

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE Saad Dahleb de Blida

Faculté des sciences de l'ingénieur

Département De Mécanique



MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Mécanique

FILIERE : énergétique

OPTION : Application des énergies renouvelable dans l'habitat

Thème

Rafrachissement par puits canadiens

Présenté par :

Benteftifa Oussama

Encadré par :

Pr. Hamid

Promotion : 2014- 2015

**A ma mère, à mon père,
À ma sœur, à mon frère.**

Remerciements

Avant de commencer la présentation de ce rapport, nous remercions avant tout ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la foi, la volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je tiens à remercier en particulier Mr Hamid abd el Kader, mon promoteur, qui ma aidé et guidé par ses conseils, durant la période de ce projet de fin d'études. Je tiens à remercier également Mme Hatfrac nesrine ma Co-promotrice.

Je n'aurais garde d'oublier dans ces remerciements les membres du jury qui ont bien voulu examiner ce travail.

J'adresse pareillement mes remerciements à tous les enseignants du Département de mécanique qui ont contribué à ma formation pendant ces longues années.

Enfin je remercie vivement mes parents, mon frère, ma sœur, mes proches et mes collègues du groupe (AERH) pour tous les efforts qu'ils ont déployés pour m'aider et me soutenir moralement et financièrement.

Dédicaces

Je souhaite dédier ce modeste travail, synonyme de concrétisation de tous mes efforts fournis ces dernières années :

A mes très chers parents pour leur dévouement, leur compréhension et leur grande tendresse.

A mon frère Islem, ma sœur et me hermosa.

A toute la famille.

A mes amis qui n'ont jamais cessé de m'encourager et me soutenir dans tous les moments.

A tous mes amis de la promotion.

Oussama

Résumé :

L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de bâtir en alliant respect de l'environnement et confort de l'habitant. Elle a pour objectif d'obtenir des conditions de vie agréable de la manière la plus naturelle possible, en utilisant par exemple les énergies renouvelables.

La présente étude s'intéresse au rafraichissement par une technique géothermique d'un échangeur air/sol appelé « Puits canadien » qui a été simulé dans une maison individuelle réalisé sur des concepts bioclimatique situé à ouled fayet (exploitation agricole collectif). En exploitant les paramètres de l'habitat et en faisant un bilan thermique par simulation à l'aide du logiciel PLEAIDES + CONFIE, on peut connaître les consommations énergétiques annuelles de la maison et on peut améliorer ce dernier en intégrant et en dimensionnant un puits canadien puis, on dernier on analysera l'influence de quelques paramètres, à savoir : la profondeur, le diamètre, et la longueur du tube sur la température intérieur et extérieur de l'échangeur.

العمارة المناخية البيولوجية هي فن ومهارة بناء يجمع بين الحفاظ على البيئة وراحة للسكان. انها تهدف الى الحصول على الظروف المعيشية اللطيفة في الطريقة الأكثر طبيعية ممكنة، على سبيل المثال باستخدام الطاقة المتجددة

هذه الدراسة تهتم في تحديث التكنولوجيا الحرارية الأرضية عن طريق مبادل الهواء / التربة تسمى " بئر الكندي " الذي محاكاة في منزل مصنوع على المفاهيم المناخية البيولوجية الموجودة أولاد فاييت (المزارع الجماعية). من خلال استغلال يعهد البرمجيات، يمكننا أن نعرف من استهلاك PLEAIDES + المعلومات الموائل وجعل محاكاة التوازن الحراري باستخدام الطاقة السنوي للمنزل ويمكن تحسينها عن طريق دمج والتحجيم بئر الكندي ثم، فإن تأثير آخر واحد تحليل العديد من المعلومات، وهما: العمق والقطر، وطول الأنبوب في الداخل والخارج في درجة الحرارة للمبادل

The bioclimatic architecture is the art and skill of building combining environmental friendliness and comfort of the inhabitant. It aims to obtain pleasant living conditions in the most natural way possible, for example by using renewable energy.

This study is interested in geothermal technology refresh by an air exchanger / soil called "Canadian Well" which was simulated in a house made on bioclimatic concepts located Ouled Fayet (collective farm). By exploiting the habitat parameters and making a thermal balance simulation using PLEAIDES + ENTRUSTS software, we can know the annual energy consumption of the house and it can be improved by integrating and sizing a Canadian well then, the influence last one will analyze several parameters, namely: the depth, diameter, and length of the tube on the inside and outside temperature of the exchanger

SOMMAIRE

Introduction générale :	13
Chapitre I : Etude bibliographique et état de l'art	
I.1. Introduction :.....	17
I.2. Historique et Définition de l'échangeur air-sol :.....	17
I.3. Recommandation des échangeurs enterrés :.....	18
I.3.1. Prise d'air neuf :.....	18
I.3.2. L'échangeur géothermique :.....	19
I.3.3. Système d'évacuation des condensats :.....	19
I.3.4. Le ventilateur :.....	20
I.4. Confort thermique des bâtiments d'habitations :.....	20
I.4.1. Définition :.....	20
I.4.2. Les phénomènes physique en jeu :.....	20
I.4.3. Notions élémentaires appliquées au bâtiment :.....	20
I.4.4. Zone de confort dans le diagramme psychométrique :.....	21
I.5. Impact du puits canadien sur la qualité de l'air intérieur :.....	21
I.5.1. Les dégradations dues à des agents physiques :.....	21
I.5.2. Les dégradations dues aux agents chimiques :.....	21
I.5.3. Les dégradations dues à des agents biologiques :.....	22
I.6. Les conditions de présence des agents de dégradation de la qualité de l'air Intérieur :.....	22
I.6.1. Les agents provenant de l'air extérieur :.....	22
I.6.2. Les agents provenant du sol :.....	22
I.7. Les impacts de la conception, du dimensionnements, de la mise en œuvre et de l'entretien sur la qualité de l'air intérieur :.....	23
I.7.a. L'impact de la conception :.....	23
I.7.b. Le dimensionnement :	23
I.7.c. La mise en œuvre :.....	23
I.7.d. L'entretien :.....	23
I.8. État de l'art sur les différents modèles d'échangeurs air-sol :.....	24
I.9. Conclusion :.....	25

Chapitre II : **Présentation de la maison dans le site d'Alger**

II.1.Introduction :.....	27
II.2. Classification du climat en Algérie :.....	27
II.3.La situation géographique de la ville d'Alger :.....	27
II.3.1. Localisation de la commune d'ouled fayet :.....	28
II.4. Caractéristique climatique du site :.....	29
II.4 .1 Diagramme climatique :.....	30
II.5. Présentation de la maison :.....	31
II.5.1 Composition de l'ossature de la maison :.....	33
II.6. Conclusion :.....	36

Chapitre III : **Simulations et application des logiciels**

III.1. Introduction :.....	38
III.2. Présentation générale de l'outil de simulation « le logiciel PLEIADES + COMFIE » :.....	39
III.2.1. Pourquoi la simulation thermique dynamique ?.....	39
III.2.2. Une analyse pertinente :.....	39
III.2.3. Pléiades + Comfie :.....	39
III.2.4. L'interface Pléiades+ Comfie :.....	40
III.2.5 L'interface alcyone :.....	41
III.2.6. Interface meteonorm :.....	42
III.3. La saisie de l'habitat :.....	43
III.4. Compositions des matériaux constructifs de la maison :.....	44
III.4.1. Description des parois :.....	44
III.5. Les zones thermiques et les scénarios utilisés dans les logements :.....	46
III.5.1. Environnement et fonctionnement de la maison :.....	46
III.5.2. Scénario de consigne thermostat :.....	46
III.5.3. Scénario d'occupation :.....	47
III.5.4. Scénario de puissance dissipée :.....	50
III.5.5. Scénario de ventilation :.....	54
III.6. Conclusion :.....	55

Chapitre IV : **Analyses et résultats**

IV.1. Introduction :.....	57
IV.2. Etape de l'acquisition des résultats :.....	57
IV. 3. Simulations sans consigne thermostat :.....	58
IV. 4. Simulations avec consigne thermostat :.....	63
IV.5. Conclusion :.....	69

Chapitre V : **Intégration de l'échangeur**

V.1. Introduction :.....	71
V .2. Principaux paramètres du dimensionnement :.....	71
V.2.1. Le débit d'air total :.....	72
V.2.2. Le nombre et le diamètre des tubes :.....	72
V.2.3. La vitesse de l'air dans les tubes :.....	72
V.2.4. La longueur des tubes :.....	72
V.2.5. La distance entre les tubes :.....	72
V.2.6. La profondeur d'enfouissement des tubes :.....	73
V.2.7. La nature du sol et son taux d'humidité :.....	73
V.2.8. La rugosité intérieure des tubes :.....	74
V.2.9. La nature des tubes :.....	74
V.2.10.La géométrie de l'échangeur :.....	74
V.2.11. Influence de la présence d'un bâtiment proche :.....	75
V.2.12. Influence de la présence d'une nappe phréatique proche :.....	75
V.2.13. L'humidité de l'air :.....	76
V.2.14. Le by-pass :.....	76
V.3. Hypothèses considérées :.....	76
V.4. Equations à prendre en considération :.....	77
V .5. Fixation des paramètres :.....	78

V.6. Etude paramétrique et calculs :.....	79
V.7. Géométrie de pose finale :.....	81
V.8. Simulation de l'échangeur avec le logiciel GAEA :.....	83
V.8.1 le logiciel GAEA :(interprétation graphique des échangeurs géothermique).....	83
V.8.2 paramètres intégrer sous GAEA :.....	83
V.8.3. variation de la température de l'air à la sortie de l'échangeur :.....	83
V.8.4. variation de la température de l'air à l'intérieur de l'échangeur pour une journée:...	84
V.8.5. estimation des gains annuels :.....	85
V.8. Conclusion :.....	85
Conclusion générale :	86

Liste des figures

Figure 1 Schéma d'un puits canadien.....	18
Figure 2:Diagramme de l'air	21
Figure 3:classification du climat en Algérie.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 4:Ville d'Alger	27
Figure 5:Localisation de la commune d'ouled fayet.....	28
Figure 6:Carte de situation de la wilaya d'Alger	29
Figure 7:Carte de situation d'ouled fayet	29
Figure 9: graphe de l'ensoleillement	30
Figure 10: graphe de l'humidité	30
Figure 8: graphe de la température	30
Figure 11: graphe de la pluviométrie	31
Figure 12: Plan, coupe, façades, plancher de la maison.....	31
Figure 13: plan RDC	32
Figure 14: Coupe A-A.....	32
Figure 15: Fenêtre double vitrages en aluminium.	35
Figure 16: Plan de travaille du logiciel	38
Figure 17: L'interface Pléiades+ Comfie	40
Figure 18: L'interface alcyone.....	41
Figure 19: Interface meteonorm	42
Figure 20: Plan dessiné par alcyone.....	43
Figure 21: plan 3D par alcyone	44
Figure 22: Murs extérieur.....	44
Figure 23: Murs intérieurs	45
Figure 24: Plancher bas	45
Figure 25: Toiture	45
Figure 26: température d'hiver sans consigne.....	58
Figure 27: semaine la plus froide d'hiver.....	59
Figure 28: température d'été sans consigne	61
Figure 29: semaine la plus chaude d'été	62
Figure 30: température hiver avec consigne thermostat	64
Figure 31: puissance en chauffage.....	65
Figure 32: température d'été avec consigne thermostat.....	67

Figure 33: puissance de climatisation	68
Figure 34: Schéma du principe du puits canadien	70
Figure 35: caractéristique du sol.....	73
Figure 36: géométrie des échangeurs.....	74
Figure 37: influence des paramètres sur la longueur et la température	79
Figure 38: schéma de l'intégration du puits canadien (1er cas)	80
Figure 39: schéma de l'intégration du puits canadien (2er cas)	81
Figure 40: intégration des paramètres sous GAEA	82
Figure 41: graphe de la variation de la température de sortie durant l'année	83
Figure 42: graphe de l'évolution de la température à l'intérieur de l'échangeur	83

Liste des tableaux

Tableau 1: surface des parois et plancher.....	33
Tableau 2: caractéristiques du mur extérieur.....	33
Tableau 3: caractéristiques du mur intérieur	34
Tableau 4: caractéristiques du plancher haut.....	34
Tableau 5: caractéristiques du plancher bas	35
Tableau 6: consigne thermostat de chauffage.....	46
Tableau 7: consigne thermostat de climatisation.....	47
Tableau 8: scenario d'occupation dans la zone chambres.....	48
Tableau 9: scénarios d'occupation cuisine	48
Tableau 10:scénarios d'occupation salon	49
Tableau 11: scénarios d'occupation SDB + WC.....	49
Tableau 12: scenario de puissance chambres	50
Tableau 13; scenario de puissance cuisine	51
Tableau 14: scenario puissance hall.....	51
Tableau 15: scenario puissance salon	52
Tableau 16: scenario SDC + WC.....	52
Tableau 17: scenario ventilation d'été.....	53
Tableau 18: scenario ventilation hiver	54
Tableau 19: température d'hiver sans consigne.....	57
Tableau 20: température d'été sans consigne.....	60
Tableau 21: besoin en chauffage	63
Tableau 22: besoin en climatisation.....	66

Nomenclature

c: Chaleur massique de l'air.....	J/kg.K
e: Epaisseur de la gaine du conduit.....	m
q_v : Débit volumique de l'air.....	m ³ /h
L: Longueur du conduit.....	m
Q: Quantité de chaleur échangée.....	J
r_1 : Rayon intérieur de la gaine.....	[m]
S: Surface latérale de la gaine.....	m ²
r_2 : Rayon extérieur de la gaine.....	m
R _{cd} : Résistance thermique de la gaine du conduit à la convection.....	m ² .K/W
R _{cv} : Résistance thermique de la gaine du conduit à la conduction.....	m ² .K/W
T _{ae} : Température de l'air à l'entrée du conduit.....	°C
L: Résistance thermique totale de la gaine du conduit.....	m ² .K/W
T _{sol} : Température du sol.....	°C
T: Température.....	°C
T _a : Température de l'air – conduit.....	°C
V : Volume d'air.....	m ³
v: Vitesse de circulation de l'air à l'intérieur du conduit.....	m/s
□: Flux thermique par unité de surface à travers la paroi du tube.....	
	W/m ²
λ: Conductivité thermique de la paroi de la gaine du conduit.....	W/m.K

INTRODUCTION GENERALE

Deux tendances majeures se développent, s'affrontent et se complètent dans le domaine de la construction du bâtiment. La première cherche à limiter la consommation d'énergie et à réduire les émissions de gaz à effet de serre pour des raisons environnementales et écologiques. La seconde privilégie un bâti et des matériaux sains pour diminuer les sources de pollution et de dégradation de la qualité de l'air intérieur et ainsi protéger la santé des occupants. L'Algérie dispose de réserves énergétiques importantes qui permettent de couvrir largement la demande en énergie pour l'ensemble du pays et sur une longue période. La loi 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie, qui définit le modèle de consommation énergétique nationale et modalités de concrétisation de la maîtrise de l'énergie exige de réserver l'emploi à ses usages spécifiques.

L'utilisation d'un échangeur air/sol, système appelé communément « puits canadien » en France et parfois « puits provençal » lorsqu'il sert à rafraîchir l'habitation, connaît un développement important depuis quelques années. Il consiste à utiliser comme entrée pour la ventilation de la maison, de l'air qui a préalablement circulé dans un tube enterré à une certaine profondeur. La température du sous-sol étant moins variable que celle de l'air extérieur cela permet d'avoir une entrée d'air plus tempérée. En hiver, l'air est réchauffé avant de pénétrer dans la maison ; en été il est rafraîchit. Il s'agit ainsi du système de géothermie le plus simple qui soit, avec une consommation électrique réduite à la celle du ventilateur utilisée pour la circulation de l'air. Ce système est utilisé traditionnellement en Amérique du nord pour maintenir les habitations hors gel sans chauffage pendant l'hiver pourtant très rigoureux (à noter que le terme de « puits canadien » n'est pas employé au Canada). Ce système permet de compenser de manière notable la perte de chaleur induite par les débits de ventilation imposés par la réglementation française actuelle. En été, il permet d'abaisser la température maximale de quelques degrés. Le système doit être désactivé pendant les intersaisons afin de ne pas refroidir la maison alors que l'on recherche la chaleur. L'entrée d'air est alors directement prise sur l'extérieur sans passer par le puits canadien. Le dimensionnement d'un puits canadien est assez délicat du fait du nombre de paramètres à optimiser : longueur, diamètre et nombre de tubes, profondeur d'enfouissement, distance entre les tubes, débit de ventilation. La notice de dimensionnement présentée ici a pour but de proposer des critères

objectifs pour le choix de ces différentes caractéristiques. Ce travail est basé sur des simulations numériques d'échange thermique par convection forcée dans un tube enterré. Ceci permet de mettre en évidence l'effet du diamètre, de la longueur, du débit volumétrique de la différence de température entre le sol et l'air entrant sur le flux thermique fourni par le puits canadien. Dans un second temps, nous présentons des simulations de flux annuel en fonction de la profondeur d'enfouissement de la gaine. Ceci permet de mettre en évidence les périodes d'apport de chaleur et/ou de fraîcheur au cours de l'année et la nécessité de coupure aux intersaisons. Enfin nous donnons quelques éléments pour le calcul des pertes charge aérauliques.

Problématique :

Le puits canadien est parmi les technique et principe les plus simple de rafraichissement de l'air par la géothermie mais sa reste toujours l'un des systèmes les plus délicates à dimension, dans ce contexte :

Quelle est l'approche la plus simple et efficace d'un dimensionnement d'un puits canadien dans un cas réel ?

Démarches à suivre

Chapitre I : Dans ce chapitre on mène une description générale des puits canadiens /provençaux ainsi on s'intéresse à l'état de l'art concernant les échangeurs air-sol.

Chapitre II : Dans ce chapitre on va montrer la situation géographique d'Alger où se situe notre projet et la localisation de la commune d'Ouled Fayet ainsi que les caractéristiques climatiques et à la fin une présentation générale de notre maison.

Chapitre III : Dans ce chapitre on va faire une présentation générale de l'outil de simulation qui est Pléiades + Comfie, la saisie de la maison (le plan sur Alcyone), la composition des matériaux constructifs de l'habitat et tout le fonctionnement de la maison (scénario de ventilation, d'occupation, puissance dissipée, et consigne thermostat).

Chapitre IV : Dans ce chapitre qui est intitulé analyse et résultats on va interpréter et analyser tous les simulations et scénarios du fonctionnement de l'habitat pour en tirer à la fin la somme des besoins totaux, besoin en chauffage et besoin en climatisation.

Chapitre V : Dans ce chapitre on va passer à l'intégration du puits canadien dans notre habitat en passant par un calcul de la longueur et de la température de sortie de l'échangeur et une simulation à l'aide de l'outil GAEA et en fin arrivée à dire si notre système satisfait nos besoins énergétiques.

Chapitre I

Etude bibliographique et état de l'art

I.1. Introduction :

Dans le contexte mondial de réduction des émissions et de protection du milieu environnant, les solutions alternatives ont bénéficié d'un grand développement dans les dernières années et de plus en plus les gens prennent en compte ces solutions pour leurs espaces de logement. Parmi ces nouvelles solutions on a le puits canadien. Le « puits canadien » est sorti peu à peu de l'oubli à partir de 2003, suite à la canicule, et grâce à la visibilité croissante des énergies renouvelables.

S'il existe de nombreuses solutions écologiques pour produire de la chaleur, les solutions alternatives à la climatisation sont peu nombreuses. Le puits canadien est l'une d'elle, la plus facilement transposable sur l'habitat individuel.

I.2. Historique et Définition de l'échangeur air-sol :

Les systèmes géothermiques exploitent les calories présentes sous terre en les pompant soit à l'eau d'une nappe phréatique soit directement au sol. L'exploitation de la chaleur du sol est ancienne. En effet, les premières traces remonteraient à 12000 ans au Japon où l'eau chaude naturelle des régions volcaniques servait déjà à cuire et à se chauffer. Ces systèmes, dont la première application brevetée remonte à 1912 ont commencé à se démocratiser dans les années 1970 avant de réellement gagner les marchés dans les années 80.

La recherche sur les échangeurs air-sol semble avoir démarré après le pic pétrolier de 1979 et s'arrêtée temporairement après le contre-choc de 1985. Ce n'est que depuis 1995 que quelques chercheurs ont repris des études sur les questions des performances des échangeurs air-sol, de leur comportement thermique et de leur intégration au bâtiment comme système de pré-conditionnement de l'air. Une analyse des différentes approches rencontrées dans la littérature permet d'identifier les différentes hypothèses et simplifications, ainsi que les outils de représentation mathématique employés qui dépendent des objectifs du modèle. Cette analyse constitue une intéressante base de travail préalable à la conception d'un modèle.

En fonction des conditions atmosphériques, de l'heure, du jour et de la saison, l'air extérieur subit de fortes variations de température et d'hygrométrie. À l'opposé, le sol, à quelques mètres sous sa surface, présente une température peu variable en raison de sa grande inertie thermique. L'échangeur air-sol — appelé aussi puits canadien ou puits provençal, tire parti de cette grande

inertie en mettant en contact thermique l'air extérieur avec le sol. Sa finalité première est le pré-conditionnement thermique et hygrométrique de l'air de ventilation des bâtiments.

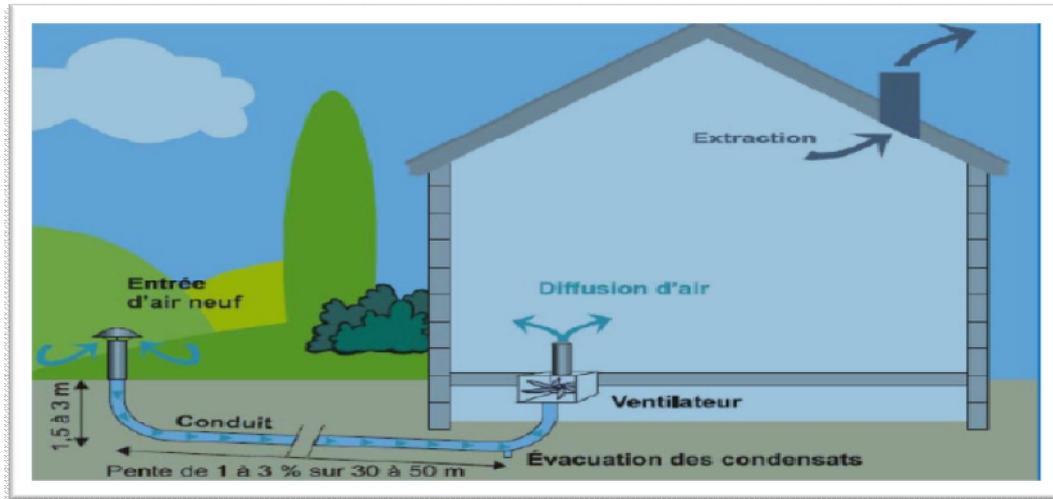


Figure 1 Schéma d'un puits canadien

Ce type d'équipement n'est pas adapté à tous les bâtiments. En effet, sa construction nécessite la réalisation de tranchées relativement profondes (de 1 à plusieurs mètres) et un espace au sol relativement important est requis. Il semble donc plus adapté aux bâtiments construits en zone ouverte (quartier pavillonnaire, zone d'activité) qu'à ceux situés en zone urbaine dense. Des bâtiments de toute taille peuvent en être équipés, depuis les maisons individuelles jusqu'aux logements collectifs et aux bâtiments de bureaux.

Du point de vue technique et économique, il est préférable d'implanter l'échangeur au moment de la réalisation du gros œuvre, plutôt qu'après la mise en service du bâtiment.

I.3. Recommandation des échangeurs enterrés :

Il n'existe pas réellement de modèle de puits canadiens, toutefois il est possible de souligner des points qui semblent incontournables :

I.3.1. Prise d'air neuf :

Tous les puits canadiens possèdent une prise d'air neuf. Elle peut être en colonne extérieure circulaire ou cubique et placée en façade du bâtiment ou à distance lorsque le terrain le permet. Ses dimensions sont généralement les mêmes que celles des conduits auxquels elle est reliée de manière à ne pas occasionner de variations de vitesse et de pertes de charge. Elle peut être à une ou plusieurs directions en fonction des éventuelles sources de pollution environnantes. Elle est souvent pourvue d'un chapeau et d'ailettes empêchant l'eau de pluie de pénétrer dans le puits.

