

GROUPEMENT D'INTÉRÊT ÉCONOMIQUE

G E O V A L

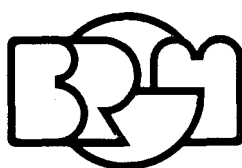
196, rue des Montaudins
Domaine de Melleray
CIDEX 279
45560 SAINT-DENIS-EN-VAL

FORAGE GÉOTHERMIQUE DE MELLERAY

RAPPORT DE FIN DE SONDAGE

par

L. COS - H. FABRIS - B. HERBRICH - J. ROJAS



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Département géothermie

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

80 SGN 435 GTH

Juin 1980

FICHE RÉCAPITULATIVE DES RÉSULTATS OBTENUS
SUR LE FORAGE GÉOTHERMIQUE DE MELLERAY 1 (GMY 1)

Commune : SAINT DENIS EN VAL

Département : LOIRET

Coordonnées Lambert :

x = 573,850

y = 320,675

z sol = + 96 NGF

MAITRE D'OUVRAGE : G.I.E. GEOVAL

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

ENTREPRISE DE FORAGE : G.I.E. FORAKY-FORAMINES

BUT DU SONDAGE : réaliser le puits de production d'un doublet géothermique pour capter les eaux chaudes du TRIAS et chauffer 15 Ha de serres maraîchères et horticoles.

APPAREIL : GB 800

DUREE DU FORAGE : Forage : du 23 novembre 1979 au 9 janvier 1980

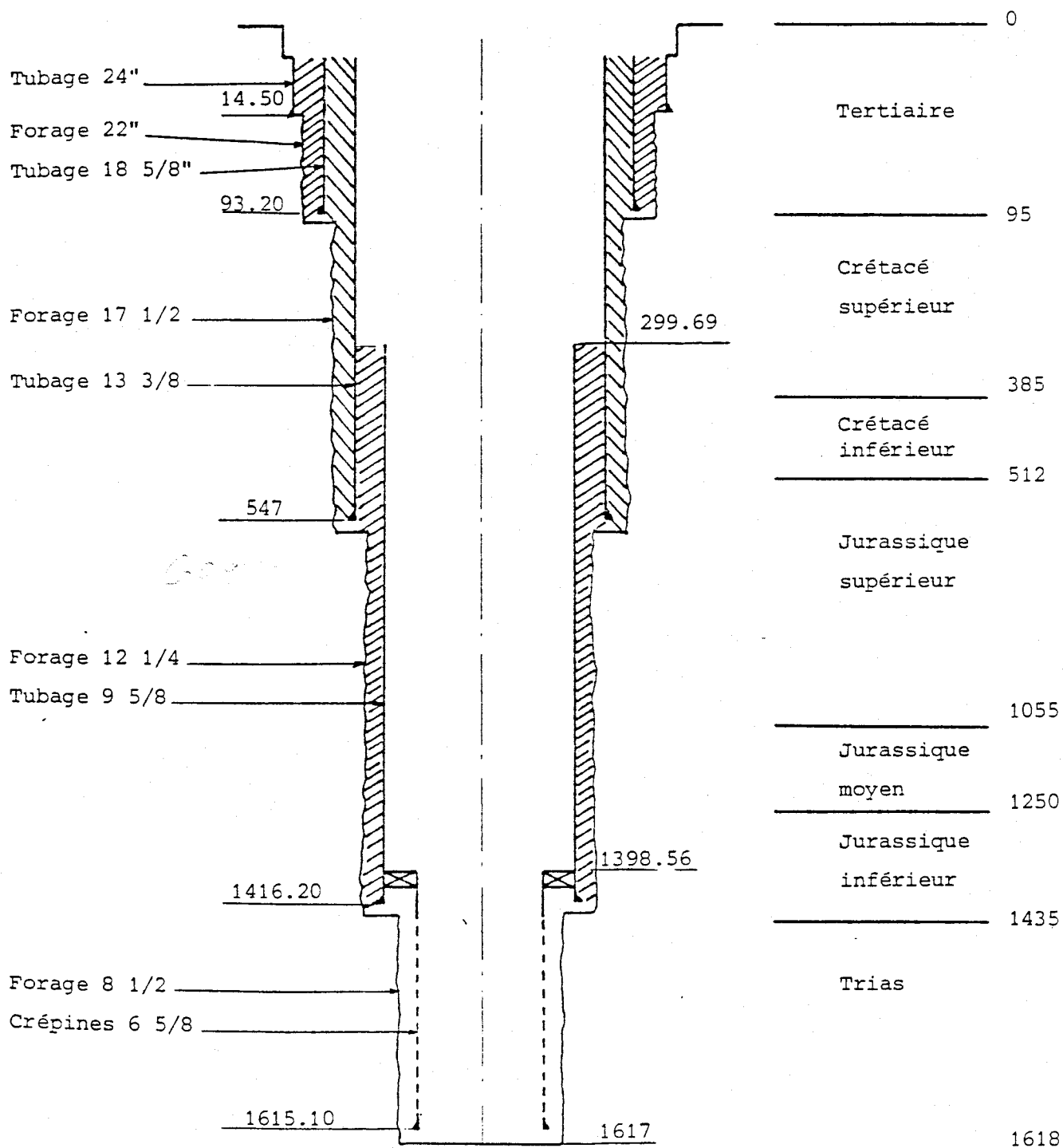
PROFONDEUR ATTEINTE : 1 668,75 m par rapport au sol

