

B.U.S. GRENOBLE



D

052 295507 0

EDITIONS

LE MONITEUR

SÉRIE | ENVIRONNEMENT ET SÉCURITÉ

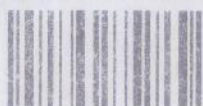
Jean Lemale

LA GÉOTHERMIE

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



064610

DUNOD

F24500

u

620
.91
LEM

Jean Lemale

GL 168

LA GÉOTHERMIE

064610



Préface de Jean-Louis Bal



064610



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

EDITIONS
LE MONITEUR

DUNOD

330643

TABLE DES MATIÈRES

A

Les filières géothermiques

1 • Aspects généraux et filières traditionnelles	3
1.1 Place de la géothermie	4
1.2 La Terre source de chaleur	8
1.3 Caractéristiques d'une ressource géothermale	21
1.4 Les différents types de gisements géothermaux	33
1.5 Historique et bilan des réalisations	37
2 • Évaluation et exploitation des ressources	47
2.1 Déroulement d'une opération de géothermie	47
2.2 Mise en œuvre des ressources géothermales	52
2.3 Exploitation de la ressource	68
2.4 Utilisation des ressources géothermales	85

B

L'expérience française

3 • Ressources en France	105
3.1 Localisation des ressources « basse énergie »	107
3.2 Le Bassin Parisien	108
3.3 Le Bassin Aquitain	113
3.4 Autres bassins	114
4 • Fonctionnement du réseau de chaleur géothermique	117
4.1 Puissance disponible	117
4.2 Adéquation ressource besoins	119
4.3 Organisation de la distribution de chaleur	123

5 • Exemples de réseaux géothermiques	133
5.1 Centrale géothermique en Aquitaine	133
5.2 Réseau de Chevilly Larue – L'Hay les Roses	134
5.3 Economie d'une opération de géothermie (cas Dogger Bassin de Paris)	136
5.4 Bilan des opérations en fonctionnement en Ile de France (2003)	142
6 • Organisation de la géothermie	147
6.1 Les acteurs de la géothermie	147
6.2 Mesures réglementaires	156
6.3 Mesures incitatives	162
C	
Les pompes à chaleur géothermiques	
7 • Principes généraux relatifs aux pompes à chaleur	175
7.1 Principes thermodynamiques	175
7.2 Éléments constitutifs d'un système thermodynamique	177
7.3 Différents types de pompes à chaleur	179
7.4 Nature des installations terminales (milieu à chauffer ou climatiser)	186
7.5 Mise en œuvre, différents montages	188
7.6 Bilan environnemental	196
8 • Les pompes à chaleur sur aquifères	201
8.1 Caractéristiques des aquifères (nappes d'eau souterraines)	202
8.2 Localisation des nappes souterraines en France	204
8.3 Accès à la ressource d'une solution PAC sur aquifère	207
8.4 Conditions d'exploitation	210
8.5 Configuration générale des ouvrages	215
8.6 Adéquation ressource géothermale/ besoins thermiques et frigorifiques (dimensionnement)	216
8.7 Exploitation maintenance	219
8.8 Aspects réglementaires et incitatifs	220
8.9 Impact sur les eaux souterraines et superficielles	222
8.10 Aspects économiques	223
8.11 Domaines d'application appropriés	228
8.12 Conclusions – recommandations	233

9 • PAC sur le sous-sol	235
9.1 Paramètres caractéristiques du sous-sol (faible profondeur)	235
9.2 Capteurs horizontaux	238
9.3 Capteurs verticaux ou sondes géothermiques	246
9.4 Les champs de sondes géothermiques	252
9.5 Autres types de capteurs géothermiques	256
9.6 Fondations géothermiques ou thermoactives	257
10 • Puits Canadien	263
10.1 Principe général	263
10.2 Mise en œuvre	265
10.3 Dimensionnement	267

D

Annexes

A • Géothermie des roches fracturées	271
Principe	271
Déroulement du projet de pilote expérimental de Soultz-sous-Forêts	271
L'avenir de la géothermie profonde en France et dans le Monde	276
B • Campagne de mesure sur pavillon équipé d'une sonde	279
C • Liste des opérations en France	283
D • Unités énergie - équivalences	289
Glossaire	291
Bibliographie	303
Index	305

TECHNIQUE ET INGÉNIERIE

Série *Environnement et sécurité*



Jean Lemale

préface de Jean-Louis Bal

LA GÉOTHERMIE

La géothermie, classée dans les énergies nouvelles et renouvelables (ENR), est caractérisée par une grande diversité de techniques et d'applications.

L'ouvrage aborde à la fois les aspects relevant de l'accès aux **ressources géothermiques du sous-sol** et à leurs **valorisations énergétiques**. Après une présentation des grands principes relevant de la géologie, de l'hydrogéologie et de l'exploitation thermique de cette ressource, l'ouvrage présente de manière détaillée les différentes filières, en particulier :

- les réseaux de chaleur géothermiques ;
- les pompes à chaleur géothermiques sur aquifères ou sur champs de sondes ;
- les applications dans les secteurs de l'agriculture, pisciculture, thermalisme... ;
- la production d'électricité.

Véritable ouvrage de référence traitant de manière exhaustive de la géothermie, il s'adresse aux techniciens, ingénieurs, étudiants des filières « énergie et environnement », ainsi qu'aux décideurs publics et privés soucieux de mettre en œuvre une politique de développement durable.

JEAN LEMALE

Est Ingénieur de l'École nationale supérieure des Arts et Métiers (ENSAM) et ancien expert à l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'énergie (ADEME).



www.ademe.fr



9 782100 528790

6678486

ISBN 978-2-10-052879-0



Code Ademe : 6631