6.11.80 Fin de descente du tubage. Préparation pour cimentation. Cimentation avec 20 T de ciment CPJ 45. Mise en place du laitier avec 21.800 m³ d'eau. Attente prise de ciment et modification tête de puits. Sabot 9" 5/8 à 555 m.
- Le 7.11.80 Arrêt. Réparation pompe PZ 9.
- Le 8.11.80 Arrêt mécanique. Réparation pompe PZ 9. Reforage du ciment de 541 à 556 m. Forage en 8 1/2 de 556,50 à 743 m. Avancement journalier 186,50 m.
- Le 9.11.80 Forage en 8 1/2 de 743 à 900 m. Préparation pour forage dirigé et descente de la turbine. Avancement journalier : 157 m.
- Le 10.11.80 Assemblage garniture de déviation. Reforage à la turbine de 855 à 900 m. Forage du Build up de 900 à 939 m. Déviation 4°. Avancement journalier 39 m.
- Le 11.11.80 Forage à la turbine de 939 à 964 m. Manoeuvre pour changement d'outil. Reforage de 750 à 964 m. Déviation 7° 25. Forage en 8 1/2 de 964 à 981 m. Avancement journalier : 42 m.
- Le 12.11.80 Forage en 8 1/2 de 981 à 1091 m. Déviation 13° 50. Tractions à 90 - 100 T de 1091 à 750 m. Avancement journalier : 110 m.
- Le 13.11.80 Forage à la turbine de 1091 à 1154 m. Déviation 20° 25. Avancement journalier 63 m.
- Le 14.11.80 Remontée de la turbine et descente garniture avec outil. Reforage de 1092 à 1154 m et forage jusqu'à 1233 m. Déviation 23° 75. Avancement journalier 79 m.
- Le 15.11.80 Forage de 1239 à 1247 m. Déviation 25° 50. Coincement de la garniture à 1160 m. Battage à la coulisse sans résultat. Mise en place d'un bouchon de gas oil de 2,8 m³ Dévissage de la garniture et chute des D.C. Avancement journalier : 8 m.

.../...

- Le 16.11.80 Repechage des D.C et coinçage de la garniture à 1160 m. Mise en place d'un bouchon d'acide (3,7 m³ Hcl à 15 %). Décoinçage progressif de la garniture.
- Le 17.11.80 Chute d'un poignée de cale entre garniture et tubage. Récupération du poisson à la remontée du train de sonde. Forage en 8 1/2 de 1286 à 1343 m. Avancement journalier : 95 m.
- Le 18.11.80 Forage de 1343 à 1367 m. Remontée pour changement de garniture avec traction à 100 T. Reforage de 1354 à 1367 m et forage de 1367 à 1419 m. Avancement journalier : 76 m.
- Le 19.11.80 Forage de 1419 à 1451 m. Opérations S.P.E. Contrôle du puits (après pose outil S.P.E.) de 1409 à 1451 m. Circulation Opération S.P.E. Avancement journalier : 32 m. Déviation 31° N 77 W.
- Le 20.11.80 Fin des opérations S.P.E. Forage de 1451 à 1453 m. Circulation Remontée en dégerbant garniture de déviation D.C et tiges 5". Préparation pour tubage 7" et descente de la colonne 7".
- Le 21.11.80 Mise en place de la colonne 7". Sabot : 1453 m. Cimentation du 1er étage. Attente prise de ciment.
- Le 22.11.80 Cimentation du 2ème et 3ème étage après une attente de 8 h 00. Pose de la colonne sur slip. Montage B. OP. Préparation garniture 3 1/2.
- Le 23.11.80 Travaux sur tête de puits. Fabrication de 90 m³ de boue. Reforage 1er D.V à 546 m. 2ème D.V à 984 m.
- Le 24.11.80 Reforage du ciment jusqu'à 1452 m. Enregistrement d'un C.B.L et forage de 1456 à 1460 m. Avancement journalier : 4 m.
- Le 25.11.80 Forage de 1460 m à 1516 m. Gerbage du carottier. Reforage de 1453 à 1516 m. Avancement journalier : 56 m.
- Le 26.11.80 Essai de carottage négatif. Rupture de la garniture (Poisson composé du carottier et du K monel). Attente overshot servco. Repechage.
- Le 27.11.80 Récupération poisson. Reforage à l'outil de 1466 à 1511 m et forage en 6" de 1516 à 1585 m. Avancement journalier : 69 m.

.../...

- Le 28.11.80 Forage après changement garniture de 1599 à 1633,50 m.
Rupture de la garniture. Poisson composé de l'outil K
monel - stabilo D.C stabilo D.C (longueur totale 135 m).
Descente garniture de repêchage.
- Le 29.11.80 Repêchage. Forage de 1633 à 1661 m. Circulation S.P.E.
Arrêt du forage. Avancement journalier : 28 m.
- Le 30.11.80 S.P.E. Contrôle du puits.
- Le 1.12.80 Dégerbage garniture D.C Descente de 236 m de crépines
- Le 2.12.80 Ancrage du Liner Hanger à 1418 m.
- Du 3.12.80 au 9.12.80 Mise en production. Air lift. S.P.E. Flopétrol. Dégerbage
Démontage B.OP. Montage tête de puits.

II - TUBAGES ET CIMENTATIONS

II.1. COLONNE 13" 3/8

Ce tubage a été descendu à la côte sabot : 99,59 m sans difficulté ; sauf pour le dernier tube mis en place avec une circulation à l'eau claire.

La cimentation de cette colonne a été réalisée par la Société Halliburton avec 10 T de ciment CPJ 45. La densité moyenne du laitier obtenu a été de 1.82.

La mise en place de ce laitier a nécessité une chasse de 7,2 m³ d'eau claire. Pas de trace de laitier en surface.

Une thermométrie enregistrée 16 h 00 après la fin de la cimentation a mis en évidence le top ciment à 45 m.

- La colonne était équipée d'un sabot canal. D'anneau de retenue à soupape et de 5 centreurs 13 3/8.
- Toutes les caractéristiques et composition de la colonne se trouvent dans le tableau annexe I.

II.2. COLONNE 9" 5/8

Après contrôle du puits à l'outil 12" 1/4, le tubage a été descendu à la cote 555 m sans incident.

La cimentation réalisée par la Société Halliburton a nécessité 20 T de ciment CPJ 45. La densité du laitier a été de 1.83.

Le déplacement du laitier a été réalisé avec une chasse de 21.800 m³ d'eau par l'unité de cimentation.

La colonne a été équipée de 16 centreurs ST III de centreurs positifs PO VI.

L'attente de prise de ciment a été de 36 heures.

II.3. COLONNE 7"

Après contrôle du puits à l'outil a été mis en place un tubage 7" équipé de 85 centreurs SPI (gauche-droite) de 9 centreurs positifs PO II de 130 stop collars J.S.H. de 30 scratchers CTIA, d'un sabot canal, d'un anneau différentiel et de 2 D.V de cimentation.

Cette colonne a été positionnée définitivement à 1453 m.

Pendant la descente trois circulations ont été réalisées pour l'élimination de sédiments derrière la colonne :

à 918 m pendant 30' sous une pression de 25 b

à 1301 m pendant 30' sous une pression de 30 b

à 1402 m pendant 30' sous une pression de 25 b

Après une circulation de 3 h pour conditionnement du puits et de la boue, la cimentation du tubage a été réalisée avec l'unité de cimentation de la Société Halliburton.

1ère cimentation - 1er étage

10 T de ciment CPA 55 amiante CCF ont été utilisées pour la fabrication du laitier de densité 1.75. La chasse 28,5 m³ a été réalisée par l'unité de cimentation à 300 l/mn.

La cimentation a été précédée d'un bouchon (fluid spacer) de boue de 2 m³. Pendant toute la réalisation de la cimentation et de la mise en place du ciment la colonne a été maintenue en mouvement alternatif sur 2 m de hauteur.

L'attente de prise a été de 8 h 00.

2ème cimentation - 2ème étage

10 T de ciment CPA 55 amiante CCF dont 6 T mixées avec 2 % de bentonite ont été utilisées pour cette cimentation. La densité du laitier bentonitique a été de 1.75. La densité du laitier ordinaire de 1.80. La chasse 19.5 m³ a été réalisée par l'unité de cimentation à 300 l/mn.

La cimentation a été précédée d'un bouchon de boue traitée de 2 m³ (fluid spacer).

.../...

3ème cimentation - 3ème étage

6 T de ciment CPA 55 amiante et 15 T de CPJ 45 ont été utilisées pour la fabrication du laitier de $d = 1.85$. La chasse réalisée par l'unité de cimentation jusqu'à l'acoup de pression montre un important retour de ciment au jour.

Le C.B.L. enregistré 72 h après la 1ère cimentation - 1er étage montre une cimentation :

de bonne qualité de 0 à 455 m
de médiocre qualité de 455 à 1200 m
de très bonne qualité de 1200 à 1453 m

l'excellente qualité de la cimentation au droit des étages, Toarcien - Domarien) Sinernurien - Hettangien devrait éviter toute communication entre le Trias et le Dogger.

III - ETAT DU PUIITS APRES LES OPERATIONS D'ABANDON

Sabot tube guide 30"	14 m
Tubage 13" 3/8	99,59 m
Tubage 9" 5/8	555 m
Tubage 7"	1453 m
Ancrage Liner	1419,60 m
Sabot crépines	1659,50 m
Fond de puits 6"	1661 m

IV - PERFORMANCES D'APPROFONDISSEMENT

$$\text{moyenne journalière 24 x } \frac{1661 \text{ m}}{976 \text{ h}} = 40,84 \text{ m/jour}$$

$$\text{moyenne journalière hors production 24 x } \frac{1661 \text{ m}}{780 \text{ h}} = 51,10 \text{ m/jour}$$

V - REPARTITION DU METRAGE Rock bit dans les 4 \emptyset forés

Forage en 17" 1/2	86 m
Forage en 12" 1/4	455 m
Forage en 8" 1/2	898 m
Forage en 6"	208 m

VI - VITESSE MOYENNE DE PENETRATION

$$\text{R.B. } \frac{1661 \text{ m}}{193 \text{ h } 15} = 8,59 \text{ m/h}$$

Vitesse de pénétration avec ajouts de tiges :	17 1/2	5,21 m/h
	12 1/4	11,16 m/h
	8 1/2	8,39 m/h
	6"	7,17 m/h

COLONNE 13 3/8 GMY 2

∅	Poids	Epaisseur	Filetage	Grade	Couple	Range	Long. utilisée
13 3/8	48	8.38	A.P.I.	K55-API	740 m x daN	2 et 3	103.77

N° d'ordre	Long	Longueur totale	Cote par rapport au sol
Sabot	0,68		Sabot : 99,59
1	9,97	10,65	98,91
2	12,24	22,89	88,94
3	12,06	34,95	76,70
4	9,87	44,82	64,64
5	12,41	57,23	54,77
6	12,69	69,92	42,36
7	9,93	79,85	29,67
8	11,89	91,74	19,74
9	12,71	104,45	7,85
			Tube Fond de cave - 2,10

COLONNE 9" 5/8

∅	Poids	Epaisseur	Filetage	Grade	Couple	Range	Long. utilisée
9" 5/8	40 lbs/ft	10,03mm	VAM	K 55	1300 m x daN	2 et 3	550,93 m

nb	Long. tube	Prof.	nb	Long.	Prof.	nb	Long.	Prof.
Sol	0	0	21	12,72	- 237,38	42	9,37	- 462,83
1 T.man	8,54	+ 6,67	22	12,95	- 250,10	43	9,53	- 472,20
2	10,68	- 1,87	23	12,24	- 263,05	44	12,69	- 481,73
3	9,93	- 12,55	24	12,61	- 275,29	45	11,17	- 494,42
4	10,63	- 22,48	25	12,51	- 287,90	46	12,95	- 505,59
5	13,10	- 33,11	26	12,11	- 300,41	47	12,84	- 518,54
6	12,72	- 46,21	27	9,25	- 312,52	48	9,58	- 531,38
7	12,78	- 58,93	28	9,69	- 321,77	Red	0,40	- 540,96
8	12,86	- 71,71	29	9,53	- 331,46	Anneau	0,50	- 541,36
9	12,90	- 84,57	30	12,50	- 340,99	Red	0,40	- 541,86
10	12,35	- 97,47	31	12,53	- 353,49	49	12,34	- 542,26
11	12,65	- 109,82	32	9,59	- 366,02	Red	0,40	- 554,60
12	12,88	- 122,47	33	12,28	- 375,61	Sabot	0,50	- 555,00
13	12,75	- 135,32	34	9,68	- 387,89			
14	12,35	- 148,10	35	9,56	- 397,57			
15	12,70	- 160,45	36	9,39	- 407,13			
16	12,37	- 173,15	37	9,18	- 416,52			
17	12,92	- 185,52	38	9,61	- 425,70			
18	12,89	- 198,44	39	9,21	- 435,31			
19	13,05	- 211,33	40	9,20	- 444,52			
20	13,00	- 224,38	41	9,11	- 453,72			

