

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 104 (1978)  
**Heft:** 24: SIA spécial, no 5, 1978

**Artikel:** La géothermie au Japon  
**Autor:** Vuataz, François-David  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73564>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# La géothermie au Japon

par FRANÇOIS-DAVID VUATAZ, Genève (suite et fin) <sup>1</sup>

## 4.3.2 Magnétisme

Cette méthode mesure les anomalies du champ magnétique terrestre dues aux formations géologiques possédant différents degrés de para- ou diamagnétisme. Comme pour la gravimétrie, le magnétisme est utilisé dans la prospection des zones géothermiques à grande échelle car les anomalies magnétiques sont trop grandes ou trop mal définies pour être utiles à la localisation de puits de production. On peut s'en servir pour cartographier les zones d'altération. Malheureusement cette méthode ne permet pas de détecter les structures profondes. La valeur de la susceptibilité magnétique des roches ignées contenant de la magnétite étant plus grande que celle des formations sédimentaires, il a été confirmé par les forages de la zone géothermique de Otake qu'il y a des andésites jusqu'à un kilomètre de profondeur. Bien que l'andésite fraîche soit magnétique, elle perd cette propriété lorsqu'elle subit une altération hydrothermale. On peut donc considérer que dans une telle région, une zone de faible magnétisme montre que celui-ci est directement en liaison avec une zone altérée.

## 4.3.3 Méthodes électriques

### 4.3.3.1 Polarisation spontanée [27]

C'est le seul système permettant d'observer dans les conditions naturelles un champ électrique créé par des phénomènes électro-chimiques spontanés. Ces phénomènes apparaissent sur des corps métallisés des zones de minerai, ou des placers. Aux limites de ces corps des solutions contenant différentes concentrations ioniques agissent comme des cellules humides et produisent un champ électrique qui peut être détecté par le relevé des lignes équipotentielles ou des profils potentiels.

Des mesures de polarisation spontanée effectuées sur les champs géothermiques de Otake et Hatchobaru ont montré des zones de potentiels négatifs correspondants aux zones d'altération et de manifestations géothermiques de surface, ainsi que des zones de potentiels positifs correspondants à des coulées de lave et à des régions ne produisant pas de vapeur ou d'eau chaude.

<sup>1</sup> Voir *BTSR* n° 23 du 9 novembre 1978, p. 335.

### 4.3.3.2 Résistivité

Dans ce cas on observe la résistivité du sol, donc en même temps la différence de potentiel et le courant électrique. La résistivité vraie n'est observée que dans les sols homogènes : la présence de limites horizontales ou verticales donnent la résistivité apparente.

Le réservoir d'eau chaude et la zone d'altération ont tous les deux une porosité élevée et les ouvertures sont remplies d'eau. L'eau chaude d'un champ géothermique contient des sels dissous de la roche et sa résistivité est généralement faible. On peut donc détecter un réservoir d'eau chaude ou une zone d'altération comme un corps de faible résistivité. Selon les mesures effectuées, une zone d'altération a une résistivité de 10-100 Ohms-mètres alors que celle d'une zone non altérée est de quelques centaines à quelques milliers d'Ohms-mètres. De plus une élévation de la température provoque une chute de la résistivité (tableau II).

On remarque que la résistivité des couches correspond bien à un type de roche donné ou à l'état d'altération dans laquelle celle-ci se trouve. Dans le cas de Otake, on a atteint un bon réservoir de vapeur dans la troisième couche, alors qu'à Hatchobaru, il a fallu traverser le réservoir de la troisième couche et parfois forer à plus de 1000 m pour atteindre un réservoir inférieur et obtenir ainsi une quantité suffisante de vapeur.

### 4.3.4 Sismique

Dans la prospection sismique, l'énergie est fournie par l'explosion de dynamite, et l'on mesure les temps de parcours des ondes réfractées et réfléchies. Il est impossible d'appliquer la méthode de réfraction si la vitesse de l'onde élastique de la couverture imperméable est plus grande que celle de la formation poreuse. En ce cas on utilise la méthode de réflexion conjointement à des enregistrements magnétiques pour pouvoir soustraire le bruit de surface des ondes élastiques de la région géothermique. L'existence de failles et fissures est indiquée par un déphasage dans l'enregistrement des ondes sismiques. En général la vitesse décroît avec l'augmentation de la température et les ondes transversales, contrairement aux ondes longitudinales,

TABLEAU II

*Interprétation géologique des courbes de résistivité des champs géothermiques de Otake et Hatchobaru*