La prise d'air est généralement placée légèrement en hauteur de manière à éviter les

poussières elle est fixée dans le sol par un socle en béton.

Plusieurs matériaux sont utilisés pour les prises d'air :

- L'acier inoxydable, l'acier galvanisé ou le béton pour le tertiaire.
- L'acier inoxydable, l'acier galvanisé ou le béton, le polyéthylène, le polypropylène ou le PVC pour le résidentiel individuel.

La prise d'air est équipée d'une grille à maille fine dans le cas des puits collectifs ou tertiaires et d'une grille à maille large dans le cas du résidentiel, ses mailles sont en acier ou en plastique de sorte à protéger le puits des intrusions d'animaux, de feuilles et de branches.

I.3.2. L'échangeur géothermique :

Il est constitué d'un ou de plusieurs tubes assurant à la fois la canalisation du flux d'air et les échanges thermiques entre l'air et le sol.

Les principales caractéristiques des échangeurs sont leurs dimensions (diamètre, longueur) et leur matériau. Le choix du matériau varie en fonction des contraintes mécaniques, des dimensions et des performances thermiques recherchées.

L'échangeur est généralement enterré entre 4 et 6m pour le tertiaire et entre 1 à 2 m pour le résidentiel individuel. Il est assez éloigné de la dalle des bâtiments pour éviter toute fuite de chaleur de celle-ci vers le puits. Une pente régulière de 2 à 3 % est mise en place afin d'évacuer les éventuelles condensats. Un échangeur occupe de l'espace, sa configuration à une influence importante sur les pertes de charge. Pour cela la meilleure configuration doit satisfaire le compromis entre les possibilités offertes par le terrain et les pertes de charge. La figure II représente les différentes configurations fréquemment utilisées pour le puits

I.3.3. Système d'évacuation des condensats :

L'air chaud et humide provenant de l'extérieur se refroidisse au contact des parois froides du puits canadien peut engendrer un phénomène de condensation dans les conduits. Il existe trois possibilités pour évacuer les condensats :

- Dans le cas où le bâtiment possède un sous-sol, alors le point bas de l'échangeur thermique peut être situé à ce niveau. Les condensats sont récupérés grâce à la pente des conduits de 2 à 3%.
- Si le sol est perméable et que la topographie le permet, un puits d'infiltration peut être placé au niveau du point bas de l'installation.
- Si la nature du sol ne permet pas l'infiltration ou s'il y a un risque de remontée d'eau dans le puits, l'installation d'une fosse en point bas d'une installation équipée d'une pompe peut être envisagé.

I.3.4. Le ventilateur :

Le système du puits canadien nécessite un couplage avec une ventilation mécanique suffisante pour lutter contre les pertes de charge causées par le passage de l'air dans l'échangeur. Le ventilateur peut être équipé d'un régulateur, un thermostat placé à l'extérieur pour favoriser le passage de l'air par le puits ou par le by-pass en fonction de la température extérieure, le ventilateur peut être placé en entrée ou en sortie du puits.

I.4. Confort thermique des bâtiments d'habitations :

I.4.1. Définition :

On entend par confort thermique, l'équilibre entre la température ambiante et la température des parois du bâtiment, le niveau d'humidité, la qualité de l'air qui circule à l'intérieur et l'inexistence de courant d'air.

Pour assurer le confort thermique à l'intérieur d'un logement en été, il est nécessaire d'étudier la conception du bâtiment afin de réduire les effets liés à une chaleur trop importante en cette saison, sans recourir à un système de climatisation. L'utilisation d'un matériau isolant va empêcher la chaleur de pénétrer et de garder l'intérieur frais.

I.4.2. Les phénomènes physique en jeu :

Les échanges de chaleur entre le bâtiment et son environnement (comme pour le corps humain avec l'environnement) s'effectuent suivant trois modes :

- 1- Le rayonnement : transfert d'un corps à un autre par ondes électromagnétiques, donc sans contact direct.
- 2- La conduction : la chaleur se propage à l'intérieur de la matière de particule à particule.
- 3- La convection : transfert entre l'air et la matière solide résultant du déplacement des particules (de l'air) au niveau de l'interface.

I.4.3. Notions élémentaires appliquées au bâtiment :

Les éléments à considérer pour agir sur les paramètres du confort thermique sont principalement les suivant :

- 1- Les conditions climatique, à travers :
 - L'ensoleillement.
 - La température de l'air.

- L'hygrométrie.
 - L'orientation.
- 2- Les dispositions constructives, à travers : l'orientation, les matériaux, les isolant et la volumétrie
 - 3- Les équipements techniques : systèmes de production et de distribution de chaleur et de froid et les systèmes de ventilations.
 - 4- Les apports internes, chaleur produite par les occupants et par les équipements divers.

I.4.4. Zone de confort dans le diagramme psychométrique :

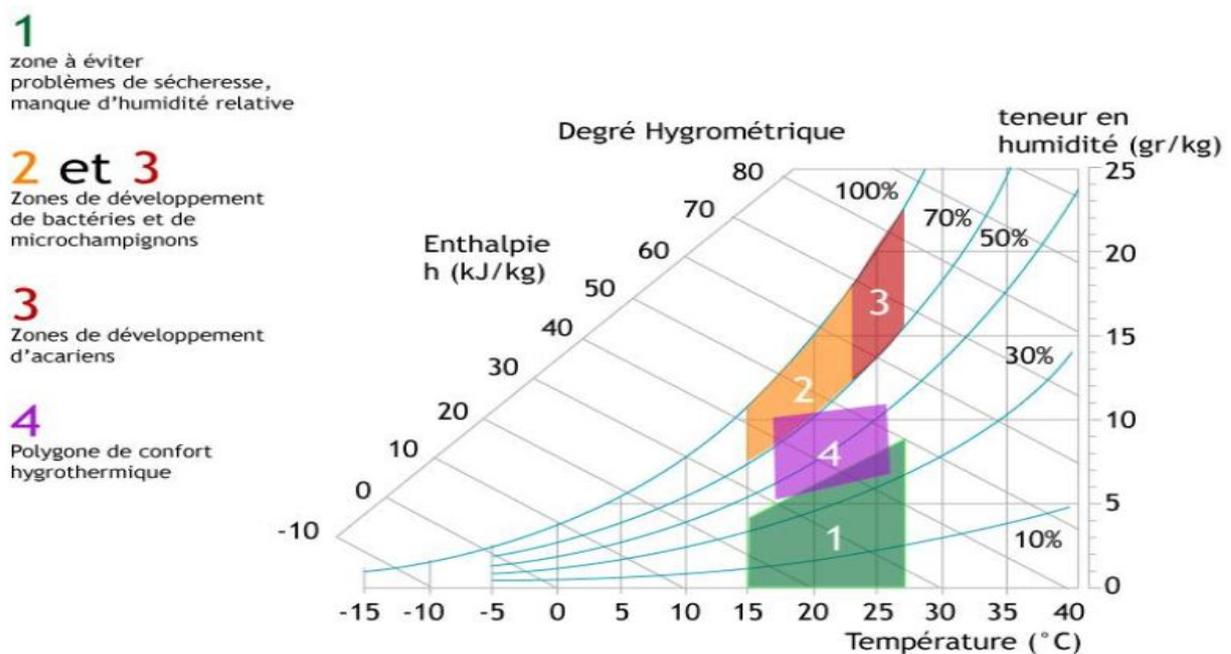


Figure 2: Diagramme de l'air

I.5. Impact du puits canadien sur la qualité de l'air intérieur :

Plusieurs dégradations peuvent être mises en jeu, on peut citer :

I.5.1. Les dégradations dues à des agents physiques :

L'humidité due aux puits noyés ou inondés, le phénomène de stagnation des condensats et les concentrations du radon dans le sol viennent tout simplement du fait que l'air circule dans un conduit enterré et que l'étanchéité puisse ne pas être toujours parfaitement garantie.

I.5.2 Les dégradations dues aux agents chimiques :

Les polluants chimiques sont rarement mentionnés dans les documents relatifs aux puits canadiens. Il est simplement conseillé d'éloigner la prise d'air de toutes sources de pollution

potentielles : les axes routiers, les zones de stationnement, les zones de stockage des déchets, les rejets des bâtiments (chauffages, air vicié).

I.5.3 Les dégradations dues à des agents biologiques :

La concentration en microorganismes dans l'air intérieur est plus faible que celle de l'air extérieur mais qu'elle varie fortement en fonction des saisons.

Généralement, les concentrations de spores, champignons et bactéries sont plus faibles dans les conduits des puits que dans l'air avec de fortes variations en fonction des saisons.

I.6. Les conditions de présence des agents de dégradation de la qualité de l'air intérieur :

Les agents qu'ils soient physiques, chimiques ou d'origine biologique pénètrent dans le puits en fonction de leurs tailles, leurs propriétés physico-chimiques et de l'état du puits.

I.6.1 Les agents provenant de l'air extérieur :

Ils peuvent pénétrer dans le puits à travers la prise d'air.

I.6.1.a. Les gaz :

Les gaz passent dans les conduits au même temps que l'air. Ils peuvent donc passer par l'orifice de la prise d'air ou par les ouvertures ; fissures, espaces dus à une mauvaise mise en œuvre.

I.6.1.b. Les liquide :

L'eau est le principal liquide susceptible de pénétrer, elle peut passer par l'orifice de la prise d'air si celui-ci n'est pas protégé par un chapeau ou également par des ouvertures résultat de mauvaise mise en œuvre.

I.6.1.c. Les aérosols :

Les aérosols sont de petites gouttelettes en suspension dans l'air. Elles peuvent pénétrer dans le puits canadien par l'orifice de la prise d'air, fissures...

I.6.1.d. Les solides :

Les solides pénètrent de la même façon que les liquides et les aérosols.

I.6.2. Les agents provenant du sol :

1.6.2. a. Les gaz :

Des gaz naturels ou d'origine anthropique peuvent pénétrer dans le puits canadien. Ils peuvent diffuser à travers la porosité du matériau, passé par les ouvertures, les fissures....

I.6.2.b. Les liquide :

Le seul liquide naturel présent dans le sol est l'eau, par contre d'autres agents dus à des pollutions peuvent être présents, le plus probable sera les polluants peu ou non solubles résultant d'une pollution.

I.6.2.c. Les êtres vivants :

Plusieurs plantes et animaux vivent dans le sol et peuvent endommager des conduits enterrés. Dans le cas des plantes, il s'agit surtout des racines des arbres qui peuvent déplacer les conduits, pour les animaux c'est surtout les rongeurs qui sont à craindre car ils peuvent perforer certains matériaux.

I.7. Les impacts de la conception, du dimensionnements, de la mise en œuvre et de l'entretien sur la qualité de l'air intérieur :

Les experts proposent plusieurs conseils pour la réalisation des puits canadiens, ses conseils sont en lien direct avec la qualité de l'air. La plupart de ces conseils sont tirés de l'expérimentation.

I.7.a. L'impact de la conception :

La prise d'air doit être éloignée des sources de pollution potentielle, elle doit être équipée d'un chapeau empêchant la pluie de pénétrer dans le puits, d'une grille et d'un filtre retenant les poussières et les polluent.

Les conduites doivent être enterrées entre 1 et 2m pour les puits individuels et entre 4 et 6m pour les puits de grandes dimensions. Les conduits doivent être d'une grande résistance et rigidité, montés sur une pente d'au moins 2 à 3% avec un système de récupération de condensats obligatoire.

I.7.b. Le dimensionnement : (les détails seront présentés dans le dans le reste du mémoire)

I.7.c. La mise en œuvre :

- ✓ Il faut mettre en œuvre le puits canadien en même temps que le bâtiment.
- ✓ Il faut protéger les conduits.

I.7.d. L'entretien :

- ✓ Le nettoyage et le remplacement régulier des filtres en entrée, tous les 4 mois environ.
- ✓ Le nettoyage du puits tous les 2 ou 5 ans.
- ✓ L'entretien régulier du ventilateur.

I.8. État de l'art sur les différents modèles d'échangeurs air-sol :

Au moins une quinzaine d'études abordent la technologie des échangeurs air_ sol en tant que sujet principal [mihalakakou et al. 1994 ; Benkert et al.1997 ; Boji. Et al. 1997 ;Benkert et Heidt 2000 ; Kunetz et Lefebvre 2001 ; Hollmuller 2002 ; De Paepe et Janssens 2003 ; Dibowski 2003 ; Zweifel 2004 ; Al Ajmi et al. 2005 ; Dibowski 2005a, 2005b ; Ghosal et Tiwari 2006 ; Badescu 200è, Stéphane Thiers 2008], soit en tant qu'élément d'une étude plus vaste sur le rafraîchissement de bâtiments [Serres et al.1996 ; Boji. 2000 ; Badescu et Sicre 2003]. Les structures à rafraîchir sont soit des bâtiments, soit des serres [Gauthier et al. 1997 ; Hollmuller et Lachal 2001 ; Ghosal et Tiwari OP.cit.].

- Les travaux de thèse de Pierre.Hollmuller.al constituent une étude de modélisation théorique et analytique approfondie. En s'appuyant sur de nombreuses mesures, l'auteur y établit des règles simples pour le dimensionnement des échangeurs air-sol. La dynamique de l'échange et l'influence des différentes caractéristiques physiques du sol et de l'air sur cet échange sont étudiées dans un cas idéal (un seul tube enfoui dans le sol). Après un dimensionnement du problème, l'étude a abouti à des solutions analytiques complètes permettant de simuler les échanges de chaleurs intervenant entre un tube et le sol qui l'entoure. La dynamique du stockage thermique réalisé dans le sol est analysée : l'échangeur est considéré comme un filtre intervenant sur le signal thermique constitué par la température de l'air entrant. L'auteur analyse les capacités d'amortissement et de déphasage du signal en fonction de la fréquence de variation de ce dernier. Pour caractériser le phénomène, il utilise la notion de **profondeur de pénétration**, représentant l'épaisseur de sol où la température est fortement influencée par une variation de température de l'air circulant dans le tube. [1]

Il faut noter que les transferts de chaleur par migration d'eau dans le sol, les transferts par conduction dans la direction de la longueur, l'effet de l'interposition de la paroi du tube entre l'air et le sol ont été négligés dans cette étude. Néanmoins, les échanges thermiques latents (évaporation ou condensation d'eau) ont été intégrés au modèle numérique mis en œuvre avec le logiciel TRNSYS. Ce modèle comporte 2095 mailles, pour un échangeur composé de 14 tubes placés sur trois niveaux de profondeur différents ; la définition du maillage est directement liée à la structure de l'échangeur modélisé.

- Mihalakakou étudiait numériquement l'influence de la longueur du tube, le rayon du tube, la vitesse du débit de l'air et la profondeur du tube. Les résultats ont montrés qu'avec un échangeur de 30 m de long, 125mm de diamètre, et une vitesse de l'air de 8m/s la température de l'air peut augmenter de [2.1, 7.9] °c, ses valeurs augmentent par 1°C pour chaque mètre de profondeur et de

0.5 à 0.9 pour chaque 20 m de long. [10]

- Mihalakakou.al a présenté un modèle complet pour la prédiction de la variation journalière et annuelle de température de la surface du sol. Le modèle appliquait une équation différentielle transitoire de la conduction et l'équation de l'énergie pour prédire la température de la surface du sol. L'équation de l'énergie tenait en compte l'énergie convective échangée entre l'air et le sol, les radiations solaires absorbées par la surface du sol, la chaleur latente due à l'évaporation à la surface du sol. [10]

- Jacovides.al a conçu un modèle pour les systèmes des échangeurs enterrés sous TRNSYS, l'objectif était de modéliser le transfert de chaleur latent entre l'air et le tube enterré sous les fondations d'un bâtiment d'une part, la teneur en humidité de l'air circulant dans le tube ainsi que la migration de l'humidité dans le sol. La validation des résultats était limitée à cause de l'absence des valeurs mesurées de l'humidité relative.

- Kumar traitait la modélisation des échangeurs air sol pour des applications agricoles en Inde. Le modèle prenait en compte les variations de l'humidité de l'air circulant, de la stratification thermique naturelle du sol, du transfert de chaleur sensible et latent et des conditions de la surface du sol. L'application du modèle est pour le chauffage et le refroidissement. [3]

- De Paepe utilisait une méthode analytique pour voir l'influence des paramètres de conception de l'échangeur sur les performances thermo hydrauliques et de créer une simple méthode graphique de conception dans le but de déterminer les dimensions de l'échangeur air/sol de telle façon à réaliser un compromis entre son efficacité et les pertes de charges. L'étude prenait en considération le débit de masse de l'air, la température d'entrée, la température de sortie désirée, la température du sol ainsi que les paramètres géométriques. [2]

I.9. Conclusion :

La présente étude a donc pour but d'assembler toutes ces études et hypothèse pour pouvoir arriver à définir de manière assez précise les dimensions typiques d'un puits canadien (provençal) ainsi que la plage de fonctionnement idéale.et montrer la pertinence du système à la fois pour le rafraîchissement en été et pour le préchauffage de l'air de ventilation en hiver.

Chapitre II

Présentation de la maison dans le site d'Alger

II.1.Introduction

L'objectif de ce second chapitre est une présentation globale du site d'Alger (Localisation géographique et données climatologiques) ainsi les données générales du cas d'études (Typologie de l'habitat, surface et volumes, structures et matériaux utilisés).

II.2. Classification du climat en Algérie :

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales (figure 3.1).

Zone A : Littoral marin ;

Zone B : Arrière littoral montagne,

Zone C : Hauts plateaux ;

Zone D : Présaharien et saharien.

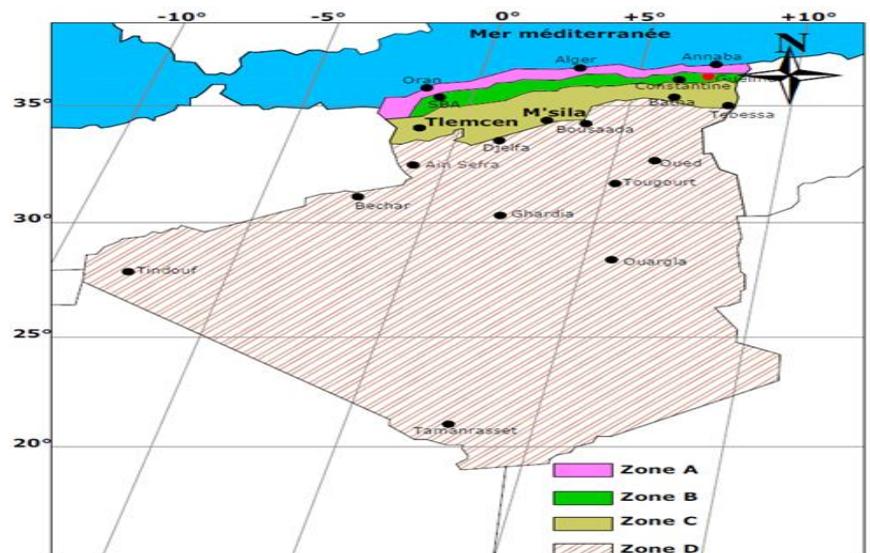


Figure 3:classification du climat en Algérie

II.3.La situation géographique de la ville d'Alger :

Capitale du pays, Alger est de par son statut, sa taille et ses fonctions, la première ville d'Algérie. Elle comprend les plus importantes concentrations au niveau national de populations, d'activités de services, d'équipements, d'infrastructures, de centres de recherche, d'industries et de grands projets urbains.



Figure 4:Ville d'Alger

Longitude: $x_1 = 2,801712997^\circ$,

$x_2 = 3,385482005^\circ$

$2^\circ 57' 7'' E$

Latitude: $y_1 = 36,58054700^\circ$,

$y_2 = 36,82027400^\circ$

$36^\circ 44' 8'' N$

Altitude : Min 110m - Max 245M

-Surface totale: 765.9 km²

-Périmètre total: 219.9 Km

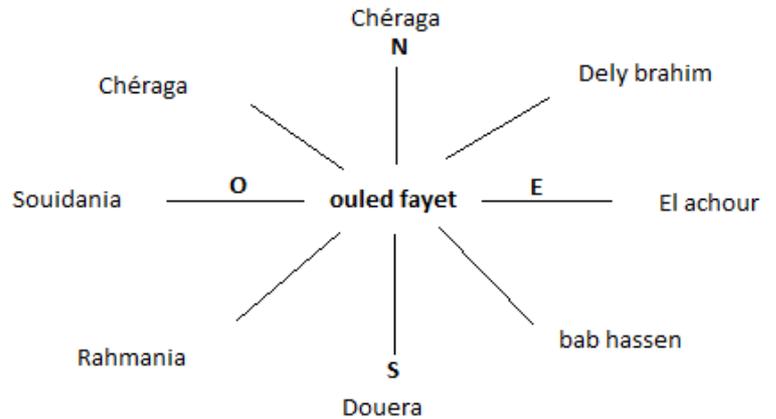


Figure 5: Localisation de la commune d'ouled fayet

II.3.1. Localisation de la commune d'ouled fayet :

- Situation :

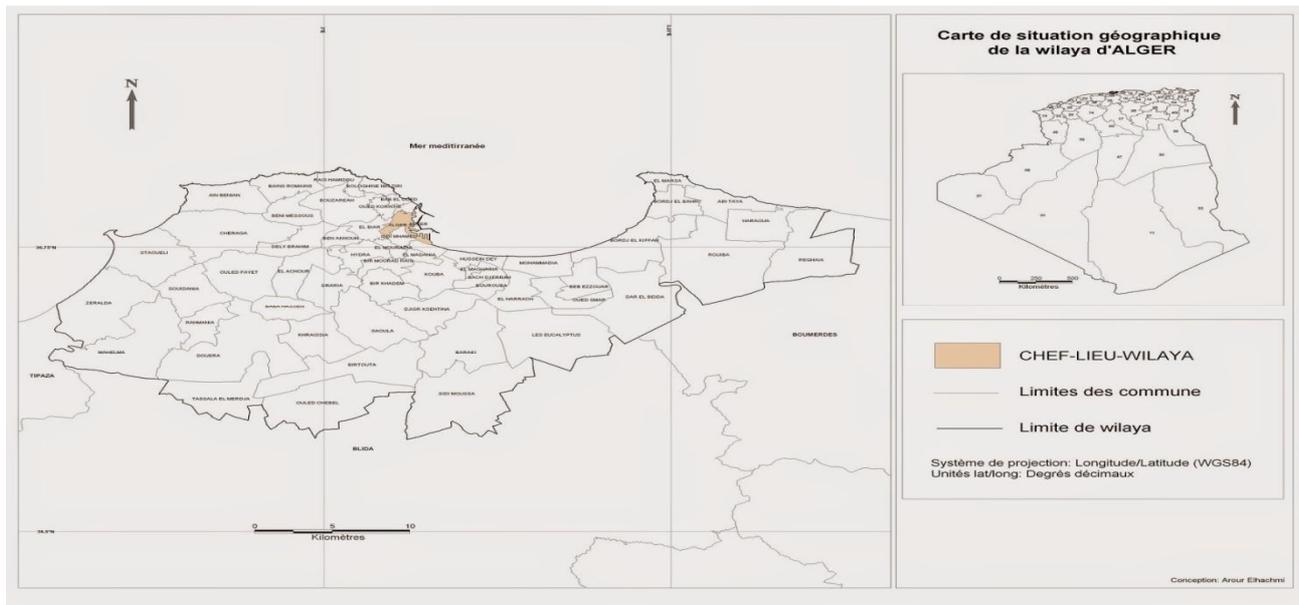
Ouled Fayet est située à environ 15 km au sud-ouest d'Alger. La majeure partie de la commune est située sur un plateau délimité au nord par l'oued Draa Rebia et la RN36 à l'est. Au nord-est, la zone des Grands Vents est préservée de toute construction.

- Localisation de la commune :

Une agglomération principale : Ouled Fayet (chef-lieu) et quatre agglomérations secondaires : Plateau, Bellevue, Hay Moulahoum et les Prairies.