COLONNE 7"

Ø	Poids	Epaisseur	Filetage	Grave	Couple	Range	Long. utilisée
7"	26 lbs/ ft	9,19 mm	VAM	K 55.	1100 m kg	2 et 3	

N°	Longueur	Prof/sol	N°	Longueur	Prof/sol	N°	Longueur	Prof/sol
1	5,13	- 1,20	22	11,00	- 243,44	43	12,44	- 451,38
2	12,25	- 6,33	23	9,35	- 254,44	44	12,50	- 463,82
3	12,31	- 18,58	24	9,24	- 263,79	45	11,40	- 476,32
4	12,41	- 30,89	25	9,27	- 273,03	46	11,54	- 487,72
5	12,44	- 43,30	26	9,62	- 282,30	47	12,37	- 499,26
6	12,02	- 55,74	27	12,60	- 291,92	48	11,42	- 511,63
7	11,51	- 67,76	28	12,61	- 304,52	49	11,49	- 523,05
8	11,43	- 79,27	29	12,63	- 317,13	50	11,45	- 534,54
9	12,34	- 90,70	30	8,86	- 329,76	DV	0,98	- 545,99
10	11,59	- 103,04	31	9,06	- 338,62	51	11,60	- 546,97
11	12,45	- 114,63	32	9,24	- 347,68	52	12,33	- 558,57
12	12,37	- 127,08	33	8,70	- 356,92	53	12,24	- 570,90
13	12,36	- 139,45	34	9,24	- 365,62	54	11,66	- 583,14
14	12,07	- 151,81	35	8,52	- 374,86	55	9,58	- 594,80
15	10,11	- 163,88	36	9,54	- 383,38	56	10,11	- 604,38
16	9,01	- 173,99	37	8,57	- 392,92	57	10,12	- 614,49
17	12,44	- 183,00	38	9,47	- 401,49	58	9,34	- 624,61
18	12,28	- 195,44	39	9,34	- 410,96	59	8,61	- 633,95
19	12,43	- 207,72	40	9,27	- 420,30	60	9,08	- 642,56
20	11,74	- 220,15	41	10,12	- 429,57	61	9,44	- 651,64
21	11,55	- 231,89	42	11,69	- 439,69	62	10,12	- 661,08

N°	Longueur	Prof/sol	N°	Longueur	Prof/sol	N°	Longueur	Prof/sol
63	9,46	- 671,20	90	12,55	- 985,77	116	12,44	- 1303,33
64	10,11	- 680,66	DV	0,98	- 998,32	117	12,38	- 1315,77
65	9,51	- 690,77	91	12,19	- 999,30	118	12,46	- 1328,15
66	9,55	- 700,28	92	12,70	- 1011,49	119	12,18	- 1340,61
67	10,12	- 709,83	93	12,10	- 1024,19	120	12,11	- 1352,79
68	9,57	- 719,95	94	12,46	- 1036,29	121	12,48	- 1364,90
69	9,43	- 729,52	95	11,58	- 1048,75	122	12,29	- 1377,38
70	12,96	- 738,95	96	12,43	- 1060,33	123	12,68	- 1389,67
71	12,65	- 751,91	97	12,18	- 1072,76	124	12,41	- 1402,35
72	11,54	- 764,56	98	12,36	- 1084,94	125	12,52	- 1414,76
73	12,68	- 776,10	99	12,48	- 1097,30	Dif.	0,60	- 1427,28
74	12,04	- 788,78	100	12,27	- 1109,78	126	12,59	- 1427,88
75	12,32	- 800,82	101	12,35	- 1122,05	127	12,54	- 1440,47
76	12,58	- 813,14	102	12,66	- 1134,40	Sabot	0,31	- 1453,01
77	12,62	- 825,72	103	12,35	- 1147,06			- 1453,32
78	12,77	- 838,34	104	11,63	- 1159,41			
79	12,09	- 851,11	105	12,06	- 1171,04			
80	12,43	- 863,20	106	12,24	- 1183,10			
81	12,26	- 875,63	107	12,63	- 1195,34			
82	12,31	- 887,89	108	12,21	- 1207,97			
83	12,54	- 900,20	109	12,38	- 1220,18			
84	12,15	- 912,74	110	12,44	- 1232,56			
85	11,41	- 924,89	111	10,85	- 1245,00			
86	12,56	- 936,30	112	10,55	- 1255,85			
87	12,38	- 948,86	113	12,27	- 1266,40			
88	12,40	- 961,24	114	12,30	- 1278,67			
89	12,13	- 973,64	115	12,36	- 1290,97			

ANALYSE DES TEMPS

Cette analyse comporte 18 opérations ou postes correspondant à 976 h de la durée du sondage.

Opérations	Phase 17 1/2	Phase 12 1/4	Phase 8 1/2	Phase 6"	Total
1 Forage	16 h 30	40 h 45	107 h 00	29 h 00	193 h 15
2 Manoeuvre pour forage	4 h 00	21 h 00	125 h 30	44 h 30	195 h 00
3 Reforage élargis- sage		1 h 00	23 h 30	3 h 45	28 h 15
4 Carottage				8 h 30	8 h 30
5 Manoeuvre pour carottage				9 h 00	9 h 00
6 Fabrication circula- tion boue	4 h 00	6 h 15	10 h 30	5 h 15	26 h 00
7 Tubage	18 h 15	17 h 00	21 h 00		56 h 15
8 Cimentation	3 h 00	3 h 00	6 h 30		12 h 30
9 Attente prise de ciment	8 h 00		25 h 30		33 h 30
10 Montage B.OP et modification tête de puits	2 h 15	25 h 15	3 h 30	6 h 00	37 h 00
11 Mesure de déviation			9 h 45	1 h 15	11 h 00
12 S.P.E et thermométrie	3 h 00		11 h 45	10 h 00	24 h 45
13 Instrumentation			34 h 30	17 h 30	52 h 00
14 Attentes diverses				29 h 15	29 h 15
15 Pose des crépines Liner Hanger				10 h 00	10 h 00
16 Test de production				186 h 00	186 h 00
17 Réparations	4 h 00	37 h 00	7 h 00	5 h 15	53 h 15
18 Dégerbage				10 h 30	10 h 30
TOTAL	63 h 00	151 h 15	386 h 00	375 h 45	976 h 00

CONSOMMATION DES PRODUITS BOUE

Désignation des produits	Phase 17 1/2	Phase 12/14	Phase 8 1/2	Phase 6"	Total produits
Imco Hyb	5,500 T	0,800 T	2,450 T		8,750 T
Soude	0,300 T		0,400 T		0,700 T
Celpol S.L.		0,200 T	0,690 T		0,890 T
Celpol R		0,125 T	0,770 T		0,895 T
Bicarbonate de soude			0,200 T		0,200 T
C.M.C.			0,250 T		0,250 T
Lubrikleen			400 l		400 l
Foamban			100 l		100 l
Bactéricide				0,200 T	0,200 T
Flogel				1,000 T	1,000 T
Sel				24,800 T	24,800 T
Baryte			2,00 T		2,000 T

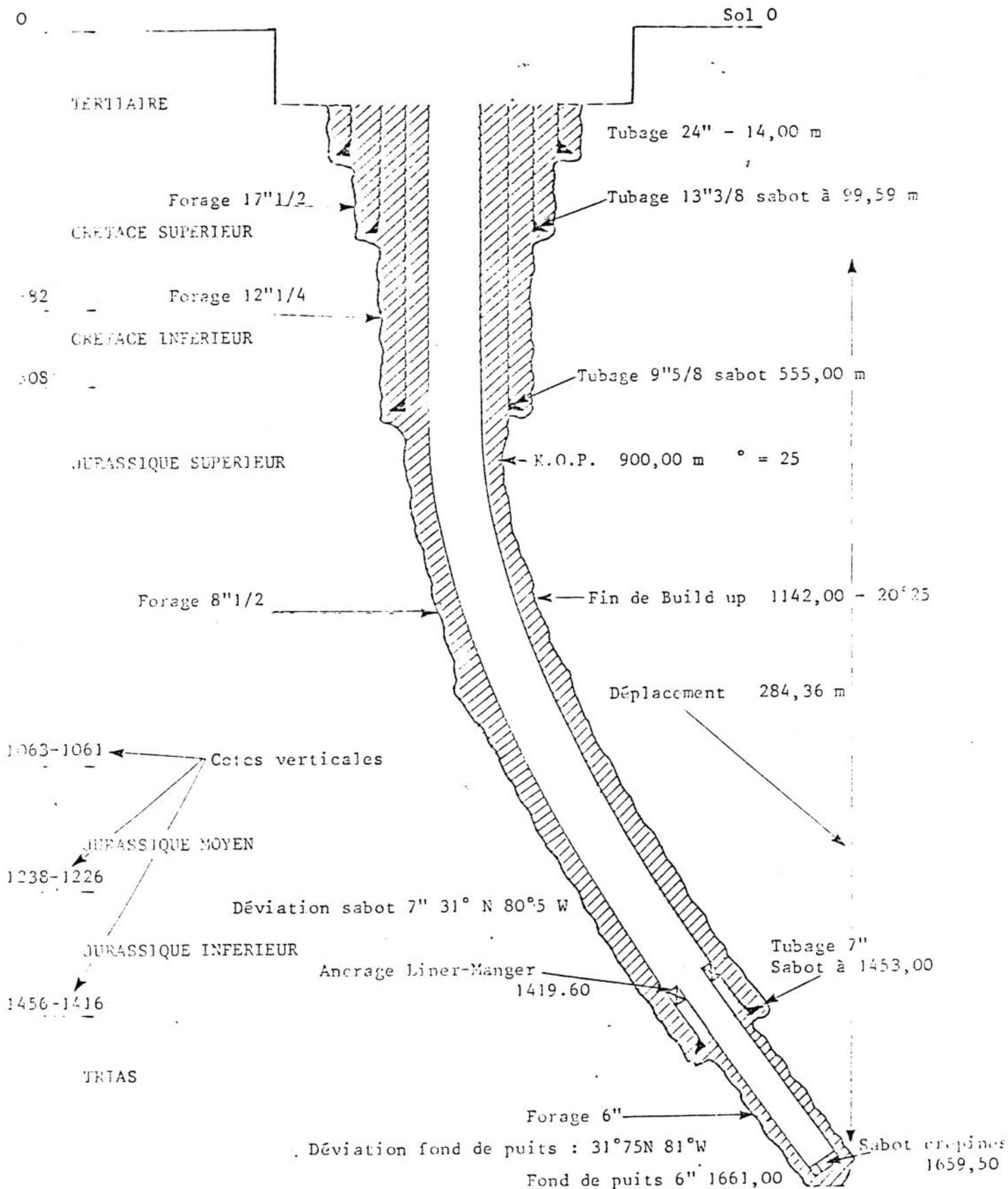
MESURES DE DEVIATION - COMPOSITION DES DIFFERENTES GARNITURES

N°	Profondeur déviée	Inclinaison	Direction géographique			Profondeur verticale	Déplacement m	Composition garniture
1	889	0° 25						
2	898	0° 50	N	74°5	W	898,00	0,05	De 900 à 964 m outil R2J - Turbine - BS 1°30 - K monel 9,08 D.C 6 1/8 57 m DC 5 5/8 136 m - Coulisse - HW 110 m tiges 5"
3	908	1° 50	N	80°5	W	908,00	0,22	
4	927	4°	N	78°5	W	926,98	1,11	
5	945	5° 75	N	75°	W	944,91	2,59	
6	954	6° 75	N	84°5	W	953,86	3,57	
7	963	7° 25	S	88°	W	962,79	4,67	
8	982	8° 50	S	83°5	W	981,61	7,25	
9	1010	10° 25	N	82°5	W	1009,24	11,84	
10	1058	12°	N	87°	W	1056,35	20,93	
11	1085	13° 50	N	89°	W	1082,68	26,89	
12	1097	14° 75	N	89°	W	1094,32	29,82	De 1091 à 1154 m outil R2J - Turbine - BS 1°30 - K monel 9,08 DC 6 1/8 57 m - DC 5" 5/8 136 m - Coulisse - H.W 110 m - tiges 5"
13	1106	16°	N	90°	W	1103,00	32,21	
14	1115	16° 75	S	89°	W	1111,64	34,75	
15	1125	18°	S	87°5	W	1121,18	37,74	
16	1144	20° 25	S	86°5	W	1139,13	43,95	
17	1176	23° 25	S	85°	W	1168,85	55,76	

