



UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE

Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention de Diplôme de Master en Génie Mécanique
Spécialité Energétique, installation énergétique et turbomachine

Chauffage d'une maison par pompe à chaleur géothermique
Située dans les hauts plateaux (Djelfa)

Promoteur :

Mr. Abdelkader HAMID

Réalisé par :

Mme. BOUGHELIT Nada

Mme. SOUIYAH Ilhame

Promotion : 2023/2024

ملخص

من اهم القضايا التي تواجه الدولة تحسين الكفاءة و توفير الطاقة لمبنى سكني بمدينة عين وسارة بولاية الجلفة. و في هذا الصدد يتكون عملنا من اقتراح نظام تدفئة باستخدام المضخة الحرارية الارضية ، و لهذا تم تحديد الفاقد الحراري بطريقتين و هما الحساب الاحصائي و الحساب الديناميكي باستخدام برنامج المحاكاة الديناميكية الحرارية بهدف التحقق من سمك المادة العازلة المستخدمة لتحسين راحة المستخدم ، ولكن بطريقة فعالة من حيث التكلفة ، أتاحت لنا تخفيض متطلبا التدفئة بنسبة 21% ثم الى 69%، و متطلبا التبريد بنسبة 13% ثم 65% ، و ذلك عن طريق إضافة العزل الى الارضية و الجدار الخارجي في الحالة الاولى ، وعلى الارضية و الجدار الخارجي ، السقف في الحالة الثانية و في الاخير قمنا بتحجيم و تركيب المشعا و المضخة الحرارية الارضية

كلمات مفتاحية:

الطاقة، المحاكاة الحرارية الديناميكية ، الحساب الاحصائي ، العزل ، التدفئة ، المضخة الحرارية الارضية ، الفاقد الحراري.

RESUME

L'un des problèmes les plus importants auxquels est confronté l'Etat est l'amélioration de l'efficacité et des économies d'énergie d'un immeuble résidentiel de la ville de Ain Oussara dans l'Etat de Djelfa. À cet égard, notre travail consiste à proposer un système de chauffage utilisant une pompe à chaleur géothermique. Pour cela , les déperditions thermiques ont été déterminées de deux manières, à savoir le calcul statistique et le calcul dynamique à l'aide du programme de simulation thermodynamique Pléiades, dans le but de vérifier la performance. épaisseur du matériau isolant utilisé pour améliorer le confort des utilisateurs, mais de manière efficace à partir de en termes de coût, cela a permis de réduire les besoins en chauffage de 21% puis à 69%, et les besoins en refroidissement de 13% puis 65%, en ajout d'isolation au sol et au mur extérieur dans le premier cas, et au sol et au mur extérieur et au plafond dans le premier cas. Deuxièmement et enfin, nous avons dimensionné et installé les radiateurs et la pompe à chaleur du rez-de-chaussée.

Les mots clés :

Energie, simulation thermique dynamique, calcul statistique, isolation, chauffage, pompe à chaleur géothermique, déperdition thermique.

ABSTRACT

One of the most important problems facing the state is improving the efficiency and energy savings of a residential building in the town of Ain Ousara in the state of Djelfa. In this regard, our work is to offer a heating system using a geothermal heat pump. For this, the heat losses were determined in two ways, namely statistical calculation and dynamic calculation using the Pléiades thermodynamic simulation program, with the aim of verifying the performance. thickness of the insulating material used to improve user comfort, but effectively from in terms of cost, this made it possible to reduce the heating needs by 21% then to 69%, and the cooling needs by 13% then 65%, adding insulation to the floor and exterior wall in the first case, and to the floor and exterior wall and ceiling in the first case. Second and finally, we sized and installed the ground floor radiators and heat pump.

Keywords:

Energy, dynamic thermal simulation, statistical calculation, insulation, heating, geothermal heat pump, heat loss.

Remerciements

Tous d'abord je remercie le bon dieu qui ma aide pour atteindre mon objectif.

Je tiens à remercier, profondément et sincèrement mon promoteur Mr : HAMID pour son aide, sa patience, sa compétence et ses précieux conseils, j'ai été extrêmement chanceuse d'avoir un superviseur qui se souciait tellement de mon travail et qui a répondu à mes questions et mes requêtes si rapidement.

Je tiens à remercier tous les enseignants de GENIE MECANIQUE qui ont contribué à ma formation.

Je tiens à remercier aussi Mr : LAFEER, Mme : OUKACI. S, pour les aides également dans ce travail.

Je remercie ma famille et tous les amis (es).

Enfin Je tiens également à remercier les membres du jury qui nous feront l'honneur de juger mon travail.

Merci à tous

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents source de vie, et mes sœurs surtout ma sœur AMINA, à mes chers frères source de joie et de bonheur a tous mes camarades de promo et mes amis, chère amie avant d'être binôme, à vous cher lecteur.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	5
NOMENCLATURE.....	8
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX.....	11
Introduction Générale	13
CHAPITRE 01	
1.1. Introductions	15
1.2. Fonctions principales de l'habitat.....	15
1.3. Confort Thermique	16
1.3.1. Les indices du confort thermique.....	16
1.3.2. Paramètre qui assure le confort thermique	17
1.4. Chauffage	19
1.5. Type de chauffage.....	20
1.6. Pompe à chaleur	221
1.6.1. Définition	22
1.6.2. Le fonctionnement de cette pompe à chaleur	22
1.6.3. Types de pompe à chaleur.....	23
1.7. Pompe à chaleur Géothermiques	23
1.7.1. Types de pompes à chaleur géothermiques.....	265
1.7.2. Le principe de fonctionnement de la pompe à chaleur géothermique.....	256
1.7.3. cycles thermodynamiques.....	257
1.7.4. Performances énergétiques d'une pompe à chaleur.....	28
1.8. Conclusion.....	28
CHAPITRE 02	29
Calculs des besoins de chauffage	29
2.1. introduction.....	29
2.2. Description du cas d'étude	29
2.2.1. Présentation de la wilaya de Djelfa	29
2.2.2. présentations de la commune de Ain Oussera	29
2.2.3. Situation géographique de AIN OUSSERA	30
2.2.4. Données climatologiques	30
2.2.5. Classification de la ville d'Ain oussera selon la classification thermique du DTR.....	343
(C3-2) des communes de L'ALGERIE	

2.2.6. Situation géographique du cas d'étude.....	34
2.2.7. Composition des éléments constructifs avant renforcement de l'isolateur	35
2.3. Calcul du bilan thermique de la maison	36
2.3.1. Vérification de la conformité du logement avant renforcement	42
2.3.2. Calcul des déperditions de base (du logement)	41
2.3.3. Calcul des déperditions par renouvellement d'air	42
2.3.4. Calcul du volume habitable	42
2.3.5. Calcul de coefficient de déperditions volumique	43
2.4. Renforcement de l'isolation 1 er cas	44
2.4.1. Vérification de la conformité du logement après renforcement par une isolation	45
2.4.2. Calcul des déperditions de base (du logement)	46
2.4.3. Calcul des déperditions par renouvellement d'air.....	47
2.4.4. Calcul de coefficient de déperditions volumique	47
2.5. Résultats et discussion.....	48
2.6. Comparaison des résultants	48
2.7. Conclusion.....	48
CHAPITRE 03	49
ETUDE DYNAMIQUE	49
3.1. Introduction	49
3.2. Présentation du logiciel 3.2.1. Météonorm 8	49
3.2.2. Pléiades V6.24.3.4	49
3.2.3. Modeleur.....	50
3.3. Processus application des logiciels.....	50
3.3.1. création d'un fichier météorologique.....	50
3.3.2. Sous Pleiades	51
3.3.3. sous modeleur.....	55
3.3.4. Sous pleiades	57
3.4. Résultat et discussion	66
3.5. conclusion.....	76
CHAPITRE 04	77
Dimensionnement du système de chauffage	77
4.1. Introduction	77
4.2. Dimensionner une installation de chauffage.....	77
4.2.1. Choix du branchement des radiateurs.....	77
4.3. Choix des radiateurs	78

4.3.1. Régime des températures d'eau	78
4.3.2. Les types de radiateur	79
4.3.3. Installation de chauffage.....	79
4.3.4. Evaluation la robinetterie du radiateur	80
4.3.5. Evaluation du diamètre du tube d'alimentation du radiateur.....	81
4.4. Dimensionnement du diamètre de la tuyauterie d'alimentation principale	81
4.4.1. Besoin eu eau chaude	81
4.4.2. Calcule des déperditions thermiques.....	81
4.4.3. Choix de la pompe à chaleur géothermique	85
4.4.4 .Les principaux critères à considérer Pour choisir une pompe à chaleur géothermique	87
4.5. Conclusion.....	88
Conclusion générale
Références bibliographiques	89
ANNEXE.....	93

NOMENCLATURE

Symbole	Signification	unité
Cop	Coefficient de performance	--
DT	Déperditions thermiques totales	W/°C
Dt	Déperdition thermique par transmission	W/°C
Ds	Déperdition surfacique	W/°C
DL	Déperdition linéique	W/°C
DR	Déperdition thermique par renouvellement d'air	W/°C
Dr	Déperdition thermique de référence	W/°C
Dl	Déperditions à travers les parois en contact en contact avec l'extérieur	W/°C
DLNC	Déperditions à travers les parois en contact avec local non chauffée	W/°C
Df	Déperditions à travers les fenêtres	W/°C
Dp	Déperditions à travers les portes	W/°C
Dpb	Déperditions à travers les planchers bas	W/°C
Dpi	Déperditions à travers les planchers intermédiaires	W/°C
Dph	Déperditions à travers les Toiture	W/°C
DTR	Document technique réglementaire	--
Deau	Besoin d'eau chaude	kWh
em	coefficient d'exposition au tirage	-

	thermique et au vent	
F	Fenêtre	--
G	coefficient de déperditions volumique	-
hi	coefficient intérieur d'échanges superficiels	w/m ² °C
H	Hauteur	m
h	Pertes de charge	m.C.E
he	coefficient extérieur d'échanges superficiels	W/m ² °C
hl	Pertes de charge linéiques	m.C.E
hs	Pertes de charge singulières	m.C.E
K	coefficient de transmission surfacique	m ² °C/w
M	perméabilité des ouvrants	--
m'	Débite massique	Kg/s
P	perte	
Pvc	Polyvinyle chloride	--
Qi	Débit minimal d'air neuf	m ³ /h
Qs	débite de supplément par infiltration	m ³ /h
Qvref	débit de ventilation extrait de référence	m ³ /h
Qvmin	débit de ventilation extrait minimal de référence	m ³ /h
Qvmax	débit de ventilation extrait maximal de référence	m ³ /h
Qr	débit de ventilation	m ³ /h
Q	débite d'eau traversant le radiateur	L/h
Re	nombre de Reynolds	--
Rth	Résistances thermique	m ² °C/w
S	Surface	m ²
sdb	Salle de bain	--
STD	La simulation thermique	--
SV	Simple vitrage	--

Tau	Température ambiante	°C
Tbas	Température de l'extérieur de base	°C
T chaud	Température de chaud	--
T froid	Température de froid	--
wc	Water closet	--

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure1. 1.Enchaînement des divers phénomènes intervenant dans les caractéristiques du confort	16
Figure1. 2.diagramme de confort thermique dans les logements	17
Figure1. 3.l'isolation thermique	18
Figure1. 4.Conception bioclimatique	19
Figure1. 5.schéma simplifié d'un chauffage central par radiateur	20
Figure1. 6.chauffage centrale par le sol	20
Figure1. 7.chauffage centrale d'énergie solaire	21
Figure1. 8.pompe à chaleur réel [STME]	22
Figure1. 9.schéma simplifié d'un pompé a chaleur	22
Figure1. 10.Composants de pompe à chaleur	24
Figure1. 11.Schéma d'installation de chauffage	25
Figure1. 12. Pompe à chaleur à tube horizontal	27
Figure1. 13. Pompe à chaleur à tube vertical	27
Figure1. 14. Chauffage par pompe à chaleur eau↔ sol	26
Figure1. 15. cycles thermodynamiques de la pompe à chaleur (diagramme T-S)	26
Figure1. 16. Cycle thermodynamique de la pompe à chaleur (diagramme P-h)	26
Figure1. 17.Différents échanges de chaleur dans une pompe à chaleur	28
Figure 2. 1.Présentation de la wilaya de Djelfa	30
Figure 2. 2.la commune de AIN OUSSERA	30
Figure 2. 3.diagramme d'ensoleillement annuel à Ain oussera, source météoorm	31
Figure 2. 4.diagramme de température journalière à Ain oussera, source météoorm	31
Figure 2. 5.Rayonnement à Ain oussera, source météoorm	32
Figure 2. 6.Diagramme des températures annuelles à Ain oussera, source météoorm	32
Figure 2. 7.diagramme de précipitation à Ain oussera, source météoorm	33
Figure 2. 8.diagramme de rayonnement global journalier à Ain oussaera, source météoorm	33
Figure 2. 9.situation géographique de cas d'étude, source Google earth	34
Figure 3. 1.Création de fichier météorologique	50
Figure 3. 2.Insertion des éléments constructifs sous modeleur	55
Figure 3. 3.plan niveau R dessines sous modeleur	56
Figure 3. 4.plan niveau R+1 dessine sous modeleur	56
Figure 3. 5.volumétrie dessinée sous Modeleur	57
Figure 3. 6.différents scénarios de fonctionnement, séjour, chambres	59
Figure 3. 7.différents scénarios de fonctionnement, cuisine, hall, salle d'eau	60
Figure 3. 8.Scenario de ventilation	61
Figure 3. 9.scenario occultation	61
Figure 3. 10.déférentes scénarios de puissance dissipée, séjour, chambre 1	62
Figure 3. 11.déférentes scénarios de puissance dissipée, chambres	63

Figure 3. 12.déférentes scénarios de puissance dissipée, hall, salle d'eau	64
Figure 3. 13.Le consigne de chauffage	65
Figure 3. 14.évolution de température pendant la semaine la plus froid simulation n°01	66
Figure 3. 15.évolution de température pendant la semaine la plus chaude simulation n°01	67
Figure 3. 16.évolution de température pendant la semaine la plus froid simulation n°02	68
Figure 3. 17.évolution de température pendant la semaine la plus chaude simulation	69
Figure 3. 18.évolution de température pendant la semaine la plus froid simulation n°03	70
Figure 3. 19.évolutions de température pendant la semaine la plus chaude simulation n°04	72
Figure 3. 20.évolution de température pendant la semaine la plus froid simulation n°05	73
Figure 3. 21.évolution de température pendant la semaine la plus chaude simulation n°05	73
Figure 3. 22.évolution de température pendant la semaine la plus chaude simulation n°06	74
Figure 3. 23.évolution de température pendant la semaine la plus chaude	75
Figure 3. 24.comparaison des résultants	75
Figure 4. 1.Branchement bitube	77
Figure 4. 2. régimes de température d'un radiateur	78
Figure 4. 3.radiateurs en Fonte	79
Figure 4. 4.installation de chauffage sur le plan	79
Figure 4. 5.diagram de wilo-star-RS	86
Figure 4. 6. figure 4.6.wilo-star-RS 25/4	86
Tableau 2. 1 . caractéristiques géographique du site	31
Tableau 2. 2.Classification de la ville d'Ain oussera Wilaya de DJELFA, source DTR (C3-2)	34
Tableau 2. 3.Liste des parois (maison Djelfa)	35
Tableau 2. 4.Liste des parois avec isolation (maison Djelfa)	44
Tableau 2. 5.tableau comparatif des deux bilans thermiques	48
Tableau 3. 1.Liste des parois avec isolation	51
Tableau 3. 2.types d'ouvertures	53
Tableau 3. 3.résultat de la simulation n °:01	66
Tableau 3. 4. résultats de simulation n°02	68
Tableau 3. 5. résultats de simulation n°03	70
Tableau 3. 6. résultats de simulation n°04	71
Tableau 3. 7. résultats de simulation n°05	72
Tableau 3. 8. résultats de simulation n°06	74
Tableau 4. 1.Puissances des éléments de radiateurs selon la hauteur et le nombre de branches	80
Tableau 4. 2.diamètre des robinets du radiateur	81
Tableau 4. 3.Le diamètre des tubes a cuivre sera équivalent au diamètre de la robinetterie	81
Tableau 4. 4.le résultat de Dimensionnement	85

Introduction Générale

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (EnR) et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur de ces ressources inépuisables et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Grâce à la combinaison des initiatives et des intelligences, l'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable

Le secteur du bâtiment est tout particulièrement concerné par la volonté de réduire les consommations énergétiques. Les chiffres montrent qu'en Algérie le bâtiment est le secteur le plus énergivore. Sa consommation représente plus de 46% de la consommation selon Aprue. Les raisons qui ont conduit à l'augmentation de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel sont l'augmentation substantielle de la population, du nombre de logements, consommation irrationnel des prix bas de l'énergie conventionnelle, tel que de l'augmentation du nombre d'équipements électriques dans chaque foyer, de l'utilisation des équipements électriques non -économiques telles que les lampes à incandescence et de l'absence de la sensibilisation sur la maîtrise et l'efficacité énergétique [3]

L'une de ces solutions prometteuses est l'utilisation des pompes à chaleur géothermiques pour le chauffage des maisons. Les pompes à chaleur géothermiques exploitent l'énergie thermique stockée sous la surface de la terre. En utilisant une série de capteurs enterrés, elles transfèrent cette chaleur naturelle vers l'intérieur des bâtiments en hiver, et peuvent également la rejeter à l'extérieur en été pour un refroidissement efficace. Ce système se distingue par sa capacité à fournir une énergie propre et renouvelable tout au long de l'année, indépendamment des conditions climatiques extérieures. L'un des principaux avantages de la pompe à chaleur géothermique est son potentiel significatif d'économie d'énergie. Comparée aux systèmes de chauffage traditionnels, cette technologie peut réduire considérablement la consommation d'énergie primaire. En effet, pour chaque kilowattheure d'électricité consommé par la pompe à chaleur, elle peut fournir plusieurs kilowattheures de chaleur, rendant le processus extrêmement efficace. En termes d'économie financière, l'investissement initial pour l'installation d'une pompe à chaleur géothermique peut être plus élevé que celui des systèmes conventionnels. Cependant, les économies réalisées sur les factures d'énergie peuvent compenser ce coût initial en quelques années. De plus, les incitations fiscales et les subventions gouvernementales disponibles dans de nombreux pays rendent cette option encore plus attrayante. À long terme, l'utilisateur bénéficie non seulement de coûts de chauffage réduits, mais également de la stabilité des prix de l'énergie, moins vulnérables aux fluctuations des marchés des combustibles fossiles. C'est dans ce context rentre notre travail en proposant l'utilisation de l'énergie géothermique pour chauffer une maison située dans les hauts plateau

L'objectif de travail

Dans notre sujet, nous présenterons une étude préliminaire d'un bâtiment non isolé situé dans la wilaya de Djelfa pour déterminer les besoins de chauffage et vérifier s'il est conforme à la réglementation thermique nationale. Grâce à ces résultats, nous proposons au départ, des améliorations passives en ajoutant une isolation externe qui limite relativement de perte d'énergie ou la chaleur vers l'extérieur en hiver ou la pénétration de la chaleur extérieure vers l'intérieur en été. Dans la seconde partie, nous proposons un circuit de chauffage central alimenté par une pompe à chaleur géothermique.

Plan de travail

Ce mémoire est structuré sous formes de 4 chapitres qui se succèdent et se complètent

Chapitre 1 Recherche bibliographies

Ce chapitre introduit le sujet de recherche avec des informations générales sur le confort thermique de l'habitat et les pompe à chaleur spécifiquement pompe à chaleur géothermique.

Chapitre 2 Présentation de cas d'étude

Ce chapitre présente notre cas d'études donc une présentation de la maison, sa situation géographique, les matériaux, les données climatologiques du site et des calculs statiques.

Chapitre 3 Modélisation et résultat

Afin d'étudier le comportement thermique de notre cas d'études on a opté pour l'utilisations du logiciel

Pléiade v6.24.3.4 qui sert à calculer d'une façon précise les besoin d'chauffage et de climatisation de la maison

Chapitre 4 dimensionnement du système de chauffage

Dans ce chapitre en va faire un dimensionnement et installations des radiateur et pompe à chaleur géothermique

Et en fin pour clôturer notre travail ne conclusion généra

Chapitre 1

Recherche bibliographique

1.1. Introduction

La fonction première de la maison est d'assurer une ambiance intérieure parfaitement adaptée à nos besoins et à notre confort. Les habitants privilégient souvent le confort avant les économies d'énergie. Dans ce chapitre, nous avons abordé la manière d'apporter un confort thermique à l'individu en étudiant les types de chauffage, notamment le chauffage par pompe à chaleur géothermique. Sous ses différentes formes et types.

1.2 Fonctions principales de l'habitat

L'habitat, qu'il s'agisse d'espaces de vie humaine ou animale, joue un rôle essentiel dans la fourniture d'un environnement sécurisé, fonctionnel et confortable pour ses occupants. L'habitat peut prendre de nombreuses formes, allant des simples abris aux complexes résidentiels et aux habitats naturels. Son importance dépasse largement le simple aspect de fournir un toit sur la tête ; il influence également la santé physique et mentale, le bien-être social, l'économie et l'environnement, les principales fonctions sont :

1.2.1. Protection et sécurité L'habitat fournit un abri contre les éléments naturels tels que la pluie, le vent, le froid et la chaleur excessive, ainsi que contre les dangers potentiels tels que les prédateurs ou les intrus.

1.2.2. Confort thermique et climatique Un bon habitat régule la température intérieure et maintient des conditions climatiques confortables, ce qui contribue au bien-être et à la santé des occupants.

1.2.3. Socialisation et interaction L'habitat crée un cadre propice à la socialisation et à l'interaction entre les individus, favorisant ainsi les relations sociales et le sentiment d'appartenance à une communauté.

1.2.4. Fonctionnalité et praticité Un habitat bien conçu répond aux besoins fonctionnels de ses occupants, offrant des espaces de vie efficaces et adaptés à leurs activités quotidiennes. [1]

1.2.5. Soutien à la vie quotidienne L'habitat fournit les infrastructures et les équipements nécessaires pour soutenir les activités de la vie quotidienne, telles que la cuisson des aliments, le sommeil, l'hygiène personnelle, etc. [1]

1.3. Confort Thermique

Le confort thermique dans l'habitat L'homogénéité de la température ambiante, le degré hygrométrique, et la vitesse de l'air sont autant des paramètres qui conditionnent le bien être dans la maison.

Le Confort dont la formule expressive et synthétique souvent entendue est "être bien chez-soi", le confort doit permettre ce bien être [2]. C'est l'état de l'épanouissement moral ou physique de l'individu. En fait le mot confort provient du mot anglais « comfort », apparue en 1816, contribue à la satisfaction et commodité de la vie matérielle. La crise de l'énergie à certain temps a fait passer au premier plan la réduction des coûts énergétiques. Mais à nos jours l'assurance du confort visuel, olfactif, acoustique et thermique ou hydrothermique est devenue l'instinct prépondérant pour tous les décideurs de la conception de l'habitat.[3]

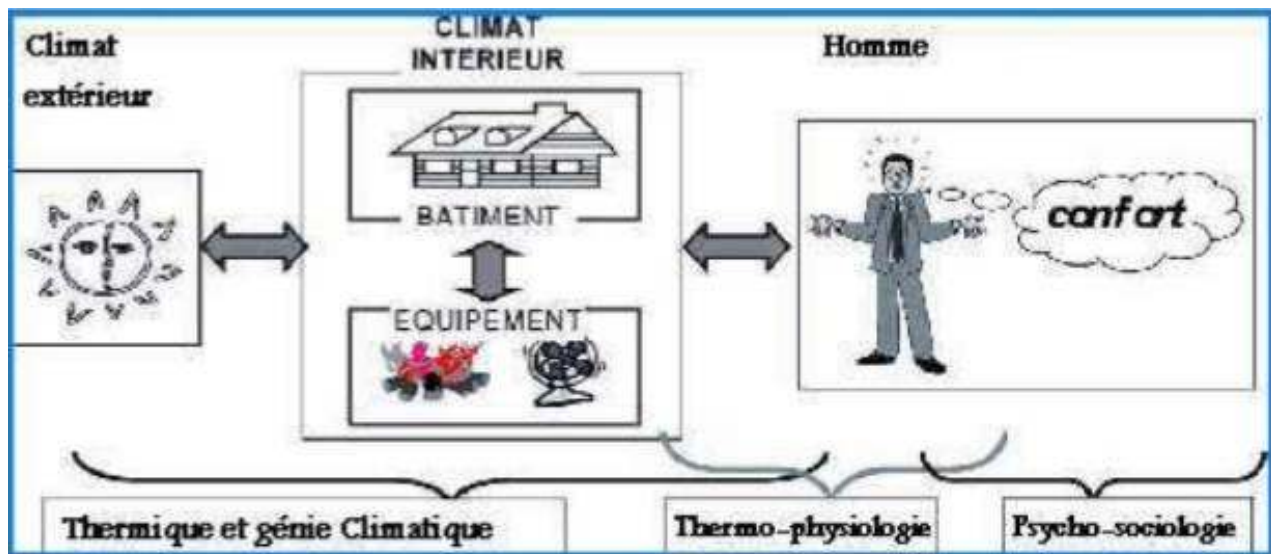


Figure1. 1.Enchaînement des divers phénomènes intervenant dans les caractéristiques du confort[4]

1.3.1. Les indices du confort thermique

Effectivement, la quantification du confort thermique implique l'évaluation de plusieurs paramètres, comme vous l'avez mentionné. L'indice de Température Efficace (ETI) et l'Indice de Température Opérative (OTI) sont deux mesures importantes utilisées pour évaluer le confort thermique. L'ETI est basé sur la température de l'air, la température radiante moyenne, la vitesse de l'air et l'humidité relative, tandis que l'OTI prend en compte la température de l'air et la température radiante moyenne. Le PMV (Predicted Mean Vote) et le PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) sont également des indices importants utilisés pour évaluer le confort thermique.

Le PMV est une mesure de la moyenne prévue des votes de confort des occupants, sur une échelle de -3 à +3, alors que le PPD est la prévision du pourcentage d'occupants insatisfaits avec le confort thermique actuel.[5]

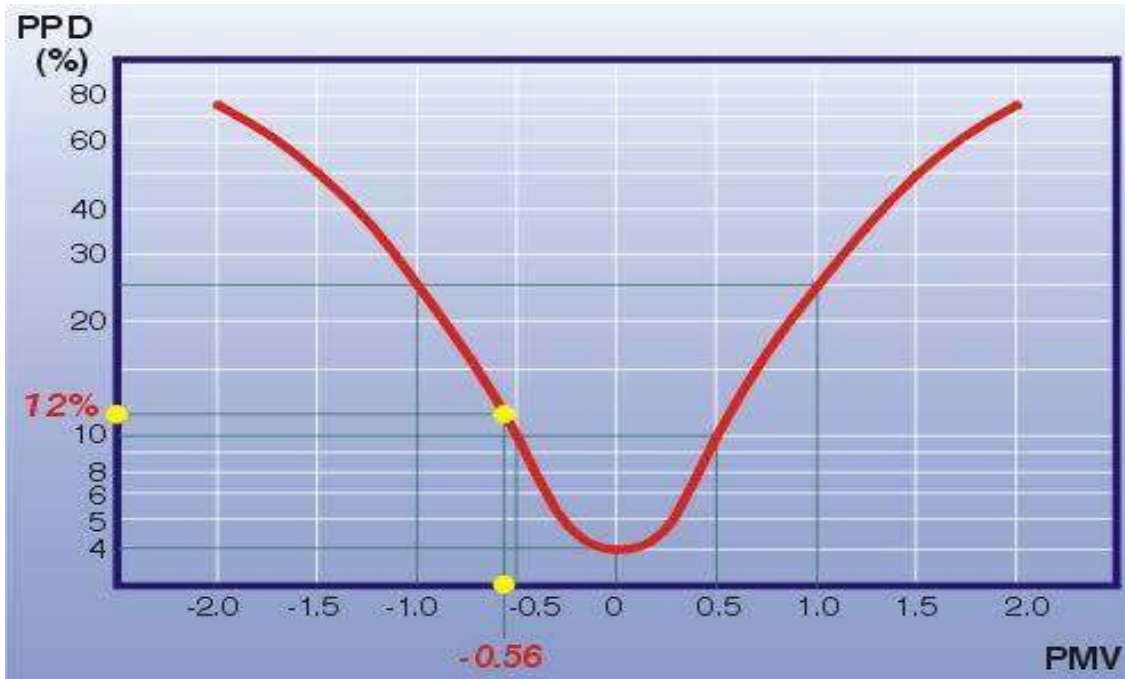


Figure1. 2.diagramme de confort thermique dans les logements[6]

1.3.2. Paramètres qui assure le confort thermique

Pour assurer le confort thermique, vous devez comprendre les principes de base de la thermorégulation et de la conception environnementale. Voici quelques points clés

1.3.2.1. Isolation thermique : Assurez-vous que le bâtiment est bien isolé pour minimiser les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été.

