

## **TABLE DES MATIERES**

|  |     |
|--|-----|
| Remerciements.....   | I   |
| Table des matières.....  | II  |
| Nomenclature.....  | V   |
| Liste des figures.....   | VII |
| Introduction générale . . . . .  | 1   |
| Chapitre I : Analyse bibliographique.....  | 3   |
| I- Analyse des travaux effectués.....  | 3   |
| I-1 Bilans énergétique et environnementaux de bâtiments à énergie positive .....   | 3   |
| I-2 Modélisation thermique d'un échangeur air-sol pour le rafraîchissement de bâtiments.....   | 6   |
| I-3 Eléments de dimensionnement d'un échangeur air/sol, dit « puits canadien» .....  | 10  |
| I-4 Performances d'un échangeur thermique de type air-sol .....  | 12  |
| I-5 Utilisation des échangeurs air/sol pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments: Mesures in situ, modélisation analytique, simulation numérique et analyse systémique..... | 14  |
| I-3 : Synthèse globale des travaux remontés dans la littérature.....   | 16  |
| Chapitre II : Généralités sur le transfert de chaleur.....   | 20  |
| II-1 Transfert par convection.....   | 20  |
| II-2 Transport de chaleur par conduction.....  | 23  |
| II-3 Equation générale du transport de chaleur par conduction.....   | 24  |
| II-4 La diffusion thermique .....  | 24  |

|   |    |
|---|----|
| Chapitre III : différentes technique de la géothermie... ..                             | 25 |
| III-1 Généralités... ..   | 25 |
| III-1-1 Définition la Géothermie... ..  | 25 |
| III-1-2 Différents types de gisements géothermiques... ..                               | 25 |
| III-2 L'échangeur thermique air/sol (puits canadien)... ..                              | 26 |
| III-2-1 Définition... ..  | 26 |
| III-2-2 Principe de fonctionnement du puits canadien... ..                              | 26 |
| III-2-3 Les 4 principaux éléments d'un puits canadien/provençal... ..                   | 27 |
| 1) L'entrée d'air neuf... ..  | 27 |
| 2) Les conduits... ..   | 28 |
| 3) Le système d'évacuation des condensats... ..   | 30 |
| 4) Le système de régulation et le ventilateur... ..                                     | 32 |
| III-2-4 Le couplage du puits canadien à une VMC... ..                                   | 32 |
| ➤ En simple flux... ..  | 32 |
| ➤ En double flux... ..  | 32 |
| III-2-5Le ventilateur mécanique contrôlé (VMC)... ..                                    | 32 |
| III-2-5-1 Les différentes types de ventilateur mécanique contrôlé (VMC)...              | 32 |
| 1- Le ventilateur mécanique contrôlée (VMC) simple flux... ..                           | 32 |
| 2- Le ventilateur mécanique contrôlée (VMC) double flux avec<br>récupérateur... ..      | 33 |
| III-2-5-2 les éléments d'un système ventilateur récupérateurs de chaleur<br>(VRC)... .. | 34 |
| III-2-5-3 Exemple de VRC à conduits directs... ..                                       | 35 |
| III-2-6 Les différents types d'installation des puits canadien... ..                    | 35 |
| 1-Type H – horizontal... ..   | 35 |
| A-Type H - raccordement par pénétration par le mur ... ..                               | 35 |
| B-Type H - raccordement par pénétration par la dalle de fondation ..                    | 36 |
| 2-Type V – vertical... ..   | 37 |

|   |    |
|---|----|
| III-3 Les avantages et les avantages de la géothermie pour la production de chaleur.....  | 37 |
| Chapitre IV-Problématique et modélisation de la température à la sortie de l'échangeur air/sol.....                                 | 39 |
| IV- Modélisation la température du sol et de l'air à la sortie de l'échangeur air/sol:.....   | 39 |
| IV-1 Modélisation la température du sol (transfert de chaleur par conduction).....  | 39 |
| IV-2 Modélisation de la température de l'air à la sortie du tube enterré verticalement (Transfert de chaleur par convection). ....  | 44 |
| IV-3 Modélisation de la température de l'air à la sortie du tube enterré horizontalement (Transfert de chaleur par convection) .... | 46 |
| Chapitre V - Résolution numérique du problème et les résultats obtenus.....   | 51 |
| V-1 La méthode numérique de résolution et de discrétisation d'équation de convection .....  | 51 |
| V-1-1 Planning de résolution d'un problème.....   | 51 |
| V-1-2 La résolution numérique de l'équation de convection.....  | 51 |
| V-2 Résultats et explications.....  | 53 |
| VI-2-1- Variation de la température ambiante.....   | 54 |
| VI-2-2- Variation de la température du sol .....  | 55 |
| VI-2-3 Variation de la température de l'air dans l'échangeur .....  | 56 |
| ❖ Tronçon vertical.....   | 56 |
| ❖ Tronçon horizontal.....   | 59 |
| Conclusion générale.....  | 66 |
| Bibliographie .....   | 68 |
| Résumé  |    |