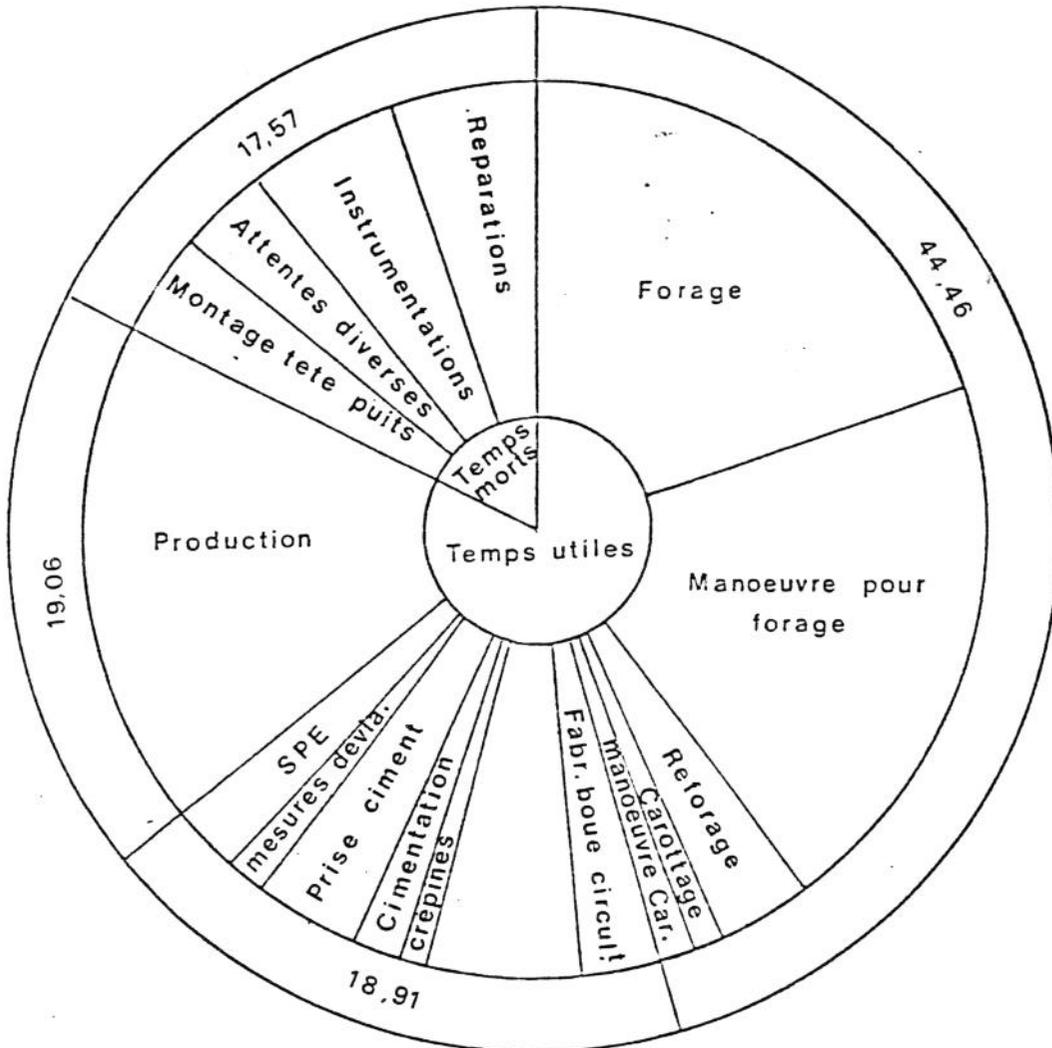
N°	Profondeur déviée	Inclinaison	Direction géographique			Profondeur verticale	Déplacement m	Composition garniture
			S	°	W			
18	1205	23° 75	S	85°	W	1195,44	67,28	De 1154 à 1367 m outil - NB 8 1/2 - K monel - stabilo 8 1/4 - 1 DC - Stabilo 8 7/16 - 5 DC 6 1/8 45 m - 14 DC 5 5/8 - Coulisse - 12 H.W 116 m tiges 5"
19	1242	25° 50	S	89°	W	1229,08	82,70	
20	1281	26° 75	N	87°5	W	1264,10	99,85	
21	1328	29° 25	N	83°5	W	1305,60	121,78	
22	1357	30° 50	N	80°5	W	1330,75	136,03	
23	1395	30° 75	N	80°5	W	1363,45	155,13	De 1367 à 1453 m outil - NB 8 1/2 - DC court stabilo 8 1/4 - K monel - stabilo 8 7/16 - 5 DC 6 1/8 56 m - 14 DC 5 5/8 127 m - Coulisse - 12 H.W 116 m
24	1446	31°	N	80°5	W	1407,22	180,94	
25	1487	29° 25	N	81°	W	1442,68	201,27	De 1453 à 1516 m - outil 6" - K monel - 19 DC 4 1/4 - tiges 3 1/2
26	1512	28° 50	N	81°	W	1464,57	213,19	De 1516 à 1661 m - outil 6" - Near bit 6" - K monel - stabilo 6" 2 DC 4 1/4 stabilo 6" - DC 4 1/4 - tiges 3 1/2
27	1656	31° 75	N	80°	W	1589,12	284,36	

5 garnitures ont été nécessaires à la réalisation de la phase déviée 8 1/2 et 2 pour la phase 6"

COUPE TECHNIQUE
FORAGE DEVIÉ DE MELLERAY 2



ANALYSE DES TEMPS



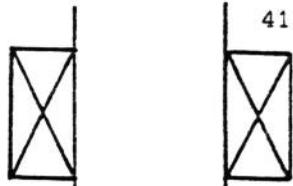
TEMPS UTILES		TEMPS MORTS	
Forage	19,80 %	Réparations	5,46 %
Manoeuvre pour forage	19,87 %	Instrumentations	5,33 %
Retorage	2,89 %	Attentes diverses	2,99 %
Carottage	0,88 %	Montage tête de puits	3,79 %
Manoeuvre pour carottages	0,92 %		<u>17,57 %</u>
Fabrication boue-circulation			
	2,67 %		
Tubage	5,76 %		
Descente crépines	1,02 %		
Cimentation	1,29 %		
Attente prise de ciment	3,43 %		
Mesure de déviation	1,13 %		
S.P.E.	2,53 %		
Production	19,06 %		
Dégerbage	1,08 %		
	<u>82,43 %</u>		

COLONNE DE COMPLETION - CREPINES JOHNSON

TYPE OIL AND GAS 4 1/2
ACIER INOX AISI 316 L

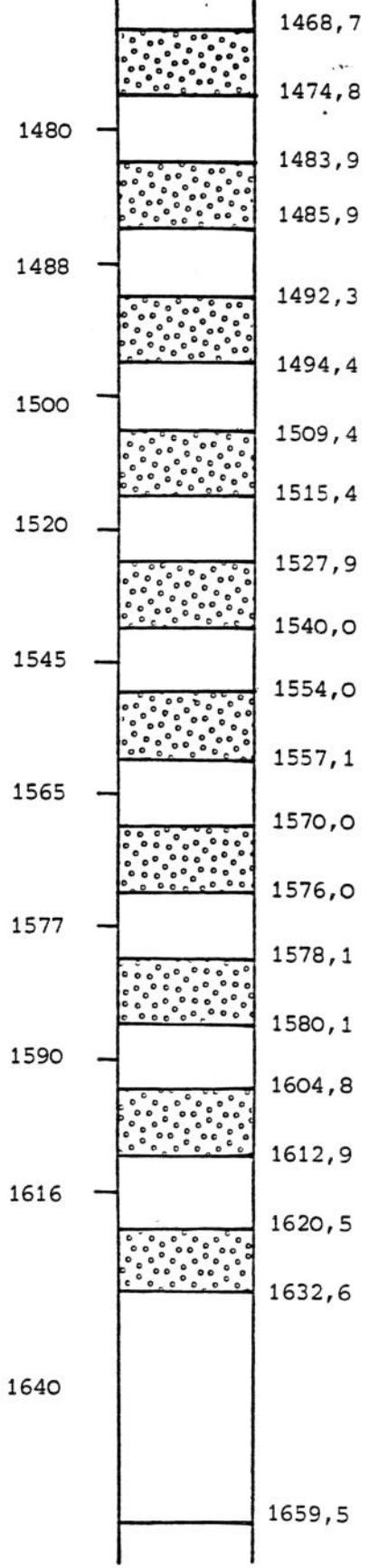
SLOT : 0.8 mm

Description	Longueur	Cote Sabot	N°	Description	Longueur	Cote Sabot	N°
Réduction 5 x 4 1/2		1423		Tube lisse	6,42	1563,50	19
Tube lisse	5,40	1428,4	43	Tube lisse	6,47	1569,97	18
Tube lisse	6,83	1435,23	42	Crépine	6,04	1576,01	17
Tube lisse	6,45	1441,68	41	Tube lisse	2,05	1578,06	16
Tube lisse	6,82	1448,50	40	Crépine	2,04	1580,10	15
Tube lisse	6,56	1455,06	39	Tube lisse	6,34	1586,44	14
Tube lisse	6,82	1461,88	38	Tube lisse	6,39	1592,83	13
Tube lisse	6,83	1468,71	37	Tube lisse	5,95	1598,78	12
Crépine	6,05	1474,76	36	Tube lisse	6,01	1604,79	11
Tube lisse	2,04	1476,80	35	Crépine	6,05	1610,84	10
Tube lisse	7,10	1483,90	34	Crépine	2,04	1612,88	9
Crépine	2,04	1485,94	33	Tube lisse	7,58	1620,46	8
Tube lisse	6,37	1492,31	32	Crépine	6,04	1626,50	7
Crépine	2,04	1494,35	31	Crépine	6,05	1632,55	6
Tube lisse	2,05	1496,40	30	Tube lisse	6,82	1639,37	5
Tube lisse	6,47	1502,87	29	Tube lisse	6,71	1646,08	4
Tube lisse	6,51	1509,38	28	Tube lisse	6,58	1652,66	3
Crépine	6,04	1515,42	27	Tube lisse	6,51	1659,17	2
Tube lisse	6,26	1521,68	26	Sabot laveur	0,33	1659,50	1
Tube lisse	6,26	1527,94	25				
Crépine	6,04	1533,98	24				
Crépine	6,04	1540,02	23				
Tube lisse	7,03	1547,05	22				
Tube lisse	6,99	1554,04	21				
Crépine	3,04	1557,08	20				