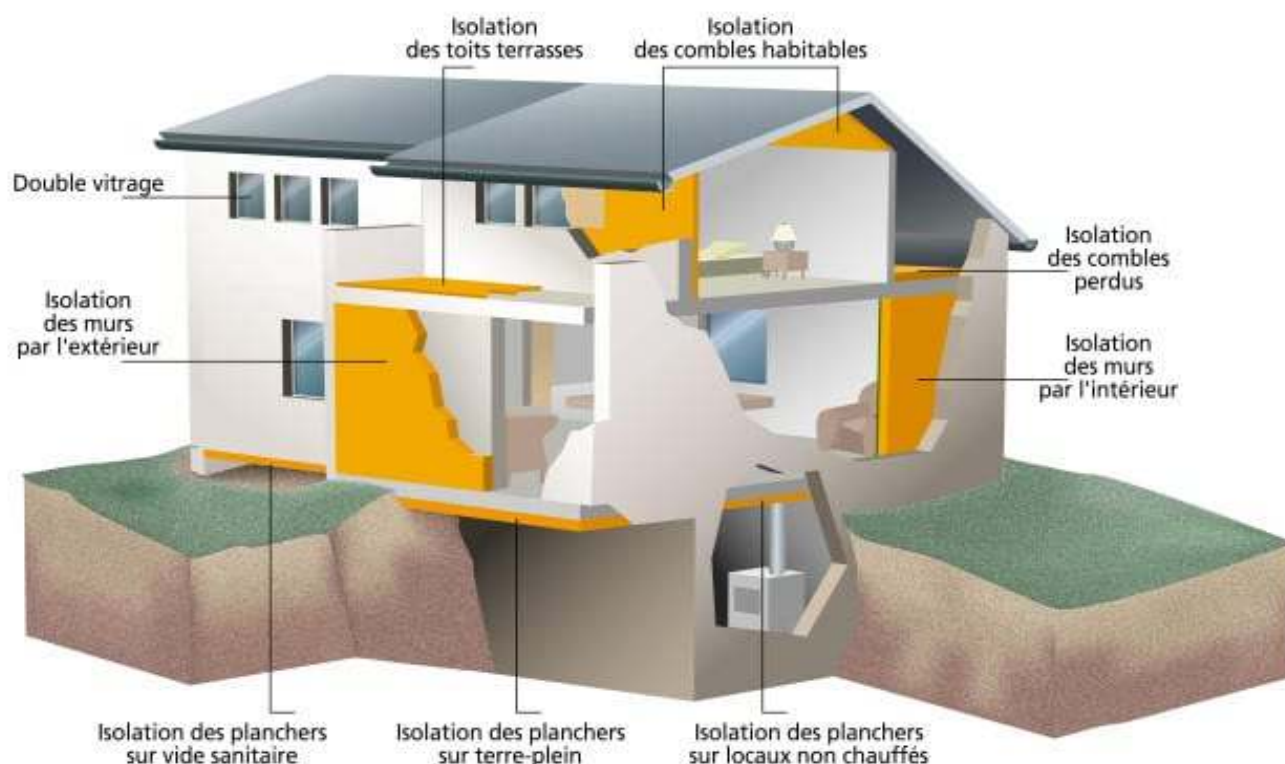


Figure1. 3. Isolation thermique [7]

1.3.2.2. Contrôle de la ventilation Une ventilation adéquate est essentielle pour réguler la Température et l'humidité à l'intérieur du bâtiment. Les systèmes de ventilation peuvent Être conçus pour fournir de l'air frais tout en évacuant l'air vicié.

1.3.2.3. Gestion de flux solaire Utilisez des techniques de conception pour optimiser l'apport solaire en Hiver tout en minimisant l'exposition au soleil en été. Cela peut inclure l'utilisation de Fenêtres à haut rendement énergétique et de dispositifs de protection solaire.

1.3.2.4. Systèmes de chauffage et de refroidissement efficaces Choisissez des Systèmes de Chauffage et de refroidissement qui sont économes en énergie et qui peuvent être contrôlés Pour maintenir des conditions confortables à l'intérieur du bâtiment.

1.3.2.5. Contrôle de l'humidité Maintenez un niveau d'humidité relatif confortable, Généralement entre 30 % et 60 %, pour éviter les problèmes de santé et de confort

1.3.2.6. Conception bioclimatique Concevez ou adaptez votre habitat en tenant compte Des Conditions climatiques locales pour tirer parti des éléments naturels tels que le soleil et les Vents dominants. [8]

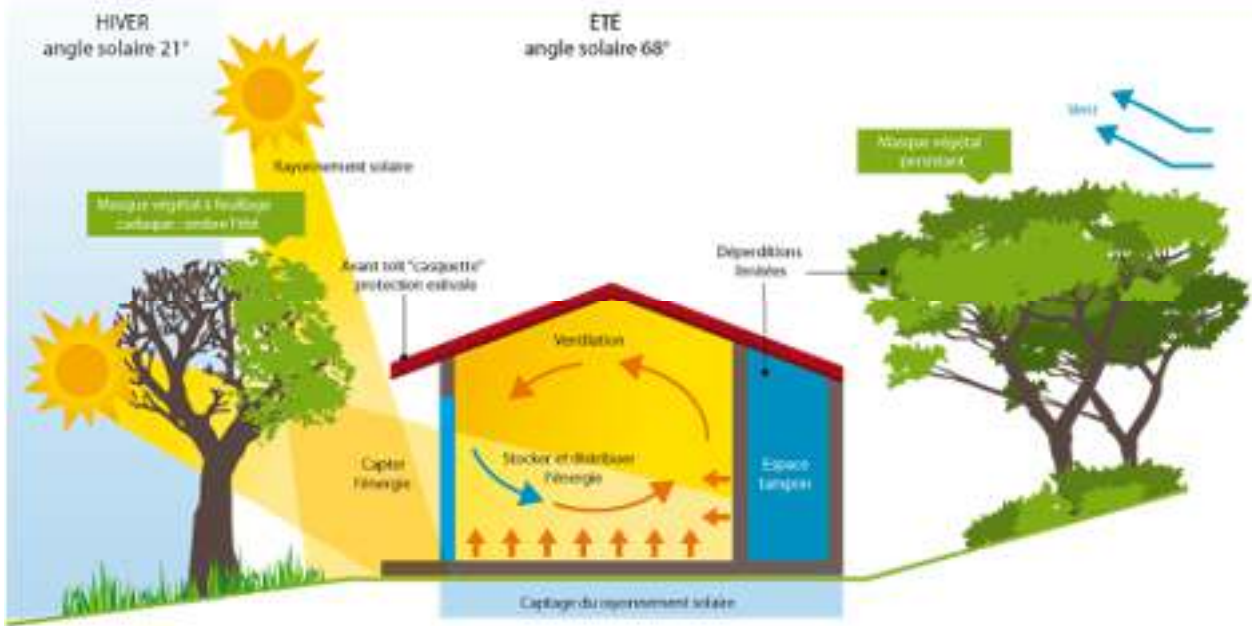


Figure 1. 4. Conception bioclimatique[9]

1.4. Le chauffage de l'habitat

Le chauffage est un processus consistant à augmenter la température d'un espace, d'un matériau ou d'un fluide, généralement dans le but de fournir du confort thermique, de maintenir des conditions idéales pour des processus industriels, ou de garantir le bon fonctionnement de certains équipements. Cette augmentation de température peut être réalisée à l'aide de diverses sources d'énergie, telles que l'électricité, le gaz naturel, le fioul, le bois, le charbon, l'énergie solaire, ou même la chaleur résiduelle issue de processus industriels. [10]

Le chauffage de l'habitat est un élément essentiel pour assurer le confort thermique des habitants, en particulier dans les régions où les températures hivernales sont basses. Il existe plusieurs méthodes de chauffage, notamment le chauffage électrique, le chauffage au gaz, le chauffage au fioul, la pompe à chaleur, et les systèmes de chauffage solaire. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients en termes de coût, d'efficacité énergétique, de confort, et d'impact environnemental. Dans le domaine de l'habitat, les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation sont de gros consommateurs d'énergie. En Algérie,

où les températures peuvent être assez basses en hiver. Les ressources géothermiques offrent une possibilité intéressante notamment en raison de la disponibilité de la chaleur provenant du sous-sol. La pompe à chaleur géothermique est une technologie qui utilise cette chaleur pour chauffer les habitations de manière efficace et respectueuse de l'environnement. Cette technologie peut contribuer à réduire la dépendance aux combustibles fossiles et à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.[11]

1.5. Type de chauffage

1.5.1. Chauffage central

Ce système utilise une source de chaleur unique pour chauffer l'ensemble d'un Bâtiment via un réseau de distribution de chaleur, Souvent des radiateurs ou des conduits d'air.[12]

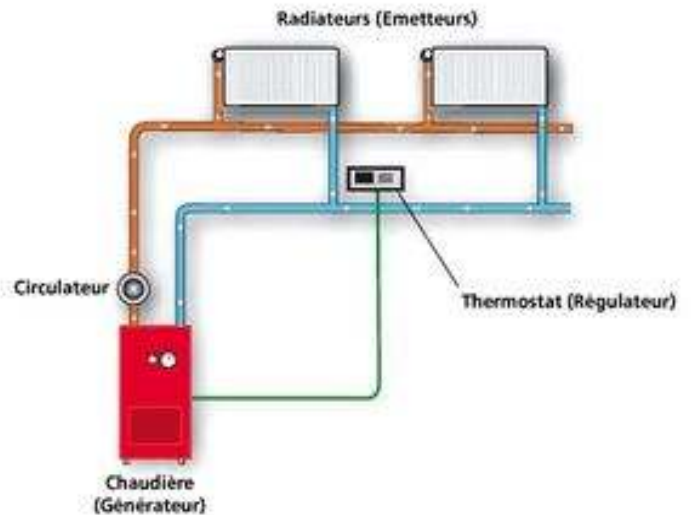


Figure1. 5.schéma simplifié d'un chauffage central par radiateur[13]

- **Chauffage par le sol** Aussi connu sous le nom de chauffage radiant, ce système utilise des câbles électriques ou des tuyaux d'eau chaude intégré dans le sol pour chauffer l'espace de manière uniforme. [14]



Figure1. 6.chauffage centrale par le sol[15]

- **Chauffage géothermique** Il utilise la chaleur du sol pour chauffer la maison, via une pompe à chaleur géothermique. C'est une option écologique mais nécessitant un investissement initial important

- **Chauffage solaire** Ce système utilise des capteurs solaires pour collecter l'énergie solaire et la convertir en chaleur, souvent pour le chauffage de l'eau ou de l'air.[16]



Figure1. 7.chauffage centrale d'énergie solaire [17]

1.5.2 chauffage ponctuelle

- **Chauffage électrique** Ce système utilise des résistances électriques pour produire de la chaleur, souvent via des radiateurs, des convecteurs ou des panneaux rayonnants.[18]
- **Chauffage au gaz** Ce système utilise du gaz naturel ou du propane comme source d'énergie pour produire de la chaleur, généralement via une chaudière ou un radiateur.[19]

1.6. Pompe à chaleur

1.6.1. Définition

Une pompe à chaleur (parfois appelée PAC) est un appareil qui utilise un dispositif thermodynamique, qui permet de transférer de la chaleur provenant d'un milieu froid vers un lieu à chauffer. Autrement dit, c'est le contraire d'un réfrigérateur, en utilisant un fluide frigorigène et un cycle de compression et de détente.

La pompe à chaleur géothermique assure le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire de votre logement.

Contrairement aux systèmes de chauffage traditionnels qui produisent de la chaleur en brûlant des combustibles fossiles, une PAC exploite les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment pour fournir du chauffage de manière plus efficace et écologique.[20]



Figure1. 9.Schéma simplifié d'un pompé a chaleur



Figure1. 8.Pompe à chaleur réel [STME] [21]

1.6.2. Le fonctionnement de pompe à chaleur

- **Captage de la chaleur** La PAC extrait la chaleur de l'air extérieur, de l'eau souterraine ou du sol à l'aide d'un dispositif d'échange thermique.
- **Compression du fluide frigorigène** La chaleur extraite est transférée à un fluide frigorigène qui circule dans le système. Ce fluide est alors comprimé pour augmenter sa température.
- **Transfert de chaleur** La chaleur à haute température est transférée à l'intérieur du bâtiment via un échangeur de chaleur.

- **Expansion du fluide** Une fois que la chaleur est transférée à l'intérieur, le fluide frigorigène se détend et redevient liquide, prêt à recommencer le processus. La PAC peut également fonctionner en mode réversible, fournissant à la fois du chauffage en hiver et de la climatisation en été en inversant le cycle thermodynamique.[22]

1.6.3. Types de pompe à chaleur

- La pompe à chaleur aérothermique

Un système de chauffage et de climatisation qui utilise l'énergie thermique présente dans l'air extérieur pour chauffer ou refroidir un espace, fonctionnant sur le principe d'un cycle thermodynamique.[23]

- La pompe à chaleur géothermique

La pompe à chaleur géothermique est un système de chauffage et de climatisation qui utilise la chaleur naturellement présente dans le sol pour chauffer ou rafraîchir un espace. Elle puise la chaleur dans le sol à l'aide d'un fluide caloporteur circulant dans un réseau de capteurs enfouis sous terre. Ce fluide est ensuite compressé pour augmenter sa température, puis diffusé dans le bâtiment à chauffer. En été, le processus est inversé pour extraire la chaleur de l'intérieur du bâtiment et la dissiper dans le sol.[20]

- La pompe à chaleur hydrothermique aussi appelée pompe à chaleur eau eau, est une pompe à chaleur qui a la particularité de puiser la chaleur dans une source d'eau. Elle fait partie des pompes à chaleur les plus performantes qui existent sur le marché ; le COP (coefficient de performance) est supérieur à 5 dans la plupart des cas.

1.7. Pompe à chaleur géothermiques

La pompe à chaleur (PAC) géothermique est un appareil de chauffage, et éventuellement de production d'eau chaude sanitaire (ECS) et de climatisation.

Elle repose sur la géothermie, c'est-à-dire la chaleur de la terre. En effet, la terre emmagasine de la chaleur en surface (via le soleil, la pluie et le vent) et en profondeur (via les roches et le magma). Il s'agit d'une source d'énergie renouvelable, gratuite et locale.

La pompe à chaleur géothermique utilise un fluide frigorigène pour transmettre les calories récupérées dans le sol à l'eau du système de chauffage. Ce fonctionnement se compose de quatre phases

1. Le fluide frigorigène, à l'état liquide, récupère les calories transmises par le sol via le liquide caloporteur. La température du fluide augmente grâce à l'énergie captée. Le fluide se transforme alors en gaz et s'évapore.
2. Le compresseur, alimenté par un moteur électrique, aspire et compresse le fluide frigorigène. À la fin de cette phase, le fluide gazeux est chaud et sous haute pression.
3. La condensation du fluide frigorigène, alors à l'état de vapeur haute pression, permet de transmettre la chaleur à l'eau de chauffage. Le Gaz repasse à l'état liquide.
4. Le détendeur fait chuter la pression du fluide frigorigène et prépare le fluide liquide avant la phase d'évaporation.[20]

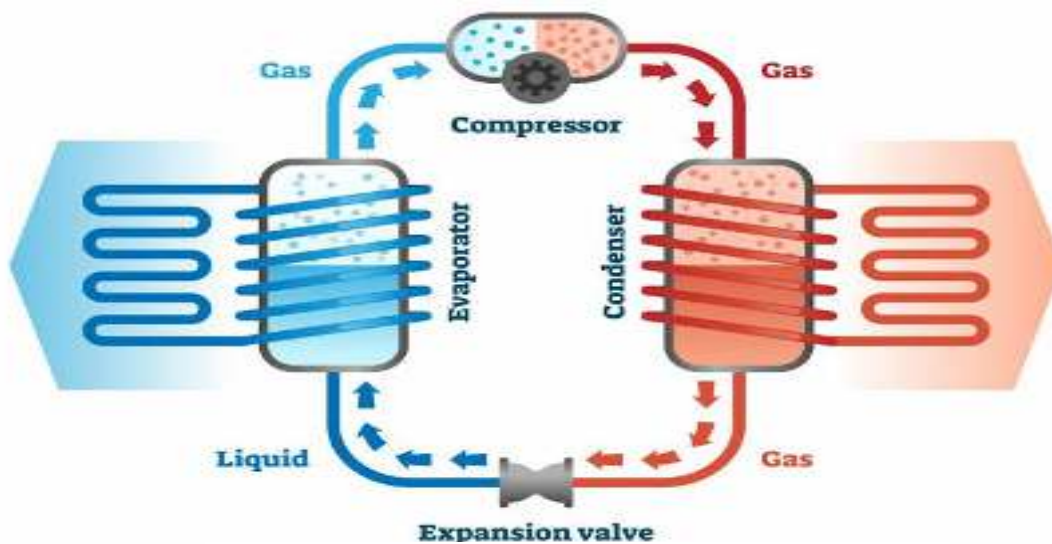


Figure1. 10. Composants de pompe à chaleur [24]

Le circuit du système de captage d'une pompe à chaleur géothermique est parcouru par un fluide caloporteur. Ce fluide, composé généralement d'eau glycolée afin d'éviter le gel, récupère les calories du sol afin de les transmettre à la pompe à chaleur.

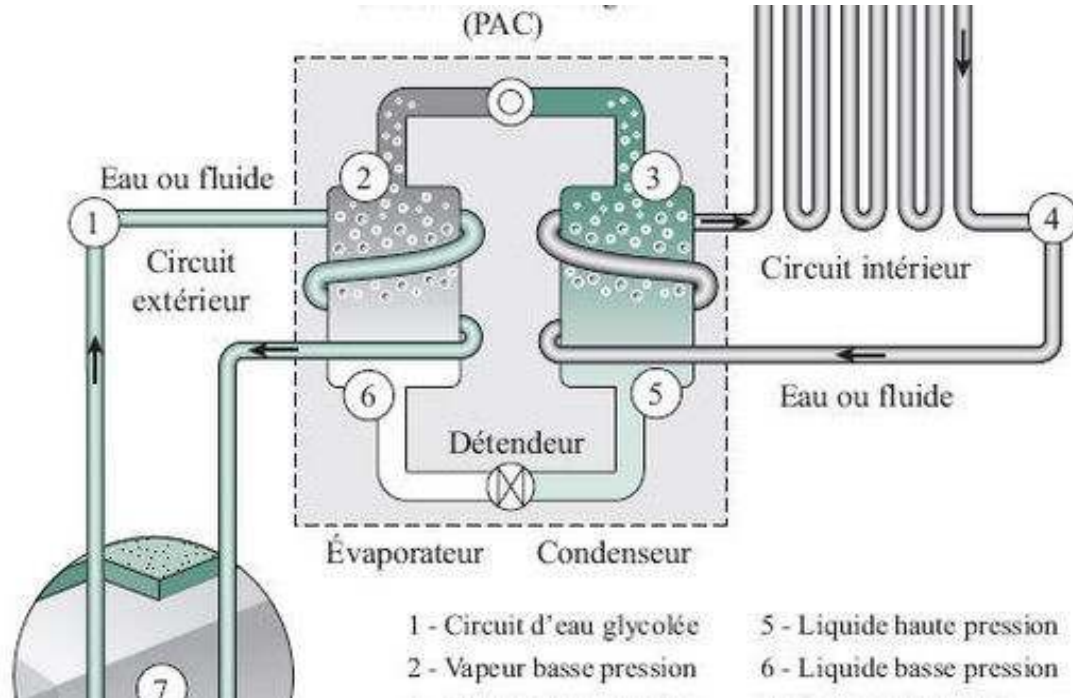


Figure1. 11.Schéma d'installation de chauffage [20]

1.7.1. Types de pompes à chaleur géothermiques

Il existe 4 PAC géothermiques, avec 4 fonctionnements sensiblement différents

- **La PAC sol-sol** les calories sont captées dans le sol grâce à un liquide frigorigène qui les envoie directement dans votre circuit de chauffage
- **La PAC sol-eau** cette pompe à chaleur capte les calories du sol puis les envoie vers la pompe à chaleur
- **La PAC eau glycolée-eau** de l'eau glycolée assure le transport de la chaleur jusqu'au circuit de chauffage
- **La PAC eau-eau** ce modèle-ci capte les calories présentes dans une nappe phréatique à proximité. [25]

1.7.2. Modes de captage de la pompe à chaleur géothermique

Étant de capter l'énergie contenue dans le sol, il faut réaliser des travaux de forage ou de terrassement pour installer les capteurs – ce qui explique le coût élevé de ce système. Il existe trois solutions de captage différentes

- **Le captage horizontal** consiste à enterrer des tubes entre 0,60 et 1,20 mètre de profondeur. Le fluide caloporteur circule dans ces tubes et capte la chaleur du sol à faible profondeur. Pour ce type d'installation, vous devez posséder un terrain dont la surface représente au moins 1,5 à 2 fois la surface habitable à chauffer de votre logement
- **Le captage vertical** est la solution à privilégier dans le cadre d'une rénovation, car elle évite d'abimer une grande partie du terrain et se révèle incontournable si votre terrain est petit. Grâce à un forage, les capteurs sont installés à une profondeur allant de 80 à 100 mètres. Plus coûteux, ce système est également plus efficace, notamment en période hivernale, puisque la terre



Figure1. 12.Pompe à chaleur à tube horizontal [20]

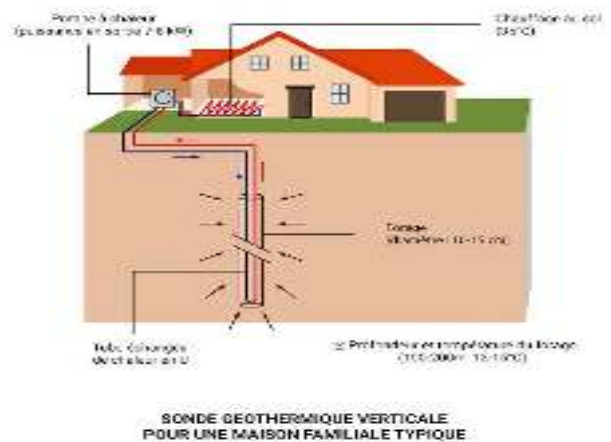


Figure1. 13.Pompe à chaleur à tube vertical [26]

va beaucoup moins se refroidir en profondeur.

- **Le captage sur eau de nappe** consiste à placer des capteurs dans un ou plusieurs puits forés à moins de 100 mètres de profondeur, afin d'utiliser la chaleur contenue dans l'eau des nappes. [20]

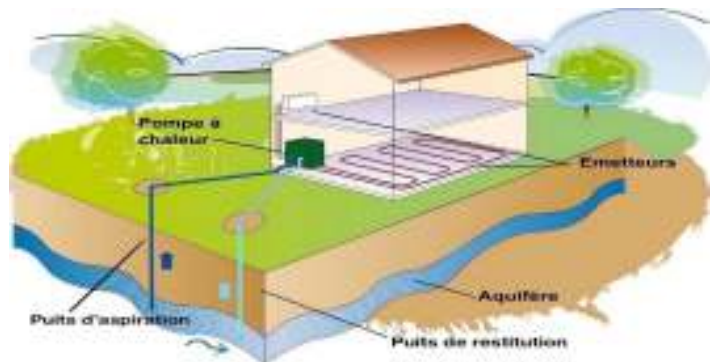


Figure1. 14.Chauffage par pompe à chaleur eau-sol[20]

1.7.3. Cycles thermodynamiques

Diagramme entropique T-S

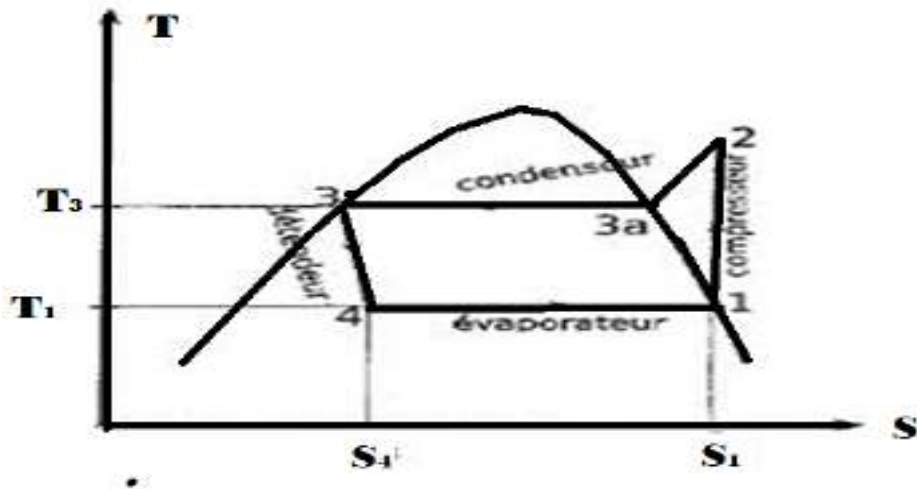


Figure1. 15.cycles thermodynamiques de Carnot de la pompe à chaleur (diagramme T-S)

Diagramme enthalpique P-h

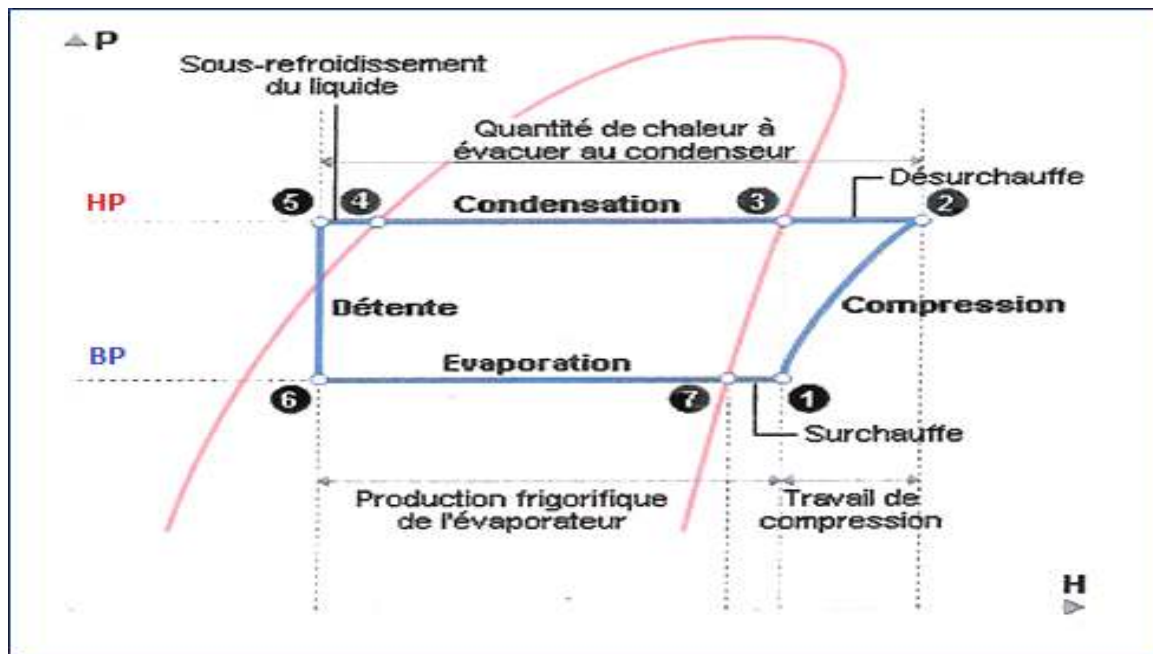


Figure1. 16.Cycle thermodynamique de Carnot de la pompe à chaleur (diagramme P-h) [27]

1.7.4. Performances énergétiques d'une pompe à chaleur

La performance énergétique d'une pompe à chaleur est souvent mesurée par son coefficient de performance (COP), qui est le rapport entre l'énergie transférée par la PAC-chaleur restituée dans le bâtiment et l'énergie consommée pour réaliser le transfert-compresseur et auxiliaires. Plus le COP est élevé, plus la pompe à chaleur est efficace sur le plan énergétique. [25]

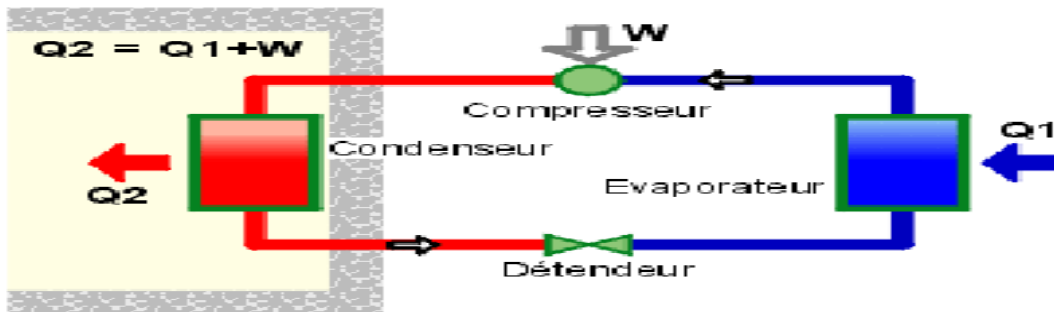


Figure1. 17. Différents échanges de chaleur dans une pompe à chaleur [28]

$$COP = \frac{Q_2}{W}$$

1.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les notions de base de pompe à chaleur et son principe de fonctionnement ainsi que les différents captages, Pour notre étude, nous allons utiliser une pompe à chaleur géothermique qui nous permet d'utiliser l'énergie géothermique pour chauffer une zone dans un région caractériser par un hiver froid assavoir Djelfa.

