

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB –BLIDA- 1-
FACULTE DE TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté au DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

Par : **BENHASSINE LOUBNA**

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN ENERGIES RENOUVELABLES

OPTION : HABITAT BIOCLIMATIQUE

THEME : CHAUFFAGE ET RAFRAICHISSEMENT SOLAIRE D'UNE

HABITATION SITUEE A BLIDA

Soutenu le :04/10/2017

Devant le jury composé :

Pr.Dj.SEMMAR.	Professeur	USDB	President
Pr. A.HAMID	Professeur	USDB	Examineur
Mr.Dj .LAFRI	Maitre-assistant A	USDB	Examineur
Kaci. K	Maitre-assistant	USDB	Promoteur
S.Sami-Mecheri	Attachée de recherche	CDER	Co-promoteur

2016-2017

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la préparation d'un mémoire de master en énergie renouvelables, HABITAT BIOCLIMATIQUE au Département des énergies renouvelables de l'université Saad Dahlab de Blida 1, sous la direction de Mr .KACI KARIM que je remercie vivement pour toute l'aide qu'il m'a apporté durant toute la durée de préparation du présent mémoire.

Je tiens également à remercier Mme SAMI MECHERI SABRINA Pour l'aide et les conseils qu'elle m'apporte en sa qualité de Co-promotrice du présent travail.

Tout comme je remercie l'ensemble du personnel du centre de recherche des énergies renouvelables (CDER) pour l'aide qu'ils ont apportée durant la préparation du présent travail.

Mes plus vifs remerciements vont au Professeur SEMMAR Dj ; pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance du présent mémoire.

Le remercie vivement Mr. LAFRI, Mr. HAMID pour l'honneur qu'ils m'ont fait en participant au jury en qualité d'examineurs.

Enfin, je souhaite exprimer toute ma gratitude à l'ensemble des enseignants qui ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.

DÉDICACES

*À CELLE QUI ATTEND MON RETOUR À CHAQUE COUCHER DE SOLEIL, À CELLE QUI
M'À COMBLÉE D'AFFECTION, D'AMOUR ET DE TENDRESSE, ET QUI A VEILLÉE À
CÔTÉ DE MON BERCEAU POUR CONSOLER MES CRIS DE DOULEURS, ET QUI N'À
JAMAIS CESSÉ DE M'ENCOURAGER*

MA CHÈRE MÈRE

« « OMI » »

*À CELUI QUI FAIT LE PLUS BRAVE DES HOMMES, M'OUVRANT SES BRAS DANS LES
SOMBRES MOMENTS ET
M' Aidant À ALLER DE L'AVANT VERS LE MEILLEUR, ET QUI M'À TANT SOUTENU
MORALEMENT ET MATÉRIELLEMENT*

MON CHER PÈRE

« « ABI » »

*À MES CHERS FRÈRES ET MES SŒURS « « KADER, BÉBÉ, ZAKI, SOUSOU,
KHAOULITA BIBICHA » »*

*À TOUS MES AMIES : LYDIA, IMANE, SOUHILA, AMINA, RADHIA
À TOUT MES AMIS*

*À MON GROUPE D'HABITAT BIOCLIMATIQUE
SANS OUBLIER MONFIANCER CHEMLAL ABD EL HAMID*

À TOUS MES COLLÈGUES.

MES GRANDS PARENTS.

À TOUTE MA FAMILLE.

بِنَاهِيسْ سِنِيْلُوْبِنَاهِ

ملخص

منازل أداء الطاقة العالية هي المباني التي يتم فيها تحقيق درجة حرارة مريحة سواء في فصل الشتاء أو في الصيف مع متطلبات الطاقة منخفضة للغاية. بالنسبة لقضايا ضمان الجودة، يمكن فحص منازل أداء الطاقة العالية واعتمادها. عملنا يتمثل في تحديد كفاءة الطاقة وخاصة لدمج أجهزة الطاقة الشمسية الحرارية النشطة في مبنى ذو أداء عالي للطاقة يقع في موقع بلدية يدخل المشروع الإيكولوجي بات، الذي يجب أولاً أن يدرس المطابقة من المبنى مع التنظيم الحراري والأبعاد الحاجة بعد الذهاب إلى دراسة السلوك الحراري الديناميكي للمبنى باستخدام برنامج ترنسول TRANSOL تحت ترنسيس TRNSYS ومن ثم تحديد معدل التغطية للنظام المتكامل.

RÉSUMÉ :

Les maisons HPE sont des bâtiments dans lesquels une température confortable aussi bien en hiver qu'en été est obtenue avec un besoin en énergie extrêmement faible. Pour des questions d'assurance qualité, les maisons HPE peuvent être contrôlées et certifiées.

Notre travail consiste à déterminer l'efficacité énergétique et surtout à intégrer les dispositifs solaire thermique actifs dans un bâtiment à haut performance énergétique situé dans un site de Blida qui entre dans le cadre projet ECO BAT, pour cela on doit d'abord étudier la conformité du bâtiment avec la réglementation thermique et dimensionner les besoins suivit d'étude de comportement thermique dynamique du bâtiment à l'aide d'un logiciel TRANSOL sous TRNSYS et terminer par une étude économique .

ABSTRACT

The HPE houses are buildings in which a comfortable temperature both in winter and summer is achieved with extremely low power requirement. For quality assurance issues, the HPE homes can be tested and certified.

Our job is identified energy efficiency and especially to integrate active solar thermal systems in a building energy performance located in a site Blida that falls within the project framework ECO BAT, for this we must first studied compliance the building with Regular Technical Document and sizing the need after a pass in the dynamic thermal behavior study of the building using a software TRANSOL under TRNSYS and then determine the coverage rate of the integrated system.

INTRODUCTION GENERALE

Le monde connaît depuis plus d'un siècle une importante croissance de la demande énergétique ou cette demande a été couverte par l'énergie fossile. Les sources d'énergie utilisées jusqu'ici arrivent à leurs limites. D'un côté, en raison de l'exploitation toujours plus onéreuse des gisements de (charbon, pétrole et gaz naturel). De l'autre, en raison des changements climatiques planétaires liés aux rejets de dioxyde de carbone provenant de la combustion d'énergies fossiles, par exemple L'Agence américaine océanique et atmosphérique (NOAA) avait indiqué en Août que les sept premiers mois de 2015 avaient été les plus chauds jamais relevés, alors que 2014 avait déjà été l'année la plus chaude jamais enregistrée depuis cent trente-cinq ans[1] .

L'utilisation de l'énergie fossile répondre de plus en plus à une consommation plus forte ce qui nous oblige a pensé a d'autre énergies qui sont disponible et d'un potentiel qui pourrait dépasser largement nos besoins, ce qui nous amènent aujourd'hui à privilégier l'utilisation d'énergies renouvelables et nous conduisent donc fatalement à un fort développement des énergies renouvelables, Ces énergies renouvelables diffèrent par leurs origines (l'eau, le vent, le soleil...etc.), sont considérées comme inépuisables et ne produisent ni déchets toxiques, ni GEZ (gaz a effet de serres) .

Très attendues, ces énergies apparaissent en pleine santé et s'allient à la maîtrise des consommations pour concrétiser les accords de Kyoto. L'intégration de ces énergies renouvelables dans l'habitat [2].

Depuis la mise en place des premières mesures en faveur des économies d'énergie après leschocs pétroliers, puis avec la lutte contre le changement climatique, la question de l'efficacitéénergétique des bâtiments a toujours été au cœur des politiques énergie-climat, que se soit auniveau européen, national ou local.

L'Union Européenne a mis en place trois directives majeures au cours des 20 dernièresannées qui, chacune, visent à inciter les États membres à appliquer des exigences minimales en matière de performance énergétique pour les bâtiments neufs et existants, à veiller à lacertification de leur performance énergétique et à imposer l'inspection régulière deschaudières et des systèmes de climatisation. Les États-membres ont transposé ces directives etont mis en place des plans d'actions en vue d'atteindre les objectifs de réduction de consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre (GES) qu'ils se sont fixés[3].

Dans les pays industrialisés, les bâtiments consomment une partie importante de l'énergie utilisée par la société et, en conséquence, ils sont source d'une partie non négligeable de la pollution. Cette énergie est l'objet de nombreux usages, notamment:

- le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable
- la circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage)

Introduction générale

- les transports (ascenseurs)
- l'éclairage
- les communications (téléphone, radio, télévision)
- la production de biens (fabriques, cuisines, couture, etc.) [3]

Le secteur résidentiel en Algérie est à l'origine de 35% de la consommation énergétique finale nationale. L'évolution de sa consommation en énergie est en progression continue, du fait même du rythme de croissance du parc de logements et des taux d'équipement des ménages notamment en appareils électrodomestiques et en équipements de chauffage et de climatisation. [4]

ce qui est sûr, c'est que ce secteur représente un potentiel énorme d'efficacité énergétique et de réduction des gaz à effet de serres, il est bien de savoir que pendant la durée de vie d'un bâtiment, l'énergie produit 70 à 80% des impacts environnementaux, c'est comme même très important.

En réponse à cette situation, l'APRUE met en œuvre, dans le cadre du PNME 2007-2011, un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique (HPE), dénommé ECO-BAT. Ce programme se présente comme une opération démonstrative et une opportunité de diffusion à l'échelle nationale des pratiques conceptuelles soucieuses en amont de la maîtrise des consommations d'énergie.

C'est dans ce cadre que l'APRUE et 11 OPGI (Offices de promotion et de gestion immobilières) ont signé, le 14 mai 2009, au siège du ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, une convention définissant les conditions et les modalités d'intégration des mesures d'efficacité dans 600 logements pilotes répartis sur onze wilayas : Alger (50), **Blida (80)**, Oran (80), Sétif (54), Mostaganem (82), Skikda (50), Laghouat (32), Béchar (30) Tamanrasset (30), Djelfa (80) et El Oued (32).

L'objet de ce mémoire est l'étude de comportement d'un logement à haute performance énergétique situé dans la wilaya de Blida. Le travail sera basé sur deux parties principales, la première sera un calcul d'un bilan énergétique avec une simulation sous logiciel TRONSOL sous TRNSYS .les résultats serviront en deuxième partie au dimensionnement d'un système de chauffage et rafraîchissement solaire qui sera par la suite intégré.

Ce travail s'est décomposé en quatre chapitres:

Le premier chapitre a permis, à travers un large état de l'art, de définir et présenter le bâtiment performant énergétiquement; de déterminer la conception bioclimatique ; puis une étude bibliographique concernant ce domaine ainsi que les recherche réalisés jusqu'à maintenant.

Introduction générale

Le second chapitre a porté sur l'étude de site et ces caractéristiques climatiques. Une description de la maison étudiée, la composition des parois (mur intérieur, mur extérieur, planchers bas et haut) et les ouvrants sont données.

Le troisième chapitre a porté sur le rappel de calcul thermique de bâtiment, utilisée dans l'étude. Les formules utilisées sont extraites du document technique réglementaire (DTR C3.2)et (DTR C3.4) utilisé en Algérie. Et au dimensionnement du système intégré dans le bâtiment.

Le quatrième chapitre a porté sur l'application de l'outil informatique utilisé pour la simulation de bâtiment. Et amélioration de ce dernier pour réduire les besoins.