RESULTATS : TRIAS capté entre 1 442 et 1 595 m

Essais préliminaires (air-lift) :

- débit 140 m³/h pour 140 m de rabattement
- température fond de puits 73,9°C
- minéralisation totale de l'eau : 36 g/l

Le débit d'exploitation a été fixé à 175 m³/h (rabattement 200 m).



FORAGE GEOTHERMIQUE DE MELLERAY 1

III - RAPPORT GEOLOGIQUE

III.1. - Synthèse

Le forage de Melleray a été implanté sur une zone de sédimentation instable, perturbée par le jeu synsédimentaire de la faille de Sennely. Cet accident ancien a d'abord mobilisé le socle et ensuite constamment rejoué, apparemment jusqu'au Crétacé supérieur, avec une période plus calme pendant le Jurassique supérieur.

Dès le Trias le compartiment ouest, dans lequel on trouve Melleray, s'enfonce par rapport au compartiment est, où se trouve Rebrechien. Cette subsidence continue jusqu'au Jurassique supérieur, époque de sédimentation relativement calme des deux côtés de la faille, bien que la série déposée à l'Ouest soit un peu plus épaisse.

A partir du Crétacé inférieur, la faille rejoue en sens inverse jusqu'au Crétacé supérieur. Le panneau ouest est relevé, ce qui provoque un épaississement de la série crétacée déposée dans le panneau est subsident.

Ces observations étendent à toute une région les phénomènes déjà contrôlés plus au Sud par les forages de Sennely situés de part et d'autres de la même faille synsédimentaire.

Bien entendu, il sera tenu compte de ces observations et de la direction sensiblement méridienne de cet accident pour l'implantation du puits de réinjection.

III.2. - Description des terrains traversés

TERTIAIRE

Foré en perte totale de circulation sur presque toute sa hauteur (de 21 à 95 m), il n'est donc pas possible de donner une coupe lithologique des terrains traversés, sauf dans les premiers 20 mètres.

Ces premiers 20 mètres sont représentés par des :

- Alluvions de la Loire (0,7-7 m) : leur granulométrie varie du sable fin aux galets. Le sable et le gravier sont constitués essentiellement de quartz et des feldspaths.
- Calcaires de Beauce (7-20 m) : ce sont des calcaires lacustres avec passées marneuses et meulièrement.

CRETACE SUPERIEUR (95-385 m)

Sénonien (95-220 m)

La série débute par le Santonien moyen. Le Campanien supérieur et inférieur, ainsi que le Santonien supérieur ne sont pas représentés (Monciardini annexe 1).

Le Sénonien est représenté par des craies blanches à niveaux discontinus de silex gris, blonds ou noirs.

Turonien (220-272 m)

La limite Sénonien-Turonien est difficile à déterminer. Elle est comprise entre le Coniacien basal à 215 m et le Turonien moyen sommital à 225 m.

Le Turonien est représenté par une craie grise indurée, avec des rares passées de silex, vers le bas apparition des marnes gris-verdâtre glauconieuses.

Cénomanién (272-385 m)

Le toit du Cénomanién est donné par repère diagraphique à 272 m, c'est-à-dire 15 m environ au-dessous du changement de lithofaciès qui marque le passage Turonien-Cénomanién.