	Otake			Hatchobaru		
	Ohms-mètres	Epaisseur	Niveau	Ohms-mètres	Epaisseur	Niveau
1 <sup>re</sup> couche	500	5 m	sol de surface	460	4 m	sol de surface
2 <sup>e</sup> couche	104	57 m	andésite à pyroxène (Hohi complexe)	4600	56 m	andésite à hornblende (Kujyu complexe)
3 <sup>e</sup> couche	10	400 m	andésite à pyroxène altérée (Hohi complexe)	77	940 m	andésite à pyroxène altérée (Hohi complexe)
4 <sup>e</sup> couche	300	—	andésite à pyroxène (Hohi complexe)	270	—	tufs-conglomérats (Kusu formation)

TABLEAU III  
Sismique réflexion dans la zone géothermique de Matsukawa

Profondeur	Ondes	Niveau	Porosité	Fonction
0 m	rapides	andésite	faible	1 <sup>re</sup> couverture
160 m				
550 m	lentes	tuf dacitique dacite	élevée	1 <sup>er</sup> réservoir
980 m	rapides	dacite	faible	2 <sup>e</sup> couverture
1300 m	lentes	sédiments marins	élevée	2 <sup>e</sup> réservoir
2000 m		tufs verts		

n'existent pas dans un fluide tel qu'un magma : ces caractéristiques jouent un rôle important dans la prospection de ressources géothermiques. La vitesse des ondes dépend également beaucoup de la porosité et de la teneur en eau des roches traversées (tableau III).

#### 4.3.5 Thermométrie

Les mesures de température sont l'une des méthodes géophysiques les plus satisfaisantes pour localiser l'emplacement des futurs forages ; si des fissures conductrices de chaleur sont observées, on quadrille la région de mesures de températures faites avec un thermo-couple dans des forages de 1 m de profondeur.

Une autre possibilité est de forer une série de sondages d'une profondeur de 20 à 30 m et de mesurer la température au fond après les avoir remplis de bentonite ; la période de stabilisation des conditions thermiques est de cinq à dix jours. L'unité de gradient de température est exprimé en degré centigrade par mètre de profondeur.

## 5. Forages des puits géothermiques [16]

Les réserves de vapeur géothermique se trouvent parfois à de faibles profondeurs (50 à 300 m), mais dans la plupart des cas, afin de disposer de débits stables et importants, des puits doivent être forés à des profondeurs allant de 500 à 2000 m. Les installations de forage sont les mêmes que pour les puits de pétrole, variant selon la profondeur à atteindre. La méthode utilisée est le forage rotatif normal avec circulation de boue.

### 5.1 Durée moyenne des forages

TABLEAU IV

Exemples de temps de forage en fonction de la profondeur

Profondeur	Temps de forage	Achèvement et tests
500 m	15-30 jours	10 jours
1000 m	25-45 jours	10 jours
1500 m	35-55 jours	10 jours
2000 m	50-70 jours	10 jours

Ces temps sont naturellement des ordres de grandeur pour des conditions favorables, car de multiples incidents peuvent gêner la progression du forage.

### 5.2 Conditions géologiques et problèmes techniques [31]

Dans une région où de la vapeur est produite, il y a généralement des manifestations de surface telles que sols fumants, mares de boues, volcans de boues, percolation de vapeur et d'eau chaude. Les roches sont altérées et transformées en argiles, de nombreuses fissures et failles se développent. Dans ces conditions, le forage rencontre de nombreux problèmes techniques :

- pertes de circulation et éboulements dans les puits ;
- blocage des tiges de forage ;
- changement des propriétés de la boue de circulation et dégâts au matériel de sondage (corrosion due à des températures de 100° à 300°C) ;
- risques importants à la fois pour l'équipe de forage et pour le puits lui-même en cas d'éruption non contrôlée de la vapeur surchauffée à haute pression ;
- expansion du tubage du puits due à la haute température du milieu ;
- durcissement très rapide du ciment utilisé pour fixer le tubage, à cause de la chaleur. Le ciment doit résister à la pression de vapeur qui tend à filtrer entre le tubage et les parois du puits.

### 5.3 Programmes de tubage

TABLEAU V

Débits de vapeur en fonction du diamètre des puits

Débit de vapeur (tonne/heure)	Diamètre du forage (inch)	Diamètre du tubage (inch)
10 à 25 t/h	17	13 3/8 tubage de surface
	12 1/4	9 5/8 tubage intermédiaire
	8 5/8	7 tubage de production
	6 1/4	4 1/2 tubage crépiné
25 à 50 t/h	18	16 tubage de surface
	14 3/4	11 3/4 tubage intermédiaire
	10 5/8	8 5/8 tubage de production
	7 5/8	6 5/8 tubage crépiné
50 à 80 t/h	22	18 tubage de surface
	17	13 3/8 tubage intermédiaire
	12 1/4	9 5/8 tubage de production
	8 5/8	7 tubage crépiné

Une attention particulière doit être portée au programme de tubage, car un diamètre trop petit ou trop grand, ou un tubage mal placé, risque de rendre la production de vapeur discontinue. En général on évite d'utiliser les tubes crépinés, car ceux-ci se bouchent facilement avec les particules arrachées aux parois du puits.