Notre choix s'est porté sur la ville Ain Oussera wilaya de Djelfa

2.2.1. Présentation de la wilaya de Djelfa

DJELFA Est une ville du centre de l'Algérie, située au pied de l'Atlas saharien, à 300 km au sud d'Alger. Elle est le chef-lieu de la wilaya du même nom. Sa population est estimée à 490 248 habitants en 2018. Vaste de 32 256,35 km², son climat continental est marqué par des hivers froids et des étés secs et chauds. Néanmoins, les paysages et les reliefs y sont relativement variés. Les forêts y occupent notamment 8 % du territoire. [29]

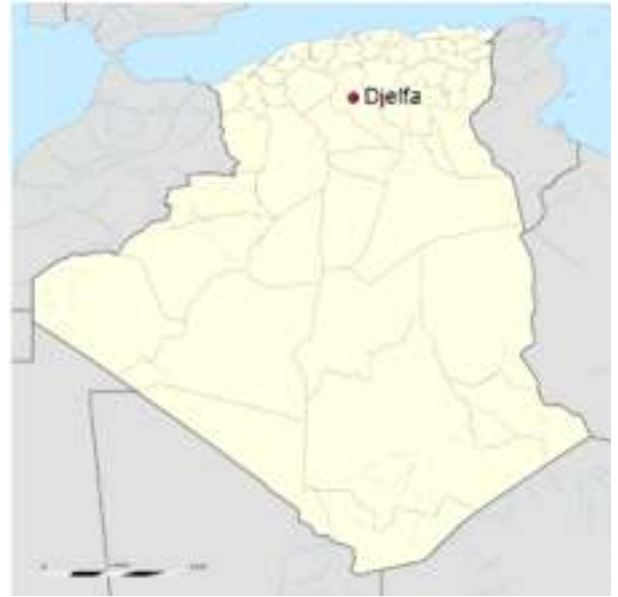


Figure 2. 1. Présentation de la wilaya de Djelfa [30]

2.2.2. Présentation de la commune d'Ain Oussera

Aïn Oussera anciennement Paul Cazelles, est une ville d'Algérie de plus de 100 000 habitants, située dans la wilaya de Djelfa, La ville de Aïn Oussera se trouve dans la limite nord de la zone des hauts-plateaux, à une altitude moyenne de 700 mètres. La topographie de la Ville est globalement plate

Elle est située à 200 km au sud d'Alger et 88 km au nord de Djelfa, 155 km à l'est de Tiaret et 120 km à l'ouest de Boussaâda et de 130 km au sud de Médéa.[31]



Figure 2. 2. la commune de AIN OUSSERA [32]

2.2.3. Situation géographique de AIN OUSSERA

- **Tableau 2. 1 . caractéristiques géographique du site**

Latitude	Longitude	Nord	Est	Altitude
35.454°	2.907°	35° 26' 56''	2° 54' 16''	Min 650 Max 950

2.2.4. Données climatologiques

- **Durée d'ensoleillement à Ain Oussera**

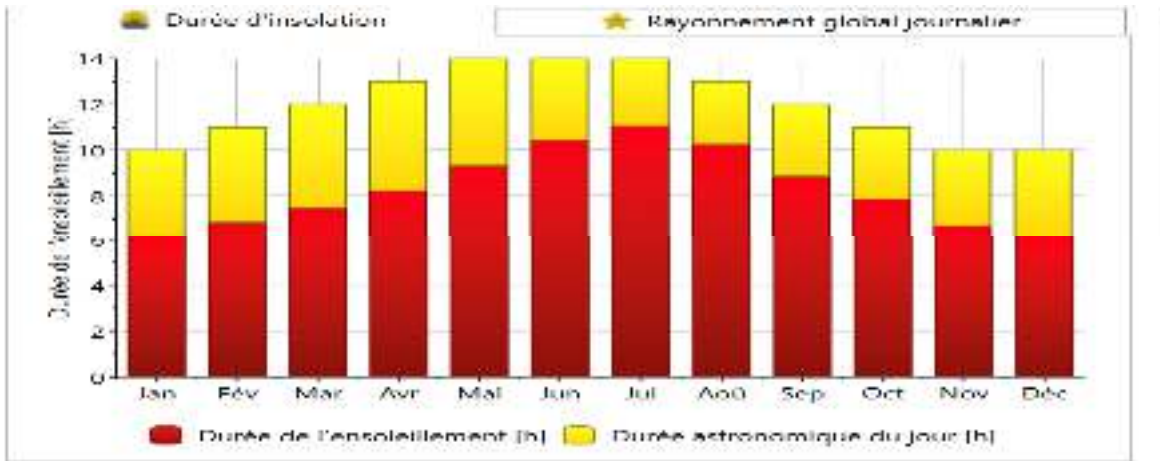


Figure 2. 3.diagramme d'ensoleillement annuel à Ain oussera, [33]

- **Températures journalière maximal et minimal a Ain oussera**

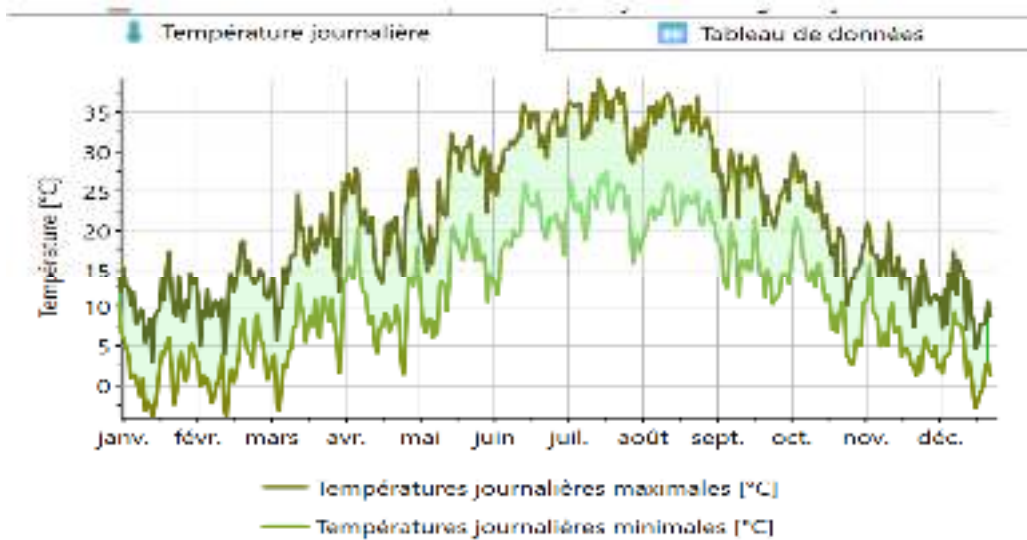


Figure 2. 4.diagramme de température journalière à Ain oussera, [33]

• Rayonnement à Ain oussera

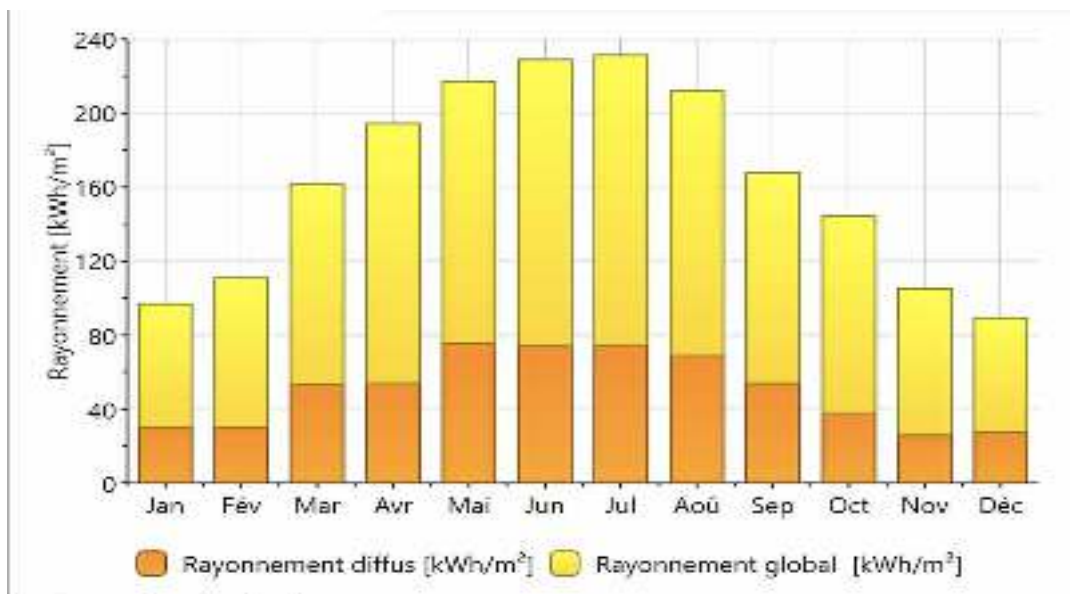


Figure 2. 5.Rayonnement à Ain oussera, [33]

• Température en °C à Ain Oussera

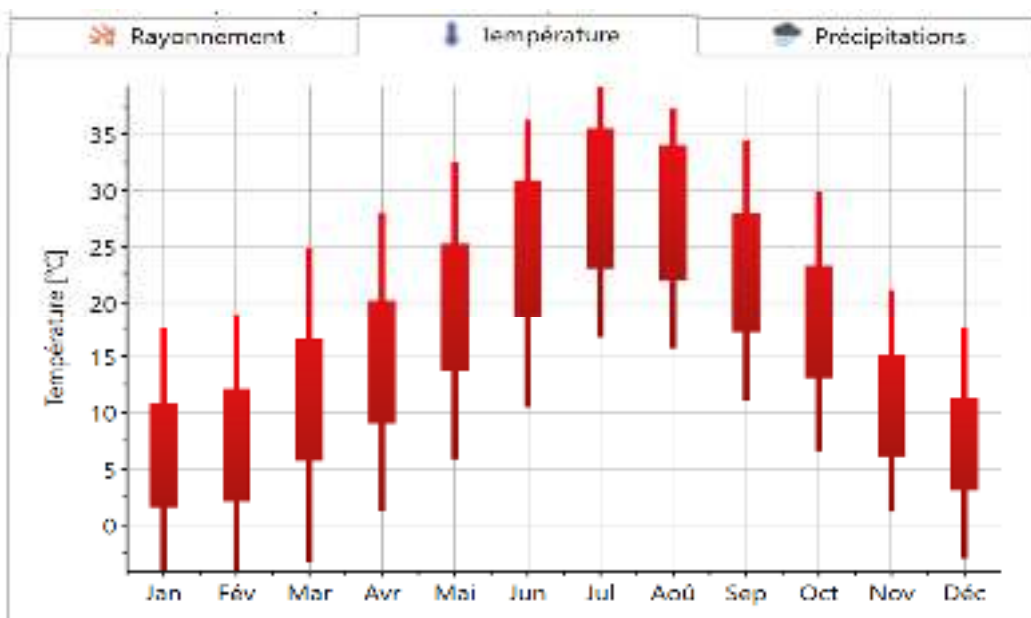


Figure 2. 6.Diagramme des températures annuelles à Ain oussera, [33]

- Précipitations

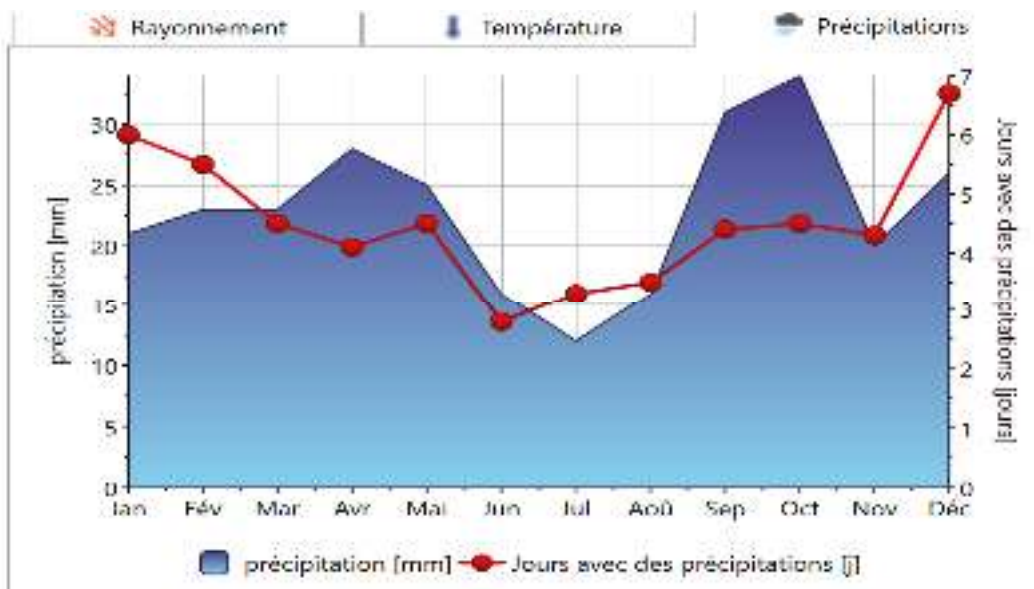


Figure 2. 7. Diagramme de précipitations à Ain oussera, [33]

- Rayonnement global journalière

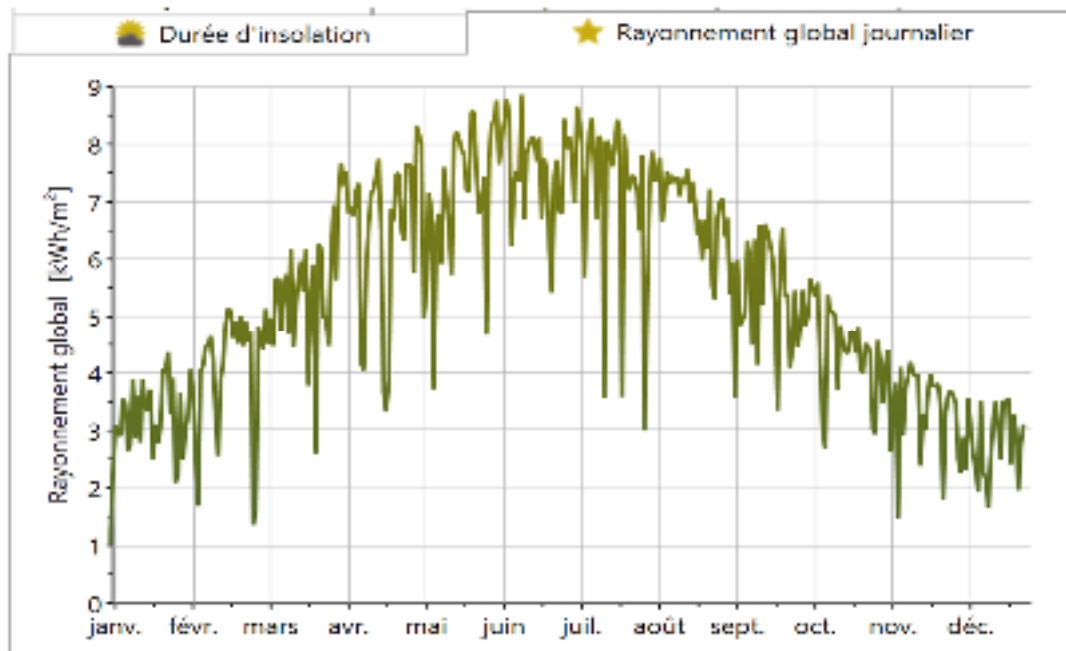


Figure 2. 8. Diagramme de rayonnement global journalier à Ain oussaera, [33]

2.2.5. Classification de la ville d'Ain Oussera selon la classification thermique du DTR (C3-2) des communes de L'ALGERIE

Tableau 2. 2. Classification de la ville d'Ain oussera Wilaya de DJELFA, [34]

<p>17 Djelfa</p>	<p>Groupe de communes 1 : BENHAR, AIN OUESSARA, BIRINE, AIN FEKKA, EL KHEMIS, HASSI FDOUL, HAD SAHARY, SIDI LAADJEL, BOUIRA LAHDAB, GUERNINI, HASSI EL EUCH, HASSI BAHBAH, ZAAFRANE, EL GUEDDID, CHAREF, BENI YAGOUB, EL IDRISSIA, DOUIS, AIN CHOUHADA</p> <p>B</p>	<p>B</p>
----------------------	---	----------

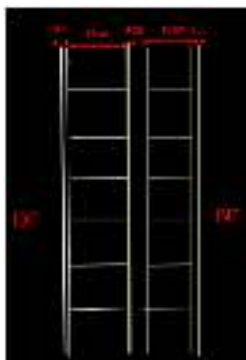

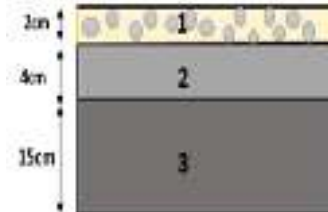
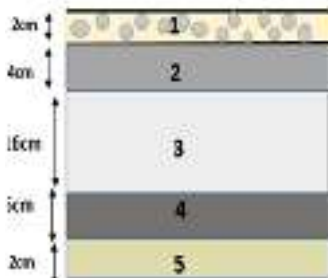
2.2.6. Situation géographique du cas d'étude



Figure 2. 9. situation géographique de cas d'étude, source Google earth

2.2.7. Composition des éléments constructifs avant renforcement de l'isolateur

Tableau 2. 3. Liste des parois (maison Djelfa)

Désignation	Composition	Epaisseur(m)	$\lambda w / (m \cdot k)$	$R(m^2 \cdot k)/w$
Mur Extérieur 	Enduit extérieur	0,02	0,800	0,025
	Brique creuse	0,15	0,540	0,3
	Lame d'air	0,04	0,0025	0,16
	Brique creuse	0,10	0,540	0,2
	Enduit Plâtre	0,02	0,35	0,06
Mur Intérieur 	Enduit plâtre	0,02	0,35	0,06
	Brique creuse	0,1	0,540	0,2
	Enduit Plâtre	0,02	0,35	0,06
Plancher Bas 	Carrelage	0,02	1,70	0,01
	ciment	0,04	1,15	0,034
	Béton lourd	0,15	1,05	0,14
Plancher intermédiaire 	Carrelage	0,02	1,70	0,01
	ciment	0,04	1,15	0,034
	Hourdis	0,16	1,15	0,13
	Béton lourd	0,05	1,75	0,03
	plâtre	0,02	0,35	0,06

Toiture					
4cm	1	ciment	0,04	1,15	0,034
		Hourdis	0,16	1,15	0,13
16cm	2	Béton lourd	0,05	1,75	0,03
5cm	3	plâtre	0,02	0,35	0,06
2cm	4				

Afin d'atteindre les objectifs de notre recherche, on doit identifier les besoins à travers le calcul du bilan

Thermique, dans cette étape d'étude on va vérifier la conformité du logement par rapport à la réglementation thermique des bâtiments d'habitation (DTR C3-2) et calculer les déperditions calorifiques.

2.3. Calcul du bilan thermique de la maison

L'exigence réglementaire, sur laquelle s'appuie le DTR C3-2) consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser appelé déperditions de référence.

Le DTR a pour objectif de fixer les méthodes de Vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.

La détermination des apports calorifiques des bâtiments.

Afin d'appliquer la réglementation sur notre cas d'étude on a calculé le bilan thermique du maison selon la première composition des éléments constructifs et après traitement de l'enveloppe extérieur (Rappel sur le calcul du bilan thermique

2.3.1. Vérification de la conformité du logement à la réglementation thermique avant renforcement

Composition des parois

1-Mur extérieur en brique creuse

Mortier de ciment E = 2cm

Brique creuse E = 15cm

Lame d'air E = 4cm

Brique creuse E = 10cm

Mortier de plâtre E = 2cm

Calcul de K coefficient de transmission surfacique (w/m²°C) selon DTR (C3-2)**Mure extérieur en brique creuse contact avec l'extérieur**

Mortier de ciment E = 2cm ; $\lambda = 0,800$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,025$ (m²°C/w)

Brique creuse E = 15cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,3$ (m²°C/w) selon DTR

Lame d'air E = 4cm ; $R = 0,16$ (m²°C/w) selon DTR

Brique creuse E = 10cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = 0,2$ (m²°C/w) selon DTR

Mortier de plâtre E = 2cm ; $\lambda = 0,35$ (w/ m°C) ; $R = 0,06$ (m²°C/w)

Résistances superficielles

$$1/h_i + 1/h_e = 0,17 \text{ (m}^2\text{°C/w)}$$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,17 + 0,025 + 0,3 + 0,16 + 0,2 + 0,06 = 0,915 \text{ (m}^2\text{°C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 1,092 \text{ (w/ m}^2\text{°C)}$$

Mure extérieur en brique creuse contact avec local non chauffé

Mortier de ciment E = 2cm ; $\lambda = 0,800$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,025$ (m²°C/w)

Brique creuse E = 15cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,3$ (m²°C/w) selon DTR

Lame d'air E = 4cm ; $R = 0,16$ (m²°C/w) selon DTR

Brique creuse E = 10cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = 0,2$ (m²°C/w) selon DTR

Mortier de plâtre E = 2cm ; $\lambda = 0,35$ (w/ m°C) ; $R = 0,06$ (m²°C/w)

Résistances superficielles

$$1/h_i + 1/h_e = 0,22 \text{ (m}^2\text{°C/w)}$$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,22 + 0,025 + 0,3 + 0,16 + 0,2 + 0,06 = 0,965 \text{ (m}^2\text{°C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 1,036 \text{ (w/ m}^2\text{°C)}$$

Mure intérieur en brique creuse contact avec local non chauffé

Mortier de plâtre E = 2cm ; $\lambda = 0,35$ (w/ m°C) ; $R = 0,06$ (m²°C/w)

Brique creuse E = 10cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = 0,2$ (m²°C/w) selon DTR

Mortier de plâtre E = 2cm ; $\lambda = 0,35$ (w/ m°C) ; $R = 0,06$ (m²°C/w)

Résistances superficielles

$$1/h_i + 1/h_e = 0,22 \text{ (m}^2\text{C/w)}$$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,22 + 0,2 + 0,06 + 0,06 = 0,54 \text{ (m}^2\text{C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 1,851 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$$

Composition du Plancher Bas

Carrelage $E = 2\text{cm}$

Chappe en Mortier de ciment $E = 4\text{cm}$

Béton lourd $E = 15\text{cm}$

Calcul de K coefficient de transmission surfacique (W/m²C) selon DTR (C3-2)

Carrelage $E = 2\text{cm}$; $\lambda = 1,70 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,01 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Chappe en Mortier de ciment $E = 4\text{cm}$; $\lambda = 1,15 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,034 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Béton lourd $E = 15\text{cm}$; $\lambda = 1,05 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,14 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Résistances superficielles

$$1/h_i + 1/h_e = 0,34 \text{ (m}^2\text{C/w) selon DTR}$$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,34 + 0,01 + 0,034 + 0,14 = 0,524 \text{ (m}^2\text{C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 1,908 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$$

Plancher intermédiaire

Carrelage $E = 2\text{cm}$

Mortier de ciment $E = 4\text{cm}$

Hourdis $E = 16\text{cm}$

Béton lourd $E = 5\text{cm}$

Enduit de plâtre $E = 2\text{cm}$

Calcul de K coefficient de transmission surfacique (w/m²C) selon DTR (C3-2)

Carrelage $E = 2\text{cm}$; $\lambda = 1,7 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,01 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Mortier de ciment $E = 4\text{cm}$, $\lambda = 1,15 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,034 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Hourdis $E = 16\text{cm}$; $\lambda = 1,15 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,13 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Béton lourd $E = 5\text{cm}$; $\lambda = 1,75 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,03 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Enduit de plâtre $E = 2\text{cm}$; $\lambda = 0,35 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,06 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Résistances superficielles

$$1/h_i + 1/h_e = 0,22 \text{ (m}^2\text{C/w) selon DTR}$$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,22 + 0,01 + 0,13 + 0,03 + 0,06 + 0,034 = 0,484 \text{ (m}^2\text{C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 2,066 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$$

Toiture

Chappe en Mortier de ciment $E = 4\text{cm}$; $\lambda = 1,15 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,034 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Hourdis $E = 16\text{cm}$; $\lambda = 1,15 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,13 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Béton lourd $E = 5\text{cm}$; $\lambda = 1,75 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,03 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Enduit de plâtre $E = 2\text{cm}$; $\lambda = 0,35 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,06 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Résistances superficielles

$$1/h_i + 1/h_e = 0,22 \text{ (m}^2\text{C/w) selon DTR}$$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,22 + 0,13 + 0,03 + 0,06 + 0,34 = 0,78 \text{ (m}^2\text{C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 1,282 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$$

Surface des Murs

La maison à deux étages : d'une surface de $145,01 \text{ m}^2$

Surface du mur extérieur en brique creuse en contact avec l'extérieur = [(paramètre du mur en contact avec l'extérieur * hauteur) _ surfaces des ouvrants].