Lors du découpage administratif de 1984, la commune d'Ouled Fayet est constituée à partir des localités suivantes :

- Ouled Fayet Ville
- Domaine Kouchi
- Maison Blanche
- Pont Américain
- Grand Vent
- Plateau Ouled Fayet
- Domaine Semrouni
- Plaine Bouchaoui



• Figure 6: Carte de situation de la wilaya d'Alger



Figure 7: Carte de situation d'Ouled Fayet

II.4. Caractéristique climatique du site :

L'Algérie a un climat méditerranéen et est située le long de la côte Méditerranéenne. Les étés sont chauds (33°C) et secs. En Hiver, le climat est modéré (13°C) et humide. Il pleut, en moyenne, 120 mm d'eau par mois durant l'hiver. Proche des côtes algériennes se place les montagnes de l'Atlas. Logiquement, il fait plus froid dans cette zone que sur les côtes. Au-delà des montagnes, la savane est rapidement suivie par le désert. Les températures dans cette zone durant l'été avoisinent les 45°C.

II.4 .1 Diagramme climatique : (Meteovista)

- **Température :**

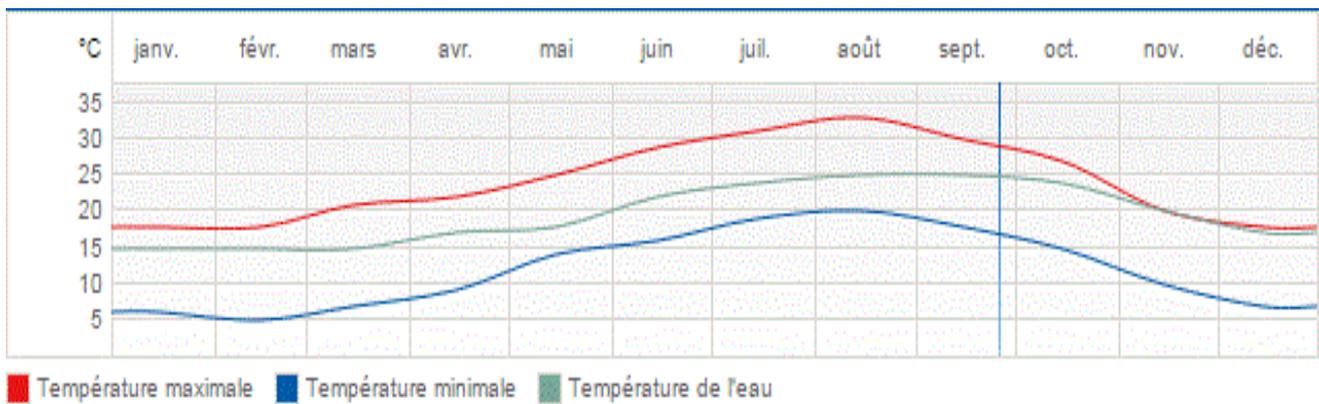


Figure 8: graphe de la température

- **Ensoleillement :**

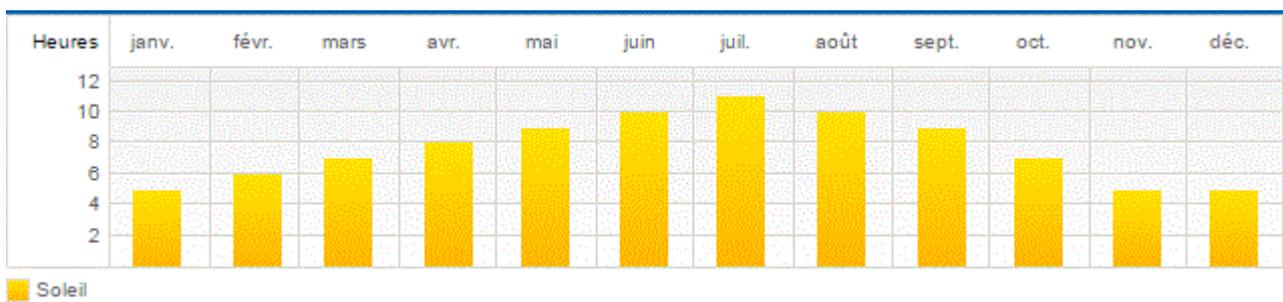


Figure 9: graphe de l'ensoleillement

- **Humidité :**

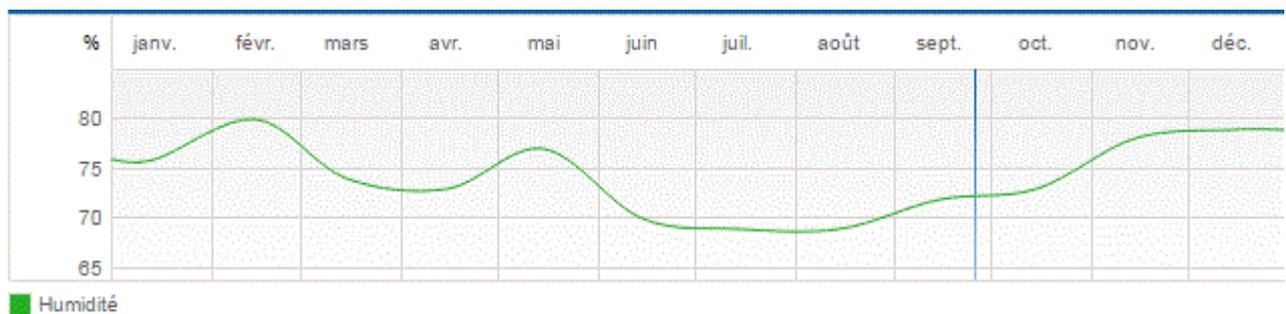


Figure 10: graphe de l'humidité

- **Pluviométrie :**

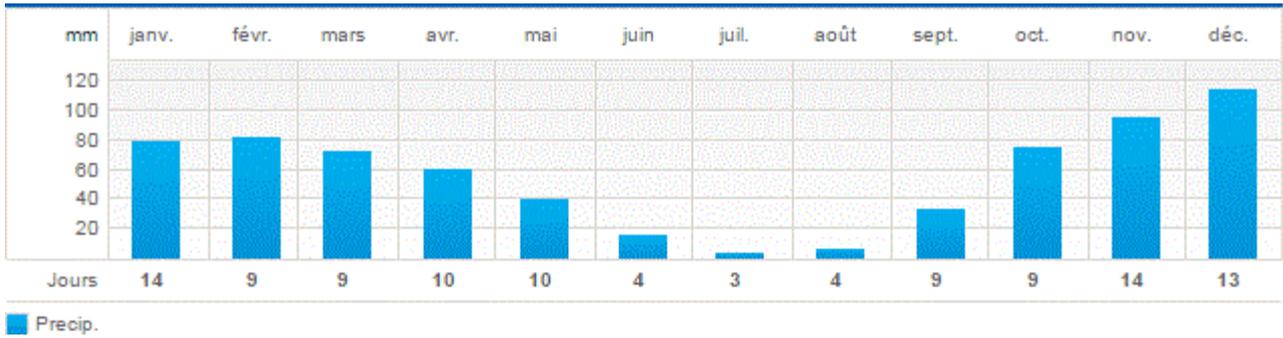


Figure 11: graphe de la pluviométrie

II.5. Présentation de la maison :

Le projet d'étude est une bâtisse établie sur un seul niveau de type F3, sa surface habitable est de 108m² et un grand jardin de 113 m².

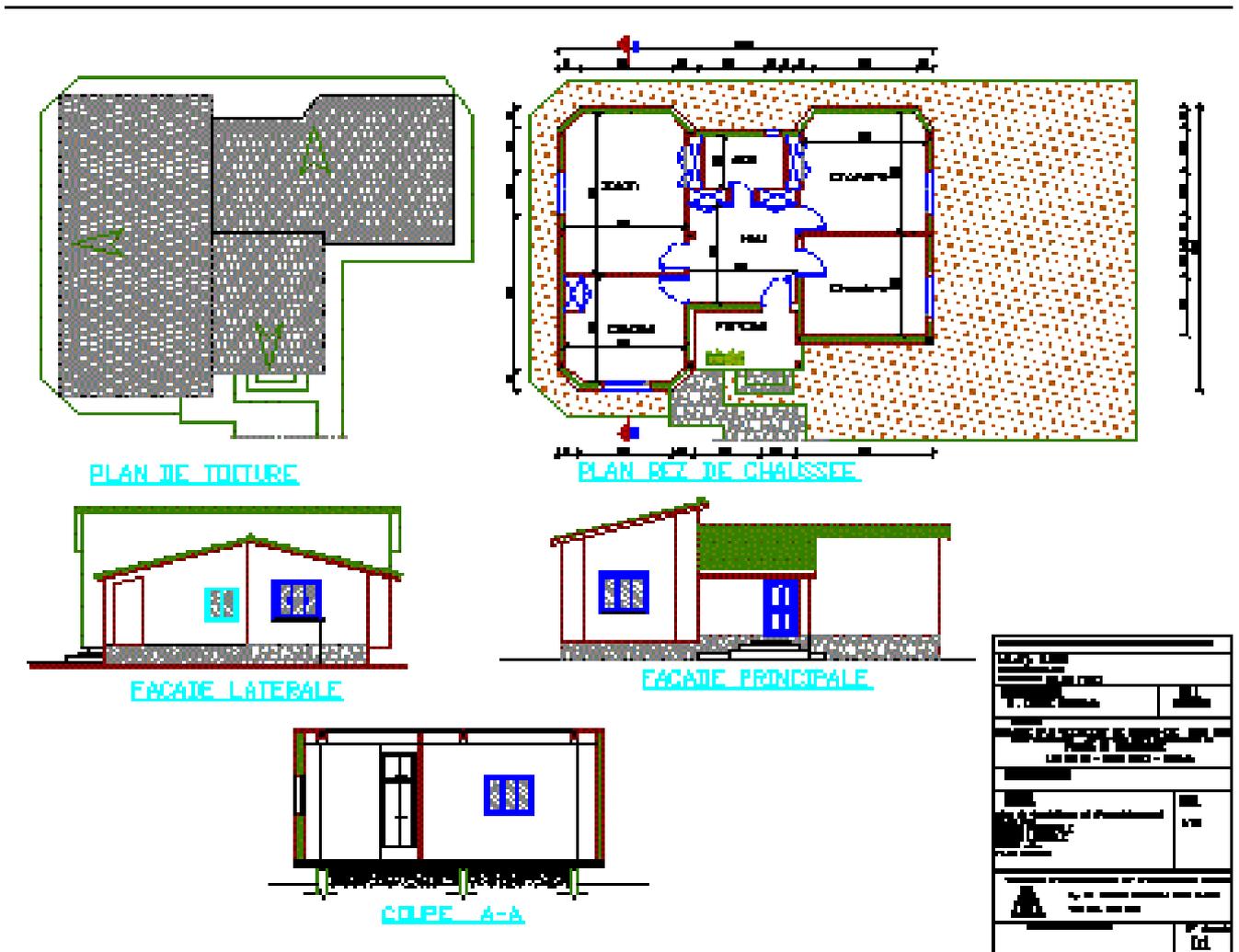


Figure 12: Plan, coupe, façades, plancher de la maison

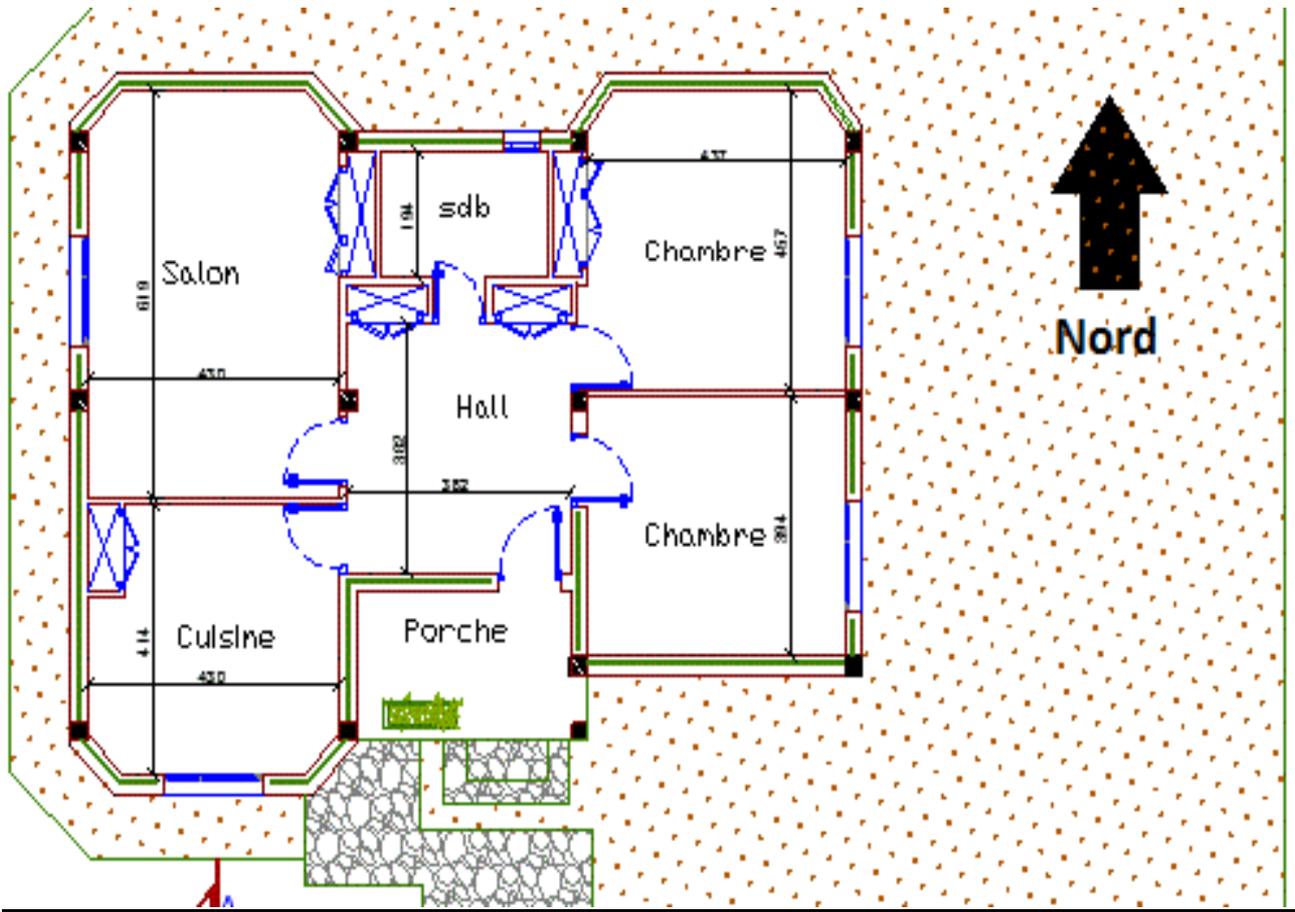


Figure 13: plan RDC

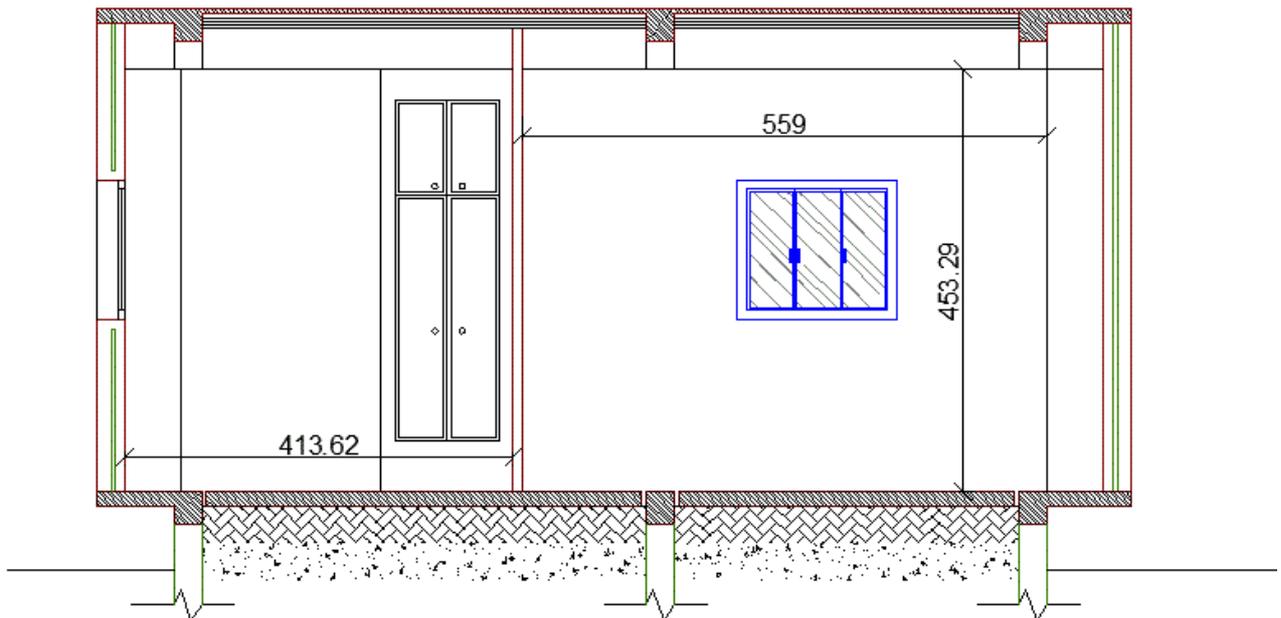


Figure 14: Coupe A-A

Désignation	Surface (m²)
Façade Sud	44.1
Façade Nord	49
Façade est	29.4
Façade ouest	32.4
Toiture	130
Mur intérieur	49.9
Plancher	108

Tableau 1: surface des parois et plancher

II.5.1 Composition de l'ossature de la maison :

La construction durable amène à accorder une attention toujours plus grande aux aspects liés aux matériaux des ouvrages de construction. Le choix de matériaux durables est de plus en plus important, les tableaux ci-dessous présentent la composition des murs, planchers et fenêtres de la maison.

- Murs extérieurs :

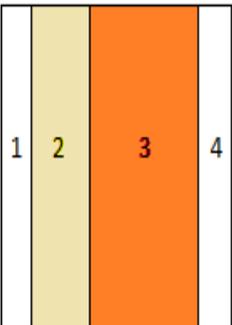
Désignation et représentation	Couche	Epaisseur [m]	λ [W/m. °C]	R [m². °C/W]
<u>Mur extérieur</u> 	1 – enduit extérieur	0,01	1,15	0,01
	2 - Polystyrène	0,06	0,04	1,54
	3 – brique alvéole	0,30	0,15	2,05
	4-enduit plâtre	0,01	0,35	0,03
		0,38		R = 3,63

Tableau 2: caractéristiques du mur extérieur

- Mur intérieurs :

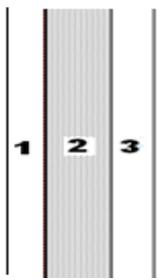
Désignation et représentation	Couche	Epaisseur [m]	λ [W/m. °C]	R [m ² . °C/W]
<p><u>Mur intérieur</u></p> 	<p>1 - Enduit plâtre</p> <p>2 - Brique creuse</p> <p>3 - Enduit plâtre</p>	<p>0,01</p> <p>0,10</p> <p>0,01</p> <p>0,12</p>	<p>0,35</p> <p>0,48</p> <p>0,35</p>	<p>0,037</p> <p>0,21</p> <p>0,037</p> <p>R = 0,27</p>

Tableau 3: caractéristiques du mur intérieur

- Toiture :

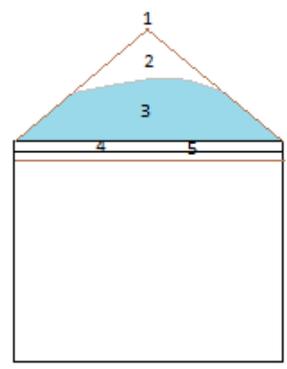
Désignation et représentation	Couche	Epaisseur [m]	λ [W/m. °C]	R [m ² . °C/W]
<p><u>Plancher haut</u></p> 	<p>1- Terre cuite</p> <p>2- Lamé d'air</p> <p>3- Laine de verre</p> <p>4- Placoplatre BA13</p> <p>5- Placoplatre BA13</p>	<p>0,02</p> <p>≥1</p> <p>0,2</p> <p>0,013</p> <p>0,013</p> <p>1,246</p>	<p>1,15</p> <p>0,09</p> <p>0,04</p> <p>0,32</p> <p>0,32</p>	<p>0,02</p> <p>0,16</p> <p>4,88</p> <p>0,04</p> <p>0,04</p> <p>R=5,14</p>

Tableau 4: caractéristiques du plancher haut

- Plancher bas :

Désignation et représentation	Couche	Epaisseur [m]	λ [W/m. °C]	R [m ² . °C/W]
<u>Plancher bas</u>				
1	1 – bois léger	0,02	0,15	0,13
2	2 -mortier	0,05	1,15	0,04
3	3 – polystyrène	0,08	0,04	2,05
4	4-Hourdis en béton	0,16	1,23	0,13
		0,31		R = 2,35

Tableau 5: caractéristiques du plancher bas

- Les fenêtres en double vitrage standard :

Le double vitrage est un vitrage préfabriqué, généralement composé de deux vitres de 4 mm d'épaisseur séparées de lames d'air de 12 mm ("4/12/4"). En retenant l'air ou le gaz entre les deux vitres, ces dernières permettent de renforcer l'isolation thermique et/ou acoustique d'une fenêtre. Cette solution est moins performante qu'un triple vitrage mais est très efficace avec l'utilisation de vitrage à isolation renforcée.

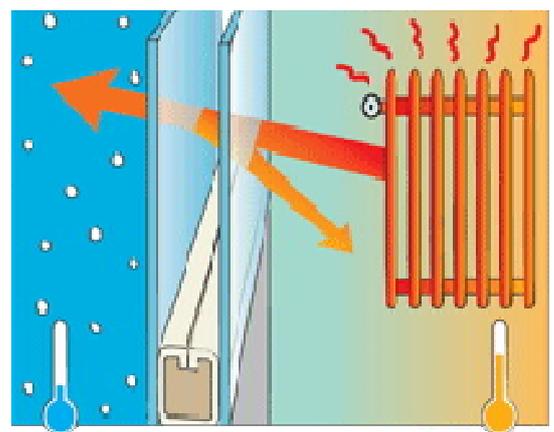


Figure 15: Fenêtre double vitrages en aluminium.

II.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques informations qui peuvent influencer le côté passif de la maison qui sont le climat, la situation, l'orientation de la bâtisse et la composition de l'ossature de la maison (murs isolé...). Nous avons présenté la situation géographique, les données climatiques de l'air d'étude, ainsi que les caractéristiques spécifiques et leur impact sur l'habitat et l'architecture.

L'une des principales "causes" de déperditions thermiques est le renouvellement de l'air, liée au différentiel de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Ces déperditions se font principalement par conduction et convection.

A la fin de ce chapitre on a choisis le coefficient de la compacité qui influe sur les performances de l'habitat comme point à étudier.

Ce coefficient correspond au rapport entre surface de parois en contact avec l'extérieur (A) et volume (V). $C = V / A$

A : surfaces des murs extérieurs + surface de toiture + emprise au sol

V : volume habitable du bâtiment

• Le rapport inverse nommé **facteur de compacité** ou coefficient de forme est également utilisé :

$$Cf = A/V$$

Plus ce coefficient est faible, meilleure est la compacité ; on le considère comme bon avec une valeur inférieure ou égale à 0,7.

Dans notre cas :

Volume de la maison = 426 m³

Surface de déperdition = 392 m²

Donc $Cf = A/V \Rightarrow Cf = 392 / 426 = 0,92$

On conclut que la compacité de notre bâtisse n'est pas dans la plage désirable.

Chapitre III

Simulations et application des logiciels

III.1. Introduction :

Les outils de simulations énergétiques permettent la simulation du comportement thermique d'un bâtiment, en lien éventuel avec les questions de confort acoustique et d'éclairage. De tels outils calculent les besoins énergétiques nécessaires au maintien du confort thermique (chauffage, rafraîchissement), voire l'ensemble des besoins énergétiques. Au-delà de l'aspect énergétique, certains logiciels évaluent les impacts environnementaux liés au bâtiment sur la totalité de son cycle de vie.

PLEIADES + COMFIE est intégré à un ensemble de logiciel interfacé complet facilitant la saisie rapide de toutes les caractéristiques du bâtiment, de ses équipements et de ses scénarios de fonctionnement, d'une part, et chaîné à un calcul d'analyse de cycle de vie du bâtiment, d'autre part.