### 5.4 Logs de forage

Les logs de forage permettent de corréler les puits entre eux, d'évaluer la quantité d'eau chaude et de vapeur, d'estimer la porosité des roches et les variations lithologiques. Les mesures sont effectuées avec des instruments descendus dans les puits : les différents types de logs de forages sont les logs électriques (résistivité et polarisation spontanée), logs sismiques, gravimétriques et logs de température.

## 5.5 Caractéristiques de quatre puits de production [7, 14]

TABLEAU VI

Principales données sur les puits et les fluides des champs géothermiques de Otake et Hatchobaru

	Otake		Hatchobaru	
	9	10	4	6
N° du puits				
début du forage	18.1.65	12.1.66	17.6.70	8.1.71
fin du forage	7.3.65	24.5.66	21.10.70	17.8.71
diamètre du puits	inch 7 5/8	7 5/8	7 5/8	7 5/8
profondeur du puits	m 550	600	1084	1238
diamètre du tubage interne	inch 8 5/8	8 5/8	8 5/8	8 5/8
profondeur du tubage interne	m 250	250	600	609
pression dans le puits	kg/cm <sup>2</sup> 8,0	6,6	42,0	10,6
pression dans le séparateur	kg/cm <sup>2</sup> 2,1	2,1	6,1 *	3,3 *
débit de vapeur	t/h 29	30	99,7	45,0
débit d'eau chaude	t/h 61	135	200,7	80,0
débit total	t/h 90	165	300,4	125,0
puissance correspondante	kW 2700	2800	12300	5000
gaz non condensables dans la vapeur				
CO <sub>2</sub>	vol. % 0,288	0,050	0,164	0,127
H <sub>2</sub> S	vol. % 96,0	93,0	95,7	98,5
O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , etc.	vol. % 1,4	1,0	2,8	0,9
total	vol. % 2,6	6,0	1,5	0,6
total	vol. % 100,0	100,0	100,0	100,0
analyse chimique de l'eau chaude				
pH	6,7	8,0	7,7	8,4
conductibilité	mhos/cm 3500	5100	7000	6000
Na	ppm 940	1060	1400	1350
K	ppm 110	140	287	277
Mg	ppm 0,19	0,01	0,05	0,34
Ca	ppm 12	20	9	11
Cl	ppm 1630	1720	2470	1830
SO <sub>4</sub>	ppm 145	112	139	115
SiO <sub>2</sub>	ppm 668	612	1340	839
total des solides dissous	ppm 3810	4030	5590	—

\* Pression à la tête du puits.

## 6. Mesures de la température des manifestations géothermiques

### 6.1 Télédétection infra-rouge [37]

Dans le but de mesurer des températures à distance, sans être en contact avec la source de chaleur, un thermomètre et une thermocamera à radiations infra-rouges ont été mis au point au Japon. Ces appareils sont avantageusement utilisés dans les cas suivants :

la température est trop élevée pour être mesurée de près, la source de chaleur risque d'être perturbée par une mesure *in situ*,

la température change plus rapidement que le temps de stabilisation des thermomètres conventionnels,

la zone dont on désire avoir la distribution de température est trop grande pour procéder à des mesures ponctuelles.

#### 6.1.1 Thermomètre à radiation infra-rouge

(IRT) National ER-2002, construit par Matsushita Communication Industrial Co., Ltd, Yokohama, Japon.

##### Caractéristiques :

poids :	1,6 kg
taille :	90 × 115 × 182 mm
détecteur :	détecteur pyroélectrique à infra-rouge PbTiO <sub>3</sub>
limite de détection et sensibilité :	0 à 75°C : précision 0,1°C -40 à +120°C : précision 0,2°C
temps de stabilisation :	0,1 sec. ou 1,0 sec.
champ de vision :	2°
autonomie :	10 heures avec une batterie NiCd
enregistrement :	graphique sur papier millimétré

Un nouveau modèle vient d'être mis en vente, le IRT National ER-2007, possédant à peu près les mêmes caractéristiques que le ER-2002, mais avec quelques améliorations dont un affichage digital pour des mesures ponctuelles en plus de la possibilité d'enregistrement en continu. Son prix est de 8700.— fr. environ.

Ce thermomètre IRT a servi entre autres à observer la période d'un geyser à Beppu (île de Kyushu) et un enregistrement précis durant la période d'éjection a montré l'activité détaillée et la « respiration » du geyser. On peut aussi mesurer la surface des étangs de boue en ébullition ou l'émission de chaleur d'une zone d'altération.

