

# BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

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



n° 10149

Etude de stockage d'eau chaude  
dans un aquifère

Exemple de la nappe alluviale de la Moselle

Rapport de stage

D. CANQUE



**Service géologique régional LORRAINE**

Rue du Parc de Brabois - 54500 Vandœuvre-lès-Nancy

Tél. : (83) 51.43.51

# S O M M A I R E

Pages

## INTRODUCTION

### 1ère partie : BASES THEORIQUES

1 - Hydrodynamique des milieux poreux.....	2
1.1. Régimes d'écoulements.....	2
1.2. Loi de Darcy...:.....	2
1.3. Généralisation de la loi de Darcy.....	3
1.4. Equations aux dérivées partielles.....	4
2 - Transferts thermiques.....	6
2.1. A l'échelle microscopique.....	6
2.2.1. Conduction thermique	
2.2.2. Convection	
2.2.3. Rayonnement	
2.1.4. Echanges entre phases solide et fluide	
2.1.5. Effet Dufour	
2.1.6. Effet capacitif	
2.2. A l'échelle du réservoir.....	8
2.2.1. Conduction thermique et capacité calorifique	
2.2.2. Echanges thermiques liquide - solide	
2.2.3. Dispersion thermique	
3 - Equations générales.....	10
4 - Simplification des équations.....	11
5 - Résolution des équations.....	12
5.1. Calcul hydraulique.....	12
5.2. Calcul thermique.....	14
5.2.1. Echanges thermiques verticaux : calories entrant par le haut	
5.2.2. Echanges thermiques verticaux : calories entrant par le bas	
5.2.3. Echanges thermiques horizontaux : échanges avec l'Ouest	
5.2.4. Echanges thermiques horizontaux : échanges avec l'Est	
5.2.5. Echanges thermiques horizontaux : échanges avec le Sud	
5.2.6. Echanges thermiques horizontaux : échanges avec le Nord	
5.2.7. Bilan thermique d'une maille de l'aquifère	

2ème partie : APPLICATIONS A LA NAPPE DE METZ - SAINT-ELOI

1 - Présentation du modèle informatique.....	18
1.1. Conditions d'application du modèle.....	18
1.1.1. Discrétisation	
1.1.2. Maillage	
1.1.3. Ecoulement de la nappe	
1.1.4. Hypothèse sur les transferts thermiques	
1.2. Structure informatique.....	19
2 - Présentation du secteur d'étude.....	20
2.1. Aperçu hydrogéologique.....	20
2.2. Exploitation de la nappe.....	20
3 - Collecte des données.....	21
3.1. Caractéristiques hydrodynamiques.....	21
3.1.1. Conditions aux limites	
3.1.2. Epaisseur de l'aquifère et transmissivité	
3.1.3. Pluie efficace	
3.2. Caractéristiques thermiques.....	22
3.2.1. Epente supérieure	
3.2.2. Aquifère	
4 - Simulation de différentes hypothèses.....	22
5 - Analyse des résultats.....	23
6 - Conclusions, critiques.....	24

BIBLIOGRAPHIE

Depuis que l'homme a découvert la géothermie, il s'est aperçu que les nappes souterraines constituaient une ressource exceptionnelle. Outre les nappes profondes et à haute température, utilisées pour la géothermie haute enthalpie (elles sont rares), les nappes superficielles permettent tout de même le fonctionnement de pompes à chaleur, le stockage de calories ou de frigories pendant les périodes d'abondance... Leur utilisation a augmenté dans des proportions considérables ces dernières années. L'exploitation consiste la plupart du temps en un doublet hydrothermique comportant un puits de pompage et un puits d'injection où l'on réinjecte l'eau pompée après l'avoir soit réchauffée, soit refroidie. Si les doublets présentent l'avantage de maintenir une pression constante dans l'aquifère, ils provoquent, malheureusement, le développement d'un panache thermique qui croît avec le temps et peut donc contaminer les autres puits. L'implantation souvent anarchique de puits pose de graves problèmes de pollution thermique des doublets déjà existants. Il est donc nécessaire de contrôler soigneusement ces implantations afin d'optimiser la disposition des puits. Cette optimisation est essentielle pour augmenter la durée de vie des doublets et assurer leur amortissement.

Notre étude, consacrée aux aquifères superficiels, va dans ce sens.

Après une première partie qui développe la théorie des transferts thermiques dans le sous-sol et leur modélisation informatique, nous nous consacrerons à l'étude pratique d'une partie de la nappe alluviale de la Mosellé.

## 6 - CONCLUSIONS - CRITIQUES

Nous constatons que, si l'on accepte une élévation de température maximum de 0,5 degrés le long de la ligne de puits, seuls les cas de forte injection et de faible pompage avec une température de 30 à 40°C sont à rejeter.

Cependant, il est nécessaire de faire la remarque suivante. L'étude a été menée en considérant des débits moyens permanents. En fait, l'injection ou le pompage d'eau ont lieu de façon intermittente, pendant les heures de fonctionnement du centre uniquement. Les débits injectés sont donc plus faibles ainsi que l'étendue du panache thermique. En fonctionnement réel, celui-ci ne devrait pas contaminer la ligne de puits de plus de 0,5 degrés.