Dans ce chapitre ; nous allons présenter le logiciel d'étude ; faire un modèle du logement ; rentrer le fichier de donnée météorologique ; intégrer le concept proposé et les scénarios de fonctionnements et introduire toutes les données climatique cité dans le chapitre deux on introduisant une station météorologique avec METENORME ainsi toutes la composition des parois et des plancher dans PLEIADES, le plan sera dessiner dans le module ALYCONE

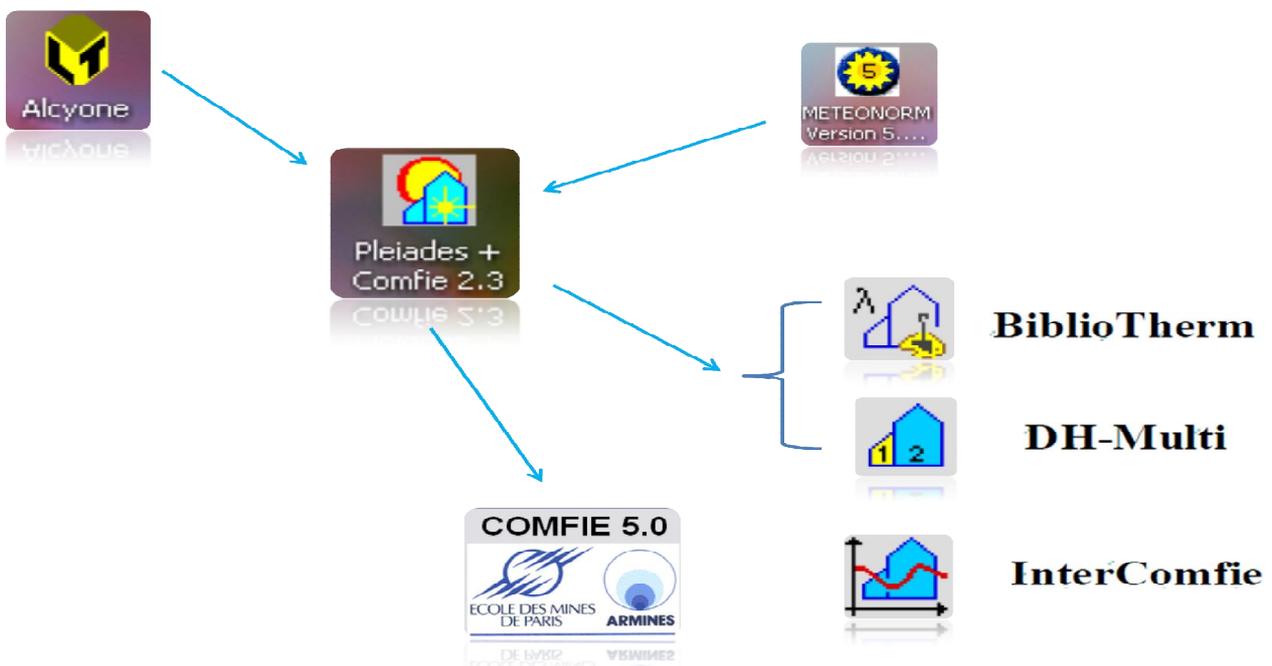


Figure 16: Plan de travail du logiciel

III.2. Présentation générale de l'outil de simulation « le logiciel PLEIADES + COMFIE » :

III.2.1. Pourquoi la simulation thermique dynamique ?

La simulation thermique dynamique simule au pas de temps horaire le métabolisme du bâtiment en fonction de la météo, de l'occupation des locaux,...

Au final, on accède aux températures, aux besoins de chauffage/climatisation, aux apports solaires...heure par heure dans les différentes zones prédéfinies du bâtiment. La STD permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment, les ponts thermiques, le comportement des usagers, la stratégie de régulation et de mener les études de sensibilités afférentes. La STD permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétiques (ponts thermiques, infiltration, ventilation...) afin de valider les concepts et solutions techniques retenues.

III.2.2. Une analyse pertinente :

Une STD est nécessaire en phase de conception d'un projet de construction, afin de valider les objectifs de faible consommation. Elle l'est aussi dans l'existant quand il s'agit d'établir une stratégie de rénovation. Dans ce dernier cas, on réalise une série de STD pour tester différentes solutions techniques à tout niveau (enveloppe, ventilation, chauffage, vitrage, équipement...).

On peut trouver l'optimum entre performances et retour sur investissement, et établir une stratégie de rénovation énergétique permettant d'atteindre la performance énergétique avec un temps de retour minimal.

III.2.3. Pléiades + Comfie :

Le logiciel Pléiades + Comfie est développé par le Centre énergétique de l'Ecole des Mines de Paris, il intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux. Le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon un scénario horaire pour une semaine-type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations).

Chaque ouverture vitrée peut être affectée d'un masque intégré à la construction. Les masques lointains (relief, autres bâtiments), les obstacles à l'ensoleillement à proximité de chaque paroi (arbre, masques architecturaux) sont également pris en compte.

III.2.4. L'interface Pléiades+ Comfie :

L'environnement PLEIADES a été conçu et développé par GEFOSAT puis IZUBA énergie avec le soutien de l'ADME. PLEIADES+COMFIE ont été utilisés dans le cadre du programme de développement de la simulation des ambiances pour l'architecture solaire.

PLEIADES+COMFIE intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux, le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon une période type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations)

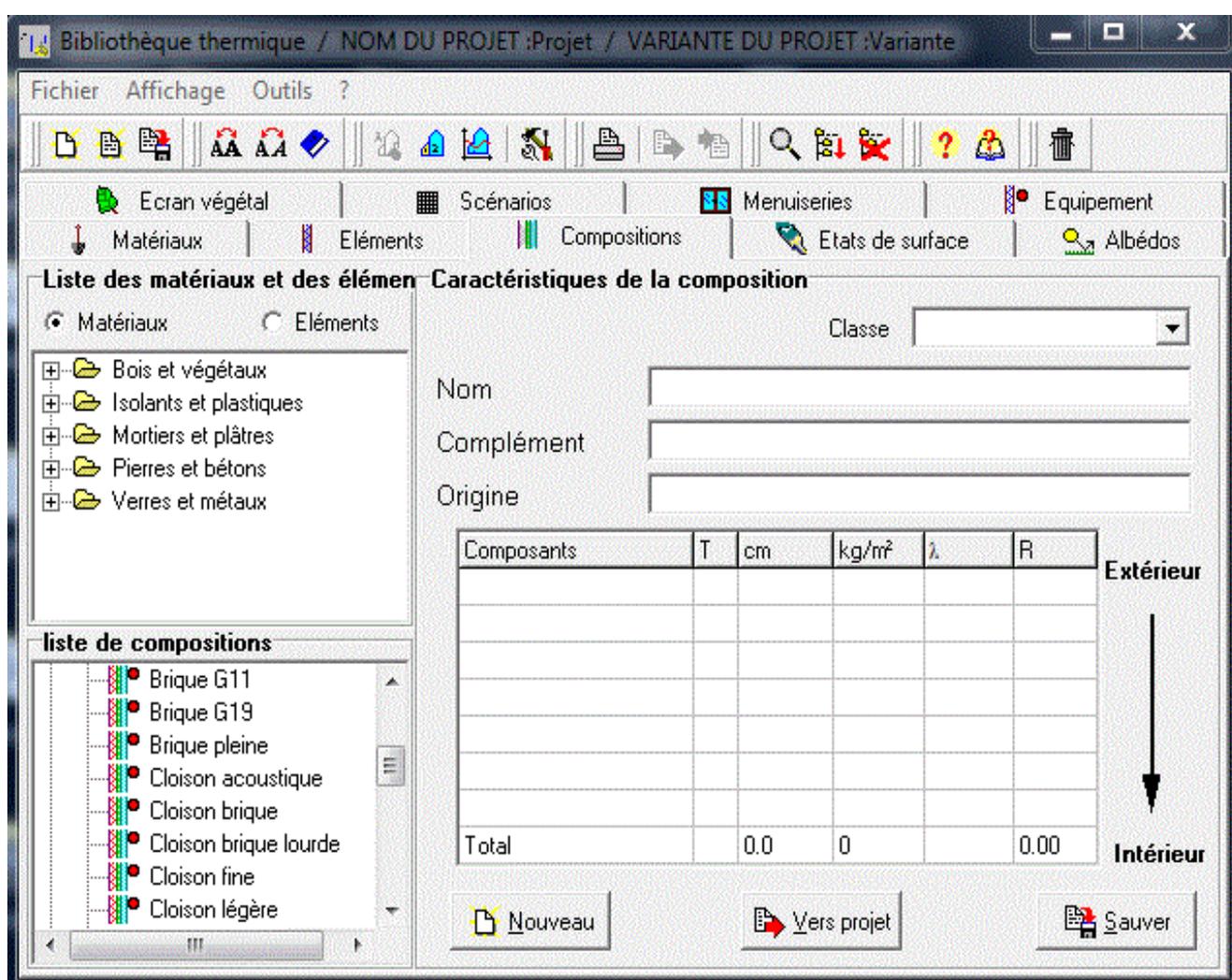


Figure 17: L'interface Pléiades+ Comfie

III.2.5 L'interface alcyone:

Alcyone permet de réaliser la saisie graphique et l'affichage 3D de bâtiments dans l'environnement PLEIADES, aussi bien pour la simulation thermique dynamique que pour le calcul réglementaire.

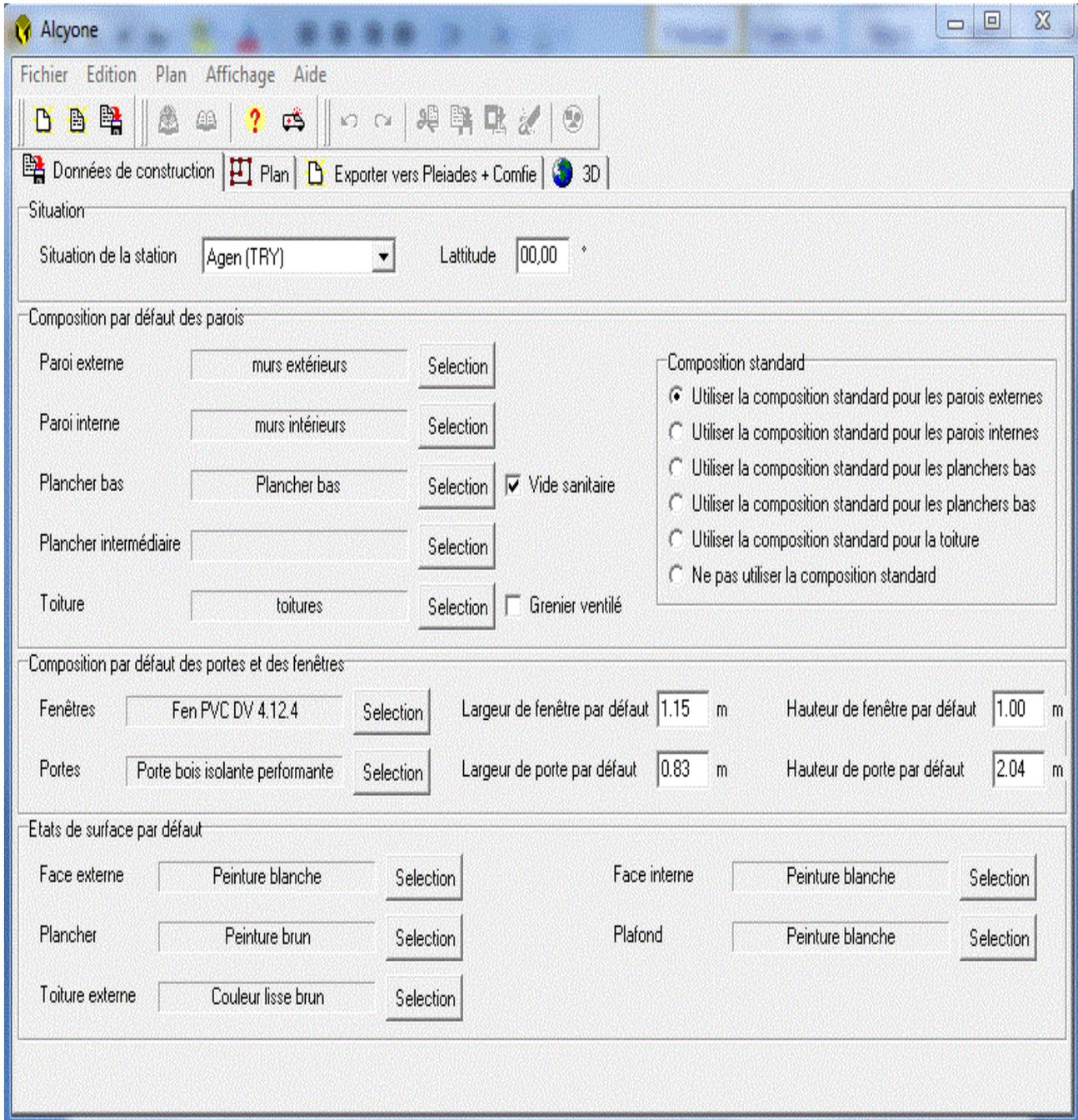


Figure 18: L'interface alcyone

III.2.6. Interface meteonorm :

METEONORM est un recueil très complet de données météorologiques. Il contient également des algorithmes permettant de créer – à partir des valeurs mesurées – des fichiers météo depuis n'importe quel endroit sur le globe. Ce logiciel s'adresse aux ingénieurs, architectes, enseignants, concepteurs et toute personne qui s'intéresse à l'énergie solaire et à la climatologie.

Site ALGER AG

Situation dégagée

Horizon astronomique

Format Standard

Catégorie Villes

Plan incliné

Azimut: 0 Plan incliné

Inclinaison: 0

Unités

Rayonn. (mois) [kWh / m2]

Température [°C]

Unités (User defined)

Données de base

Val. moyen Val. extrême

Val. aléat. Ghmax

Calculs

Meteo

Val. horaires

Enregistrer

Affiches

Afficher le site

Afficher les résultats

Données de base (mois)

Mois	Ta	RR
Janv.	9,6	80
Fév.	10,7	82
Mars	12,4	73
Avr.	14,8	61
Mai	18,0	40
Juin	21,6	17
Juil.	24,6	5
Août	24,9	7
Sept.	22,4	34
Oct.	18,4	76
Nov.	14,1	96
Déc.	10,6	115
Année	16,8	686

Progrès 0%

Figure 19: Interface meteonorm

III.3. La saisie de l'habitat :

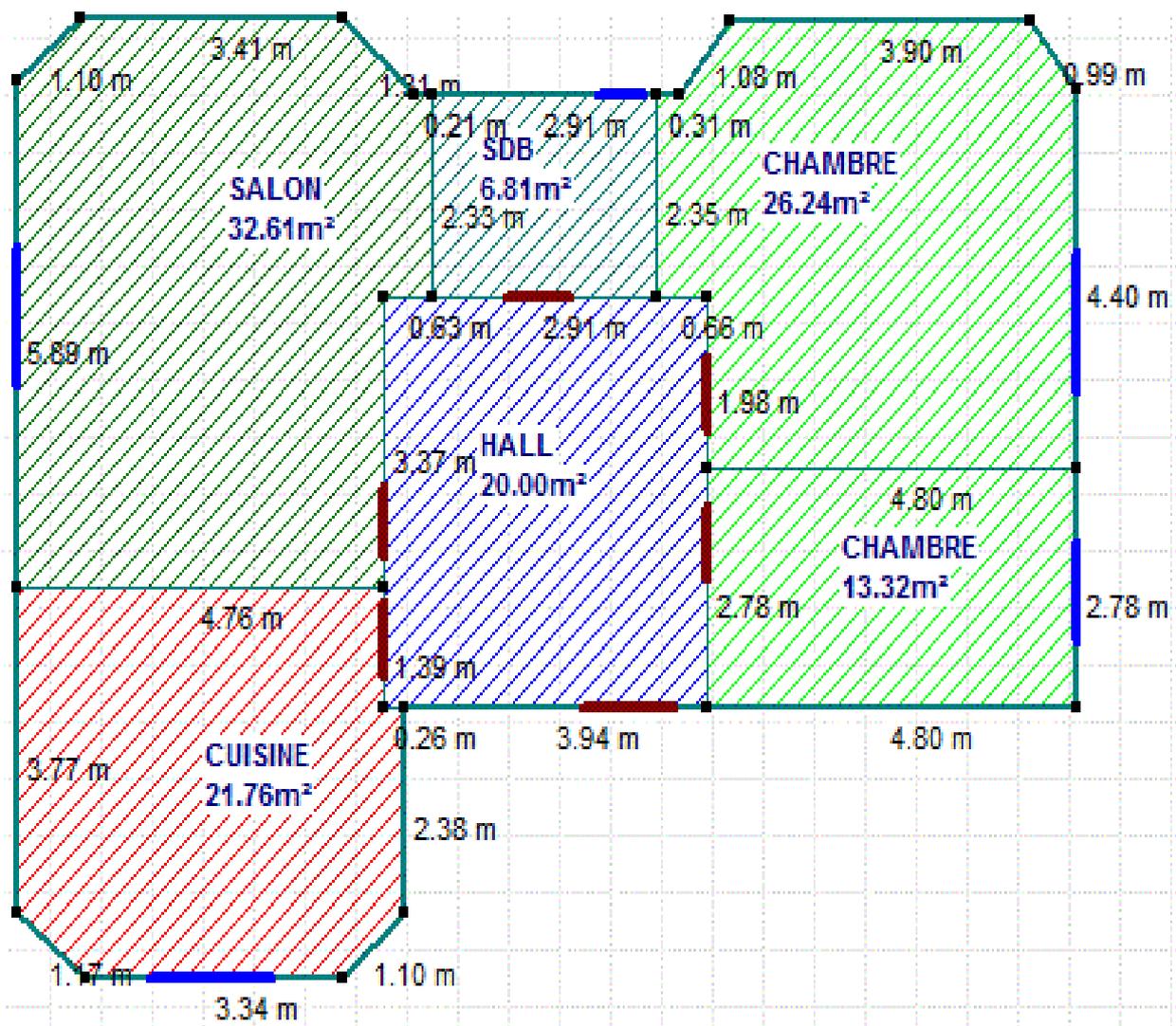


Figure 20: Plan dessiné par alcyone

Les pièces de même couleur appartiennent à la même zone, c'est-à-dire que les conditions intérieures sont identiques (température, ventilation, occupation...).

La maison est divisée en cinq Zone :

Zone 01 : Salon « en vert foncé »

Zone 02: Cuisine « en rouge »

Zone 03 : Chambre 1 + Chambre 2 « en Vert claire »

Zone 04 : Hall « en Bleu foncé »

Zone 05 : SDB + WC « en Bleu claire »

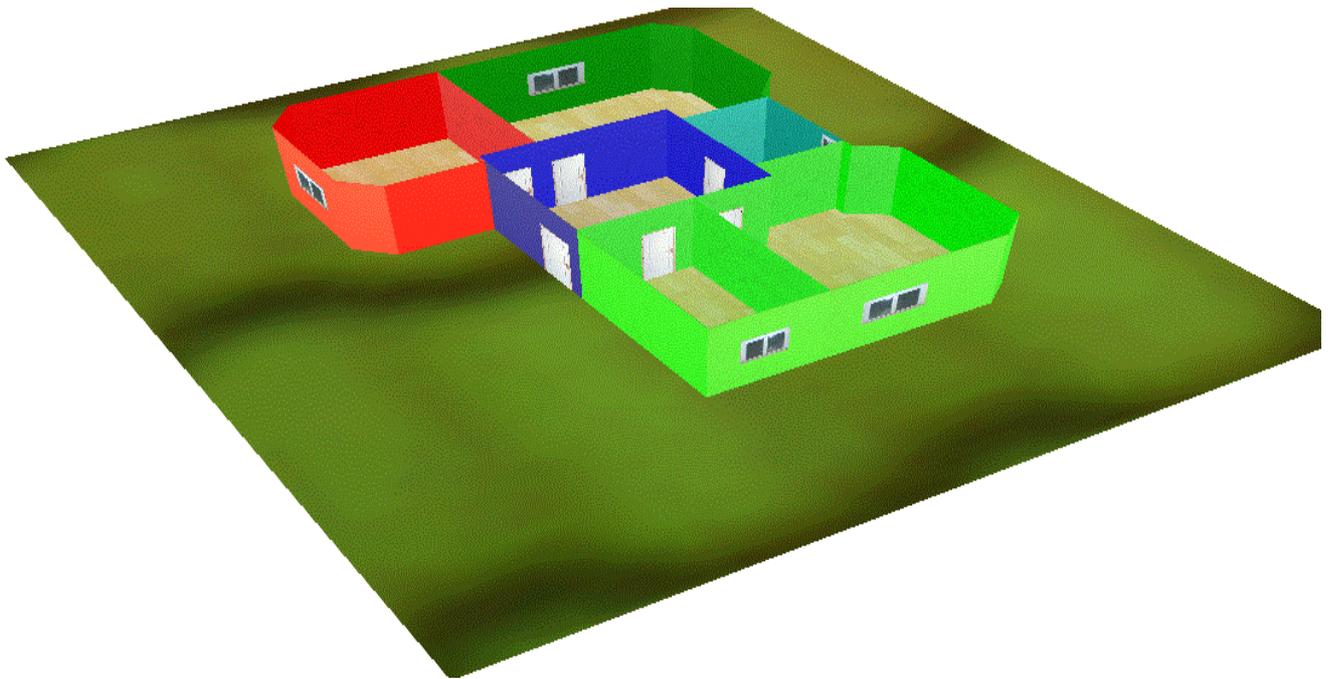


Figure 21: plan 3D par alcyone

III.4. Compositions des matériaux constructifs de la maison :

III.4.1. Description des parois :

Le logiciel PLEIADE+COMFIE possède une grande base de données de matériau et même on peut faire rentrer d'autres éléments connaissant leurs masses volumiques, leurs conductivités thermiques et leurs capacités thermiques.

La modélisation des surfaces de l'enveloppe thermique utilisée se fait comme suit :

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Enduit extérieur	M	1.0	17	1.15	0.01	
Polystyrène expansé	M	6.0	2	0.04	1.54	
Brique à alvéoles STURM	E	30.0	229	0.15	2.05	
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03	
Total		38.0	263		3.63	

Tableau 6: Murs extérieurs

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03	
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Enduit plâtre	M	1.0	15	0.35	0.03	
Total		12.0	99		0.27	

Tableau 7: Murs intérieurs

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13	
Polystyrène expansé	M	8.0	2	0.04	2.05	
Mortier	M	5.0	100	1.15	0.04	
Bois léger	M	2.0	10	0.15	0.13	
Total		31.0	320		2.35	

Tableau 8: Plancher bas

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Enduit plâtre	M	3.0	45	0.35	0.09	
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16	
Enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06	
Total		6.5	75		0.31	

Tableau 9: Toiture

III.5. Les zones thermiques et les scénarios utilisés dans les logements :

Sur Pléiades, il n'est pas possible de créer dans une même simulation, des scénarios pour l'hiver et pour l'été (par exemple, ventilation d'été et ventilation d'hiver en même temps). On a donc été obligé, de considérer soit le confort d'hiver soit le confort d'été; certains points seront identiques durant toute l'année, comme les scénarios d'occupation et les gains de chaleur interne.

III.5.1. Environnement et fonctionnement de la maison :

Tout d'abord, pour pouvoir simuler le fonctionnement de la maison, il faut au préalable créer des zones ayant des caractéristiques de chauffage, de puissance dissipée et d'occupations différentes. Il est donc nécessaire de définir ces zones en fonction de leur utilité.

III.5.2. Scénario de consigne thermostat :

Les consignes de thermostat ont pour fonction de déclencher le chauffage si la température dans la pièce descend en dessous de la limite qu'on aura fixée au préalable pour nous le consigne de thermostat c'est juste pour déterminer les besoins de chauffage et de climatisation.