A la fin, on terminera notre étude par une conclusion générale où on englobera ce qu'on doit retenir de ce travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1	ETAT DE L'ART ET PROBLEMATIQUE
1.1 introduction.....	4
1.2. La conception bioclimatique :	5
<u>1.2.1.l'implantation et l'orientation</u>	<u>6</u>
1.2.2. . L'architecture et la forme (la compacité).....	6
1.2.3.La distribution intérieure	7
1.2.4. . Choix des matériaux	7
1.2.5. Le confort d'été	7
1.2.6.l'isolation thermique.....	8
1.2.7.les ponts thermiques.....	11
1.2.8.Confort	11
1.2.9.la ventilation	12
1.2.9.1. La ventilation naturelle.....	12
1.2.9.2. La ventilation mécanique contrôlée ou VMC.....	13
1.3. L'INERTIE DU BATIMENT	13
1.4. Concept sur les bâtiments performants.....	13
1.4.1 Le bâtiment à basse consommation (BBC) ou (basse énergie).....	13
1.4.2.le batiment "production d'énergie ".....	14
1.2.5.le batiment "zéro energie".....	14
1.2.6.le batiment "a energie positive".....	14
1.2.7.le batiment autonome.....	14
1.2.8.le batiment passif.....	14
1.5.la politique énergétique en algerie.....	15
1.5.1.financement de la matiere de l'énergie	15
1.5.2.programme trinnald'efficacité énergétique "2011-2013".....	15
1.5.3.programme quinquennal PNME 2010-2014.....	16
1.5.4.la cooperation internationale.....	17
1.5.5.projet pilote de logement avec efficacite ner getique au CNERIB.....	18
1.5.6. lutte contre le changement climatique.....	18

NOUVEAU PRPROGRAMME NATIONALS SUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE18

integration du solaire dans le batiment	20
1.8.Problématique.....	26
CHAPITRE 2	PRESENTATION DU PROJET
2.1.INTRODUCTION.....	27
2.2.classification du climat en algerie	27
2.3. la situation et la description de la ville de blida	27
2.3.1.situation geographique	27
2.3.2.situation territoriale.....	28
2.3.3.localisation de site " AIN ROMANA".....	28
2.4. les donnéeés climatique	29
2.4.1.variation de la temperature journaliere	29
2.4.2.variation deu rayonnement global journaliere	30
2.4.3.variation du rayonnement solaire moyen mensuel globale	30
2.4.4.variation de la durée d'insolation journaliere	31
2.5.presentation du projet.....	31
2.6.composition des parois du batiment	33
2.7.les caracteristiques des ouvrants	34
2.7.1.les fenetres	34
2.7.2.les portes	35
CHAPITRE 3	BILAN THERMIQUE DU BATIMENT ET DIMENSIONNEMENT
3.1.INTRODUCTION	36
3.2.presentation de reglementation thermique.....	36
3.1.calcul des deperditions et la puissance de chauffage	37
3.3.1.verification reglementaire	37
3.3.2.calcul des deperditions de reference.....	37
3.3.3.deperditins par trnsmissions d'un volume	37
3.3.3.1.les deperditions surfaciques par transmission à travers une paro.....	38
3.3.3.2.deperdition à travers des ponts thermiques	39
3.3.3.3.deperditios à travers les parois en contact avec le sol	39

3.3.3.4. deperdition a travers les parois en contact avec local non chauffé.....	39
3.4. deperdition par renouvellement d'air	40
3.5. puissance de chauffage.....	41
3.6. CALCUL DES APPORTS SOLAIRE ET LA PUISSANCE DE.....	42
3.6.1. Objet du document.....	42
3.6.2. Domaine d'application.....	43
3.6.3. Méthodologie.....	43
3.6.5. Principe de la vérification réglementaire.....	43
3.6.6. Formules générales.....	44
3.7. LES RESULTATS DE CALCUL	48
3.8. LES BESOINS ENERGETIQUES DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE	49
3.9. DIMENSIONNEMENT.....	50
CHAPITRE 4.....	RESULTATS ET DISCUSIONS
4.1. INTRODUCTION.....	53
4.2. Description du système	53
4.3. DESCRIPTION DES OUTILS DE SIMULATION	55
4.4. LA SIMULATION.....	56
4.4.1. La période de simulation	56
4.4.2. Les données météorologiques	56
4.4.3. L'eau chaude sanitaire	57
4.4.4. Les caractéristiques du capteur.....	58
4.5. RESULTATS ET DISCUSSION	60
4.5.1. Les besoins énergétiques net en chauffage	60
4.5.2. Les besoins énergétiques net en climatisation.....	61
4.5.3. Les besoins net en eau chaude sanitaire	62
4.5.4. Les radiations solaires incidente	64
4.5.5. La fraction solaire d'eau chaude sanitaire	64
4.5.6. La fraction solaire de chauffage.....	65
4.5.7. La fraction solaire de climatisation	66
4.5.8. Le cout d'investissement.....	67
CONCLUSION GENERALE	

Introduction

Générale

Chapitre 1

Chapitre 2

Chapitre 3

Chapitre 4

Conclusion générale

Annexes

ETAT DE L'ART ET PROBLEMATIQUE

1.1 INTRODUCTION

Il existe plusieurs solutions pour réduire la consommation d'énergie des bâtiments, tant pour l'enveloppe à savoir l'isolation, la réduction des ponts thermiques et la récupération de chaleur, que pour les systèmes (énergie renouvelable, haute efficacité) et les usages spécifiques.

Avant d'intégrer un système de chauffage et de climatisation, il est nécessaire de préciser quels sont les paramètres qui font l'objet de cette étude.

Dans ce chapitre, nous allons commencer l'étude en introduisant la performance énergétique ; la conception bioclimatique (les enveloppes des bâtiments, l'isolation thermique, les ponts thermique, confort thermique...etc.) ; Les concepts de bâtiments performants ; Intégration du solaire thermique

La performance attendue est une amélioration de l'efficacité énergétique. L'amélioration de l'efficacité énergétique est mesurée par l'écart de consommation énergétique entre une situation de référence ajustée, qui tient compte de la modification du niveau de service et des conditions de fonctionnement, et une situation mesurée périodiquement pendant la période de garantie.

Pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment il faut :

- Réduire les apports solaires en été.
- Assurer une bonne isolation.
- Utiliser les énergies renouvelables

Avant tout, une approche bioclimatique doit être suivie pour favoriser les apports solaires passifs nécessaires à la réduction des besoins de chauffage. La situation, l'orientation, la compacité du bâtiment, la position et la performance des vitrages doivent donc être optimisés. Ensuite, l'enveloppe doit être fortement isolée (y compris la dalle) et les ponts thermiques éliminés[5].

1.2. LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE :

La conception bioclimatique consiste à mettre à profit les conditions climatiques favorables tout en se protégeant de celles qui sont indésirables, ceci afin d'obtenir le meilleur confort thermique. Elle utilise l'énergie solaire disponible sous forme de lumière ou de chaleur, afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent.

En période froide, une architecture bioclimatique favorise les apports de chaleur gratuits, diminue les pertes de chaleur et assure un renouvellement d'air suffisant. En période chaude, elle réduit les apports caloriques et favorise le rafraîchissement.

Mais c'est avant tout la première étape dans un projet de construction qui aboutira à la réalisation d'un bâtiment très performant tout en soignant le confort de ses occupants.

L'architecture climatique s'appuie sur :

- L'implantation et l'orientation.
- L'architecture et la forme.
- La distribution intérieure.
- Le choix des matériaux.
- Le confort d'été.

1.2.1.L'implantation et l'orientation :

L'objectif est de récupérer au maximum les apports solaires passifs en hiver et de les réduire en été pour respecter le confort d'été. La bonne règle : le maximum de fenêtres sera orienté au Sud, comme le montre la figure 1.1.



Figure 1.1. Orientation et implantation d'une maison

Mieux vaut éviter les expositions directes Est et Ouest qui suivent la courbe du soleil qui occasionne le plus souvent des « surchauffes » et un inconfort visuel. Au Nord, Il faudra limiter les ouvertures afin de minimiser les déperditions thermiques du bâtiment. De manière générale il est conseillé de respecter un ratio de surface vitrée d'environ 20 % de la surface habitable, répartie comme suit : 50 % au sud, 20 à 30 % à l'Est, 20% à l'ouest et 0 à 10% au nord.

Cette règle est très importante car la bonne maîtrise des apports solaires peut représenter un gain gratuit de 15 à 20 % de besoins d'énergie (réduction de la consommation).

L'orientation d'un édifice répond à sa destination :

- Les besoins en lumière naturelle,
- L'intérêt d'utiliser le rayonnement solaire pour chauffer le bâtiment ou, au contraire, la nécessité de s'en protéger pour éviter la surchauffe,
- L'existence de vents pouvant refroidir le bâtiment en hiver ou le rafraîchir en été,

1.2.2. L'architecture et la forme (la compacité) :

La compacité d'un bâtiment est mesurée par le rapport entre la surface des parois extérieures et la surface habitable. Plus ce coefficient est faible, plus le bâtiment sera compact. La surface de l'enveloppe étant moins importante, les déperditions thermiques sont réduites.

Elle varie suivant la forme, la taille et le mode de contacts des volumes construits. En effet, la mitoyenneté et l'habitat collectif favorisera la réduction des surfaces de déperditions une très bonne compacité

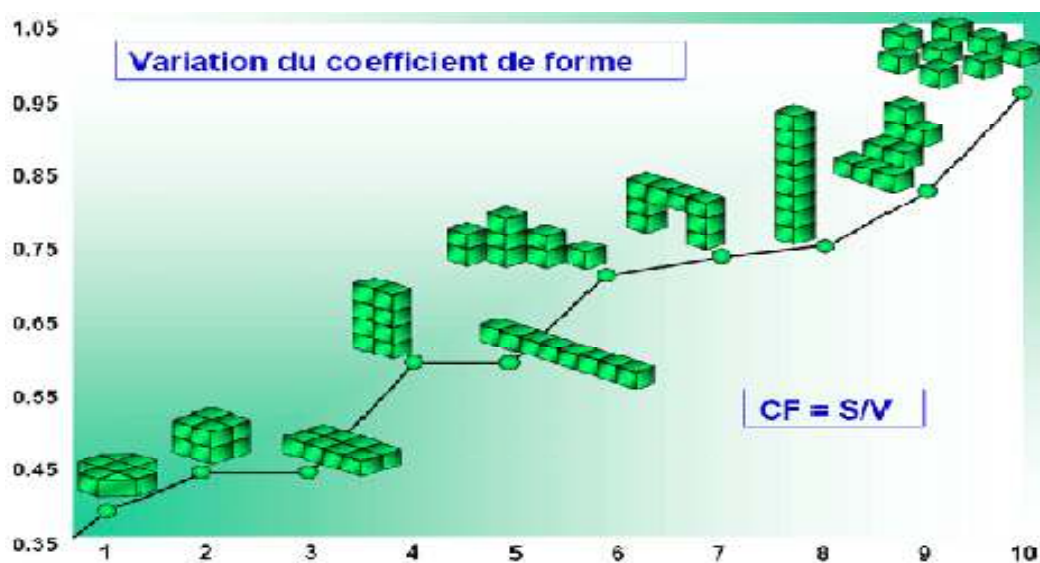


Figure 1.2. Variation de coefficient de forme

1.2.3. La distribution intérieure :

Le zonage d'un habitat permet d'adapter des ambiances thermiques appropriées à l'occupation et l'utilisation des divers espaces. Comme le montre la figure 1.3

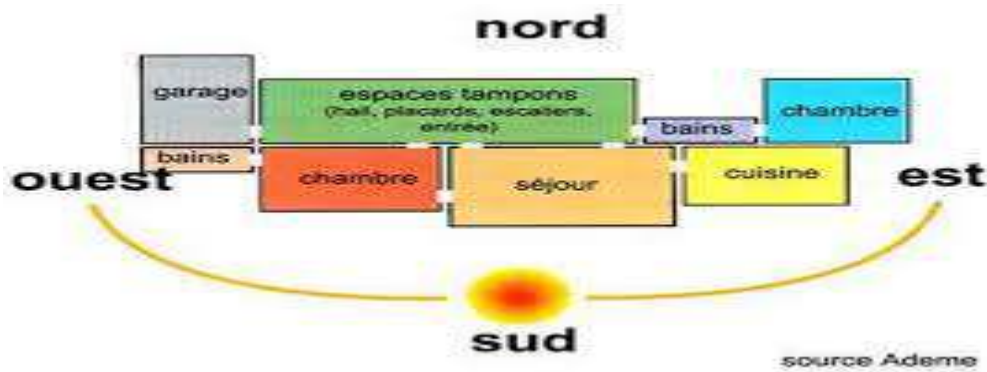


Figure 1.3. La distribution intérieure des espaces

Au nord on aménagera des espaces non chauffés dits « tampons », type garage, cellier, couloirs... ils assurent une protection thermique et contribuent directement aux économies d'énergies et au confort des occupants.

1.2.4. Choix des matériaux :

Il assure le confort des occupants : en captant la chaleur ou en préservant la fraîcheur et en évitant les sensations de « parois froides » et favorise les économies d'énergies.

Le maître d'ouvrage, en réflexion pour une construction ou une rénovation, est donc amené à faire des choix. Que privilégier lors du choix des matériaux : performance thermique, impact sur la santé, contrainte de mise en œuvre, coût... ?

Au regard de l'urgence de limiter nos émissions de GES (Gaz à effet de serre), isoler sa maison est la priorité, c'est à dire privilégier :

- Une isolation qui génère des bâtiments confortables et économes.
- Une isolation qui permette des bâtiments sains.
- Une isolation qui utilise des « éco-matériaux » ou matériaux « bio sources ».

➤ Critère de choix des matériaux :

Ils sont à sélectionner sur plusieurs critères :

- Leur faible impact sur l'environnement (au niveau de leur fabrication, de leur destruction et du transport).
- Leur capacité d'absorption des rayons lumineux.
- Leur capacité à stocker la chaleur.
- Leur rapidité d'absorption et de restitution de la chaleur.

1.2.5. Le confort d'été :

Quand a-t-on une sensation de confort thermique en été ?

A température élevée égale, on peut avoir une sensation de confort si l'air est sec (facilité de l'évaporation de la sueur), s'il est mis en mouvement (ventilateur, courant d'air) ou si la température des parois est plus faible que celle de l'air (meilleur rayonnement du corps vers ces parois). La notion de bien-être thermique reste bien sûr liée à chaque individu mais quelques paramètres mesurables peuvent être pris en compte :

- La température intérieure de l'air qui ne devra pas excéder 26 C°,
- Une humidité de l'air inférieure à 80%,
- Des parois fraîches.
- Comment rafraîchir son logement ?

