



UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES ENERGIE RENOOUVELABLE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Energies renouvelables

Option : Habitat bioclimatique

Thème

*Intégration du plancher chauffant par pompe à chaleur
géothermique dans une habitat de R+1*

Présenté par:

BOUAMRA
abderrahmane

Soutenu le : 15 Octobre 2016

Devant les jurys:

Pr. M. HAMIDPromoteur

Mr. K. KACICo.Promoteur

Dr. D. SEMMARPrésident

Mr. H. ABDIExamineur

2015/2016

Dédicaces

Je dédie ce travail.

*À la femme qui a consacré sa vie pour que
la mienne soit meilleur, par l'aide et
Le soutien qu'elle m'a réservé, pour que je
puisse continuer mes études, Ma très*

Chère mère.

*À mon père qui m'a apporté toutes l'aide
dont j'avais besoin.*

À mes frères et à ma sœur.

À toute ma famille.

À tous mes amis sans exception.

*Et à toute la promotion de l'énergie
renouvelable 2015-2016.*

Mr. BOUAMRA Abderrahmane



Remerciements

On tiens à remercier " ALLAH " de nous avoir donné la force et patience de terminer ce travail.

On remercie vivement notre Promoteur, "Monsieur HAMID", pour ses précieux conseils, son suivi, sa disponibilité et son aide dans ce mémoire.

On ne saurai oublier de remercier toute personne qui, d'une manière ou d'une autre, nous a aidé dans l'élaboration de ce travail.

Sans oubliée nos amis de loin ou de proche, est mes collègue ZOUAKOU SOUHIL , LAFER, BOUGUERRA SARA, HAITOUSI, HAMDI KHADIDJA.....etc.

Et n'oublions pas à remercier nos familles pour leurs encouragements et leurs patiences.est spécialement ma mère

Sommaire

Introduction generale.....	Erreur ! Signet non défini.
I- INTRODUCTION :	Erreur ! Signet non défini.
I.1-LA GEOTHERMIE	Erreur ! Signet non défini.
I.1.1- STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE:	Erreur ! Signet non défini.
I.1.2- ORIGINE DE LA CHALEUR :	Erreur ! Signet non défini.
I.2- CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA GEOTHERMIE :	Erreur ! Signet non défini.
I.3- MISE EN ŒUVRE DES RESSOURCES GEOTHERMALES :	Erreur ! Signet non défini.
a- Exploration :	Erreur ! Signet non défini.
b- Accès à la ressource :	Erreur ! Signet non défini.
I.4- PARAMETRES CARACTERISANTS LA RESSOURCE GEOTHERMALE :	Erreur ! Signet non défini.
I.5- UTILISATIONS DES RESSOURCES GEOTHERMALES :	Erreur ! Signet non défini.
I.6. le système pompe a chaleur :	Erreur ! Signet non défini.
I.6.1-Historique :	Erreur ! Signet non défini.
I.6.2.1.Pompe à chaleur géothermique :	Erreur ! Signet non défini.
I.6.2.2.Pompe à chaleur marine :	Erreur ! Signet non défini.
I.6.2.3.Pompe à chaleur air-air :	Erreur ! Signet non défini.
I.6.3.Fonctionnement de la PAC :	Erreur ! Signet non défini.
I.7.1- ORGANISATION DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE	15
I.7.2. les principaux travaux :	Erreur ! Signet non défini.
II-1-Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
II-2-1- la situation géographique du site :	Erreur ! Signet non défini.
II-2-2-les caractéristique climatique :	Erreur ! Signet non défini.
II-2-3- le rayonnement :	Erreur ! Signet non défini.
II-2-4- la précipitation :	Erreur ! Signet non défini.
II-3-1- présentation de l’habitation a étudié :	Erreur ! Signet non défini.
II-3-2- les surface du l’habitat étudiée :	Erreur ! Signet non défini.
II-4- Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
IV.1) introduction :	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.) Déperditions par l’enveloppe de la maison :	Erreur ! Signet non défini.

- IV.2.1) Calcul du coefficient de transmission surfacique de la maison : **Erreur ! Signet non défini.**
- IV.2.2) coefficient de transmission des fenêtres et des portes :**Erreur ! Signet non défini.**
- IV.2.3) les déperditions :**Erreur ! Signet non défini.**
- IV.3) simulation a partir du logicielle PLEIADE + COMFIE : ..**Erreur ! Signet non défini.**
- IV.3.1) simulation sans consigne de thermostat :**Erreur ! Signet non défini.**
- IV.3.2) simulation avec consigne de thermostat :**Erreur ! Signet non défini.**
- I.V.4.CONCLUSION :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.1.introduction :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.2. Dimensionnement du système :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.3.Dimensionnement du plancher chauffant :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.3.1. Le type de pose du plancher chauffant**Erreur ! Signet non défini.**
- V.3.2. Dimensionnement du plancher chauffant : le pas des tubes **Erreur ! Signet non défini.**
- V.3.3.Température ambiante moyenne 19°C :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.3.4.Température superficielle :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.3.5.Température de départ du fluide :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.4.1.Éléments d'équilibrage du transfert de fluide :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.4.2. Dimensionnement du plancher chauffant : la vitesse de circulation..... **Erreur ! Signet non défini.**
- V.4.3.Dimensionnement du plancher chauffant : le débit..**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.calcul les puissances par le plancher chauffant :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.1.la puissance minimale a installé :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.2.la surface équipable :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.3. La puissance équipable « Pe » :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.4. l'énergie utile $Q_u(w)$:**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.couplage pompe à chaleur et capteur géothermique horizontale :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.1 Raisons du couplage :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.1.1 Pour les pompes à chaleur**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.1.2.pour le sol :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.5.2. l'objectif de couplage :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.sous système pompe à chaleur :**Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.1.Chaleur et puissance calorifiques produites au condenseur :**Erreur ! Signet non défini.**

-
- V.6.2.Chaleur et puissance calorifique extraites à l'évaporateur : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.3.Travail et puissance absorbée par le compresseur : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.4.Dimensionnement de la PAC : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.5.Calcul du débit massique m : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.6.La puissance du champ de capteur : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.7La quantité de chaleur absorbée par l'évaporateur : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.8.Travail du compresseur : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.9.La quantité de chaleur dégagée par le condenseur : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.6.10.Travail du détendeur : **Erreur ! Signet non défini.**
- V.7.conclusion : **Erreur ! Signet non défini.**

NOMENCLATURE

Symbole	Signification	Unité
Q_u	Energie utile récupérée par le fluide caloporteur	[W]
Q_u'	Energie utile transmise au fluide stocké	[W]
Q_{aux}	Energie auxiliaire	[W]
Q_t	Besoins calorifique de l'eau chaude	[W]
Q_s	Perte thermique de la cuve de stockage	[W]
\dot{m}	Débit massique	[kg.s ⁻¹ .m ⁻²]
c_p	Chaleur spécifique de l'eau	[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
M	Masse de l'eau	[kg]
$(\dot{m}c_p)_s$	Débit spécifique de la cuve de stockage	[W.°C ⁻¹]
$(\dot{m}c_p)_c$	Débit spécifique du capteur	[W.°C ⁻¹]
$(\dot{m}c_p)_{min}$	Débit spécifique minimum	[W.°C ⁻¹]
H	Irradiation globale	[Wh.m ⁻²]
H_β	Irradiation sur un plan incliné	[Wh.m ⁻²]
H_d	Irradiation diffuse	[Wh.m ⁻²]
I_g	Eclairement global	[W.m ⁻²]
K_t	Indice de clarté	-
A_c	Surface de captation	[m ²]
F_r	Facteur de conductance	-
F_r'	Facteur de correction de l'échangeur de chaleur	-

U_g	Pertes thermiques globales	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
$(\tau\alpha)_e$	Coefficient de transmission- absorption effectif	-
$(UA)_s$	Coefficient de pertes de la cuve de stockage	[W.°C ⁻¹]
$F_r(\tau\alpha)_e$	Rendement optique du capteur	-
$F_r U_g$	Pertes thermiques globales du capteur	-
$F_{av}(\tau\alpha)$	Rendement optique du test	-
$F_{av} U_g$	Pertes thermiques globales du test	-
r	Rapport de correction approchée	-
a	Azimut du soleil	[degré]
h	Hauteur du soleil	[degré]
hm	Hauteur du soleil à midi TSV	[degré]
TSV	Temps solaire vrai	[heure]
f	Fraction solaire	[%]
$X; Y$	Nombres adimensionnels	-
η_0	Rendement optique	-
ε	Efficacité de l'échangeur	-
α	Angle des rangées par rapport au bord de la terrasse	[degré]
β	Inclinaison du capteur	[degré]
γ	Déviaton azimuthale	[degré]
ω_s	Angle horaire au lever de soleil	[degré]
$T_i; T_e$	Température d'entrée de l'eau	[°C]
T_s	Température de stockage	[°C]
T_r	Température de réseau	[°C]

T_a	Température ambiante	[°C]
T_d	Température diurne	[°C]
$T_{réf}$	Température de référence (100)	[°C]
$K_{\tau\alpha}$	Angle d'incidence modifié	-
dt	Pas de temps	[heure]

Liste de figures

Chapitre 01

- Figure 1.1** Schéma de la structure interne du globe terrestre05
- Figure 1.2** Localisation mondiale de la géothermie05
- Figure 1.3** Principales utilisations de la géothermie en fonction de la température.....09
- Figure 1.4** Schéma de centrale géothermique.....10
- Figure 1.5** Schéma de centrale géothermique EGS.....11
- Figure 1.6** Répartition des usages thermiques de la géothermie dans le monde.....11

Chapitre 02

- Figure 2.1** la situation géographique du wilaya19
- Figure 2.2** le rayonnement pour chaque mois.....20
- Figure 2.3** présente la précipitation au site a partir du logicielle METEONORM21
- Figure 2.4** présente le bloc en 3D réaliser a travers le logicielle ALCYON.....22
- Figure 2.5** plan de RDC réaliser par le logicielle AUTAUCAD23
- Figure 2.6** plan de l'étage réaliser par le logicielle AUTAUCAD.....23

Chapitre 03

- Figure 3.1** évolution de température en hiver (semaine la plus froid).....38
- Figure 3.2** .La puissance de chauffage en fonction de la température de la zone de confort pour la saison d'hiver..... 38

Chapitre 04

- Figure 4.1** la pose du plancher chauffant.....42
- Figure 4.2** L'analyse de la variation du COP en fonction de la variation des températures T_f 51
- Figure 4.3** le cycle frigorifique.....52

Liste de tableaux :

Chapitre 02

Tableau 2.1 l'irradiation du site pendant les mois de tout l'année.....	20
Tableau 2.2 température mensuelle Par mois.....	21
Tableau (2.3) : Les données architecturales de l'habitation.....	22
Tableau (2.4) : Les donnés géographique de l'habitation.....	22
Tableau(2.5): paroi extérieur.....	24
Tableau (2.6) : paroi intérieur.....	25
Tableau (2.7) : plancher bas.....	25
Tableau (2.8) : la toiture	25
Tableau (2.9) : menuiserie	26

Chapitre 03

Tableau 3.1: le coefficient K pour les menuiseries.....	31
Tableau .3.2 : Simulation du comportement thermique sans consigne de thermostat.....	34
Tableau .3.3. Récapitulatif des besoins en hiver sans consigne.....	34
Tableau.3.4. fonctionnement avec consigne de thermostat.....	36
Tableau.3.5. récapitulatif des besoins en hiver avec consigne.....	37
Tableau 3.6 Donnée d'entrée et de sortie de la batterie	44
Tableau 3.7 Paramètres de l'éolienne	45
Tableau 3.8 Paramètres de l'enduteur.....	45
Tableau 3.9 Paramètres de la batterie	45
Tableau 3.10 Paramètres du panneau pv	46

Chapitre 04

Tableau 4.1. l'énergie fourni par le sol.....	50
--	----



Introduction générale

Environ 80 % de toute l'énergie consommée en Algérie sert au chauffage et à la climatisation des bâtiments. Ces besoins en chaleur et en froid sont assurés par des systèmes mécaniques de chauffage et ventilation et de climatisation (CVC). Ces systèmes ont donc pour tâche de confort thermique et la qualité de l'air pour les occupants. Ainsi chaque zone desservie par ces systèmes doit recevoir un certain débit d'air à une certaine température et contenant une certaine proportion d'air neuf afin de palier aux différents gains ou pertes thermiques qui y sont enregistrés. C'est ce qu'on définit comme étant les charges du bâtiment.

Il existe plusieurs catégories de systèmes CVC. Parmi ceux-ci, les systèmes de pompes à chaleur offrent la possibilité de réduire la consommation énergétique totale d'un bâtiment car elles possèdent un rendement (énergie produite/énergie électrique fournie) variant entre 200% et 500%. Les pompes à chaleur air-air sont sans doute les plus connues. Cependant, en mode chauffage, la capacité et le rendement de ce type de pompe à chaleur diminuent de façon significative avec une baisse de la température de la source (air extérieur).

La géothermie est la deuxième source de production d'électricité dans le monde mais c'est aussi une source de production de chaleur utilisée pour le chauffage urbain ou la production d'eau chaude sanitaire. C'est une énergie écologique avec un très faible taux d'émission en CO₂, renouvelable et présente partout sans dépendre des conditions atmosphériques. C'est une énergie fiable et constante, son utilisation peut conduire à d'importantes économies d'énergie. Nous envisageons d'utiliser cette énergie renouvelable pour répondre aux besoins du chauffage de l'eau et des bâtiments

Elle nécessite la mise en œuvre de pompes à chaleur (PAC) qui prélèvent cette énergie à basse température pour l'augmenter à une température suffisante pour le chauffage. Mais, au-delà du chauffage, les applications de la géothermie sont très diverses : chauffage et rafraîchissement des logements individuels, collectifs ou tertiaires, usage industriel, etc.

CHAPITRE 1 :
Généralité et l'état de l'art

I- INTRODUCTION :

Quatre principaux concepts sont à retenir dans ce mémoire : la géothermie, le chauffage basse température (plancher chauffant), les pompes à chaleurs et le banc didactique.

La pompe à chaleur n'est pas un outil récent. C'est au début du 20^{ème} siècle que la première pompe à chaleur a vu le jour dans l'hôtel de ville de Zurich (1931). Ensuite, la pompe à chaleur est revenue en force dans les années 70 et 80 suite aux chocs pétroliers de 1973 et 1979. En effet, à ce moment le prix du pétrole croît sans cesse et la pompe à chaleur devient une alternative convenable pour beaucoup de pays. [7]

Un peu plus tard, pendant les années 90, on s'est rendu compte que les réserves d'énergie n'étaient pas inépuisables et que la pollution augmentait sans cesse à cause de la consommation trop importante de ces énergies. C'est dans ce contexte que le débat concernant les ressources d'énergie alternative a été relancé et que les recherches concernant les pompes à chaleur ont redémarrés.

I.1-LA GEOTHERMIE :

L'histoire de la géothermie est étroitement liée à celle de la création du globe terrestre, puis de ses changements progressifs. Notre planète a ainsi connu d'extraordinaires métamorphoses surtout dans la première partie de sa formation. C'est à cette période que la Terre s'est structurée progressivement en différentes couches sphériques concentriques.