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	20	20	20	20	20	20	20
2 H	20	20	20	20	20	20	20
3 H	20	20	20	20	20	20	20
4 H	20	20	20	20	20	20	20
5 H	20	20	20	20	20	20	20
6 H	20	20	20	20	20	20	20
7 H	20	20	20	20	20	20	20
8 H	20	20	20	20	20	20	20
9 H	20	20	20	20	20	20	20
10 H	20	20	20	20	20	20	20
11 H	20	20	20	20	20	20	20
12 H	20	20	20	20	20	20	20
13 H	20	20	20	20	20	20	20
14 H	20	20	20	20	20	20	20
15 H	20	20	20	20	20	20	20
16 H	20	20	20	20	20	20	20
17 H	20	20	20	20	20	20	20
18 H	20	20	20	20	20	20	20
19 H	20	20	20	20	20	20	20
20 H	20	20	20	20	20	20	20
21 H	20	20	20	20	20	20	20
22 H	20	20	20	20	20	20	20
23 H	20	20	20	20	20	20	20
24 H	20	20	20	20	20	20	20

Tableau 10: consigne thermostat de chauffage

Bibliothèque thermique / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :Variante

Fichier Affichage Outils ?

Matériaux | Eléments | Compositions | Etats de surface | Albédos | Ecran végétal | Scénarios | Menuiseries | Equipement

Liste des scénarios

- % de ventilation
- % d'occultation
- % d'occupation
- Consigne de thermostat
 - chauffage
 - Chauffage standard
 - climatisation
 - Climatisation standard
- Puissance dissipée

Caractéristiques du programme

Classe: Consigne de thermostat

Nom: climatisation

Complément:

Source:

Nouveau | Vers projet | Sauver

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	26	26	26	26	26	26	26
2 H	26	26	26	26	26	26	26
3 H	26	26	26	26	26	26	26
4 H	26	26	26	26	26	26	26
5 H	26	26	26	26	26	26	26
6 H	26	26	26	26	26	26	26
7 H	26	26	26	26	26	26	26
8 H	26	26	26	26	26	26	26
9 H	26	26	26	26	26	26	26
10 H	26	26	26	26	26	26	26
11 H	26	26	26	26	26	26	26
12 H	26	26	26	26	26	26	26
13 H	26	26	26	26	26	26	26
14 H	26	26	26	26	26	26	26
15 H	26	26	26	26	26	26	26
16 H	26	26	26	26	26	26	26
17 H	26	26	26	26	26	26	26
18 H	26	26	26	26	26	26	26
19 H	26	26	26	26	26	26	26
20 H	26	26	26	26	26	26	26
21 H	26	26	26	26	26	26	26
22 H	26	26	26	26	26	26	26
23 H	26	26	26	26	26	26	26
24 H	26	26	26	26	26	26	26

Tableau 11: consigne thermostat de climatisation

III.5.3. Scenario d'occupation :

Les scenarios d'occupations permettent de définir le nombre de personnes occupant chaque zone et leur fréquence de présence dans cette dernière. Le but de ces scenarios étant de reproduire la chaleur émise par personne.

Pour notre modélisation, nous avons créé des scénarios pour chaque zone

- scenario d'occupation dans la zone : chambres

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	0	0	0	0	0	0	0
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 12: scenario d'occupation dans la zone chambres

- scenario d'occupation dans la zone : Cuisine

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	25	25	25	25	25	25	25
11 H	25	25	25	25	25	25	25
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	25	25	25	25	25	25	25
19 H	25	25	25	25	25	25	25
20 H	25	25	25	25	25	25	25
21 H	25	25	25	25	25	25	25
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 13: scénarios d'occupation cuisine

- scenario d'occupation dans la zone : Salon

The screenshot shows the 'Bibliothèque thermique' software interface. The 'Liste des scénarios' panel on the left shows a tree structure with 'SALON' selected. The 'Caractéristiques du programme' panel shows 'Classe % d'occupation' selected, 'Nom: SALON', and 'Nombre maximum d'occupants: 4.00'. The main table displays occupancy percentages for each hour of the week.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	100	100	100	100	100	100	100
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	50	50	50	50	50	50	50
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 14: scénarios d'occupation salon

- scenario d'occupation dans la zone : SDB + WC

The screenshot shows the 'Bibliothèque thermique' software interface. The 'Liste des scénarios' panel on the left shows a tree structure with 'SDB+WC' selected. The 'Caractéristiques du programme' panel shows 'Classe % d'occupation' selected, 'Nom: SDB+WC', and 'Nombre maximum d'occupants: 4.00'. The main table displays occupancy percentages for each hour of the week.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	100	100	100	100	100	100	100
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	100	100	100	100	100	100	100
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	100	100	100	100	100	100	100
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	100	100	100	100	100	100	100
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	100	100	100	100	100	100	100
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	100	100	100	100	100	100	100
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	100	100	100	100	100	100	100
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 15: scénarios d'occupation SDB + WC

III.5.4. Scenario de puissance dissipée :

Ce scenario permet de simuler la chaleur émise pas les appareils électroménagers ou tous ce qui pourrait produire de la chaleur autre que les personnes pour cela nous avons généré un scénario particulier pour chaque zone

- Scenario puissance dissipée zone : chambres

The screenshot shows a software window titled 'Bibliothèque thermique / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :Variante'. The interface includes a menu bar (Fichier, Affichage, Outils), a toolbar, and a main workspace. On the left, there is a 'Liste des scénarios' tree view with 'puiss chambre' selected. Below it, the 'Caractéristiques du programme' section shows 'Classe: Puissance dissipée' and 'Nom: puiss chambre'. The main workspace contains a table with the following data:

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	66	66	66	66	66	66	66
8 H	66	66	66	66	66	66	66
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	66	66	66	66	66	66	66
19 H	166	166	66	166	166	166	66
20 H	66	66	66	166	166	66	66
21 H	66	66	66	66	166	66	66
22 H	66	66	66	66	166	66	66
23 H	66	66	66	66	66	66	66
24 H	66	66	66	66	66	66	66

Tableau 16: scenario de puissance chambres

- Scenario puissance dissipée zone : Cuisine

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	100	100	100	100	100	100	100
9 H	100	100	100	100	100	100	100
10 H	266	266	266	266	266	266	266
11 H	266	266	266	266	266	266	266
12 H	266	266	466	266	466	266	266
13 H	100	100	100	100	100	100	100
14 H	100	100	100	100	100	100	100
15 H	100	100	100	100	100	100	100
16 H	100	100	100	100	100	100	100
17 H	266	266	266	266	266	266	266
18 H	266	266	266	266	266	266	266
19 H	466	266	566	266	466	266	266
20 H	266	266	266	466	266	266	266
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 17; scenario de puissance cuisine

- Scenario puissance dissipée zone : Hall

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	0	0	0	0	0	0	0
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	132	132	132	132	132	132	132
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	132	132	132	132	132	132	132
21 H	132	132	132	132	132	132	132
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 18: scenario puissance hall

- Scenario puissance dissipée zone : Salon

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	66	66	66	66	66	66	66
19 H	266	266	266	266	266	266	266
20 H	66	66	66	266	266	66	66
21 H	66	66	66	266	266	66	66
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 19: scenario puissance salon

- Scenario puissance dissipée zone : SDB + WC

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	66	66	66	66	66	66	66
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	66	66	66	66	66	66	66
9 H	0	0	0	0	266	0	0
10 H	66	66	66	66	266	66	66
11 H	0	0	0	0	266	0	0
12 H	66	66	66	66	66	66	66
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	66	66	66	66	66	66	66
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	66	66	66	66	66	66	66
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	66	66	66	66	66	66	66
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	66	66	66	66	66	66	66
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	66	66	66	66	66	66	66
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 20: scenario SDC + WC

III.5.5. Scénario de ventilation :

La ventilation d'un bâtiment contribue au confort et à la qualité de l'air en évacuant les polluants (odeurs, humidité, produits de combustion des appareils de chauffage, microbes, etc.). Pour cela on a appliqué deux scénarios de ventilation : ventilation d'été – ventilation d'hiver

- Ventilation d'été :

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 21: scenario ventilation d'été

- Ventilation d'hiver :

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	100	100	100	100	100	100	100
9 H	100	100	100	100	100	100	100
10 H	100	100	100	100	100	100	100
11 H	100	100	100	100	100	100	100
12 H	100	100	100	100	100	100	100
13 H	100	100	100	100	100	100	100
14 H	100	100	100	100	100	100	100
15 H	100	100	100	100	100	100	100
16 H	100	100	100	100	100	100	100
17 H	100	100	100	100	100	100	100
18 H	100	100	100	100	100	100	100
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 22: scenario ventilation hiver

III.6. Conclusion :

La simulation thermique dynamique est un outil de simulation qui permet de modéliser et analyser précisément le comportement thermique d'un projet de bâtiment, dès les phases de conception; Cet outil permet de calculer précisément les besoins énergétiques prévisionnels de chauffage et climatisation, et de quantifier les conditions de confort estival.

Dans ce chapitre on conclue que le logiciel nous a permis de gagner un temps précieux et des informations très utiles pour le bilan énergétique et le dimensionnement de l'échangeur .

Chapitre IV

Analyses et résultats

IV.1. Introduction :

Un des points forts du logiciel Pléiades + Comfie est de pouvoir réaliser une analyse thermique par simulation dynamique. En effet, cela a l'avantage, en fonction de la météo du site préalablement injecté, de simuler sur une année complète le comportement thermique de la maison et de connaître pour chaque jour de l'année les consommations et les températures dans chaque zone définie auparavant.

Dans ce chapitre nous allons interpréter les résultats obtenus grâce au logiciel PLEIADES+COMFIE avec le quelle on a réalisé des simulations du comportement énergétique de la maison.

Les résultats des simulations sont les besoins de chauffage et de rafraîchissement, les températures d'été sans et avec consigne et les températures d'hiver sans et avec consigne, et d'autres indicateurs pour l'obtention d'une maison économique. Ces résultats sont présentés sous la forme de diagrammes graphes ou tableaux.

IV.2. Etape de l'acquisition des résultats :

Dans cet étape on illustrera nos simulations par deux graphes un pour le chauffage et un pour la climatisation cela pour le but de bien voir les variations des températures des zones, on lancera une simulation sans les consignes de thermostat et une deuxième avec ces même consignes (La température de confort doit être entre 20°C et 26°C) ce qui fait en tous un total de quatre simulations.

Tout cela se fait d'après les étapes qui suivent :

Etape 1 : on va appliquer les scénarios sans consigne de thermostat pour avoir les températures des zones de confort et l'extérieur (été/hiver)

Etape 2 : on va réappliquer tous les scénarios mais cette fois on fixant les consignes de thermostats pour déterminer les besoin en chauffage et en climatisation

Pour cela on a décomposé l'année en deux larges saisons (de la 15^e semaine à la 48^e semaine et l'inverse qui veut dire du 01/12 au 13/04 et du 14/04 au 25/11) suivant le fonctionnement de PLEIADES et suivant le besoin qu'on veut déterminer (chauffage et climatisation).

IV. 3. Simulations sans consigne thermostat :

- Simulation hiver sans consigne de thermostat :
 - Tableau de la température d'hiver sans consigne de thermostat :

Interface Comfie / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :SIMULATION hiver sans consigne

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							
SALON	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	-0 W	9.77 °C	15.66 °C
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	-0 W	10.50 °C	16.18 °C
CUISINE	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	-0 W	10.89 °C	17.10 °C
SDB	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	-0 W	12.17 °C	18.72 °C
CHAMBRE+CHAMBRE	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	-0 W	11.57 °C	17.37 °C
Total	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	0 W		

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
SALON	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	20.28 %	0.00 %	0.00 %
HALL	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	12.29 %	0.00 %	0.00 %
CUISINE	0.00 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	24.51 %	0.00 %	0.00 %
SDB	0.00 kWh/m3	7.60 (1/10°C)	30.50 %	0.00 %	0.00 %
CHAMBRE+CHAMBRE	0.00 kWh/m3	6.20 (1/10°C)	13.59 %	0.07 %	0.00 %

Tableau 23: température d'hiver sans consigne

Voici le tableau récapitulatif de la température d'hiver dans les 5 zones de la maison, on constate que ma **température moyenne hivernale sans consigne** est de [Salon : **15,66°c** à **17,37°c**] et pour les besoins en chauffage et climatisation sans automatiquement nulle (pas de fixation de consigne).

- Graphe de la température d'hiver sans consigne de thermostat :

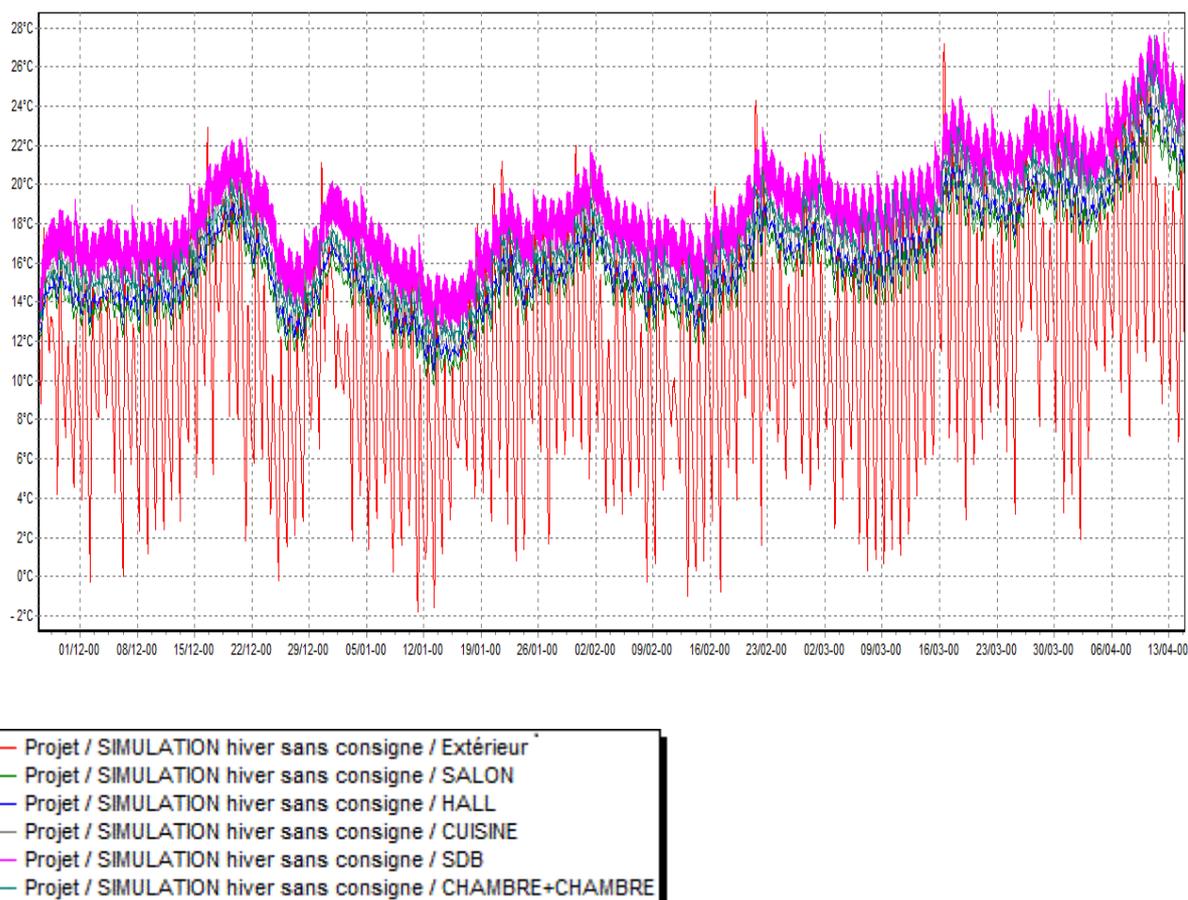


Figure 22: température d'hiver sans consigne

On analysant le graphe on remarque que la température minimum extérieure est de -2°C et maximum extérieur est de 22°C , par contre la température dans la zone de confort et relativement stable entre $[27^{\circ}\text{C}$ à 11°C] grâce à l'isolation et aux matériaux utiliser dans l'enveloppe de la maison

On déduit que sans aucune installation de chauffage la maison est garder hors gèle grâce à la bonne isolation de la maison, mais sa restera toujours insuffisant pour avoir le bon confort à la maison dans les 3 mois hivernale (janvier février et mars).

- Graphe de la température de la semaine la plus froide d'hiver sans consigne de thermostat :

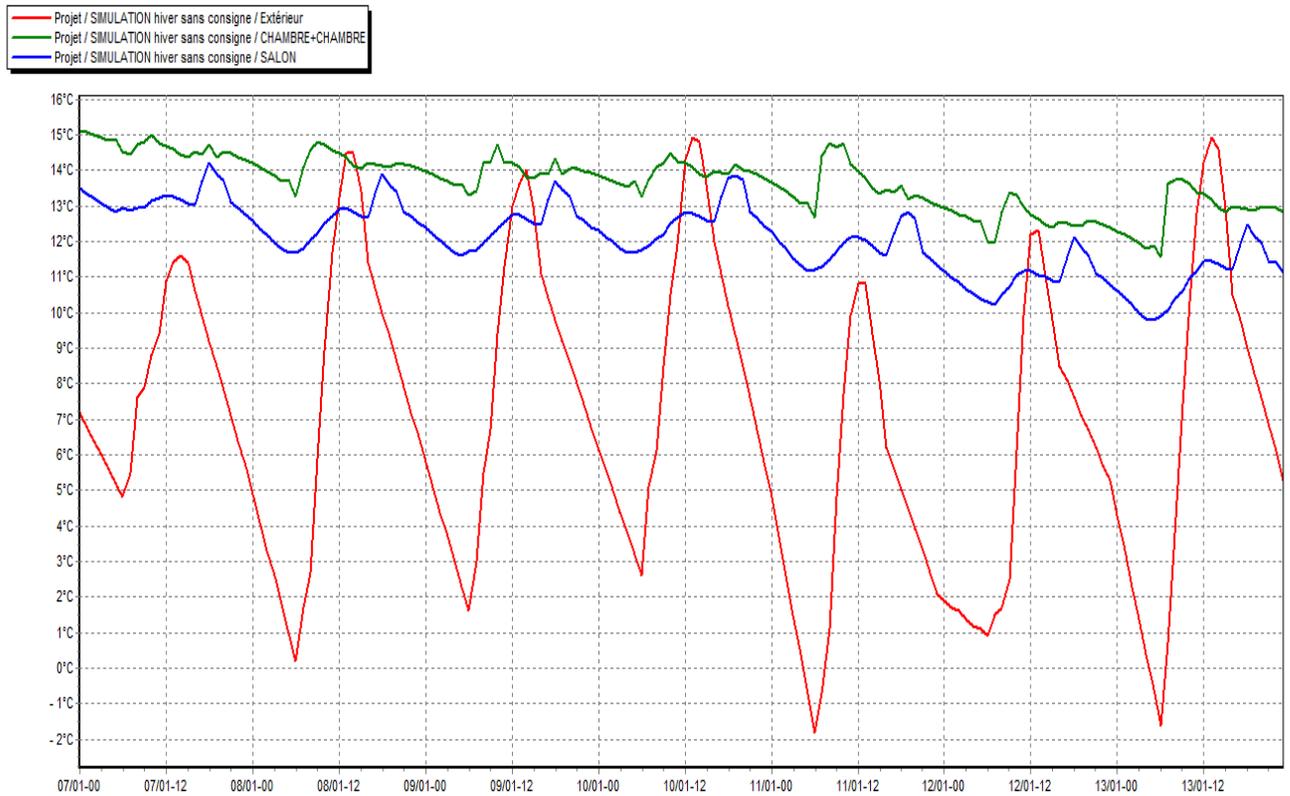


Figure 23: semaine la plus froide d'hiver

Après avoir analysé le graphe ci-dessus on remarque que la température extérieure est variable en fonction du temps, pendant la journée elle augmente jusqu'à 15°C et la nuit diminue jusqu'à -2°C en revanche la température aux zone de confort reste presque constante dans un intervalle de [10°C à 15°C] et cela dans la semaine du 07 au 13 janvier.

- Simulation d'été sans consigne thermostat :
 - Tableau de la température d'été sans consigne de thermostat :

Interface Comfie / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :SIMULATION été sans consigne

Fichier Affichage Outils ?

Environnement Fonctionnement Simulation Sorties

Liste des résultats Synthèse Graphiques Générer un rapport Description Comparateur Consommation

Résumer

Projet sélectionné : Projet / SIMULATION été sans consigne

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
Année							
SALON	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	11.63 °C	25.92 °C	35.08 °C
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	11.86 °C	26.76 °C	35.35 °C
CUISINE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.07 °C	27.13 °C	35.89 °C
SDB	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.29 °C	29.44 °C	39.12 °C
CHAMBRE+CHAMBRE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	12.68 °C	28.66 °C	39.08 °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
SALON	0.00 kWh/m3	39.03 (1/10°C)	21.23 %	54.41 %	0.00 %
HALL	0.00 kWh/m3	47.44 (1/10°C)	14.26 %	0.00 %	0.00 %
CUISINE	0.00 kWh/m3	47.94 (1/10°C)	24.58 %	61.48 %	0.00 %
SDB	0.00 kWh/m3	61.16 (1/10°C)	32.44 %	63.45 %	0.00 %
CHAMBRE+CHAMBRE	0.00 kWh/m3	55.68 (1/10°C)	20.04 %	60.71 %	0.00 %

Tableau 24: température d'été sans consigne

Voici le tableau récapitulatif de la température d'été dans les 5 zones de la maison, on constate que ma **température moyenne estivale sans consigne** est de [25,92°c à 28,66°c] et pour les besoins en chauffage et climatisation sans automatiquement nulle (pas de fixation de consigne).

- Graphe de la température d'été sans consigne de thermostat :

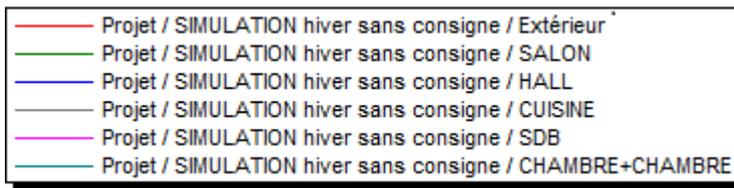
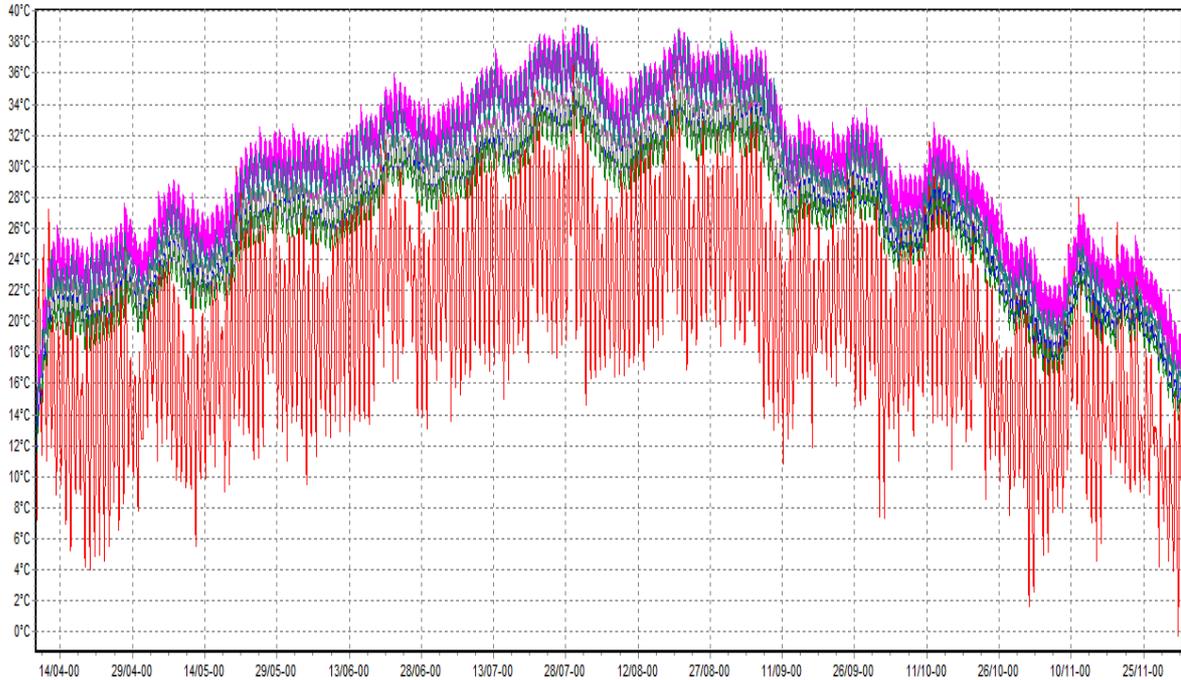


Figure 24: température d'été sans consigne

On analysant le graphe on remarque que la température maximum extérieure est de 38°C et minimum extérieur est de 0°C (novembre), et cela influe sur la température dans la zone de confort qui est entre [39°C à 11°C] causé par le manque de rafraichissement.