Quelques bonnes habitudes peuvent suffire à conserver la fraîcheur à l'intérieur des logements :

➤ **Limiter les apports de chaleur externes :**

- Dès que le soleil éclaire les fenêtres, baisser volets ou stores.
- Dès que la température extérieure dépasse celle du logement, fermer aussi les fenêtres.
- Créer une circulation d'air le soir en ouvrant les fenêtres sur deux façades différentes et/ou en ouvrant les fenêtres de l'étage créant ainsi un effet cheminé efficace.
- Intégrer un ventilateur de plafond qui favorisera un brassage lent et régulier de l'air et ne le faire fonctionner qu'en cas d'occupation de la pièce.

➤ **Et aussi limiter les apports internes**

Les appareils électroménagers (réfrigérateurs et congélateurs surtout) et l'éclairage produisent de la chaleur. S'équiper d'appareils économes et de lampes basse consommation limite les apports de chaleur tout en diminuant la facture d'électricité. Par exemple, une lessive pendant la journée équivaut au fonctionnement d'un radiateur électrique pendant une heure et demi ! Enfin, réduire l'usage des équipements de cuisson (le four surtout) limitera les quantités de chaleur à évacuer.

En construction, intégrer le confort d'été

Avec des constructions de plus en plus isolées et donc une chaleur que l'on aura du mal à évacuer l'été, il apparaît primordial de traiter le confort d'été dès la phase conception.

➤ **Agir sur l'environnement proche de l'habitation**

En limitant les dallages ou zones goudronnées qui accumulent la chaleur en journée et la restituent le soir et en privilégiant au contraire les pelouses, les arbres à feuilles caduques, on agira ainsi sur l'environnement de la maison en maintenant une température extérieure plus mesurée.

Une autre solution consiste à intégrer une toiture ou façade végétalisée pour rafraîchir l'air ambiant par évapotranspiration.

➤ **Agir sur le vitrage**

Deux tiers des apports en chaleur en été se font par les vitrages. Il conviendra donc :

- de limiter la surface vitrée : 15 % à 20% de la surface habitable.
- de réserver les baies vitrées ou grandes fenêtres au sud (étant donné la hauteur du soleil l'été, il est facile de s'en protéger par une casquette).
- de limiter les grandes ouvertures à l'ouest, sous peine de créer des surchauffes dès le début d'après-midi car on cumulera à la fois une température élevée à cette période et un ensoleillement de la façade et des vitrages (sinon prévoir une protection avec végétation à feuilles caduques).
- d'éviter les fenêtres de toit ou à défaut les positionner au nord ou à l'est.
- En cas de véranda, la prévoir encastrée dans l'habitat sans toiture vitrée.

Prévoir une casquette solaire au sud qui fera ombrage sur les vitrages que ce soit sous forme de pergola, casquette photovoltaïque ou autre protection solaire

La conception des protections solaires doit répondre à une multiplicité d'objectifs, comme : la limitation des surchauffes et de l'éblouissement ainsi que la gestion de l'éclairage naturel dans les pièces. Elle peut également contribuer à l'intimité des occupants et l'esthétique de la façade.

De nombreux types de dispositifs de protection solaire existent, ils peuvent être structurales, fixes (porche, véranda, brise soleil) ou appliquées, mobiles (stores, persiennes volets..), extérieurs ou intérieurs, verticaux ou horizontaux, ils peuvent aussi être liés à l'environnement comme la végétation, l'efficacité des protections solaires est fonction de sa typologie, de son orientation et la période de l'année[6].

1.2.6. L'isolation thermique :

L'isolation thermique permet à la fois de réduire nos consommations d'énergie en chauffage et / ou en climatisation et d'accroître notre confort. Mais ce n'est pas tout : l'isolation est également bénéfique pour l'environnement car, en réduisant les consommations, elle permet de préserver les ressources énergétiques et de limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Ainsi, l'isolation thermique est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières.

Dans un bâtiment mal isolé, les déperditions thermiques sont importantes et engendrent des consommations d'énergie importantes pour le chauffage des pièces et de l'eau chaude sanitaire en hiver voire le recours à la climatisation en été. En plus des économies énergétiques directes, l'isolation thermique alliée à une bonne ventilation réduit les couts d'entretien et les risques d'humidité et augmente la durée de vie de la maison.

La figure 1.4 présente en pourcentages indicatifs les pertes de chaleur d'une maison traditionnelle non isolée :

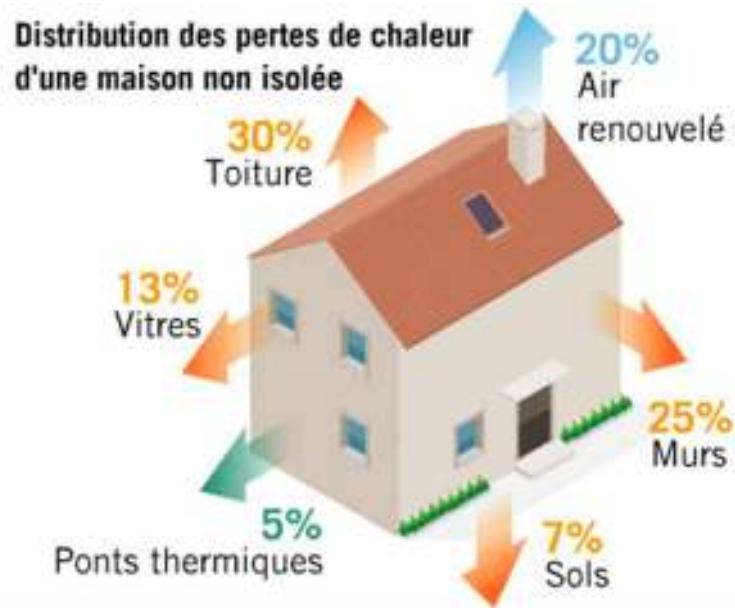


Figure 1.4. Les déperditions d'une maison traditionnelle non isolée

L'isolation thermique d'un bâtiment est là pour limiter les échanges de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur. Pour cela, on ajoute au matériau de construction des matériaux isolants caractérisés par une forte résistance thermique notée R (en $m^2.K/W$).

La résistance thermique est l'un des éléments de choix d'un matériau d'isolation, mais c'est loin d'être la seule qualité à considérer ; les caractéristiques suivantes sont au moins aussi importantes :[7]

- Résistance au feu.
- Résistance mécanique.
- Etanchéité à l'air.
- Résistance à la diffusion de vapeur d'eau.
- Stabilité dimensionnelle et comportement à la chaleur.
- Absorption d'eau.
- Qualité acoustique.

1.2.7. Les Ponts thermiques :

Un pont thermique est constitué par toute discontinuité dans la couche isolante, par tout endroit où la résistance thermique présente une faiblesse. Au voisinage d'un pont thermique, les lignes de flux se resserrent : plus de chaleur passe par unité de surface. Les isothermes se déforment en s'écartant les unes des autres. Les lignes de flux restent néanmoins perpendiculaires aux isothermes [8]. Ces ponts ne causent pas seulement des pertes de chaleur inutiles, mais peuvent être sources de dégâts : moisissures, taches de poussière.

Un pont thermique est représenté par la figure 1.5

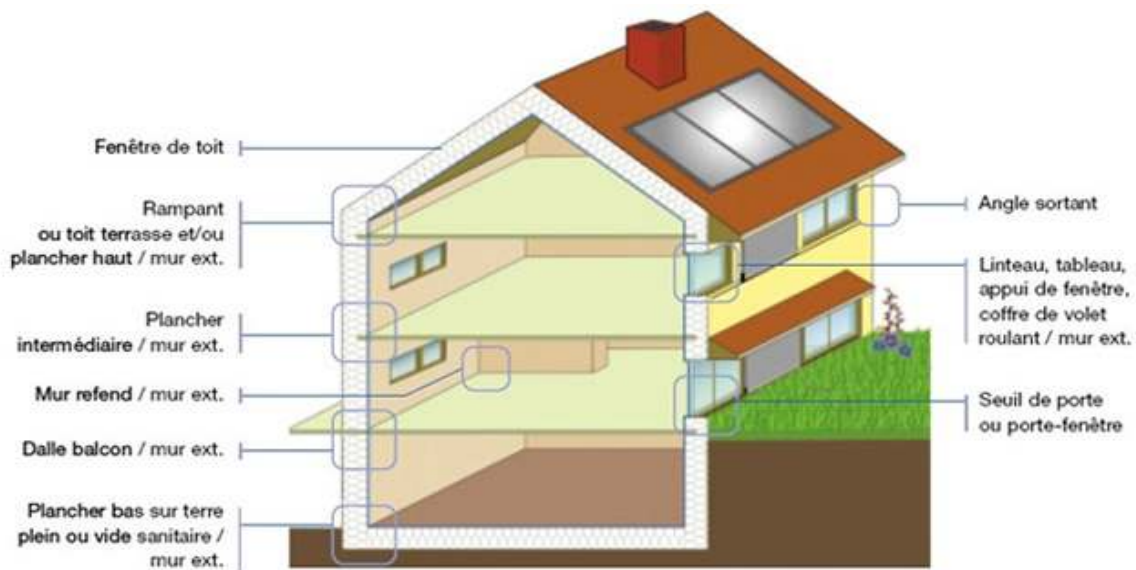


Figure 1.5. Les ponts thermiques.

1.2.8. Confort :

Le confort est un état de bien-être général. Il est mesuré a contrario par le taux d'insatisfaction des occupants. Indépendamment des conditions propres à l'individu (métabolisme, activité, habillement), il est reconnu que les paramètres suivants interviennent dans le confort, en plus des paramètres qui caractérisent l'individu lui-même (taux d'activité, habillement, etc.):

- Conditions thermiques
- Qualité de l'air
- Acoustique
- Visuel

Autres influences :

Degré d'occupation des locaux
Ambiance[4].

- **Confort thermique** :Le confort thermique correspond à un état d'équilibre thermique et hydrique entre le corps humain et son environnement. Il dépend de l'activité physique, du métabolisme, de l'habillement et de la sensibilité (aspect psychosociologique) de chaque individu, d'une part, et de la température de l'environnement (air, parois), des mouvements d'air et de l'humidité, d'autre part. De plus, le comportement de l'individu aux conditions d'ambiance tend à réduire l'inconfort.

Le confort est donc une sensation physiologique faisant intervenir plus d'un paramètre. Le confort thermique ne tient compte que des paramètres suivants :

Les facteurs liés à l'individu :

- Son activité et le rendement de cette activité.
- Son habillement.

Les facteurs liés à l'environnement :

- Température de l'air.
- Vitesse de l'air.
- Température des parois.

1.2.9. La ventilation :

Vitale pour la santé des occupants, la performance énergétique et la durabilité du bâti, la ventilation est un élément de première importance pour la construction ou la réhabilitation bioclimatique. Elle satisfait les besoins en oxygène, elle sert à l'évacuation de la vapeur d'eau, à limiter la pollution intérieure et améliorer le confort en éliminant odeurs, fumées et autres polluants. Pour se faire, les systèmes de ventilation doivent remplacer l'air intérieur (vicié) par de l'air extérieur (neuf). Les systèmes se répartissent en deux grandes familles : ventilation par pièces séparées ou par balayage ; systèmes assujettis ou non aux besoins.

On définit plusieurs types de ventilation :

1.2.9.1. La ventilation naturelle

En positionnant des grilles d'aération basses et hautes dans chacune des pièces de la maison, l'air circule naturellement. C'est la différence de température entre l'air extérieur et l'air intérieur qui sert de « moteur ». Mais sachez que ce système peut s'avérer trop efficace en hiver et pas assez en été.

1.2.9.2. La ventilation mécanique contrôlée ou VMC

Il s'agit d'une installation plus ou moins sophistiquée. Équipées d'un moteur et de ventilateurs, les VMC permettent de renouveler en permanence l'air.

1.3. L'INERTIE DU BATIMENT :

Lorsque les rayons du soleil frappent une paroi opaque, une partie de l'énergie rayonnée est absorbée, le reste est réfléchi. Un flux de chaleur s'établit alors entre la face externe et la face interne de la paroi.

La chaleur qui se transmet par onde de l'extérieur à l'intérieur, se propage avec un certain déphasage et subit un amortissement. Le maximum de température atteint sur la face extérieure n'est pas immédiatement ressenti sur la face intérieure de la paroi.

La notion d'inertie exprime une « résistance » propre à un changement d'état peut être provoqué soit par des variations de la température extérieure, ou par des variations de flux dissipées à l'intérieur du bâtiment. Elle désigne l'ensemble de caractéristiques thermo physique d'un bâtiment qui le font résister à la variation des flux d'énergie (ou de chaleur) qui s'exercent sur lui. Elle est conditionnée par la capacité thermique du matériau, qui exprime sa faculté d'absorber et à stocker de l'énergie. Ainsi, une construction à forte inertie thermique permet de conserver une température stable et de se réchauffer/ou de se refroidir très lentement, alors que les constructions à faible inertie [9].

D'après Liebard A « l'inertie thermique est une notion qui recouvre à la fois l'accumulation de la chaleur et sa restitution, avec un déphasage dépendant des caractéristiques physiques, dimensionnelles et d'environnement de la paroi de stockage » [10] la vitesse de stockage ou de déstockage de la chaleur est déterminée par deux autres grandeurs qui sont la diffusivité et l'effusivité

En effet, l'enjeu principal consiste à limiter l'inconfort dû aux fortes variations de température dans les bâtiments en été ; en hiver, il consiste à réduire les consommations de chauffage grâce au stockage des apports solaires gratuits transmis par les parois et les vitrages en hiver.