#### 6.1.2 Thermocamera à radiation infra-rouge

Canon CT-4B, construite par Canon, au Japon (Canon, Pub. CE 7004)

##### Caractéristiques :

poids :	tête de la caméra : 30 kg unité d'affichage : 25 kg
détecteur :	HgCdTe ou InSb
limite de détection :	-20 à 1850°C
sensibilité :	0,12°C à 30°C 2°C à 500°C
temps de l'image scanning :	1 sec. ou 5 sec.
angle de scanning :	30° horizontal 18° vertical
image affichée :	type TV
refroidissement et stabilisation :	azote liquide
câble de caméra :	5 m, peut être étendu à 50 m
prix :	environ 90 000.— fr.

Cette thermocaméra peut être utilisée depuis un hélicoptère pour une prospection régionale des températures du sol. Elle donne des images montrant la forme de l'arrangement des zones de chaleur dans la fourchette de température choisie.

## 6.2 Thermométrie dans les puits

Durant le forage d'un puits de production, il n'y a ordinairement que de courtes interruptions durant lesquelles des sondes peuvent être descendues pour connaître l'augmentation de la température en fonction de la profondeur atteinte.

Les mesures doivent être effectuées le plus rapidement possible ; de plus la température n'est pas en équilibre à

cause du fluide de forage et des perturbations apportées au milieu. La profondeur des puits géothermiques au Japon dépasse souvent 1000 m et la température varie entre 150° et 300°C. Pour toutes ces raisons, l'équipement de mesure des températures et autres logs de forage doit être résistant à la chaleur, étanche, sensible et fiable [32].

Un thermistor à résistance de platine a été choisi et élaboré en raison de sa stabilité de longue durée contrairement aux semi-conducteurs. Ce thermomètre a été testé au laboratoire à une température de 213°C et une pression de 90 bars sans montrer une défectuosité quelconque (tableau VII).

TABLEAU VII  
Principaux types de thermomètres géothermiques

Signal et principe de transmission	Thermomètre	Exemple	Caractéristiques
enregistrement sur l'appareil par expansion	liquide dans un tube	mercure, à maximum	bon marché et simple mais fragile stabilisation lente enregistrement et détection à distance impossibles câble bon marché résistant à la chaleur et étanche mesures continues impossibles enregistrement continu par mécanisme d'horlogerie
	bimétal	géothermographe	
	tube Bourdon	type Amerada	
transmission électrique	thermoélectrique	thermocouples	influence de la force électromotrice du champ terrestre  câble coûteux reproductibilité faible due à la détérioration du semi-conducteur
	résistance électrique	thermistor	

## 7. Géothermie et production d'électricité

### 7.1 Caractéristiques des quatre centrales productrices en 1976 [18, 30] (tableau VIII) (fig. 5)

TABLEAU VIII  
Données générales sur les centrales de Otake, Onuma, Matsukawa et Onikobe

	Otake	Onuma	Matsukawa	Onikobe
Géologie	volcanisme quaternaire	volcanisme Plio-quaternaire	caldera quaternaire	caldera Plio-quaternaire
Réservoir	tufs brêchiques	tufs verts et tufs soudés du Pliocène	tufs soudés et schistes du Miocène	tufs verts
Fluide	eau chaude et vapeur	eau chaude et vapeur	vapeur	vapeur
Température	123-202°C	127°C	165-205°C	147°C
Débit	316 t/h (eau + vapeur)	107 t/h (vapeur)	240 t/h (vapeur)	219 t/h (vapeur)
Nombre de puits de production	3	4	6	11
Profondeur des puits de production	350-600 m	850-1700 m	950-1200 m	300 m
Début de la production d'électricité	1967	1973	1966	1975
Capacité en 1976	10 MW	10 MW	22 MW	25 MW
Constructeurs des turbogénérateurs	Mitsubishi (turbine) Toshiba (générateur)	Mitsubishi	Toshiba	Kawasaki Heavy Industries
Société exploitante	Kyushu Electric Power Co.	Mitsubishi Metal Mining Co.	Japon Metals & Chemicals Co.	Tohoku Electric Power Co.