On déduit que sans aucune installation de climatisation (rafraichissement) la maison, rencontre un problème de surchauffe ce qui nous a donné un taux d'inconfort considérable de 60,71 %.

- Graphe de la température de la semaine la plus chaude d'été sans consigne de thermostat :

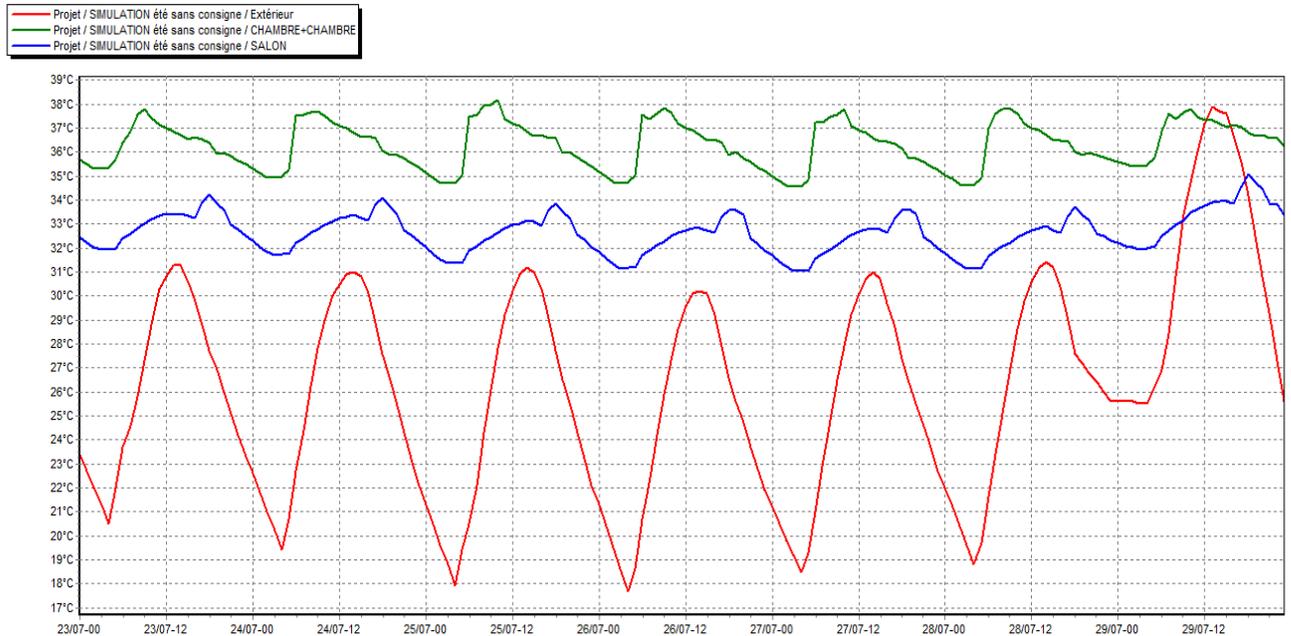


Figure 25: semaine la plus chaude d'été

Après avoir analysé le graphe ci-dessus on remarque que la température extérieure est variable en fonction du temps, pendant la journée elle augmente jusqu'à 32°C et atteint un pic de 38°C à la fin de la semaine du mois de juillet et la nuit diminue jusqu'à presque 17°C en revanche la température aux zone de confort reste presque constante dans un intervalle de [32°C à 38°C] et cela dans la semaine du 23 au 29 juillet.

De cette première partie on conclue que notre habitat subit des inconforts au niveau de l'été et de l'hiver mais il garde toujours un coté positive pendant quelque période de l'année avec une bonne température aux zone de confort de la période estivale et hivernal et cela revient aux techniques passif utilisées (matériaux constructifs de la maison, l'orientation, la compacité, l'isolation...)

IV. 4. Simulations avec consigne thermostat :

Dans cette partie du chapitre nous allons introduire les scénarios de consignes de thermostats afin d'obtenir une simulation des besoins de chauffage et de climatisation.

Pour le chauffage on a fixé la consigne de thermostat à 20°C, et pour le rafraîchissement on a fixé la consigne à 26°C. Nous optons derrière cette simulation de calculer les besoin énergétique pour le but d'avoir un taux d'inconfort presque égale à 0%.

- Simulation hiver avec consigne thermostat :
 - Tableau des températures et besoin en chauffage avec consigne thermostat fixé à 20°C :

Interface Comfie / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :SIMULATION hiver avec consigne

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							
SALON	1108 kWh	0 kWh	1037 W	-0 W	19.97 °C	20.17 °C	24.56 °C
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.56 °C	18.93 °C	24.45 °C
CUISINE	393 kWh	0 kWh	634 W	54 W	19.97 °C	20.64 °C	26.00 °C
SDB	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.39 °C	21.43 °C	27.75 °C
CHAMBRE+CHAMBRE	753 kWh	2 kWh	1147 W	1017 W	20.00 °C	20.49 °C	26.00 °C
Total	2255 kWh	2 kWh	2818 W	1071 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets
SALON	11.33 kWh/m ³	0.00 (1/10°C)	5.34 %	0.00 %	59.77 %
HALL	0.00 kWh/m ³	0.00 (1/10°C)	10.47 %	0.00 %	0.00 %
CUISINE	6.03 kWh/m ³	0.00 (1/10°C)	14.85 %	0.00 %	31.41 %
SDB	0.00 kWh/m ³	7.50 (1/10°C)	30.40 %	0.00 %	0.00 %
CHAMBRE+CHAMBRE	6.36 kWh/m ³	0.00 (1/10°C)	6.13 %	0.00 %	31.06 %

Tableau 25: besoin en chauffage

Le tableau ci-dessus représente les besoins de chauffage obtenue par la simulation et qui sont égale à **2255 kWh** soit **5,29 kWh/m³**.

- Graphe de la température d'hiver avec consigne thermostat :

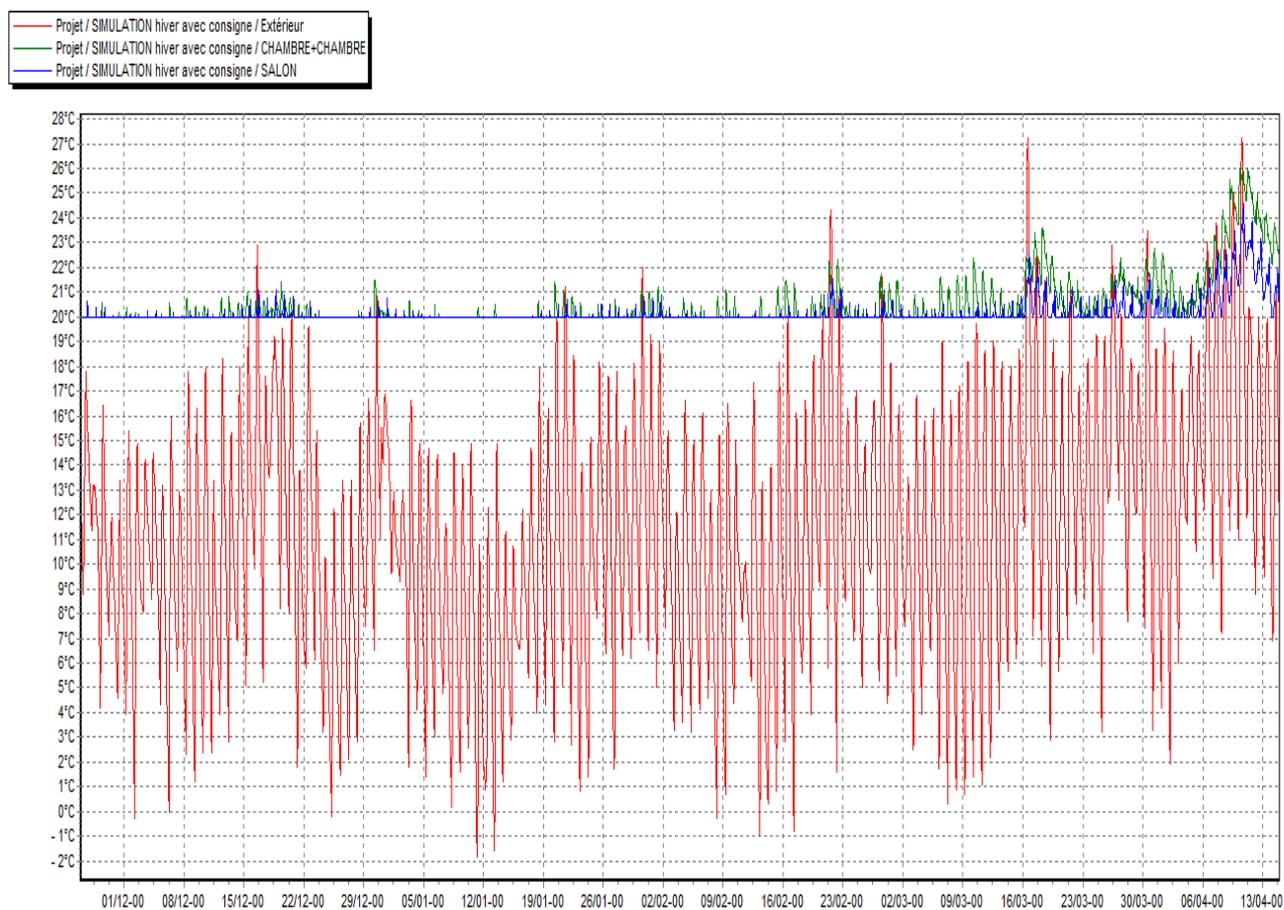


Figure 26: température hiver avec consigne thermostat

On analysant le graphe on remarque que la température maximum extérieure est de 27°C et minimum extérieur est de -2°C, mais avec la fixation du consigne à 20°C on remarque que la température des zones de confort ne dépasse pas les 20°C et pour arriver à le réaliser, il nous faut 5,29 kWh/m³

- La puissance de chauffage :

La graphique si dessous illustre la variation des puissances de chauffage dans chaque zone en fonction de la température.

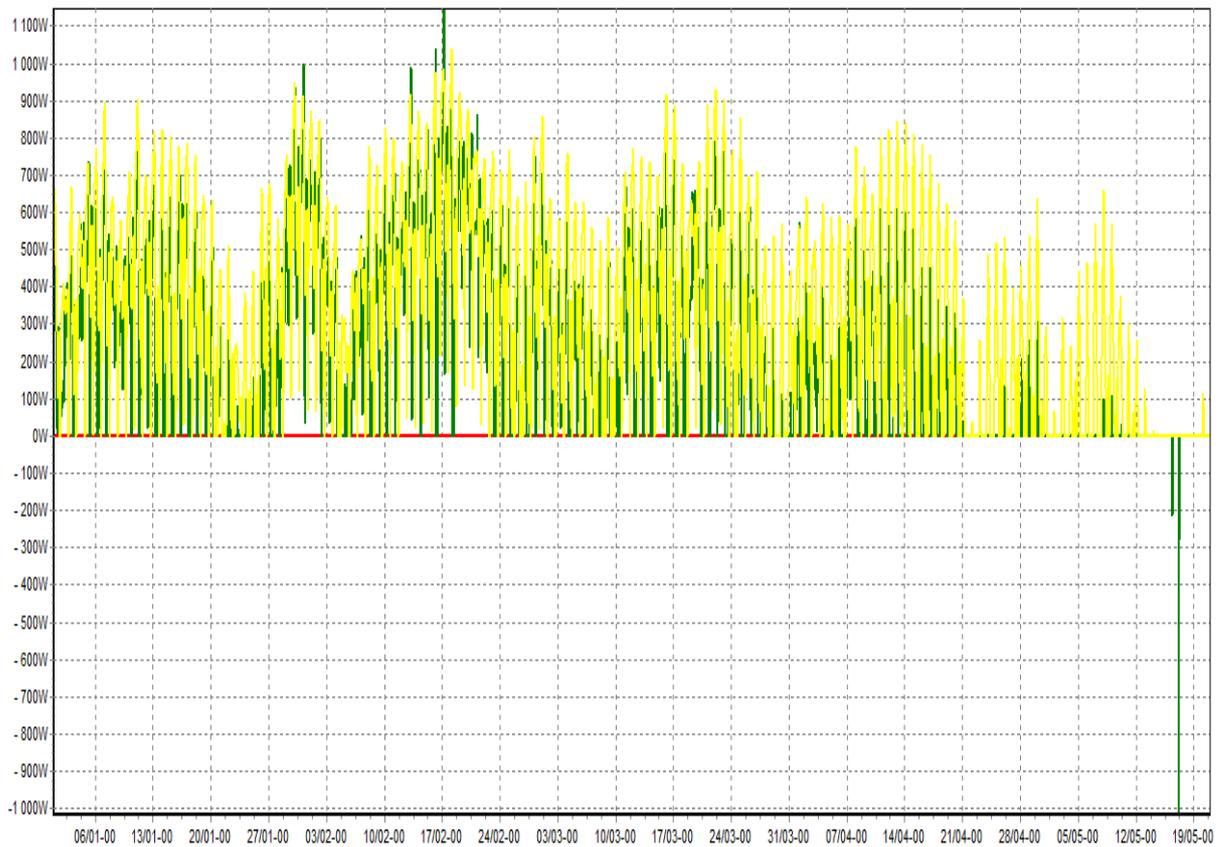
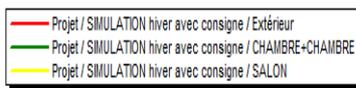


Figure 27: puissance en chauffage

Après l'analyse du graphe ci-dessus qui représente l'illustration de la variation des puissances de chauffage par rapport au temps dans chaque zones de confort, on remarque que la puissance de chauffage et compté positivement et peut atteindre 1100 watt dans le cas étudiant.

- Simulation été avec consigne de thermostat :
 - Tableau des températures et besoin en rafraichissement avec consigne thermostat fixé 26°C :

Interface Comfie / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :SIMULATION

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							
SALON	118 kWh	413 kWh	881 W	1000 W	19.98 °C	23.98 °C	26.18 °C
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	17.00 °C	24.46 °C	28.12 °C
CUISINE	27 kWh	632 kWh	521 W	985 W	19.97 °C	24.55 °C	26.22 °C
SDB	0 kWh	0 kWh	0 W	0 W	16.15 °C	27.27 °C	32.75 °C
CHAMBRE+CHAMBRE	36 kWh	1710 kWh	751 W	2862 W	20.00 °C	24.90 °C	26.32 °C
Total	180 kWh	2755 kWh	2153 W	4847 W			

Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T° Ext	Taux d'inconfort	Part de besoins nets
SALON	5.43 kWh/m ³	0.00 (1/10°C)	12.53 %	0.00 %	17.85 %
HALL	0.00 kWh/m ³	6.39 (1/10°C)	11.63 %	0.00 %	0.00 %
CUISINE	10.09 kWh/m ³	0.00 (1/10°C)	13.38 %	0.00 %	5.98 %
SDB	0.00 kWh/m ³	27.16 (1/10°C)	31.18 %	53.19 %	0.00 %
CHAMBRE+CHAMBRE	14.71 kWh/m ³	0.00 (1/10°C)	6.77 %	0.00 %	4.19 %

Tableau 26: besoin en climatisation

Le tableau ci-dessus représente les besoins de climatisation obtenue par la simulation et qui sont égale à **2755 kWh** soit **6,46 kWh/m³**.

- Graphe de la température d'été avec consigne thermostat :

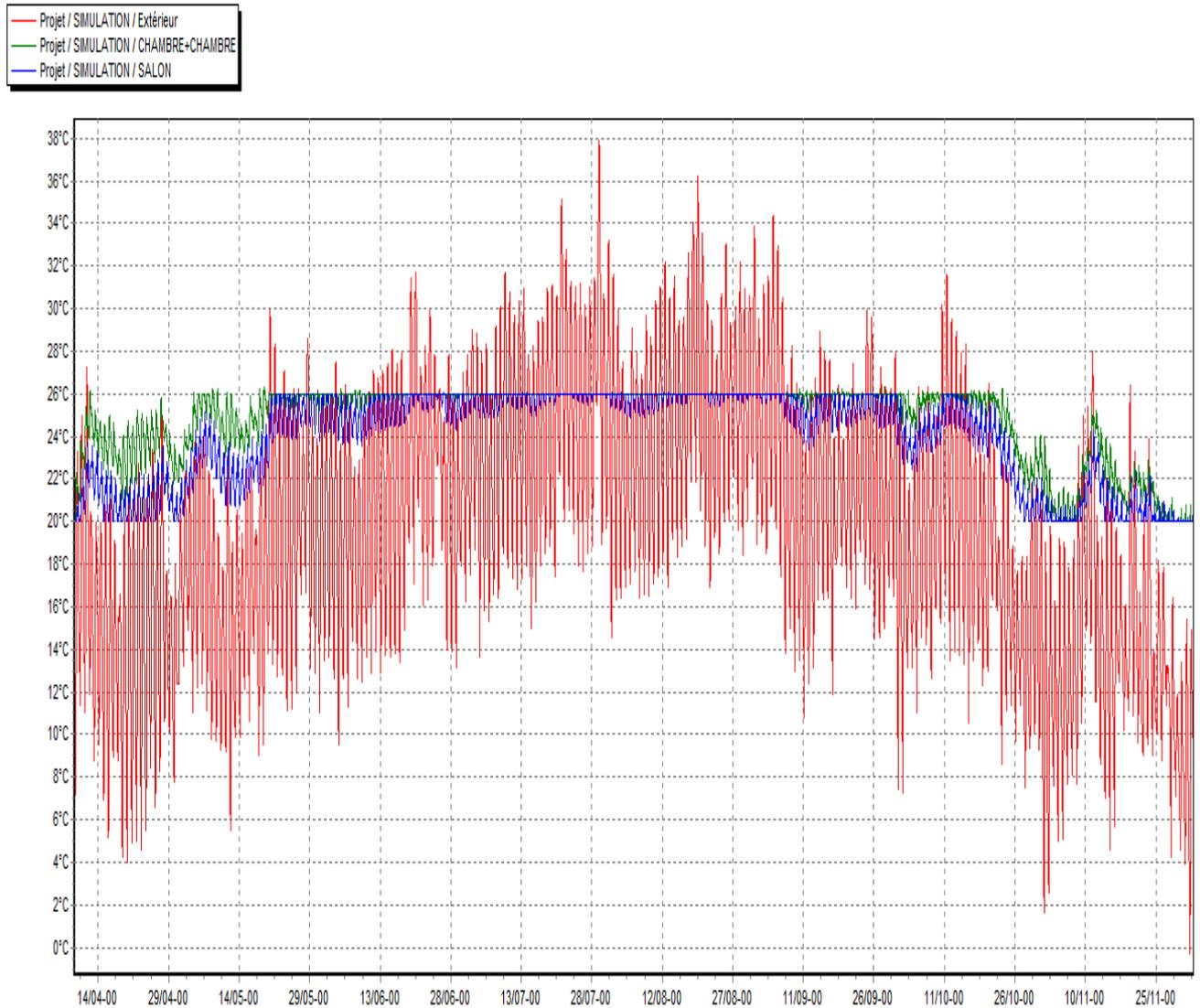


Figure 28: température d'été avec consigne thermostat

On analysant le graphe on remarque que la température maximum extérieure est de 38°C et minimum extérieur est de 0°C (novembre), mais avec la fixation de la consigne à 26°C on remarque que la température des zones de confort ne dépasse pas les 26°C et pour arriver à le réaliser, il nous faut 6,46 kWh/m³

- Puissance de climatisation :

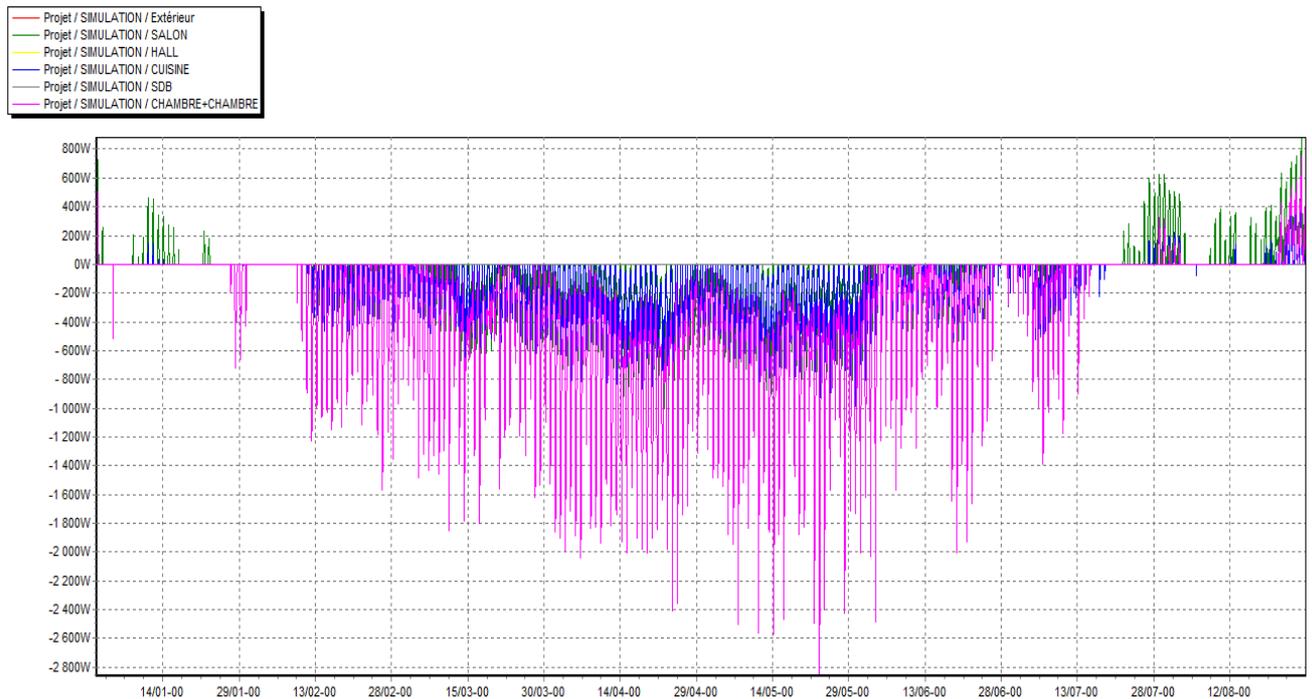


Figure 29: puissance de climatisation

Après l’analyse du graphe ci-dessus qui représente l’illustration de la variation des puissances de climatisation par rapport au temps dans chaque zones de confort, on remarque que la puissance de climatisation et compté négativement et peut atteindre -2800 watt dans le cas étudiant.

IV.5. Conclusion :

On conclu ce chapitre par la somme des besoins de climatisation et de rafraichissement de notre maison afin de pouvoir arriver à intégrer et dimensionner un système adéquat qui pourra rafraichir la maison en été et la chauffer en hiver et cela en utilisant la géothermie autrement dit on essaiera d’arriver à subvenir nos besoin ou à réduire notre facture en utilisant **un puits canadien** .

Besoin (KWH)	Hiver	été	Total
Besoin de chauffage	2255	180	2435
Besoin de climatisation	2	2755	2757

Tableau 27: tableau récapitulatif des besoins

Chapitre V

Intégration de l'échangeur air-sol

V.1. Introduction :

Dans cette étude on s'intéresse au rafraîchissement par la géothermie, une technique qui est jusqu'à présent non exploitée dans notre pays. Cette technique utilise un échangeur air/sol dit puits canadien. Une analyse théorique du phénomène à travers la modélisation et la simulation des performances de ces systèmes est faite. Il s'agit de connaître l'évolution de la température de l'air frais à la sortie de l'échangeur et la longueur d'échangeur de désiré pour notre habitat qu'on pourra avoir selon divers contextes structurels, conceptuels et d'environnement.