Le Cénomanién est constitué au sommet par une craie argileuse grise, indurée, qui passe vers le bas à une marne crayeuse grise à gris-verdâtre silteuse légèrement glauconieuse, devenant plus gréseuse et glauconieuse à partir de 320 m. La base de l'étage est marquée par une argile plastique gris-foncé, glauconieuse.

Si le Crétacé supérieur montre une tendance régulière d'épaississement vers le Nord, 270 m à Sennely 1, 286 m à Marcilly en Villette et 290 m à Melleray (voir coupe), par contre dès qu'on traverse la faille de Sennely, une variation d'épaisseur importante se manifeste (332 m à Rebrechien). Il semble en effet que la faille de Sennely qui sépare Melleray de Rebrechien, n'ait été franchie que tardivement par la transgression crétacée, ce qui expliquerait la diminution sensible d'épaisseur du Crétacé dans les forages qui se trouvent immédiatement à l'Ouest de l'accident.

CRETACE INFÉRIEUR (385-512 m)

Presque la même variation d'épaisseur décelée dans le Crétacé supérieur, entre Melleray et Rebrechien (42 m), se manifeste au Crétacé inférieur (41 m).

Albo-Aptien (385-453 m)

Il est constitué des alternances de sable fin glauconieux, à grains de quartz subanguleux et d'argile grise à gris-foncé, avec minces passées de grès fin, glauconieux à ciment carbonaté.

Barrémien (453-471 m)

Représenté par des argiles grises silteuses avec quelques passées d'argile rouge-brique et de sable fin, il est très réduit par rapport à Rebrechien (18 contre 38 m).

Néocomien (471-512 m)

Cette série est constituée par des sables moyens à grains de quartz subarrondis, avec des passées d'argile gris-foncé au sommet et de marne grise, sableuse à la base. Présence de lignite par places.

JURASSIQUE SUPERIEUR (512-1 055 m)

On peut considérer qu'au Jurassique supérieur s'instaure une période de calme relatif. En effet, les épaisseurs trouvées à Melleray et Rebrechien sont sensiblement les mêmes ; 543 et 530 m respectivement.

Portlandien (512-612 m)

Le Portlandien à Melleray a la même épaisseur qu'à Rebrechien (100 m). Il est constitué d'un calcaire micritique blanc-grisâtre, devenant vers 565 m un calcaire gris-beige, compact, légèrement dolomitique, avec intercalations des marnes gris-clair, sableuses et glauconieuses.

Kimmeridgien (612-730 m)

L'épaisseur du Kimmeridgien à Melleray est légèrement supérieure à celle que l'on observe à Rebrechien, 118 m contre 107 m.

Il est représenté par une série monotone de marnes silteuses blanches ou grisâtres avec quelques intercalations de calcaire argileux gris-beige, organogène, devenant plus importantes à la base de la série.

Sequanien (730-843 m)

On retrouve la même épaisseur qu'à Rebrechien (113 m). La série débute par un calcaire blanc, tendre, d'aspect crayeux, parfois graveleux et oolithique, avec des passées de calcaire gris-beige, organogène. On traverse ensuite un calcaire micritique beige, compact, avec quelques intercalations de marne gris-blanchâtre, silteuse, légèrement micacée.

Rauracien-Argovien Supérieur (843-1 027 m)

Le passage Rauracien-Argovien est difficile à déterminer ; c'est pour cela que cette puissante série carbonatée (185 m) est traitée comme un seul ensemble. La partie supérieure de la série est constituée par un calcaire micritique, tendre, beige-clair et la partie inférieure par un calcaire gris-beige, plus compact, localement argileux.

Argovien Inférieur (1 027-1 055 m)

Il est constitué de marnes gris-blanchâtre, grises, plastiques, silteuses, légèrement glauconieuses.

JURASSIQUE MOYEN (1 055-1 250 m)

La subsidence, à l'Ouest de la faille, à peine amorcée pendant le Jurassique supérieur, s'accroît au cours du Jurassique moyen. En effet, l'évolution du faciès du Dogger à Melleray, par rapport à Rebrechien, se traduit par l'individualisation complète de la troisième corniche à peine représentée à Rebrechien. L'épaississement du Dogger est sensible à Melleray, 195 m contre 157 m à Rebrechien.

Callovien (1 055-1 063 m)

Le toit de cette formation est marqué par le niveau-repère des oolithes ferrugineuses, puis viennent des marnes blanchâtres et argiles gris-noir, silteuses, riches en débris coquilliers.

