Géothermie basse enthalpie en France Conception des doublets géothermiques; déroulement d'une opération type

Low Enthalpy Power in France Concept of Geothermal Doublets; Execution of a Typical Operation

G. Martin

BRGM

Département Géothermie et Hydroénergie

L'exploitation géothermique basse enthalpie (50° à 100 °C) consiste à utiliser le potentiel calorifique d'aquifères profonds suffisamment perméables pour pouvoir fournir des débits importants (supérieurs à 100/150 m³/h). Depuis 1968, date du premier doublet géothermique à Melun l'Almont, plus de 75 forages (production et injection), d'une profondeur verticale moyenne de 1 700 m, exploitent ainsi le Dogger du Bassin Parisien. Ils sont réalisés par la méthode classique rotary et utilisent largement les techniques pétrolières.

L'opération de La Villette, qui s'est déroulée en 56 jours (fin 1983), peut être présentée comme une réalisation exemplaire.

The exploitation of low enthalpy geothermal power (50° to 100 °C) consists of using the heat potential of deep aquifers sufficiently pervious to allow supply of high capacities (greater than 100/150 m³/h). Since 1968, date of the first geothermal doublet at Melun l'Almont, more than 75 drill holes (production and injection) of an average vertical depth of 1700 m exploit the Dogger of the Paris Basin. These drill holes are made with the conventional rotary method and are implemented to a great extent with petroleum techniques.

The La Villette operation executed in 56 days (end of 1983) can be presented as an exemplary realization

1. Introduction — Rappel historique

La première expérience française (CEP) d'exploitation des ressources géothermiques profondes a été réalisée en 1962 à Carrière-sur-Seine, au nord-ouest de Paris. Il s'agissait d'un forage unique vertical au Dogger, qui a dû être abandonné du fait de la salinité des eaux et des problèmes de rejet que cela posait.

C'est en 1968/69 que fut conçu et réalisé à Melun l'Almont le premier doublet géothermique grâce à l'imagination de M. Pierre Maugis de la Société technique de géothermie. Ce procédé, aujourd'hui systématisé, permettait — après prélèvement de l'énergie calorifique — de réinjecter l'eau salée dans la formation tout en maintenant globalement la pression de gisement. C'est également à cette époque que fut conçue la première modélisation d'un réservoir géothermique permettant d'évaluer notamment la progression d'un front froid dans un aquifère. L'installation fonctionne en artésien depuis cette date.

En 1975, date de la création du « Comité Géothermie » sous l'autorité du ministère de l'Industrie, le B.R.G.M.

amorce le processus de développement de la géothermie basse enthalpie par l'opération de Creil (deux doublets), rapidement suivie par celles de Villeneuve-la-Garenne (CFP), Toulouse Blagnac (ELF), Mont-de-Marsan (ELF) et Le Mée-sur-Seine en 1977/78 (Geotherma avec conseil B.R.G.M.).

De 1978 à 1982, le nombre de projets a connu une forte croissance (65 forages réalisés) puis s'est légèrement infléchi à partir de 1983 où l'on compte une centaine de forages géothermiques en France.

On notera, en 1982, la création par l'Etat de l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (A.F.M.E.) regroupant les différents organismes administratifs chargés de promouvoir les énergies nouvelles, dont la géothermie.

Les réalisations actuelles placent d'ores et déjà la France très largement en tête des pays développés pour ce qui est de l'utilisation directe de la chaleur géothermique. On peut maintenant considérer que la géothermie basse enthalpie en est à un stade industriel faisant intervenir une cinquantaine d'entreprises et sociétés.

Figure 1. — Différents types de doublets.

Figure 2. — Doublet type au Dogger.
(cas 7^m au réservoir).

Conception des forages géothermiques

Compte tenu de leur profondeur (2000 m en moyenne) les forages géothermiques basse enthalpie sont réalisés par la méthode classique rotary et utilisent largement les techniques pétrolières.