1.4. Concept sur les bâtiments performants :

On peut présenter, maintenant, les divers concepts des bâtiments performants :

1.4.1. Le bâtiment à basse consommation (BBC) ou (basse énergie):

Ce bâtiment se caractérise par des besoins énergétiques plus faibles que les bâtiments standards. Ce premier niveau de performance peut être atteint par l'optimisation de l'isolation, la réduction des ponts thermiques et l'accroissement des apports passifs. Ce concept ne comprend a priori aucun moyen de production local d'énergie, sans toutefois l'exclure [2].

1.4.2. Le bâtiment « producteur d'énergie » :

Il est doté de moyens de production d'énergie locaux. Cependant, cette dénomination ne spécifie ni le niveau de consommation ni la part de cette consommation couverte par la production ni même la nature de l'énergie produite. Il s'agit donc plus d'une caractéristique du bâtiment que d'un concept de bâtiment à proprement parler. L'expression "bâtiment producteur d'énergie" est néanmoins parfois employée pour désigner un « bâtiment à énergie positive [2].

1.4.3. Le bâtiment « zéro énergie » :

Ce bâtiment combine de faibles besoins d'énergie à des moyens de production d'énergie locaux. Sa production énergétique équilibre sa consommation si celle-ci est considérée sur une année. Son bilan énergétique net annuel est donc nul [11].

1.4.4. Le bâtiment « à énergie positive » :

Ce bâtiment producteur d'énergie dépasse le niveau « zéro énergie » : il produit globalement plus d'énergie qu'il n'en consomme. Comme le précédent, ce bâtiment est raccordé à un réseau de distribution d'électricité vers lequel il peut exporter le surplus de sa production électrique [11].

1.4.5. Le bâtiment autonome :

Un bâtiment est autonome lorsque sa fourniture énergétique ne dépend d'aucune ressource distante. Ainsi la totalité de l'énergie consommée par le bâtiment est produite sur place à partir de ressources locales. En pratique, le bilan net d'énergie de ce bâtiment est nul à tout instant. Un tel bâtiment se passe des avantages apportés par les réseaux d'approvisionnement (foisonnement, sécurité d'approvisionnement), ce qui impose l'usage de moyens de stockage d'énergie (batteries d'accumulateurs, inertie thermique etc.). Ce type de bâtiment est particulièrement adapté aux sites isolés ou insulaires car il évite les coûts de raccordement aux divers réseaux [2].

1.4.6. Le bâtiment « passif » :

Ce bâtiment très faiblement consommateur d'énergie ne nécessite pas de systèmes de chauffage ou de rafraîchissement actifs : les apports passifs solaires et internes et les systèmes de ventilation suffisent à maintenir une ambiance intérieure confortable toute l'année. Ce concept inclut également une réduction des besoins en électricité spécifique et éventuellement une production d'électricité à base de sources d'énergie renouvelables. En pratique, un petit système d'appoint est nécessaire au maintien du confort thermique durant les jours les plus froids ; il est le plus souvent associé à la ventilation [2].

1.5. LA POLITIQUE ENERGETIQUE EN ALGERIE :

La politique Algérienne en terme d'efficacité énergétique, essentiellement dans le secteur du bâtiment se traduit par les actions de quelques entités : l'APRUE soutenue par son bras financier le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) et le Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME). A cela il faudra ajouter la collaboration des centres de recherches liés au domaine des bâtiments comme le centre du développement des énergies renouvelables (CDER) et le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) et bien évidemment le ministère de l'Energie et des Mines. Il s'agit de voir dans le détail l'état des lieux de ces politiques et éventuellement le suivi et les prémices de résultat ou le cas contraire les obstacles qui entravent leurs exécutions.[12]

L'APRUE dispose d'un certain nombre de programmes et d'initiative visant la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment :

1.5.1. Financement de la maîtrise de l'énergie :

Le FNME est l'instrument public spécifique d'incitation de la politique de maîtrise de l'énergie. Il a pour objet de contribuer à l'impulsion et au développement, à terme, d'un marché de la maîtrise de l'énergie à travers, des mesures financières.

1.5.2. Programme triennal d'efficacité énergétique «2011-2013» :

Le programme triennal d'efficacité énergétique « 2011-2013 » émane lui-même du programme national des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique, adopté par le Conseil des Ministres en février 2011.

Le programme d'efficacité énergétique, obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies concourant à la préservation des ressources et la systématisation d'une consommation utile et optimale.

Les volets du programme Algérien triennal d'EE:

- L'isolation thermique des bâtiments.
- Le développement du chauffe-eau solaire.
- La généralisation de l'utilisation des lampes basse consommation.
- L'introduction de l'efficacité énergétique dans l'éclairage public.
- La réalisation de projets pilotes de climatisation au solaire.

1.5.3. Programme quinquennal PNME 2010-2014 :

Dans le cadre du PNME 2010-2014, un programme de construction de 3000 logements neufs, efficaces en énergie et 4000 logements existants à réhabiliter thermiquement, est proposé et est actuellement en cours de validation (APRUE, 2011).

L'APRUE est chargée de réaliser le programme d'efficacité énergétique notamment par :

1.5.3.1. Le programme ECO-BAT :

Ce premier projet pilote est déjà lancé par l'APRUE en partenariat avec le Ministère de l'Habitat. Pour sa mise en œuvre, des conventions ont été signées avec la Caisse Nationale du Logement (CNL) et les OPGI de 11 wilayas choisies, couvrant l'ensemble des zones climatiques du pays. Comme le montre la figure 1.6.

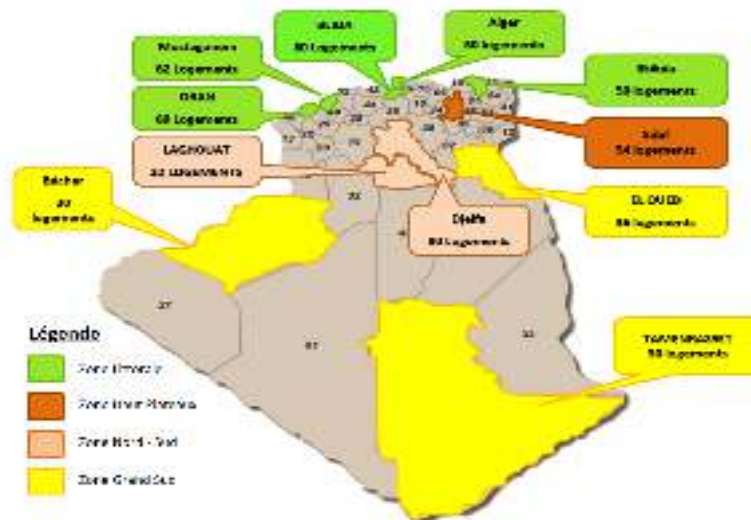


Figure 1.6 : Répartition des logements (ECO BAT)

Le programme prévoit l'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation par :

- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique.
- La réalisation d'une action démonstrative, preuve de la faisabilité des projets à haute performance énergétique en Algérie.
- La provocation d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.

1.5.3.2. Projet d'isolation thermique de 1500 logements :

L'isolation thermique totale ou partielle de 1500 logements, soit une moyenne de 500 logements rénovés par an à travers :

- Remplacement des menuiseries existantes par celles étanches avec double vitrage ;
- Mise en place d'une isolation thermique.

1.5.3.3. Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie :

L'objectif assigné à la stratégie d'action est l'interdiction de la commercialisation des lampes à incandescence (lampes classiques couramment utilisées par les ménages) sur le marché national et ceci, à l'horizon 2020.

1.5.3.4. Introduction des principales techniques de climatisation solaire :

L'utilisation de l'énergie solaire pour la climatisation est une application à promouvoir particulièrement au Sud du pays, d'autant que les besoins en froid coïncident à la plupart du temps avec la disponibilité du rayonnement solaire (fonctionnement au fil du soleil).

Par ailleurs, le champ de capteurs solaires pourrait aussi servir à la production d'eau chaude sanitaire et au chauffage des locaux pendant la saison froide. Le rendement global de l'installation est de ce fait très intéressant.

1.5.4. La coopération internationale :

La coopération internationale revêt une importance particulière pour l'Agence, notamment en termes d'expérience pour l'élaboration et le pilotage des programmes de maîtrise de l'énergie, de mise à disposition de l'expertise internationale et de transfert de savoir-faire aux cadres-ingénieurs de l'APRUE.

A travers les actions inscrites au titre de la coopération internationale, l'APRUE se charge de la promotion et de la politique algérienne de maîtrise de l'énergie au niveau international et du marché algérien de la maîtrise de l'énergie.

1.5.4.1. MED-ENEC :

L'efficacité énergétique dans le secteur de la construction dans les pays méditerranéens MED-ENEC est un projet méditerranéen financé par l'union Européenne. Il a pour objectif :

- Donner une impulsion aux mesures d'efficacité énergétique et d'énergie solaire dans le secteur de la construction.
- Sensibiliser et informer les décideurs des pays bénéficiaires sur les procédés de construction soucieux des économies d'énergie et sur les technologies des équipements efficaces.
- Proposer des solutions rentables soucieuses de l'impact sur l'environnement.

1.5.4.2. Coopération APRUE- MED-ENEC II Project:

Formation d'auditeurs énergétiques dans le bâtiment en collaboration avec le **MED-ENEC Project** et le Département de l'Energie de la Ligue Arabe, l'APRUE a organisé une formation

de consultants algériens pour la réalisation d'audits énergétiques dans le secteur du bâtiment, Le but de cette formation était de qualifier ces consultants capables de réaliser des audits énergétiques détaillés dans le secteur du bâtiment et d'établir un programme de travail adéquat pour leur réalisation.

1.5.5. Projet pilote de logement avec efficacité énergétique au CNERIB :

Le projet méditerranéen d'efficacité énergétique dans le secteur de la construction (MED-NEC Project), a été officiellement lancé en Mars 2006 à Damas pour mettre en œuvre des mesures relatives à l'efficacité énergétique dans le bâtiment à travers l'application de la réglementation thermique, l'utilisation des énergies renouvelables et le développement de nouveaux matériaux et systèmes constructifs à haute performance énergétique.

L'objectif principal de ce projet est l'introduction de la démarche d'économie d'énergie dans l'acte de bâtir et ce aux niveaux de la conception et de la mise en œuvre. Ce projet se distingue des constructions classiques par l'utilisation des éléments suivants :

- Système constructif à base de maçonnerie porteuse chaînée,
- Matériau de construction localement disponible à savoir le BTS (Béton de Terre Stabilisée), le liant utilisé pour la stabilisation du bloc est le ciment avec une concentration pondérale maximale de 5%.

1.5.6. Lutte contre le changement climatique :

L'Algérie a pris en charge la problématique des changements climatiques à travers l'intégration de la notion du développement durable dans le cadre des programmes de développement et elle a ratifié en 1993 la convention cadre des nations unies pour les changements climatiques (CCNUCC).

Dans le secteur du bâtiment, la cause essentielle des émissions des gaz à effets de serre est directement liée à la consommation de l'énergie d'origine fossile, utilisée pour l'exploitation résidentielle (chauffage et climatisation, éclairage, ventilation...) des bâtiments, de même pour la production des matériaux de construction.

La loi relative à la maîtrise d'énergie définit les conditions, les moyens d'encadrement et la mise en œuvre de la politique nationale de maîtrise d'énergie

1.6. NOUVEAU PROGRAMME NATIONAL SUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE (2016-2030) : [5]

L'adoption par le gouvernement du programme national sur l'efficacité énergétique à l'horizon 2030, réaffirme cette dernière comme priorité. La réalisation de ce programme par

une diversité d'actions et de projets, devrait favoriser l'émergence, à terme, d'un marché durable de l'efficacité énergétique en Algérie.

Le programme se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie. Il s'agit principalement du bâtiment du transport et de l'industrie.

Pour le secteur du bâtiment

Le programme vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes, autour de l'isolation thermique des constructions. Des mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des logements.

Il s'agit également de favoriser la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment les chauffe-eau solaires et les lampes économiques : l'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant moins d'énergie.

La mise en place d'une industrie locale des isolants thermiques et des équipements et appareils performants (chauffe-eau solaires ; lampes économiques) constitue l'un des atouts pour le développement de l'efficacité énergétique dans ce secteur.

Globalement, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées, d'ici 2030.

En résumé, la concrétisation sur le terrain du programme national d'efficacité énergétique permettra de réduire graduellement la croissance de la demande énergétique. Ainsi, les économies d'énergie cumulées engrangées seraient de l'ordre de 93 millions de TEP, dont 63 millions de TEP d'ici 2030 et le reste au-delà de cet horizon.

C'est dire toute l'importance que revêt ce programme d'économies d'énergie qui implique la concrétisation d'un certain nombre de mesures, notamment, l'implication des parties concernées dont l'industrie publique et privée et l'adaptation du cadre du cadre juridique régissant l'efficacité énergétique.