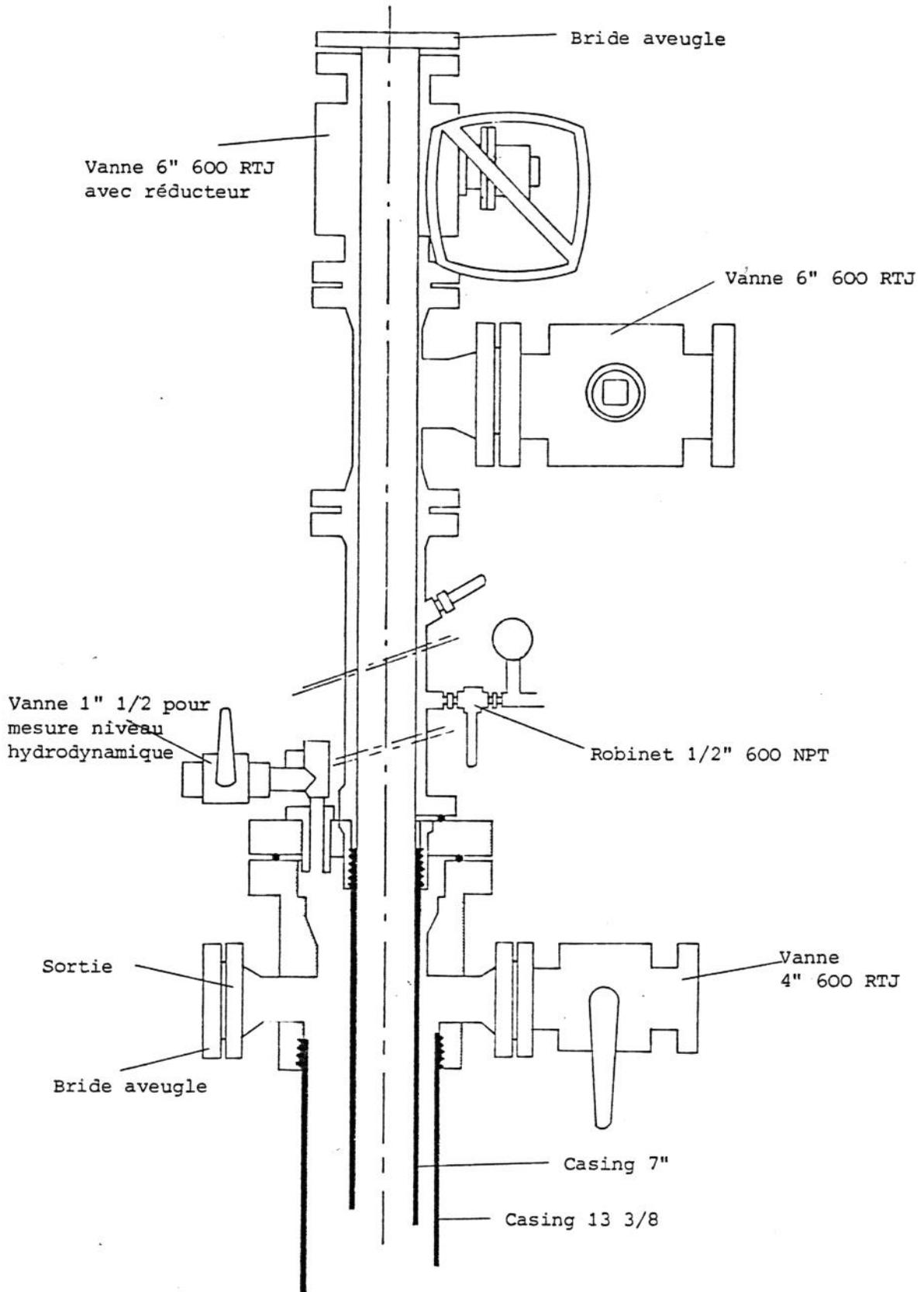


1419,6

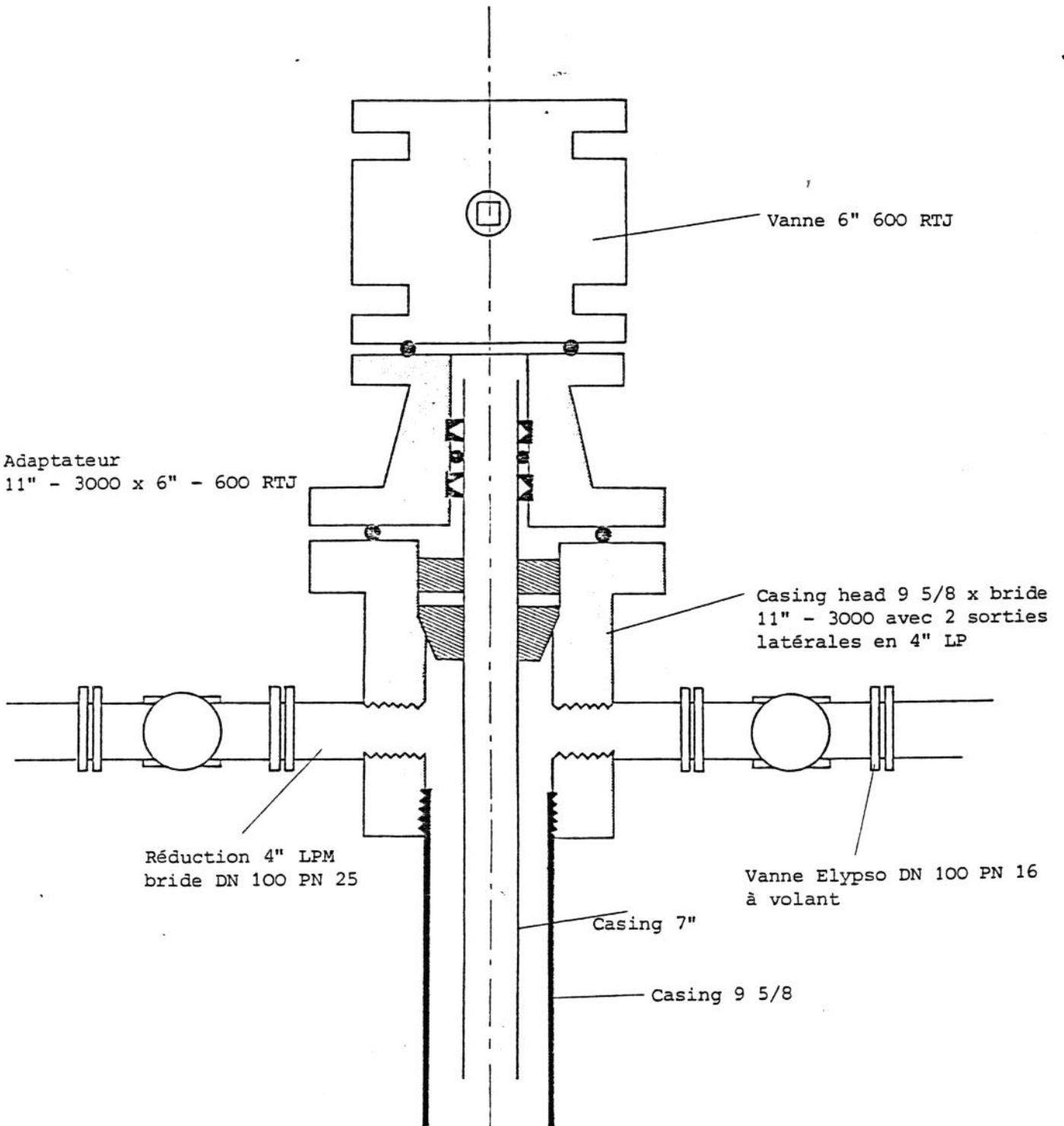
EMPLACEMENT DES CREPINES
DANS LE PUIT



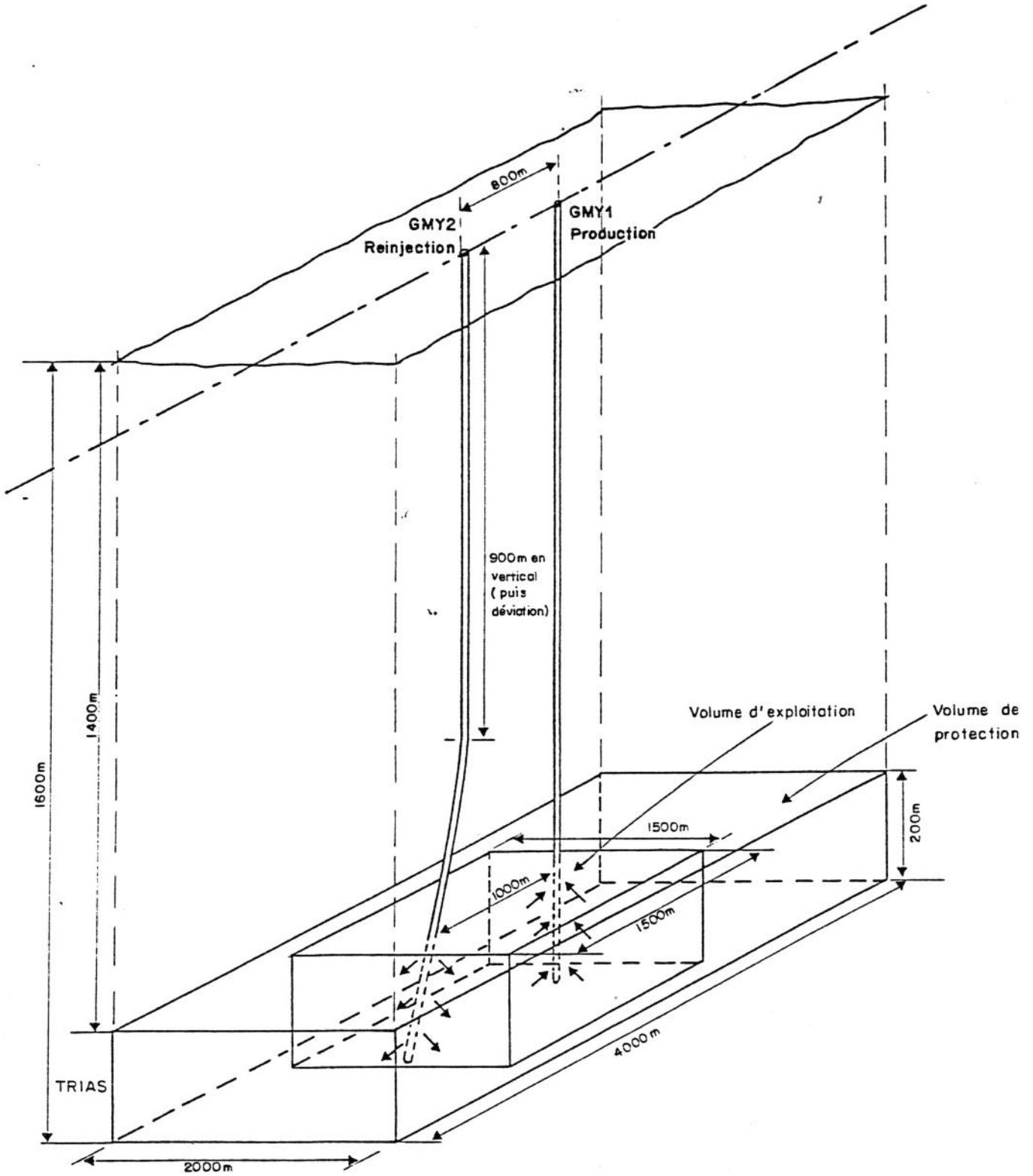
PRODUCTION MELLERAY



INJECTION MELLERAY



MELLERAY SCHEMATISATION DE L'EXPLOITATION DU TRIAS



III - RESULTATS DES ESSAIS

B. R. G. M.
DEPARTEMENT GEOTHERMIE
Ref. : 4/81/OFE
AM/CC

Orléans, le 5 Janvier 1981

MELLERAY - FORAGE GMY2
INTERPRETATION DU TEST DE FORMATION DU 07/12/80

SOMMAIRE

- I - RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES
- II - INTERPRETATION DE L'ESSAI
 - II.1 - Caractéristiques de l'essai
 - II.2 - Interprétation de l'essai
 - II.3 - Conclusions
 - II.4 - Tableau récapitulatif
- III - ANNEXES

I - RESUME ET RAPPEL DES CARACTERISTIQUES.

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production à débit constant montre un réservoir de perméabilité moyenne (de l'ordre de 13 D.m) et un ouvrage non endommagé (facteur de skin voisin de zero).