### 7.2 Développement des ressources géothermiques

A la recherche d'une source d'énergie propre, le Ministère du Commerce et de l'Industrie du Gouvernement Japonais a mis au point en 1973 un programme de développement des énergies nouvelles le projet « Sunshine », dont fait partie naturellement l'énergie géothermique

(budget de 13 millions de francs suisses pour 1976). Ce projet prévoit l'établissement d'une production d'électricité géothermique de 50 000 Mégawatts d'ici la fin du XX<sup>e</sup> siècle [21]. Des recherches, de la prospection et des forages d'exploitation sont effectués actuellement sur non moins d'une trentaine de zones géothermiques. La majeure partie

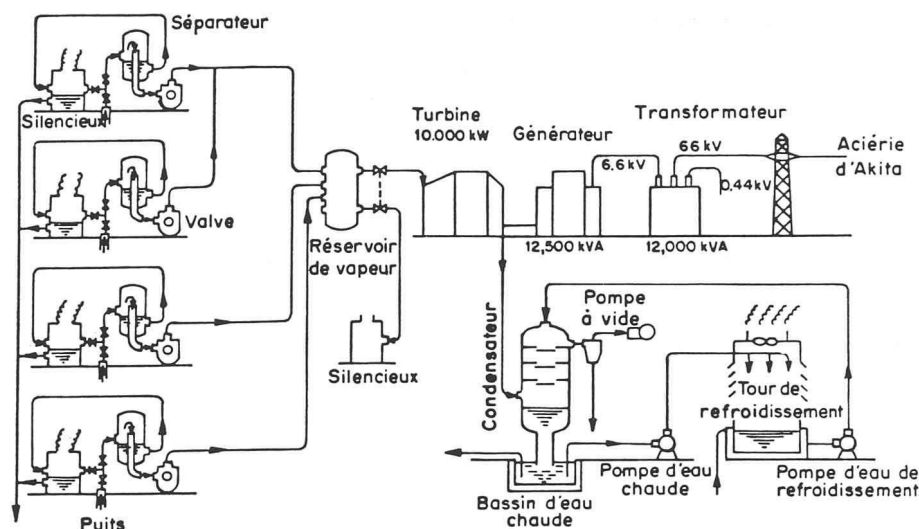


Fig. 5. — Diagramme schématique de la centrale géothermique de Onuma [18].

des zones géothermiques se trouvant dans des parcs nationaux et les lois sur l'environnement étant sévères, il y a une certaine opposition au développement de l'énergie géothermique, bien que l'eau thermique doive être obligatoirement réinjectée en profondeur après le passage dans les turbines.

#### 7.2.1 Projets de développement

(communication de Toshiba Co., Ltd)

D'ici 1980 quatre nouvelles centrales géothermiques doivent être achevées et il y a des plans d'extension pour celle de Matsukawa qui porterait sa puissance de 22 MW à 90 MW.

	Zone	Début de production	Capacité
Takinoue	(Honshu)	1978	50 MW
Nigorikawa	(Hokkaido)	1979	50 MW
Ogachi	(Honshu)	1980	50 MW
Oyasu	(Honshu)	1980	100 MW
Takenoyu	(Kyushu)	(en cours de forage)	50 MW
Satsunan	(Kyushu)	(en cours de forage)	50 MW

En 1976 la puissance installée dans les quatre centrales en fonction était de 67 MW. Au mois de juin 1977 une cinquième centrale, celle de Hatchobaru, a débuté sa production d'électricité avec une puissance de 23 MW, laquelle sera ensuite portée à 50 MW comme prévu. En 1980 la puissance totale installée dans neuf centrales atteindra environ 350 MW.

#### 7.3 Prix de construction (en 1975) d'une centrale géothermique de 50 MW [20]

TABEAU IX

Composantes principales du coût de construction

Activité	Durée ans	Millions F.S.	Millions yens
Investigations fondamentales	1,5	1,9	220
Prospections détaillées	1	1,6	180
Forage de puits de prospection (5 à 7)	1	2,1	240
Puits d'injection (5 à 6)	1	2,6	300
Puits de production (12 à 14)	1,5	19,0	2200
Équipement de production d'électricité	2	56,0	6500
Total	8	83,2	9640

(1 Fr. s. = 116 yens)

Ces chiffres basés sur les expériences passées et en cours au Japon et les conditions rencontrées (topographie, climat, voies d'accès, profondeur de la zone de production) peuvent évidemment varier d'un projet à l'autre.

#### 7.4 Production et prix du courant électrique au Japon

TABEAU X

Production d'électricité en 1975 [25]

Type d'énergie	Puissance installée MW	%
hydroélectrique	24 853	22,13
nucléaire	6 615	5,89
géothermique	54 (67 *)	0,05 (0,06 *)
thermique et autres	80 763	71,92
total	112 285	100,00

\* Chiffre indiqué par la Kyushu Electric Power Co.

TABEAU XI

Prix de revient de l'électricité (Kyushu Electric Power Co., 1976, communication personnelle)

Type d'énergie	Prix (cts/kWh)
thermique	6,9-9,5
nucléaire	4,3-7,8
géothermique	3,3 à Matsukawa
»	4,4 à Otake
»	6,2 à Hatchobaru (prévu)

Prix de revient et prix de vente du courant électrique (Japan Metals and Chemicals Co., 1976, communication personnelle)

Centrale géothermique de Matsukawa

prix de revient : 3,3 cts/kWh

prix de vente : pour l'industrie 8,6 cts/kWh

pour les particuliers 142 cts/kWh

(1 ct = 0,10 Fr. s.)

