

# THERMIQUE DES NAPPES SOUTERRAINES

André Burger, Edouard Recordon,  
Daniel Bovet, Louis Cotton,  
Bernard Saugy



23819/1

PRESSES POLYTECHNIQUES ROMANDES

# THERMIQUE DES NAPPES SOUTERRAINES

GL 95

André Burger,  
Edouard Recordon,  
Daniel Bovet,  
Louis Cotton,  
Bernard Saugy

238 19  $\frac{1}{2}$



23819/1



PRESSES POLYTECHNIQUES ROMANDES

# Table des matières

PRÉFACE .....	v
AVANT-PROPOS .....	vii
TABLE DES MATIÈRES .....	ix
1. INTRODUCTION .....	1
1.1 Objectifs des recherches .....	2
1.2 Moyens mis en œuvre .....	3
1.3 Phénomènes principaux .....	4
1.4 Utilisation de la chaleur des nappes d'eau souterraine .....	6
1.5 Rappel de quelques propriétés des nappes d'eau souterraine .....	7
2. CONDITIONS THERMIQUES DU MILIEU NATUREL .....	13
2.1 Rôle de la connaissance du milieu naturel .....	13
2.2 Température des eaux naturelles .....	13
2.3 Température de l'air .....	15
2.4 Température des eaux de surface .....	15
2.5 Température des eaux souterraines .....	17
2.6 Détermination des paramètres thermiques in situ .....	31
3. THÉORIE DE LA PROPAGATION CONVECTIVE DE LA CHALEUR ..	37
3.1 Équations différentielles du problème hydraulique et du problème thermique ..	37
3.2 Conditions aux limites du problème hydraulique et du problème thermique ..	50
3.3 Quelques solutions analytiques .....	56
4. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU MILIEU POREUX .....	83
4.1 Introduction .....	83
4.2 Rappel des équations de base .....	83
4.3 Porosité et vitesse de l'eau .....	90
4.4 Conductivité hydraulique ou perméabilité .....	96
4.5 Capacité hydraulique .....	109
4.6 Conductivité et capacité thermiques .....	115
4.7 Principales valeurs numériques .....	134

5. MODÈLES NUMÉRIQUES .....	143
5.1 Trois objectifs particuliers de la modélisation .....	144
5.2 Moyens à disposition .....	145
5.3 Diffusion en régime permanent .....	146
5.4 Diffusion en régimes transitoires .....	165
5.5 Interactions entre champs et convection .....	167
5.6 Aspects de la zone non saturée .....	188
5.7 Possibilités et limites de validité des programmes développés .....	192
6. APPLICATIONS .....	197
6.1 Simulation hydraulique de nappes phréatiques (Nappe de l'Arve, Genève) .....	198
6.2 Diffusion chimique en milieu fissuré (Bassin de la source de l'Areuse, Neuchâtel) .....	204
6.3 Comportement thermique et hydraulique d'une nappe exploitée pour l'alimentation en eau potable (Nappe du Hard, Bâle) .....	212
6.4 Contrôle de perturbations thermiques (Raffinerie de Cressier, Neuchâtel) .....	217
6.5 Essais d'injection et constitution d'un doublet (Installation de Colombier, Neuchâtel) .....	221
6.6 Simulation d'un dispositif de stockage saisonnier (SPEOS, Stockage pilote d'énergie par ouvrage souterrain, Lausanne) .....	225
6.7 Remarques finales .....	232
ANNEXES .....	237
LISTE DES RAPPORTS .....	239
LISTE DES COLLABORATEURS .....	243
BIOGRAPHIES DES AUTEURS .....	245
INDEX ANALYTIQUE .....	247
SYMBOLES ET UNITÉS .....	253

# THERMIQUE DES NAPPES SOUTERRAINES

André Burger, Edouard Recordon,  
Daniel Bovet, Louis Cotton,  
Bernard Saugy

Cet ouvrage s'adresse à tous ceux qui s'occupent d'énergie douce ainsi qu'aux administrations chargées de la police des eaux; il répond aux besoins d'un public d'ingénieurs et constitue aussi un livre de base et de référence pour les étudiants avancés et les chercheurs.

Les auteurs se sont proposé de situer la question dans le cadre de l'hydrogéologie; d'énoncer les problèmes mathématiques de manière à les bien poser, et de donner quelques solutions analytiques d'importance exemplaire; de décrire les méthodes de détermination des paramètres physiques en laboratoire; d'appliquer la méthode des éléments finis à l'analyse de divers cas qui se sont présentés dans la réalité.

PRESSES POLYTECHNIQUES ROMANDES