Rappel des caractéristiques :

Niveaux producteurs	entre 1418 m et 1606 m
Hauteur productrice	h = 34 m
Porosité moyenne	$\phi = 17 \%$
Température stabilisée à 1370 m au débit de 47.6 m ³ /h	Tf = 73. C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.41 cp
Salinité moyenne	= 38 g/l
Compressibilité totale	Ct = 9.7 10 ⁻⁵ atm
Pression artésienne	Par = 5 kg/cm ²
Pression statique extrapolée	Pe = 144.2 kg/cm ² abs

		moyen	log-log	d'après Horner	MDH
transmissivité relative	kh/u	32.3	30.44	32.26	34.03 D.m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh	13.2	12.48	13.20	13.95 D.m
Perméabilité intrinsèque	k	0.39	0.37	0.39	0.41 D
Facteur de skin	S	0.	-0.33	-0.01	+0.3

II - INTERPRETATION DE L'ESSAI DU 07/12/1980

L'enregistrement de pression utilisé pour l'interprétation a été réalisé par Flopetrol du 7/12/80 à 20h40 au 8/11/80 à 12h à l'aide d'une sonde de précision de type TPTT. L'enregistrement a été effectué après les travaux de développement de l'ouvrage, et concerne la remontée de pression consécutive à l'essai de production artésien d'une durée d'environ 13 heures.

II.1 - CARACTERISTIQUES DE L'ESSAI :

- début du pompage . (07/12/80)..... t = 07. 00. 00
- arrêt du pompage . (08/12/80)..... t = 22. 40. 00
- durée du pompage tp = 15h40
- fin de remontée de pression . (08/12/80).... t = 12. 00. 00
- débit nominal moyen Q = 47. 6 m³/h
- température à 1370 m au débit nominal Tf = 73. 0 C
(température de mélange durant
la production)
- position de la sonde TPTT 1370 m/sol
- rayon du forage dans le réservoir 6 "

II. 2 - INTERPRETATION DE L'ESSAI :

II. 2. 1 - Hauteur productive et porosité du réservoir :

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

hauteur productive $h = 34$ m
porosité moyenne $\phi = 17$ %

II. 2. 2 - Salinité moyenne :

La salinité est connue à partir des mesures sur échantillons d'eau prélevés durant l'essai. Les échantillons prélevés en fin d'essai ont une salinité totale de l'ordre de 36g/l .

II. 2. 3 - Compressibilité totale moyenne :

Les zones productrices étant réparties entre 1418 et 1606 m la compressibilité est évaluée à la profondeur moyenne de 1500 m. D'après les abaques de Dodson et Standing, la compressibilité de l'eau est estimée à :

$$C_w = 4.3 \cdot 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$$

pour une pression de confinement de 150 atm et une température de 73 C.

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

$$C_r = 5.4 \cdot 10^{-5} \text{ atm}^{-1}$$

d'où la compressibilité totale :

$$C_t = 9.7 \cdot 10^{-5} \text{ # } 10^{-4} \text{ atm}^{-1}$$

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

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

$$\mu = 0.41 \text{ cp}$$

II. 2. 5 - Perméabilité et facteur de skin :

La perméabilité et le facteur de skin sont déterminés à partir de l'enregistrement de la remontée de pression finale avec la sonde TPTT en place à 1370 m.

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

a/ - Courbe type (diagramme log-log)

La première estimation des paramètres est effectuée à l'aide de l'abaque Flopetrol (SPE 8205, 1979) et du report des points expérimentaux en graphique bi-log (figure 2).

Point de coïncidence des graphiques :

$$\begin{aligned} dP &= 1.0 \text{ kg/cm}^2 & PD &= 1.4 \\ dt &= 1.0 \text{ h} & tD/CD &= 1700 \\ CD_{\text{exp}}(2S) &= 1000 \end{aligned}$$

La validité de la superposition implique dans ce cas : $dt/tp < 1.5$, tous les points expérimentaux peuvent donc être utilisés.

Transmissivité :

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

$$\frac{kh}{u} = 3044 \text{ D. cm/cp}$$

avec $u = 0.41 \text{ cp}$

et $h = 34 \text{ m}$

$$kh = 12.48 \text{ D. m}$$

$$k = 0.367 \text{ D}$$

Facteur de skin :

$$C = 2. \pi \frac{kh dt}{u tD} = 40504 \text{ cm}^3/\text{atm}$$

CD

$$CD = \frac{C}{2\pi \cdot \phi \cdot Ct \cdot h \cdot rw} = 1960$$

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

il vient $S = -0.33$

b/ - Méthode de HORNER :

Le report de la figure 2 représente la variation de la pression de fermeture P_{ws} en fonction de la variable $(t_p+dt)/dt$ où t_p est la durée de production, et dt le temps écoulé depuis l'arrêt du pompage.

On notera que les points expérimentaux ne sont pas alignés comme sur un graphe de Horner conventionnel; ce qui traduit une divergence par rapport à l'hypothèse usuelle d'un réservoir homogène d'épaisseur constante et d'extension infinie. L'infléchissement de la courbe, suivi d'une portion rectiligne conduisent à envisager deux hypothèses :

- soit l'existence d'un phénomène de " drainance " (schéma de Boulton) lié à la structure multicouche du réservoir. Certaines couches participent au débit (ou à la repressurisation) avec un certain retard, d'où la manifestation temporaire d'une perméabilité plus élevée,
- soit l'existence d'une variation latérale de faciès : diminution de la mobilité latérale, variation de l'épaisseur h , etc. On notera par exemple quelques différences entre les distributions des niveaux producteurs sur les logs des deux forages GMY1 et GMY2.

Pour l'interprétation, on retiendra que la dernière portion linéaire du graphe est significative du comportement du réservoir à long terme.

Limite de validité :

Le début de validité de la méthode de Horner estimé à partir de l'abaque SPE vaut :

$$dt \# 0.07 \text{ h} \quad \text{et} \quad (t_p+dt)/dt \# 225$$

Transmissivité :

La pente moyenne de la droite vaut :

$$m = 0.775 \text{ kg/cm}^2, \text{ décade}$$

d'où

$$\frac{kh}{u} = \frac{0.183 \text{ D}}{m} = 3226 \text{ D. cm/ep}$$

$$kh = 13.2 \text{ D. m}$$

et avec $h = 34 \text{ m}$ $k = 0.389 \text{ D.}$

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul : $P(1h) = 143.58 \text{ kg/cm}^2$

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

soit $S = - 0.01$

Pression statique extrapolée :

$$P^* = 144.2 \text{ kg/cm}^2$$

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).

La limite de validité est ici identique à celle de la méthode de HORNER.

Transmissivité :

Pente moyenne $m = 0.735 \text{ kg/cm}^2, \text{ décade}$

$$\text{d'où } \frac{kh}{u} = 0.183 \frac{Q}{m} = 3403 \text{ D. cm/ep}$$

$$kh = 13.95 \text{ D. m}$$

$$k = 0.410 \text{ D avec } h = 34 \text{ m}$$

Facteur de skin :

Pression extrapolée pour le calcul $P(1h) = 143.54 \text{ kg/cm}^2$

il vient :

$$S = + 0.3$$

II.3 - CONCLUSIONS

L'interprétation de l'évolution de la remontée de pression consécutive à l'essai de production à débit constant montre un réservoir de perméabilité moyenne (de l'ordre de 13 D.m) et un ouvrage non endommagé (facteur de skin voisin de 0)

La perméabilité déterminée par le test au forage GMY2 apparaît ainsi plus faible que celle déduite des essais sur le premier forage (# 15.4 D.m).

L'anomalie constatée sur la courbe de remontée de pression peut être attribuée en première analyse, soit au clivage des niveaux producteurs (effet de multicouche), soit à l'existence d'une variation latérale de faciès (non homogénéité de l'épaisseur des couches les plus productrices par exemple).

En l'absence d'informations plus précises qui pourraient être déduites d'un test d'interférence ou de plus longue durée, la valeur de perméabilité obtenue en GMY2 peut être retenue pour l'estimation du débit d'exploitation du doublet.

II. 4 - TABLEAU RECAPITULATIF

Niveaux producteurs	entre 1418 m et 1606 m
Hauteur productrice	h = 34 m
Porosité moyenne	$\phi = 17 \%$
Température stabilisée à 1370 m au débit de 47.6 m ³ /h	Tf = 73. C
Viscosité moyenne de l'eau	u = 0.41 cp
Salinité moyenne	= 38 g/l
Compressibilité totale	Ct = 9.7 10 ⁻⁵ atm ⁻¹
Pression artésienne	Par = 5 kg/cm ²
Pression statique extrapolée	Pe = 144.2 kg/cm ² abs

		moyen	log-log	d'après	
				Horner	MDH
transmissivité relative	kh/u	32.3	30.44	32.26	34.03 D. m/cp
Transmissivité intrinsèque	kh	13.2	12.48	13.20	13.95 D. m
Perméabilité intrinsèque	k	0.39	0.37	0.39	0.41 D
Facteur de skin	S	0.	-0.33	-0.01	+0.3

III - ANNEXES -

MELLERAY 2

REMONTÉE DE PRESSION DU 08/12/80

DURÉE DE PRODUCTION = 15.683 Heures

Pwfo = 138.240 Kg/cm²

no du	t	dt	dp	tp+dt	p
point	(heures)	(heures)	(kg/cm ²)	dt	(kg/cm ²)
1	22.39.58	.00778	.036	2017.328	138.276
2	22.40.0	.00833	.291	1883.029	138.531
3	22.40.5	.00972	1.552	1614.220	139.792
4	22.40.11	.01139	3.322	1376.087	141.562
5	22.40.15	.01250	3.607	1255.590	141.847
6	22.40.20	.01389	3.570	1130.166	141.810
7	22.40.25	.01528	3.753	1027.540	141.993
8	22.40.30	.01667	3.847	942.014	142.087
9	22.40.35	.01805	3.899	869.644	142.139
10	22.40.42	.02000	3.976	785.149	142.216
11	22.40.45	.02083	3.997	753.777	142.237
12	22.40.50	.02222	4.038	706.741	142.278
13	22.40.56	.02389	4.077	657.494	142.317
14	22.41.0	.02500	4.100	628.343	142.340
15	22.41.5	.02639	4.127	595.332	142.367
16	22.41.10	.02778	4.147	565.622	142.387
17	22.41.15	.02917	4.171	538.705	142.411
18	22.41.20	.03056	4.193	514.270	142.433
19	22.41.25	.03194	4.200	491.959	142.440
20	22.41.30	.03333	4.227	471.507	142.467
21	22.41.35	.03472	4.240	452.691	142.480
22	22.41.41	.03639	4.257	431.998	142.497
23	22.41.45	.03750	4.265	419.218	142.505
24	22.41.50	.03889	4.297	404.285	142.537
25	22.42.0	.04167	4.313	377.389	142.553
26	22.42.5	.04306	4.320	365.250	142.560
27	22.42.10	.04445	4.328	353.870	142.568
28	22.42.15	.04584	4.342	343.166	142.582
29	22.42.20	.04722	4.350	333.105	142.590
30	22.42.26	.04889	4.364	321.781	142.604
31	22.42.30	.05000	4.372	314.659	142.612
32	22.42.48	.05500	4.403	286.140	142.643

no du point	t (heures)	dt (heures)	dp (kg/cm ²)	$\frac{tp+dt}{dt}$	P (kg/cm ²)
33	22. 42. 58	. 05778	4. 414	272. 435	142. 654
34	22. 43. 11	. 06139	4. 427	256. 471	142. 667
35	22. 43. 15	. 06250	4. 435	251. 926	142. 675
36	22. 43. 20	. 06389	4. 444	246. 472	142. 684
37	22. 43. 30	. 06667	4. 450	236. 247	142. 690
38	22. 43. 40	. 06944	4. 468	226. 839	142. 708
39	22. 43. 50	. 07222	4. 483	218. 150	142. 723
40	22. 44. 0	. 07500	4. 494	210. 109	142. 734
41	22. 44. 10	. 07778	4. 510	202. 643	142. 750
42	22. 44. 20	. 08056	4. 513	195. 686	142. 753
43	22. 44. 30	. 08333	4. 524	189. 199	142. 764
44	22. 44. 50	. 08889	4. 543	177. 435	142. 783
45	22. 45. 0	. 09167	4. 547	172. 090	142. 787
46	22. 45. 10	. 09444	4. 555	167. 059	142. 795
47	22. 45. 20	. 09722	4. 565	162. 313	142. 805
48	22. 45. 30	. 10000	4. 579	157. 833	142. 819
49	22. 46. 0	. 10833	4. 596	145. 769	142. 836
50	22. 46. 30	. 11667	4. 604	135. 428	142. 844
51	22. 47. 0	. 12500	4. 626	126. 467	142. 866
52	22. 47. 30	. 13333	4. 640	118. 625	142. 880
53	22. 48. 0	. 14167	4. 650	111. 706	142. 890
54	22. 48. 30	. 15000	4. 669	105. 556	142. 909
55	22. 49. 0	. 15833	4. 685	100. 052	142. 925
56	22. 50. 0	. 17500	4. 709	90. 618	142. 949
57	22. 51. 0	. 19167	4. 729	82. 826	142. 969
58	22. 52. 0	. 20833	4. 754	76. 280	142. 994
59	22. 53. 0	. 22500	4. 770	70. 704	143. 010
60	22. 54. 0	. 24167	4. 788	65. 897	143. 028
61	22. 55. 0	. 25833	4. 798	61. 710	143. 038
62	22. 56. 0	. 27500	4. 812	58. 030	143. 052
63	22. 57. 0	. 29167	4. 826	54. 771	143. 066
64	22. 58. 0	. 30833	4. 837	51. 865	143. 077
65	22. 59. 0	. 32500	4. 849	49. 256	143. 089
66	23. 0. 0	. 34167	4. 863	46. 902	143. 103
67	23. 2. 0	. 37500	4. 878	42. 822	143. 118
68	23. 4. 0	. 40833	4. 896	39. 408	143. 136
69	23. 8. 0	. 47500	4. 924	34. 018	143. 164
70	23. 10. 0	. 50833	4. 946	31. 852	143. 186
71	23. 12. 0	. 54167	4. 960	29. 954	143. 200
72	23. 16. 0	. 60833	4. 985	26. 781	143. 225
73	23. 20. 0	. 67500	5. 003	24. 235	143. 243
74	23. 30. 0	. 84167	5. 051	19. 634	143. 291
75	23. 40. 0	1. 00833	5. 083	16. 554	143. 323
76	23. 50. 0	1. 17500	5. 119	14. 348	143. 359