#### 7.5 Industries japonaises et installations géothermiques dans le monde

L'industrie électrique japonaise est très active dans le domaine de l'énergie géothermique : non seulement toutes les centrales géothermiques japonaises ont été construites par les industries nationales, mais celles-ci exportent des



turbogénérateurs et des équipements de centrales sur tous les champs géothermiques du monde. Au niveau de la prospection, dans de nombreux pays, la participation japonaise va en s'accroissant.

TABLEAU XII

Exportation des équipements géothermiques de Toshiba (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd) [30]

Pays	Nb. de turbines	Puissance de sortie (MW)
Nouvelle-Zélande	27	356
Italie	16	196
USA	10	410
URSS	4	30
Mexique	3	77
total	60	1069

TABLEAU XIII

Exportation des équipements géothermiques de Mitsubishi Heavy Industries, Ltd [18]

Pays	Nb. de turbines	Puissance de sortie (MW)
Islande	2	60
Philippines	2	110
El Salvador	2	60
total	6	230

## 8. Conclusions

L'histoire de la géothermie du Japon a commencé il y a quelque 60 ans, mais ce n'est que ces dernières années, à la suite de la crise mondiale de l'énergie, que des plans de développement ambitieux ont été élaborés et que des travaux de prospection sont menés à grande échelle. Conjointement, le gouvernement, les compagnies d'électricité, les industries, les Universités et le Service Géologique travaillent dans une trentaine de régions du territoire national [9]. La raison principale de l'intérêt accru porté à la géothermie est due en large mesure au manque de ressources énergétiques conventionnelles dans le pays, si l'on fait exception du potentiel hydro-électrique inexploité qui est estimé à 25 000 MW.

L'intensification des efforts dans le développement de l'énergie géothermique au Japon ne manquera pas de porter ses fruits sous forme d'une augmentation significative de la production nationale d'électricité à partir de cette source d'énergie et ceci à des prix concurrentiels avec ceux obtenus à partir d'autres sources énergétiques.

Parmi les facteurs positifs qui permettent cette prédiction à moyen et à long terme, il convient de mentionner une situation géologique particulièrement favorable due à un volcanisme omniprésent, provoquant de grandes anomalies thermiques positives. De plus un « know how » scientifique et technique très développé ainsi qu'un dynamisme remarquable dans les milieux gouvernementaux et industriels ont un effet très bénéfique sur le développement de la géothermie. Au niveau international les méthodes japonaises de prospection, de construction de centrales et de production d'électricité utilisant l'énergie géothermique auront certainement une importance croissante dans les années à venir.

## 9. Remerciements

Les connaissances nécessaires à la rédaction de cet article ont été acquises lors d'un cours de dix semaines à l'Université de Fukuoka, Japon (7th International Group Training Course on Geothermal Energy, 1976). La participation à ce cours a été rendue possible grâce à la bourse Marc Birkigt de l'Université de Genève et à un subside alloué par l'Office fédéral de l'économie énergétique de Berne. Des remerciements vont à ces deux institutions ainsi qu'aux organisateurs et enseignants du cours de l'Université de Fukuoka.

Des remerciements sont également adressés au Professeur F. C. Jaffé, Directeur du Département de Minéralogie de l'Université de Genève, avec qui des échanges nombreux et fructueux ont eu lieu pendant la rédaction de cet article.