Epaisseur de la dalle : $E = 0,25 \text{ cm}$

Bloc R

$$\text{Hauteur} = H _ \text{Epaisseur de la dalle} = 4 _ 0,25 = 3,75$$

Surface ouvrants

$$\text{Porte fen\^etre} : (1,20 * 2,2) + (2 * 3) = 8,64 \text{ m}^2$$

$$\text{Fen\^etre} : (1,2 * 1) * 3 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Porte} : (1 * 2,2) + (0,8 * 2) * 2 = 5,4 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface ouvrants} : 8,64 + 3,6 + 5,4 = 17,64 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface du mur ext\^erieur} : 95,2125 - 17,64 = 77,5725 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface du mur ext\^erieur en contact avec local non chauff\^e} : 69,2175 \text{ m}^2$$

Surface des ouvrants

$$\text{Porte} : (1,2 * 2,2) * 3 = 7,92 \text{ m}^2$$

Surface du mur intérieur en contact avec local non chauffé : $84,975 - 7,92 = 77,055 \text{ m}^2$

Surface du mur total (bloc R) : $223,845 \text{ m}^2$

Bloc R+1

Hauteur = H - Epaisseur de la dalle = $3 - 0,25 = 2,75$

Surface ouvrants

Fenêtre : $(1,2 * 1) * 5 + (0,5 * 0,5) * 2 + (0,8 * 1) * 2 = 8,1 \text{ m}^2$

Surface du mur extérieur : $77,5775 - 8,1 = 69,7775 \text{ m}^2$

Surface du mur extérieur en contact avec local non chauffé : $69,2175 \text{ m}^2$

Surface du mur intérieur en contact avec local non chauffé : $159,94 - 13,2 = 146,74 \text{ m}^2$

Surface des ouvrants : $(1,2 * 2,2) * 5 = 13,2 \text{ m}^2$

Surface du mur total (bloc R+1) : $285,735 \text{ m}^2$

Surface des murs total (bloc R + (Bloc R+1))

$S_{\text{mur}} = 509,58 \text{ m}^2$

Surface du plancher

$S_2 = 6,2925 + 5,6825 = 11,975 \text{ m}^2$

Calculs des déperditions de référence (selon DTR)

La région Djelfa, logement individuelle (selon DTR 3-2)

$a = 1,10$; $b = 2,40$; $c = 1,20$; $d = 3,50$; $e = 4,50$

S_1 : surface toiture = 0 (pas déperdition)

S_2 : surface plancher = $11,975 \text{ m}^2$

S_3 : surface Mur = $509,85 \text{ m}^2$

S_4 : surface Porte = $26,52 \text{ m}^2$

S_5 : surface fenêtres = $11,7 \text{ m}^2$

$D_r = s_1 * a + s_2 * b + s_3 * c + s_4 * d + s_5 * e$

$D_r = (0 * 1,10) + (11,975 * 2,40) + (509,85 * 1,20) + (26,52 * 3,50) + (11,7 * 4,50) = 786,03 \text{ w/}^\circ\text{C}$

Depredations de référence = **786,03 w/°C**

2.3.2. Calcul des déperditions de base (du logement)

Déperditions à travers les murs extérieurs en brique creuse en contact avec l'extérieur

$$D1 = 147,35 * K = 147,35 * 1,092 = 160,9062 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers les murs extérieurs en brique creuse en contact avec LNC

$$DLNC1 = \tau * (\sum (k * A)). \text{ Selon DTR } \tau = 0,5^\circ\text{C}$$

$$DLNC1 = 0,5 * (1,063 * 138,435) = 73,5782 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers les murs intérieurs en brique creuse en contact avec LNC

$$DLNC2 = 0,5 * (223,795 * 1,904) = 222,5728 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

$$DT = D1 + DLNC1 + DLNC2 = 457,05184 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers les fenêtres

$$Df = 11,7 * 5 = 58,5 \text{ w/}^\circ\text{C selon DTR (Annex)}$$

Déperditions à travers les portes

$$Dp = 26,52 * 2 = 53,04 \text{ w/}^\circ\text{C selon DTR (Annex)}$$

Déperditions à travers les planchers bas

$$Dpb = 5,6825 * 1,908 = 10,84 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers les planchers intermédiaires

$$Di = 6,2925 * 2,066 = 13,0003 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers Toiture

$$Dph = 6,2925 * 1,282 = 8,066 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperdition surfacique

$$Ds = Df + Dp + Dpl + Dph + Di + Dt = 58,5 + 53,04 + 10,84 + 8,066 + 13,003 + 457,05184 = 600,5 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperdition linéique

$$Ds * 20/100 = 120,1 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperdition transmission = Déperdition surfacique + Déperdition linéique

$$600,5 + 120,1 = 720,6 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Vérification par apport aux déperditions de références

$$Dt \leq Dr * 1,05 \text{ alors : } Dr = 786,05 * 1,05 = 825,3315 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

$$720,60 \text{ w/}^\circ\text{C} \leq 825,3315 \text{ w/}^\circ\text{C} \text{ Résultat vérifier}$$

2.3.3. Calcul des déperditions par renouvellement d'air

$$DR = 0,34 * (Q_r + Q_s)$$

Q_r = débit de ventilation

Q_s = débit de supplément par infiltration

$$Q_{van} = \text{Max} (0,6 * V_h ; Q_{vref}) \text{ (M/h)}$$

Selon DTR

Nombre de principal 6

$$Q_{v \text{ min}} = 120 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{v \text{ max}} = 210 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_{vref} = 5 Q_{v \text{ min}} + Q_{v \text{ max}} / 6$$

$$Q_{vref} = 5(120) + 210 / 6 = 135$$

2.3.4. Calcul du volume habitable

Surface habitable * h = surface de R * h1 + surface de R+1 * h2 =

$$122,061 * 3,75 + 148,98 * 2,75 = 867,255 \text{ m}^3$$

$$\Delta T = T_{au} - T_{be} = (20 - (-1)) = 21^\circ \text{C}$$

$$Q_v = 0,6 * 867,255 = 520,353 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$D_v = Q_v * 0,34 = 0,34 * 520,353 * 21 = 3715,32 \text{ W}$$

Par infiltration

$$Q_s = m A_{em}$$

m perméabilité des ouvrants

Par infiltration

$$Q_i = m A_{em}$$

Valeur de m simples fenêtres m = 2 (tableé26) (donne sur l'extérieur)

em (coefficient d'exposition au tirage thermique et au vent)=8

$$A_m = 29,72 \text{ m}^2$$

$$Q_{if} = (2 * 29,72) * 8 = 475,5 \text{ (w/C}^\circ\text{)}$$

$$D_m = 0,34 * 475,5 * 21 = 3395,07 \text{ w}$$

Porte donnée sur local non chauffé : $e_i=1,7$ (coefficient d'exposition au tirage thermique)

Valeur de m porte =6

$$Q_{ip} = 2,64 * 6 * 1,7 = 27,96 \text{ w /C}^\circ$$

$$D_{mp} = 0,34 * 27,96 * 21 = 199,6344 \text{ w}$$

$$D_i = Q_s * 0,34 * 21 = 3395,07 + 199,6344 = 3594,704 \text{ W}$$

$$D_R = D_v + D_i = 3715,32 + 3594,704 = 7310,024 \text{ w}$$

$$D_T = D_s + D_L + D_R$$

$$D_s = 600,5 * 21 = 12610,5 \text{ W}$$

$$D_L = 120,10 * 21 = 2522,1 \text{ W}$$

$$D_T = D_s + D_L + D_r = 7310,024 + 12610,5 + 2522,1 = 2463,93 = 22442,624 \text{ w}$$

2.3.5 Calcul de coefficient de déperditions volumique

$$0,5 \mu \quad G \mu \quad 1,05$$

$$D_t = G * V * \Delta T = \text{donc } G = D_t / V. \quad t \text{ alors } G = 22442,624 \text{ w} / 867,255 * 21 = 1.23$$

$$G = 1.23 \text{ W/m}^3 \cdot \text{C}^\circ \quad \text{Alors notre maison est mal isolée}$$

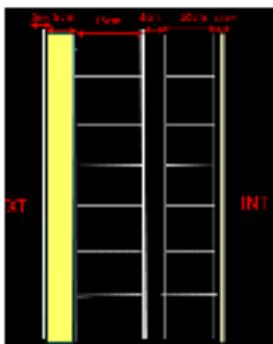
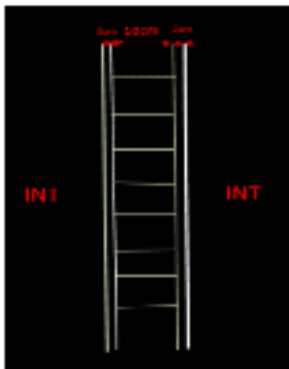
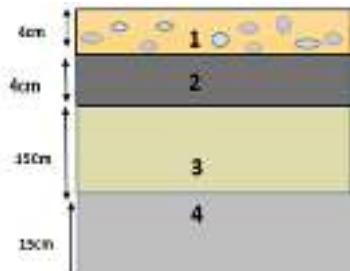
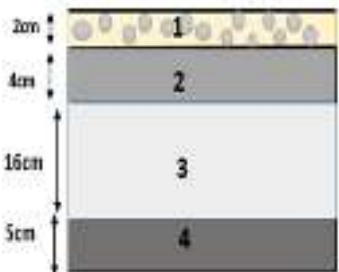
2.4. Renforcement de l'isolation 1 er cas

Amélioration des performances thermiques de la maison

Isolation des murs extérieurs

Pour réduire les déperditions nous proposons une couche d'isolant de 10 cm.

Tableau 2. 4. Liste des parois avec isolation (maison Djelfa)

Désignation	Composition	Epaisseur(m)	$\lambda w / (m \cdot k)$	$R(m^2 \cdot k)/w$
Mur Extérieur 	Enduit ciment	0,02	0,800	0,025
	Land de Roch	0,05	0,04	1,25
	Brique creuse	0,15	0,540	0,3
	Lame d'air	0,04	0,025	0,16
	Brique creuse	0,10	0,540	0,2
	Placoplatre BA13	0,013	0,32	0,04
	Mur Intérieur 	plâtre	0,02	0,35
Brique creuse		0,1	0,540	0,2
Plâtre		0,02	0,35	0,06
Plancher Bas 	Carrelage	0,02	1,70	0,01
	Ciment	0,04	0,041	0,034
	Polystyrène extrudé	0,05	0,03	0,69
	Béton lourd	0,15	1,05	0,14
Plancher intermédiaire 	Carrelage	0,02	1,70	0,01
	ciment	0,04	1,15	0,034
	Hourdis	0,16	1,15	0,13
	Béton lourd	0,05	1,75	0,03
	plâtre	0,02	0,35	0,06

Toiture					
	1	ciment	0,04	1,15	0,034
	2	Hourdis	0,16	1,15	0,13
	3	Béton lourd	0,05	1,75	0,03
	4	plâtre	0,02	0,35	0,06

2.4.1 Vérification de la conformité du logement après renforcement par une isolation

Calcul de K coefficient de transmission surfacique (w/m²°C) selon DTR (3-2)

Mure extérieur en brique creuse contact avec l'extérieur

Mortier de ciment E = 2cm ; $\lambda = 0,800$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,025$ (m²°C/w)

Land de Roch E = 5 cm ; $\lambda = 0,04$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 1,25$ (m²°C/w)

Brique creuse E = 15cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,3$ (m²°C/w) selon DTR

Lame d'air E = 4cm ; $R = 0,16$ (m²°C/w) selon DTR

Brique creuse E = 10cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = 0,2$ (m²°C/w) selon DTR

PlacoplatreBA13 E = 1,3 cm ; $\lambda = 0,32$ (w/ m°C) ; $R = 0,04$ (m²°C/w)

Résistances superficielles :

$1/h_i + 1/h_e = 0,17$ (m²°C/w)

$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,17 + 1,25 + 0,3 + 0,16 + 0,2 + 0,04 = 2,12$ (m²°C/w)

$K = 1/R_{th} = 0,47$ (w/ m²°C)

2_Mur extérieur en brique creuse contact avec local non chauffé

Mortier de ciment E = 2cm ; $\lambda = 0,800$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,025$ (m²°C/w)

Land de Roch E = 5 cm ; $\lambda = 0,04$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 1,25$ (m²°C/w)

Brique creuse E=15cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = E/\lambda = 0,3$ (m²°C/w) selon DTR

Lame d'air E = 4cm ; $R = 0,16$ (m²°C/w) selon DTR

Brique creuse E=10cm ; $\lambda = 0,540$ (w/ m°C) ; $R = 0,2$ (m²°C/w) selon DTR

PlacoplatreBA13 E=1,3 cm ; $\lambda = 0,32$ (w/ m°C) ; $R = 0,04$ (m²°C/w)

Résistances superficielles : $1/h_i + 1/h_e = 0,22 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,22 + 1,25 + 0,3 + 0,16 + 0,2 + 0,04 = 2,17 \text{ (m}^2\text{C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 0,46 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$$

Composition du Plancher Bas

Carrelage E = 2cm

Chappe en Mortier de ciment E = 4cm

Polystyrène extrudé E = 5cm

Béton lourd E = 15 cm

Calcul de K coefficient de transmission surfacique (w/m²C) selon DTR (3-2):

Carrelage E = 2cm ; $\lambda = 1,70 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,01 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Chappe en Mortier de ciment E = 4cm ; $\lambda = 1,15 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,034 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Polystyrène extrudé E = 5cm ; $\lambda = 0,03 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 1,6 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Béton lourd E = 15 cm ; $\lambda = 1,05 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$; $R = e/\lambda = 0,14 \text{ (m}^2\text{C/w)}$

Résistances superficielles

$$1/h_i + 1/h_e = 0,34 \text{ (m}^2\text{C/w) selon DTR}$$

$$R_{th} = \sum R_i + 1/h_i + 1/h_e = 0,34 + 0,01 + 0,034 + 0,14 + 1,6 = 2,124 \text{ (m}^2\text{C/w)}$$

$$K = 1/R_{th} = 0,47 \text{ (w/ m}^2\text{C)}$$

2.4.2. Calcul des déperditions de base (du logement) :

Déperditions à travers les murs extérieurs en brique creuse en contact avec l'extérieur

$$D_1 = 147,35 * K = 147,35 * 0,47 = 69,79969 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers les murs extérieurs en brique creuse en contact avec LNC

$$DLNC1 = \tau * (\sum (k * A)). \text{ Selon DTR } \tau = 0,5^\circ\text{C}$$

$$DLNC1 = 0,5 * (0,46 * 138,435) = 32,0546 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers les murs intérieurs en brique creuse en contact avec LNC

$$DLNC2 = 207,01 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

$$DT = D_1 + DLNC1 + DLNC2 = 308,865 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperditions à travers les planchers bas

$$D_{pb} = 5,6825 * 0,47 = 2,67 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperdition surfacique

$$D_s = D_f + D_p + D_{pl} + D_i + D_{ph} + D_t = 58,5 + 53,04 + 13,001 + 2,67 + 8,066 + 308,865 = 431,14 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperdition linéique

$$D_L = D_s * 20/100 = 86,228 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Déperdition transmission = Déperdition surfacique + Déperdition linéique

$$D_t = 431,14 + 86,228 = 517,368 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

Vérification par apport aux déperditions de références

$$D_t \leq D_r * 1,05 \text{ alors : } D_r = 786,05 * 1,05 = 825,3315 \text{ w/}^\circ\text{C}$$

$$534,9924 \text{ w/}^\circ\text{C} \leq 825,3315 \text{ w/}^\circ\text{C} \text{ Résultat VERIFIER}$$

Selon la vérification notre logement ne répond pas aux normes de la réglementation.

2.4.3. Calcul des déperditions par renouvellement d'air

$$Q_{if} = (0,5 * 29,72) * 8 = 118,88 \text{ (w/C}^\circ\text{)}$$

$$D_{mf} = 0,34 * 118,88 * 21 = 848,8 \text{ w}$$

Porte donnée sur local non chauffé : $e_i = 1,7$ (coefficient d'exposition au tirage thermique)

Valeur de m Porte = 6

$$Q_{ip} = 2,64 * 6 * 1,7 = 27,96 \text{ w/C}^\circ$$

$$D_{mp} = 0,34 * 27,96 * 21 = 199,6344 \text{ w}$$

$$D_i = Q_s * 0,34 * 21 = 848,8 + 199,6344 = 1048,434 \text{ W}$$

$$D_r = D_v + D_i = 3715,32 + 1048,434 = 4763,7544 \text{ w}$$

$$D_T = D_s + D_L + D_r$$

$$D_s = 431,14 * 21 = 9053,94 \text{ W}$$

$$D_L = 86,78 * 21 = 1810,788 \text{ W}$$

$$D_t = D_s + D_L + D_r = 9053,94 + 1810,788 + 4763,7544 = 15628,48 \text{ w}$$

2.4.4. Calcul de coefficient de déperditions volumique

$$0,5 \mu \text{ G} \mu 1,05$$

$$D_t = G * V * t = \text{donc } G = D_t / V * t \text{ alors } G = 15628,48 / 867,255 * 21 = 0,86$$

$$G = 0,86 \text{ W/m}^3 \cdot ^\circ\text{C} \text{ Alors notre maison est bien isolée}$$

2.5. Résultats et discussions

D'après les résultats obtenus après la vérification des déperditions du logement par rapport aux déperditions de Référence du logement on constate que : Le logement selon la première composition des éléments constructifs avec un K (coefficient de transmission surfacique) égale à (1.092 w/ m², C° , 1.036 w/ m².C°, 1.852 w/ m² C°) pour les parois, et k égale à (1,90 w/ m² °C ,2.066 w/ m² °C, 1.282 w/ m² °C) Pour les planchers ainsi que Les ouvertures (avec simple vitrage) conforme à la réglementation thermique DTR (3-2).

Le logement après renforcement de l'isolation avec la composition des parois proposées avec un K égale a (0.47w/ m². C °et 0.46 w/ m².C° et 1,85 w/ m².C°), et k égale (0.47w/ m² °C et 2,066 w/ m².C°, 1.282 w/ m² °C). Pour les planchers ainsi que les ouvertures avec (simple vitrage) proposées, notre logement est devenu conforme à la réglementation thermique DTR (3 2).

Le logement selon la première composition des éléments constructifs, et après le Calcul du Coefficient des Déperditions volumiques : qui doit être compris entre 0.5 et 1.05 (0.5 ≤ G ≤ 1.05) On a trouvé un G=1.23 W/m³°C par conséquent le logement est mal isolé.

Le logement après renforcement de l'isolation avec la composition des parois proposées, Et après le Calcul du coefficient des déperditions volumique : On a trouvé un G=0.89 W/m³°C par conséquent le logement est devenu bien isolé.

2.6. Comparaison des résultants

Tableau 2.5. tableau comparatif des deux bilans thermiques

	Logement selon la 1ère composition	Logement après renforcement
Vérification de la Conformité	720,60 w/°C ≤ 825,3315 w/°C Résultat vérifié	534,9924w /°C ≤ 825,3315 w/°C Résultat vérifié
Déperditions	22442,624 w	15628.48 w

2.7. Conclusion

À travers cette étude nous constatons que notre habitat est conforme à la réglementation thermique, l'ajout de l'isolation a permis de réduire de 21% les pertes thermiques

Chapitre 3

Etude dynamique

3.1. Introduction

En plus des calculs statique nous proposons une simulation thermique dynamique (STD) avec logiciel pléiades version 6.24.3.4 ce qui permet de faire vivre virtuellement le bâtiment sur une année entière afin d'étudier son comportement prévisionnel pour des résultats proches de la réalité, Sur pléiades il n'est pas possible de créer dans la simulation, des caractéristiques constructives différentes, on a donc fait plusieurs simulations avec variation paramétrique et Après lancement des simulations, on a obtenu les résultats qui sont présentés dans ce chapitre .

3.2. Présentation du logiciel

3.2.1. Météonorm 8

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. Le pack Stations Météonorm comporte plus de 220 stations météo complémentaires (France métropolitaine, Belgique, Suisse, Luxembourg et pays du Maghreb) pour la simulation thermique dynamique. Le logiciel Pléiades intègre le module "Météocale" qui permet de créer vos propres données météo utilisables en simulation thermique dynamique (STD). Dans les versions les plus récente métronome crée des fichiers météorologiques de format de sortie Didier directement au logiciel pléiades pas comme avant quand il fallait utiliser des fichiers météorologiques de format (TRY). Ce logiciel va permettre d'importer (à partir de logiciels tel Météonorm) ou de générer des fichiers météo [35]

3.2.2. Pléiades V6.24.3.4

Le logiciel pléiades a été créé par l'équipe française izuba énergie dans le but de "démocratiser" les logiciels de simulation du bâtiment et de réaliser des études énergétiques pointues sur des bâtiments innovants à très faibles impacts énergétique et environnemental [36]. Pléiades est un logiciel complet pour l'écoconception des bâtiments et des quartiers. À partir d'une saisie graphique ou d'une maquette numérique, différents types de calculs sont accessibles : simulation thermique et énergétique dynamique, vérification réglementaire, dimensionnement des équipements, statistique. Au-delà des aspects énergétiques, l'analyse du cycle de vie évalue les impacts du bâtiment sur l'environnement [37]

3.2.3. Modeleur

Pléiades Modeleur est le composant de saisie graphique de Pléiades

- Une saisie graphique 2D rapide et intuitive du projet

Saisissez chaque bâtiment et sa toiture en 2D, niveau par niveau, en vous appuyant sur un fond de plan numérique (image ou DWG). L'horizon, les masques intégrés, les bâtiments proches et les arbres complètent la description de l'environnement qui influence les apports solaires. Le composant Modeleur affecte de nombreuses caractéristiques par défaut et détecte les ponts thermiques. À l'aide de ses palettes graphiques, le paramétrage des différents calculs est simple et rapide.

- Une vérification efficace de votre saisie

Le rendu 3D de votre projet vous donne les moyens de vérifier la cohérence de la saisie et de visualiser l'ensoleillement des façades avec l'affichage des ombres portées et de la durée d'insolation des façades

- Des outils pour l'analyse du confort lumineux

Avec le module Enelight réalisez une étude complète de l'éclairage naturel, éclairage naturel horaire, autonomie lumineuse, facteurs de lumière du jour, vérification des exigences des certifications environnementales et édition d'un rapport.

- Lancez les calculs Lorsque votre saisie est complète, lancez les calculs et exploitez les résultats [34].

3.3. Processus application des logiciels

Application à notre cas d'études.

➤ 3.3.1. Création d'un fichier météorologique

Sous logiciel météoforme version 8

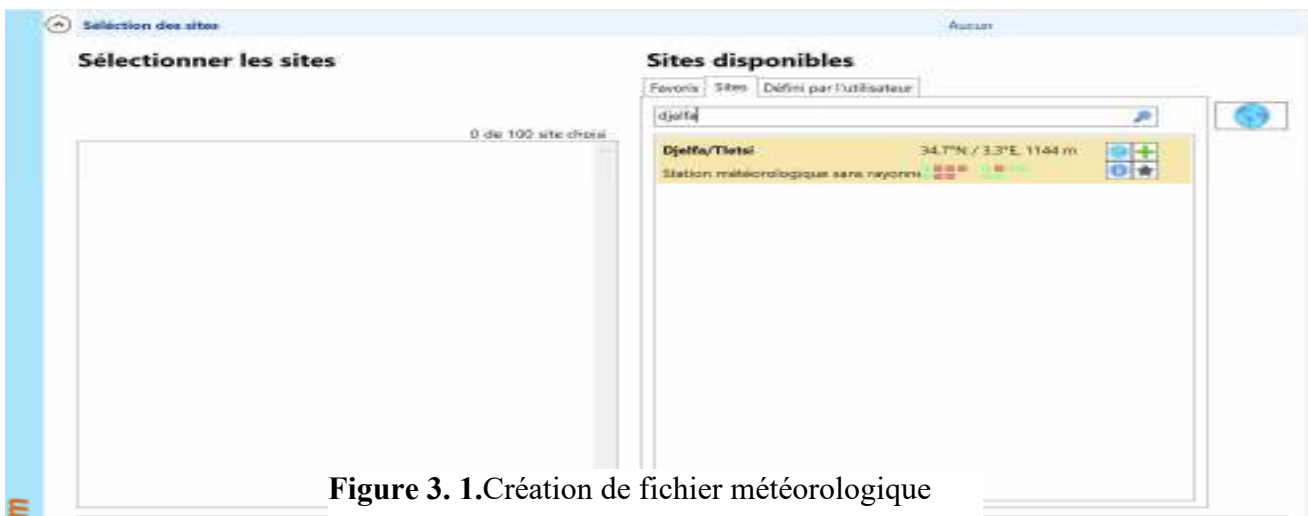


Figure 3. 1. Création de fichier météorologique

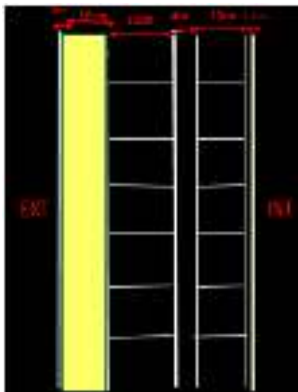
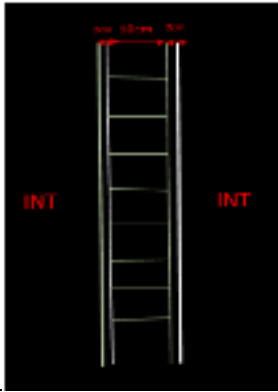
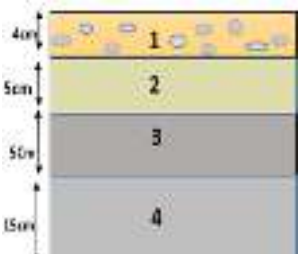
3.3.2. Sous Pleiades

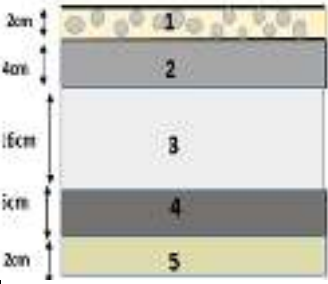
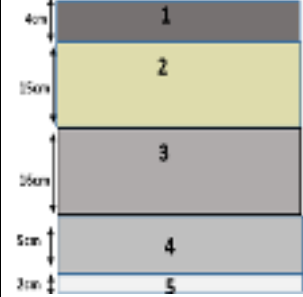
L'étude comporte les scenarios suivants

- Cas de référence
- Cas de l'isolation extérieur

➤ Composition des éléments constructifs après renforcement de l'isolation 2eme cas

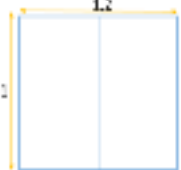
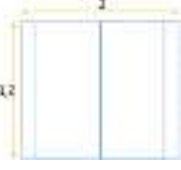
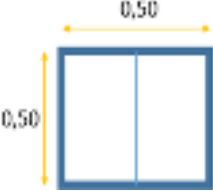

Tableau 3. 1. Liste des parois avec isolation


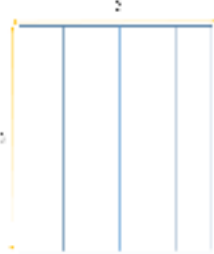

Désignation	Composition	Epaisseur(m)	$\lambda w / (m .k)$	R (m ² . k) /w
Mur Extérieur 	Enduit ciment	0,02	1,15	0,02
	Polystyrène extrudé	0,1	0,039	2,56
	Brique creuse	0,15	0,540	0,3
	Lame d'air	0,04	0,025	0,16
	Brique creuse	0,10	0,540	0,2
	Placoplatre BA13	0,013	0,32	0,04
	Mur Intérieur	Plâtre	0,02	0,35
	Brique creuse	0,1	0,540	0,2
	Plâtre	0,02	0,35	0,06
	Plancher Bas	Carrelage	0,02	1,70
	Polystyrène extrudé	0,05	0,039	1,28
	Ciment	0,04	0,041	0,034
	Béton lourd	0,15	1,05	0,14

<p>Plancher intermédiaire</p> 	<p>Carrelage Ciment Hourdis Béton lourd Plâtre</p>	<p>0,02 0,04 0,16 0,05 0,02</p>	<p>1,70 1,15 1,15 1,75 0,35</p>	<p>0,01 0,034 0,13 0,03 0,06</p>
<p>Toiture</p> 	<p>Ciment Polystyrène extrudé Hourdis Béton lourd</p>	<p>0,04 0,15 0,16 0,05 0,02</p>	<p>1,15 0,039 1,15 1,75 0,35</p>	<p>0,034 3,85 0,13 0,03 0,06</p>

➤ **Types d'ouverture**

Tableau 3. 2.types d'ouvertures

Overture	Dimension par (m ²)	Nombre et emplacement		
		Mur 1 Extérieur	Mur2 Intérieur	
Fenêtres en bois	1.2	7	/	
	2.4	1	/	
Petite fenêtres pvc	0.25	2	/	
Porte en bois	2.64	/	4	

	1.98	/	4	
Portail métallique	6	1	/	
Porte métallique	2.64	2	/	
Surface totale d'ouvertures	/	22.33m ²	16.5m ²	

3.3.3. sous modeleur

➤ Définition des paramètres constructifs sous modeleur



Figure 3. 2. Insertion des éléments constructifs sous modeleur

➤ plan sous modeleur

- ✓ Caractéristiques du Mur.
- ✓ Caractéristiques des ouvrants.
- ✓ Identification des pièces.
- ✓ Identification des zones : Selon le confort : Zone 01 : séjour, Zone 02 : chambre 1, Zone 03 :(chambre 2, chambre 3), Zone 04 : cuisine, Zone 05 : (hall haut, couloir), zone 06 : salles d'eau (salle de bain, WC), Zone 07 : hall bas.
- ✓ Identification de la position du Nord.