Le rayonnement solaire et les conditions climatiques ont eu une influence sur la température terrestre des premiers mètres du sous-sol. Au-delà, l'énergie géothermale provient de la chaleur stockée depuis des millions d'années dans l'écorce terrestre.

I.1.1- STRUCTURE DU GLOBE TERRESTRE:

On distingue trois « enveloppes » principales constitutives de la structure du globe terrestre : au centre, un noyau, autour, un manteau, enfin à la surface, la croûte ou écorce. Le **noyau**, solide au milieu, liquide autour, a un rayon de l'ordre de 3 470 km, mais représente 67 % de la masse terrestre. Composé surtout de nickel et de fer, sa température pourrait dépasser 4 000 °C en son centre. Autour du noyau, sur une épaisseur de 2 900 km on a le **manteau**. Sa Température varie de 1 000 à 3 000 °C. L'**écorce** est l'enveloppe la plus superficielle. Son épaisseur et sa densité varient selon qu'il s'agit de zones continentales ou océaniques [7] :

- zone continentale : densité moyenne 2,7 et épaisseur de 30 à 70 km.

- zone océanique : densité moyenne 3,3 et épaisseur de 5 à 20 km.

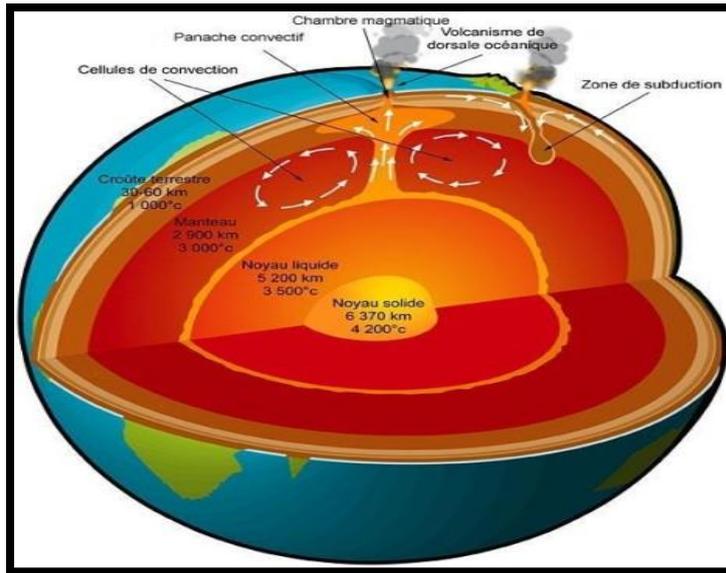


Figure 1.1 : Schéma de la structure interne du globe terrestre[7]

I.1.2- ORIGINE DE LA CHALEUR :

On considère qu'il existe deux phénomènes principaux expliquant l'origine de la chaleur rencontrée dans la croûte terrestre :

- la désintégration des éléments radioactifs : la chaleur de la Terre provient essentiellement (90%) de la désintégration d'éléments radioactifs (uranium, thorium, potassium) présents dans les roches et du noyau terrestre qui génère un flux de chaleur vers la surface.
- la dissipation de l'énergie dite « primitive ».

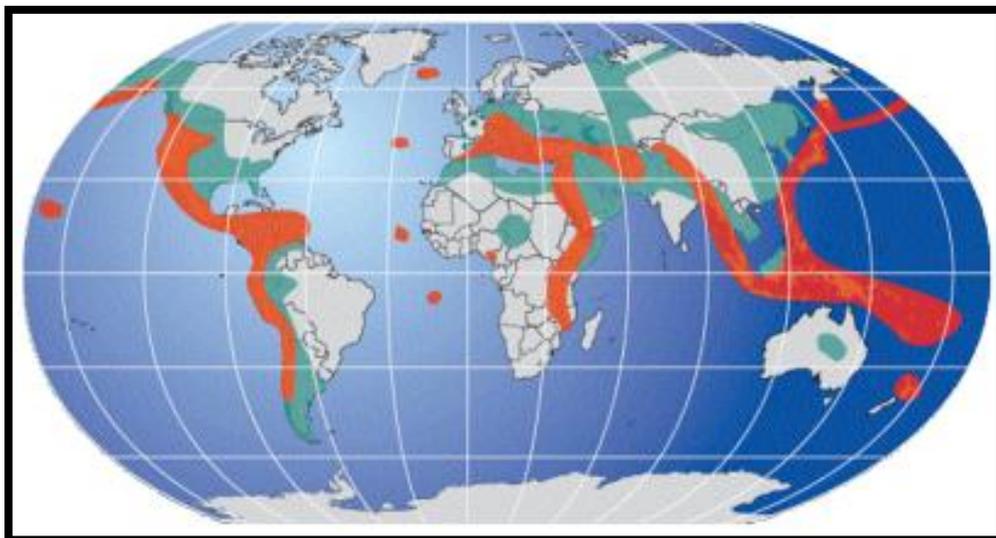


Figure 1.2 : Localisation mondiale de la géothermie [7]

-  Zones propices au développement de la géothermie haute énergie.
-  Zones favorables à la géothermie basse énergie.
-  Zones de socle cristallin réservées pour la très basse énergie.

I.2- CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA GEOTHERMIE :

La géothermie fait partie des énergies dites « renouvelables ». Son principe consiste à extraire l'énergie contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou d'électricité. On distingue quatre types de géothermie[8] :

- **La géothermie haute énergie** : La géothermie haute énergie utilise des eaux et des vapeurs à plus de 180 °C, qui entraînent des turbines, qui entraînent à leur tour des générateurs d'électricité.
- **La géothermie moyenne énergie** : La géothermie moyenne énergie utilise des fluides à des températures comprises entre 100 et 180 °C, qui cèdent leur chaleur à un fluide secondaire plus volatil. Ce fluide entraîne alors une turbine qui entraîne un générateur d'électricité.
- **La géothermie basse énergie** : La géothermie basse énergie utilise des fluides à des températures comprises entre 30 °C et 100 °C. Le rendement est très trop faible pour pouvoir produire de l'électricité, mais elle permet de couvrir une large gamme d'usages : chauffage urbain, chauffage de serres, utilisation de chaleur dans les procédés industriels, thermalisme ...etc.
- **La géothermie très basse énergie** : La géothermie très basse température est exploitée pour le chauffage et le rafraîchissement des maisons ou des bâtiments collectifs, et aussi pour la production de l'eau chaude sanitaire. La production de chaleur s'effectue à l'aide d'une pompe à chaleur qui prélève dans le sol l'énergie thermique.

I.3- MISE EN ŒUVRE DES RESSOURCES GEOTHERMALES :

a- Exploration :

Les ressources géothermales sont généralement considérées comme des ressources minières. Et comme pour toute ressource minière, il est nécessaire, avant d'entamer un processus d'exploitation, de localiser et d'évaluer de manière aussi précise que possible les

caractéristiques de la ressource que l'on envisage d'exploiter. L'évaluation des ressources passe par une phase de reconnaissance qui vise à délimiter les zones apparaissant a priori les plus favorables. [1]

b- Accès à la ressource :

En dehors des sources hydrothermales naturelles, l'accès à la ressource nécessite la réalisation de forages. Plusieurs méthodes sont utilisées. Elles dépendent d'une part du type de terrain à traverser et d'autre part de la profondeur à forer.

Pour des forages moins profonds, d'autres techniques peuvent être mises en œuvre telle que le **battage**, procédé très ancien qui consiste à briser la roche en laissant tomber un objet lourd.

I.4-paramètre caractérisent les ressources géothermale :

On peut citer les paramètres suivants[8] :

- **Porosité** : elle est égale au rapport du volume des vides sur le volume total de la roche elle s'exprime en pourcentage. La porosité totale d'une roche est très variable : de 1 à 50 %. Elle renseigne sur le volume d'eau qu'est susceptible de contenir une roche, mais ne permet pas de connaître le volume qu'elle pourra libérer.
- **Perméabilité** : c'est une notion dynamique qui implique la présence d'eau. Elle représente l'aptitude que possède un milieu à se laisser traverser par un fluide sous l'effet d'une différence de pression.
- **Transmissivité** : ce paramètre est égal au produit de la hauteur productrice par la perméabilité moyenne sur cette hauteur. Elle s'exprime en m²/s. Ce paramètre est fondamental pour déterminer la productivité d'un aquifère.
- **Pression statique du gisement** : la pression statique du gisement correspond à la pression de l'aquifère dans les conditions naturelles, sans pompage, ni réinjection.
- **Température** : la température est fonction du gradient de température local. La température en tête de puits est toujours légèrement inférieure à celle du réservoir, selon la profondeur et le débit exploité.

I.5- UTILISATIONS DES RESSOURCES GEOTHERMALES :

La température de la ressource est l'élément déterminant pour les applications envisageables à partir de la chaleur géothermale. Le diagramme de la distingue, entre 20 et

200°C, deux grandes catégories d'applications, les applications thermiques jusqu'à environ 110-120°C et la production d'électricité à partir de 120°C.

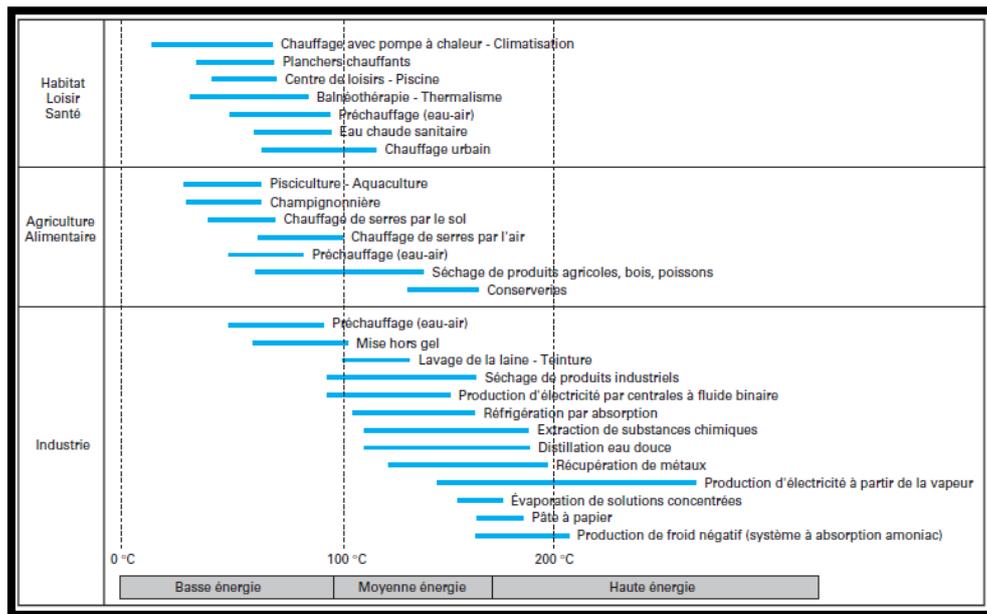


Figure 1.3 : Principales utilisations de la géothermie en fonction de la température[7]

a- Production d'électricité :

La production d'électricité d'origine géothermique est possible sur les réservoirs dont la température est comprise entre 150 et 350 °C et permettant des débits de production de fluides suffisants. Plusieurs méthodes et techniques de production d'électricité géothermiques existent actuellement :

- Pour les sources de vapeur haute température, que l'on retrouve notamment sur les zones de volcanisme récent, l'électricité peut être produite directement par injection de la vapeur dans une turbine.

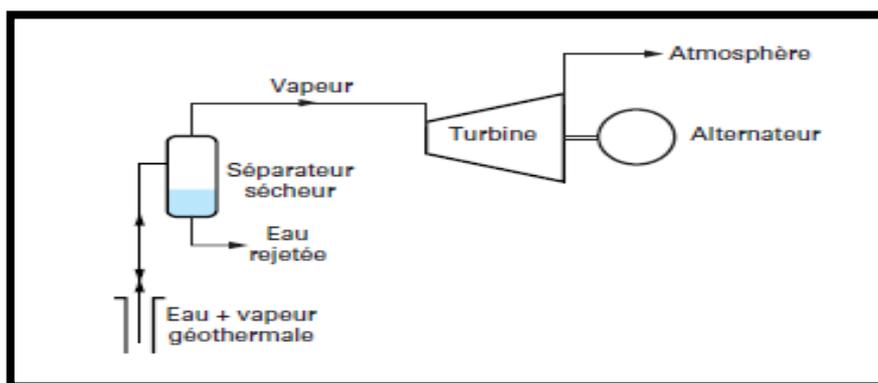


Figure 1.4 : Schéma de centrale géothermique

- Pour les sources moins chaudes (moins de 175 °C), de nombreuses techniques (ex : cycle binaire) jouent sur la condensation puis la détente du fluide secondaire.
- La technologie « Enhanced Geothermal Systems » (EGS), consiste à augmenter la perméabilité de la roche par stimulation, puis à faire circuler de l'eau dans les roches chaudes à grande profondeur et enfin à exploiter la chaleur récupérée pour produire de l'électricité.

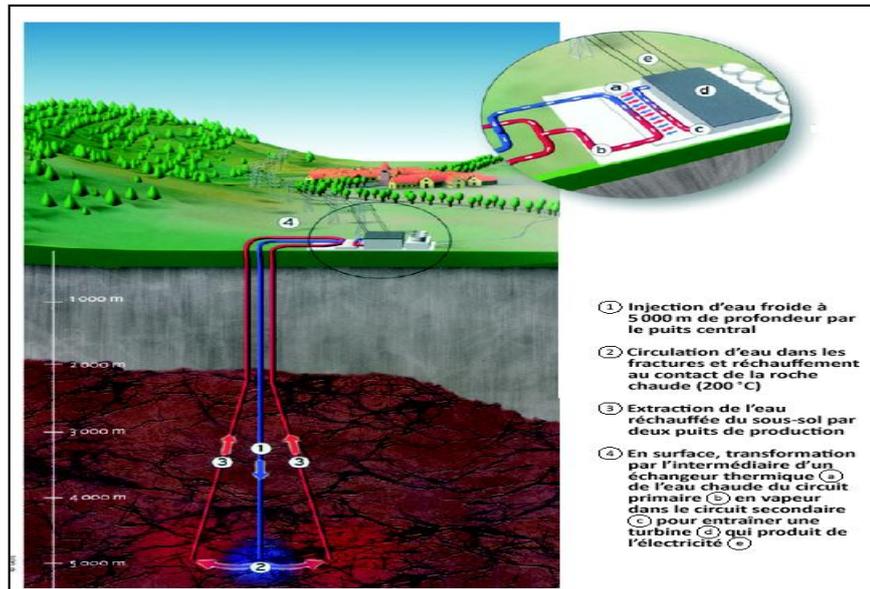


Figure 1.5 : Schéma de centrale géothermique EGS.

b- Usages thermiques :

Les usages thermiques de la géothermie sont très nombreux comme le montre la figure 1.4. La répartition en pourcentage des usages thermiques de la géothermie dans le monde est donnée à la figure 1.6.