Leur conception générale présente toutefois des caractéristiques spécifiques liées à différents critères (économiques, environnement, contraintes d'exploitation...) :

— *absence actuelle de stratégie d'exploration.* Les projets sont dans la quasi totalité des cas financés par des collectivités locales (avec subvention A.F.M.E. et couverture du risque le cas échéant) qui ne peuvent se permettre le luxe d'un forage exploratoire. Les ouvrages sont donc conçus directement pour l'exploitation ;

— *forte salinité moyenne des eaux géothermales.* (23 g/l pour le Dogger) nécessitant la réalisation d'un second forage pour la réinjection dans la plupart des cas, d'où la notion de doublets (l'exploitation par puits unique ne s'est développée jusqu'à présent qu'en Aquitaine : la multiplication des projets laisse toutefois craindre une chute importante de pression dans le réservoir, imposant à l'avenir la réalisation de doublets). Afin de ne pas refroidir la ressource au niveau du forage de production, le point d'injection dans le réservoir doit être suffisamment éloigné du point de production. Cette distance (1000 à 1500 m) est calculée de telle sorte que le front froid qui se développe autour du forage d'injection n'atteigne pas

l'ouvrage de production avant 25 ou 30 ans. En cas d'exploitation intensive sur une zone donnée, des modèles permettent d'optimiser l'influence des différents forages et donc la gestion de la ressource.

La figure 1 montre les différentes conceptions adoptées. Le schéma « 2 puits déviés » est actuellement le plus usité ; il permet notamment l'économie d'une plate-forme et diminue la longueur du réseau primaire de surface. Le schéma « 1 puits droit — 1 puits dévié » à partir de la même plate-forme est mis en œuvre dans les zones à incertitude géologique (puits droit moins cher qu'un puits dévié). Cette solution impose ensuite la réalisation d'un forage très fortement dévié ($> 50^\circ$) ;

— *importance des débits prélevés en géothermie* (100 à 300 m³/h), impliquant une exploitation à travers les casings 7" ou 9" 5/8 placés au toit du réservoir et nécessitant dans le forage de production des moyens de pompage puissants (nécessité d'une chambre de pompage 13" 3/8 jusque vers 400 m).

Tabages, raccords, équipements de surface, ... doivent être prévus pour assurer une exploitation de longue durée, malgré les risques importants de corrosion. Les colonnes sont entièrement cimentées à l'extrados et un soin particulier est apporté aux opérations de cimentation ;

— *implantation des puits en zone très fortement urbanisée* créant de nombreuses contraintes de surface et impliquant une isolation phonique des installations très poussée (maxi 50 db à 100 m). Les superficies de plate-forme doivent être

Figure 3. — Doublet type au Dogger.
(cas 9 5/8 au réservoir)

Figure 4. — Doublet type au Dogger.
(cas liner 9 5/8 au réservoir)

réduites : 5000 à 8000 m². Un traitement continu des boues de forage est effectué de façon à éviter tout risque de pollution;

— *Réservoir exploité en trou nu dans le Dogger du Bassin Parisien.* Mise en place de crépine avec gravel pack pour les formations détritiques triasiques. Utilisation de fluides de forage non susceptibles d'endommager ou colmater la formation aquifère (polymères dégradables; densité ajustée avec du sel).

Les figures 2, 3 et 4 donnent un exemple de coupes techniques types rencontrées dans le Dogger du Bassin Parisien. 3 cas principaux sont envisagés :

- tubage (casing) 7" au toit du Dogger ($Q < 200 - 250$ m³/h); réservoir foré en 6";
- tubage (casing) 9" 5/8 au toit du Dogger ($Q > 250$ m³/h); réservoir foré en 8" 1/2;
- liner 9" 5/8 au toit du Dogger; forages symétriques et réversibles ($Q > 250$ m³/h);
- des solutions mixtes peuvent également exister (production en 7" et injection en 9" 5/8; augmentation de la viscosité de l'eau refroidie, d'où accroissement des pertes de charge).

On peut faire les commentaires suivants (jusqu'à présent, le choix des équipements tubulaires, de type pétrolier, s'est fait uniquement sur des critères de résis-

tance mécanique, à l'exception de la colonne 7" qui, à la demande du Service des Mines, a été portée de 23 à 26 lbs/ft) :

1. Doublet 7" au réservoir :

Tubage 18" 5/8 optionnel (seulement si pertes dans la craie)

Couverture de la craie par tubage 13" 3/8 (optionnel en injection)

Build up tubé ; double tubage à l'Albien

Tubage 7" au toit du réservoir

Chambre de pompage 13" 3/8 sur le forage de production

Tubages entièrement cimentés à l'extrados pour éviter toute circulation annulaire (protection des aquifères), limiter les pertes thermiques (1 à 2 °C entre réservoir et surface) et prévenir les conséquences fâcheuses d'une corrosion trop rapide du matériel tubulaire. Par ailleurs, les tubages sont équipés de joints étanches type VAM lorsqu'ils sont directement en contact avec le fluide géothermal.