## BIBLIOGRAPHIE

- 2nd UNSGR : *Proceedings 2nd United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources*. San Francisco, USA, 1975, 3 volumes ; en vente chez : Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 20402 USA.
- 7th IGTCGE : *Text Book for the Seventh International Group Training Course on Geothermal Energy*, 1976, Kyushu University, Fukuoka, Japan.
- [1] CANON : Thermocamera for industrial use, Canon CT-4B, Pub. CE 7004.
- [2] FOURNIER, R. O., TRUESDELL, A. H., 1973 : *An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters*. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 37, n° 5, p. 1255-1275. Pergamon Press, England.
- [3] Geological Survey of Japan, 1968 : *Volcanoes of Japan* (map, scale 1 : 2 000 000). First printing. Geol. Surv. Japan, Tokyo.
- [4] Geological Survey of Japan, 1971 : *Geological map of Japan* (scale 1 : 2 000 000). Fourth edition. Geol. Surv. Japan, Tokyo.
- [5] Geological Survey of Japan, 1975 : *An outline of the geology of Japan*. Kominyama Printing Co., Tokyo, 61 p.
- [6] HAYASHI, M., 1973 : *Hydrothermal Alteration in the Otake Geothermal Area, Kyushu*. Journal of the Japan Geothermal Energy Association, vol. 10, n° 3 (ser. n° 38), p. 9-45.
- [7] HAYASHIDA, T., EZIMA, Y., 1970 : *Development of Otake Geothermal Field. Proceedings of the 1st United Nations Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources*, Pisa, Italy, p. 208-220.
- [8] JAFFE, F., 1971 : *Geothermal energy, a review*. Bull. Assoc. suisse Géol. Ing. Pétrole, vol. 38, n° 73, p. 17-40.
- [9] Japan Geothermal Energy Association, 1974 : *Annual Information on Development and Utilization for Geothermal Energy in Japan*, 1973. Geothermics, vol. 3, n° 3, International Institute for Geothermal Research, Pisa, Italy, p. 122-124.
- [10] KOGA, A., NODA, T., 1975 : *Geochemical Prospecting in Vapor-Dominated Fields for Geothermal Exploration*, 2nd UNSGR, p. 761-766.
- [11] KOGA, A., 1976 : *Hydrothermal Geochemistry*. 7th IGTCGE.
- [12] KOMAGATA, S., et al., 1970 : *The Status of Geothermal Utilization in Japan. Proceedings of the 1st United Nations Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources*, Pisa, Italy, p. 185-196.
- [13] KRUGER, P., OTTE, C., eds., 1973 : *Geothermal Energy. Resources, Production, Stimulation*. Stanford University Press, Stanford, USA, 360 p.
- [14] MASUKAWA, T., 1976 : *On the Development of Otake Geothermal Field*. 7th IGTCGE.
- [15] MATSUMOTO, T., 1976 : *Structural Geology*. 7th IGTCGE.
- [16] MATSUO, K., 1973 : *Drilling for Geothermal Steam and Hot Water*. Unesco, Geothermal Energy (Earth Sciences, 12), p. 73-83.
- [17] MINOHARA, Y., SEKIOKA, M., 1975 : *Geothermal Utilization in the Atagawa Tropical Garden and Alligator Farm : An Example of Successful Geothermal Utilization*. 2nd UNSGR, p. 2237-2240.

- [18] MITSUBISHI, 1976 : *List of Geothermal Power Plant*. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
- [19] MIZUTANI, Y., RAFTER, T. A., 1969 : *Oxygen isotopic composition of sulphates — Part 3. Oxygen isotopic fractionation in the bisulphate ion-water system*. New Zealand Jour. Sci., vol. 12, p. 54-59.
- [20] MORI, Y., 1975 : *Geothermal Resource Development Program in North-eastern Japan and Hokkaido*. 2nd UNSGR, p. 183-188.
- [21] MUFFLER, L. J., 1975 : *Present Status of Resources Development : Summary of Section I*, 2nd UNSGR, p. XXXIII-XLIV.
- [22] NAKAMURA, H. et al., 1970 : *The Geological Environment of Matsukawa Geothermal Area, Japan. Proceedings of the 1st United Nations Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources*, Pisa, Italy, p. 221-231.
- [23] NAKAMURA, H., 1975 : *Some Considerations on an Exploration Program in Geothermal Areas*. 2nd UNSGR, p. 509-514.
- [24] NAKAMURA, H., 1976 : *Geothermal Geology II*. 7th IGTCGE.
- [25] Nations Unies, 1976 : *Annuaire statistique des Nations Unies*. Service des publications, Nations Unies, New York (N.Y.), 10017.
- [26] NOGUCHI, T., 1975 : *Exploration of Geothermal Energy*. Report n° 9, Toshiro Technical High School, Japan.
- [27] ONODERA, S., 1974 : *An Estimation of Potentials for the Hatchobaru Geothermal Area, Northern Kyushu, Japan. Proceedings of the Conference on the Utilization of Volcano Energy*, Hawaii, USA, p. 75-105.
- [28] ONODERA, S., 1976 : *Geophysical Exploration for Geothermal Field*. 7th IGTCGE.
- [29] SATO, K., IDE, T., 1975 : *On Structural Characters and Simulations of Rock Fracturing of Geothermal Areas in North-eastern Japan*. 2nd UNSGR, p. 575-581.
- [30] TOSHIBA, 1974 : *Geothermal Power Plant*. Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd, Tokyo.
- [31] URABE, S., 1976 : *Geothermal Drilling*. 7th IGTCGE.
- [32] USHIMA, K., et al., 1975 : *A Thermometer for Geothermal Thermometry in Geothermal Wells*. 2nd UNSGR, p. 1829-1834.
- [33] WHITE, D. E., et al., 1971 : *Vapor-dominated hydrothermal systems compared with hot-water systems*. Econ. Geol., vol. 66, n° 1, p. 75-97.
- [34] YAMADA, E., 1975 : *Geological Development of the Onikobe Caldera and its Hydrothermal System*. 2nd UNSGR, p. 665-672.
- [35] YAMASAKI, T., et al., 1970 : *The Geology and Hydrothermal Alterations of Otake Geothermal Area, Kujyu Volcano Group, Kyushu, Japan. Proceedings of the 1st United Nations Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources*, Pisa, Italy, p. 197-207.
- [36] YAMASAKI, T., HAYASHI, M., 1975 : *Geologic Background of Otake and Other Geothermal Areas in North-central Kyushu, South-western Japan*. 2nd UNSGR, p. 673-684.
- [37] YUHARA, K., et al., 1975 : *Observation of Geothermal Manifestations with Infrared Radiation Thermometer and Thermocamera*. 2nd UNSGR, p. 1273-1298.