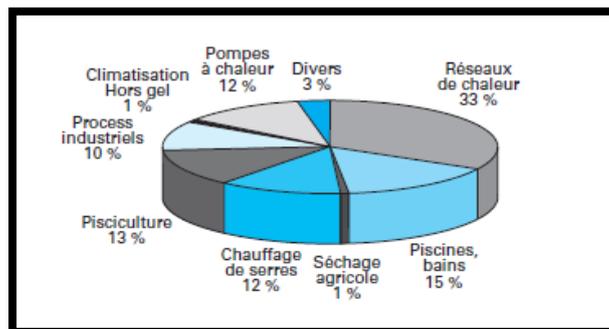


Figure 1.6 : Répartition des usages thermiques de la géothermie dans le monde

1.6. le système pompe à chaleur :

1.6.1-Historique :

La pompe à chaleur n'est pas un outil récent. C'est au début du XX^e siècle que la première pompe à chaleur a vu le jour dans l'hôtel de ville de Zurich (1938). Ensuite, la pompe à chaleur est revenue en force dans les années 70 et 80 suite aux chocs pétroliers de 1973 et 1979. En effet, à ce moment le prix du pétrole croît sans cesse et la pompe à chaleur devient une alternative convenable. Des recherches ont donc été entreprises mais suite à la baisse du prix de l'énergie et au manque de connaissance de certains installateurs, les ménages se sont détournés de cette solution. [3]

a-description :

Une pompe à chaleur (PAC) est un dispositif permettant de transférer une quantité de chaleur d'un milieu, qualifié d'émetteur, fournisseur ou source froide, vers un autre milieu, considéré comme récepteur ou source chaude.

Selon le but final du dispositif de pompage, une pompe à chaleur peut soit être considérée comme un système de chauffage si l'on souhaite augmenter la température de la source chaude, soit être considérée comme un système frigorifique si l'on souhaite abaisser la température de la source froide

b-coefficient de performance d'une PAC :

on définit l'efficacité d'une PAC par rapport de l'énergie utile (la chaleur restituée à la source chaude) sur le travail, énergie fournie à la PAC au niveau du compresseur . L'efficacité peut être inférieure à 1 si la PAC rend moins de chauffage qu'elle n'en consomme en énergie. Généralement une bonne partie de l'énergie est restituée en chauffage si l'appareil est situé dans le volume chauffé[3].

1.6.2.1.Pompe à chaleur géothermique :

Les PAC utilisant la chaleur du sol sont appelées *pompe à chaleur géothermique*. Cette appellation peut prêter à confusion avec le chauffage urbain géothermique qui utilise la chaleur à haute température du sous-sol profond, mais c'est un système très différent.

-
- le captage horizontal au sol (faible profondeur et grande surface) ;
 - le captage vertical au sol (petite surface et grande profondeur, 100 m maximum).
 - le captage vertical sur nappe phréatique (suivant la profondeur de la nappe).
-

I.6.2.2.Pompe à chaleur marine :

La chaleur est dans ce cas pompée dans un grand volume d'eau, comme l'océan, un lac ou une rivière.

I.6.2.3.Pompe à chaleur air-air :

La chaleur est extraite de l'air extérieur pour être restituée à l'air intérieur. Ce montage peut également se trouver sur des systèmes pompant la chaleur de l'air évacué (vicié) d'un local pour la restituer à l'air neuf injecté. C'est le cas de certaines VMC double flux.

I.6.3.Fonctionnement de la PAC :

Pour comprendre le fonctionnement d'une pompe à chaleur (PAC) qu'elle soit géothermique (utilisant la chaleur contenue dans le sol), aérothermique (celle contenue dans l'air) ou aquathermique (celle contenue dans l'eau de mer, de cours d'eau ou de nappes libres), il est nécessaire d'isoler le fluide caloporteur et d'appliquer le principe de conservation de l'énergie au cours d'un cycle. Ce principe permet de dire que les flux thermiques « entrant » et « sortant » de ce fluide s'équilibrent au cours du cycle en ce sens que le flux thermique émis par le fluide à la source chaude lors de la réaction exothermique dans le condenseur est vue négativement par le fluide caloporteur alors que les deux formes d'énergie qu'il reçoit de l'extérieur.

A savoir l'apport d'énergie primaire payante entretenant le cycle et l'apport thermique provenant de la source froide lors de la réaction endothermique dans l'évaporateur sont vues positivement par ce même fluide. Ce qui est vu négativement par le fluide caloporteur équilibre ce qui est vu positivement au titre de la loi sur la conservation de l'énergie.

I.6.4.Circuit de captage :

Pour les habitations individuelles ou les petits immeubles, la plupart des pompes à chaleur « géothermiques » captent l'énergie du sol par un circuit constitué de tuyaux de cuivre

recouvert de PE pour les installations avec fluide frigorigène ou de polyéthylène pour les installations à eau glycolée. Il existe deux types de captage [5] :

I.6.4.1. capteurs horizontaux :

Enterré entre 60 et 120 cm de profondeur, le circuit est constitué de boucles (par exemple sous le jardin). La surface occupée par les capteurs dépend de la nature du sol, il peut occuper environ deux fois la surface à chauffer, soit par exemple 400 m² pour une surface à chauffer de 200 m². Cet espace peut être planté de gazon ou de petits arbustes, mais ne peut accepter d'arbres aux longues racines.

I.6.4.2. capteurs verticaux :

Le circuit comporte un tuyau formant une seule boucle verticale. Il nécessite un forage en profondeur (environ 80 m), ou en faible profondeur (environ 30 m) dans le cas d'un captage à détente directe. Plus coûteux, il présente l'avantage d'occuper moins de surface au sol. Les capteurs verticaux sont également appelés « sondes géothermiques ».

I.7.1- ORGANISATION DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE :

Dans le titre de notre projet nous pouvons lire plusieurs mots clés. Ceci nous a poussés à entreprendre une recherche bibliographique qui traite chaque domaine singulièrement pour ensuite arriver à l'idée générale du sujet et récolter le maximum d'information qui nous aidera à réaliser notre projet.

Tous d'abord nous allons citer les principaux travaux de modélisation théorique et expérimentale effectués dans les domaines de la géothermie basse température des pompes à chaleur et des planchers chauffants.

Ensuite on présentera l'état de l'art des bancs didactiques de pompe à chaleur, de capteur géothermique et de plancher chauffant.

I.7.2. les principaux travaux :

➤ **Mr REDDAH Takieddine** : Etude et dimensionnement d'un système solaire Combiné Application : Logement individuel type F3 à Batna ; Soutenue le 15/02/2015

Il a trouvé que la proportion des besoins en énergie pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage varie suivant le volume habitable et l'isolation thermique et le nombre d'occupants. Aussi que les besoins en chauffage ne sont pas en phase avec l'ensoleillement pendant l'hiver,

et que l'énergie solaire disponible en été dépasse largement les besoins en énergie qui se réduisent en cette période à la production d'eau chaude sanitaire.

Pour l'option choisie qui est de couvrir les besoins à 60%, et qui nécessite d'après sont système l'installation de 12,42 m² de capteurs, ils ont remarquée que le TCS est de 100% pratiquement pendant les deux tiers de l'année. Cependant, il faudrait justifier ce choix par une étude économique. [1]

➤ **THESE DE DOCTORAT** en physique énergétique et matériau par « Razika kharchi » : ETUDE ENERGETIQUE DE CHAUFFAGE, RAFRAICHISSEMENT ET EAU CHAUDE SANITAIRE D'UNE MAISON TYPE EN ALGERIE 2012/2013. [2]

➤ **Mémoire de magister en génie mécanique**, thermique du bâtiment par : boulkamh mourad soutenue le 02/08/2008, Thème : *CONTRIBUTION A L'ETUDE, LA SIMULATION ETL'ANALYSE DES POMPES A CHALEUR ASSISTEES PAR L'ENERGIE SOLAIRE.* [3]

➤ Thèse de mémoire pour l'obtention de master en génie mécanique Présenté par: KHATIR AHMED, Soutenu le : 8 Octobre 2014, thème : Conception et Réalisation d'un Banc Didactique D'une pompe à chaleur géothermique couplée à un système de chauffage basse température. [4]

➤ **Belloufi Yousef** : Modélisation d'un échangeur air/sol dont le but de rafraichissement des locaux. **Promotion : Juin 2012**

Ils font ici l'hypothèse que la température au loin du tube est constante, ce qui revient à considérer que l'inertie thermique du sol est grande devant les quantités de chaleur échangée. Ils considèrent de plus que l'échange thermique se fait en régime stationnaire, c'est à dire que les températures restent constantes dans le sol et à la paroi du tube.

L'échange de chaleur à l'intérieur d'un tube enterrée où circule un fluide se fait par convection forcée. Le flux thermique ϕ , à travers la paroi du tube est proportionnel à la différence entre la température du sol, et la température de l'air dans le tube, et à l'inverse de la résistance thermique séparant les deux domaines.[5]

➤ **Mohamed SAADEDDINE** : Identification et analyse des principaux Facteurs influant le comportement thermique d'un échangeur air/sol enterré. Soutenu publiquement le : 30/01/2013

Ce travail vise à étudier les facteurs qui contrôlent le comportement thermique de ces échangeurs, ils ont commencé par donner une définition détaillée de celui-ci, puis ils ont réalisé un modèle mathématique, dont l'objectif est de calculer la température pour le sol à n'importe quelle profondeur et pour n'importe quel jour de l'année. Ensuite ils ont fait une modélisation numérique pour simuler la température de l'air à la sortie de l'échangeur pour chaque jour durant la période estivale dans la région de Biskra. [6]

➤ **MEDFOUNI Samir : ADOUCISSEMENT DES EAUX**

GEOTHERMALES DE L'OUEDR'HIR. ETUDE COMPARATIVE DE DEUX TYPES DE CHAUX ; Soutenu publiquement le : 28 / 05 /2007

Parmi les problèmes causés par la dureté (112,08°F) et la température élevée (60°C) de l'eau de l'Albien au sud Algérien, ils ont cité le phénomène d'entartrage, causé par les précipitations en grandes quantités formées dans les conduites d'eau ainsi que dans les tours de refroidissement.

Face à ce problème, ils ont intéressés à établir un traitement qui l'on mène à réduire la dureté de l'eau de sidi mahdi, a fin de donner une solution adéquate qui tient en compte l'aspect économique et l'absence des effets néfastes. Le procédé comprend une étude comparative de traitement par l'oxyde de calcium et hydroxyde de calcium.[7]

➤ Mémoire de magister en 2006 par : abdelkader.OUALI «étude géothermique du sud De l'Algérie ». Cette étude a été réalisée au niveau de la division géothermie du CDER (Centre de Développement des Energies Renouvelables). Elle rentre dans le cadre de la recherche géothermique qui a pour objectif principale l'évaluation du potentiel géothermique de l'Algérie [8]

➤ Article sur le dimensionnement de sonde géothermique verticale pour des applications de chauffage et rafraichissant par pompe à chaleur par : *Mikael PHILIPPE – BRGM, Michel BERNIER – Ecole Polytechnique de Montréal, Dominique MARCHIO – Mines Paris Tech, Odile CAURET – EDF R&D* [9]

Chapitre 02

Présentation du site et de système

II-1-Introduction :

L'établissement du bilan énergétique d'une installation géothermique suppose tout d'abord la connaissance de l'énergie thermique qu'elle reçoit. Cette énergie sera définie par plusieurs facteurs.

Dans ce chapitre on va présenter la situation géographique, et les caractéristiques climatiques de la ville de BLIDA, et la composition des parois de notre habitat, en fin de calculer les besoins de chauffage et de climatisation. [1]

II-2-1- la situation géographique du site :

La wilaya de Blida est située dans le [Tell](#) central, elle est délimitée :

- *au nord, par les wilayas de [Alger](#) et de [Tipaza](#) .
- *à l'est, par les wilayas de [Boumerdes](#) et de [Bouira](#)
- *à l'ouest, par la [wilaya d'AïnDefla](#).
- *au sud, par la [wilaya de Médéa](#).

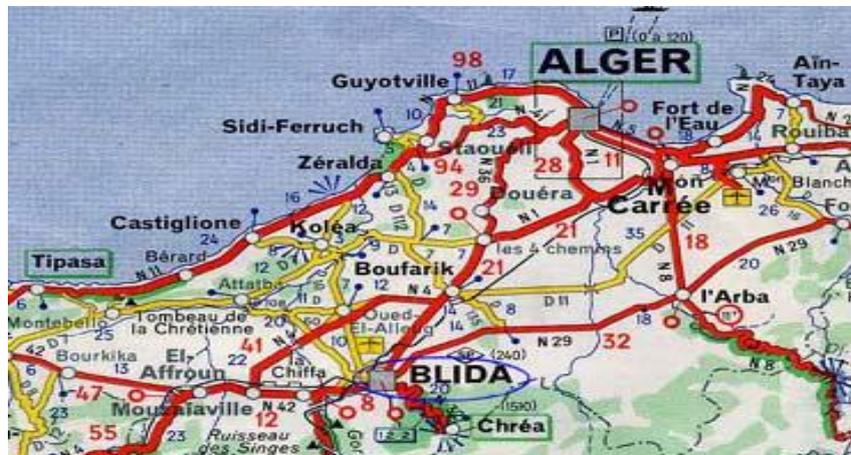


Figure (2.1) : la situation géographique du wilaya

Dans ce graphe on remarque que la wilaya de Blida se situe à nord de l'Algérie aussi pas plus loin de la mer.

II-2-2-les caractéristiques climatiques :

Le rayonnement solaire et les conditions climatiques ont eu une influence sur la température terrestre des premiers mètres du sous-sol. Au-delà, l'énergie géothermale provient de la chaleur stockée depuis des millions d'années dans l'écorce terrestre.