no du	t	dt	dp	tp+dt	p
point	(heures)	(heures)	(kg/cm ²)	dt	(kg/cm ²)
77	0. 0. 1	1. 34195	5. 140	12. 687	143. 380
78	0. 5. 0	1. 42500	5. 153	12. 006	143. 393
79	0. 11. 0	1. 52500	5. 166	11. 284	143. 406
80	0. 20. 0	1. 67500	5. 181	10. 363	143. 421
81	0. 30. 0	1. 84167	5. 201	9. 516	143. 441
82	0. 40. 55	2. 02361	5. 217	8. 750	143. 457
83	0. 51. 0	2. 19167	5. 237	8. 156	143. 477
84	1. 0. 54	2. 35667	5. 254	7. 655	143. 494
85	1. 10. 0	2. 50833	5. 267	7. 252	143. 507
86	1. 20. 0	2. 67500	5. 284	6. 863	143. 524
87	1. 30. 0	2. 84167	5. 297	6. 519	143. 537
88	1. 50. 0	3. 17500	5. 310	5. 940	143. 550
89	2. 0. 0	3. 34167	5. 333	5. 693	143. 573
90	2. 10. 0	3. 50833	5. 342	5. 470	143. 582
91	2. 20. 0	3. 67500	5. 352	5. 268	143. 592
92	2. 30. 0	3. 84167	5. 370	5. 082	143. 610
93	2. 40. 0	4. 00833	5. 372	4. 913	143. 612
94	3. 0. 0	4. 34167	5. 394	4. 612	143. 634
95	3. 20. 0	4. 67500	5. 412	4. 355	143. 652
96	3. 40. 0	5. 00833	5. 422	4. 131	143. 662
97	4. 0. 0	5. 34167	5. 438	3. 936	143. 678
98	4. 20. 0	5. 67500	5. 455	3. 764	143. 695
99	4. 40. 0	6. 00833	5. 469	3. 610	143. 709
100	5. 0. 0	6. 34167	5. 479	3. 473	143. 719
101	5. 20. 0	6. 67500	5. 491	3. 350	143. 731
102	5. 40. 0	7. 00833	5. 514	3. 238	143. 754
103	6. 0. 0	7. 34167	5. 514	3. 136	143. 754
104	6. 30. 0	7. 84167	5. 529	3. 000	143. 769
105	7. 0. 0	8. 34167	5. 542	2. 880	143. 782
106	7. 30. 0	8. 84167	5. 567	2. 774	143. 807
107	8. 0. 0	9. 34167	5. 578	2. 679	143. 818
108	8. 30. 0	9. 84167	5. 579	2. 594	143. 819
109	9. 0. 0	10. 34167	5. 590	2. 517	143. 830
110	9. 30. 0	10. 84167	5. 602	2. 447	143. 842
111	10. 0. 0	11. 34167	5. 633	2. 383	143. 873
112	10. 28. 2	11. 80889	5. 633	2. 328	143. 873
113	11. 0. 0	12. 34167	5. 639	2. 271	143. 879
114	11. 30. 0	12. 84167	5. 650	2. 221	143. 890
115	12. 0. 0	13. 34167	5. 662	2. 176	143. 902

VARIATION PRESSION EN KG/CM2

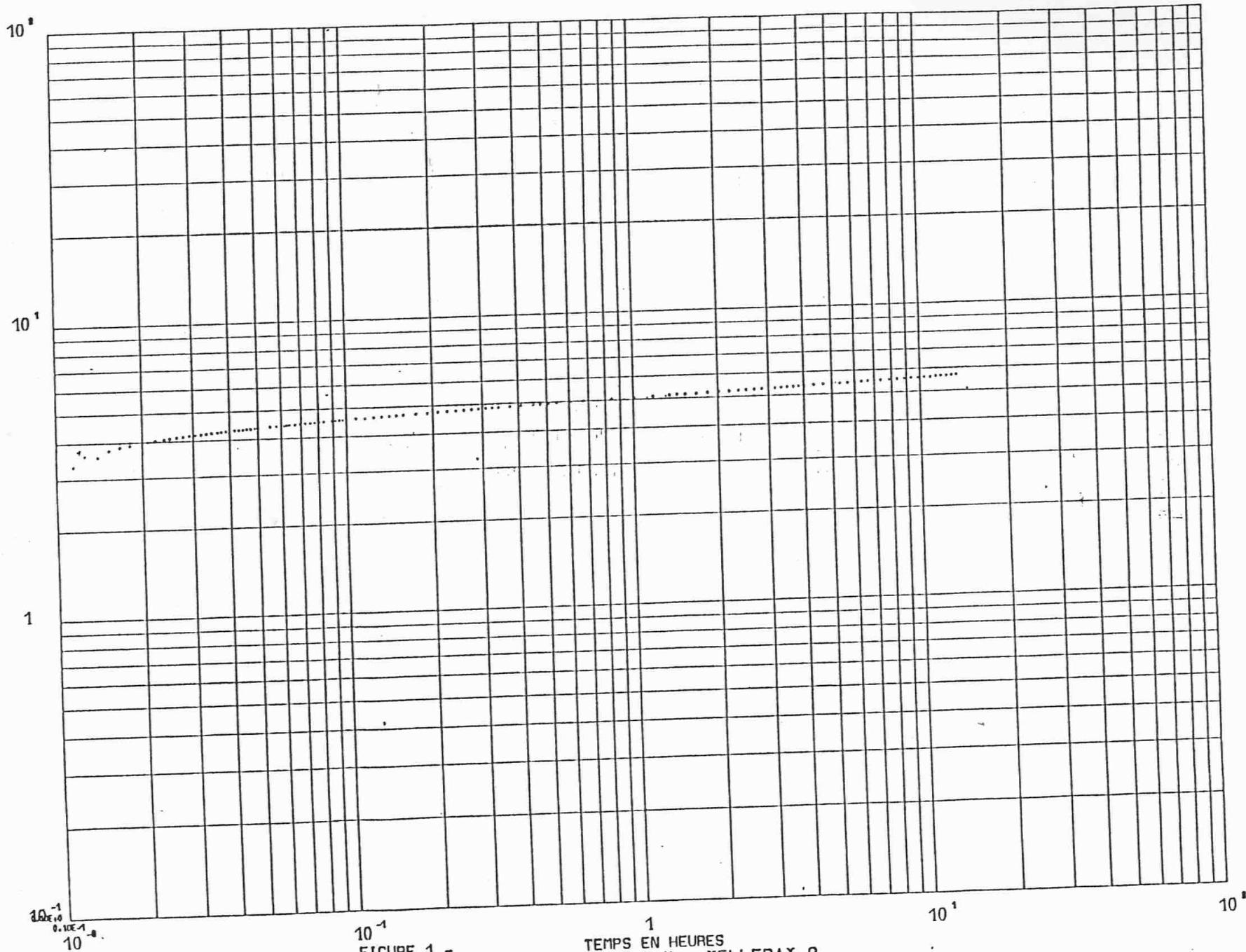


FIGURE 1 - TEST DE FORMATION - MELLERAY 2
REMONTÉE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME LOG-LOG

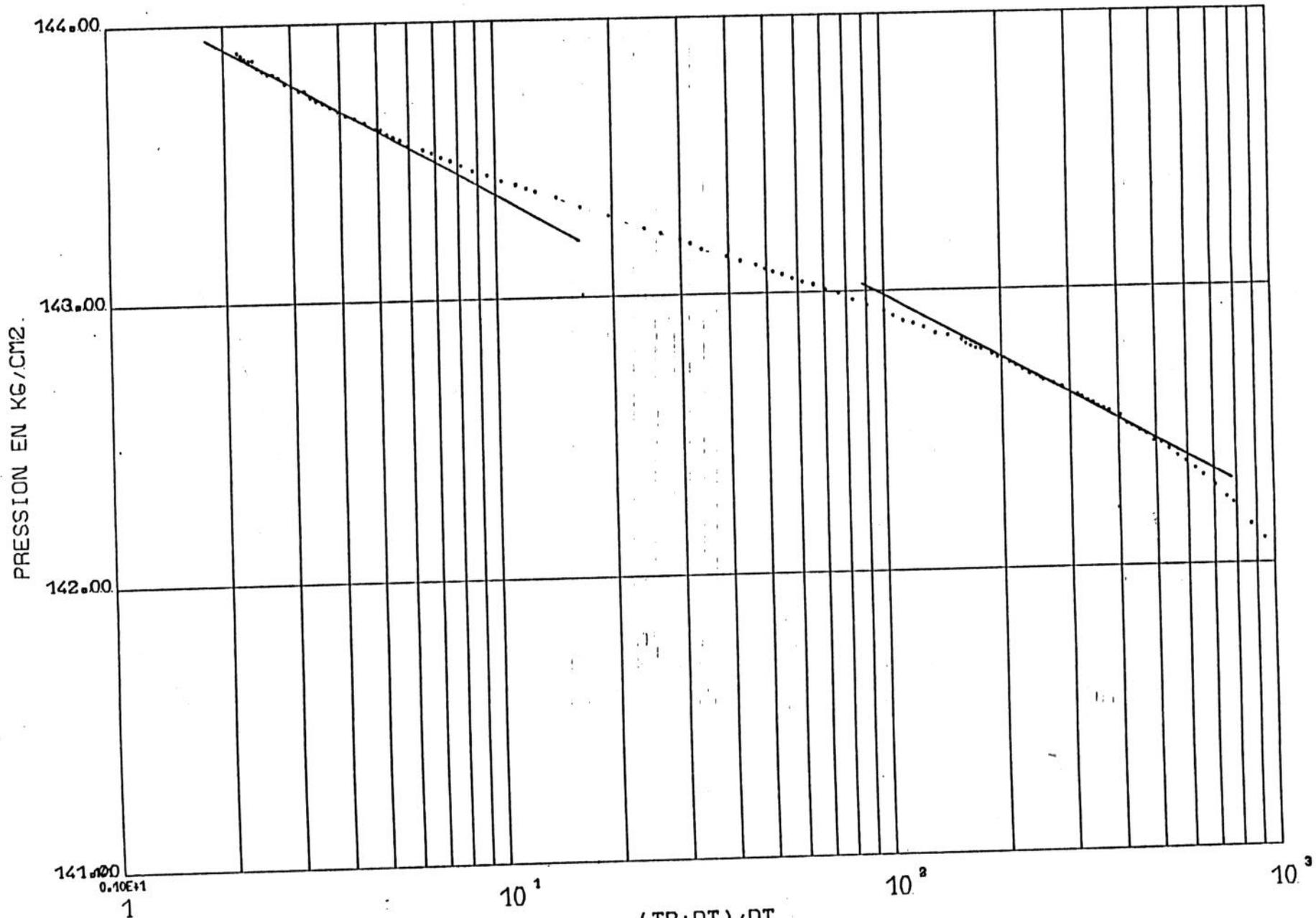


FIGURE 2.- (TP+DT)/DT.
 TEST DE FORMATION - MELLERAY 2
 REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME DE HORNER