Le puits canadien appelé aussi puits provençal est un système de ventilation conçu pour préchauffer ou rafraîchir l'air des bâtiments en utilisant la chaleur et l'inertie thermique du sol. L'air aspiré extérieur transite par une conduite enterrée à 2m de profondeur sur une longueur X, récupérant au cours de son trajet l'énergie / inertie de la terre (Géothermie de surface), va se réchauffer et permettre ainsi un pré chauffage en hiver et par le même système, un rafraîchissement en Été.

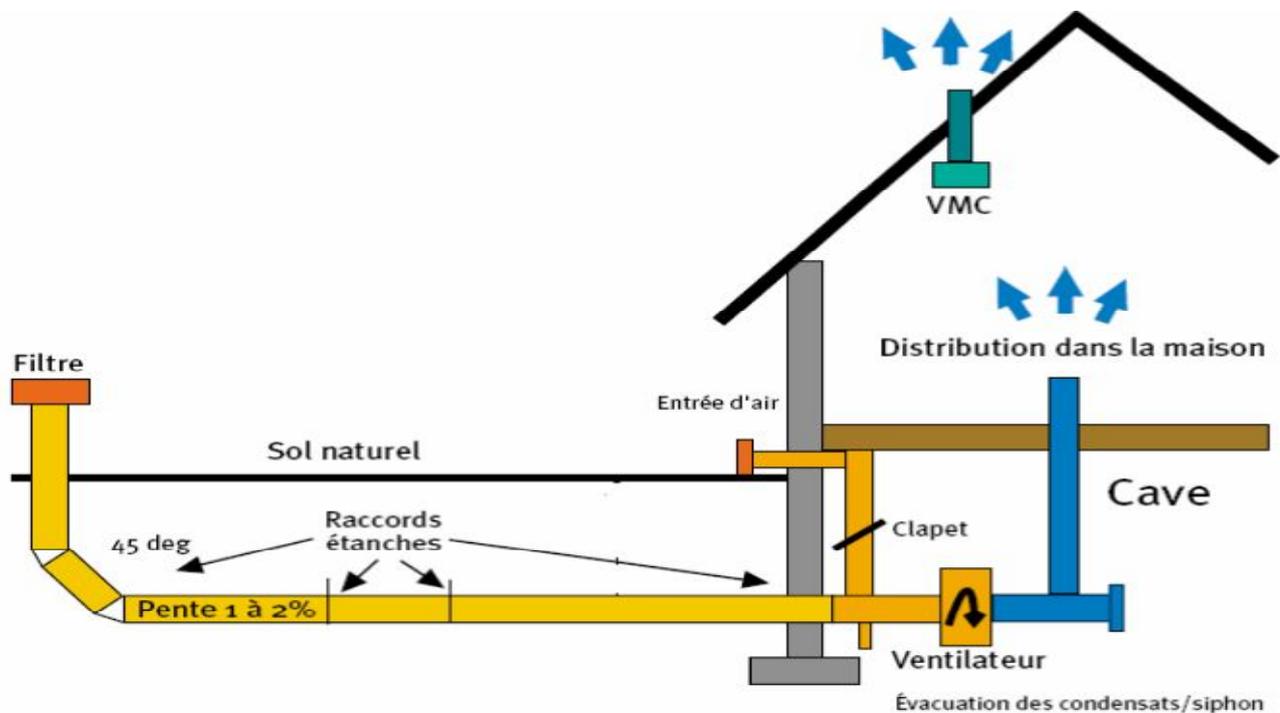


Figure 30: Schéma du principe du puits canadien

V .2. Principaux paramètres du dimensionnement :

L'analyse de la littérature consultée a permis d'identifier les paramètres influant sur le comportement thermique de l'échangeur air-sol et d'en distinguer les plus prépondérants. Ces paramètres sont à considérer pour le dimensionnement d'un échangeur air-sol.

V.2.1. Le débit d'air total :

Le débit total de l'air circulant dans l'échangeur doit assurer l'ensemble des besoins de renouvellement d'air des pièces à ventiler. Le régime de ventilation peut varier selon le mode de fonctionnement (réduit en préchauffage, plus élevé en rafraîchissement). La détermination du débit d'air total maximal constitue le premier paramètre de dimensionnement de l'échangeur.

V.2.2. Le nombre et le diamètre des tubes :

Le nombre et le diamètre des tubes définissent la section totale de tubes par laquelle va circuler l'air. Ils influent à la fois sur la vitesse d'écoulement de l'air et sur la surface de contact entre l'air et le sol. Ces paramètres sont ajustés en fonction du débit nominal de ventilation.

En pratique, pour l'installation domestique, le diamètre utilisé se situe entre 16 cm et 20 cm, mais il peut être bien supérieur sur des installations de grande taille. Le nombre de tubes est conditionné par l'espace disponible pour l'installation de l'échangeur.

V.2.3. La vitesse de l'air dans les tubes :

La vitesse de l'air ne constitue pas un paramètre indépendant, puisqu'elle découle directement du choix des trois paramètres précédents. Néanmoins, elle impose le type d'écoulement (laminaire, turbulent) et influe donc non seulement sur la valeur du coefficient d'échange convectif entre l'air et les tubes, mais aussi sur les pertes de charges mécaniques qui doivent être compensées par le ventilateur. Afin de limiter les pertes de charge, cette vitesse est le plus souvent maintenue de 3 à 4 m/s.

V.2.4. La longueur des tubes :

La longueur des tubes détermine la surface d'échange et le temps de séjour de l'air dans les tubes. En première approximation, Ainsi, au-delà d'une certaine longueur, le rallongement des tubes n'apporte aucune amélioration de l'échange. Il existe donc une longueur optimale de l'échangeur, liée à la longueur caractéristique de l'échange thermique, l , qui peut être obtenue en confrontant le surcoût économique de l'échangeur (constant avec la longueur) à l'économie d'énergie apportée par l'allongement des tubes. Par conséquent, il est préférable d'employer plusieurs tubes de longueur raisonnable (20 m à 40 m) plutôt qu'un ou deux tubes beaucoup plus longs.

P. Hollmuller fournissait des règles de dimensionnement simples permettant d'ajuster les quatre paramètres précédents en fonction du débit total de ventilation.

V.2.5. La distance entre les tubes :

Les fonctions de stockage et d'amortisseur thermique du sol sont assurées par le volume du sol

situé tout autour de chaque canalisation. L'épaisseur de sol concernée est proportionnelle à la profondeur de pénétration du signal thermique, qui dépend de la période de variation des phénomènes mis en jeu. Ainsi, si la distance entre deux tubes est du même ordre de grandeur ou inférieure à la profondeur de pénétration, la température de la portion du sol située entre ces tubes est influencée simultanément par ces deux tubes, ce qui réduit localement la capacité de stockage du sol.

L'influence de la distance entre les tubes sur les performances de l'échangeur est peu abordée dans la littérature. Pourtant, il semble important d'assurer une distance minimale afin de limiter l'interaction entre deux tubes adjacents et d'optimiser ainsi l'exploitation de l'inertie du sol. D'après **P. Hollmuller** une distance de 40 cm sera suffisante pour maintenir l'effet de stockage thermique pour des variations journalières. Par contre, un stockage thermique saisonnier nécessiterait un espacement de l'ordre de 3 m, qui n'est généralement pas envisageable en pratique.

V.2.6. La profondeur d'enfouissement des tubes :

Pour un échangeur air-sol, le sol joue le rôle d'isolant entre l'atmosphère et les canalisations enterrées. La profondeur d'enfouissement influe sur la qualité de cette isolation. **P. Hollmuller** montre que les variations de température de l'air extérieur sont d'autant plus amorties et déphasées par le sol que la profondeur est grande. Au-delà d'une dizaine de mètres sous la surface du sol, la température du sol ne dépend quasiment plus des conditions atmosphériques.

Pour tirer parti du déphasage journalier, une profondeur de 40 cm est suffisante, tandis que pour un déphasage saisonnier, la profondeur minimale d'enfouissement requise est de 2 m. Au-delà, l'augmentation de la profondeur accroît les contraintes réglementaires (sécurisation du chantier) et les coûts de réalisation augmentent bien plus rapidement que l'économie d'énergie marginale apportée.

V.2.7. La nature du sol et son taux d'humidité :

La capacité calorifique et la conductivité du sol ont une influence importante sur l'efficacité du système. Elles dépendent de la composition du sol mais aussi de son taux d'humidité. La capacité thermique du sol correspond à la moyenne des capacités calorifiques de ses différents constituants : minéraux, matières organiques, air et eau. L'eau possède une capacité et une conductivité thermiques supérieures à celles des autres constituants du sol. Ainsi, un sol humide emmagasine mieux la chaleur qu'un sol sec et transmet plus facilement de la chaleur à l'air dans les canalisations de l'échangeur. Cet effet est mis à profit pour augmenter temporairement la performance des échangeurs thermiques air-sol en humidifiant le sol par arrosage.

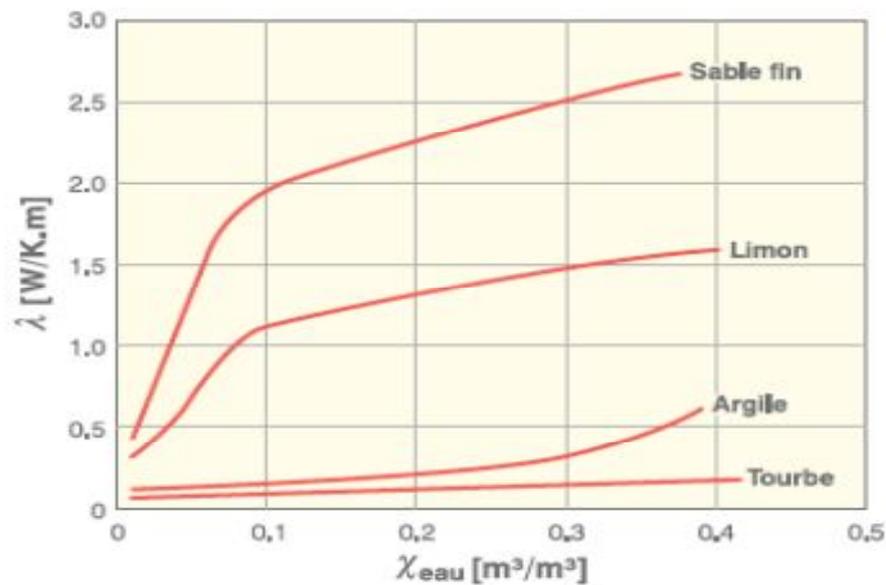


Figure 31: caractéristique du sol

V.2.8. La rugosité intérieure des tubes :

La rugosité intérieure des tubes favorise le transfert thermique par convection en créant de la turbulence, cependant elle favorise aussi les pertes de charges hydrauliques le long de chaque tube. Des pertes de charge élevées sont indésirables car elles entraînent un surdimensionnement des systèmes de ventilation et des pertes énergétiques supplémentaires. De plus, les irrégularités de l'intérieur des tubes favorisent la stagnation d'eau condensée, ce qui peut dégrader à terme la qualité de l'air ventilé (développement de micro-organismes). L'intérieur des tubes doit donc être le plus lisse possible. Ainsi, une légère pente de l'ensemble des tubes permet l'évacuation de l'eau condensée sans intervention extérieure.

V.2.9. La nature des tubes :

La chaleur massique et la conductivité thermique du matériau constitutif des tubes sont généralement négligées dans les modèles consultés. En effet, la faible épaisseur des canalisations réduit fortement la capacité et la résistance thermique globale des tubes, qui influent alors très peu sur le comportement thermique de l'échangeur.

V.2.10. La géométrie de l'échangeur :

L'échangeur est généralement constitué d'un ou plusieurs tubes disposés parallèlement, horizontalement et regroupés en entrée et en sortie par des collecteurs. Les coudes et les bifurcations du réseau enterré induisent des pertes de charges hydrauliques supplémentaires à éviter.

Une disposition verticale pourrait tirer profit de la meilleure stabilité de la température du sol à plusieurs mètres sous sa surface, mais les contraintes techniques et économiques d'un tel dispositif semblent disproportionnées vis-à-vis du gain de performance apporté.

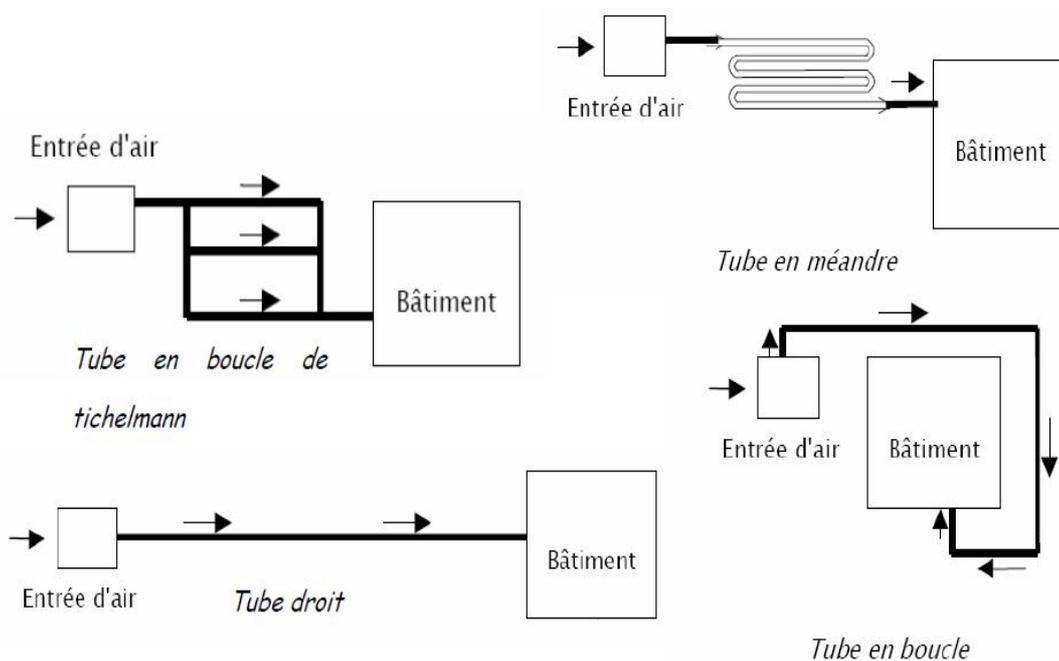


Figure 32: géométrie des échangeurs

Tube droit : une perte de charge réduite mais dépense d'un terrain spacieux.

Tubes en boucle : utile en manque d'espaces mais le bâtiment influe sur l'efficacité du système.

Tube en boucle de tichelmann : surface d'échange importante mais pertes de charges considérable.

Tube en méandre : la plus importante surface d'échange mais beaucoup de pertes de charges.

V.2.11. Influence de la présence d'un bâtiment proche :

L'échangeur air-sol est toujours implanté à proximité d'un bâtiment, voir sous sa dalle. Or, un bâtiment peut échanger de la chaleur avec le sol et entraîner une perturbation locale de la température du sol. Cette interaction a une influence sur les performances globales de l'échangeur air-sol d'autant plus importante que l'influence du bâtiment sur l'échangeur est forte.

V.2.12. Influence de la présence d'une nappe phréatique proche :

L'échangeur air-sol peut être implanté à proximité ou au milieu d'une nappe phréatique ce qui ajoute une forte contrainte d'étanchéité aux tubes. Celle-ci modifie localement les propriétés du sol (taux d'humidité) et constitue, lorsqu'elle est circulante, une source de température stable. La température du sol est alors influencée par sa présence.

V.2.13. L'humidité de l'air :

Les taux d'hygrométrie de l'air extérieur et de l'air extrait ne sont pris en compte que par les modèles intégrant les échanges latents. En effet, pour les climats tempérés, les phénomènes de condensation et l'évaporation de l'eau à l'intérieur des tubes ne se produisent que de manière épisodique (après un orage). Sur une année, ces phénomènes sont donc peu fréquents et leur influence sur le comportement de l'échangeur reste très limitée dans le temps. Sous d'autres climats, ces échanges peuvent être importants. Par exemple, en climat tropical humide, un puits canadien implanté à 3 m de profondeur permet d'abaisser la température de 6 °C et de déshumidifier sensiblement l'air intérieur, ce qui participe aussi à l'amélioration du confort thermique.

V.2.14. Le by-pass :

Le by-pass est un mécanisme relié au puits canadien disposant d'une prise d'air directe à l'extérieur afin de délivrer la température d'air la plus adéquate selon la période de l'année.

Il choisit de façon automatique entre l'air extérieur et l'air du puits canadien en fonction de la température extérieure :

- En été, le by-pass opéra pour la température la plus fraîche.
- En hiver, pour la température la plus chaude.

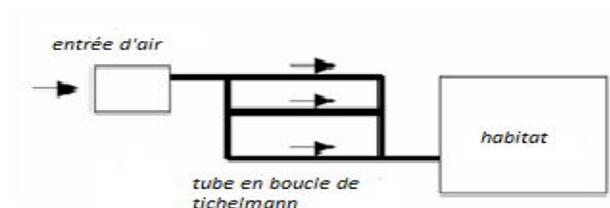
Le by-pass est en général piloté par un servomoteur couplé à un thermostat posé à l'extérieur du bâtiment.

V.3. Hypothèses considérées :

Hypothèses géométriques :

- Le puits canadien possède les caractéristiques suivantes:
- Une entrée d'air à l'extérieur du terrain avec une hauteur de $h = 1,2\text{m}$
- le niveau d'enfouissement du puits égale à $h = 2\text{m}$ de profondeur
- Une canalisation disposée horizontalement sous la terre à la profondeur $h=2\text{m}$;
- Une sortie d'air située à l'extérieur du terrain $h = 2\text{m}$

Voici le schéma approximatif du puits canadien :



Hypothèses thermiques : dans cette étude, on considère que:

- Le modèle géométrique présenté ci-dessus peut être encore simplifié comme suit:
- Le débit d'air à l'intérieur est identique
- Les dimensions et propriétés physiques sont identiques
- L'échange thermique se fait en régime stationnaire.
- Le sol est considéré homogène.
- Les caractéristiques de l'air et du sol (masse volumique, conductivité thermique, chaleur massique...) sont considérées constantes.
- Dans une section du conduit perpendiculaire à l'écoulement, l'air est considéré homogène,
- La température extérieure du tube est constante, ce qui revient à considérer que l'inertie thermique du sol est grande devant les quantités de chaleur échangées.
- La vitesse de l'air est considérée constante le long du conduit.
- On considère la nature du sol argileux humide.

V.4. Equations à prendre en considération :

- **Renouvellement d'air :**

- Volume de la maison :

$$V = S * H \quad (\text{m}^3)$$

- Débit volumique de renouvellement d'air :

$$Q = V / \text{temps de renouvellement d'air} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

- Diamètre intérieur :

Diamètre ext – 2* épaisseur du tube, et pour le rayon on divise sur 2

- Section de la gaine :

$$S = \pi * r^2 \quad r : \text{rayon} \quad (\text{m}^2)$$

$$Q = V * S \Rightarrow V = Q / S \quad (\text{m/s})$$

- **Le flux thermique échangé par unité de surface :**

$$\square = (T_{\text{sol}} - T_{\text{air}}) / R_T \quad (\text{W}/\text{m}^2)$$

Telle que, R est la résistance thermique, donnée par l'expression suivante :

$$R_T = R_{cd} + R_{cv} \quad \text{et} \quad R_{cond} = e_t / \lambda_t \quad \text{et} \quad R_{conv} = 1/5,55 \times V^{0,8}$$

Ainsi le flux est connu, on pourra alors calculer la longueur de notre échangeur par :

$$Q = \phi \times \text{surface} = [(T_{sol} - T_{air}) / R_{Tsol}] \times S$$

Q : quantité de chaleur total, et dans notre cas c'est le besoin en climatisation exprimé en kW

Telle que, $S = \pi \times d \times L$

$$\text{Donc} \quad L = \frac{\phi}{\pi \times d \times q}$$

- Température de l'air dans l'échangeur en fonction de la longueur :

$$T_{as} = T_{ae} \times \exp\left(\frac{-2L}{\rho \cdot c \cdot r \cdot v \cdot R}\right) + T_{sol} \times \left[1 - \exp\left(\frac{-2L}{\rho \cdot c \cdot r \cdot v \cdot R}\right)\right]$$

V.5. Fixation des paramètres et calculs :

- Température d'entrée : **30°C**
- Température de sortie : **24°C**
- Température moyenne du sol : **19°C**
- Conductivité du tuyau : **0,51 W/m/K**
- Cp de l'air : **1006 J/Kg/K**
- Masse volumique de l'air sous 1013mbar : **1,25 Kg/m³**

V.6. Etude paramétrique :

Tout d'abord on va calculer les paramètres invariables de notre étude :

Le volume de la maison :

$$V = 108 \times 2,8 = \mathbf{302,4 \text{ m}^3}$$

On sait que dans la réglementation thermique que le débit de renouvellement d'air d'un occupant doit être 30 m³/h

Et dans notre cas on a 4 occupants ce qui fait **120m³**

$$\text{Alors : } \mathbf{120 \text{ m}^3} \rightarrow \mathbf{1h}$$

$$\mathbf{302,4 \text{ m}^3} \rightarrow \mathbf{2,52 \cong 3h = 10800 \text{ secondes}}$$

Le débit de renouvellement d'air :

$$q_v = 302,4 / 10800 = \mathbf{0,028 \text{ m}^3/\text{s}}$$

• 1^{er} cas :

On fixe le diamètre extérieur à $d_{\text{ext}} = \mathbf{0,150 \text{ m}}$ et l'épaisseur à $ep = \mathbf{0,004m}$

Sa nous donne $d_{\text{int}} = \mathbf{0,142m}$ et $r_{\text{ext}} = \mathbf{0,075m}$ et $r_{\text{int}} = \mathbf{0,071m}$

La section sera égale à $S = \mathbf{0,0158 \text{ m}^2}$

De là on aura une vitesse de $V = \mathbf{1,768 \text{ m/s}}$

Résistivité totale :

$$R_t = (0,004 / 0,51) + (1/5,55 \times 1,768^{0,8}) = \mathbf{0,12 \text{ m}^2/\text{k.w}}$$

Le flux thermique :

$$\Phi = (30 - 19) / 0,12 = \mathbf{91,66 \text{ W/m}^2}$$

On a : $Q = \mathbf{2755 \text{ KW}}$ (besoin en climatisation)

$$\text{Donc } L = 2755 / (\pi \cdot 0,150 \cdot 91,66) = \mathbf{67,40m}$$

La température de sortie de l'échangeur :

$$T_{\text{as}} = 303,5 \cdot \exp\left(\frac{-2 \times 67,40}{1,25 \cdot 1006 \cdot 0,071 \cdot 1,768 \cdot 91,66}\right) + 292,5 \cdot [1 - \exp\left(\frac{-2 \times 67,40}{1,25 \cdot 1006 \cdot 0,071 \cdot 1,768 \cdot 91,66}\right)]$$

$$T_a = 298,4^\circ\text{k} = \mathbf{24,9^\circ\text{c}}$$

• 2^e cas :

On fixe le diamètre extérieur à $d_{\text{ext}} = \mathbf{0,110 \text{ m}}$ et l'épaisseur à $ep = \mathbf{0,002m}$

Sa nous donne $d_{\text{int}} = \mathbf{0,106m}$ et $r_{\text{ext}} = \mathbf{0,055m}$ et $r_{\text{int}} = \mathbf{0,053m}$

La section sera égale à $S = \mathbf{0,0088 \text{ m}^2}$

De la on aura une vitesse de $V = \mathbf{3,173 \text{ m/s}}$

Résistivité totale :

$$R_t = (0,002 / 0,51) + (1/5,55 \times 3,173^{0,8}) = \mathbf{0,074 \text{ m}^2/\text{k.w}}$$

Le flux thermique :

$$\Phi = (30 - 19) / 0,074 = \mathbf{148,6 \text{ W/m}^2}$$

On a : $Q = 2755 \text{ KW}$ (besoin en climatisation)

Donc $L = 2755 / (\pi \cdot 0,150 \cdot 148,6) = 39,36\text{m}$

La température de sortie de l'échangeur :

$$T_{as} = 303,5 \cdot \exp\left(\frac{-2 \times 39,36}{1,25 \cdot 1006 \cdot 0,071 \cdot 1,768 \cdot 91,66}\right) + 292,5 \cdot \left[1 - \exp\left(\frac{-2 \times 39,36}{1,25 \cdot 1006 \cdot 0,071 \cdot 1,768 \cdot 91,66}\right)\right]$$

$T_a = 299,8^\circ\text{k} = 26,3^\circ\text{c}$

Paramètres variables	Longueur	Température
Diamètre : 0,150m Epaisseur : 0,004m Vitesse : 1,768 m/s	67,40m	24,9°c
Diamètre : 0,110m Epaisseur : 0,002m Vitesse : 3,173m/s	39,36m	26,3°c

Figure 33: influence des paramètres sur la longueur et la température

D'après le tableau ci-dessus on constate que l'augmentation du diamètre et l'épaisseur est inversement proportionnel à la vitesse, et cette dernière est aussi inversement proportionnel à la résistivité (donc la résistivité augmente), et quand la résistivité augmente le flux thermique diminue et ce dernier est inversement proportionnel à la longueur donc si le flux diminue automatiquement la longueur augmente et c'est ce qui montre le tableau ci-dessus.