Avantage : trou bien calibré et bonne protection de l'Albien. Cimentations plus faciles et plus sûres.

Inconvénient : problème d'exploitation en cas de corrosion importante du tubage de production compte tenu de la nature agressive du fluide géothermal (salinité et gaz dissous : H₂S, CO₂...)

2. Doublet 9" 5/8 au réservoir :

Tubage 18" 5/8 optionnel

Couverture de la craie par tubage 13" 3/8

Tubage 9" 5/8 unique de la base de la craie au toit du réservoir

Chambre de pompage 13" 3/8 sur le forage de production

Avantage : diminution non négligeable des pertes de charge à fort débit. Possibilité de mise en place d'un tubage 7" (ou casing) en cas de corrosion avancée.

Inconvénient : trou mal calibré et cavé dans le build-up en face de l'Albien compte tenu de la longueur de la phase 12" 1/4. Cimentation difficile à réaliser dans de bonnes conditions. Vulnérabilité de l'Albien en cas de corrosion avancée du tubage 9" 5/8.

3. Doublet liner 9" 5/8 au réservoir :

Tubage 18" 5/8 optionnel

Forage et build-up en 17" 1/2 jusqu'au Purberckien-Portlandien

Liner 9" 5/8 ancré à la base du tubage 13" 3/8

Avantage : les mêmes que pour le cas précédent — absence de diverting valve pour cimentation étagée d'où gain de temps — puits parfaitement réversibles d'où possibilité de choix du producteur ou de l'injecteur au dernier moment.

Inconvénient : difficulté de build-up en 17" 1/2 — trou mal calibré et cavé dans le build-up en face de l'Albien — vulnérabilité de l'Albien en cas de corrosion avancée du tubage 13" 3/8

Précisons qu'avant et souvent après toute mise en place de tubages, des diagraphies sont enregistrées (contrôle géométrique du forage, contrôles des cimentations, de la géologie et de la corrosion).

Après réalisation des forages, des essais sont entrepris en artésien ou à l'air lift (après acidification dans les réservoirs carbonatés) afin de définir les paramètres hydrodynamiques et les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'aquifère permettant de proposer un schéma d'exploitation. Sont notamment évalués : température de fond, pressions, niveaux producteurs (débit), porosité (diagraphie), transmissivité, mesures PVT (détermination du point de bulle), analyses physico-chimique et bactériologique.

Les résultats permettent d'affiner les schémas de modélisation d'interférence entre doublets rapprochés comme cela est le cas en région parisienne.

Chaque forage est ensuite équipé d'une tête de puits assurant la liaison avec le réseau primaire comprenant l'échangeur; l'ensemble constitue la boucle géothermale.

L'exploitation de la ressource nécessite la mise en place d'une pompe d'exhaure installée dans la chambre de pompage prévue sur le forage de production. Trois types de pompe peuvent être envisagés :

- groupe électropompe immergé le plus couramment employé;
- pompe à arbre long : seule la pompe se trouve immergée, le moteur électrique étant en surface; difficultés d'utilisation au-delà de 150 m de profondeur;
- turbo pompe, qui en est encore à un stade expérimental; bonnes performances à haute température, mais problèmes de rendement.

Une pompe d'injection, placée en surface entre l'échangeur et le forage d'injection, assure le retour du fluide géothermal dans l'aquifère.

L'expérience du B.R.G.M.

Le B.R.G.M., en tant que Maître d'Oeuvre, a favorisé dès 1975 la promotion de la géothermie en France et a participé au montage et à la réalisation de plus de 60 % des installations existantes, comme le montre le tableau de la page 344. (65 forages totalisant 121 154 m forés).

A l'heure actuelle, on compte plus d'une trentaine de doublets en activité. Un service diagnostic et suivi des installations est en train de se mettre en place, pour assurer dans les meilleures conditions l'exploitation des ressources.

La Villette (Paris) : Une opération exemplaire

Réalisée pour le compte de l'Office public d'HLM de la Ville de Paris et par l'Etablissement public du Parc de La Villette, l'opération géothermique de La Villette (Paris intra muros) s'est déroulée sans incident du 20 septembre au 17 novembre 1983, soit une durée globale de 56 jours pour 3883 m forés essais compris.