Bathonien (1 063-1 187 m)

Il débute par une série de calcaires compacts gris à gris-beige, graveleux et oolithiques à ciment argileux, avec quelques passées marneuses. Vers 1 125 m, on trouve un calcaire gris-beige, plus tendre, oolithique et graveleux à ciment crayeux. La base de la série est représentée par un calcaire gris-clair, induré, contenant des gravelles et oolithes éparses.

Bajocien (1 187-1 237 m)

Le sommet de la série est constitué par le niveau de marnes à ostrea acuminate, qui marque une courte période transgressive à la fin du Bajocien. Viennent ensuite des calcaires beiges cristallins et calcaires gris argileux, finement gréseux, avec quelques passées de calcaire blanc, tendre, crayeux.

Cette série carbonatée est nettement plus épaisse (25 m) qu'à Rebrechien où elle est à peine représentée (4 m).

Aalenien (1 237-1 250 m)

Il est représenté par une série réduite des marnes grises, sableuses, à intercalations de calcaire gris argileux, finement gréseux. Cet étage marque la transition entre le Dogger calcaire et le Toarcien argileux. Difficilement décelables à partir des déblais de forage, les limites de cet étage ont été déterminées à l'aide des diagraphies électriques.

JURASSIQUE INFÉRIEUR (1 250-1 435 m)

Au cours du Lias la subsidence à l'Ouest de la faille, devient plus importante. En effet, alors qu'à l'Est se dépose une série condensée (82 m à Rebrechien), à l'Ouest la série Liasique est bien développée (184 m).

Lias Supérieur (1 250-1 295 m)

Il est représenté par la série argileuse du Toarcien, constituée par une argile gris-foncé, finement sableuse, micacée et pyriteuse, renfermant des nombreux fragments de macrofaune. La fin de cette série est marquée par une argile gris-noir schisteuse (schistes "carton").

Lias moyen (1 295-1 336 m)

On rencontre le même faciès qu'au Lias supérieur, c'est-à-dire une argile grise, silteuse, micacée, pyriteuse, riche en débris coquilliers.

Sous un Domérien supérieur comparable à celui de Sennely 301 on trouve un Domérien inférieur-Carixien très réduits (1 325-1 336 m).

Lias inférieur (1 336-1 436 m)

Le sommet de la série (1 336-1 340 m) est constitué d'un calcaire argileux gris, légèrement glauconieux, qu'on pourrait rattacher au Lotharingien. On retrouve ensuite un calcaire gris à gris-beige, pseudoolithique, légèrement dolomitique par endroits, d'appartenance sinemurienne.

Vers 1 360 m, on trouve une argile plus ou moins dolomitique, vert à vert-clair, suivie d'une dolomie beige, microcristalline d'âge hétangien. L'ensemble de l'Hétangien est hétérogène constitué essentiellement des alternances de dolomie de grès et d'argile. Cet étage est très bien développé à Melleray, puisque sur le plan palynologique la microflore à affinité hétangienne a été retrouvée jusqu'à 1 436 m. (Annexe. 2)

TRIAS (1 436-1 618 m)

Comme le Jurassique inférieur, le Trias à Melleray a presque le double de l'épaisseur rencontrée à Rebrechien (182 m contre 101 m).

Le Trias à Melleray est constitué par un complexe argilo-gréseux, débutant par des argiles bariolées rouge-brun et gris-vert, d'aspect bréchique, alternant avec des grès multicolores, fin à grossier, micacés à ciment argilo-dolomitique renfermant des niveaux conglomératiques à gros galets de quartz et quartzite. On observe quelques intercalations de dolomie saccharoïde blanche à beige et d'anhydrite blanche à rosâtre.

SOCLE (1 618-1 668,75 m)

Orthogneiss milonitique, rosâtre à feldspaths, quartz recristallisé et muscovite.

Une description détaillée du Trias et du socle est donnée en annexe.

COMPOSITION CHIMIQUE (en mole/litre)

MELLERAY 1

	Température....	69,5°
	pH.....	6,75
CATIONS MAJEURS	Ca.....	30,84 10 ⁻³
	Mg.....	16,04 10 ⁻³
	Na.....	507,8 10 ⁻³
	K.....	8,16 10 ⁻³
	Fe.....	64,46 10 ⁻⁵
ANIONS MAJEURS	Cl.....	544,8 10 ⁻³
	SO ₄	19,15 10 ⁻³
	F.....	7,37 10 ⁻⁵
	SiO ₂	63,25 10 ⁻⁵
MINEURS	Li.....	210,4 10 ⁻⁵
	B.....	1,20 10 ⁻³
	Rb.....	1,87 10 ⁻⁵
	Sr.....	50,33 10 ⁻⁵

Note : $\delta_{\text{SO}_4^{--}} = + 11,7 \text{ ‰}$

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL

Département : M. G. A.