Le nouveau programme national d'efficacité énergétique (PNEE) sera lancé en 2016 avec comme objectif l'isolation thermique de 100.000 logements/an, la diffusion de 10 millions lampes à basse consommation à l'horizon 2030.

Ce programme vise essentiellement à réduire graduellement la forte croissance de la consommation d'énergie et à donner de la visibilité aux investisseurs potentiels dans le domaine de la production énergétique.

Dans le secteur de bâtiment, le programme prévoit l'isolation thermique de 100.000 logements annuellement (mur, toiture, double vitrage), permettant une économie d'énergie de 25 Millions TEP sur 30 ans (durée de vie d'un logement).

L'Etat assurera 80% des couts d'isolation, ce plan permettra non seulement de contribuer a la généralisation des bonnes pratiques dans la conception architecturale de l'habitat mais aussi de développer une industrie locale des isolants et de promouvoir la création de bureaux d'architectures spécialisés en efficacité énergétique.

1.7. INTEGRATION DU SOLAIRE DANS LE BATIMENT :

Pour utiliser l'énergie solaire dans le bâtiment peut faire appel à deux techniques distinctes : le solaire photovoltaïque ou le solaire thermique. C'est cette dernière qui fait l'objet de notre étude.

La technique du solaire thermique est applicable au chauffage des habitations, des piscines, à la production d'eau chaude sanitaire (ECS) ou encore à la climatisation.

Pour le solaire thermique, on peut distinguer le solaire passif et le solaire actif. La captation de la chaleur solaire peut être « passive », en ce sens qu'aucun autre fluide que l'air n'est utilisé pour tirer parti, dans l'ensemble du bâtiment, de la chaleur récupérée grâce à des vitrages adaptés dans certains points de celui-ci. C'est ainsi que des baies vitrées orientées au sud stockent de la chaleur dans la masse thermique du bâtiment.

Le solaire est en revanche dit « actif » lorsque des moyens mécaniques et des technologies plus ou moins complexes sont utilisées (capteurs, réseau de distribution, ballons de stockage, pompes, ventilateurs, régulation...) pour capter, stocker et distribuer la chaleur reçue du soleil.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'intégration du solaire thermique dans le bâtiment en utilisant différentes méthodes et en étudiant différents paramètres qui peuvent contribuer à économiser de l'énergie (choix des matériaux, isolation thermique, infiltration d'air, équipements etc...).

Nous avons fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine.

ANNECRETE HESTNES [13], examine les différentes approches dans la construction de l'intégration des systèmes solaires, par le projet de Plan-les-Ouates, à l'ouest de Genève. Dans ce projet, les pièces exposées au sud sont complètement recouvertes par des capteurs solaires à eau qui remplacent le matériau de couverture traditionnelle.

Elle conclue son travail par, le fait que les futurs bâtiments auront une réduction des besoins en énergie. Mais Il sera toutefois, pas économique pour les rendre totalement autonome. Ils saurontencorebesoin d'une petite quantité de chauffage et de climatisation, beaucoup

de lumière du jour, et certains électricité pour faire fonctionner les ventilateurs, et d'autres équipements. Ils vont donc utiliser à la fois des systèmes solaires actifs, certains passifs et certains photovoltaïque. C'est-à-dire ils seront de réels « bâtiments solaires ».

Mais, plutôt que de commencer avec les systèmes solaires, l'approche sera de commencer par le bâtiment, pour évaluer quels types d'énergie sera nécessaire dans chaque cas spécifique.

VIOREL BADESCU [14], a amélioré un système de chauffage solaire actif. Ce nouveau modèle est utilisé pour analyser deux régimes d'interconnexion différents. Les nouveaux modèles ont été intégrés dans une maison passive (Pirmasens), pour simuler le fonctionnement de ce système de chauffage.

La principale conclusion est que l'interconnexion de série est défavorable pour l'échangeur de chaleur eau-air. Pour économiser de l'espace pour un seul résultat du régime (c'est à dire l'échangeur eau-eau de la chaleur à proximité du réservoir de stockage d'eau) ; et d'autre part, l'énergie solaire captée finalement utilisée pour l'ECS elle est grande plus de 10 fois que celle utilisée pour le chauffage. Il y a toujours un besoin pour le chauffe-eau classique de fonctionner toute l'année. Le chauffe-eau classique fournit environ 20% de la chaleur annuelle requise par le système d'ECS.

VIOREL BADESCU ET MIHAIL DAN STAICOVICI [15], ont étudié un système de chauffage actif d'une autre maison passive (Pirmasens) à Bucarest en Roumanie, qui comprend des capteurs solaires verticaux orientés plein sud et une cuve de stockage, un circuit d'eau secondaire, un système d'ECS, avec un système de chauffage par une ventilation de l'air (échangeur air-eau). La modélisation est faite à l'aide de l'outil TRNSYS. Les résultats le système de chauffage solaire actif fournit une plus petite quantité de chaleur que la chaleur fournie par le système de chauffage solaire passif. Presque toute l'énergie solaire captée n'est pas utilisée pour le chauffage de l'espace, mais contribue à la préparation d'eau chaude sanitaire. Cela rend l'échangeur de chaleur (eau-eau) du système d'ECS à un rendement plus élevé que l'échangeur de l'installation de chauffage (air-eau).

En outre, la quantité totale de la charge de chauffage de l'espace net est couverte en utilisant le réchauffeur d'air classique, qui opère principalement pendant les nuits de l'hiver. Bien que le système solaire actif est utilisé pour l'ECS. La fraction solaire se situe entre 0,2 et 0,7 de Février à Octobre, avec une moyenne annuelle de 0,4. Ces valeurs plutôt basses sont principalement dues à l'opération entièrement mélangée du réservoir de stockage d'eau. On s'attend à ce qu'un réservoir d'eau stratifiée améliorerait la performance. Les capteurs en position verticale orientée plein sud ont un meilleur rendement à l'automne et

en hiver, tandis que les capteurs intégrés sur la toiture leur rendement est meilleur en été. Cependant, sur une base annuelle, il est plus avantageux d'utiliser les capteurs verticaux orientés sud au lieu de ceux placés sur la toiture.

Un développement d'un algorithme d'optimisation couplant les techniques des algorithmes génétiques à l'outil d'évaluation thermique simplifié pour bâtiments méditerranéens CHEOPS développé par E. **ZNOUDA et al**[16]. Cet algorithme est utilisé pour identifier les meilleures configurations de deux points de vue énergétiques et économiques.

Les résultats obtenus montrent que les meilleures solutions pour économiser l'énergie et l'argent sont très différentes. Il est possible de combiner les deux problèmes et ensuite effectuer une approche d'optimisation multi-objective. Il sera également intéressant d'étendre l'algorithme présenté pour le cas de bâtiments plus complexes et variés de manière à fournir les designers avec un nouvel outil de conception puissant.

X.Q. ZHAI ET R.Z. WANG[17], examinent l'utilisation du solaire thermique dans les bâtiments avec l'introduction le concept d'intégration de capteurs solaires dans les bâtiments et présentation des expériences sur l'utilisation du solaire thermique (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation...). Qui comprenait les systèmes solaires d'ECS avec différentes méthodes de conception dans les bâtiments résidentiels et les systèmes énergétiques intégrés dans les bâtiments publics dans les villes de la Chine, une occasion idéale pour mener à bien la rénovation solaire avec capteurs intégrés en toiture est en combinaison avec la reconstruction des toits plats pour être inclinés dans l'appartement.

Un système d'énergie solaire capable de chauffage, le refroidissement, la ventilation naturelle et la fourniture d'eau chaude a été construit à Shanghai dans l'Institut de recherche de la science du bâtiment par **X.Q. ZHAI et al** [18]. Le système contient principalement 150 m² des capteurs solaires, deux refroidisseurs d'adsorption, les tuyaux de chauffage (planché chauffant), des échangeurs de chaleur à tubes et un réservoir de stockage d'eau chaude de 2,5 m³ de volume. Il est utilisé pour le chauffage en hiver, climatisation en été, la ventilation naturelle au printemps et à l'automne, L'ensemble du système est commandé par un ordinateur industriel de commande et fonctionne automatiquement.

Dans des conditions météo typiques de Shanghai, il est constaté que la capacité de chauffage moyenne est jusqu'à 25,04 kW en hiver, la sortie de réfrigération moyenne atteint 15,31 kW en été et la ventilation naturelle double flux d'air solaire améliorée au cours des saisons de transition. L'étude expérimentale a validé le fonctionnement pratique du système de

climatisation à base de refroidissement d'adsorption. Après l'opération de 1 an, il est confirmé que le système solaire contribue 70% de l'énergie totale de l'espace impliqué pour les conditions météorologiques de Shanghai.

Une construction d'un système d'énergie solaire intégrée impliquant le chauffage, la climatisation, la ventilation naturelle et l'eau chaude alimentant pour l'immeuble de bureaux vert, qui réalise haute intégration des technologies solaires thermiques [19].

Cependant, les systèmes d'eau chaude solaires n'ont été conçus pour les deux immeubles résidentiels verts. De ce travail, résulte que l'expérience dans les bâtiments résidentiels verts montre que pour les bâtiments neufs, les capteurs solaires peuvent être montés sur les balcons et les toits des auvents en plus, à condition que les systèmes solaires deviennent partie intégrante de la conception générale du bâtiment. Les capteurs solaires pourraient donc être utilisés dans la conception d'origine d'une manière logique dans le but de fournir de l'eau chaude ainsi que l'amélioration de la façade du bâtiment.

L'intégration de capteurs solaires dans le balcon offre une méthode de conception possible pour les bâtiments à plusieurs étages et des bâtiments de grande hauteur en particulier pour les bâtiments résidentiels, qui sont largement répandues dans les grandes villes comme Shanghai.

F. MEHDAOUI et al.[20], ont traité les performances énergétiques d'un prototype de chauffage solaire conçu dans le laboratoire du Procédés Thermique, au Centre de Recherches des Technologies de l'Energie, Hammam, Tunis, en Tunisie, pour prévoir les besoins de chauffage des ménages tunisiens. Le système se compose principalement des capteurs solaires plans, réservoir d'eau chaude solaire et une couche active intégrée à l'intérieur d'une chambre simple. De simulation sous TRNSYS. Les résultats ont montré que, pour un ensoleillement total annuel d'environ 6493, 37MJm² la fraction solaire moyenne obtenue est d'environ 84%. Et que la demande d'énergie auxiliaire est limitée aux mois froids de l'année principalement de Décembre à Mars.

L'étude de **A.MOKHTARI et al [21]** traite la relation entre conception architecturale et confort climatique des usagers sans recours total ou partiel au conditionnement mécanique des locaux. Ils ont présentés les principes de base de l'architecture bioclimatique et de l'art de construire, ainsi que des données relatives au climat saharien avec focalisation sur la ville de Béchar. La comparaison entre les valeurs simulées, en Janvier et Juillet, dans une maison individuelle de type F3 dans la zone sud-ouest de Béchar a été réalisé. Les résultats de la

simulation suggèrent que le confort thermique peut être atteint par une combinaison de paramètres qu'il faut intégrer dans la conception du bâtiment projeté.

Ce travail représente la détermination de la consommation d'énergie pour le chauffage et le rafraîchissement d'une maison située à Alger (Algérie) avec la méthode de degrés-jour au cours d'une année. Les résultats analytiques sont validés par simulation avec le logiciel TRNSYS. Les résultats obtenus par la méthode du degré-jour et TRNSYS sont tout à fait semblables et sont cohérents avec les besoins en chauffage et le rafraîchissement selon les saisons. TRNSYS donne des résultats plus exacts, depuis que le chauffage est activé quand la température va au-dessous de 21°C et le conditionnement d'air commence quand la température dépasse 22°C. La consommation de l'énergie pour le chauffage atteint 670 kWh, comme pour le fait de se rafraîchir c'est 1700 kWh. La méthode de degré-jour est quotidiennement utile à la mesure du chauffage et systèmes du conditionnement aériens

Une analyse thermique d'un prototype de bâtiment, qui a été conçu et construit conformément aux mesures d'efficacité énergétique pour améliorer le confort intérieur de thermalisme, en particulier en été.[22][23].

Le prototype de bâtiment est situé dans Souidania (20 km au sud d'Alger,. L'emplacement est caractérisé par un climat méditerranéen tempéré. Pour effectuer cette analyse, diverses activités sont réalisées : une série de campagnes de surveillance; simulations dynamiques avec le logiciel TRNSYS, calibrage du modèle avec les données expérimentales et l'étude comparative avec des bâtiments qui utilisent différentes constructions de murs. Sur la base d'un modèle thermique du bâtiment validée, l'analyse dynamique est réalisée afin d'évaluer l'impact de la masse thermique et de ventilation d'avant-toit et la nuit. Les résultats démontrent que la demande d'énergie de refroidissement est plus affectée par les valeurs de transmission thermique que par la masse thermique de l'enveloppe. Une ligne directrice recommandée pour la longueur de faux optimale pour les fenêtres orientées vers le sud-est proposé. En fin de compte, il est constaté que la combinaison des deux ventilations naturelle et des dispositifs d'ombrage horizontaux améliore le confort thermique des occupants et réduit considérablement le refroidissement de la demande d'énergie.