Cette opération est destinée à chauffer le futur Musée des Sciences, des Techniques et des Industries, ainsi qu'un ensemble de 1 791 logements du groupe HLM « Curial », situé à proximité. Plus de 2 000 à 2 500 TEP annuelles seront ainsi économisées grâce à un débit exploitable de 250 m³/h et une température de 57 °C.

Les résultats obtenus sont résumés ci-après (voir également les coupes techniques, figures 5 et 6, et les graphiques d'avancement, figures 7 et 8).

Trente sociétés ont participé aux travaux sous-sol pour un montant de l'ordre de 15 M de francs HT, maîtrise d'œuvre comprise.

1. Puits d'injection (GLAV 1) :

Maîtrise d'Oeuvre : B.R.G.M.

Entrepreneur : G.I.E.F.F.

Appareil : TR 800 — 180 T au crochet

Objectif du sondage : réaliser le puits d'injection d'un doublet géothermique captant les eaux chaudes du Dop-per en vue d'alimenter un réseau géothermal.

Durée effective du forage : du 20 septembre 1983 à 20 h 30 au 19 octobre 1983 à 3 h 30 soit 28 j et 8 h essais compris, soit une moyenne de 68,51 m/j.

Profondeur finale : 1941 m déviés; inclinaison maximale ponctuelle : 39°

Résultats :

Dogger capté entre 1822 m et 1875 m (déviés)

Hauteur productrice cumulée : $h = 18,50$ m déviés (16,50 m vert.)

Porosité moyenne : $\phi = 15,6\%$

Température stabilisée au débit moyen de 125 m³/h :

$T_f = 57,3$ °C

Viscosité de l'eau : $\mu = 0,48$ cp

Salinité moyenne : 15 g/l

Pression artésienne mesurée : $Par = 7,4$ bars

Débit artésien : 125 m³/h

Transmissivité intrinsèque : $kh = 24$ D.m.

Figure 5. — Coupe technique du forage de production. GLAV 1

Figure 6. — Coupe technique du forage de production. GLAV 2

Figure 7. — Avancement des travaux. GLAV 1

Figure 8. — Avancement des travaux. GLAV 2

Perméabilité intrinsèque : $k = 1,5 D$

Facteur de skin : $S = -4$

2. Puits de production (GLVA 2) :

Maître d'œuvre : B.R.G.M.

Entrepreneur : G.I.E.F.

Appareil : TR 800 — 180 T au crochet

Objectif du sondage : réaliser le puits de production d'un doublet géothermique captant les eaux chaudes du Dogger en vue d'alimenter un réseau géothermique.

Durée effective du forage : du 21 octobre 1983 à 4 h 00 au 17 novembre 1983 à 20 h 00 soit 27 j et 16 h (664 h) soit une moyenne de 70,19 m/j.

Forages géothermiques réalisés par le BRGM (France)