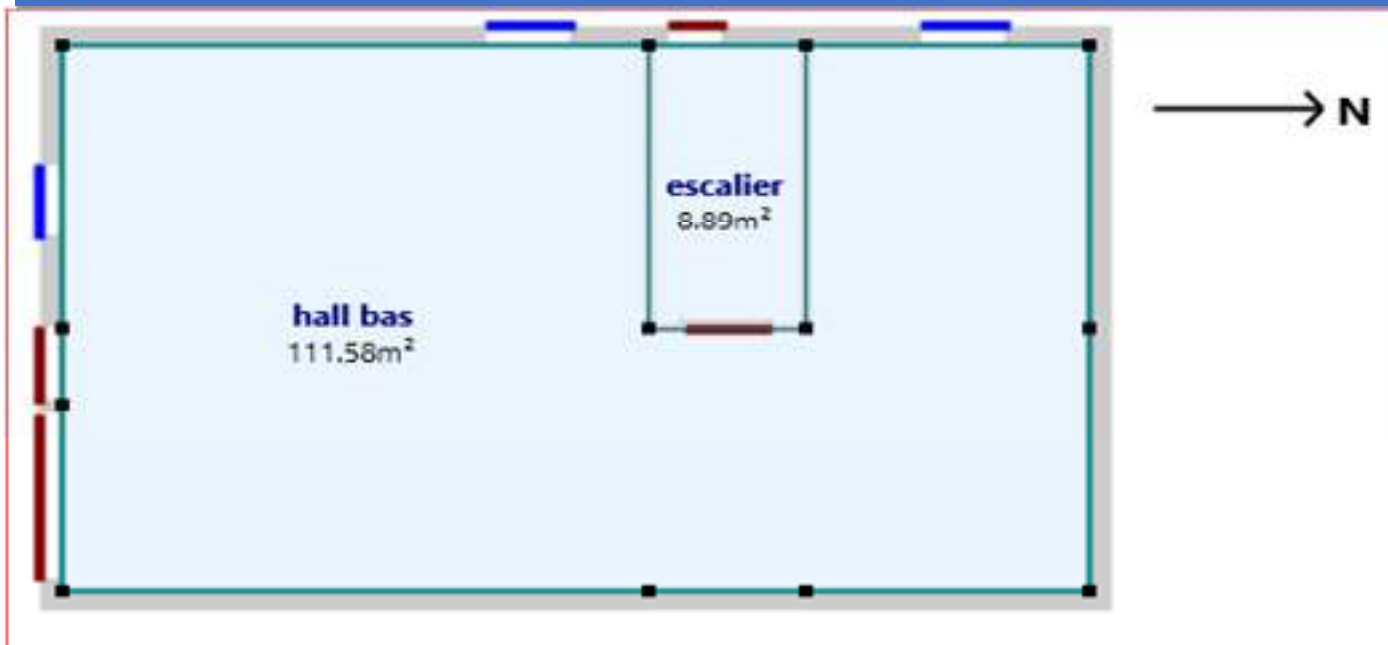


Figure 3. 3.plan niveau R dessines sous modeleur

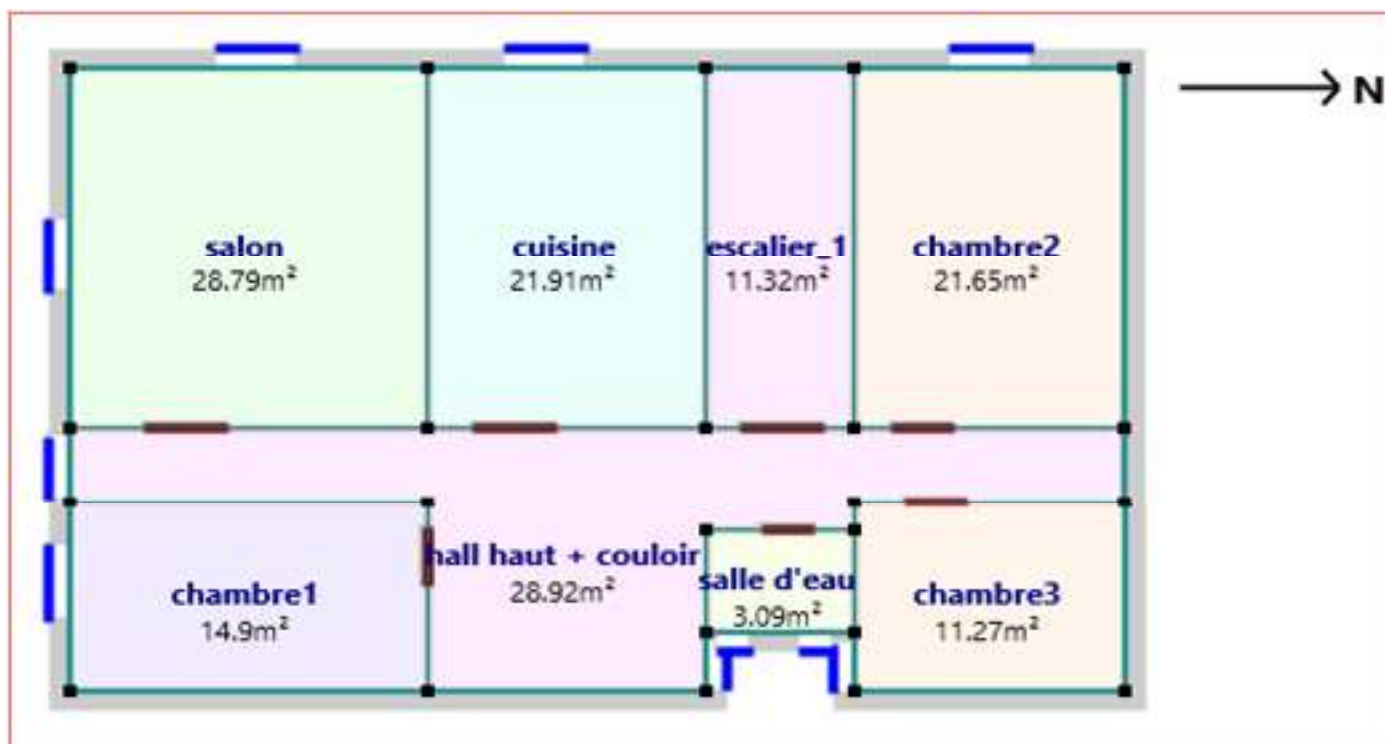


Figure 3. 4.plan niveau R+1 dessine sous modeleur



Figure 3.5. volumétrie dessinée sous Modeleur

➤ Exporter vers Pleiades

3.3.4. Sous pleiades

Dans le cadre de cette étude des scénarios de fonctionnement vont être utilisés afin d'identifier les besoins en chauffage, ainsi que l'évolution des températures.

3.3.4.1. Définition des scénarios de fonctionnement

- Scenario d'occupation.
- Scenario de Ventilation.
- Scenario de puissance dissipée.
- Scenario d'occultation.
- Scenario de consigne de thermostat.

▪ **Scenario d'occupation**

Le scénario d'occupation : permet de déterminer le nombre d'utilisateurs du logement ainsi que le taux de fréquentation de l'espace par heure, le but de ce scénario est de déterminer les apports internes produits par les occupants du logement étudié.

-pour notre simulation, nous avons décidé d'effectuer des scénarios d'occupation différents pour chaque zone selon l'occupation de l'espace par heure :

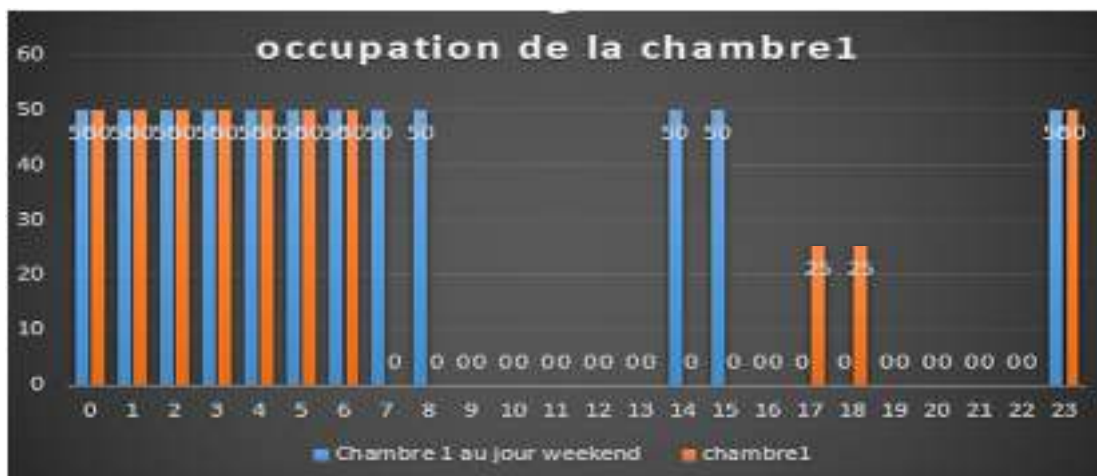
Nombre d'occupants : 08 personnes.

- ❖ Scénario de 8 personnes dans la zone : séjour.
- ❖ Scénario de 8 personnes dans la zone : chambre1
- ❖ Scénario de 8 personnes dans la zone : chambre2+ chambre3
- ❖ Scénario de 8 personnes dans la zone : cuisine.
- ❖ Scénario de 8 personnes dans la zone : hall +couloir.
- ❖ Scénario de 8 personnes dans la zone : salle d'eau.

🚩 Scenario d'occupation proposé pour la 1 ère zone, séjour durant le jour



🚩 Scenario d'occupation proposé pour la 2ème zone, chambre1 durant le jour



Scenario d'occupation proposé pour la 3ème zone, chambre2 + chambres3

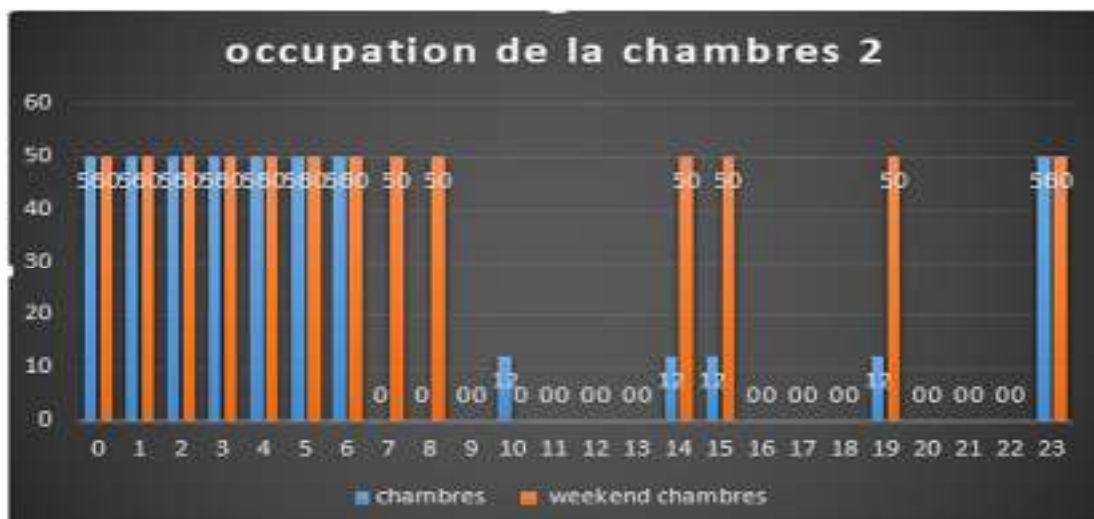
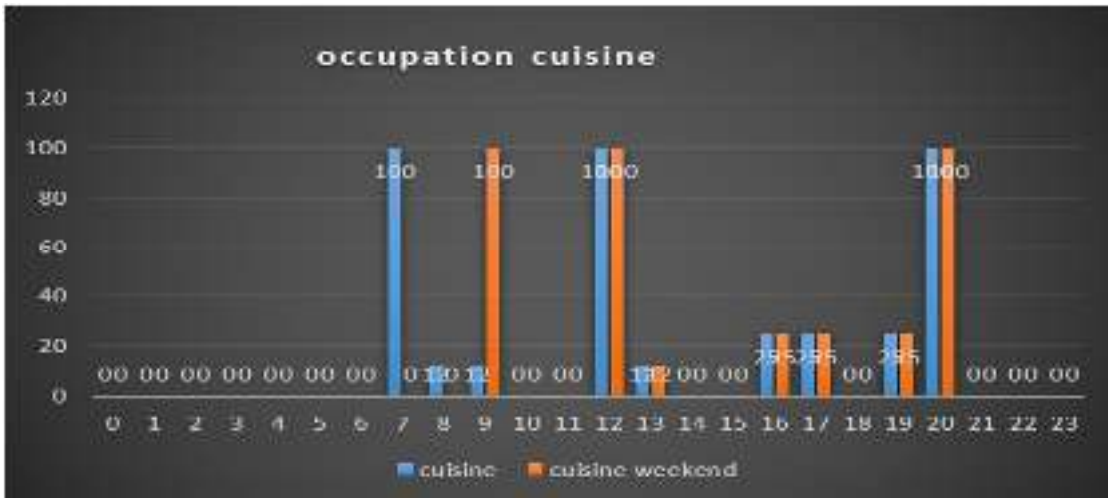
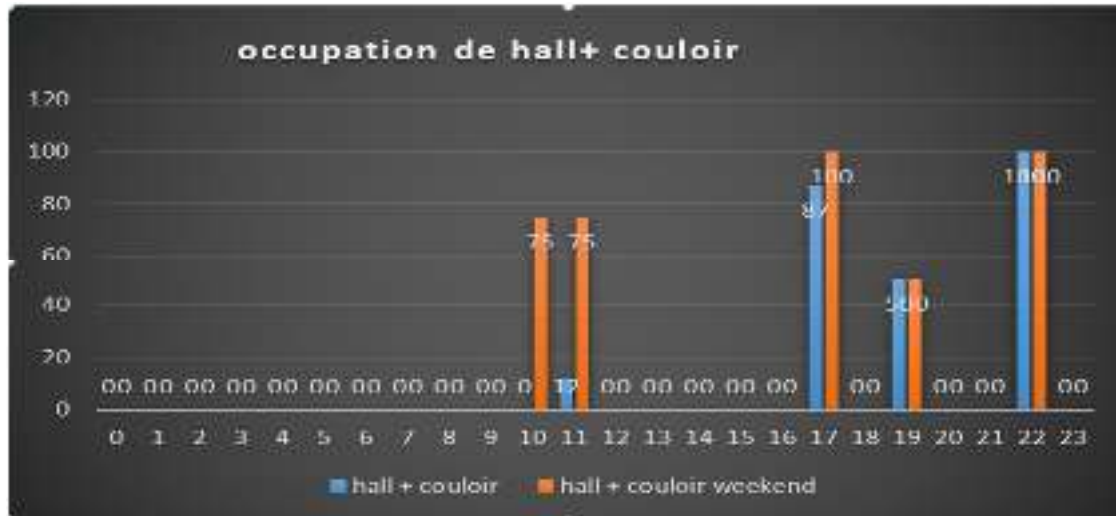


Figure 3. 6.différents scénarios de fonctionnement, séjour, chambres

Scenario d'occupation proposé pour la 4ème zone, cuisine



Scenario d'occupation proposé pour la 5ème zone, hall+ couloir



Scenario d'occupation proposé pour la 6ème zone, salle d'eau

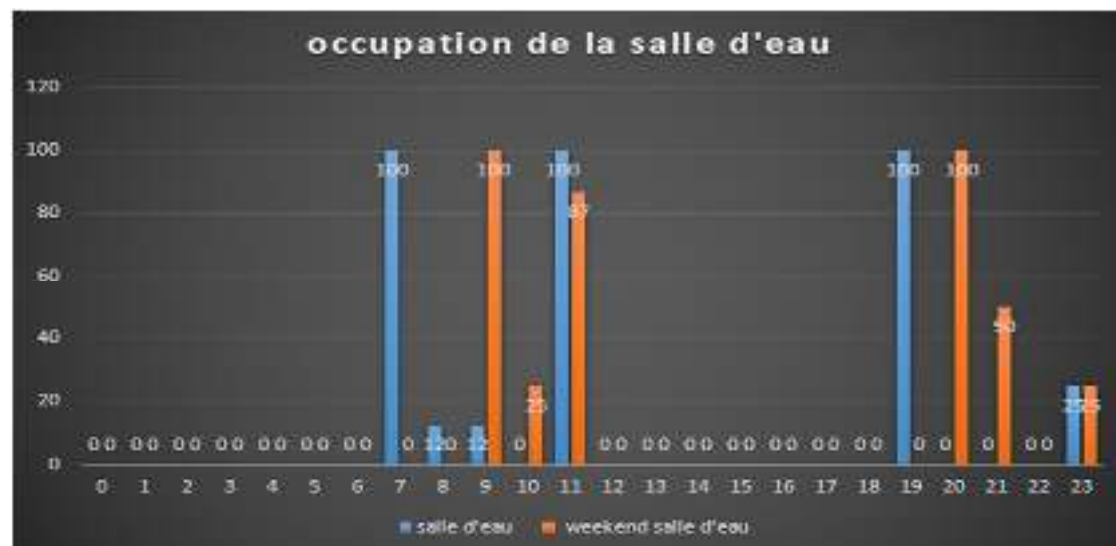


Figure 3. 7.différents scénarios de fonctionnement, cuisine, hall, salle d'eau7

▪ **Scenario de ventilation**

On propose un taux de renouvellement standard de 0.6 du volume habitable par heure

🏠 **Scenario de ventilation d'été et d'hiver**

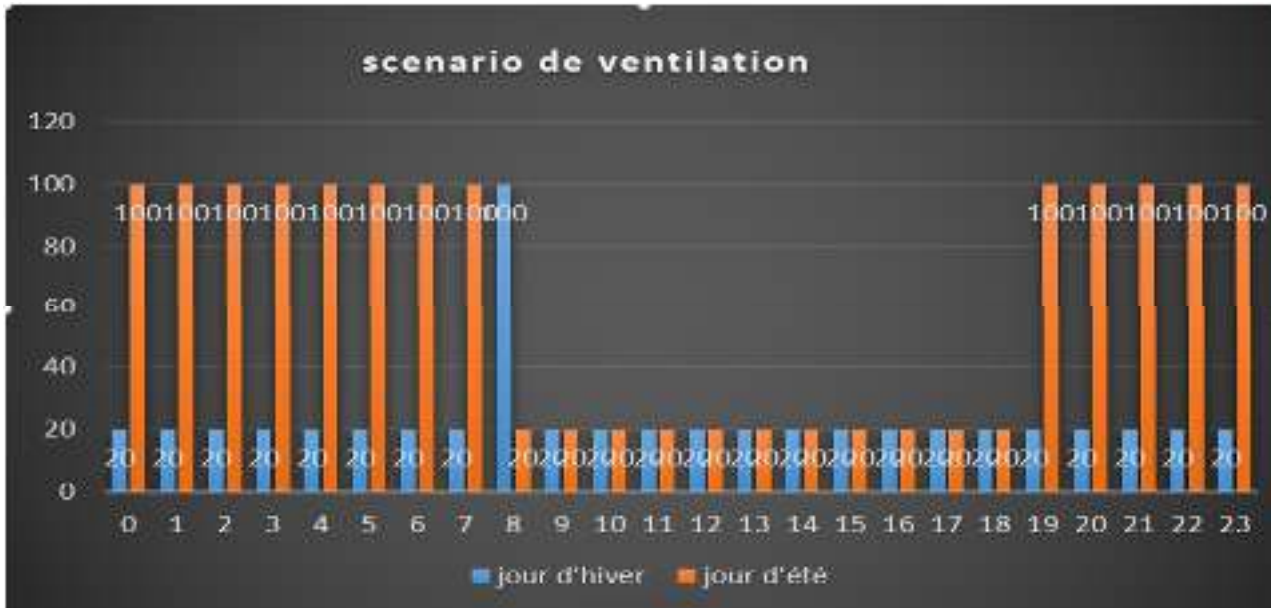


Figure 3. 8.Scenario de ventilation

▪ **Scenario d'occultation**

🏠 **Scenario d'occultation d'été et d'hiver**

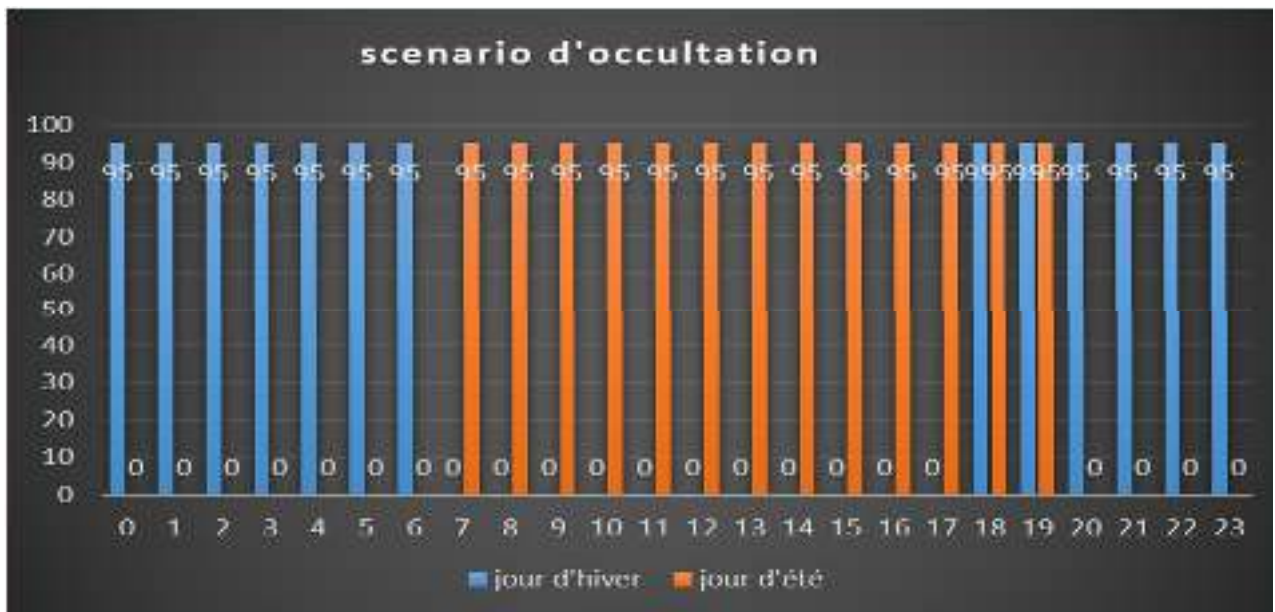


Figure 3. 9.scenario occultation

▪ Scenario de puissance dissipée

Ce scenario permet de déterminer la chaleur émise par les appareils électriques pour la simulation thermique dynamique et toujours dans le but d'identifier les apports internes.

🏠 Scenario de puissance dissipée propose pour la 1 ère zone, séjour

- ✓ Lampes de 33 watts.
- ✓ TV+ démodulateur (100+100 watts).



🏠 Scenario de puissance dissipée propose pour la 2 ème zone, Chambre 1

- ✓ Lampes de 33 watts.
- ✓ Pc (100 watts).

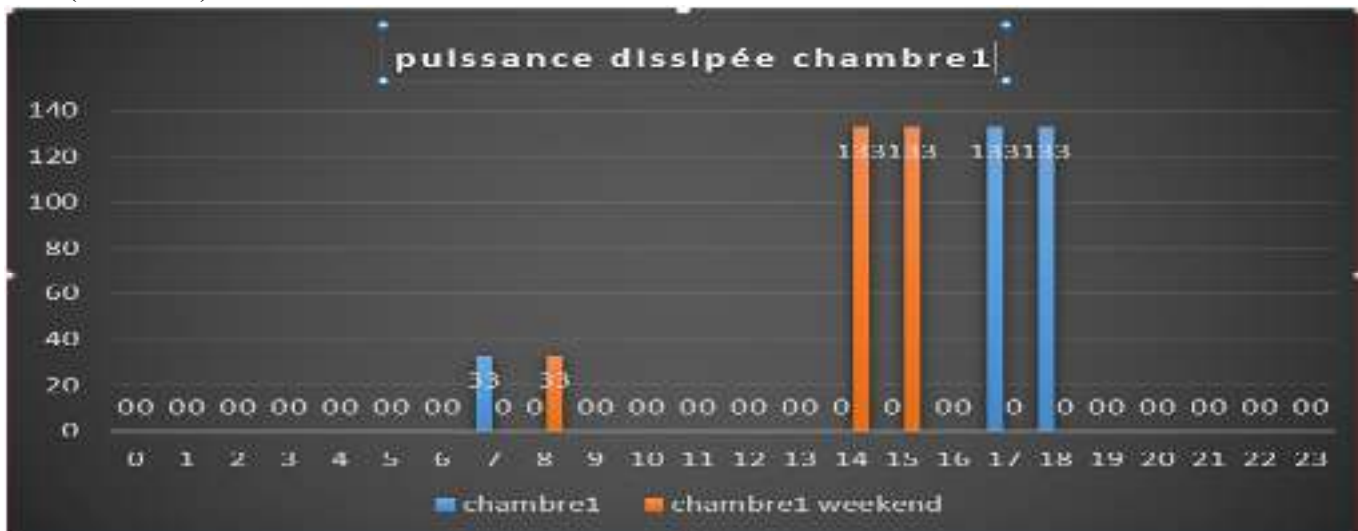
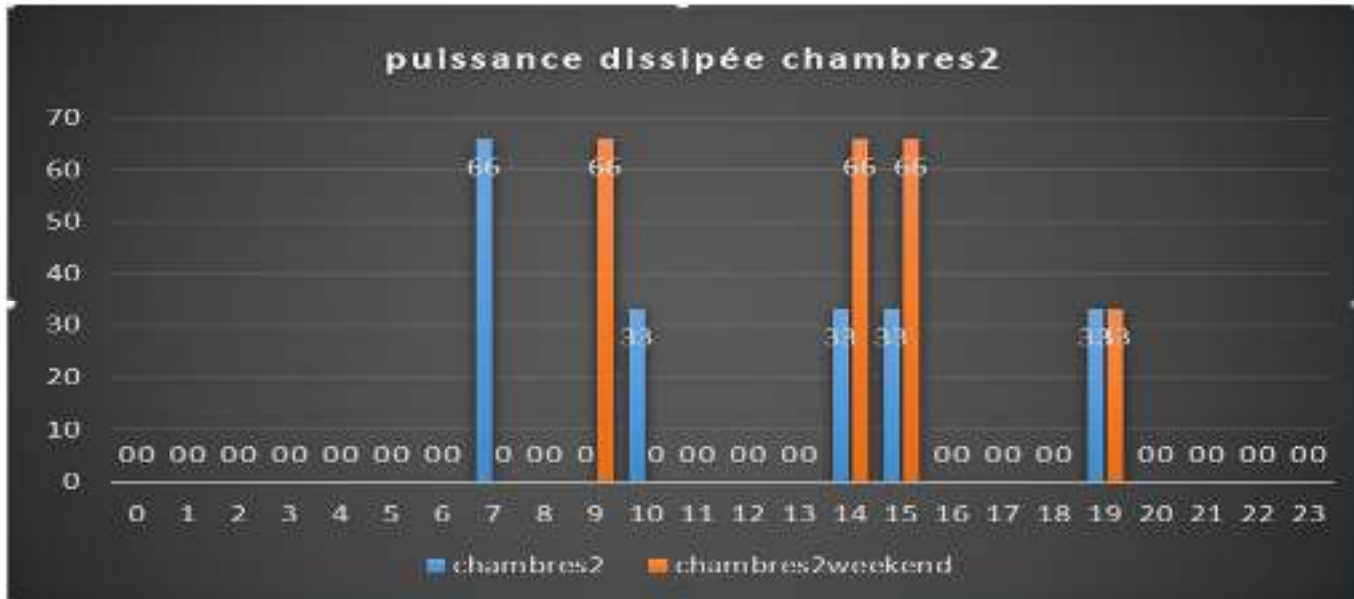


Figure 3. 10.déférentes scénarios de puissance dissipée, séjour, chambre 1

Scenario de puissance dissipée propose pour la 3 ème zone, Chambres 2

- ✓ 2 lampes (33 watts pour chaque espace).



Scenario de puissance dissipée propose pour la 4 ème zone, Cuisine

- ✓ Lampe de 33 watts.
- ✓ Réfrigérateurs 77 watts.
- ✓ Four à gaz 300 watts.