Tableau (2.1) : l'irradiation du site pendant les mois de tout l'année [12]

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Janvier	73	35	93	9,8	5,6	2,2
Février	80	36	95	10,7	5,9	2,5
Mars	125	58	113	13,5	7,7	2,8
Avril	147	75	110	15,5	9,4	3,1
Mai	192	86	155	19,6	12,4	3,2
Juin	239	65	251	24,5	14,8	3,3
Juillet	260	51	286	27,4	17	3,1
Août	224	53	248	27,4	17,3	3
Septembre	158	59	160	23,6	15,8	2,9
Octobre	123	45	147	20,3	13,5	2,4
Novembre	81	34	105	14,2	9	2,4
Décembre	63	32	80	11,2	6,8	2,4
Année	1761	630	1843	18,1	11,3	2,8

II-2-3- le rayonnement :

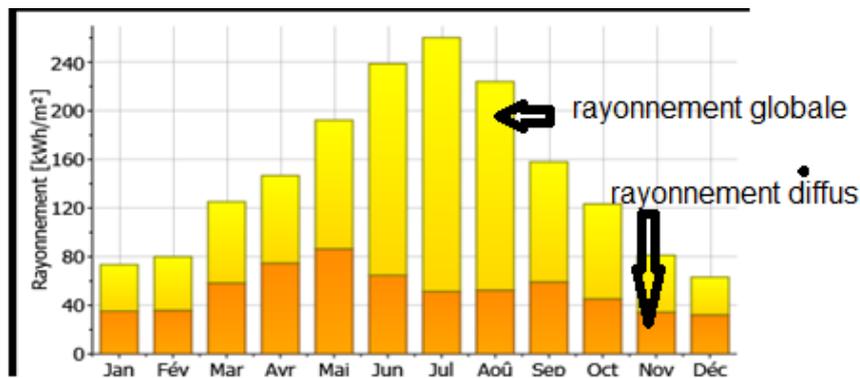


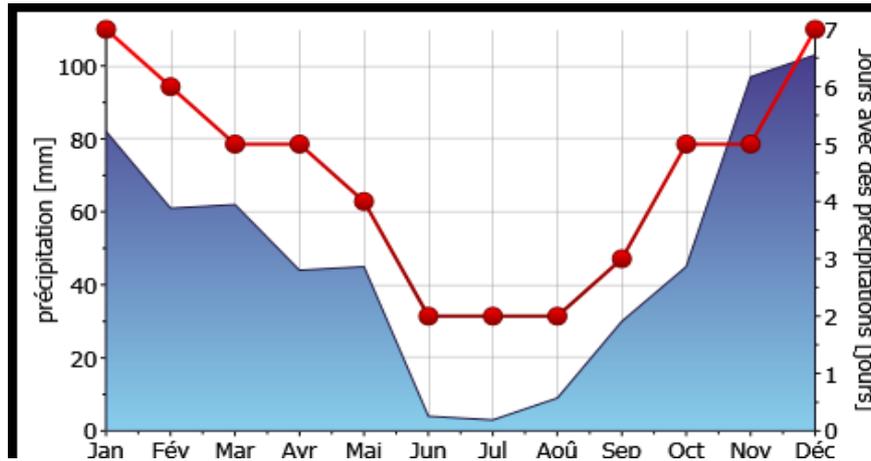
Figure (2.2) : le rayonnement pour chaque mois [12]

b) la température mensuelle :

Tableau (2.2): température mensuelle [12]

Données climatiques à Blida.													
Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	jui.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	9	9	11	12	15	18	21	21	20	17	13	10	15
Température moyenne (°C)	12	12	14	16	18	21	24	25	23	20	15	12	18
Température maximale moyenne (°C)	15	16	17	20	22	25	28	29	27	23	18	15	21

II-2-4- la précipitation :



Figure(2.4) : La Précipitation au site a partir du logiciel METEONORM[12]

II-3-1- Présentation de l'habitation a étudié :

Ce logement est situé a Blida, est un habitat individuelle de R+1, et dont la superficie de 142.34 m², il est constitué sur la base d'architecture simple et les plancher sont de plancher terre cuite isolé, et la toiture et rampante , les parois extérieures sont au brique creuse isolation extérieur , les parois intérieures sont au brique + contre cloison , aussi les fenêtre sont au PVC

Cette habitation est composée de trois chambres, une seule cuisine, deux séjours, avec un bureau.

Il est habité par cinq personnes.les besoin de cette habitation sont évaluer on fonction de ces caractéristiques architecturales et du nombre d'occupant et le taux de renouvellement d'air dans cette habitat.

Tableau (2.3) : Les données architecturales de l'habitation

Hauteur de la maison	2.8 m
Surface de la maison	142.34 m ²
Volume de la maison	398.55 m ³

Tableau (2.4) : Les données géographiques de l'habitation

Latitude (°)	36.420
Longitude (°)	2.83
Altitude (m)	341

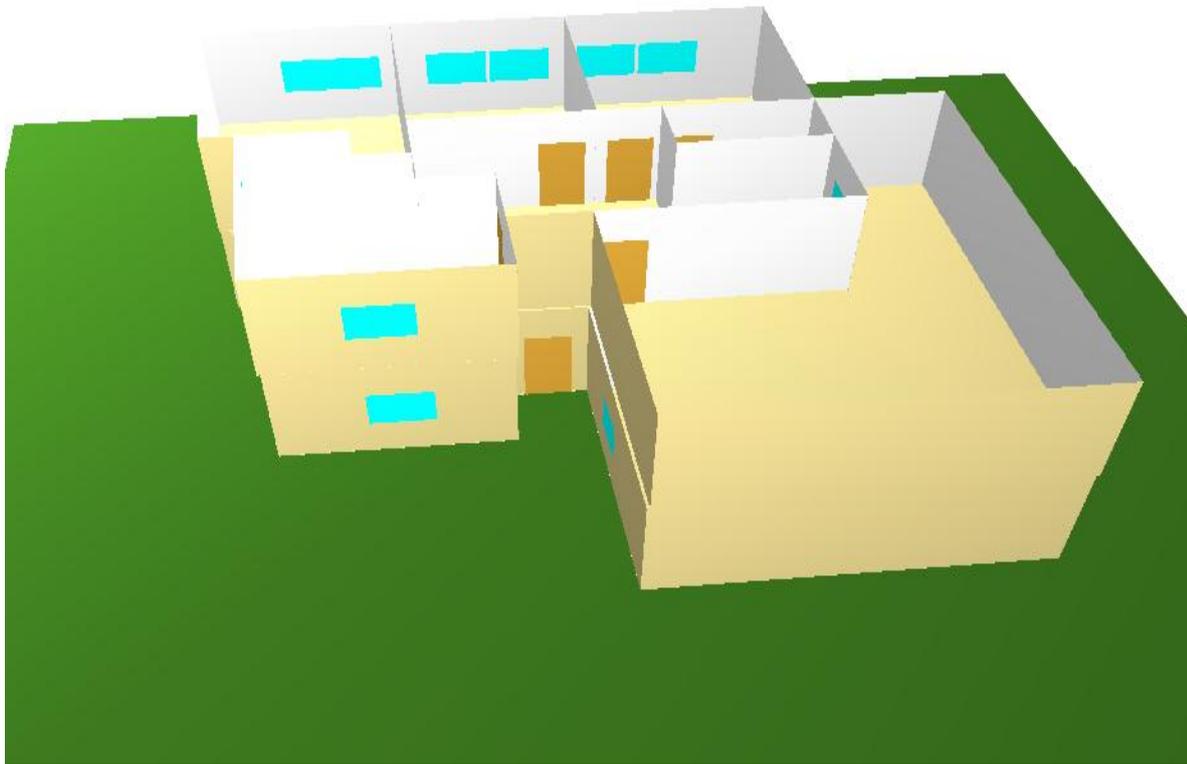
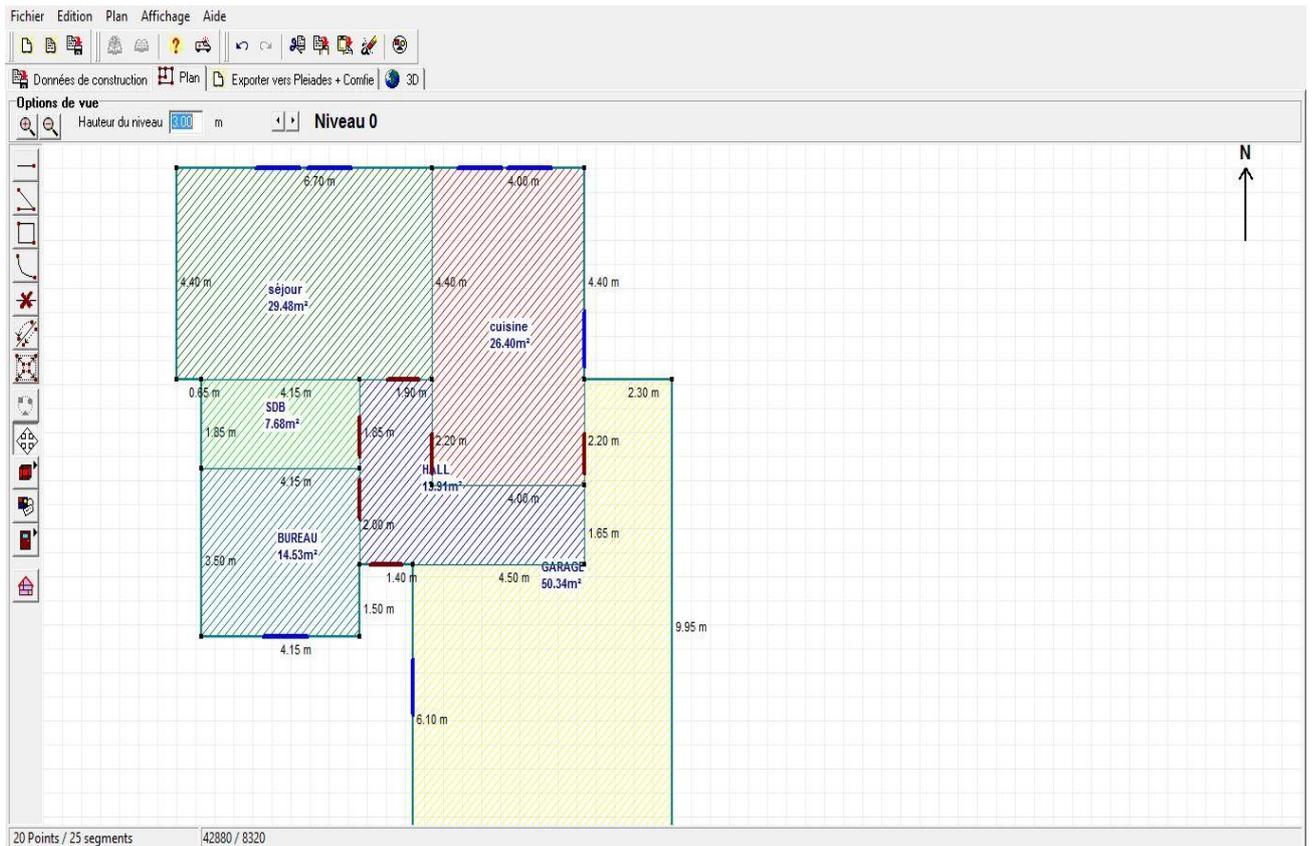


Figure (2.5) : Le bloc en 3D [13]



Figure(2.6) : plan de RDC [13]

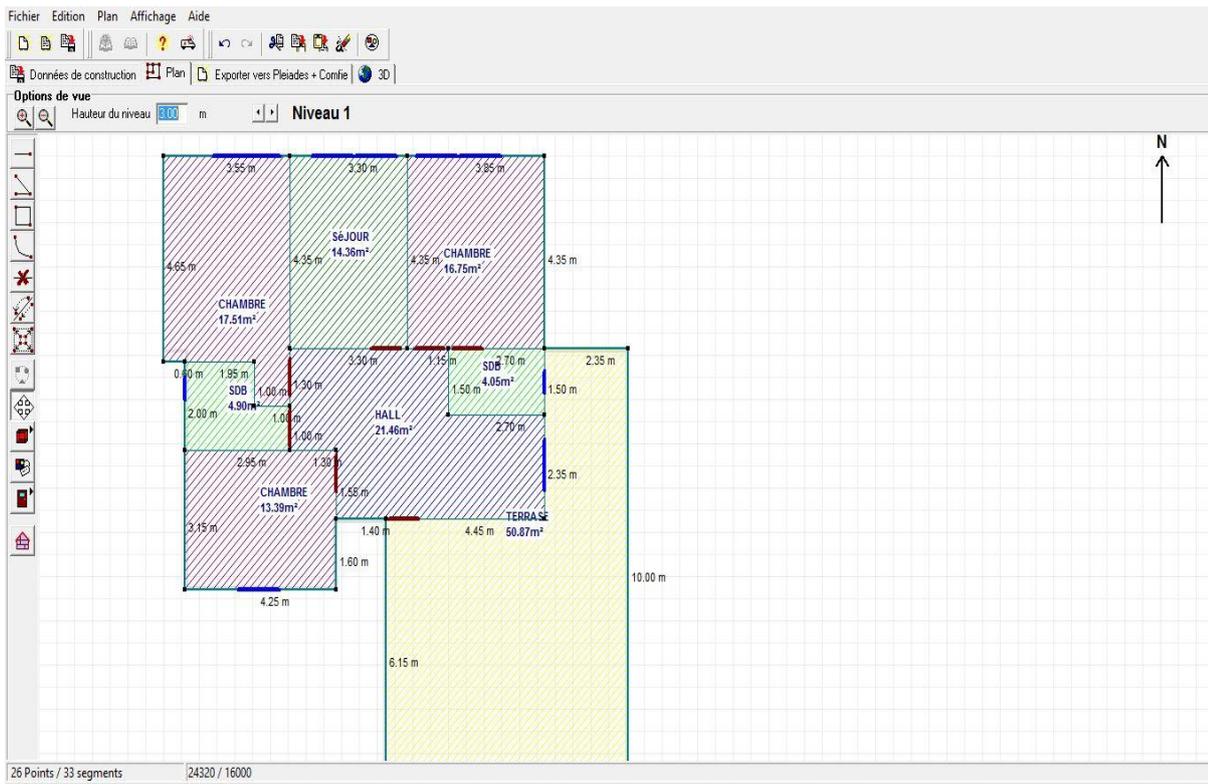


Figure (2.7) : Plan de l'étage [13]

II-3-2- les surface du l'habitat étudiée :

MUR	SURFACE AVEC VITRAGE	SURFACE SANS VITRAGE
Mur face N	29.96 m ²	25.36 m ²
Mur face S	34.58 m ²	31.5 m ²
Mur face E	40.18 m ²	39.03 m ²
Mur face W	40.18 m ²	37.8 m ²
Plancher RDC	197.63 m ²	////
Plancher étage	142.34 m ²	////
Toiture	142.34 m ²	////

II-3-2- La composition de l'enveloppe de la maison :

Tableau(2.5): paroi extérieur

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Enduit extérieur	M	2.0	34	1.15	0.02	
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16	
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06	
Laine de roche	M	5.0	15	0.04	1.22	
Placoplatre BA 10	E	1.0	8	0.33	0.03	
Total		31.5	225		1.91	

Tableau (2.6) : paroi intérieur

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06	
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06	
Laine de roche	M	4.0	12	0.04	0.98	
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04	
Total		19.3	151		1.35	

Tableau (2.7) : plancher bas

Caractéristiques de la composition

Classe:

Nom:

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11	
Sable	M	1.0	16	0.60	0.02	
Mortier	M	4.0	80	1.15	0.03	
Liège expansé	M	15.0	23	0.04	3.41	
Carrelage	M	1.0	23	1.70	0.01	
Total		41.0	602		3.58	

Tableau (2.8) : la toiture

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur  Intérieur
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01	
Mortier	M	3.0	60	1.15	0.03	
Béton lourd	M	5.0	115	1.75	0.03	
Hourdis de 20 en béton	E	20.0	260	1.33	0.15	
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16	
Laine de roche	M	10.0	30	0.04	2.44	
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04	
Total		42.8	521		2.86	

Caractéristiques du vitrage

Classe Fenêtres

Nom Fen PVC DV 4.6.4

Complément --

Origine Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-

Nombre de vitrages 2 Vitrages

Changer les caractéristiques

Facteur solaire moyen 0.57

Coeff U moyen 2.68 W/(m².K)

% de vitrage 70 %

Vitrage

Facteur solaire 0.81

Coeff U Vitrage 3.10 W/(m².K)

Cadre

Coeff U Opaque 1.70 W/(m².K)

Tableau (2.9) : Menuiserie

II-4- Conclusion : La conception architecturale du bâtiment été détaillée dans ce chapitre, avec la présentation du calcul des caractéristiques thermo physiques de tous les constituants du bâtiment (parois extérieurs ; toiture ; plancher et ouvrants). Ce calcul est basé sur la réglementation thermique Algérienne dans le bâtiment.