N°	ANNÉE	NOM	MAÎTRE D'OUVRAGE	VERTICAL : V DÉVIÉ : D	PROFONDEUR FORAGE	RÉSULTATS		
						t_{200m} °C	t_{500m} °C	K (W/m°C)
1	1975	CREIL (GCR1)	OPINLM CREIL	V/Dogger	1 689	71	58,5	46
2	1975/76	CREIL (GCR2)	OPINLM CREIL	V/Dogger	1 745	57	59	26
3	1976	CREIL (GCR3)	OPINLM CREIL	V/Dogger	1 615	151	58	47
4	1976	CREIL (GCR4)	OPINLM CREIL	V/Dogger	1 725	100	58	44
5	1977	LE MEE SUR SEINE 1 *	C.G.C.U.	V/Dogger	1 800	150	72	44
6	1977/78	LE MEE SUR SEINE 2 *	C.G.C.U.	V/Dogger	1 806	150	72	28
7	1978	TARBES (GTH1)	SERC-UNIBO	V/Sén. inf. molas.	1 855	-	45	-
8	1979	DAX 1	Municipalité	V/Cénomaniens	2 350	0	55	-
9	1979/80	JONZAC (GJNC1)	Municipalité	V/Trias	1 872	0	65	5,6
10	1979/80	MELLERAY (GMY1)	CEVAL	V/Trias	1 669	45	74	15
11	1980	MELLERAY (GMY2)	CEVAL	D/Trias	1 661	47	74	13
12	1980	CERCY (GCY1)	EPA	V/Trias puis Dogger	1 997 Trias	43	77	8
		Repris en 1981	Side track		1 530 m	104	56	11,2
13	1980	COULOMMIERS (GCO1)	SMGC	V/Dogger	2 195	47	85,4	55
14	1980	COULOMMIERS (GCO2)	SMGC	D/Dogger	2 568	47	85,2	54
15	1980	BRUYERES LE CHATEL	CEA-DAM	V/Néocomien	750	0	34	104
16	1980	LA COURNEUVE S. (GLCS1)	OPHLM PARIS	V/Dogger	1 800	65	58	15
17	1980/81	CERCY (GCY2)	EPA	V/Dogger	1 560	106	57	10
18	1980/81	LA COURNEUVE S. (GLCS2)	OPHLM PARIS	D/Dogger	2 189	140	57,9	32
19	1981	AULNAY (GAY1)	LOJEMENT FRANCAIS	V/Dogger	1 840	183	71,6	44,7
20	1981	AULNAY (GAY2)	LOJEMENT FRANCAIS	D/Dogger	2 255	140	71,5	40
21	1981	BEAUVAIS (GBVS1)	OPAC DE L'OISE	V/Dogger	1 287	72	46	33
22	1981	BEAUVAIS (GBVS2)	OPAC DE L'OISE	D/Dogger	1 558	78	46	30
23	1981	BOUPC EN BRESSE (GBER)	Municipalité	V/Jurassique Sup	2 255	0	84	14,7
24	1981	CLICHY S/BOIS (GCL1)	Municipalité	V/Dogger	1 852	135	70,8	31
25	1981	CLICHY S/BOIS (GCL2)	Municipalité	D/Dogger	2 270	116	70,4	32
26	1981	MEAUX (GMX1)	Municipalité	V/Dogger	1 935	240	79	75
27	1981	MEAUX (GMX2)	Municipalité	D/Dogger	2 325	202	78	70
28	1981	EVRY (GEV1)	EPEVRY	V/Dogger	1 691	106	71,8	16
29	1981	REIMS (GMR1)	REIMS	V/Dogger puis Lusitanien	1 542 Dogger Lusitanien	2 5	- 40,5	- 3
30	1981	CAP D'AGDE						
31	1981	MONTPELLIER (GB1)	OPAC	V/Jurassique Moy	700	0	35,5	$1,10^{-3}$ m ² /s
32	1981	BORDEAUX MERIADECK	SBRI	V/Cénom./Turon.	1 149	26	54	350
33	1981	BORDEAUX BENANCE	SBRI	V/Cénom./Turon.	950	96	45	
34	1981/82	FONTAINEBLEAU (GFO1)	Municipalité	V/Dogger	1 861	22	74,2	2,8
35	1981/82	MEAUX (GMX3)	Municipalité	D/Dogger	2 075	215	76,5	50
36	1982	MEAUX (GMX4)	Municipalité	D/Dogger	2 056	170	75,6	41
37	1982	PESSAC SAIGE		V/Cénom./Turon.	1 048	50		600
38	1982	FONTAINEBLEAU (GFO2)	Municipalité	D/Dogger	2 365	50	73,2	6,2
39	1982	LA COURNEUVE N. (GLCN1)	Municipalité	V/Dogger	1 774	145	56,6	29
40	1982	LA COURNEUVE N. (GLCN2)	Municipalité	D/Dogger	2 133	122	58,4	19
41	1982	EVRY (GEV2)	EPEVRY	D/Dogger	1 711	53	70,9	7,5
42	1982	MEAUX (GMX5)	Municipalité	D/Dogger	2 214	197	77,6	68
43	1982	SEVRAN (GSA1)	S.A.E.S.	D/Dogger	2 100	154	66,3	27
44	1982	EPERNAY (GEPE1)	Municipalité	V/Dogger	1 865	0	60	4,4
45	1982	MEAUX (GMX6)	Municipalité	D/Dogger	2 227	180	78	85
46	1982	SEVRAN (GSA2)	S.A.E.S.	D/Dogger	2 060	122	70,7	21,4
47	1982	EPERNAY (GEPE2)	Municipalité	D/Dogger	2 140	0	60	5,9
48	1982	MEAUX (GMX7)	Municipalité	D/Dogger	2 410	175	78	57
49	1982	CREIL (GCR5)	OPINLM CREIL	D/Dogger	1 775	115	58,6	17
50	1982	MEAUX (GMX8)	Municipalité	D/Dogger	2 484	197	77,7	76
51	1982	BLANC MESNIL (GBMN1)	SODEDAT	D/Dogger	2 062	188	68,5	50,8
52	1982	BLANC MESNIL (GBMN2)	SODELAT	D/Dogger	2 065	206	65,6	70
53	1982	MONTPELLIER ANTIGONE	SERM	V/Jurassique moy	1 200	0	48,5	$5,10^{-3}$
54	1983	SETE		V	976			
55	1983	GARGES LES G. (GGAR1)	SAERF	D/Dogger	1 975	171	67,7	75
56	1983	GARGES LES G. (GGAR2)	SAERF	D/Dogger	1 957	159	65,5	53
57	1983	TREMBLAY LES G. (GTRE1)	SEAPFA	D/Dogger	2 113	206	73,9	45
58	1983	TREMBLAY LES G. (GTRE2)	SEAPFA	D/Dogger	2 081	200	74,2	55
59	1983	AULNAY S/BOIS (GAY3)	SODEDAT / SEAPFA	D/Dogger	2 038	202	71	55
60	1983	AULNAY S/BOIS (GAY4)	SODEDAT / SEAPFA	D/Dogger	2 120	188	70,2	61
61	1983	LA VILLETTE (GLAV1)	OPHLM PARIS	D/Dogger	1 941	120	57,3	26
62	1983	LA VILLETTE (GLAV2)	OPHLM PARIS	D/Dogger	1 942	83	56,9	18
63	1983	LE TEICH (PIRAC 1) *			1 860	130	75	
64	1979	VILLEJUST	SCHLUMBERGER	V/Valanginien	849	Pas de tests		
65	1982	CREIL (GCR6)	OPINLM CREIL	D/Dogger	2 089	130	60,4	21,8