En 2005, M. AMIRAT et SMK EI HASER, ont déterminé la consommation électrique des ménages d'un foyer Algérien typique en période d'hiver.

Le travail exposé dans le cadre de cet article s'intéresse plus particulièrement à l'évaluation de la consommation électrique des ménages en période d'hiver. C'est un travail expérimental

important qui a permis, par un suivi in-situ, la détermination pratique de la consommation électrique poste par poste d'un foyer algérien moyen typique. Une attention toute particulière a été portée à la consommation électrique pour l'éclairage.

Le logement choisi pour faire l'objet d'une étude expérimentale est un logement de type F3 qui se situe au 3^{ème} étage d'un bâtiment d'une cité implantée dans la ville de Chéraga, à l'ouest d'Alger. [24]

En 2009, F. CALISSE fait une maximisation des économies d'énergie primaire de chauffage solaire et les systèmes de refroidissement par des simulations transitoires [25]

En 2010, M.A BOUKLI et al ont comparé par un bilan environnemental entre une maison existante à Tlemcen L'habitat se trouvant à l'ouest algérien dans la région de Tlemcen, Ouest, située à 850 m d'altitude, et jouissant d'un climat tempéré reconstruite avec des matériaux classiques (béton, brique) et la même maison avec des matériaux écologiques (liège, chanvre, bois). [26]

En 2012, F. CALISE fait une simulation dynamique et évaluation économique pour les systèmes de chauffage et refroidissement solaire haute température pour différentes méditerranée climat [27]

En 2013, A.DJLLOUL et al ont fait une simulation du comportement énergétique des bâtiments résidentiels au sud Algérien avec logiciel TRNSYS, pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels situés au climat chaud et sec (cas de la région de Biskra). [28].

En 2015, K. N ABDALLAA fait une conception et construction d'un système de refroidissement par absorption piloté par l'énergie solaire à Khartoum (en Soudan)

L'objectif de ce travail est de concevoir et construire un système de refroidissement par absorption de bromure de lithium-eau (LiBr-H₂O) d'une capacité nominale d'environ 1 TOR. Une analyse thermodynamique du cycle de refroidissement par absorption a été effectuée pour étudier l'effet de diverses conditions de fonctionnement sur les performances thermiques. Les résultats du travail expérimental effectué à Khartoum en 2015 montrent que la COP du système de refroidissement par absorption variait de 0,57 à 0,64. Les résultats montrent également que la température du générateur a eu un grand effet sur la performance des systèmes d'absorption et de capteurs solaires. [29]

1.8. PROBLEMATIQUE

Notre travail consiste à déterminer l'efficacité énergétique et surtout à intégrer les dispositifs solaires thermiques actifs pour le chauffage, climatisation et l'eau chaude sanitaire dans un bâtiment à haute performance énergétique. Ce logement est situé dans un site de Blida et rentre dans le cadre projet ECO BAT. Pour cela on doit d'abord étudier la conformité du bâtiment avec la réglementation thermique et dimensionner les besoins ensuite on entreprend l'étude de comportement thermique dynamique du bâtiment à l'aide d'un logiciel TRANSOL sous TRNSYS .seront suivis l'exploitation des résultats.

PRESENTATION DU PROJET

2.1. INTRODUCTION :

Parmi les 600 logements pilotes répartis sur 11 wilayas, 80 logements se situent à BLIDA. Ces logements sont l'objet de l'étude.

Dans ce chapitre, nous allons déterminer la zone climatique où se situe le projet et ses caractéristiques, puis une description globale du projet.

2.2. CLASSIFICATION DU CLIMAT EN ALGERIE

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale, sa superficie dépasse les deux millions de Km². Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales :[30]

- Zone A : Littoral marin ;
- Zone B : Arrière littoral montagne (Atlas tellien),
- Zone C : Hauts plateaux ;
- Zone D : Présaharien et saharien.

La région de Blida est située dans la **zone B**[31].

2.3. LA SITUATION ET LA DESCRIPTION DE LA VILLE DE BLIDA

2.3.1. Situation géographique :

La ville de Blida (Longitude : 2.8° et Latitude : 36.48°) se situe dans la partie nord centrale du pays, dans la zone géographique du Tell central. Chef-lieu de wilaya depuis 1974 située à 50 km de la capitale et à la bordure de la plaine de la Mitidja à 22Km de la mer.

Blida, s'est établie exactement au pied de versant nord de l'Atlas Tellien et s'étale jusqu'à la lisière sud de la plaine de Mitidja, située à 260m d'altitude.[2]

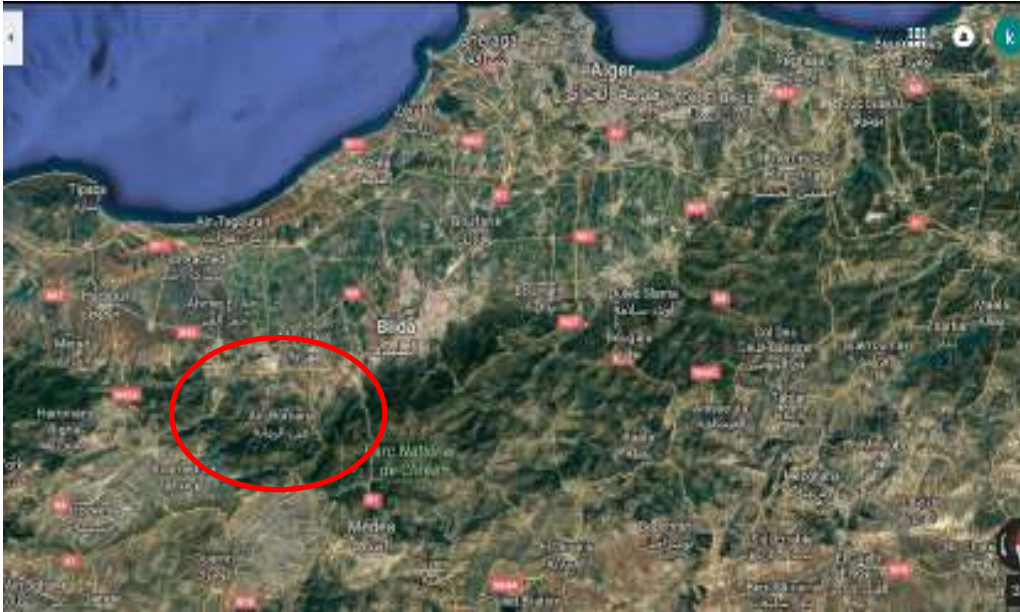


Figure 2.1. Situation géographique de la ville de Blida.

2.3.2 Situation territoriale :

La wilaya de Blida, par sa position centrale privilégiée, que ce soit au niveau local, régional ou national, est un carrefour entre les régions Est, Ouest, Centre et Sud.

Elle est limitée par les wilayas de Tipaza et d'Alger au nord, la wilaya de Ain Defla à l'Ouest, et par les wilayas de Boumerdes et de Bouira à l'Est et par la wilaya de Médéa au Sud, comme le montre la figure 2.2. [2]



Figure 2.2 : Wilayas limitrophes de la wilaya de Blida

2.3.3. Localisation du site (Ain Romana) :

La commune d'Ain Romana est située au sud-ouest de la wilaya de Blida, à environ 15 km à l'ouest de Blida et à environ 58 km au sud-ouest d'Alger, comme le montre la figure 2.3.

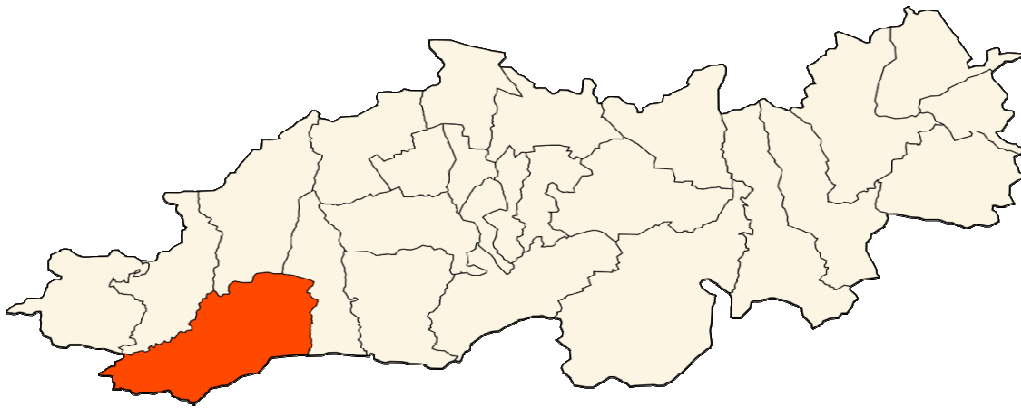


Figure 2.3. Situation de la commune d'Ain Romana

Elle appartient à la zone montagneuse du Chenoua-Zaccar de la région du Dahra. En plus elle est montagneuse et située dans le secteur ouest de parc national de Chréa sur le djebel de Mouzaia qui est le 2^e plus haut pic dans l'Atlas Blida en à 1603 m d'altitude. Elle s'étend sur une superficie de 101.38 km². [2]

2.4. LES DONNEES CLIMATIQUES :

L'Atlas tellien protège la ville des vents secs du sud en provenance des hauts palataux. Cette protection permet à la région de bénéficier d'un climat méditerranéen propice à l'agriculture qui se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

2.4.1. Variation de la température journalière

L'évolution de la température journalière sur notre site est donnée par la figure 2.4 par le logiciel METEONORM 7 [32] :

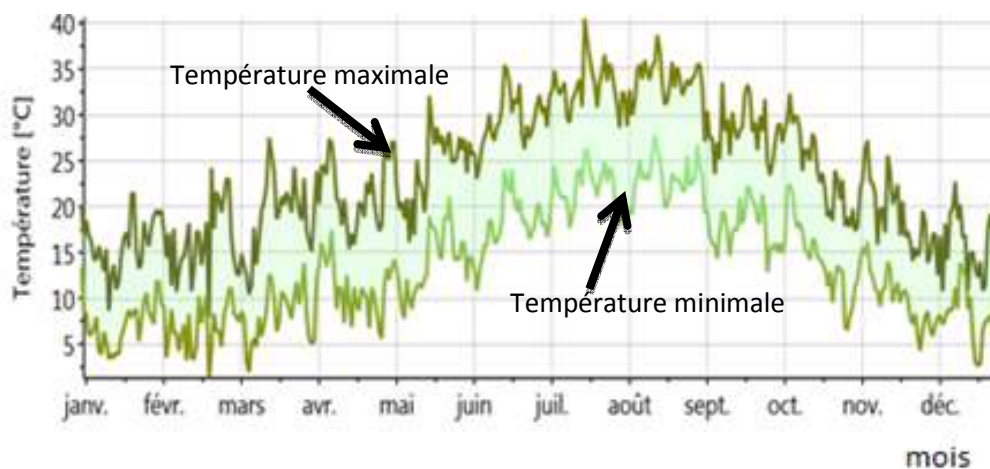


Figure 2.4. Valeurs journalières de la température

La température journalière varie entre 5 à 15°C en hiver et entre 20 à 40°C pour la saison d'été. On observe un écart plus ou moins régulier durant toute l'année. Un pic est observé la mi-juillet.

2.4.2. Variation du rayonnement global journalière

L'évolution du rayonnement solaire journalière sur notre site est donnée par la figure 2.5

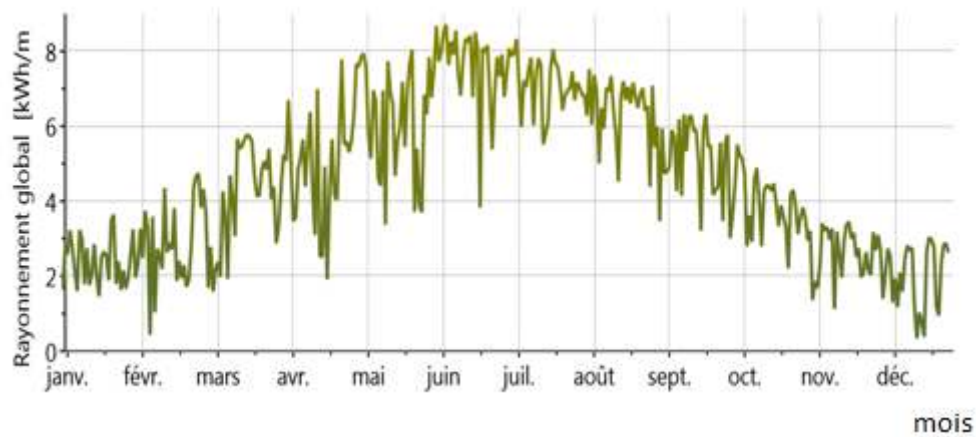


Figure 2.5. Moyennes journalières du rayonnement global

Le maximum du rayonnement global journalier peut atteindre 8 kWh/m² dans le mois de juillet.