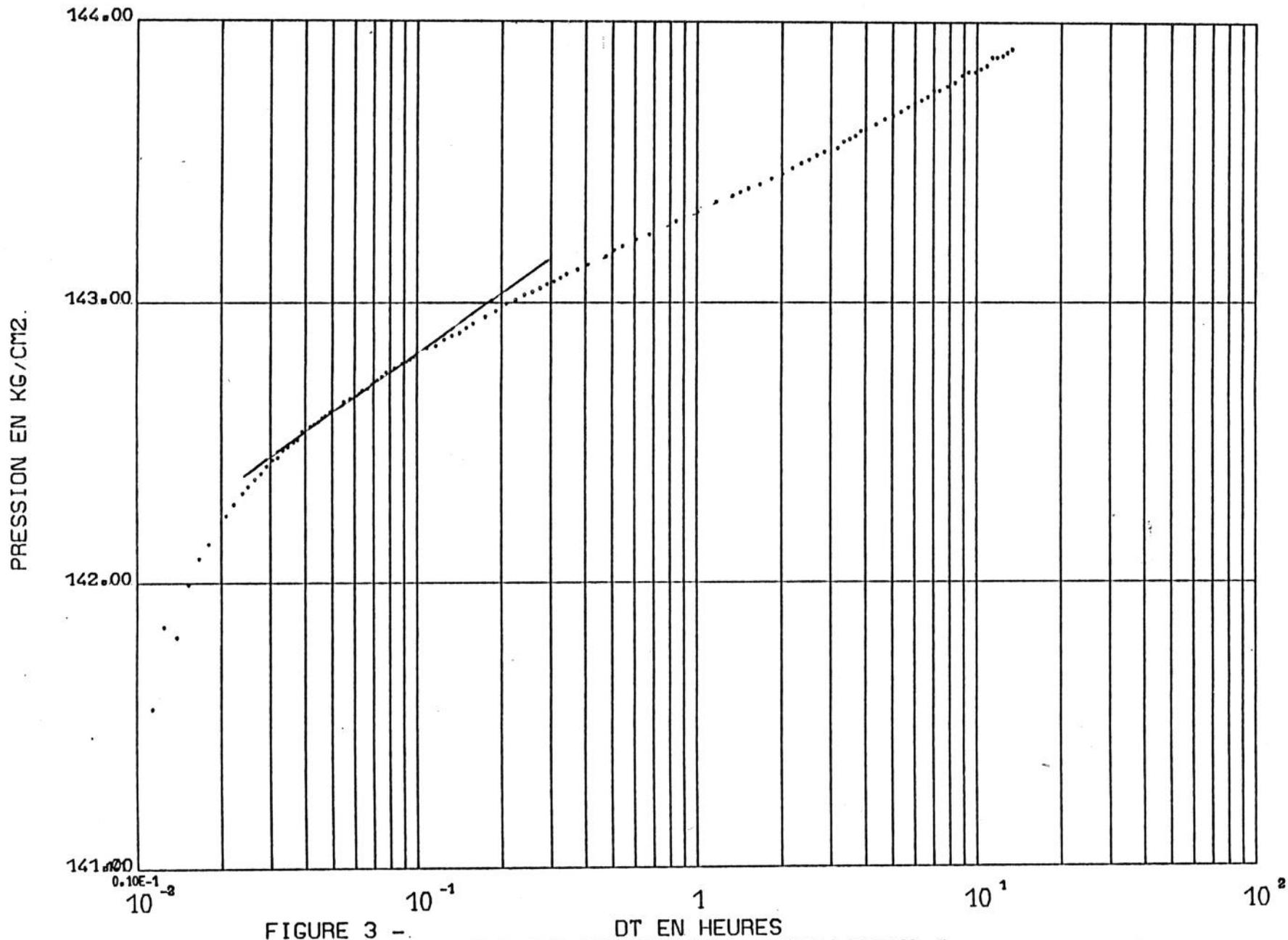


FIGURE 3 - TEST DE FORMATION - MELLERAY 2.
 REMONTEE DE PRESSION APRES FERMETURE-DIAGRAMME SEMI LOG (MDH)

IV - RAPPORT GEOCHIMIQUE

Un prélèvement de fond ainsi qu'un prélèvement de surface ont été réalisés sur le puits GMY2.

Les analyses de GMY2 confirment en tous points les résultats précédemment communiqués dans le rapport de fin de sondage GMY1 auquel on pourra se référer.

I - Chimie de l'eau géothermale

I.1. Prélèvements

. Un prélèvement de surface pour analyse détaillée a été effectué le 8/12/80 à la fin des essais, le puits produisant en débit artésien.

On peut donc considérer que les résultats n'ont pas été influencés par le forage, et qu'ils sont représentatifs du réservoir (température de prélèvement 69°C - température de fond 73°C).

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

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

I.2. Description de l'eau, des gaz et des particules en suspension

- L'eau produite était limpide. Le mélange eau-gaz très homogène n'a pas permis le prélèvement de gaz libres.

L'analyse chimique (planche 1a) montre une eau moyennement chargée (34,7 g/l de sels dissous), essentiellement chlorurée-sodique (30,6 g/l). Les autres espèces dominantes sont les sulfates et les carbonates ainsi que le calcium.

- La phase gazeuse de cette eau est essentiellement constituée de gaz carbonique et de dérivés du méthane. On notera enfin la très faible teneur en H₂S dissous.

- Une filtration sous azote (filtre de porosité 0,45 milli-micron) de l'eau géothermale a permis de vérifier l'absence de matière en suspension.

ANALYSE D'EAU

=====

PRELEVEMENT DE SURFACE (GM2)

- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

T : PH : 6,28* Résistivité : (Ohm/cm) : 91
 Salinité totale (g/l) : 34,7

- ELEMENTS MAJEURS (Concentrations en mg/l) :

Cations : Ca : 1166 Mg : 374 Na : 10 900 K : 309

Anions : HCO₃ : 305 Cl : 19 738 SO₄ : 1800 NH₄ : 13

Complexes : SiO₂ : 37

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

Ba : < 1 Li : 13,1 Rb : 0,3 Sr : 41,2 B : -

Fe : - F : - S : - Mn : 0,42

- GAZ DISSOUS (Concentration en mole/litre) :

CO₂ : 1,74.10⁻³ Ar : 4,24.10⁻⁷ O₂ : 6,47.10⁻⁶ N₂ : 3,31.10⁻⁵ CH₄ : 1,27.10⁻³

C₂H₆ : 8.10⁻⁶ H₂S : -

- GAZ LIBRES (concentration en % molaire) CO₂ : - A₂ : -

O₂ : - H₂ : - CH₄ : - C₂H₆ : - H₂S : -

- ANALYSE BACTERIOLOGIQUE (Nb de bactéries/ 20 ml)

Températures d'incubation	70°C	55°C	30°C
- Sulfato-réductrices	0	0	0
- Ferro-bactéries	-	-	-

* Mesures effectuées sur le terrain

Planche 1a

I.3. Origine des éléments

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

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

II - Evaluation des problèmes liés à l'exploitation de l'eau

II.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.

II.1.1. La corrosion chimique

. Par les gaz

Les gaz interviennent de deux façons bien distinctes :

- Les volumes désorbés au cours de fortes chutes de pression (production artésienne par exemple) peuvent être très importants et provoquer une érosion mécanique très rapide de canalisations ou des pompes de réinjection.

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

Cet aspect du problème sera étudié dans le paragraphe relatif au "point de bulle" du fluide dont la valeur permet de déterminer le seuil minimal de pression de service dans le réseau.

- L'aspect chimique de la corrosion due aux gaz sera étudié ci-après de façon spécifique, chaque gaz étant en effet à l'origine d'un type de corrosion donné.

a) Hydrogène sulfuré (H₂S)

Au cours du forage du réservoir de Melleray (GMY2) aucune odeur caractéristique d'H₂S n'a été décelée. Une telle constatation (le système olfactif présente une sensibilité de l'ordre de 2 ppm) se trouve confirmée par les résultats des analyses.

ANALYSE D'EAU

=====

PRELEVEMENT DE FOND
DE PUIITS (GMY2)PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

T : 69°C

Pression du fond : 137,2 bars relatif

Salinité totale (g/l):

Profondeur : 1370 mètres

ELEMENTS MAJEURS (Concentrations en mg/l) :Cations : Ca : Mg : Na : K :Anions : HCO₃ : Cl : SO₄ : NH₄ :Complexes : SiO₂ :ELEMENTS EN TRACE :

Ba : Li : Rb : Sr : B :

Fe : F : S :

GAZ LIBERES AU COURS DE LA SEPARATION (concentrations en moles/litre)CO₂ : 1,42.10⁻³ Ar : O₂ : 1,02.10⁻⁴ N₂ : 1,085.10⁻² CH₄ : 1,73.10⁻³C₂H₆ : traces C₃H₈ : traces H₂S : 0 H₂ : tracesANALYSE BACTERIOLOGIQUE (Nb de bactéries/100 ml)
(A = absence de colonie)
(P = présence de colonie)

Températures d'incubation	70°C	55°C	40°C
- sulfato-réductrices	A	A	P
- Ferro-bactéries	A	P	P

Il est à remarquer que l'analyse des gaz libres proposée en planche 1b et réalisée sur l'échantillon de fond, par le fait qu'elle présente une importante teneur en oxygène ($1,02 \cdot 10^{-4}$ moles/litre, soit de l'ordre de 100 fois plus que dans l'échantillon de surface) n'a pas permis de déterminer précisément la teneur en H_2S libre (il se produit, en présence d'oxygène, une oxydation des ions sulfures en ions sulfates).

Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de préciser si les différences notées proviennent des méthodes analytiques, des cinétiques de dégazage sur lesquelles pourraient intervenir l'agitation de l'eau due au débit ou enfin, de réactions chimiques au cours de la remontée de l'eau dans le tubage.

b) Oxygène (O_2)

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

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

Les teneurs relevées sur les deux échantillons qui servent de base à cette étude sont vraisemblablement dues à des incidents de prélèvements. Nous en voulons pour preuve l'énorme différence (rapport de 1 à 100) entre les concentrations déterminées en surface et en fond de puits. Il est important de noter, dès à présent, que l'action des chlorures contenus dans l'eau, quelle qu'en soit leur concentration, est initiée par la teneur en oxygène dissous. Il importera donc de prendre toutes les précautions qui s'imposeront en phase d'exploitation du doublet pour surveiller l'évolution de la concentration en oxygène : analyses périodiques.

Le risque de corrosion devient très important lorsque la teneur en oxygène dissous atteint 1 ppm (la valeur maximale relevée sur les analyses présentées sur les planches 1a et 1b est de $1,02 \cdot 10^{-4}$ ppm).

c) Dioxyde de carbone (CO_2)

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

Il est à noter que l'influence du taux de CO_2 se fait principalement sentir à la réinjection, un abaissement de la température favorisant une redissolution du gaz.

Une légère correction peut être réalisée sur cette teneur du fait de la présence d'oxygène dans le fluide, ce qui se traduit par une concentration totale de CO_2 dissous de $5 \cdot 10^{-3}$ moles/l (valeur rapprochée à $+ 1 \cdot 10^{-3}$ moles/l).

CONCLUSION

Parmi les gaz présents dans le fluide géothermique de MELLERAY, seul le dioxyde de carbone, dont la concentration reste cependant très moyenne, pourra avoir une incidence sur les portions métalliques du réseau et tout particulièrement sur les tubages, têtes de puits et pompes. Par contre, pour un réseau de surface constitué de canalisations en fibre de verre-résine époxy et d'échangeurs en titane, de telles concentrations n'auront aucun effet corrosif.