* Le Mée sur Seine : Maîtrise d'œuvre Géotherma avec supervision du BRGM.

* Le Teich : reprise d'un forage pétrolier.

Profondeur finale : 1942 m déviés; inclinaison maximale ponctuelle 36° 5.

Résultats :

Dogger capté entre 1861,5 m et 1879,5 m déviés
 Hauteur productrice cumulée : $h = 10$ m déviés (9 m vertical)
 Porosité moyenne : $\phi = 14,6\%$
 Température stabilisée au débit moyen de $140 \text{ m}^3/\text{h}$ (air lift) : $T_f = 56,9^\circ\text{C}$ à 1810 m déviés
 Viscosité moyenne de l'eau : $\mu = 0,48 \text{ cp}$
 Salinité moyenne : 16 g/l
 Pression artésienne mesurée : 7 bars
 Débit artésien : $95 \text{ m}^3/\text{h}$
 Transmissivité intrinsèque : $kh = 18 \text{ D.m}$;
 Perméabilité intrinsèque : $k = 2 \text{ D}$
 Facteur de skin : $S = -3,5$

Il est intéressant de préciser ici l'amélioration des performances de forage depuis 1975. La moyenne journalière était alors d'une vingtaine de mètres par jour. Elle tourne aujourd'hui autour de 70.

Conclusion

Avec plus d'une centaine de forages réalisés, une trentaine d'installations en service et une vingtaine d'autres devant démarrer avant fin 1984, la France peut se prévaloir d'être le leader mondial de production d'eau géothermale basse enthalpie. Cet atout peut et doit être valorisé à l'extérieur pour promouvoir cette activité originale que nous maîtri-

sons bien. Des projets commencent ainsi à voir le jour dans quelques pays européens : Italie, Espagne, Grèce, pays scandinaves. Des perspectives sont également envisagées sur le continent américain.

Globalement bien maîtrisée, l'industrie géothermique est encore jeune et reste confrontée à des problèmes difficiles, dont on ne peut mésestimer l'importance. Deux cas entrent dans ce cadre : tenue dans le temps des équipements (tubages et matériel de pompage) compte tenu de la nature généralement très corrosive des eaux géothermales, et comportement à la réinjection des réservoirs détritiques profonds.