Donc pour diminuer la longueur de l'échangeur on doit diminuer le diamètre de la gaine.

Et la température a une relation avec le temps de séjour de l'air dans l'échangeur et ce dernier est contrôlé par la vitesse et ce qui explique la différence de température entre les 2 cas.

V.7. Géométrie de pose finale :

1^e configuration :

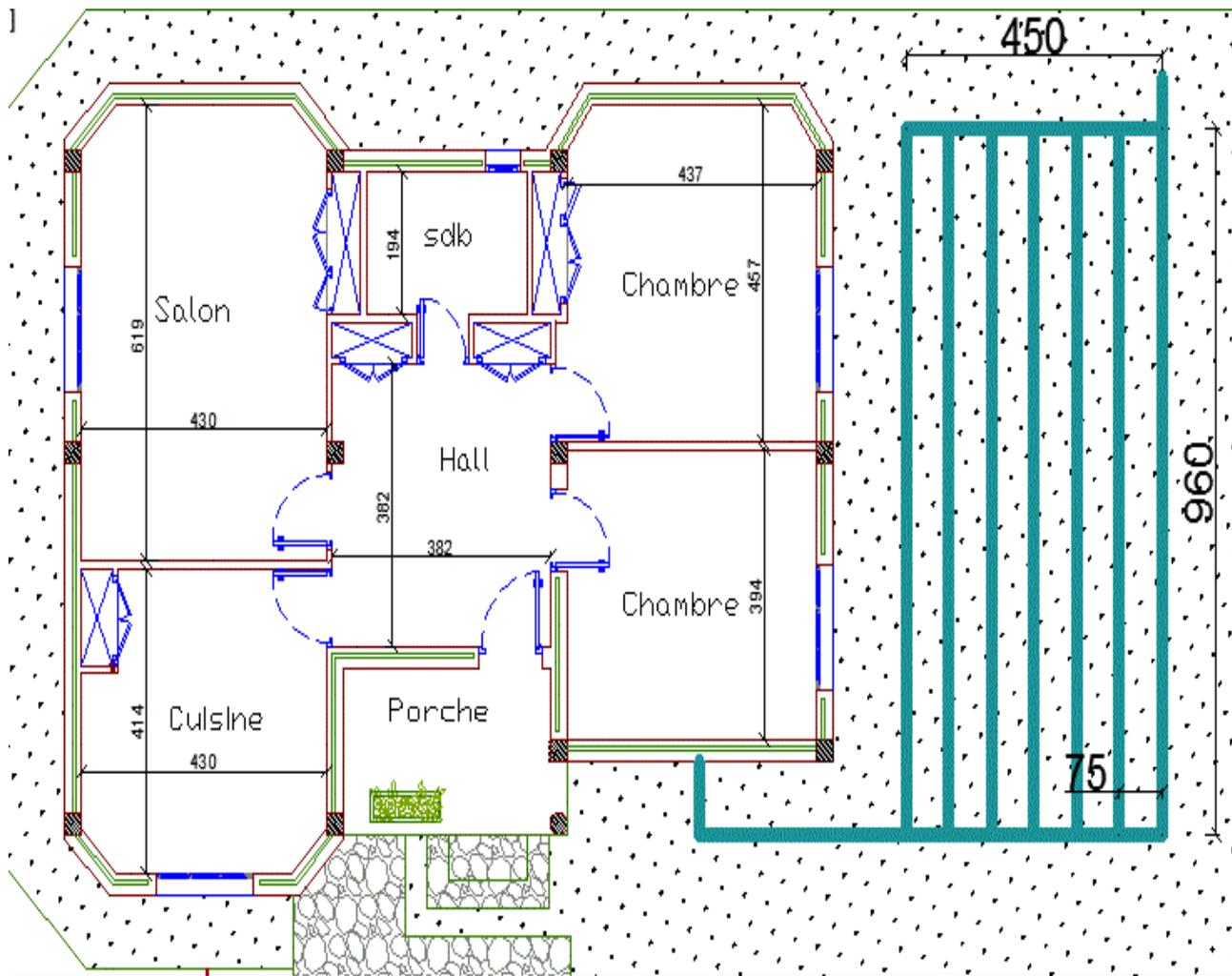


Figure 34: schéma de l'intégration du puits canadien (1er cas)

On voit bien sur ce schéma que l'intégration du puits canadien peut se faire avec ces paramètres mais la surface d'enfouissement est très grande $43\text{m}^2 / 100\text{m}^2$ ce qui fait presque la moitié du terrain et la longueur des tubes est aussi supérieure à 50m et c'est un inconvénient dans notre étude.

2^e configuration :

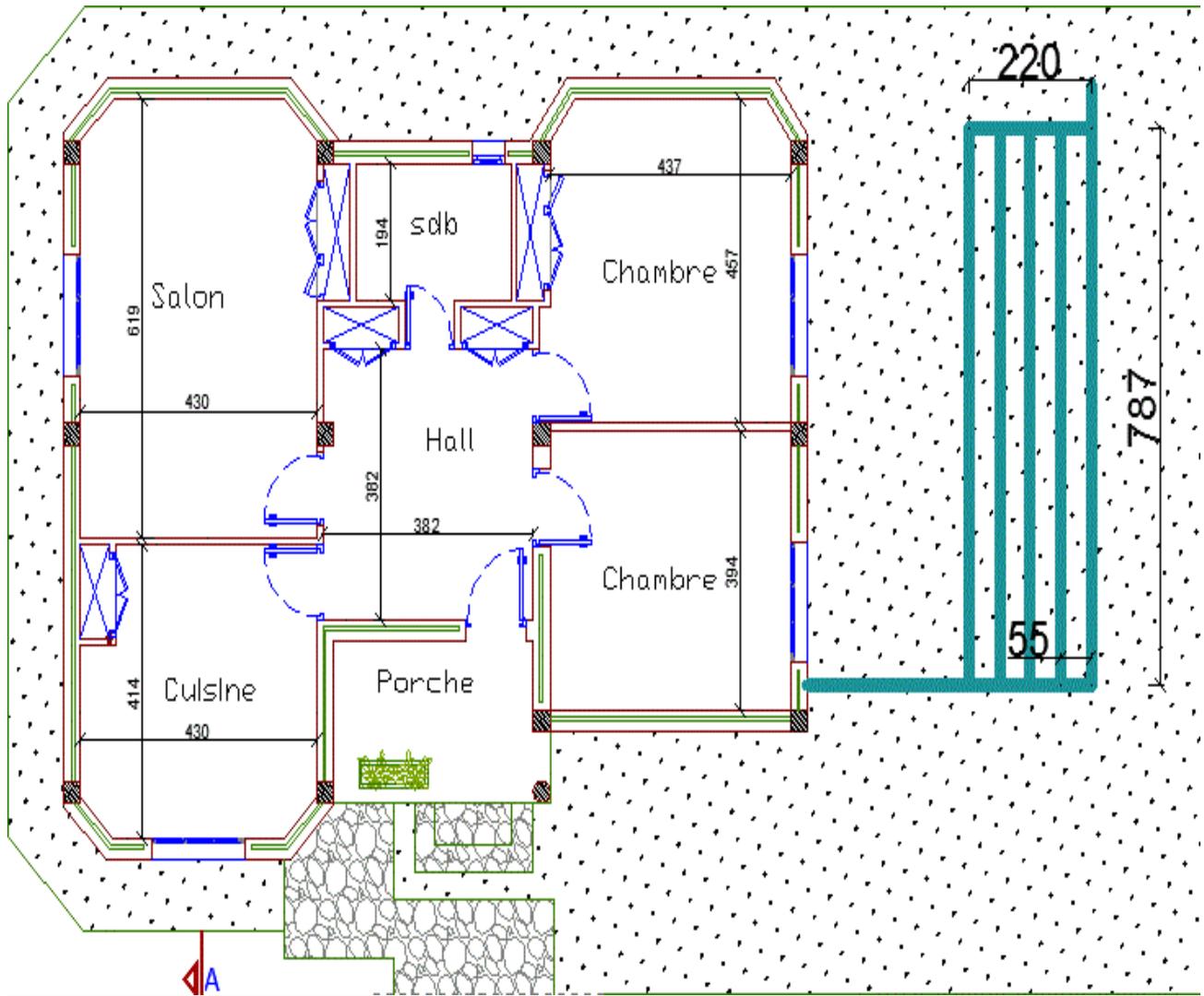


Figure 35: schéma de l'intégration du puits canadien (2er cas)

Dans ce schéma l'échangeur du puits canadien ne prend pas beaucoup d'espace, et la longueur d'un seul tronçon est de 7,87m ce qui nous aide dans la géométrie à faire passer l'air sortant directement dans l'habitat ce qui nous évite des pertes de charge par rapport à la 1^{er} configuration et la surface d'enfouissement est de 17,31m² ce qui nous fait des économies

D'après les deux analyses effectuées on prendra pour notre étude la 2^e configuration

V.8. Simulation de l'échangeur avec le logiciel GAEA :

V.8.1 le logiciel GAEA :(interprétation graphique des échangeurs géothermique)

GAEA est un logiciel qui a été développé par le département de la physique et de l'énergie solaire appliquée aux bâtiments de l'université de Siegen en Allemagne.

Il permet de simuler les effets d'un puits en fonction de la définition des conduits du puits (longueur, nombre de ligne ...), de la ventilation (pas de différenciation de VMC simple ou double flux) et du coût énergétique.

V.8.2 paramètres intégrer sous GAEA :

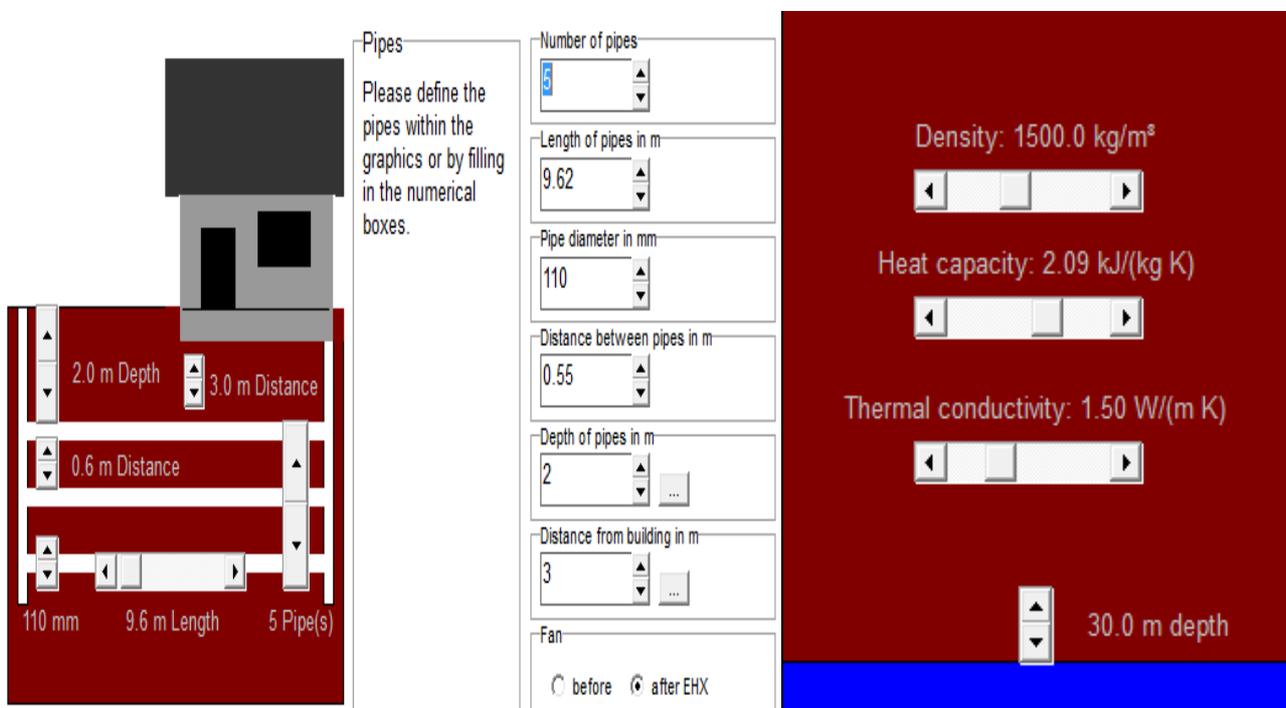


Figure 36: intégration des paramètres sous GAEA

V.8.3. variation de la température de l'air à la sortie de l'échangeur :

Après avoir fait entrée les données de notre études et lancer la simulation on obtient le graphe ci-dessous :

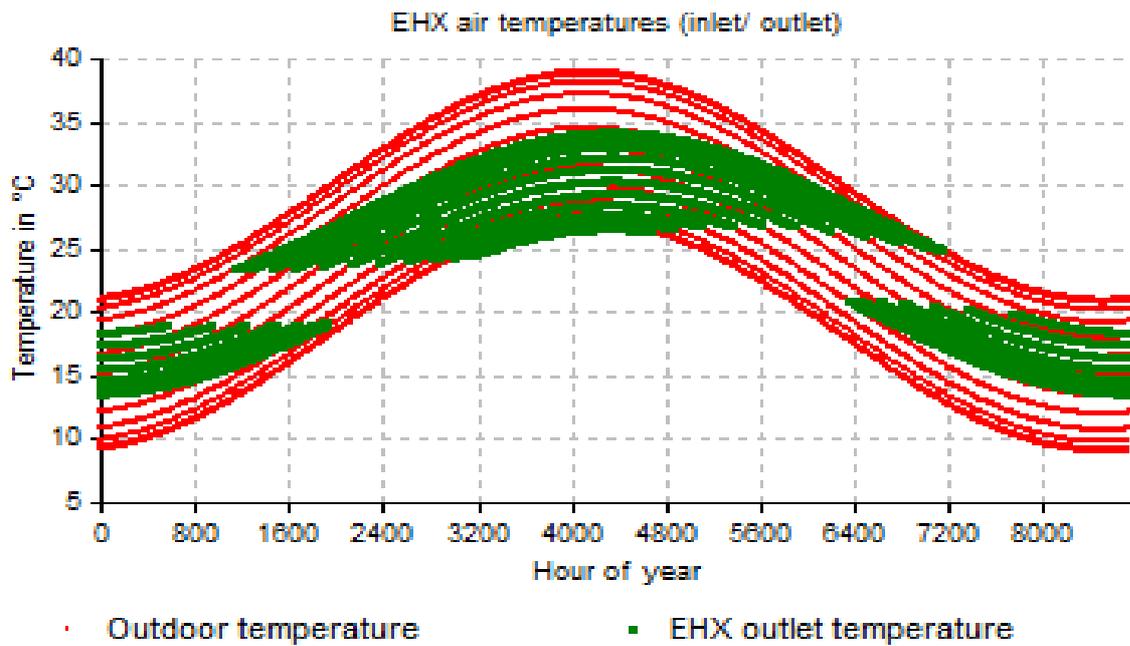


Figure 37: graphe de la variation de la température de sortie durant l'année

D'après le graphe on constate que la température de sortie est toujours inférieure ou supérieure de l'ordre de [3°C à 5°C] à celle de l'extérieur et de là on peut dire qu'il y a gains d'énergie (préchauffage ou rafraîchissement).

V.8.4. variation de la température de l'air à l'intérieur de l'échangeur pour une journée:

Après avoir fait entrée les données de notre études et lancer la simulation on obtient le graphe ci-dessous :

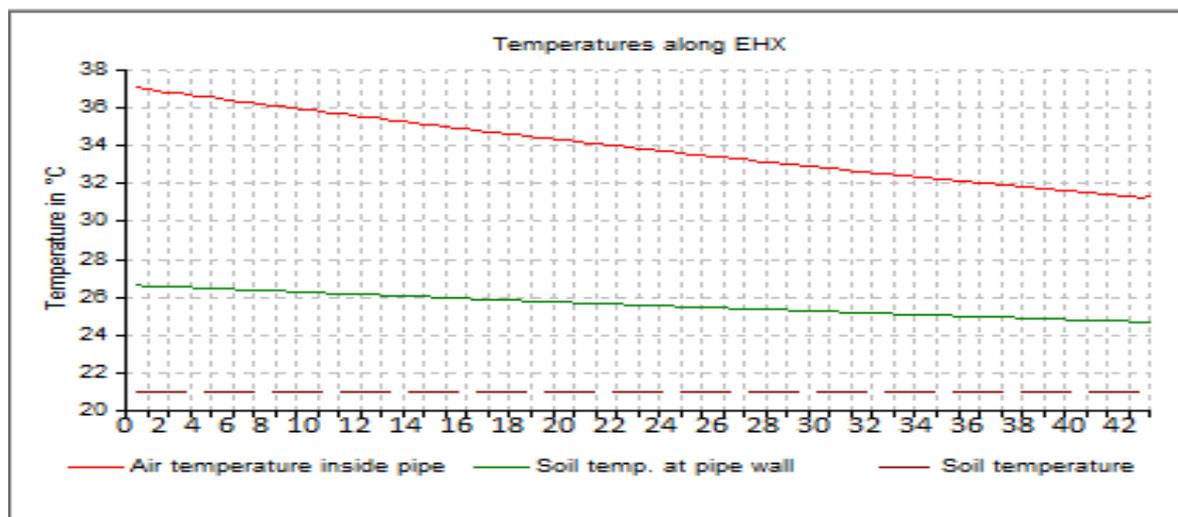


Figure 38: graphe de l'évolution de la température à l'intérieur de l'échangeur

On analysant le graphe ci-dessus on remarque que la température du sol reste constante tandis que la température à la surface de l'échangeur diminue et en même temps la température à l'intérieur du tube diminue.

On remarque aussi que la température à la surface du tube est inférieure à celle à l'intérieur, De là on conclut que la température de notre échangeur sera de 30°C à l'intérieur et 25°C à la surface et cela dans la journée la plus chaude de l'année.

V.8.5. estimation des gains annuels :

Notre logiciel a pu estimer les gains annuelle de notre système après avoir fixé quelque

Paramètre : le gain estimer est de **2026 KWh/a**

V.8. Conclusion :

On conclut de ce chapitre que l'intégration du puits canadien a pu être réalisé après nombreuse étapes qui nous mènent à la fin à déduire une approximation des gains d'énergie qui sont de **2026 kWh** et notre maison a besoin de **2435 kWh** en hiver et **2757 kWh** en été ce qui fait que le puits canadien ne satisfait pas nos besoins énergétiques à 100% mais les diminue de manière considérable.

CONCLUSION GENERALE

Plusieurs considérants doivent nous inciter à privilégier de plus en plus les énergies renouvelables pour pouvoir préserver les énergies fossiles utilisées à plusieurs usages. A bien les égards, les énergies renouvelables peuvent être une alternative crédible pour répondre aux besoins d'énergie de la planète.

Les échangeurs air/sol dits puits provençaux (ou canadiens) sont des systèmes de rafraîchissement des locaux. Le support de cette technique est un échangeur air/sol, La température du sol influe principalement sur les performances d'un tel échangeur du fait que le sol, à une certaine profondeur devient le facteur primordial pour les échanges thermiques entre l'air qui circule à l'intérieur de l'échangeur et le milieu qui l'entoure. Nous nous intéressons à l'étude du rafraîchissement de l'air par la géothermie en particulier à travers la modélisation et l'expérimentation. Nous essayons d'évaluer les performances d'un tel système, il s'agit de voir l'influence des propriétés du sol, du site et de la nature du conduit sur l'évolution de la température de l'air le long de l'échangeur enterré puis celle obtenue à la sortie qui pourra être exploitée. L'écart avec la température extérieure détermine les possibilités offertes à la technique du rafraîchissement par la géothermie pour être utilisée dans les sites de climats variés en Algérie.

Au terme de ce travail mené dans le but d'étudier une application d'une source des énergies renouvelables dans le bâtiment qui est la géothermie. Le travail consiste à l'étude d'une installation d'un puits canadien d'une maison individuelle d'un seul niveau durant toute l'année. Le choix du site de la construction de la maison est la ville d'Alger commune ouled fayet.

A travers ce travail, nous venons accomplir la tâche d'atteindre un dimensionnement et une intégration d'un système de rafraîchissement par géothermie qui est le puits canadien.

Le modèle de simulation établi sous le logiciel Comfie + Pléiades a permis de connaître les comportements thermiques des différentes zones de la maison durant toute l'année et le logiciel GAEA nous a permis de connaître l'évolution de la température de sortie dans l'échangeur et dernièrement savoir si le système est satisfaisant aux besoins calculés .

BIBLIOGRAPHIE

- [1] P. Hollumer, '*Utilisation des Echangeurs Air/Sol pour le Chauffage et le Rafrâchissement des Bâtiments*', Thèse de Doctorat, Université de Genève, 2002.
- [2] de Paepe, '*Performances d'un Echangeur Thermique de Type Air-Sol*', ITP Romillé, 2005
- [3] Kumar, '*Eléments de Dimensionnement d'un Echangeur Air/Sol, dit Puits Canadien*', Université J. Fourier, Grenoble, 2006.
- [4] H. Benfattah, '*Etude du Rafrâchissement par la Géothermie, Application à l'Habitat*', Mémoire de Magister, Université de Biskra, 2009.
- [5] T. Salomon, R. Mikolasek, B. Peuportier, S. Thiers, Y. Jautard et A. Trombe, '*Dimensionnement du Puits Climatique, Analyse, Modélisation, Validation d'un Modèle de Simulation Dynamique pour les Puits Canadiens ou Provençaux*', Rapport Ademe, Languedoc, Roussillon, 2003.
- [6] S. Thiers et B. Peuportier, '*Modélisation Thermique d'un Echangeur Air-Sol pour le Rafrâchissement des Bâtiments*', Centre Énergétique et Procédés, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, France, 2007.
- [7] A.M. Biabianchi, Y. Fautrelle et J. Etay, '*Transferts Thermiques*', Agence Universitaire de la Francophonie, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2004.
- [8] J.F. Sacadura, '*Initiation aux Transferts Thermiques*', Technologie & Documentation, Edition Lavoisier, Lyon, 1980.
- [9] N. Moumami, A. Moumami, K. Aoues, C. Mahboub et S. Youcef Ali, '*Systematic Forecasts of Solar Collector's Performance in Various Sites of Different Climates in Algeria*', International Journal of Sustainable Energy, Vol. 29, N°3, pp. 142 - 150, 2010.
- [10] Mihalakakou, G., Santamouris, M., Asimakopoulos, D. (1995). Modelling the thermal performance of earth-to-air heat exchangers, Solar energy. Vol 53 (3). pp. 301–305.
- [11] <http://www.leguידeduCHAUFFAGE.com/le-puits-canadien.htm> 10/02/2011
- [12] <http://www.climamaison.com/maison-energie-zero.php?Doss=35&Art=690> 10/02/2011
- [13] http://fr.ekopedia.org/Puits_canadien
- [14] <http://www.construire-sain.com/duitcanadien.htm>
- [15] <http://www.puitscanadien.com/pages/26.php>
- [16] <http://www.fiabitat.com/>
- [17] pléiades version 2.3 français
- [18] alcyone version 2.3 français
- [19] meteonorm version 5.1 français
- [20] GAEA version d'essai 1.4.04
- [21] <http://www.ideesmaisons.com>

[21] <http://ecohabitatsolutions.free.fr>

[22] http://fr.ekopia.org/Puits_canadien