2.4.3. Variation du rayonnement solaire moyen mensuel globale

L'évolution du rayonnement solaire moyen mensuel globale et diffus sur notre site est donnée par la figure 2.6.

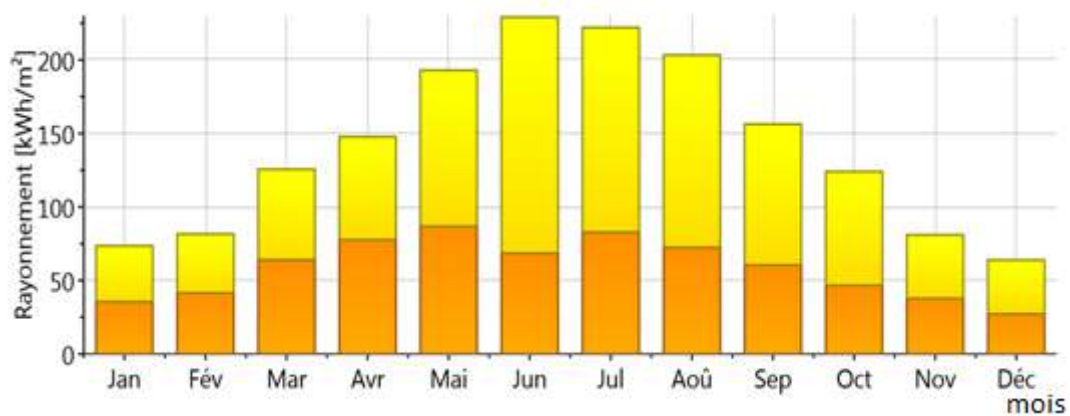


Figure 2.6. Rayonnement moyen globale et diffus

En hiver Le rayonnement diffus représente un pourcentage important du rayonnement global (40%), par contre il diminue en été avec l'éclaircissement du ciel. Un maximum est observé pour le mois de juin et juillet avec des valeurs de 220 kWh/m².

2.4.4. Variation de la durée d'insolation journalière

L'évolution de la durée d'insolation journalière sur notre site est donnée par la figure 2.7

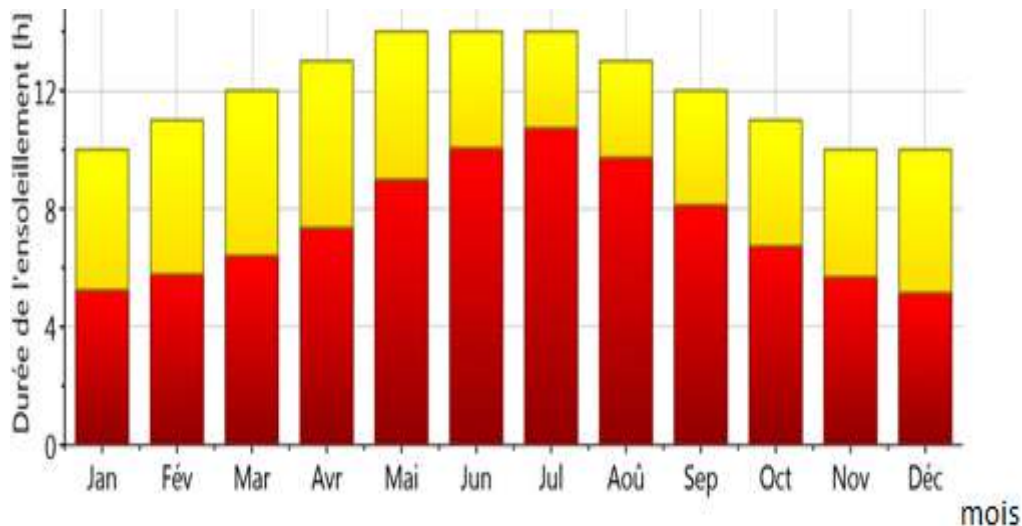


Figure 2.7. Valeurs Mensuelles de la durée d'insolation

On remarque que durant toute l'année, la durée d'ensoleillement dépasse 5h par jour et atteint 14h par jours en été, ce qui signifie un potentiel très important pour ce site

2.5. PRESENTATION DU PROJET :

La commune d'Ain-Romana a été choisie pour abriter le projet de réalisation de 80 logements HPE qui se trouve à Bordj El Amir Abdelkader, il se situe sur le piémont de Tamezguida, versant nord, fertile et boisé. D'une superficie de 9200m², le plan de ce projet ce projet est représenté en figure 2.8. (Source : l'OPGI Blida)



Figure 2.8. Plan de situation du projet (source : l'OPGI Blida)

Le projet obtient deux types de bloc R+4 et chaque bloc contient deux appartements par étage pour bénéficier du maximum de l'orientation, comme le représente la figure 2.9.



Figure 2.9. Façade du bloc à étudier (source : l'OPGI Blida)

Les logements sont de type tertiaire, des F3 d'une surface habitable environ 67 m².

Chaque appartement comporte : 2chambres (13.15 m², 12.10m²), un séjour (18.6m²), une cuisine (9m²) et une salle de bain (salle d'eau +toilette)(5m²) et un hall au cœur (7.5m²). Le plan est représenté sur la figure 2.10

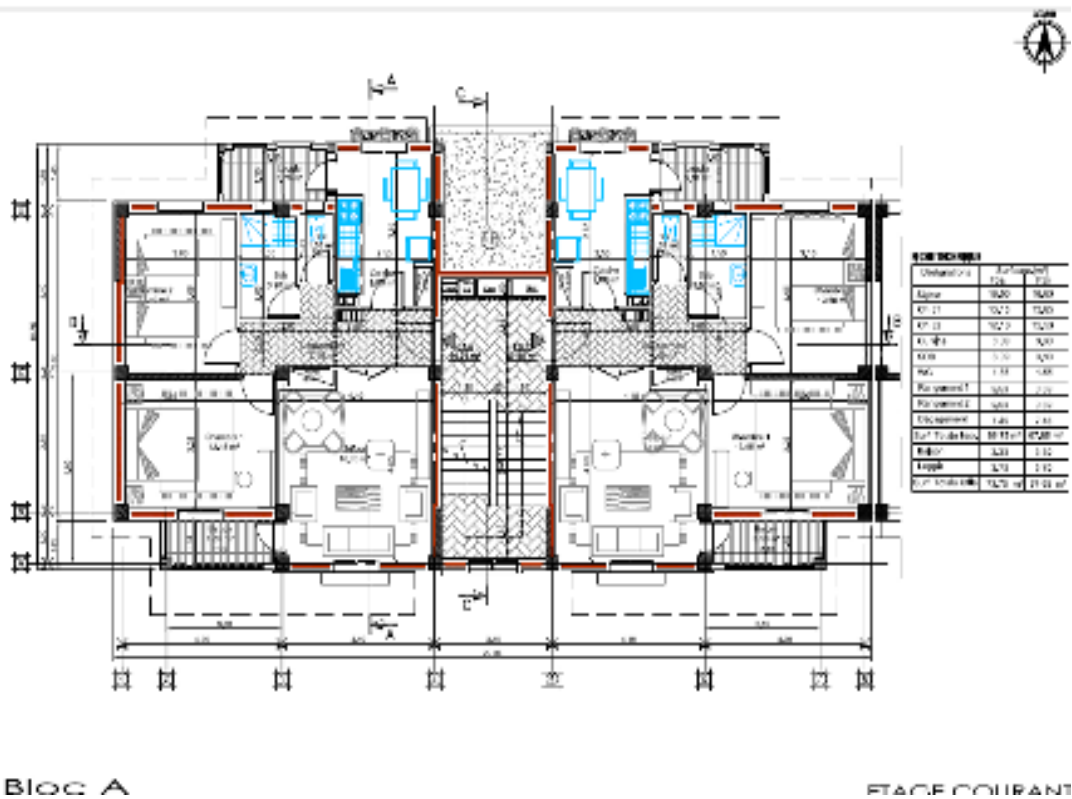


Figure 2.10. Plan d'étage courant (source : l'OPGI Blida)

2.6. COMPOSITION DES PAROIS DU BATIMENT :

L'appartement étudié dispose d'une isolation les parois qui la constituent. La composition des parois est donnée par le tableau 2.1.(Source : l'OPGI Blida).

Tableau 2.1. Composition des parois

Désignation Et Représentation	Composition	Epaisseur(m)	λ (W/m. °c)	R (m ² . °c/W)
Paroi Extérieur	1. Mortier	0.02	1.15	0.017
	2. Brique creuse	0.10	0.48	0.21
	3. Polystyrène	0.05	0.046	1.08
	4. Brique creuse	0.10	0.48	0.21
	5. Plâtre	0.02	0.35	0.06
Paroi Intérieure	1. Plâtre	0.02	0.35	0.06
	2. brique creuse	0.10	0.48	0.21
	3. plâtre	0.02	0.35	0.06
Plancher Haut	1. plâtre	0.015	0.35	0.04
	2. hourdis	0.16	1.14	0.14
	3. béton	0.04	1.75	0.02
	4. polystyrène	0.10	0.046	2.17
	5. mortier	0.03	1.15	0.02
	6. tuile en cuite	0.01	0.80	0.01
Plancher bas	1. carrelage	0,02	2,10	0,01
	2. Mortier	0,04	1,15	0,03
	3. béton	0,20	1.75	0,11

2.7. LES CARACTERISTIQUES DES OUVRANTS

2.7.1. LES FENETRES :

Les fenêtres utilisées dans notre habitat sont des fenêtres en bois avec un simple vitrage avec les caractéristiques mentionnés dans le tableau 2.2 :

Tableau 2.2 : Caractéristiques de la fenêtre utilisée

	Cadre 30%	Vitrage 70%	Cadre+ vitrage 100%
Facteur solaire	-	0.90	0.63
Coefficient U (W/m².K)	3.00	4.95	4.36

Nom : Fenêtre en bois simple vitrage

Complément : Simple vitrage

Origine : Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"

Nombre de vitrage : 1

Coefficient U ($W/m^2.K$)= 2.9

2.7.2. Les portes :

Les portes utilisées dans notre habitat sont des portes en bois opaque avec les caractéristiques suivantes :

Nom : Porte bois intérieure

Complément : donnant sur local non chauffé

Nombre de vitrage : opaque

Coefficient U ($W/m^2.K$)= 5.00

BILAN THERMIQUE DU BATIMENT ET DIMENSIONNEMENT

3.1. INTRODUCTION :

Si l'on désire optimiser le confort tout en minimisant la consommation d'énergie, il est nécessaire de comprendre ou passant les flux de chaleur et de connaître leur importance. Or il est difficile et onéreux de mesurer tous les flux de chaleur traversant un bâtiment, et cette mesure est impossible sur un bâtiment en projet. C'est pour quoi le calcul thermique du bâtiment est d'une grande utilité.

Les outils de simulation thermique permettent d'évaluer les besoins énergétiques et le niveau de confort thermique des bâtiments de manière plus détaillée que les méthodes simplifiées telle utiliser dans le DTR (Document Technique Réglementaire) suffisante en principe pour trouver des solutions techniques admissibles.

Dans ce chapitre nous allons calculer le bilan thermique du logement en appliquant la réglementation thermique Algérienne C3.2 et C3.4 pour voir tout les besoins de ce bâtiment qui facilite le dimensionnement de l'installation solaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la climatisation

3.2. PRESENTATION DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE ALGERIENNE :

Sous le titre de Réglementation thermique des bâtiments d'habitation : DTR C 3-2. Les règles de calcul des déperditions calorifiques, DTR C 3-2 définissent les performances thermiques mais comprennent aussi des conventions de calcul pour le dimensionnement des installations de chauffage.

La réglementation Algérienne s'inspire en grande partie de la réglementation française, par contre les méthodes de calcul utilisées sont plus simples, elle autorise, du moins dans certaines limites, le calcul informatisé des besoins de chauffage

Ceci est un point positif puisque cela permet de profiter de l'inertie thermique d'un bâtiment ; un facteur très important étant donné le type de climat et de constructions existantes diffère en Algérie.

Une réglementation prenant en compte le confort thermique est prise en considération surtout durant les périodes chaudes. Une telle réglementation est d'une importance capitale étant donné le problème du confort en période d'été et de la consommation d'énergie due à la climatisation utilisée dans de nombreuses régions d'Algérie.

Le présent Document Technique Réglementaire (DTR3.2) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour le problème d'hiver[31].

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

Les méthodes de calculs présentées dans le DTR sont des méthodes simples, testées par ailleurs, suffisantes en principe pour trouver des solutions techniques admissibles. Bien entendu, il appartient au concepteur d'effectuer dans les cas limites des calculs plus précis (utilisation de logiciels de simulation opérant en régime dynamique).

3.3. CALCUL DES DEPERDITIONS ET LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE :

Nous allons calculer dans ce qui suit les déperditions et la puissance de chauffage

3.3.1. Vérification réglementaire

Les déperditions par transmission DT du logement doivent vérifier. [26].

$$D_T \leq 1,05 \times D_{\text{réf}}[\text{W}/^\circ\text{C}] \quad (3.1)$$

Où : $D_{\text{réf}}$ (en $\text{W}/^\circ\text{C}$) représente les déperditions de référence.