Des équipes de chercheurs se penchent sur toutes ces questions, et un institut (IMRG : Institut mixte de recherche géothermique) a été créé à cet effet en 1982. Il regroupe les moyens et les compétences des deux organismes publics que sont le BRGM et l'AFME (Agence française pour la maîtrise de l'énergie).

Différents pilotes d'expérimentation ont été mis en place (recherches pluridisciplinaires sur la nature des fluides géothermaux, les phénomènes de corrosion, les matériels de pompage, ...).

La France dispose ainsi d'une expérience solide unique, appuyée par un potentiel scientifique spécialisé lui donnant les moyens de se placer en leader et partenaire privilégié sur la scène mondiale dans le domaine de la géothermie basse enthalpie.

Une telle position mérite la sollicitude des pouvoirs publics, l'intérêt des industriels, l'imagination des scientifiques et bien sûr l'adhésion des utilisateurs potentiels.

Discussion

Président : M. J. VARET

M. FERRANDE. — Quel est le surcoût de la solution du forage réversible ?

M. MARTIN. — Nous n'avons pas au B.R.G.M. expérimenté cette solution. Cependant on peut estimer le surcoût entre 10 et 15 %.

M. LEDOUX demande si l'on n'est pas allé trop vite dans l'exploitation du Dogger et quel est le programme et la formation de recherche concernant la géothermie basse température.

M. MARTIN rappelle que l'I.M.R.G. (Centre de Recherche B.R.G.M. — A.F.M.E.) travaille encore sur les propriétés réservoir du Dogger du bassin parisien et regrette, pour ce qui concerne les zones en dehors du bassin parisien et du bassin aquitain, l'absence de stratégie d'exploration.

A une question de la salle sur le rythme de développement de la géothermie en France, *LE PRÉSIDENT* précise que le Dogger du bassin parisien constitue un gisement de l'ordre de 200 opérations économiques et que l'objectif de 800 millions de TEP à l'horizon 1990 peut être atteint si l'on engage la réalisation de 30 opérations par an. Il n'y donc pas lieu de dire qu'on a démarré trop vite vu que l'on en réalise une dizaine par an actuellement, mais qu'il y a des fluctuations dans les paramètres économiques ou politiques qui peuvent provoquer des discontinuités dans le développement des opérations. D'autre part, les recherches menées dans le bassin parisien sont axées sur des études fines de réservoir afin d'en prévoir l'évolution dans le temps. Dans les autres régions des recherches plus lourdes, nécessitant la réalisation de forage de reconnaissance n'ont pu, faute de moyens, être entreprises. En résumé, les sujets de recherche ne manquent pas en matière de géothermie (problèmes d'exploitation, d'injection, d'évaluation, étude des dépôts, des nouveaux matériaux...) mais les moyens ne sont pas toujours suffisants.

M. FAVROD pose le problème de la recharge thermique de la nappe du Dogger.

LE PRÉSIDENT répond que ce problème ne se pose pas dans l'immédiat mais que les recherches menées en matière de stockage sont, sans aucun doute, destinées à permettre la recharge thermique des nappes.

M. MARTIN ajoute que l'écartement des ouvrages a été prévu pour une exploitation sur 30 ans sans refroidissement au forage de production.

M. GRJEBINE remarque que la majorité des expériences décrites sont très encourageantes, il regrette dès lors que la Presse n'en prenne pas connaissance et n'assure le relais de l'information en vue de faire une certaine publicité à ces techniques.

M. BANAL répond que ce n'était pas là l'objectif visé en premier par la S.H.F. Les médias sont informés de nos réunions mais s'y intéressent rarement.

M. GRJEBINE insiste sur le fait que l'on est dans un domaine scientifique et industriel et que dès lors pour que ces techniques se développent on doit informer le public et faire de la publicité même si au départ les objectifs de la S.H.F. ne sont que scientifiques.

M. GUEDE. — Quel est l'objet attendu de l'expérience de forage horizontal pour l'application de la géothermie ?

LE PRÉSIDENT. — Cette technologie nous paraît intéressante pour l'exploitation des couches à faible perméabilité ou d'épaisseur limitée puisqu'on peut multiplier le débit jusqu'à 10 pour un coût d'ouvrage multiplié simplement par 2. Un site a été choisi et une subvention a été demandée à la Communauté Européenne. Nous espérons que le projet, en cours d'instruction à l'AFME voie le jour en 1985.

Larderello en 1858.