Chapitre 03 : ***Modélisation et simulation***

IV.1) introduction :

Dans ce chapitre nous allons calculer les déperditions par l'enveloppe de la maison à l'aide de DTR (C3.2), pour connaître le besoin de chauffage dans notre habitation, après on va lancer une simulation.

Cette simulation thermique dynamique est effectuée avec le logiciel de référence **PLEIADES** + **COMFIE**

- Moteur de calcul **Comfie** développé par le centre d'énergie de l'Ecole des Mines de Paris
- Interface **Pléiade** développé par IZUBA énergies

IV.2.) Déperditions par l'enveloppe de la maison :

Le calcul des déperditions par l'enveloppe de la maison est fait par les règles de calcul des déperditions calorifiques. (Méthode de D.T.R). [10]

IV.2.1) Calcul du coefficient de transmission surfacique de la maison :

$$K_m = \frac{1}{R_i + \epsilon R_{th} + R_e}$$

Avec: $R_i = 1/h_i$, $R_e = 1/h_e$

h_e et h_i sont les coefficients de convection thermique coté extérieure et intérieure respectivement

- Pour les parois extérieures de 30 cm on a :

$$K_m = 1 / (0.12 + 1.91 + 0.04) = 0.4830 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

➤ Pour le plancher bas est le plancher intermédiaire on a :

$$k_m = \frac{1}{(2.59+0.04)} = 0.3802 \text{ w / m}^2 \cdot \text{K}$$

➤ Pour la toiture on a :

$$k_m = \frac{1}{(0.12+2.86+0.04)} = 0.3311 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$$

IV.2.2) coefficient de transmission des fenêtres et des portes :

Les valeurs de coefficient de transmission des portes et fenêtres sont :

Tableau (3.1) : le coefficient K pour les menuiseries [10]

Portes et fenêtres	K (w/m ² . k)
Les portes extérieures en bois	3.48
Les fenêtres PVC DV 4.6.4	3.10

IV.2.3) Les déperditions :

Les déperditions par l'enveloppe de la maison sont calculées comme suit [10]:

A) Déperdition par l'extérieur :

$$D_{surf} = K \times S \times \Delta T (T_a - T_{ext}) = 0.4830 \times 134 \times (19 - 10) = 582.498 \text{ W}$$

B) Déperdition de plancher bas :

$$D_{sol} = K \times S \times \Delta T = 0.3882 \times 142.34 \times (24 - 12) = 663.076 \text{ W}$$

C) Déperdition de toiture :

$$D_{\text{toiture}} = k \times S \times \Delta T = 0.3311 \times 142.34 \times (19-10) = 424.158 \text{ W}$$

D) Déperdition par renouvellement d'air :

$$D_{\text{rv}} = 0.34 \times (Q_v + Q_s) = 0.34 \times (0.055 + 67.032) = 22.80 \text{ W}$$

E) Déperdition totale de la maison :

$$D_T = D_{\text{surf}} + D_{\text{sol}} + D_{\text{toiture}} + D_{\text{rv}} = 1692.5 \text{ W}$$

F) Déperdition linéique : est égale à 12% de déperdition surfacique totale D_{st}

$$D_L = 0.12 \times 1692.5 = 203.1 \text{ W}$$

➤ Alors les déperditions totales de est égale à « 1895.6 Watt »

G) le coefficient de les déperditions volumique « G »:

Les déperditions totales = $D_{\text{surf}} + D_{\text{lin}} + D_{\text{rv}}$

$$= G V (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$$

Alors : $G = D_T / V (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})$

$$= 1895.6 / 426 \text{ m}^3 (19-10) = 0.4944 \text{ w/m}^3 \cdot \text{k}^\circ$$

IV.3) Simulation a partir du logicielle PLEIADE + COMFIE :

Dans cette étape on lance la simulation du notre projet a l'aide logicielle pléiade + comfie, qui nous permettra de connaitre les besoin de chauffage et la puissance de chauffage. Et aussi connaitre la variation de température entre l'extérieur est l'intérieur. [13]

Pour lancer la simulation on prend on considération le nombre d'occupants dans l'habitat, les équipements dans la maison, ventilation, chauffage, climatisation ...etc.

IV.3.1) Simulation sans consigne de thermostat :

Dans cette 2eme etape de simulation, on simule sans système de chauffage en hiver, cela veut dire qu'on ne va pas intégrer des scénarios de consigne de thermostat au niveau du fonctionnement des zones thermiques sous l'interface du logiciel COMFIE.

Cette étape de simulation nous permet de voir clairement les extrémums de température à l'intérieur de notre habitation sans mode de chauffage, donc connaitre la valeur de la température qui peut assurer avec une faible consommation d'énergie ; un degré de confort désiré. [1]

Les scénarios intégrés sont : l'occupation, la ventilation (hiver), et la puissance dissipées.

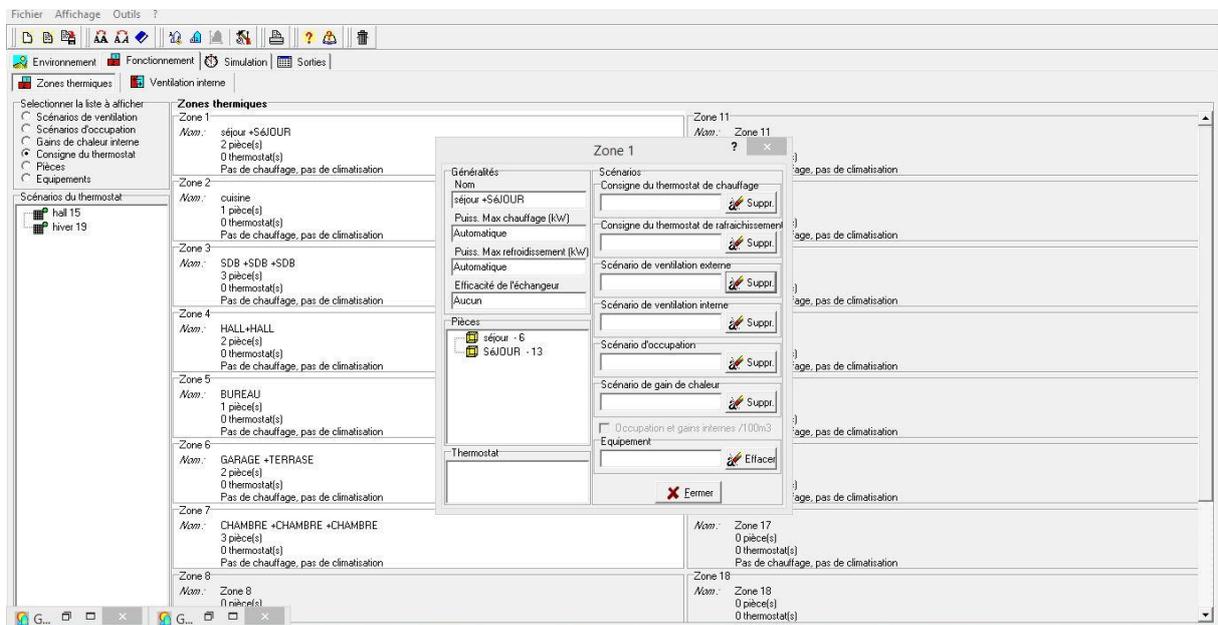


Figure .3.1 : Simulation du comportement thermique sans consigne de thermostat

A) Résultats de simulation (hiver) :

La période hivernale d'après les besoins de chauffage est la période comprise entre la 42^{ème} et la 11^{ème} semaines de l'année (la 2eme semaine de novembre jusqu'à la 3eme semaine de mars)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
séjour +SéJOUR	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.46 °C	14.35 °C	23.02 °C
HALL+HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.24 °C	14.39 °C	22.39 °C
SDB +SDB +SDB	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.32 °C	14.46 °C	22.73 °C
CHAMBRE +CHAMBRE +CHAMBRE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.07 °C	14.79 °C	23.75 °C
cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	7.07 °C	14.18 °C	22.45 °C
BUREAU	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	6.61 °C	14.07 °C	25.61 °C
GARAGE +TERRASSE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.44 °C	14.31 °C	22.73 °C
Total	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
séjour +SéJOUR	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	21.00 %	0.00 %	0.00 %
HALL+HALL	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	7.79 %	0.00 %	0.00 %
SDB +SDB +SDB	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	8.88 %	0.00 %	0.00 %
CHAMBRE +CHAMBRE +CHAMBRE	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	14.71 %	0.00 %	0.00 %
cuisine	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	23.34 %	0.00 %	0.00 %
	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	47.24 %	0.00 %	0.00 %

Tableau .IV.2.Récapitulatif des besoins en hiver sans consigne

B) Visualisation géographique :

on remarque que la répartition de la température est n'est pas la même pour tout les zones entre l'extérieur est l'intérieur :

- La zone 1 (séjour 1 + séjour 2) : de 8° à 23°C
- La zone 2 (cuisine) : de 7° à 22°C
- La zone 3 (SDB1 + SDB2) :de 9° à 22°C
- La zone 4 (bureau) : de 6° à 25 °c
- La zone 5 (hall+hall) : de 9° à 21°C
- La zone 6 (garage) : de 8° à 14°C
- La zone 7 (chambre1+chambre2+chambre3) : de 9° à 23°C

IV.3.2) simulation avec consigne de thermostat :

Dans cette étape on choisi on va simuler avec chauffage en hiver, ce qui implique l'intégration de scénario de consigne de thermostat , cette étape de simulation nous permis de

quantifier les besoin énergétique nécessaire pour réaliser un agréable confort thermique a l'intérieur , qui possède une température de confort entre 19° c et 27c.

Les scénarios intégrés sont : l'occupation, la ventilation (hiver) et les puissances dissipées, Les consignes des thermostats.

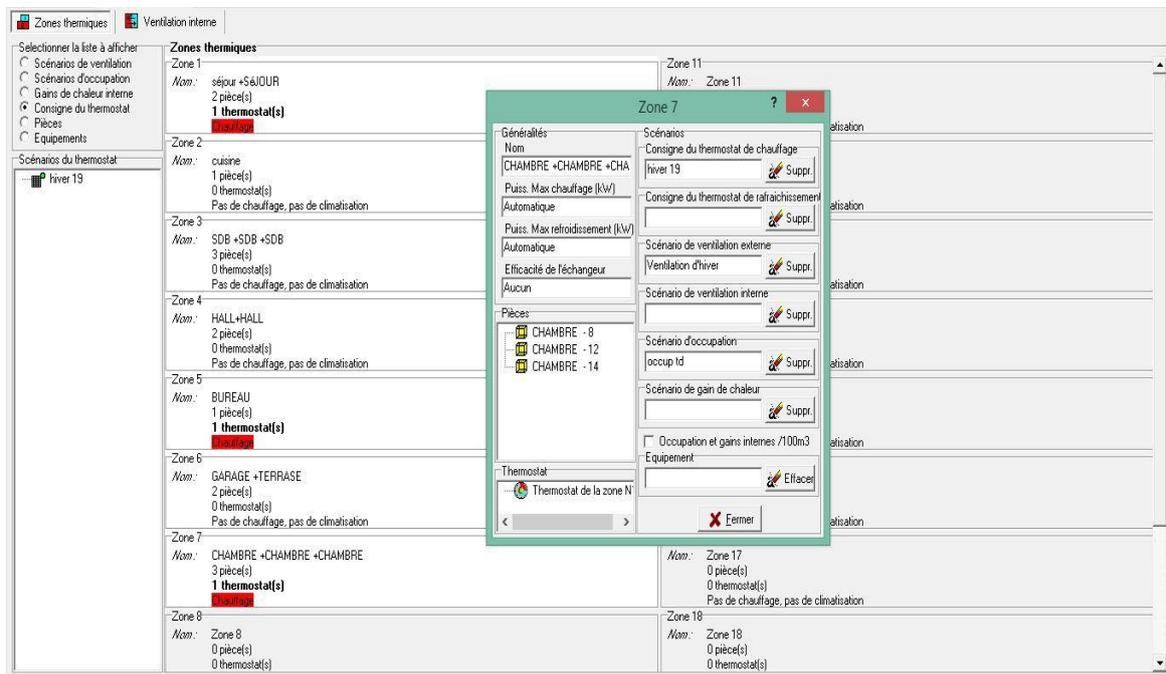


Figure IV.3. Consigne de thermostat.

A) Résultats de simulation hiver :

On voit clairement que le besoin de chauffage sont estimé ou bien mesurer par une valeur de 286 kWh durant la saison d'hiver, pour la zone de confort la température minimal sera donc fixé durant la saison à 19 °c qui est la température de consigne qu'on a choisie ; elle peut atteindre rarement jusqu'au une température max de 28.35°C cela est justifier par l'absence du surchauffe.

La température extérieure dans la zone de confort atteint 17°C. Est une valeur très logique causé par la fluctuation de température durant une long saison, le taux d'inconfort indique une assurance de confort totale durant tout la saison.

Fichier Affichage Outils ?

Environnement Fonctionnement Simulation Sorties

Liste des résultats Synthèse Graphiques Générer un rapport Description Comparateur Consommation

Résumer

Projet sélectionné :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
séjour +SéJOUR	652 kWh	0 kWh	1225 W	-0 W	19.00 °C	20.06 °C	26.95 °C
HALL+HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	9.65 °C	17.91 °C	24.81 °C
SDB +SDB +SDB	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.34 °C	21.08 °C	28.35 °C
CHAMBRE +CHAMBRE +CHAMBRE	701 kWh	0 kWh	1298 W	-0 W	19.00 °C	20.21 °C	27.13 °C
cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.99 °C	20.16 °C	27.73 °C
BUREAU	24 kWh	0 kWh	343 W	-0 W	19.00 °C	23.66 °C	34.73 °C
GARAGE +TERRASSE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	8.66 °C	14.58 °C	22.85 °C
Total	1377 kWh	0 kWh	2866 W	0 W			

Zones	Besoins Chaud-Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
séjour +SéJOUR	4.96 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	13.02 %	0.00 %	24.71 %
HALL+HALL	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	12.40 %	0.00 %	0.00 %
SDB +SDB +SDB	0.00 kWh/m3	13.50 (1/10°C)	24.40 %	2.08 %	0.00 %
CHAMBRE +CHAMBRE +CHAMBRE	4.90 kWh/m3	1.30 (1/10°C)	8.27 %	0.03 %	21.44 %
cuisine	0.00 kWh/m3	7.30 (1/10°C)	31.59 %	1.03 %	0.00 %
G...	0.55 kWh/m3	52.04 (1/10°C)	69.99 %	15.56 %	2.23 %

.Figure IV.4.récapitulatif des besoins en hiver avec consigne.