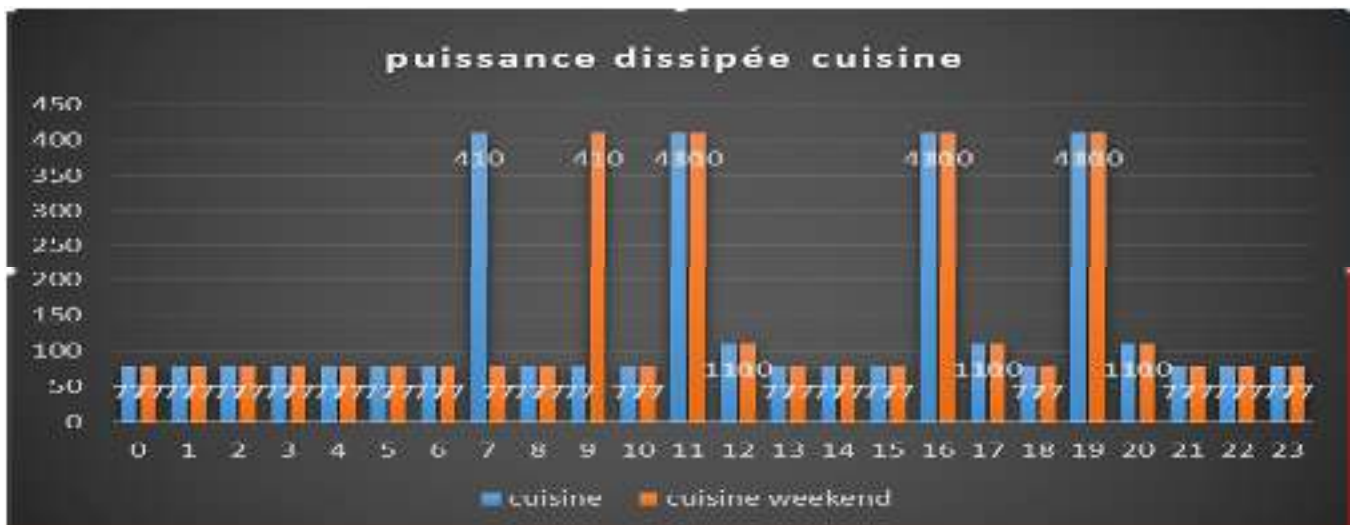
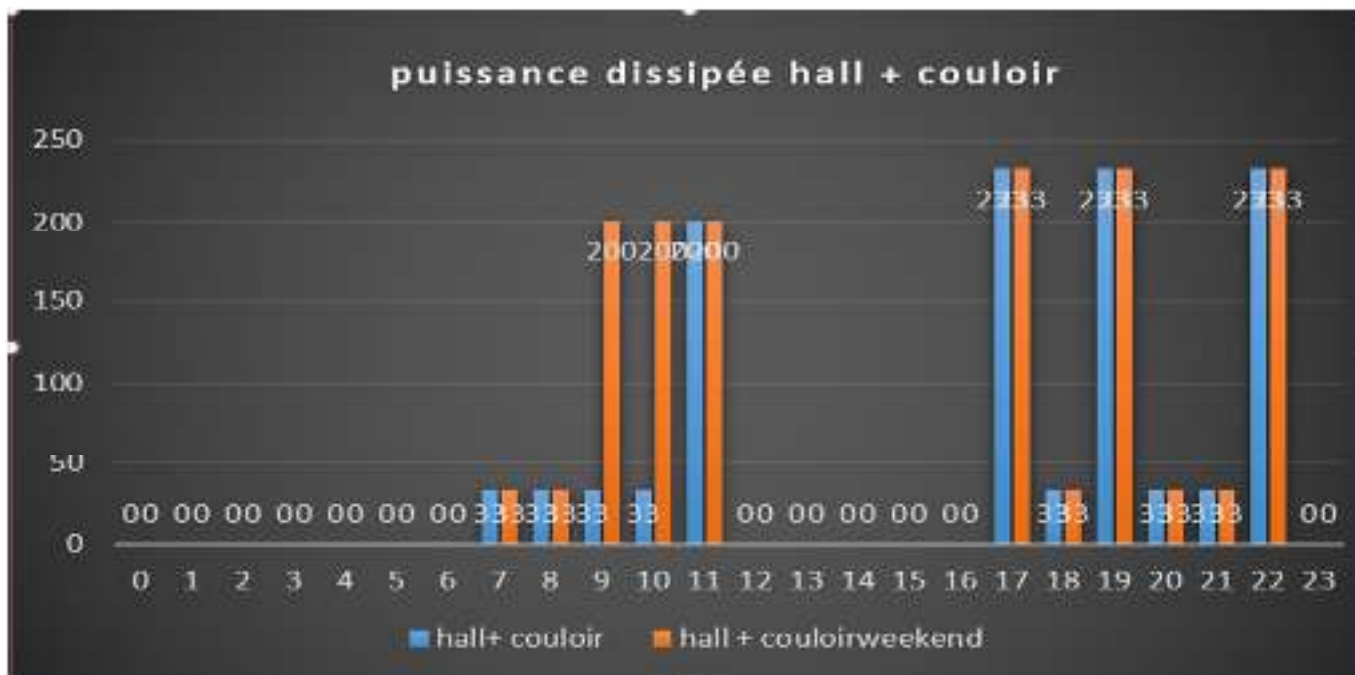


Figure 3. 11.différents scénarios de puissance dissipée, chambres

🇧🇪 Scenario de puissance dissipée propose pour la 5 ème zone, Hall + couloir

- ✓ Lampe de 33 watts.
- ✓ TV+ démodulateur (100 + 100 watts).



🇧🇪 Scenario de puissance dissipée propose pour la 6 ème zone salle d'eau

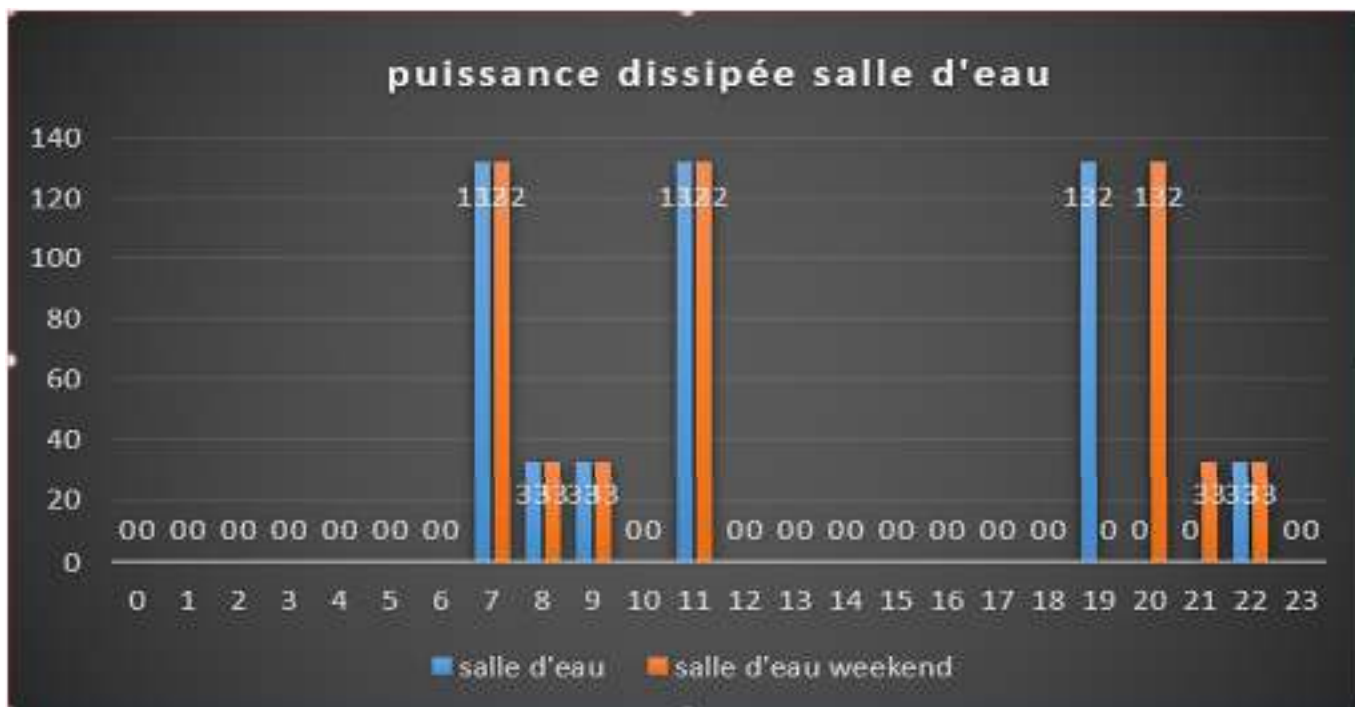


Figure 3. 12.différents scénarios de puissance dissipée, hall, salle d'eau

✚ **Scenario de consigne de thermostat** afin de déterminer les besoins en chauffage et en Climatisation, on doit intégrer la consigne de thermostat, la zone de confort est fixée à 20° pour le chauffage, Et 27° pour la climatisation et ça permet de déclencher le Chauffage et la climatisation automatiquement si la température descend en dessous ou monte au-dessus de la température déterminée au préalable.

▪ **Le consigne de chauffage proposée**

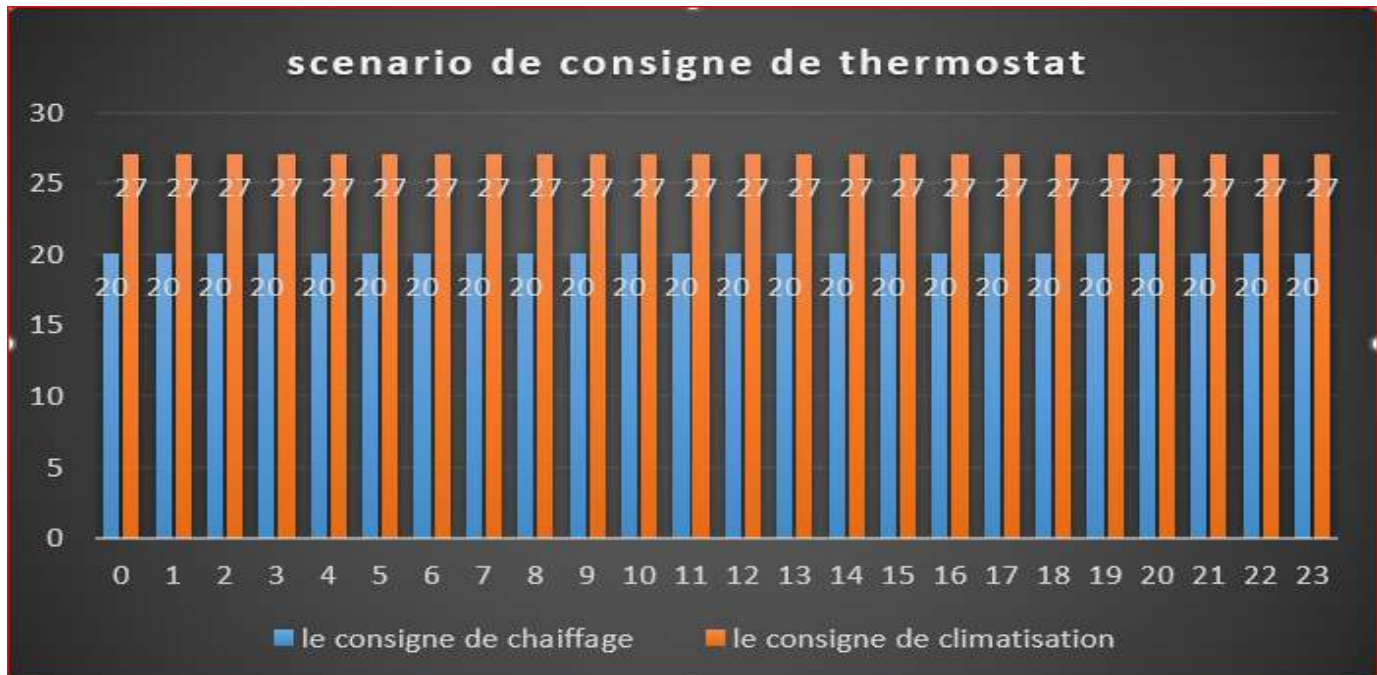


Figure 3. 13. Le consigne de chauffage

3.3.4.2. Intégration des scénarios

On doit intégrer les scénarios selon le fonctionnement de chaque zone thermique.

3.4. Résultat et discussion

Nous présentons les résultats obtenus après simulation ainsi que les discussions.

3.4.1. Simulation sans consigne de thermostat

➤ **Scénarios de fonctionnement intégrés**

- Scénarios d'occultation.
- Scénarios d'occupation.
- Scénarios de ventilation.
- Scénarios de puissance dissipée.

3.4.1.1. Résultats de simulation

- Voici ci-dessous les résultats obtenus après lancement de simulation avec pléiades + comfie

Tableau 3.3. résultat de la simulation n°01

Zones	Surface	Nb h. occ.	Besoins Ch.		Puiss. Chauff.	Besoins Clim.		Puiss. Clim. sensible	T° min	T° moy	T° max	T° max occ.
	m ²	h.	kWh	kWh/m ²	W	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C	°C
TOTAL <input type="checkbox"/>	262.3		0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	-	-	-	-
Zone 1 <input checked="" type="checkbox"/>	28.8	728	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	5.4	22.0	40.2	40.2
Zone 2 <input checked="" type="checkbox"/>	14.9	3848	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	6.3	22.8	40.2	40.2
Zone 3 <input checked="" type="checkbox"/>	32.9	4472	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	5.5	22.0	39.7	39.7
Zone 4 <input checked="" type="checkbox"/>	21.9	3068	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	6.8	23.5	42.0	42.0
Zone 5 <input checked="" type="checkbox"/>	40.2	1664	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	6.4	22.5	40.3	40.3
Zone 6 <input type="checkbox"/>	3.1	2004	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	6.9	23.8	44.5	44.5
Zone 7 <input type="checkbox"/>	120.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	6.8	21.2	36.1	

3.4.1.2. visualisation graphique

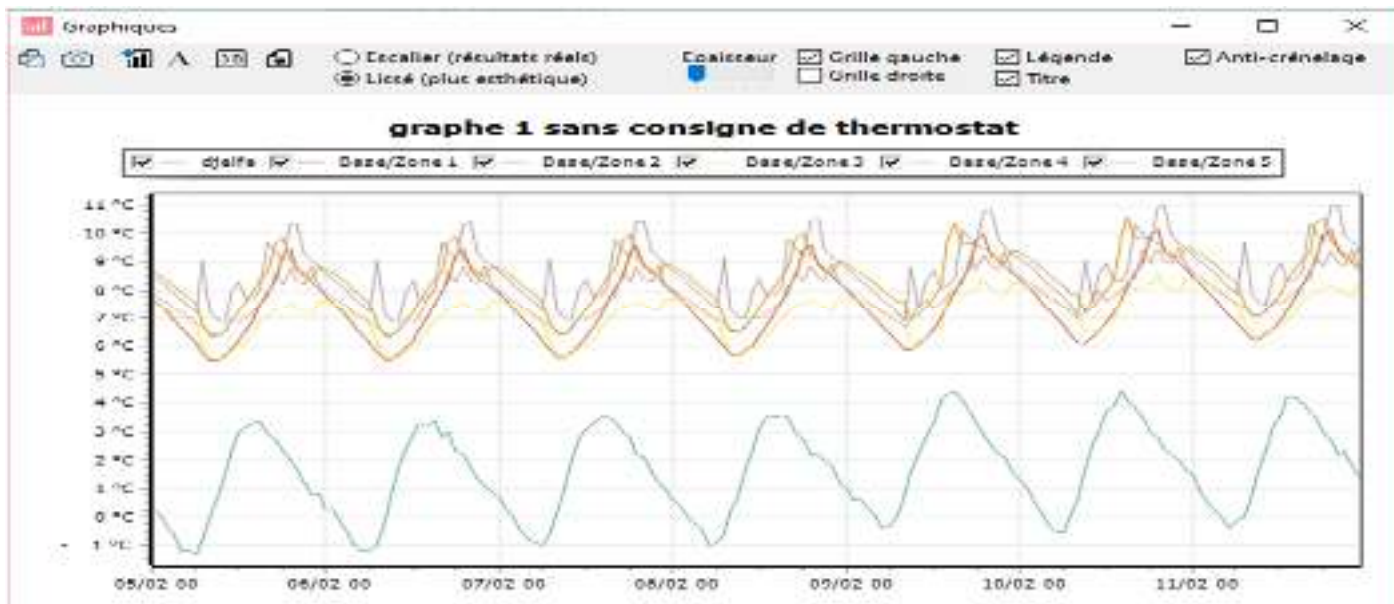


Figure 3.14. évolution de température pendant la semaine la plus froide simulation n°01

Synthèse

Figure 3.15 représente les évolutions des températures extérieures et des différentes zones de la maison pour la semaine la plus froide.

D'après la visualisation graphique, nous constaté que la température à l'extérieur varie de -1°C à +4°C. Alors qu'à l'intérieur, la température varie de 5°C à +11°C donc le confort thermique n'est pas attend, ce qui nécessite un système de chauffage.

✓ Par rapport à la semaine la plus chaude

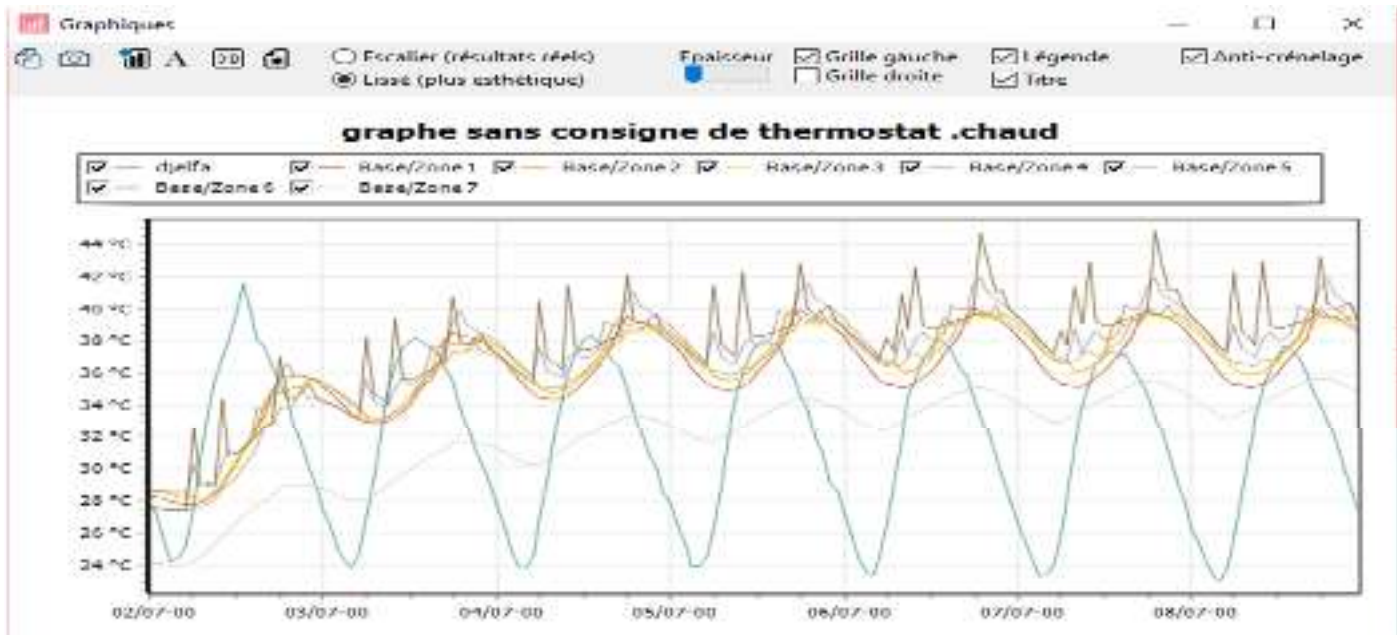


Figure 3. 15.évolution de température pendant la semaine la plus chaude simulation n°01

Synthèse

D'après la visualisation graphique (voir figure 3.16) nous constatons que le site de Djelfa est un climat chaud ou la température extérieure varie de 24°C +40°, alors qu'à l'intérieur la température varie de 28°C à +40°C.

3.4.2. Simulation avec consigne de thermostat

La simulation avec consigne thermostat chauffage et climatisation, nous permet d'étudier l'évolution de la température, ainsi que de déterminer les besoins en chauffage et en climatisation et la puissance à chauffer et refroidir afin d'atteindre le confort proposé lors de l'intégration du scénario de thermostat.

On va intégrer les mêmes scénarios de fonctionnement pour les simulations suivantes qui sont :

- Scenarios d'occultation.
- Scenarios d'occupation.
- Scenarios de ventilation.
- Scenarios de puissance dissipée.
- Scenarios de consigne de thermostat.

3.4.2.1. Résultat de simulation

Voici ci-dessous les résultats obtenus après lancement de simulation avec peiades + comfie

Tableau 3. 4. Résultats de simulation n°02

Zones	Surface	Nb h. occ.	Besoins Ch.		Puiss. Chauff.		Besoins Clim.		Puiss. Clim. sensible		T° min	T° moy	T° max	T° max occ.
	m ²	h.	kWh	kWh/m ²	W	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C	°C	°C	
TOTAL	262.3		18 077.0	154.7	16169	5 963.4	51.0	15522	-	-	-	-	-	
Zone 1	28.8	728	4 697.2	163.2	4350	1 343.9	46.7	4030	16.4	23.8	35.6	35.6		
Zone 2	14.9	3848	2 013.8	135.2	2205	832.6	55.9	2185	17.3	24.1	36.3	36.3		
Zone 3	32.9	4472	5 869.8	178.3	4970	1 718.8	52.2	4284	17.1	23.8	34.2	34.2		
Zone 4	21.9	3068	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	12.6	24.2	36.6	36.6		
Zone 5	40.2	1664	5 496.2	136.6	5277	2 068.1	51.4	5391	18.0	24.0	35.1	35.1		
Zone 6	3.1	2004	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	14.7	24.9	40.1	40.1		
Zone 7	120.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	9.8	21.3	32.9			

3.4.2.2. Visualisation graphique

✓ Par rapport à la semaine la plus froide

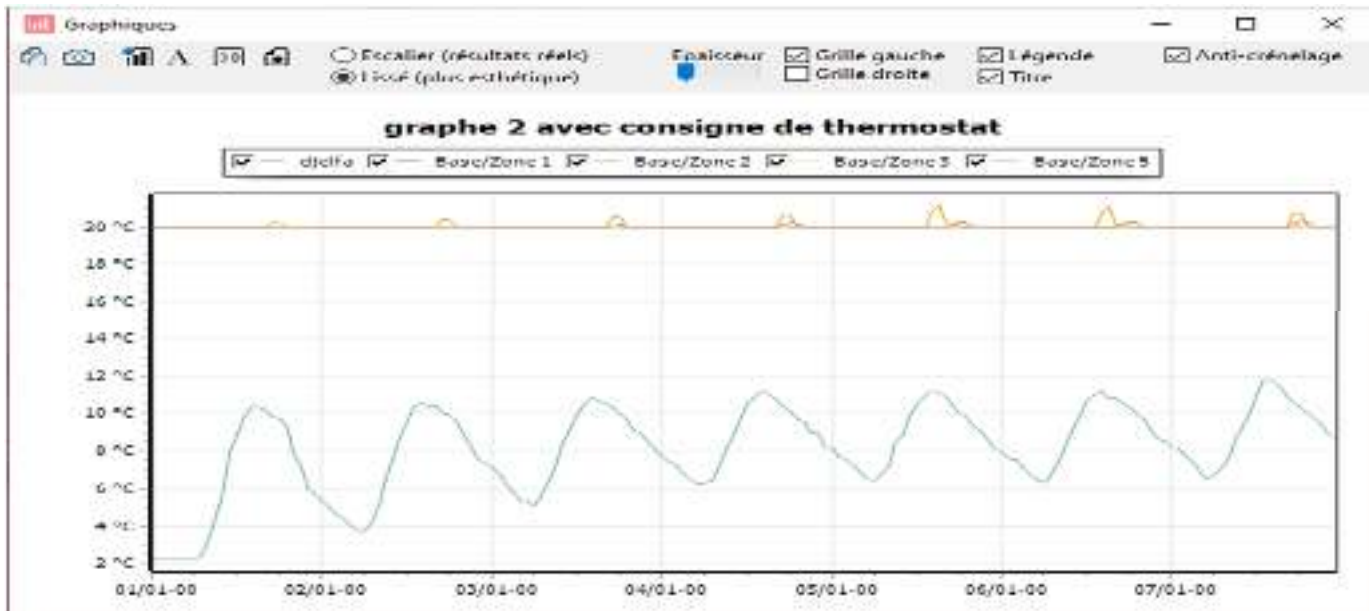


Figure 3. 16.évolution de température pendant la semaine la plus froid simulation n°02

✓ Par rapport à la semaine la plus chaude

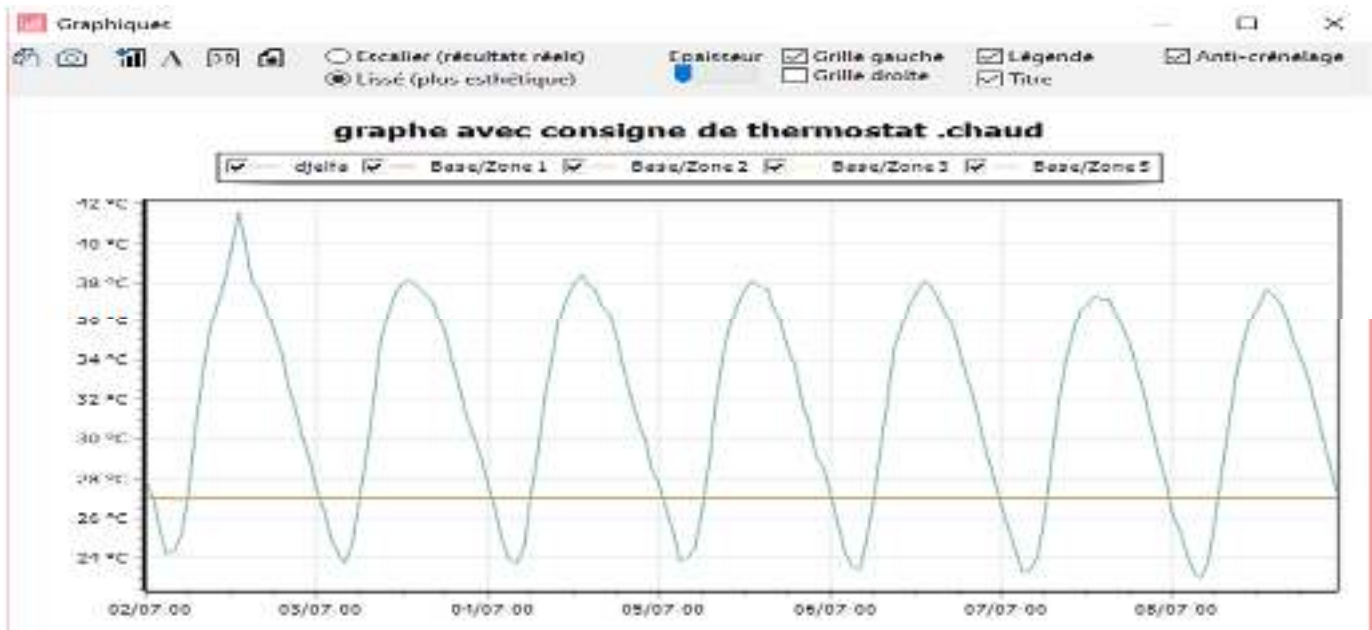


Figure 3. 17.évolution de température pendant la semaine la plus chaude simulation

Synthèses

D'après la visualisation graphique (voir figure 3.8, 3.9) nous avons constaté que la température à l'intérieur varie de +24°C à +40°C pendant la semaine la plus chaude et -4°C +10°C pendant la semaine la plus froide. Pour des températures de consigne 20°C pour l'hiver et 27°C pour l'été.

Les résultats montrent que les besoins de chauffage sont 17077kwh et 5963,4kwh pour la climatisation.

3.4.3. Simulation sans consigne de thermostat avec l'isolation 1^{er} cas

➤ Scenarios de fonctionnement intégrés

- Scenarios d'occultation.
- Scenarios d'occupation.
- Scenarios de ventilation.
- Scenarios de puissance dissipée.