Publications reçues après la rédaction de l'article :

Sunshine Project Promotion Headquarters, et al., 1978 : *Utilization of Geothermal Energy in Japan, 1977*. Bull. of the Geothermal Resources Council, vol. 7, n° 2, p. 5-11. Davis, California, USA.

Japan Geothermal Energy Association, 1978 : *Annual Information on Development and Utilization of Geothermal Energy in Japan, 1977*. 11 p. Jap. Geoth. Ener. Ass., Tokyo, Japan.

Adresse de l'auteur :

François-David Vuataz  
Hydrogéologue diplômé  
Département de Minéralogie de l'Université  
13, rue des Maraichers, 1211 Genève 4, Suisse

## Carnet des concours

### Bâtiment scolaire et locaux de protection civile

#### Ouverture

La Municipalité d'Epalinges ouvre un concours de projets pour la construction d'un bâtiment scolaire et de locaux pour la protection civile, au lieu dit « La Croix-Blanche ». Le règlement et le programme ont été approuvés par la SIA.

Prix : Une somme de 25 000 francs est mise à disposition du jury pour être répartie entre les auteurs des cinq ou six projets qui recevront un prix. Une somme de 10 000 francs est réservée pour d'éventuels achats.

Conditions de participation : Le concours est ouvert aux personnes dont le Conseil d'Etat vaudois a reconnu la qualité d'architecte, domiciliés ou établis (domicile fiscal) sur le territoire de la commune d'Epalinges depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1978 au plus tard.

Le règlement et le programme peuvent être consultés ou demandés, dès le 13 novembre 1978, au Greffe municipal, Maison de commune, Epalinges, tél. 32 43 73.

Délai d'inscription : Jusqu'au 15 décembre 1978, à 17 h., à la même adresse. Dépôt : Fr. 200.—, remboursé aux concurrents qui auront rendu un projet admis au jugement.

Délai pour les questions : 8 décembre 1978.

Délai pour la remise des projets : 2 février 1979.

### Prix Rolex à l'esprit d'entreprise

Le lancement des Prix Rolex à l'Esprit d'Entreprise 1976-1978 a incité plus de trois mille personnes résidant dans 88 pays à renvoyer leur formule de candidature, dûment remplie, avec leur projet.

Cinq lauréats furent désignés par un jury composé d'experts d'autorité internationale dans divers domaines. La qualité remarquable d'un grand nombre de projets incita en outre Montres Rolex SA à décerner des « mentions d'honneur » à 26 candidats.

Voici les cinq lauréats dont les projets ont été primés et qui ont reçu chacun un chèque de Fr. s. 50 000.— et un chronomètre Rolex spécialement gravé :

*Francine Patterson*, Université de Stanford (Calif.), pour avoir enseigné à une jeune femelle gorille de 5 ans un langage par signes. Le prix servira à payer un enseignement correspondant à un jeune gorille avec l'espoir que ces recherches nous en apprendront davantage, non seulement sur la capacité des grands singes à acquérir un langage, mais aussi sur le langage humain et l'héritage biologique de l'humanité.

*Kenneth Martin* et M<sup>me</sup>, Université de Californie à Berkeley, pour leur projet d'étude du biotope et des besoins du loup d'Abyssinie à des fins de protection de cette espèce en voie de disparition.

*Bill Lasley*, San Diego, Centre de recherche animale, a découvert une méthode permettant d'établir le sexe des oiseaux par analyse des fientes. But : apparier les oiseaux menacés d'extinction pour promouvoir leur reproduction en captivité.

*Georges Delamare*, 24 ans, a inventé une méthode alliant la chirurgie et la technique des électrodes pour développer la stimulation artificielle des muscles paralysés par lésion médullaire.

*Luc Debecker*, spéléologue amateur, a commencé à dresser un inventaire détaillé des peintures rupestres en Europe.