B) Visualisation graphique :

Sachant que la température extérieure atteint jusqu'à 2 °C

- La zone 1 (séjour 1 + séjour 2) : entre 18 °C et 20 °C
- La zone 2 (cuisine) : entre 21 °C et 29 °C
- La zone 3 (SDB1 + SDB2) : entre 16 °C et 18 °C
- La zone 4 (bureau) : entre 19 °C et 21 °C
- La zone 5 (hall+hall) : entre 16 °C et 19 °C
- La zone 6 (garage) :entre 11 °C et 16 °C
- La zone 7 (chambre1+chambre2+chambre3) : entre 19 °C et 27 °C

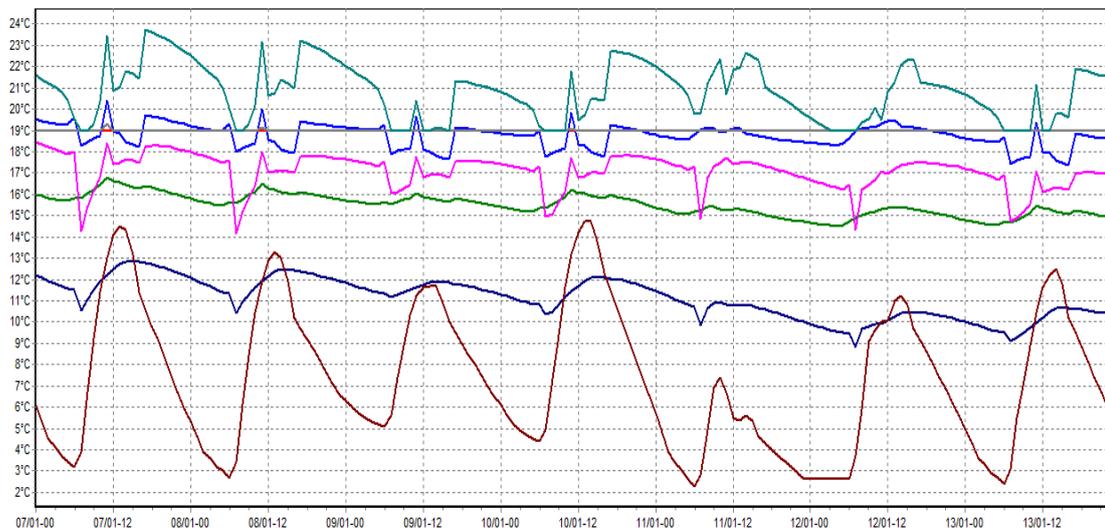


Figure. IV.2. Evolution de température en hiver (semaine la plus froid).

c) la puissance de chauffage :

Le graphe ci dessous est pour but d'indiquer la variation de puissance de chauffage en fonction de température de la zone de confort, les puissances de chauffage sont comptés négativement et qui peuvent atteindre des 18000 watts.

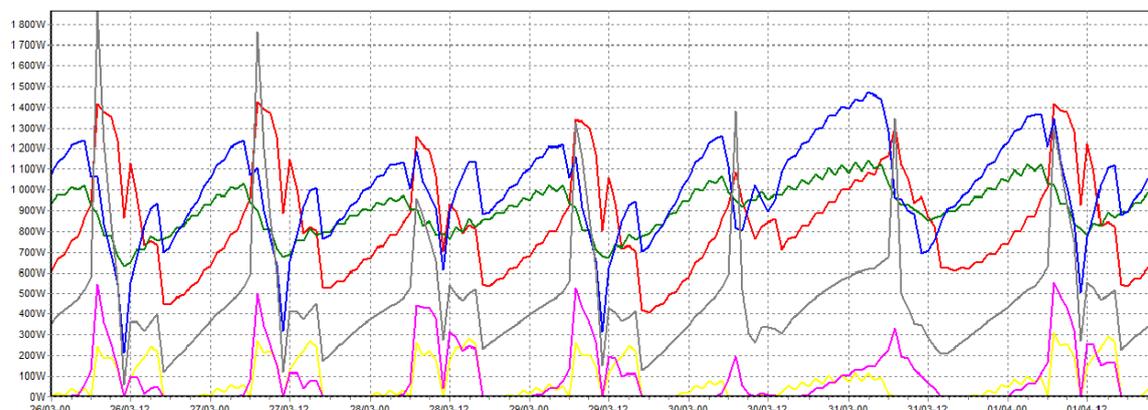
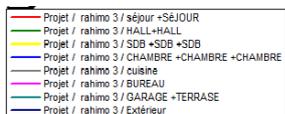


Figure. IV.3. La puissance de chauffage en fonction de la température de la zone de confort pour la saison d'hiver.

I.V.4.CONCLUSION :

Dans ce chapitre nous allons lancer la simulation pour connaître les besoins de chauffage dans notre habitation, et nous allons calculer les déperditions on générale, d'après notre résultat on conclue que notre habitation est bien isolée, et que le logicielle du pleiade + comfie nous a permet d'avoir une simulation très bien détailler et des calcule avec une bonne précision.

CHAPITRE 04 :

Dimensionnement du système

V.1.introduction :

Dans notre projet nous allons évaluer un système de chauffage qui répond aux besoins énergétique de notre habitation et assure le confort thermique pour les habitant, il faut que notre système réponde aux règlementations mondiales

Ce système est le plancher chauffant géothermique, avant tout nous allons dimensionner ce système avec pris on considération plusieurs paramètre [3] :

- Le mode de chauffage
- Température ambiante
- Température surfacique
- Puissance maximale
- Le coefficient de transfert surfacique
- Température du fluide
- Les éléments d'équilibrages
- Le débit
- La vitesse de circulation
- Les pertes de charges
- Les tubes
- Le type de pose du plancher

V.2. Dimensionnement du système :

Dans ce chapitre nous allons dimensionné le système de chauffage, est nous allons détaillée le dimensionnement on trois système [4] :

- Le plancher chauffant pour couvrir les besoins énergétiques de notre habitation, prennent on considération les déperditions de notre habitation.
- La pompe à chaleur géothermique pour fournir l'énergie nécessaire pour le chauffage.
- Le capteur horizontal pour connaitre la surface nécessaire de captation.

V.3. Dimensionnement du plancher chauffant :

Le dimensionnement du plancher chauffant est la concrétisation de l'étude. Il consiste à établir un calcul pertinent qui réponde à la fois aux besoins des utilisateurs et aux exigences réglementaires. [2]

Pour notre cas l'installation du plancher chauffant dans notre habitat, il faut finir notre projet par :

- Mode de chauffage (pompe à chaleur géothermique)
- faire l'étude de plancher chauffant (calculs thermiques, réservation...),
- mais également réaliser le dimensionnement du plancher chauffant.

Cela implique de comprendre et comparer des devis mais aussi de se familiariser avec toute une terminologie et la somme de calculs aboutissant au projet d'installation. La démarche est complexe mais elle donne des outils de compréhension.

V.3.1. Le type de pose du plancher chauffant

Deux principes en usage :

- Boucle en serpentín (VA).
- Boucle en escargot (VZ).

Dans notre cas d'étude nous allons choisir la boucle en escargot

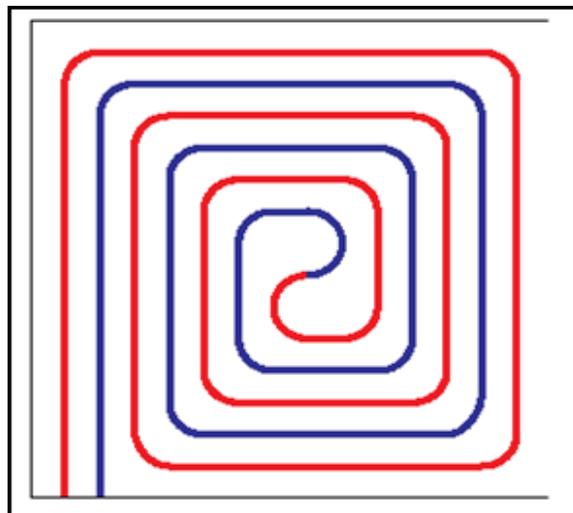


Figure V.1 : la pose du plancher chauffant

La pose en escargot garantissait une meilleure répartition de la chaleur , veuX dire que les pertes de charge limitée .

Elle reste majoritaire aujourd'hui du fait des exigences thermiques, c'est plutôt la simplicité de mise en œuvre qui oriente le choix de la pose. Pour cela nous avons choisi la pose en escargot pour notre plancher chauffant [4].

Voici donc tous les éléments et chiffres à prendre en compte dans le dimensionnement du plancher chauffant :

- température ambiante : 19°C
- température superficielle du sol : 15°C
- température de départ du fluide : 39 °C
- éléments d'équilibrage du transfert du fluide

V.3.2. Dimensionnement du plancher chauffant : le pas des tubes

La distribution des tuyauteries est faite d'une manière pour assurer une répartition homogène de la température à l'intérieur des locaux chauffés, le pas des tubes choisis est de 15cm [2], Diamètres courants : 13 × 16 (L. maxi 120 m) et 16 × 20 mm (L. maxi 160 m) [9]. Dans notre système on a choisie le diamètre 13×16.

➤ La longueur du tube est calculée pour chaque pièce :

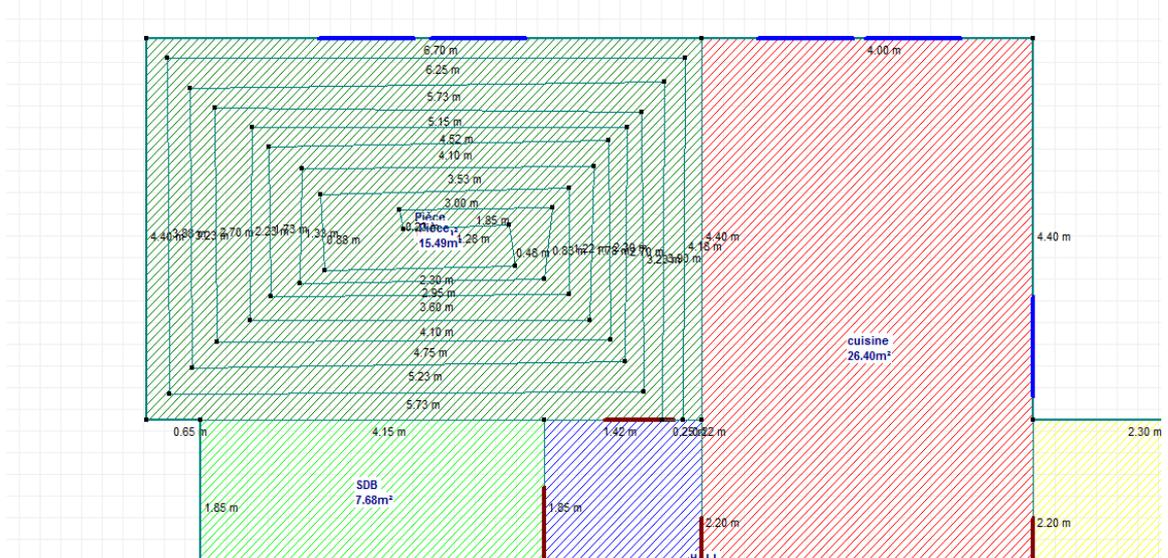


Figure V.2 : Exemple de calcul la longueur des tube dans le séjour

Tableau V.1 : la longueur des tubes calculé

les pièces de notre habitation	La longueur des tubes calculés
Séjour 1	193 m
Séjour 2	94 m
Hall RDC	75 m
Hall étage	98m
Bureau	95m
Chambre 1	109m
Chambre 2	87m
Chambre 3	108m

❖ Alors la longueur des tube totale est égale a : $LT = 965.78m$

V.3.3.Température ambiante moyenne 19°C :

L'homogénéité du plancher chauffant assure le même niveau de confort qu'un autre type de chauffage avec une température ambiante réduite de 1,5 à 2°C [10] :

- chambres : 14 à 16°C contre 16 à 19°C,
- séjour : 17 à 20°C contre 19 à 22°C.

Pour cela on a choisie une température de consigne dans notre habitation égale a 19°C

V.3.4.Température superficielle :

Le sol doit fournir la température désirée pièce par pièce, en restant dans les limites réglementaires. La température maximale à la surface du sol est fixée à 28°C pour une chaleur ambiante de 19°C (moyenne de l'habitation) [7].

➤ Calcul pièce par pièce

Pour chaque pièce, la température de surface (Tsurf) se calcule en intégrant :

- une puissance d'émission maximale (Pw) de 106 W/m². [2]
- un coefficient surfacique de 1,6 W/m²K/°C [2], estimé comme le meilleur compromis possible
- la température intérieure prévue.

$$T_{\text{surf}} (\text{°C}) = (P_w / 11,6) + T_i \quad [2]$$

Applications :

- Pour une chambre à 18°C : $(106 : 11,6) + 18 = 27\text{°C}$.
- Pour un séjour à 19°C : $(106 : 11,6) + 19 = 28\text{°C}$.

V.3.5. Température de départ du fluide :

Température de départ à ne pas dépasser : 50°C, températures moyennes en usage : 30 à 40°C.

Dans notre cas nous avons choisi 39°C comme température de départ du fluide [5]

V.4.1. Éléments d'équilibrage du transfert de fluide :

Trois données à connaître pour établir le dimensionnement du plancher chauffant :

- le débit,
- la vitesse,
- perte de charge

V.4.2. Dimensionnement du plancher chauffant : la vitesse de circulation

La vitesse de circulation préconisée : 0,80 à 0,85 m/s

Lorsque la puissance de circulation est augmentée (consommation accrue) et, à une certaine vitesse, le réseau émet des bruits gênants alors la vitesse minimale est de 0,75 m/s, dans notre cas nous allons considérer égale à 0.85m/s. [6]

V.4.3. Dimensionnement du plancher chauffant : le débit

$$\begin{aligned}\dot{O} &= Q \text{ (Kcal/h)} = \Delta T \times \rho \times V \times S \\ &= \rho \times V \times S = 69.394 \text{ kg/heure}\end{aligned}$$

Alors on a l'énergie fournie par le plancher est égal a :

$$Q \text{ (Kcal/h)} = 69.394 * (28-19) = 624.54 \text{ Kcal/h}$$

Le débit (\dot{O}) est la quantité de flux passant dans le tuyau en un temps donné : seconde, minute ou heure :

- Pour le transfert thermique, les professionnels privilégient le litre/heure.
- Si l'on n'a pas le débit nécessaire au transfert thermique, impossible d'équilibrer un réseau de chauffage.
- Avec « ρ » est la masse volumique de l'eau = 1000 kg/m³
- Avec « V » la vitesse de circulation du fluide
- Avec « S » la section des tube utiliser : $S = \pi * R^2 = 0.1044 \text{ m}^2$

V.5. calcul les puissances par le plancher chauffant :

Le dimensionnement du plancher chauffant est la concrétisation de l'étude. Il consiste à établir un calcul pertinent qui réponde à la fois aux besoins des utilisateurs et aux exigences réglementaires.