3.4.3.1 .Résultats de simulation

- Voici ci-dessous les résultats obtenus après lancement de simulation avec peiades + comfie

Tableau 3. 5. Résultats de simulation

Zones	Surface	Nb h. occ.	Besoins Ch.		Puiss. Chauff.		Besoins Clim.		Puiss. Clim. sensible		T* min	T* moy	T* max	T* max occ.
	m ²	h.	kWh	kWh/m ²	W	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C	°C	°C	
TOTAL	262.3		0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	-	-	-	-	-	
Zone 1	28.8	728	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	6.4	22.3	39.9	39.9		
Zone 2	14.9	3848	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	7.3	23.0	39.7	39.7		
Zone 3	32.9	4472	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	6.3	22.2	39.2	39.2		
Zone 4	21.9	3068	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	7.5	23.7	41.7	41.7		
Zone 5	40.2	1664	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	7.1	22.7	39.8	39.8		
Zone 6	3.1	2004	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	7.8	24.2	44.2	44.2		
Zone 7	120.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	7.2	20.9	34.8			

3.4.3.2. visualisation graphique

- ✓ Par rapport à la semaine la plus froide

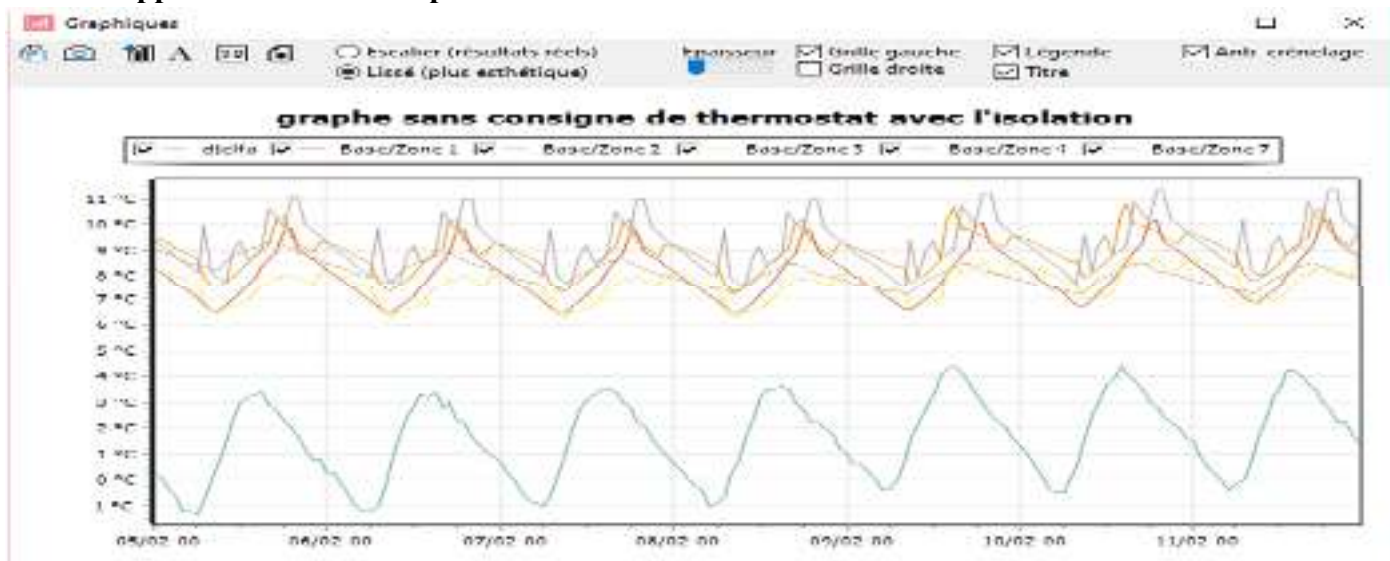


Figure 3. 18.évolution de température pendant la semaine la plus froide simulation n°03

Synthèses

Afin de réduire les besoins chauffage et de climatisation nous avons simulé notre maison avec une isolation des murs extérieur (5cm d'isolant) + plancher bas aussi 5cm.

D'après la visualisation graphique nous avons constaté une amélioration légère de la température intérieure mais elle reste toujours inférieure à la température de confort.

3.4.4. Simulation avec consigne de thermostat avec l'isolation 1^{er} cas

On va intégrer les mêmes scénarios de fonctionnement pour les simulations suivantes qui sont :

- Scénarios d'occultation.
- Scénarios d'occupation.
- Scénarios de ventilation.
- Scénarios de puissance dissipée.
- Scénarios de consigne de thermostat.

3.4.4.1. Résultat de simulation

Voici ci-dessous les résultats obtenus après lancement de simulation avec peiades + comfie

Tableau 3. 6. Résultats de simulation n°04

Zones	Surface	Nb h. occ.	Besoins Ch.		Puiss. Chauff.		Besoins Clim.		Puiss. Clim. sensible		T* min	T* moy	T* max	T* max occ.
	m ²	h.	kWh	kWh/m ²	W	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C	°C	°C	
TOTAL	<input type="checkbox"/> 262.3		14 301.9	122.4	13285	5 098.4	43.6	13476	-	-	-	-	-	
Zone 1	<input checked="" type="checkbox"/> 28.8	728	3 563.4	123.8	3420	1 131.7	39.3	3466	17.3	23.9	35.0	35.0		
Zone 2	<input checked="" type="checkbox"/> 14.9	3040	1 444.5	96.9	1670	661.5	44.4	1776	10.2	24.3	35.0	35.0		
Zone 3	<input checked="" type="checkbox"/> 32.9	4472	4 785.9	145.3	4166	1 468.4	44.6	3721	17.7	23.9	33.6	33.6		
Zone 4	<input type="checkbox"/> 21.9	3068	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	13.6	24.6	36.2	36.2		
Zone 5	<input checked="" type="checkbox"/> 40.2	1664	4 508.1	112.0	4503	1 836.7	45.6	4858	18.6	24.1	34.5	34.5		
Zone 6	<input type="checkbox"/> 3.1	2004	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	16.0	25.2	39.2	39.2		
Zone 7	<input type="checkbox"/> 120.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	11.2	21.4	31.5			

3.4.4.2 .Visualisation graphique

✓ Par rapport à la semaine la plus froid

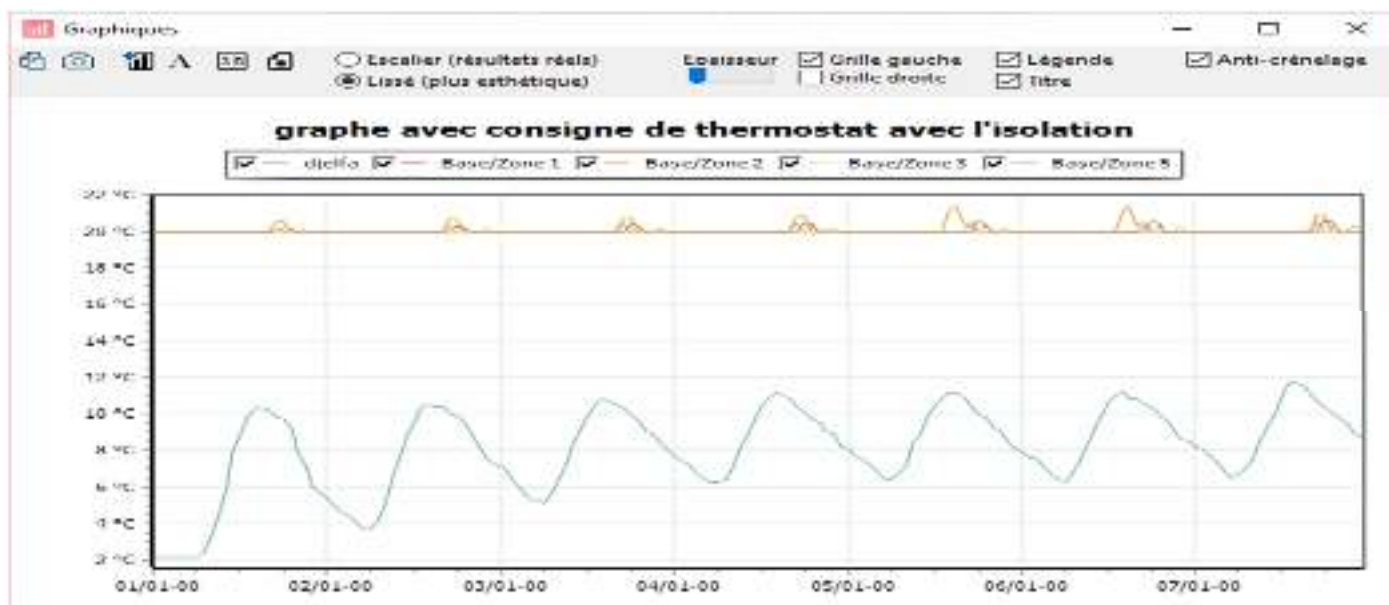


Figure 3. 19.évolutions de température pendant la semaine la plus chaude simulation n°04

Synthèses

La figure 3.20 représente la température extérieure et la température de consigne, on remarque que les besoins de chauffage ont diminué de 3775.1kwh et les besoins de climatisation ont diminué de 2.046kwh

3.4.5. Simulation sans consigne de thermostat avec l'isolation 2eme cas

3.4.5.1. Résultats de simulation

Tableau 3. 7. Résultats de simulation n°05

Zones	Surface	Nb h. occ.	Besoins Ch.		Puiss. Chauff.	Besoins Clim.		Puiss. Clim. sensible	T° min	T° moy	T° max	T° max occ.
	m ²	h.	kWh	kWh/m ²	W	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C	°C
TOTAL	262.3		0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	-	-	-	-
Zone 1	28.8	728	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	9.7	22.2	34.2	34.2
Zone 2	14.9	3848	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	10.6	23.1	35.1	35.1
Zone 3	32.9	4472	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	9.1	22.0	34.4	34.4
Zone 4	21.9	3068	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	11.1	24.0	36.3	36.3
Zone 5	40.2	1664	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	10.3	22.7	34.4	34.4
Zone 6	3.1	2004	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	10.8	24.4	39.6	39.6
Zone 7	120.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	8.6	20.9	32.7	

3.4.5.2. Visualisation graphique

✓ Par rapport à la semaine la plus froide

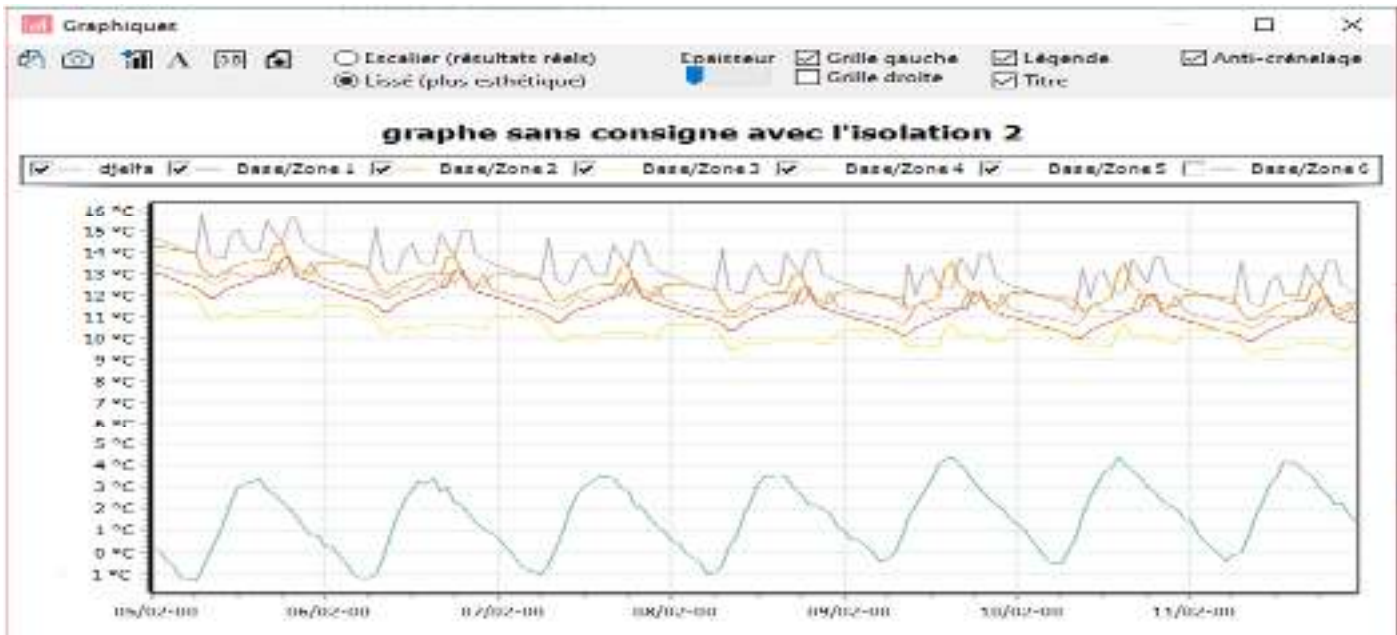


Figure 3. 20. évolution de température pendant la semaine la plus froide simulation n°05

✓ Par rapport à la semaine la plus chaude

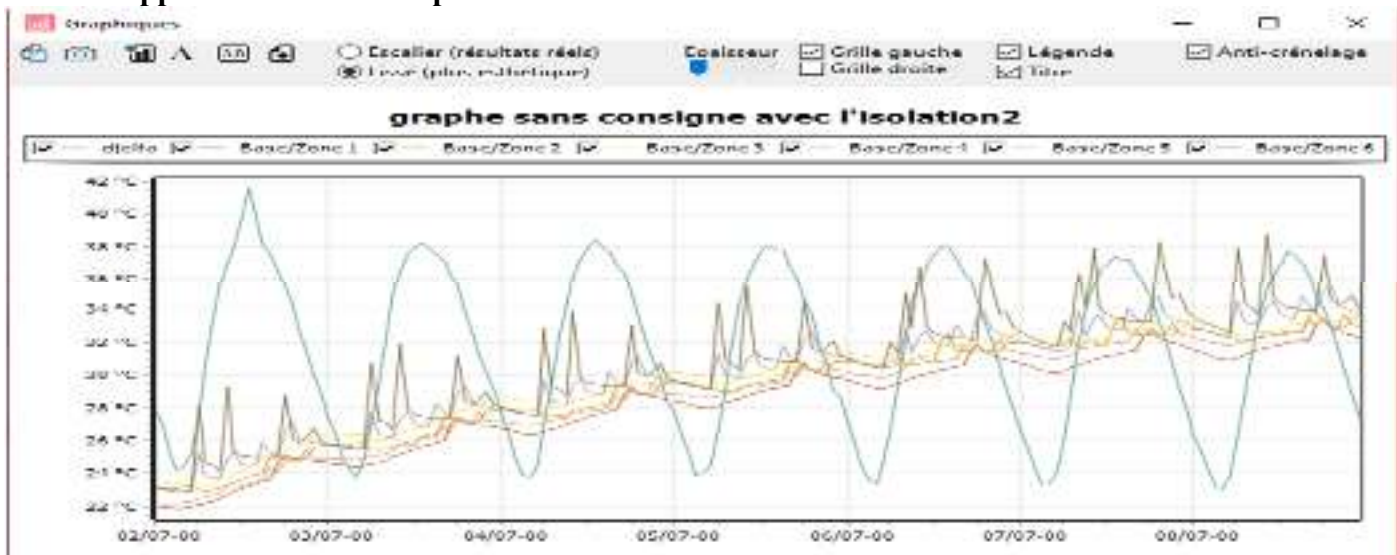


Figure 3. 21. évolution de température pendant la semaine la plus chaude simulation n°05

Synthèses

En ajoutant au cas précédent l'isolation de la toiture (15 cm d'isolant) et murs extérieurs (10 cm d'isolant) les résultats montrent qu'on a des faibles fluctuations et que la température intérieure est presque constante avec une valeur de 16°C

3.4.6. Simulation avec consigne de thermostat avec l'isolation n°02

3.4.6.1. Résultat de simulation

Voici ci-dessous les résultats obtenus après lancement de simulation avec peiades + comfie

Tableau 3. 8. Résultats de simulation n°06

Zones	Surface	Nb h. occ.	Besoins Ch.		Puiss. Chauff.	Besoins Clim.		Puiss. Clim. sensible	T° min	T° moy	T° max	T° max occ.
	m ²	h.	kWh	kWh/m ²	W	kWh	kWh/m ²	W	°C	°C	°C	°C
TOTAL	262.3		5 538.0	47.4	6758	1 617.1	13.8	5411	-	-	-	-
Zone 1	28.8	728	1 296.2	45.0	1579	278.1	9.7	1461	18.1	23.6	32.8	32.8
Zone 2	14.9	2040	430.2	28.9	879	222.0	15.0	940	19.0	24.1	33.0	33.0
Zone 3	32.9	4472	2 432.3	73.9	2410	534.0	16.2	1720	18.5	23.5	31.5	31.5
Zone 4	21.9	3068	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	17.5	24.9	34.4	34.4
Zone 5	40.2	1664	1 379.4	34.3	1956	582.2	14.5	2222	19.1	23.9	32.5	32.5
Zone 6	3.1	2004	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	18.2	25.4	37.6	37.6
Zone 7	120.5	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	12.0	21.4	30.7	

3.4.6.2. visualisation graphique

✓ Par rapport à la semaine la plus froide

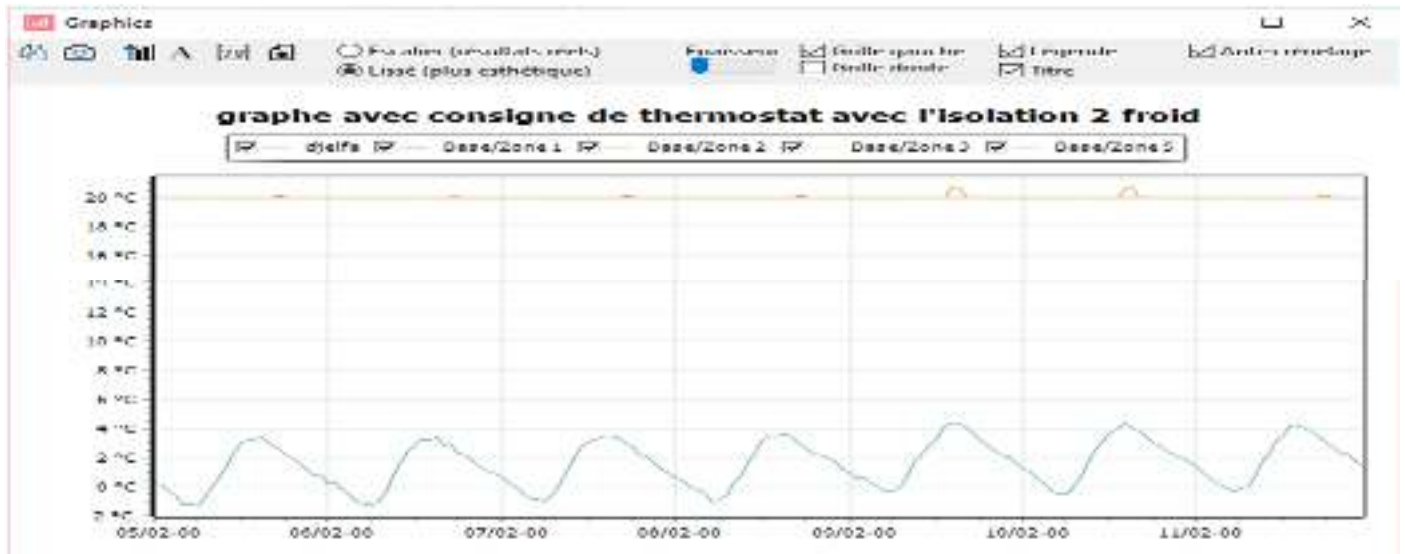


Figure 3. 22. évolution de température pendant la semaine la plus froide simulation n°06

✓ Par rapport à la semaine la plus chaude

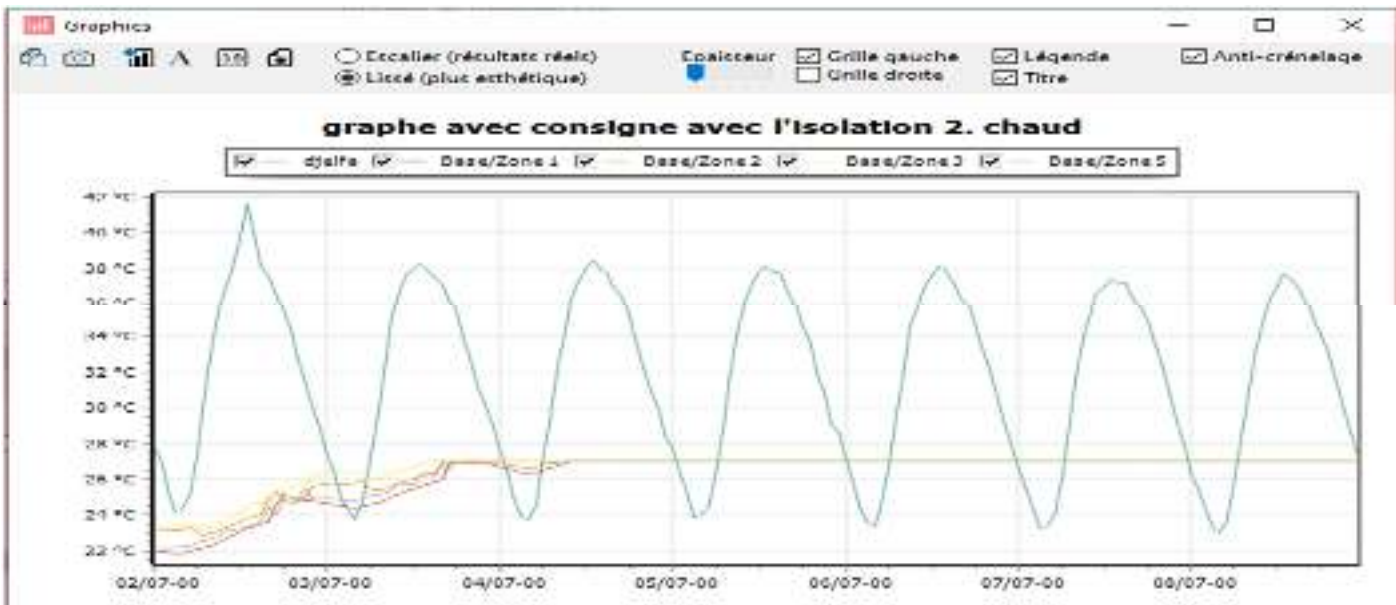
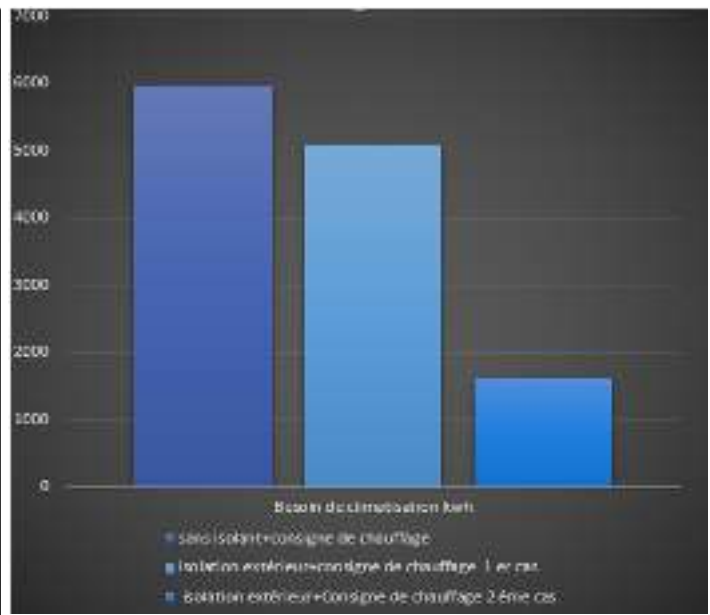
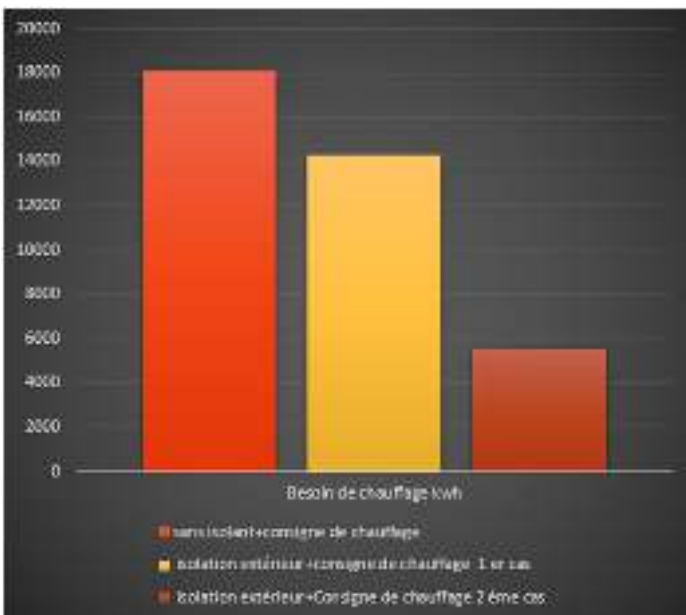


Figure 3. 23.évolution de température pendant la semaine la plus chaude

Synthèses

Sur les figures 3.23 et 3.24 représentent les évolutions de la température extérieure et la température de consigne après le renforcement de l’isolation de la maison 2^{ème} cas, on remarque que les besoins de chauffage ont diminué de 12539kwh et les besoins de climatisation ont diminué de 13904.9kwh.



Simulation consigne chauffage sans isolant, avec isolation extérieur 1^{er} cas, avec isolation extérieur 2eme cas

Simulation consigne climatisation sans isolant, avec isolation extérieur 1^{er} cas, avec isolation extérieur 2eme cas

Figure 3. 4.comparaison des résultants

Synthèse

L'histogramme représente la comparaison des résultats de simulation des besoins de chauffage et de climatisation sans isolation et avec l'isolation de 1^{er} cas et 2eme cas.

On remarque qu'on a une réduction de 21% de besoin d'chauffage et 13% de besoin de climatisation en cas d'utilisation de l'isolation extérieur 1^{er} cas et une réduction de 69% besoin chauffage, 65% besoin climatisation en cas d'utilisation de l'isolation extérieur 2eme cas.

3.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la simulation de notre maison pour plusieurs cas à savoir :

- Cas actuel
- Cas avec l'isolation des murs extérieur et plancher bas
- Cas avec l'isolation extérieur des murs extérieur, plancher bas et la toiture

Les résultats ont montré que l'isolation permet de réduire considérablement les besoins de chauffage qui sont important comparativement au besoin de climatisation, ce qui nécessite un système de chauffage

Chapitre 4

Dimensionnement du système de chauffage

4.1. Introduction

Afin de comprendre la démarche de dimensionnement d'une installation de chauffage, Nous prenons la maison considérée dans lesquels nous souhaitons, installer un radiateur à eau chaude. Nous suivrons les différentes étapes mentionnées ci-dessous afin d'équiper avec le matériel adapté aux conditions intérieures et extérieures. Calculer les déperditions thermiques Choisir les radiateurs et implantation des équipements.

4.2. Etapes de dimensionnement de l'installation de chauffage

4.2.1. Choix du branchement des radiateurs

On peut classer les installations de chauffage central à eau selon le schéma de branchement des radiateurs

Branchement bitube Dans ce cas les radiateurs sont montés en parallèle Le plus courant dans les habitations.

Il comprend 2 circuits de tuyauterie : le premier pour alimenter les radiateurs en eau chaude, le second récupère l'eau tiède et la renvoie vers la chaudière [38]

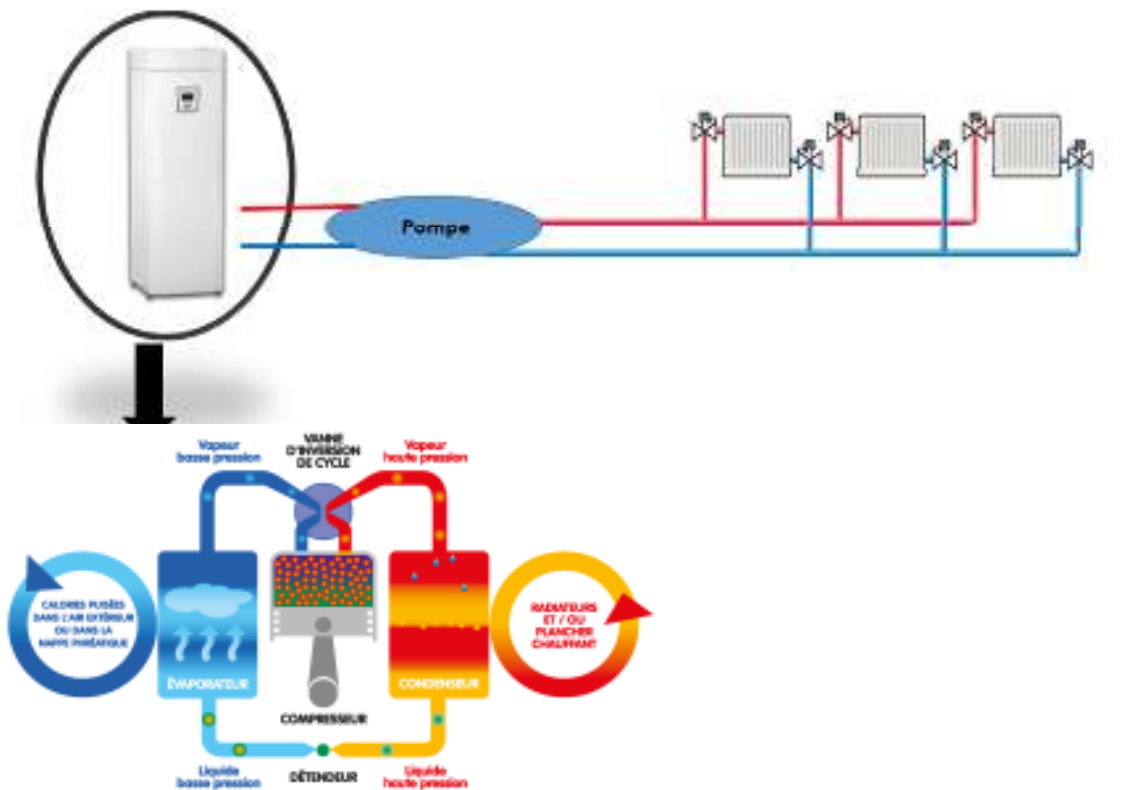


Figure 4. 1.Branchement bitube

4.3. Choix des radiateurs

4.3.1. Régime des températures d'eau

Pour choisir un radiateur, Il faut adapter sa taille à la température d'eau fournie par l'équipement (chaudière). En effet la puissance effective d'un radiateur dépend de la température de l'eau qui y circule.