Service : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

N/Réf. : M. 6035 / Hyc; 1809

Demandeur : M. YUNDT

V/Réf. : D.E 60 / YP 120

Provenance : MELLERAY

RESULTATS D'ETUDES

<u>N° Ech. :</u>	<u>ρ ohm/cm à 20°</u>	<u>Résidu sec (mg/l)</u>
------------------	---------------------------------------	--------------------------

0 - 45	69	38460
--------	----	-------

<u>N° Ech. :</u>	<u>Ca (mg/l)</u>	<u>Mg (mg/l)</u>	<u>Na (mg/l)</u>	<u>K (mg/l)</u>
------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------

0 - 45	1236	390	11680	319
--------	------	-----	-------	-----

<u>N° Ech. :</u>	<u>Cl^- (mg/l)</u>	<u>$\text{SO}_4^{=}$ (mg/l)</u>
------------------	--	--

0 - 45	19312	1840
--------	-------	------

<u>N° Ech. :</u>	<u>B (mg/l)</u>	<u>F (mg/l)</u>
------------------	-----------------	-----------------

0 - 45	13	1,4
--------	----	-----

.../...

<u>N° Ech. :</u>	<u>SiO₂ (mg/l)</u>	<u>Li (mg/l)</u>	<u>Rb (mg/l)</u>	<u>Sr (mg/l)</u>
------------------	-------------------------------	------------------	------------------	------------------

0 - 45	38	14,6	1,6	44,1
--------	----	------	-----	------

<u>N° Ech. :</u>	<u>Cu (mg/l)</u>	<u>Fe (mg/l)</u>
------------------	------------------	------------------

0 - 45	≤ 0,01	36,0
--------	--------	------

V - ESSAIS - PRODUCTIVITE DE L'AQUIFERE

Le forage GMY 1 avait initialement pour objectif la reconnaissance du réservoir du Trias.

Après le début des travaux, il a été décidé de reconnaître le Dogger par un test de formation en trou ouvert ; ce réservoir est ainsi devenu un objectif secondaire.

Pour simplifier l'exposé des travaux réalisés, l'ordre chronologique a été conservé.

V.1. - Réservoir du Dogger (Jurassique)

Le programme d'essai prévoyait la reconnaissance des possibilités du Dogger en cours de forage à partir d'un test de formation en trou ouvert.

V.1.1. - Choix de l'objectif

La zone testée est située dans la partie supérieure du Bathonien qui a été rencontré en forage entre 1 063 et 1 187 m (cf. rapport géologique). Le Bathonien est essentiellement composé de calcaire oolithique qui est connu comme un bon réservoir dans sa partie supérieure.

Généralement, 3 zones sont distinguées dans cette formation :

- la partie sommitale, compacte, fissurée et comportant parfois des indices d'huile est un objectif pétrolier traditionnel
- la zone médiane, oolithique, poreuse et perméable constitue le réservoir géothermique du Dogger
- la zone inférieure est généralement compacte.

A partir des informations fournies par les sondages de Rebrechien et Villebourgeon, il a été décidé de tester la partie supérieure de la zone médiane, car c'est au sommet de cette zone que les meilleurs résultats de test ont été obtenus à Villebourgeon.

V.1.2. - Résultats du test

A GMY 1, le top de la zone médiane est à la cote 1 105 m (corrélation diagraphique). Cette zone a été reconnue en forage jusqu'à 1 125 m, puis un test de formation en trou ouvert a été réalisé.

Ce test a été financé par le Comité Géothermie du Ministère de l'Industrie. La zone testée va de 1 085,2 m à 1 125,2 m ; le débit produit est de l'ordre de 7 530 l en 74 minutes et les paramètres suivants ont été déterminés (cf. fiche de test n° 1, annexe A-5) :

- température de l'eau de formation 53°C
- salinité globale 13 g/l (cf. annexe 2-P)
- artésianisme de l'ordre de 5 kg/cm² (pas de débit au jour).