V.5.1. la puissance minimale a installé :

Une fois les déperditions connue on peut définir la puissance minimale du plancher a installé. La puissance minimale se calcule de manière qui assure une montée rapide de la température du confort. Elle doit au moins correspondre aux 1.2 fois a les déperdition de base « en watt »[5] :

$$P_i \geq D_t * 1.2 = 1895.6 * 1.2 = 2274.72 \text{ w}$$

-
- P_i : puissance minimale ou puissance intérieure
 - D_t : déperdition totale de l'habitation
 - W : watt (unité de puissance)

V.5.2. La surface équipable :

La surface équipable « Se » s'obtient en séduisant des éléments fixes de la superficie de la pièce, par exemple :

- Séjour 1 : 29.48 m²,
- Séjour 2 : 14.35 m²
- Bureau : 14.525 m²
- Chambre 1 : 16.75 m²
- Chambre 2 : 13.38 m²
- Chambre 3 : 16.50 m²

V.5.3. La puissance équipable « Pe » :

Exprimé en watt, la puissance équipable « Pe » est la puissance maximale pouvant être installée sur la surface équipable[2]

Le mode de calcul intègre une valeur maximale réglementaire en watt par mètre carré

$$Pe(W) = 106 (w/m^2) * Se (m^2)$$

- Puissance par mètre carré a ne pas dépasser : 106w/m²

Application numérique :

- Pour les séjour : $Pe = 106 * 43 = 4558$ w
- Pour les chambre : $Pe = 106 * 46 = 4876$ w
- Pour le bureau : $Pe = 106 * 14 = 1484$ w

V.5.4. L'énergie utile Q_u (Joule) :

L'énergie utile est le rapport entre débit massique et le C_p de l'eau et la différence de température ΔT , elle est la quantité de chaleur qui circule dans les tuyaux, ou l'énergie fournie par le plancher chauffant, elle se calcule comme de suite :

$$Q_u = \dot{O} \times C_p \times (T_{\text{cons}} - T_{\text{moy}})$$

- Application numérique : $Q_u = 69.4 * 4.2 * (28-19) = 2623.09$ Joul

V.5. couplage pompe à chaleur et capteur géothermique horizontale :

Les pompes à chaleur sont devenues un moyen de chauffage conventionnel à condition de disposer sur le lieu de leur utilisation d'une source froide de chaleur qui soit abondante et gratuite et à un niveau de température acceptable. [9]

V.5.1 Raisons du couplage :

En chauffage, Les deux systèmes pompes à chaleur et capteurs géothermique horizontale pris séparément possèdent des insuffisances et des déficiences.

V.5.1.1 Pour les pompes à chaleur

La source froide représente le milieu dans lequel on va puiser l'énergie. Deux fluides sont abondants dans la nature, l'air et l'eau, mais d'autres possibilités sont utilisables. Les critères suivants permettent de définir les qualités de la source utilisée :

- la disponibilité.
- la température de la source et sa variation pendant la saison de chauffage.
- l'énergie disponible.
- le coût d'accès.

V.5.1.2. Pour le sol :

La chaleur est récupérée grâce à un échangeur enterré à faible profondeur (0,8 à 2 m) dans lequel circule de l'eau glycolé réfrigérée par la pompe à chaleur.

L'utilisation du sol à des profondeurs plus importantes augmente sensiblement les surfaces d'échange, Les caractéristiques les plus importantes du sol qui vont déterminer sa capacité à céder de la chaleur sont le coefficient de conductivité thermique λ , volumique et la capacité thermique massique.[8]

La chaleur emmagasinée par le sol ne provient généralement pas des profondeurs, mais elle est due à l'ensoleillement, à la convection et à la pluie.

Un dimensionnement de 35W/m de tuyau est une limite au-delà de laquelle les phénomènes de gel se manifestent en cours de saison de chauffe.

Nature du sous-sol	Conductivité thermique (W/mK)	Puissance d'extraction W/m	Longueur sonde m/kW de puissance COP : 3,5
Gravier, sable, sec	0,4	< 20	> 36
Gravier, sable, aquifère	2	60	11
Argile, limon, humide	1,7	35	19,5
Calcaire massif	2,8	52,5	13
Grès	2,3	60	11
Granite	3,4	62,5	12
Basalte	1,7	45	16,5
Gneiss	2,9	65	13

Tableau V.1. l'énergie fourni par le sol [8]

V.5.2. l'objectif de couplage :

Pour montrer l'intérêt du couplage, nous utilisons un modèle simplifié basé sur le cycle de Carnot. Considérons une pompe à chaleur fonctionnant entre la source froide S_f à la température T_f et la source chaude S_c à la température T_c . La chaleur puisée à S_f est Q_f . La chaleur transmise à S_c est Q_c . La quantité totale d'énergie mécanique absorbée par la machine est W

D'après le théorème de CLAUSIUS (application du second principe de thermodynamique) :

$$\frac{Q_f}{t_f} + \frac{Q_c}{T_c} = 0$$

$$\frac{|Q_f|}{T_f} = \frac{|Q_c|}{T_c}$$

Le coefficient de performance idéal (COP) égale a :

$$COP = \frac{T_c}{T_f - T_c}$$

T_f et T_c étant des températures absolues exprimées en KELVIN

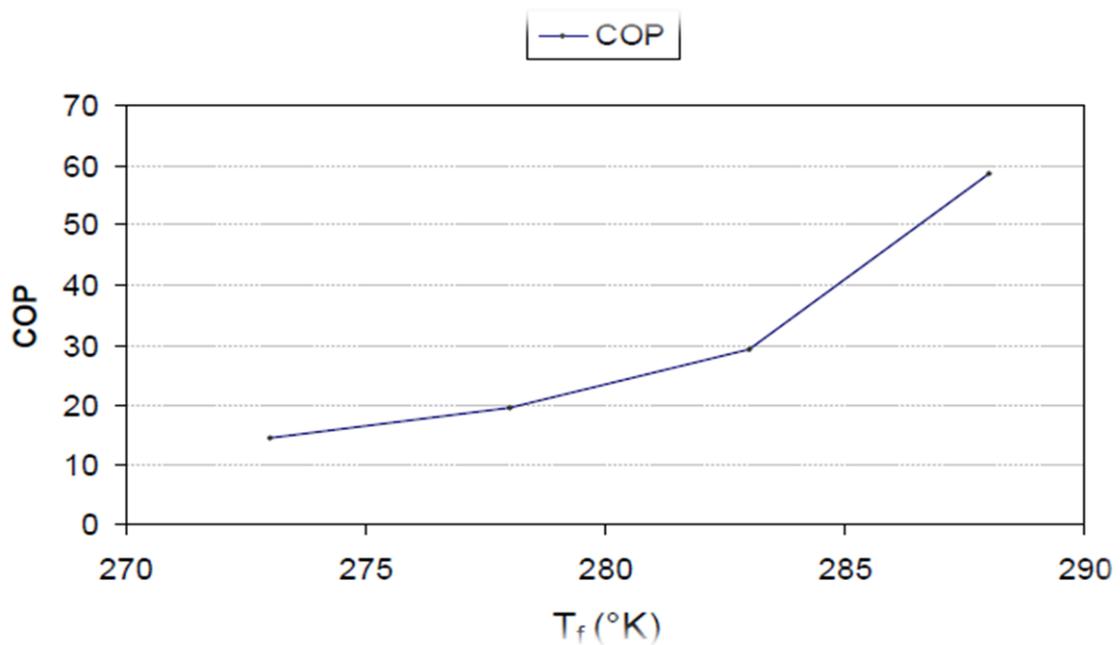


Figure V.2 : L'analyse de la variation du COP en fonction de la variation des températures T_f

V.6.sous système pompe à chaleur :

En effet lorsqu'une masse de fluide se retrouve après diverses transformations dans le même état (pression, volume, température) au même point on dit qu'elle a décrit un cycle.

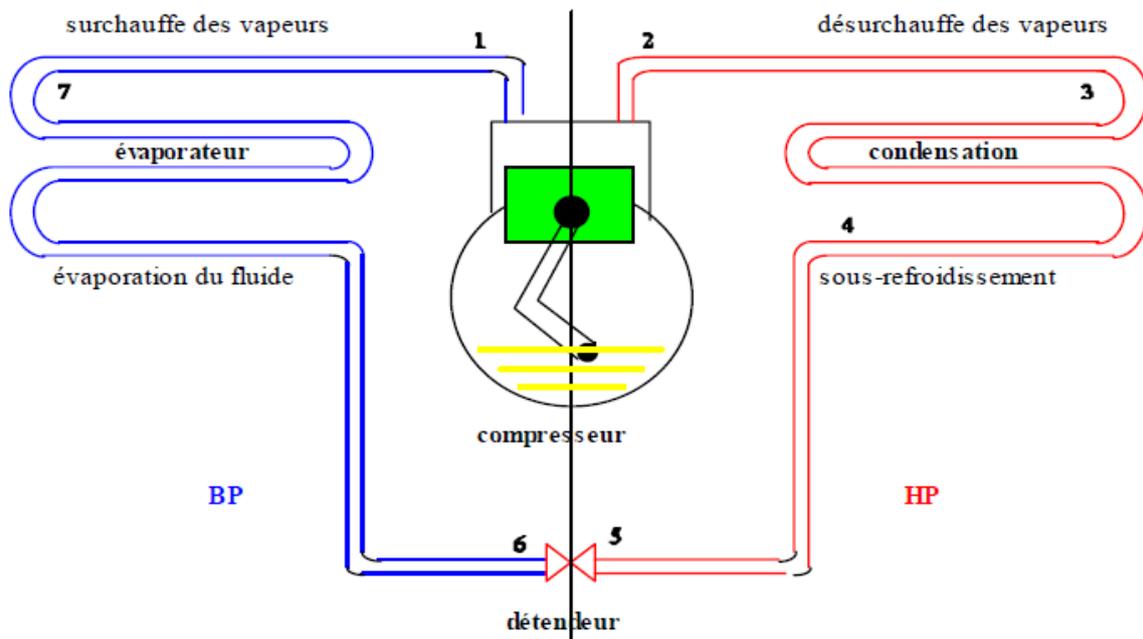


Figure V.6.1 : le cycle frigorigène

Évaporateur:

Dans l'évaporateur le fluide se vaporise, la chaleur latente de vaporisation étant fournie par le médium de refroidissement qui se refroidi.

Etat du fluide à l'entrée: mélange liquide vapeur (80% liquide- 20% vapeur),

Etat du fluide à la sortie: vapeur basse pression surchauffée (régime sec).

Compresseur:

Il absorbe les vapeurs issues de l'évaporateur, les compriment et les refoulent vers le condenseur.

Etat du fluide à l'entrée: vapeurs BP surchauffées

Etat du fluide à la sortie: vapeurs HP surchauffées

Condenseur:

Il va liquéfier les vapeurs refoulées par le compresseur et sous refroidir le liquide condensé.

Etat du fluide à l'entrée: vapeurs HP surchauffées

Etat du fluide à la sortie: liquide HP sous refroidi.

Détendeur:

Il permet à partir du liquide HP sortant du condenseur (où de la bouteille) d'alimenter l'évaporateur en liquide BP basse température.

Etat du fluide à l'entrée: liquide HP sous refroidi

Etat du fluide à la sortie: mélange liquide-vapeur (80 % liquide 20% vapeur).

Tableau V.2 : référence des composants du système

COMPOSANTS		
1	Compresseur	<ul style="list-style-type: none">• hermétique à piston• monocylindrique : puissance ¼ CV• Poids: env. 12kg.
2	Condenseur à eau	Echangeur coaxial FF /eau constitué de : <ul style="list-style-type: none">• Tube cuivre 3/8 de longueur 7.5m• Tuyau plastique Ø 15mm et 7.5 m de longueur.• Isolant de 17mm de diamètre et 7.5m de longueur et 6mm d'épaisseur.• 2Tétines, 2 Tés cuivre et 2 colliers de fixation.
3	Condenseur à air A convection forcée	<ul style="list-style-type: none">• Dimension 31 x 23 x 10cm.• ventilateur électrique de diamètre 22 cm.• Nombre de cosses 23.
4	Réservoir liquide	<ul style="list-style-type: none">• Capacité 1 litre.
5	Organe de détente	<ul style="list-style-type: none">• Détendeur thermostatique à égalisation externe de pression
6	Evaporateur à eau	<ul style="list-style-type: none">• Coaxial : Tube cuivre 3/8 et Tuyau plastique de 15 mm de diamètre et 7 m de longueur.• Isolant de 17 mm de diamètre et 7 m de longueur et 6mm d'épaisseur.

		<ul style="list-style-type: none"> • Deux Tétines, deux Tés cuivre et deux colliers de fixation.
7	Filtre déshydrateur	<ul style="list-style-type: none"> • Cartouche composée à 80% de tamis moléculaire pour une capacité d'absorption optimale et 20% d'oxyde d'alumine pour fixer les acides.
8	Le voyant liquide	<ul style="list-style-type: none"> • Indicateur : - vert : sec. - jaune : humide.
9	Les Vannes	<ul style="list-style-type: none"> • Pour : - condenseur à eau. - évaporateur à eau.
10	Manomètre HP (rouge) BP (bleu)	<ul style="list-style-type: none"> • HP : -1 à 30 bars. • BP : -1 à 12 bars.
11	Pressostat BP	<ul style="list-style-type: none"> • Test de déclenchement manuel • Plage de réglage : Basse pression -0,2 à 7,5 bar, • Différentiel Δp : Basse pression 0,7 à 4,0 bar,
12	Pressostat HP	<ul style="list-style-type: none"> • Test de déclenchement manuel. • Plage de réglage : Haute pression 8 à 32 bar. • Différentiel Δp : Haute pression 1,8 à 6,0 bar.
13	Thermomètre digital portatif	<ul style="list-style-type: none"> • indique la température dans l'endroit voulu.
14	Boitier affichage de température	<ul style="list-style-type: none"> • Boitier en bois de dimensions 28x10x15 cm avec afficheurs de température électronique.
15	Panneau et Table	<ul style="list-style-type: none"> • cadre métallique et panneau en bois
16	Connexion évaporateur	<ul style="list-style-type: none"> • Production eau froide
17	Connexion condenseur	<ul style="list-style-type: none"> • Production eau chaude

18	Protection	<ul style="list-style-type: none"> • plexiglas
19	Tableau de commande	<ul style="list-style-type: none"> • Commutateurs+voyants

V.6.1. Chaleur et puissance calorifiques produites au condenseur :

-Dans les conditions décrites et étant donné que le condenseur est une machine statique ($w=0$) :

La chaleur produite, Q_{CD} par unité de masse de frigorigène qui se désurchauffe, se liquéfie et se refroidit dans le condenseur (de 2 à 4) est :

$$Q_{CD} = h_1 - h_2 < 0$$

D'où :

Q_{CD} : En [kJ/kg].