Il existe plusieurs régimes de température :

- 90°/70° (haute température - ancienne chaudière)
- 80°/60° (chaudière standard)
- 75°/65° (basse température - nouvelle chaudière - norme EN 442)
- 35°/27° (très basse température - chauffage surfacique) Selon la norme européenne EN 442,

Un équipement de chauffage (chaudière, radiateur ou batterie de chauffage) est dimensionné en régime "75/65". Cela signifie que si on choisit un radiateur de 2000 W dimensionné en régime 75/65, l'eau entre dans le radiateur à 75°C et qu'elle cède W de chaleur pour un local à 20°C, et sort avec une température de 65°C.[38]

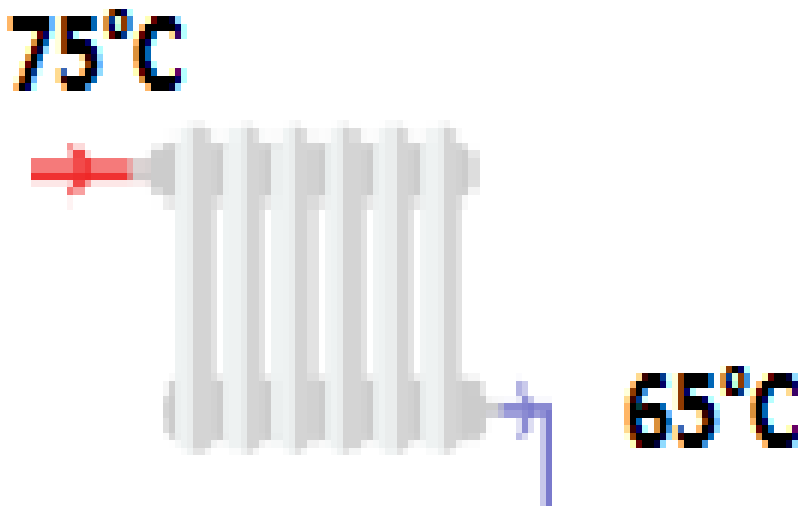


Figure 4. 2. Régime de température d'un radiateur

4.3.2. Les types de radiateur

Les radiateurs à eau chaude sont en majorité fabriqués en fonte, en acier ou en aluminium. Ces matériaux sont très conducteurs et permettent une bonne diffusion de la chaleur du circuit d'eau chaude vers la pièce.

Notre choix est porté sur les radiateurs en fonte,

Les radiateurs en fonte, plus anciens, sont connus pour leur robustesse et leur inertie, ce qui est souvent source de confort pour les occupants. [38]



Figure 4. 3.radiateurs en Fonte

Leur puissance est modulée en fonction du nombre de « colonnes » qui représentent le nombre de « circuits » irrigués par l'eau chaude dans le radiateur. Ils possèdent une grande contenance en eau.

4.3.3. Installation de chauffage proposée

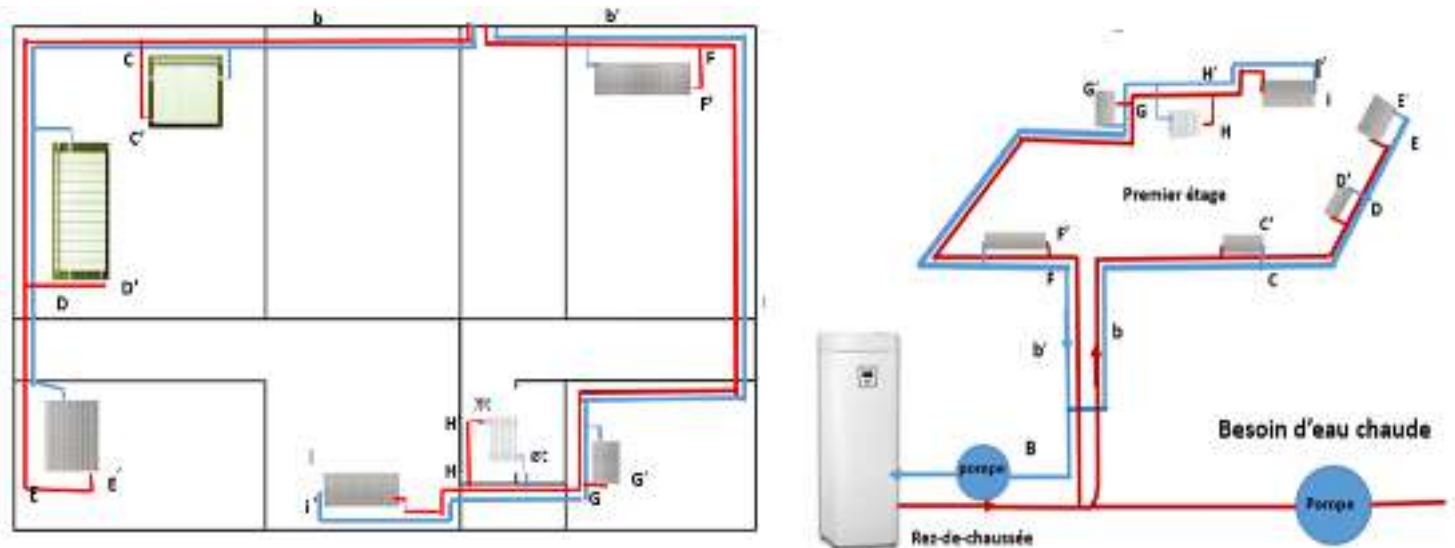


Figure 4. 4. Circuit de chauffage proposé

Tableau 4. 1.Puissances des éléments de radiateurs selon la hauteur et le nombre de branches

H		<i>DELTA T (°C)</i>										V.Eau
		60°C	45°C	46°C	47°C	48°C	49°C	50°C	51°C	52°C	53°C	
		Puissance en Watts (W) pour un élément										
285	TO6285	98.8	68.7	70.7	72.6	74.6	76.5	78.5	80.5	82.5	84.5	.557
480	TO2480	69	47.8	49.2	50.5	51.9	53.3	54.7	56.1	57.5	58.9	0.557
	TO3480	98.4	67.8	69.8	71.8	73.8	75.5	77.7	79.8	81.8	83.8	0.714
	TO4480	119.7	82.4	84.8	87.2	89.6	92	94.5	96.9	99.4	101.9	0.929
630	TO2630	90.4	62.4	64.2	66	67.8	69.7	71.5	73.3	75.2	77.1	0.685
	TO3630	124.9	85.6	88.1	90.6	93.2	95.7	98.3	100.9	103.5	106.1	0.875
	TO4630	156.3	106.9	110	113.2	116.4	119.6	122.8	126.1	129.4	132.7	1.132
780	TO2780	110.2	76.2	78.3	80.5	82.7	85	87.2	89.4	91.7	94	0.823
	TO3780	149.9	102.4	105.5	108.5	116.6	114.7	117.8	120.9	124	127.2	1.061
	TO4780	185.8	127.9	131.6	135.3	139.1	142.8	146.6	150.4	154.3	158.2	1.366
900	TO2900	127.6	88	90.5	93.1	95.6	98.2	100.8	103.4	106	108.7	0.929
	TO3900	173.2	118.4	121.9	125.4	128.9	132.5	136.1	139.7	143.3	147	1.180

4.3.4. Evaluation la robinetterie du radiateur

Pour Déterminer le diamètre des robinets du radiateur, il faut utiliser le tableau suivant :

Tableau 4. 2.diamètre des robinets du radiateur

Débit	De 0 à 90 l/h	De 100 à 200 l/h	Plus de 200l/h
Diamètre	3/8''	1/2 ''	3/4''
Robinetterie	9.5 mm	12.7 mm	19 mm

4.3.5. Evaluation du diamètre du tube d'alimentation du radiateur

Tableau 4. 3.Le diamètre des tubes à cuivre sera équivalent au diamètre de la robinetterie

Débit	De 0 à 90 l/h	De 90 à 150 l/h	de 150 à 200l/h
Diamètre tube en	12 X 1	14 X 1	16 X 1
Cuivre mm			

4.4. Dimensionnement du diamètre de la tuyauterie d'alimentation principale

4.4.1. Besoin eu eau chaude

Dans les Normes internationales la consommation d'eau par chaque personne est ($50L/J \leq X \leq 100L/J$).

On prend 50 litres par personnes

Nombre de Personnes consommant : 8 Personnes

Volume d'eau= $50*8=400L=400 \text{ Kg}=0,4m^3$

4.4.2. Calcul des déperditions thermiques

Bloc R+1

Dans le calcul des besoins de chauffage nous avons trouvé que les déperditions totales sont 22442.624 W pour toutes la surface des zones chauffées ($S = 271m^2$) C'est-à-dire $82.81 \text{ W}/m^2$

Pour la chambre 3

Surface de la chambre 3 $S= 15.47m^2$

Déperditions chambre 3= $82,81 *15,47=1281,07 \text{ Watt}$

Ajouter un coefficient de sécurité

Nous prendrons un coefficient de sécurité de 20% Pour une installation classique

Déperditions chambre = $1281,07 + 20\% = 1537,28$ Watt

On choisit un radiateur de 2000W Dimensionné en régime 75/65

75/65 (basse Température - nouvelle chaudière - norme EN 442)

Delta T = $((75+65) / 2) - 18 = 52$

Pour la chambre nous prendrons une hauteur 780 mm----> [MODELE TO 3 780]

Nombre d'éléments = puissance à installer / (puissance D'un élément=117,8)

Nombre d'éléments = $1537,28 / 117,8 = 13,04$

Nous prenons 13 éléments

Puissance à installer = $13 * 117,8 = 1531,4$ W

Calcul la chute de température d'eau

Delta T = température retour- température aller

Delta T = $75\text{ °C} - 65\text{ °C} = 10\text{ °C}$

Calcul du débit d'eau (Q) traversant le radiateur en litre / heure (L/h)

QE = Puissance installer / Cp * DELTA T

QE = $1531,4 * 3600 / 4800 * 10$ en l / h

QE = 114,855 l/h arrondi 115 l/h

Calcul de volume d'eau du radiateur

Volume d'eau du radiateur = Volume d'eau d'un élément * nombre d'éléments

Voir tableau fournisseur pour connaître le volume d'eau d'un élément.

Volume d'eau du radiateur = $0,685 * 13 = 8,905$ litres

Evaluation de la robinetterie du radiateur

Nous avons trouvé un débit de 115 l/h donc d'après de tableau 4.2 nous choisirons une Robinetterie de ½

Evaluation du diamètre de tube d'alimentation du radiateur

Nous avons trouvé un débit de 115 l/h donc d'après de tableau nous choisirons un diamètre d'alimentation de 14*1 (les raccords seront de 1/2 – 14)

4.4. Dimensionnement du diamètre de la tuyauterie d'alimentation principale

4.4.1. volume d'eau chaude

Dans les Normes Algérie la consommation d'eau par chaque Personne est ($50L/J \leq X \leq 100L/J$)

Nombre de Personnes consommant : 8 Personnes

Volume d'eau = $50 * 8 = 400L = 400 \text{ Kg} = 0,4m^3$

4.4.2. Calcul des déperditions thermiques

Bloc R+1

Pour la chambre 3

DT = 22442, 624w

Surface d'habitant = 271m²

Déperdition dans 1m² 82,81 w/m²

Déperditions chambre = $82,81 * 15,47 = 1281,07 \text{ Watt}$

Ajouter un coefficient de sécurité

Nous prendrons un coefficient de sécurité de 20% Pour une installation classique

Déperditions chambre = $1281,07 + 20\% = 1537, 28 \text{ Watt}$

On choisit un radiateur de 2000W Dimensionné en régime 75/65

75/65 (basse Température - nouvelle chaudière - norme EN 442)

Delta T = $((75+65) / 2) - 18 = 52$

Pour la chambre nous prendrons une hauteur 780 mm----> [MODELE TO 3 780]

Nombre d'éléments = puissance à installer / (puissance D'un élément = 117,8)

Nombre d'éléments = $1537, 28 / 117, 8 = 13, 04$

Nous prendrons 13 éléments

$$\text{Puissance à installer} = 13 * 117,8 = 1531,4 \text{ W}$$

Calcul la chute de température d'eau

Delta T = température retour- température aller

$$\text{Delta T} = 75 \text{ °C} - 65 \text{ °C} = 10 \text{ °C}$$

Calcul du débit d'eau (Q) traversant le radiateur en litre / heure (L/h)

$$QE_E' = \text{Puissance installer} / Cp * DELTA T$$

$$QE_E' = 1531,4 * 3600 / 4800 * 10 \text{ en l/h}$$

$$QE_E' = 114,855 \text{ l/h arrondi } 115 \text{ l/h}$$

Calcul de volume d'eau du radiateur

Volume d'eau du radiateur = Volume d'eau d'un élément * nombre d'élément

Voir tableau fournisseur pour connaître le volume d'eau d'un élément.

$$\text{Volume d'eau du radiateur} = 0,685 * 13 = 8,905 \text{ litres}$$

Evaluer la robinetterie du radiateur

Nous avons trouvé un débit de 115 l/h donc d'après de tableau nous choisirons une Robinetterie de 1/2

Evaluer Le diamètre du tube d'alimentation du radiateur

Nous avons trouvé un débit de 115 l/h donc d'après de tableau nous choisirons un diamètre d'alimentation de 14*1 (les raccords seront de 1/2 – 14)

Remarque : les autres tronçon ont été calculées de la manière que précédemment.

Tableau 4. 4.le résultat de Dimensionnement

Tronçon	Nombre d'éléments	Besoin[w]	Débit [L /h]	Diamètre (mm)	Volume d'eau du radiateur L	Diamètre Robinetterie (mm)	Longueur de tube (mm)
E→E'	13	1513,33	115	14*1	8,905	12,7	980
D→D'	12	2890,86	106	14*1	12,1921	12,7	980
E→D	-----	-----	221	16*1	-----	19	5270
C→C'	12	2890,86	106	14*1	12,192	12,7	980
D→C	-----	-----	212	16*1	-----	19	5170
C→b	-----	-----	433	16*1	-----	19	19045
I→I'	26	3062,8	230	16*1	26,416	19	980
H→H'	5	376	28	12*1	3,425	9,5	730
i→H	-----	-----	258	16*1	-----	19	2930
G→G'	16	1128	90	12*1	10,96	9,5	730
G→F	-----	-----	348	16*1	-----	19	15335
F→F'	19	2238,2	168	16*1	13	12,7	980
F→b'	-----	-----	516	16*1	-----	19	2949,29
b→b'	-----	-----	949	16*1	-----	19	25994,29

4.4.3. Choix de la pompe à chaleur géothermique

4.4.3.1. Calcul de la Puissance total de l'installation

Besoin d'eau chaude

$$m' = 400 / 12 * 3600 = 0,00925 \text{ Kg/s}$$

$$Deau = m' * CP * \Delta T = 0,00925 * 4800 * (50 - 10) = 1777,7 \text{ W} = 6399,72 \text{ kWh}$$

DT = Besoin d'eau chaude + Besoin total d'installation

$$DT = 14100,05 + 1777,7 = 15877,75 \text{ W}$$

$$DT = 57159,9 \text{ kWh} = 15,87 \text{ KW}$$

4.4.3.2. Choix du circulateur

Pertes de charge linéiques

$$h_l = f (L/D) * (v^2 / 2g)$$

Tube cuivre 16*1

Débit=949 l/h

Vitesse 0,5 m/s

$f = 64/Re = 64/2000 = 0,032$ (nombre de Reynolds $Re = 2000$ Le régime est laminaire au-delà régime est turbulent)

$$h = [0,032 * (25994,29 / 16) * (0,5^2 / 2 * 9,81) + 0,032 * (980 / 14) * (0,5^2 / 2 * 9,81) * 3 + 0,032 * (980 / 16) * (0,5^2 / 2 * 9,81) * 2 + 0,032 * (730 / 12) * (0,5^2 / 2 * 9,81) * 2] * 2 = [0,0856 + 0,0499 + 0,0496 + 0,662] * 2 = 1,769 \text{ m.C.E}$$

Pertes de charge singulières

$$h_s = \sum \xi (1/2g) V^2$$

$$h_s = (2 * (1/2 * 9,81) * 0,5^2 * 11 + 3 * (1/2 * 9,81) * 0,5^2 + 1 * (1/2 * 9,81) * 0,5^2 * 7) * 2 = 0,815 \text{ m.C.E}$$

$$h = 1,769 + 0,815 = 2,5844 \text{ m.C.E}$$

Nous choisirons le circulateur star –RS 15/4 .25/4. 30/4(Wilo-Star-RS)



Figure 4. 6.wilo-star-RS 25/4 [39]

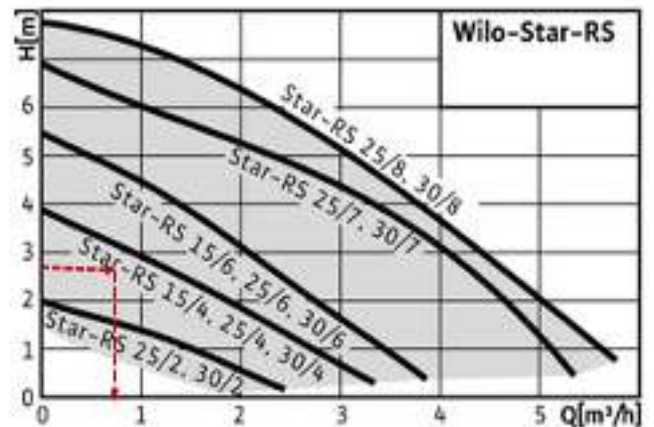


Figure 4. 5.diagram wilo-star-RS [40]

4.4.3.3 Coefficient de performance

Cop chauffage = T chaud / (T Chaud- T Froid)

T chaud = 20°C

T froid= -1°C

Cop chauffage= 293/ (293-(-272))=0,52

4.4.4 .Les principaux critères à considérer Pour choisir une pompe à chaleur géothermique

4.4.4.1 .Type de captage

Captage horizontal Nécessite une grande surface de terrain. Idéal pour les bâtiments avec beaucoup d'espace extérieur

Captage verticale Nécessite des forages plus profonds adaptés aux bâtiments avec une surface de terrain limitée

Le bâtiment étudié ayant une surface de terrain limitée nous avons choisi le **Captage horizontal** ou (**Captage sur sonde géothermique**)

4.4.4.2. Dimensionnement

Puissance nécessaire $\geq 15,87$ KW

Coefficient de performance (Cop =0,52) : plus le cop est élevé, plus la pompe est efficace.

Modale : ATLANTIC GEOLIA 17 [ANNAXE][41]

Puissance à capter = 16 ,63 kW (à0°C-3°C/+30°C+35°C)

Référence 522 456

Prix en € HT : 16266

4.5. Conclusion

A partir des besoins de chauffage, nous avons dimensionné notre système de chauffage par pompe à chaleur géothermique.

Dans ce chapitre l'étude a porté sur la détermination des dimensions des radiateurs, la pompe et la tuyauterie nécessaire à l'installation

Conclusion générale

Au cours de cette étude, nous avons essayé de mettre en évidence l'intérêt de l'exploitation de l'énergie sol pour le chauffage et la production d'eau chaude d'une maison située à Ain Ouassara wilaya de Djelfa

Dans la première partie de cette étude (partie bibliographique), nous avons parlé en bref, en premier temps de la pompe à chaleur et du sol et de l'intérêt d'utiliser ce dernier comme source ou réservoir de chaleur. Par la suite nous présentons de plus près la pompe à chaleur géothermique en parlant de ces composants, ses types, son fonctionnement.

En deuxième temps nous avons déterminé les besoins de chauffage de notre maison par un calcul statique en Pour calculant les déperditions thermiques ensuite on a vérifié nos calculs à la réglementation thermique national DTR.

La simulation thermique dynamique du bâtiment a été faite sous le logiciel français PLEIADES. Les résultats générés concernent les trois cas à savoir : maison à l'état actuel, isolation des murs extérieurs et isolation murs extérieurs et toiture. La simulation a montré que les besoins en chauffage ont été réduit de 69% besoins chauffage et 65% besoin climatisation

Dans le dernier chapitre, nous avons fait l'étude de calcul et dimensionnement du circuit d'alimentation et la pompe nécessaire pour assurer l'alimentation en eau chaude de tous les radiateurs.

Enfin, un dimensionnement et une installation optimaux des radiateurs et de la pompe à chaleur géothermique permettent de tirer pleinement parti de cette technologie innovante. Cela offre aux utilisateurs un chauffage efficace, économique et écologique, aligné avec les objectifs de durabilité énergétique et de protection de l'environnement.

Références bibliographiques

- [1] Titre: "Habitat and Health" Auteur: Geoffrey Rose
- [2] BENNADJI. Amar, Adaptation climatique ou culturelle en zones arides : Cas du Sud -Est algérien, Thèse de doctorat, Université AIXE MARSEILLE 1, 1999, p 17
- [3] MEDJELEKH DALEL, «impactde l'inertie thermique sur le confort Hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment », Thèse de Magister, Université MENTOURI DE CONSTANTINE, 2006, Chapitre2.
- [4] Batitherm SA
- [5].reference **ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment
- [6] <https://architecteo.com/>
- [7] <https://www.e-RT2012.fr> Consulté le 2024
- [8]Ouédraogo, "Confort thermique en climatisation naturelle assistée par pompe à chaleur géothermique en habitat à Alger," Thèse de doctorat, Université de Constantine, Algérie, 2018
- [9] chauffage durable et écologique
- [10] Holman, J.P. (2010). "Heat Transfer". McGraw-Hill Higher Education. ISBN 9780073529363.
- [11] Françoise Thellier, Françoise Monchoux, Mala Endravadan
- [12] ASHRAE Handbook – Fundamentals (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).
- [13] <https://www.expertise-rénovation.com/> Consulté le 2024
- [14] Olesen, B.W., & Overballe-Petersen, G. (2016). "Radiant Heating and Cooling Handbook". Springer. ISBN 9783662528457.
- [15] otrabalhosocomecou.moca
- [16] Solar Heating and Cooling Program (SHC) (International Energy Agency).
- [17] Jbelec Energie
- [18] Liu, G. (2002). "Electric Heating". Marcel Dekker. ISBN 9780824740453.

- [19] Bartlett, A. (2009). "Gas Installation Technology". Routledge. ISBN 9780750685310.
- [20] Cours de la géothermie 2022
- [21] conseils Thermiques
- [22] Dincer, I., & Rosen, M.A. (2013). "Exergy Analysis of Heating, Refrigerating and Air Conditioning: Methods and Applications". Springer Science & Business Media. ISBN 978-1461478030.
- [23] "La pompe à chaleur aérothermique", Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME),
- [24] <https://documents.atlantic-pros.fr/Atlantic-catalogue-Pompe-a-chaleur-et- Chaudiere-2023/103/index.html>
- [25] Quelle.énergie.Fr Consulté le 2024
- [26] Energie Plus le site
- [27] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/A%C3%AFn_Oussera Consulté le 2024
- [28] www.ef.be Consulté le 2024
- [29] <https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Ffr.m.wikipedia.org%2Fwiki%2FDjelfa>
- [30] <https://gifex.com/fr/fichier/ou-se-trouve-djelfa/>
- [31] https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Ffr.m.wikipedia.org%2Fwiki%2FA%25C3%25Ain_Oussera Consulté le 2024
- [32] weather – forecast .com
- [33] Méteonorm 08
- [34] DTR (C3-2)
- [35] <https://boutique.cstb.fr/detail/logiciels/transition-environnementale-et-énergétique/performance-énergétique/métronome>
- [36] <https://www.izuba.fr/societe/>
- [37] <https://www.izuba.fr/logiciels/outils-logiciels/>

[38] DIMENSIONNEMENT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE CENTRALE A EAU

[39] Series description: wilo-star-RS

[40] <https://www.artclima.am/product>

[41] <https://documents.atlantic-pros.fr/Atlantic-catalogue-Pompe-a-chaaleur-et-Chaudiere-2023/103/index.html>



Gamme Atlantic Geolia

CAPTAGE SUR SONDE GÉOTHERMIQUE OU EAU DE NAPPE



Captage eau de nappe



Captage sur sonde géothermique



La géothermie offre de très nombreuses possibilités couvrant 2015 afin de répondre aux attentes pour la Région de Mayenne.

Ce que l'on peut en retenir : La terre ne s'échauffe ni se refroidit de façon excessive en fonction de la saison à peine de 1 à 2°C. C'est pourquoi elle est idéale pour les installations.

D'une façon générale, le passage des surcoûts de mise en œuvre de 30 mètres de profondeur sont résumés, soit au régime réglementaire.

Et depuis juillet 2015, selon les sites des déclarations ainsi l'on va obtenir une assistance possible pour les travaux de 2016, pour la réalisation de captages de petite profondeur avec des pompes géothermiques ultra-faibles de captage sur eau de nappe ou même pour le captage sur sondes géothermiques.

Pour plus d'informations, contactez le service au client sur le site www.developpement-durable.gouv.fr

LE CAPTAGE SUR SONDE GÉOTHERMIQUE

La solution performante pour les terrains à surface réduite

- Le forage est réalisé par un professionnel selon différentes techniques, méthode de forage très bon contrôle du forage pour la sécurité et la stabilité du forage. Il est réalisé par un forageur expérimenté et équipé de sondes en U composées de tubes en PEHD et de sondes de forage en acier.
- Le forage est réalisé avec une géométrie à un seul diamètre qui permet de forer une sonde géothermique type Thermoclimat ou géothermie qui permet d'obtenir un bon échange thermique et de garder une certaine souplesse pour une utilisation délicate de la sonde.
- Nous vous conseillons de vous rapprocher de la société qui assurera les forages afin d'adapter la longueur de forage à la nature de votre terrain et à la puissance à capter.



CAPTAGE SUR SONDES GÉOTHERMIQUES

PURPOSE & CAPTEUR	UNITÉ	ATLANTIC WAGLIA 3	ATLANTIC WAGLIA 7	ATLANTIC WAGLIA 10	ATLANTIC WAGLIA 15	ATLANTIC WAGLIA 20
3°C/24°C	kW	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
1°C/14°C	kW	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
3°C/14°C	kW	-	-	6,00	8,00	10,00



Attention ! La longueur totale de forage dépend du régime de la nature du sol et de la charge utile de la pompe à chaleur.

EXEMPLES DE LONGUEURS DE FORAGE SUR SOLS ET USAGES TYPES

USAGE DE LA POMPES & CHAUFFAGE	TYPE DE SOL	UNITÉ	ATLANTIC WAGLIA 3	ATLANTIC WAGLIA 7	ATLANTIC WAGLIA 10	ATLANTIC WAGLIA 15	ATLANTIC WAGLIA 20
Climatiseur et eau chaude sanitaire	Grès	m	14,00	18,00	22,00	26,00	30,00
	Grès dur	m	2 x 05	3 x 00	3 x 25	3 x 100	4 x 00
Climatiseur et eau chaude sanitaire	Grès	m	3 x 00	4 x 00	5 x 00	6 x 00	7 x 00
	Grès dur	m	3 x 75	4 x 75	5 x 75	6 x 75	7 x 75
Climatiseur et eau chaude sanitaire	Grès	m	22,00	28,00	34,00	40,00	46,00
	Grès dur	m	3 x 75	4 x 75	5 x 75	6 x 75	7 x 75