. Par les ions dissous

a) La salinité

Les fluides exploités contiennent principalement des ions Na^+ et Cl^- responsables, en liaison avec la teneur en oxygène, des phénomènes de corrosion localisée par piqûres. Une comparaison des concentrations montre que l'eau de MELLERAY a des teneurs en Na^+ et Cl^- peu différentes des teneurs des autres forages géothermiques profonds. Les phénomènes de corrosion liés à la salinité seront donc vraisemblablement comparables à ceux des autres doublets géothermiques.

b) Les sulfates

Ces éléments majeurs relativement abondants dans les eaux géothermales sont utilisés par les bactéries sulfato-réductrices qui en extraient l'oxygène indispensable à leur métabolisme en milieu anaérobie (cf. paragraphe 4.2.1.3.). La teneur en sulfate est ici particulièrement importante, nous pouvons prévoir que ce phénomène aura un peu plus d'ampleur à MELLERAY que dans les doublets exploitant le Dogger. Ce résultat confirme l'analyse réalisée sur le puits n° 1 et décrite dans le rapport de fin de sondage de GMY1. Cependant, cette indication ne peut être que quantitative dans la mesure où les connaissances actuelles des seuils métaboliques restent totalement ignorées.

c) Les sulfures

La concentration en ions S^{--} pour des raisons techniques, n'a pu être déterminée. Afin de préciser, en phase de fonctionnement, les teneurs définitives en H_2S dans le fluide géothermique, une analyse des sulfures devra être réalisée.

Cet élément forme, en fin de réaction, avec le fer présent dans l'eau (naturellement assez abondant à MELLERAY)* et pouvant provenir de l'attaque de surfaces métalliques (tubages, etc...), des composés très peu solubles tels que la pyrite. Ces composés peuvent se décomposer 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).

* (cf. rapport MELLERAY 1)

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

II.1.2. La corrosion mécanique

L'action du débit, liée à celle de la pression, peut consister en la formation de zones de turbulences 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 qu'une filtration sur millipore ($\varnothing 0,45 \mu$) a révélé l'absence de particules solides.

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. § 2.1.1.).

II.1.3. La corrosion bactérienne

a) Résultats des analyses

GMY 2				
Nature des prélèvements		Fond	Surface	
Ferro-bactéries	70°C	A	ND	A = absence bactéries P = présence bactéries ND = non déterminées
	55°C	P	ND	
	35°C	P	ND	
Bactéries sulfato-réductrices	70°C	A	A	
	55°C	A	A	
	35°C	P	A	

b) Commentaire

- Il est à noter, en premier lieu, la disparité très nette entre les résultats obtenus, à partir de l'échantillon de fond et de l'échantillon de surface (à 35°C). Ce phénomène reste très mal expliqué à l'heure actuelle dans la mesure où l'échantillon de surface est prélevé après quelques heures de production du puits, c'est-à-dire, en principe, sur un fluide représentatif et épuré des pollutions diverses consécutives aux travaux de forage (boues, air lift).

- On constate également une influence très nette de la température en ce qui concerne le développement à partir d'un échantillon des bactéries sulfato-réductrices. Ce paramètre devra donc être particulièrement surveillé à la réinjection, l'optimum métabolique se situant, pour les souches observées, entre 30°C et 40°C.
- L'action de ces bactéries (en symbiose avec les bactéries de fer) se manifeste par le percement des canalisations métalliques (corrosion par piqûres) au niveau 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^{2-} par les bactéries, capture des ions ferriques ou ferreux des tubages (d'où perforations) pour formation de précipités de sulfures de fer en équilibre chimique.

c) Conclusion

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

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

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

II.2. - Les dépôts

L'exploitation de l'eau géothermale modifie directement les paramètres physiques qui étaient les siens dans le réservoir. La pression au fond est de 138,2 kg/cm², et sera au niveau de la tête de puits pendant l'exploitation de 8 kg/cm² environ (pression statique au sol : 5 kg/cm²).

La température de 73°C au fond, sera comprise après passage dans l'échangeur entre 40°C et 30°C.

Après mesure du pH sur le site (la réserve alcaline n'a pas été déterminée), nous pouvons considérer que l'eau est saturée en calcite et en quartz.

. La calcite

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

. La silice

Cet élément est en quantité moyenne dans les eaux de Melleray en regard des concentrations connues au Dogger. L'action de la silice, dont le pouvoir incrustant est particulièrement bien connu sur les champs géothermiques en haute énergie, n'est pas encore clairement défini. Des études sont actuellement en cours afin d'essayer de déterminer les phénomènes qui pourraient intervenir et d'évaluer leurs conséquences au niveau des dépôts dans les conduites et dans le réservoir.

II.3. - Le point de bulle - les problèmes de dégazage

L'étude des courbes pression-volume du fluide du gisement présentées sur la planche 2 (température de production : 69°C) et planche 3 (température de réinjection : 30°C) permet d'aboutir aux conclusions suivantes :

- En fonctionnement normal par pompe immergée

Le fort niveau du point de bulle 13,4 bars à 69°C et 10,3 bars à 30°C n'autorise que difficilement en phase de fonctionnement normal, l'exploitation du fluide géothermique dans des conditions de pression compatibles avec l'ensemble des caractéristiques techniques du réseau (résistance à pression des canalisations en fibre de verre = 8 bars).

Si l'on considère qu'en fonctionnement normal, la pression peut être maintenue dans le réseau à un niveau de 8 bars, il se produira un dégazage maximal de 1,5 % environ en volume. Un tel dégazage est compatible avec les valeurs (10 % en volume) admises pour permettre un fonctionnement normal des pompes tout en limitant la corrosion par érosion à un niveau minimal.

- En fonctionnement artésien

. En règle générale, l'exploitation artésienne du puits se traduit par une chute de pression en tête de puits et donc, dans le réseau. La pression se stabilise alors à une valeur voisine de la pression atmosphérique. Dans de telles conditions, et dans le cas précis de Melleray, on peut estimer qu'il se produira un dégazage maximal de 25% environ en volume, ce qui représente une valeur très importante.

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

III- Conclusion

En ce qui concerne l'analyse des éléments déjà recherchés dans le fluide géothermique prélevé à Melleray 1, nous pouvons dire que les valeurs observées ici confirment en tous points celles relevées sur le puits de production.

Par ailleurs, par rapport à GMY1, la détermination du point de bulle effectuée sur GMY2 permet de conclure que les phénomènes de dégazage devront être traités avec la plus grande attention au cours de la phase d'exploitation du doublet.



COMPAGNIE : GIE GEOVAL

PUITS : MELLERAY

TABLE III

RELATION - PRESSION - VOLUME DU FLUIDE

DE GISEMENT A 69°C

Pression (Bars rel.)	Volume relatif (V/VPb - m3/m3)	Coefficient de compressibilité (Bar - 1 x 10 ⁻⁵)
210.9	0.9833	5.21
Pst = 137.2	0.9876	5.97
69.8	0.9924	7.38
51.0	0.9941	9.24
38.2	0.9954	10.69
33.7	0.9959	11.93
29.9	0.9964	12.83
26.6	0.9969	13.82
22.4	0.9975	15.30
17.3	0.9984	18.44
15.2	0.9989	23.44
13.1	0.9996	32.61
Pb = 12.4	1.0000	71.19
12.0	1.0007	
10.5	1.0022	
9.7	1.0050	
9.2	1.0062	
7.9	1.0105	
6.5	1.0166	
3.4	1.0518	
1.8	1.1146	
P. atmosphérique	1.2105	

Coefficient de dilatation thermique (°C⁻¹) = 0.403 x 10⁻³

81/L/12

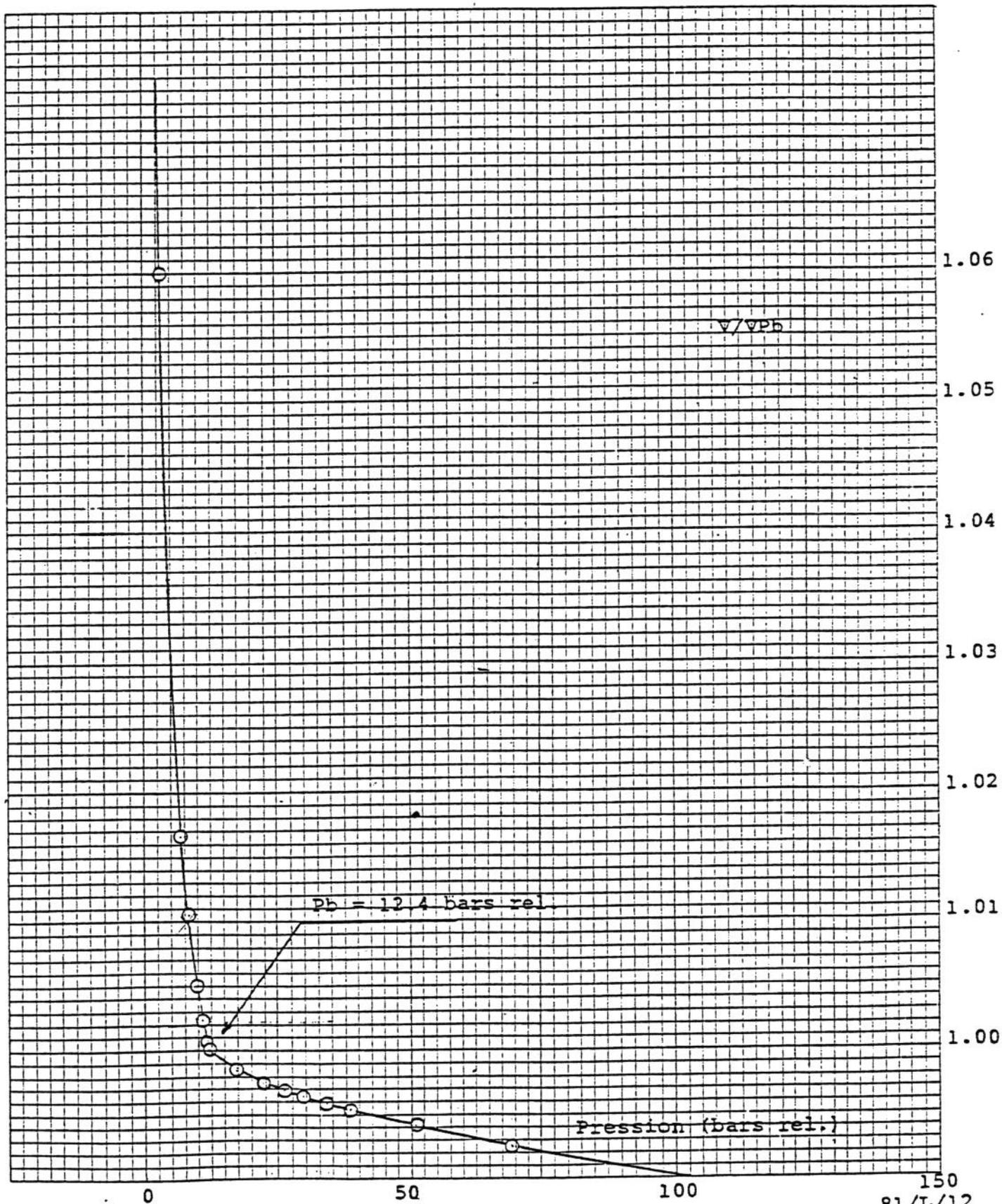


COMPAGNIE : GIE GEOVAL

PUITS : MELLERAY

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 69°C

Volume relatif (m³/m³)





COMPAGNIE : GIE GEOVAL

PUITS : MELLERAY

TABLE II

RELATION - PRESSION - VOLUME DU FLUIDE

DE GISEMENT A 30°C

Pression (Bars rel.)	Volume relatif (V/VEb - m3/m3)	Coefficient de compressibilité (Bar - 1 x 10 ⁻⁵)
210.9	0.9949	1.09
Pst = 137.2	0.9959	1.33
70.3	0.9970	1.81
35.2	0.9980	2.78
18.4	0.9988	4.61
11.8	0.9993	8.51
Pb = 9.3	1.0000	27.94
7.5	1.0043	
5.3	1.0117	
3.9	1.0212	
3.0	1.0313	
2.0	1.0416	
1.5	1.0623	
0.7	1.0934	
P. Atmosphérique	1.1504	

Coefficient de dilatation thermique (°C-1) = 0.365 x 10⁻³



COMPAGNIE : GIE GEOVAL

PUITS : MELLERAY

RELATION-PRESSION-VOLUME DU FLUIDE DE GISEMENT A 30°C

Volume relatif (m³/m³)