La puissance calorifique (thermique) produite au condenseur est (en valeur absolue) alors :

$$P_c = \dot{m}|Q_{CD}| = \dot{m}(h_2 - h_4)$$

V.6.2. Chaleur et puissance calorifique extraites à l'évaporateur :

-La chaleur extraite, Q_f par unité de masse de frigorigène qui s'évapore (de 5 à 1) est d'après le cycle étudié :

$$Q_f = h_1 - h_5$$

Par conséquent, la puissance calorifique qu'une PAC absorbe à sa source froide (le débit massique \dot{m} étant connu) est :

$$P_f = \dot{m}(h_1 - h_5)$$

V.6.3. Travail et puissance absorbée par le compresseur :

-Pour comprimer le débit massique \dot{m} de vapeur de 1 à 2, le compresseur recevrait le travail :

$$W = h_2 - h_1$$

Et donc la puissance

$$P_{\text{comp}} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

En tenant compte des pertes (thermodynamique et mécaniques) le compresseur réel doit consommer sur son arbre, la puissance effective :

$$P_{\text{réelle}} = \frac{P_{\text{comp}}}{h_{\text{réel}}} = \frac{\dot{m}(h_2 - h_1)}{h_{\text{réel}}}$$

($h_{\text{réel}}$ Représente le rendement du transfert de puissance mécanique au compresseur).

V.6.4. Dimensionnement de la PAC :

-Dans ce cas la source froide de la PAC est le capteur géothermique horizontale.

On considère que la température au niveau du sol est égale à 15°C alors la température au niveau de l'évaporateur sera donc d'environ 12°C (avec les pertes de chaleur).

$$\begin{cases} T_1 = 15^\circ\text{C} \\ T_2 = 40^\circ\text{C} \end{cases}$$

A partir de diagramme de T-S on a :

- S1 = 1.75 KJ/K/Kg
- S2 = 1.7 KJ/K/Kg
- S3 = 1.2 KJ/K/Kg
- S4 = 1.05 KJ/K/Kg

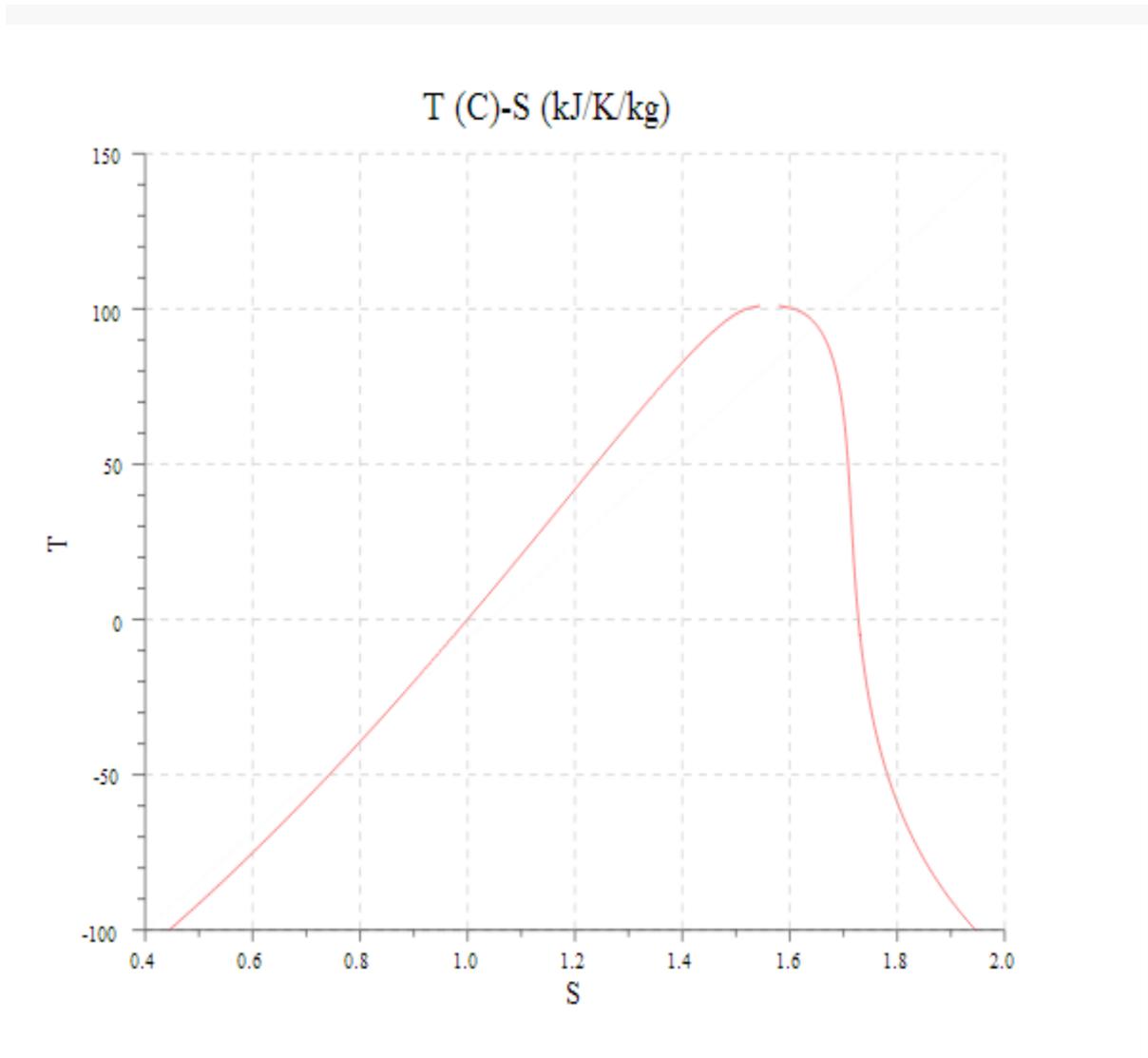


Figure V.5 : diagramme de T-S de R134a [14]

A partir du diagramme du R134a on peut tirer l'enthalpie pour ces températures à l'évaporateur et de condenseur on a :

$$h_1 = 390 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 408 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 = 365 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_5 = 370 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$h_4 = 360 \text{ KJ/Kg}$$

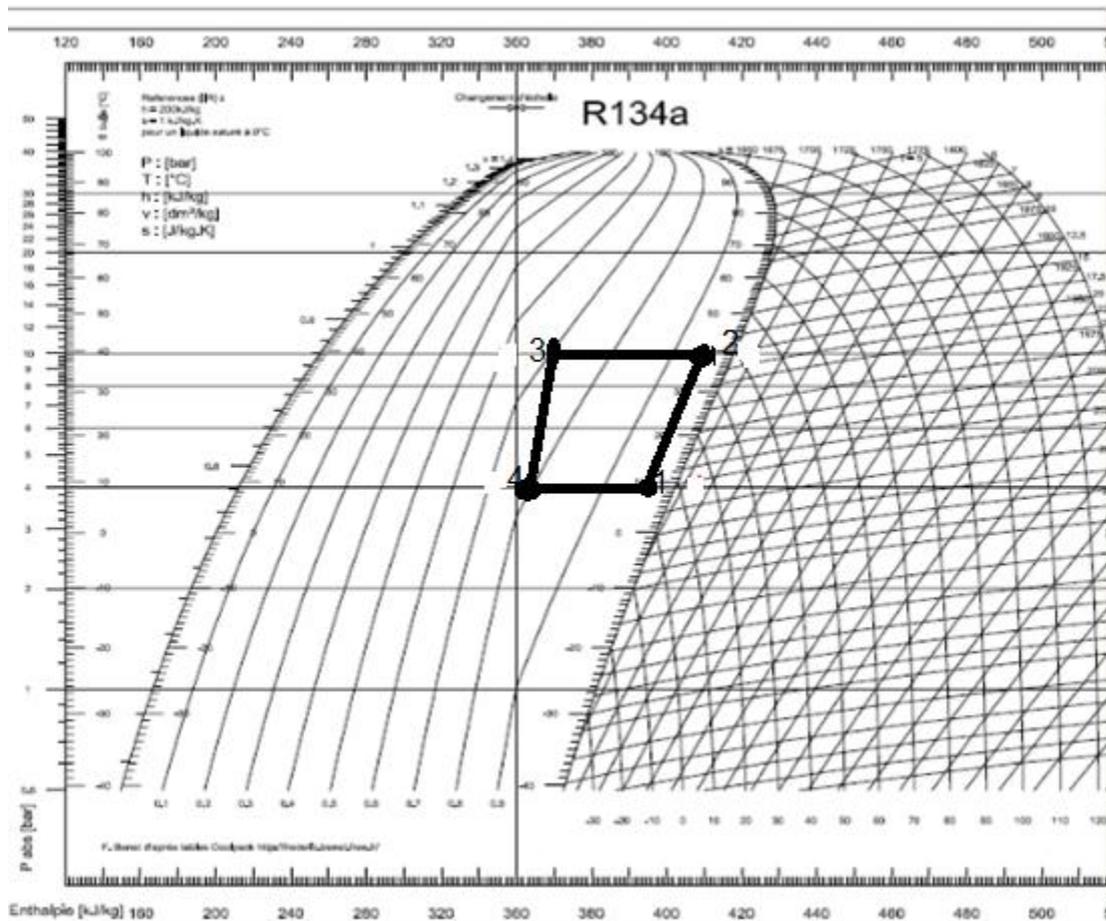


Figure V.6 : diagramme de l'enthalpie de R134a

V.6.5. Calcul du débit massique \dot{m} :

-Le débit massique de fluide sera donc donnée par :

$$\dot{Q}_f = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

D'ou

$$\dot{m} = \frac{56}{408 - 365} = 1.3 \text{ Kg/s}$$

V.6.6. La puissance du champ de capteur :

-Le champ de captation doit dépend à la demande qui sera injectée dans la pompe à chaleur.

Soit la puissance minimale de champ de captation (en néglige les pertes) est :

$$Q_{\text{capteur}} = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

$$Q_{\text{capteur}} = 1.3(390 - 360)$$

$$Q_{\text{capteur}} = 39 \text{ KW}$$

V.6.7 La quantité de chaleur absorbée par l'évaporateur :

$$Q_{\text{évp}} = \dot{m}(h_1 - h_5)$$

$$Q_{\text{évp}} = 1.3(390 - 370) = 26 \text{ KW}$$

V.6.8. Travail du compresseur :

$$Q_{\text{comp}} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$Q_{\text{comp}} = 1.3(408 - 390) = 23.4 \text{ KW}$$

V.6.9. La quantité de chaleur dégagée par le condenseur :

$$Q_{\text{cond}} = \dot{m}(h_2 - h_3)$$

$$Q_{\text{cond}} = 1.3(408 - 365) = 55.9 \text{ KW}$$

V.6.10. Travail du détenteur :

$$Q_{d\acute{e}te} = \dot{m}(h_4 - h_3)$$

$$h_4 = h_3$$

$$Q_{d\acute{e}te} = 0$$

Détende par lamage

-Et pour le COP qui est le rapport de l'énergie cédée à la cellule au travail du compresseur, il vient :

$$\text{COP} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{43}{18} = 2.38$$

V.7.conclusion :

Dans ce chapitre on conclue que la pompe à chaleur géothermique peut couvrir les besoin dans notre habitation, et aussi que le COP de cette dernier est dans l'énorme internationale, aussi que le plancher chauffant assure une bonne répartition de la chaleur dans l'habitat.

CONCLUSION GENERALE

Le plancher chauffant et La pompe à chaleur sont les l'élément plus essentiel dans l'installation géothermique. C'est grâce à elle que la chaleur du sol peut être récupérée, amplifiée puis restituée à l'intérieur des bâtiments à chauffer.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces machines on a des études théoriques et expérimentales.

L'objet principal de ce mémoire été la conception énergétique d'une installation de plancher chauffant par pompe a chaleur géothermique dans une habitation de R+1 qui servira d'outil pédagogique pour l'enseignement de la thermodynamique et du transfert de chaleur, pour cela on a passée par plusieurs étapes pour réaliser notre but.

Tout d'abord, il a été nécessaire de ce documenté sur les différents aspects théoriques qui concerne notre sujet. De plus, nous avons entrepris une recherche sur les réalisations de notre projet déjà existant.

On a réalisé une conception tout en se basant sur la recherche bibliographique

Ensuite, on a commencé à réalisé notre plans de la maison dan le logicielle ALCYON, après on a choisie la meilleur composition et isolation pour nos parois et sur un logiciele du plaiade + comfie .qui nous a permet de calculer les besoin de notre habitation. Et aussi les puissance de chauffage pendant la période hivernale, mais avant nous allons crée de scénario (occupation, ventilation, puissance dissipée...etc.)

Suite à cela, on s'est concentré sur le dimensionnement du plancher chauffant et sur la machine thermodynamique de production du chaud, tout cela pour couvrir les besoin thermique.

Cette étude a enrichi nos connaissances pratiques dans différents domaines malgré certaines difficultés sur les logicielle, nous avons atteint l'objectif fixé.

Nous recommandons aux futurs étudiants de poursuivre ce travail afin d'améliorer la consommation énergétique dans l'habitation en Algérie.

Référence

[1]**Mr REDDAH Takieddine** : Etude et dimensionnement d'un système solaire combiné Application : Logement individuel type F3 à Batna ; Soutenu le 15/02/2015

[2]**THESE DE DOCTORAT** en physique énergétique et matériau par « Razika kharchi » : ETUDE ENERGETIQUE DE CHAUFFAGE, RAFRAICHISSEMENT ET EAU CHAUDE SANITAIRE D'UNE MAISON TYPE EN ALGERIE 2012/2013.

[3]**Mémoire de magister en génie mécanique**, thermique du bâtiment par : boulkamh mourad soutenue le 02/08/2008, Thème : *CONTRIBUTION A L'ETUDE, LA SIMULATION ETL'ANALYSE DES POMPES A CHALEUR ASSISTEES PAR L'ENERGIE SOLAIRE.*

[4]Thèse de mémoire pour l'obtention de master en génie mécanique Présenté par: KHATIR AHMED, Soutenu le : 8 Octobre 2014, thème : Conception et Réalisation d'un Banc Didactique D'une pompe à chaleur géothermique couplée à un système de chauffage basse température.

[5]Belloufi Yousef : Modélisation d'un échangeur air/sol dont le but de rafraichissement des locaux. Promotion : Juin 2012

[6]Mohamed SAADEDDINE : Identification et analyse des principaux Facteurs influant le comportement thermique d'un échangeur air/sol enterré. Soutenu publiquement le : 30/01/2013

[7]MEDFOUNI Samir : ADOUCISSEMENT DES EAUX

GEOOTHERMALES DE L'OUEDR'HIR. ETUDE COMPARATIVE DE DEUX TYPES DE CHAUX ; Soutenu publiquement le : 28 / 05 /2007

[8]Mémoire de magister en 2006 par : S.OUALI «étude géothermique du sud

De l'Algérie »

[9]Article sur le dimensionnement de sonde géothermique verticale pour des applications de chauffage et rafraichissant par pompe à chaleur par :Mikael PHILIPPE – BRGM, Michel BERNIER – Ecole Polytechnique de Montréal, Dominique MARCHIO – Mines Paris Tech, Odile CAURET – EDF R&D

[10] réglementation thermique des bâtiments d'habitations, document technique réglementaire (D.T.R. C.3.2) par La ministère de l'habitat.

[11] wikipédia de la wilaya de Blida

[12] logicielle des donnée météo logique météonorme 7.

[13] *Conception bioclimatique et analyse du confort thermique par simulation dynamique* : «PLEIADES + COMFIE»

[14] *le diagramme de l'enthalpie par la pression R143a*