- groupe Kh de la zone testée 0,14 Dxm
cette transmissivité intrinsèque est beaucoup plus faible que celle qui était escomptée.

V.1.3. - Conclusion

Le test a mis en évidence le potentiel très faible, localement de la partie supérieure de la zone médiane.

Il faut cependant signaler qu'une zone à avancements très rapides, moins de 3 minutes par mètre, a été traversée en forage entre 1 125 et 1 150 m. En outre, cette zone répond bien aux diagraphies de réservoir, mais il semble que le ciment de la roche soit de nature crayeuse, ce qui est un indice de mauvaise qualité de réservoir.

Il conviendrait donc, pour estimer convenablement le potentiel géothermique local du Bathonien, de tester la zone à avancements rapides lors de la réalisation du deuxième forage de Melleray.

Ce deuxième test, qui permettrait de compléter l'estimation du potentiel du Dogger dans ce secteur, pourrait favoriser le développement de la géothermie en apportant des éléments plus précis sur certains projets jugés jusqu'ici trop risqués.

V.2. - Réservoir du Trias

L'estimation du potentiel géothermique du Trias dans la région était l'objectif principal de ce premier forage.

V.2.1. - Localisation de l'objectif

Le Trias a été rencontré entre 1 436 et 1 618 m. Il est constitué d'alternances de bancs gréseux et argileux.

V.2.2. - Reconnaissance et prévisions

Deux tests de formation (n° 2 et 3) en trou ouvert (diamètre 8 1/2) ont été réalisés en cours de forage :

- test n° 2 : 1440,7 à 1 470,8 m
- test n° 3 : 1560,8 à 1 593,0 m

Ces tests ont été positionnés au toit et à la base du réservoir et ont permis de connaître :

- la salinité, elle croît avec la profondeur et passe de 35 à 39,5 g/l
- les températures en cours de test, de l'ordre de 70°C
- les groupes Kh, variant pour les zones testées de 2,07 à 4,54 Dxm
- l'artésianisme de l'ordre de 5 kg/cm².

V.2.3. - Complétion et essai du puits

Après la mise en place de la colonne de production 9 5/8, la complétion de fond a été descendue. Cette complétion a une longueur totale de 216,54 m et est constituée de tubes d'extension et de crépines 6 5/8 et de slot 0,8 mm (cf. rapport forage pour la description technique détaillée).

Après la mise en place de la complétion, le puits a été mis sous eau et nettoyé avec des agents dispersants (hexamétaphosphate).

Le développement du puits a été poursuivi du 25 au 31 janvier 1980 sans apporter d'amélioration notable et il semble que le puits ait atteint immédiatement son niveau de productivité. Pendant cette période, un flowmètre a été enregistré par Schlumberger (80/1).

En fin de développement, une remontée de pression finale a été enregistrée avec une sonde précision TPT de Flopétrol (1er Février).

L'ensemble des paramètres déterminés lors des essais est résumé ci-après et le détail des interprétations figure dans l'annexe A-6 :

- . niveaux gréseux producteurs entre 1 458,3 et 1 595 m
- . hauteur productrice : $h_u = 36$ m
- . porosité moyenne : $\emptyset = 15$ %
- . température à 1 420 m en production : $t_f = 73,9^\circ\text{C}$
- . température en tête : $t_t = 69^\circ\text{C}$
- . salinité moyenne : $= 38,4$ g/l
- . viscosité moyenne : $= 0,42$ cp
- . compressibilité moyenne : $C_t = 10^{-4}$ V/V/at
- . transmissivité : $\frac{kh}{U} = 36,84$ Dxm/cp
- transmissivité intrinsèque : $kh = 15,47$ Dxm
- perméabilité intrinsèque : $k = 0,43$ D
- facteur de skin : $s = + 2,5$
- pression artésienne statique : $P_a = \approx 5$ bars
- immédiatement après fermeture
- . pression artésienne potentielle en : $P_{a1} = 6,5$ kg/cm²
- production avec $P_{a1} = P$ extrapole - pwf
- . débit artésien maximal : $q = \approx 45$ m³/h

Le skin positif peut être interprété comme l'existence d'un colmatage résiduel aux abords du puits ; dans cette hypothèse, le rendement de l'ouvrage en production est de l'ordre de 0,8.

V.3. - Prévision des pressions et des puissances de pompage

Les pressions de pompage sont calculées pour une installation fonctionnant en boucle avec un puits de pompage et un puits de réinjection.