3.3.2. Calcul des déperditions de référence

Les déperditions de référence $D_{\text{réf}}$ sont calculées par la formule suivante [26] :

$$D_{\text{réf}} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5[\text{W}/^\circ\text{C}] \quad (3.2)$$

Où :

S_1 : surface de toiture,

S_2 : surface de plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés,

S_3 : surfaces des murs,

S_4 : surface des portes,

S_5 : surface des fenêtres et les portes-fenêtres.

* $a / b / c / d / e$ sont des coefficients (en $\text{W}/\text{m}^2, ^\circ\text{C}$) dépendent de la nature du logement et de la zone climatique (voir page 17 du DTR C 3-2)

-Dans notre cas on est dans la zone B ($a=0.9, b=2.4, c=1.2, d=3.5, e=4.5$)

3.3.3. DEPERDITIONS PAR TRANSMISSION D'UN VOLUME

Les déperditions par transmission $(D_T)_i$ d'un volume i sont données par: [22]

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i \quad [W/^\circ C] \quad (3.3)$$

Où :

- $(D_s)_i$ représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec; (en $W/^\circ C$)

- $(D_{li})_i$ représente les déperditions à travers les liaisons; (en $W/^\circ C$)

- $(D_{sol})_i$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol (en $W/^\circ C$)

- $(D_{inc})_i$ représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés (en $W/^\circ C$)

3.3.3.1. Les déperditions surfaciques par transmission à travers une paroi :

Pour une différence de température de $1^\circ C$ entre les ambiances que sépare cette paroi, sont données par la formule : [22]

$$D_s = K \times A \quad [W/^\circ C] \quad (3.4)$$

Où :

- K est le coefficient de transmission surfacique (appelé aussi conductance) ; (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$)

- A est la surface intérieure de la paroi. (en m^2)

Le coefficient K est donné par la formule suivante :



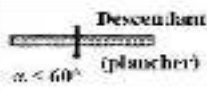
$$1/K = \sum R + 1/h_e + 1/h_i \dots \dots \dots \quad [m^2 \cdot ^\circ C/W] \quad (3.5)$$

Où:

- $\sum R$ représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau dépend de la nature du matériau, c'est à dire s'il est homogène ou non ; (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$)

- la somme $1/h_e + 1/h_i$: représente la somme des coefficients d'échange superficiel, prise conformément aux conventions adoptées (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$). Représenter dans le tableau suivant :

Tableau 3.1. Les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieurs

$\frac{l}{h}$ en $m^2 \cdot ^\circ C/W$	Pareoi en contact avec :			Pareoi en contact avec :		
	- l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			- un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_1$	$1/h_2$	$1/h_1 + 1/h_2$	$1/h_1$	$1/h_2$	$1/h_1 + 1/h_2$
Latéral (Mur)  $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Ascendant (toiture)  $\alpha < 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
Descendant (plancher)  $\alpha < 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

3.3.3.2. Déperditions à travers les ponts thermiques

Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique, D_{li} , sont données par la formule :

$$D_{li} = 0.12 \times D_T \dots \dots \dots [W/^\circ C] \tag{3.6}$$

3.3.3.3. Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol D_{sol}

Les déperditions D_{sol} , pour un plancher bas, sont données par la formule :

$$D_{sol} = k_s \times p \dots \dots \dots [W/^\circ C] \tag{3.7}$$

Où :

- k_s est le coefficient de transmission linéique du plancher bas ou du mur (en $W/m \cdot ^\circ C$)
- p est la longueur de la paroi (en m)

3.3.3.4. Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés

Les déperditions D_{inc} par transmission par degré d'écart à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont données par la formule suivante :

$$D_{inc} = T_{au} \times [\sum (K \times A) + \sum (k_l \times L)] \dots \dots \dots [W/^\circ C] \tag{3.8}$$

Où :

- K est le coefficient de transmission surfacique de chaque partie (cf. chapitre 3)(en $W/m^2 \cdot ^\circ C$)
- A est la surface intérieure de chaque partie surfacique ;(en m^2)
- k_l est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison (cf. chapitre 4) ;(en $W/m \cdot ^\circ C$)

- L est la longueur intérieure de chaque liaison ;(en m)
- T_{au} est le coefficient de réduction de température ;

3.4. DEPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR D'UN VOLUME :

Ce terme représente la quantité d'énergie nécessaire pour porter aux conditions intérieures désirées, l'air extérieur entrant dans le bâtiment par infiltration et ventilation. Les infiltrations dépendent de la perméabilité de l'enveloppe et ne peuvent être contrôlées que jusqu'à un certain point. Un renouvellement d'air minimum est nécessaire pour obtenir un niveau acceptable de la qualité de l'air intérieur dans le bâtiment. Ce renouvellement d'air représente une perte de chaleur en hiver, et un gain de chaleur en été.

Donc Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume (D_R) sont données par : [31]

$$D_R = 0,34 \times (Q_v + Q_s) \dots\dots\dots [W/^\circ C] \quad (3.9)$$

Où :

- 0,34 (en Wh/m³.°C) est la chaleur volumique de l'air;
- Q_v (en m³/h) est le débit spécifique de ventilation ;
- Q_s (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.

- Le débit spécifique de ventilation Q_v pour un logement est donné par la formule suivante : [22]

$$Q_v = \text{Max} [0,6 \times V_h; Q_{v\text{réf}}] \dots\dots\dots [m^3/h] \quad (3.10)$$

Où :

- V_h (en m³) désigne le volume habitable ;($V_h=67*3=201m^3$).
- $Q_{v\text{réf}}$ (en m³/h) désigne le débit extrait de référence.

- Le débit extrait de référence $Q_{v\text{réf}}$ est donné par la formule suivante : [31]

$$Q_{v\text{réf}} = (5Q_{v\text{min}} + Q_{v\text{max}}) / 6 \dots\dots\dots [m^3/h] \quad (3.11)$$

Où :

- $Q_{v\text{max}}$ est le débit extrait maximal de référence,(en m³/h) (tableau 7.2 DTR3.2)
- $Q_{v\text{min}}$ est le débit extrait minimal de référence.(en m³/h) (tableau 7.1 DTR3.2)

- le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent Q_s (en m³/h) [31]

$$Q_s = \sum (p_{pi} - e_{vi}) \dots\dots\dots [m^3/h] \quad (3.12)$$

Où:

- e_{vj} Le coefficient d'exposition au vent e_v est tiré du tableau 7.2 de DTR 3-2

3.5. PUISSANCE DE CHAUFFAGE :

Théoriquement, il suffirait d'une puissance utile installée égale aux déperditions pour être en mesure d'assurer à l'ambiance intérieure la température désirée. Dans la pratique, compte tenu de l'inertie du bâtiment (air et parois), et compte tenu des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries,

La puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement est donnée par: [31]

$$Q = [t_{bi} - t_{be}] \times [(1 + \text{Max}(c_r; c_{in})) D_T] + [(1 + c_r) \times D_R] \dots\dots\dots [W] \quad (3.13)$$

Où :

- t_{bi} (en °C) représente la température intérieure de base,
- t_{be} (en °C) représente la température extérieure de base, (tiré du tableau 2.2 du DTR)
- D_T (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement,
- D_R (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement,
- c_r (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel, dans notre cas $c_r = 0.1$
- c_{in} (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance. ($C_{in} = 0.15$ dans notre cas)

Dans notre cas : $t_{bi} = 21^\circ\text{C}$

$t_{be} = 2^\circ\text{C}$ [31]

Tableau 3.2 : Les résultats de calcul de déperdition thermique du logement étudiant Bloc A :
(les résultats de calcul obtenu par logiciel RETA)

Bloc A	Désignation	nbre	Surface (m ²)	Coef (w/m ² k)	Déperditions (w/c)
Sud	Mur	-	282,50	0,57	186,17
Sud	Fenêtre	20	28,80	4,40	78,38
Nord	Mur	-	274,60	0,57	180,97
Nord	Porte principale	1	2,88	3,5	12,10
Nord	Fenêtre	20	28,8	4,40	220,08
Nord	Fenêtre (SDB)	20	5	2,9	14,5
Est	Mur	-	143,80	0,57	94,77
Est	Porte	10	20,60	3,5	72,1
Ouest	Mur	-	143,80	0,57	94,77
Ouest	porte	10	20,60	3,5	72,1
-	Plancher bas	-	168,00	2,01	0,00
-	Plancher haut	-	168,00	0,42	78,38

Déperditions totale = 1 276,09W/°C

Les déperditions de référence = 2 048,82 W/°C

La vérification réglementaire C 3-2 : conforme

La puissance de chauffage = 51KW

3.6. CALCUL DES APPORTS SOLAIRE ET LA PUISSANCE DE CLIMATISATION :

❖ Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments [33]

" CLIMATISATION " :

DTR C3.4

3.6.1. Objet du document :

a pour objet de fixer :

- les méthodes de détermination des apports calorifiques des bâtiments,
- la méthode de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.

3.6.2. Domaine d'application :

Les méthodes de détermination des apports calorifiques des locaux :

- à usage d'habitation,
- d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salles de repos, ...),
- à usage de bureaux,
- d'enseignement (classes, salles d'études, ...),
- d'accueil (bibliothèques, bureaux de poste, banques, ...),
- de réunion (salles de spectacle, lieux de culte, ...),
- de vente (boutiques, supermarché, ...),
- de restauration (café, restaurant, cantine, ...),
- à usage artisanal (salon de coiffure, laboratoire de boulangerie, petit atelier, etc.).

3.6.3. Méthodologie :

- ⊙ locaux concernés sont conditionnés
- ⊙ Les conditions intérieures du local conditionné sont considérées constantes.
- ⊙ Les **APO** extérieures tiennent compte de ΔT , de l'ensoleillement, de K
- ⊙ Les **APV**, ainsi que les gains internes, sont calculés en considérant qu'une partie de ces gains est amortie par les parois opaques internes et externes.
- ⊙ On considère le régime permanent pour déterminer les apports calorifiques à travers les parois intérieures.
- ⊙ On admet que le régime des conditions extérieures est cyclique.

3.6.4. Principe des calculs des apports calorifiques :

1. Les apports calorifiques doivent être déterminés selon les étapes suivantes :

- ⊙ Définition des zones.
- ⊙ Calcul des apports calorifiques pour chaque volume thermique.
- ⊙ Calcul des apports calorifiques effectifs.
- ⊙ Calcul de la puissance frigorifique.

2. Les calculs doivent être menés pour le mois de Juillet (DTR C 3-4)

3.6.5. Principe de la vérification réglementaire :

La vérification réglementaire des locaux à usage d'habitation, de bureaux et d'hébergement, doit s'effectuer selon les étapes suivantes :

- Calcul pour l'ensemble du local (supposé conditionner) à 15 h TSV, pour le mois de Juillet :

- Des apports par les parois opaques aériennes
 - Des apports par les parois vitrées,
- Calcul des apports calorifiques de référence.
- Vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des locaux.

3.6.6. Formules générales :

➤ **Calcul des apports :**

Les apports calorifiques sensibles As et latents Al sont donnés par

$$As = APO + AV + AIs + AINFs \dots\dots\dots [W] \quad (3.13)$$

$$Al = AIl + AINFl \dots\dots\dots [W] \quad (3.14)$$

- APO les apports par les parois opaques, (en W)
- AV les apports à travers les parois vitrées, (en W)
- AIs et AIl les parties sensibles et latentes des apports internes. (en W)
- AINFset AINFl les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air. (en W)

⊙ **Les apports calorifiques effectifs :**

Les apports calorifiques effectifs sensibles AEs et latents AEI sont donnés par :

$$AEs = (C\Delta as \cdot As) + (BF \cdot ARENs) \dots\dots\dots [W] \quad (3.15)$$

$$AEI = (C\Delta al \cdot Al) + (BF \cdot ARENI) \dots\dots\dots [W] \quad (3.16)$$

As représente les gains sensibles, (en W)

Al représente les gains latents, (en W)

$AREN$ set $ARENI$ représentent les parties sensibles et latentes des apports dues à la ventilation des locaux; (en W)

BF ou facteur de by-pass exprime la partie de l'air extérieur (air neuf) non traité.

Les facteurs de by bus sont donnés par le tableau 3.3 :

Tableau 3. 3 : Les facteurs de by bus de chaque local

Types de locaux	Facteur BF
Habitation, locaux à usage d'hébergement	0,3 à 0,50
locaux à usage d'enseignement, de bureaux, de réunion, petits magasins	0,2 à 0,3
Banques, ateliers	0,1 à 0,2
Lieu de restauration, grands magasins hôpitaux, salles d'opérations, lieux de stockage	0,05 à 0,1
Locaux abritant des équipements sensible	< 0,1

$C\Delta_{as}$ est un coefficient majorateur des gains sensibles (échauffement du ventilateur, réseau de conduits d'air traversant des locaux)

- ⊙ **$C\Delta_{al}$ est un coefficient majorateur des gains latents qui prend en compte les gains supplémentaires sont donnés par le tableau 3 . 4**

Tableau 3.4 :les coefficients majorateurs des gains sensibles et latents :

Disposition des conduits d'air	$C\Delta_{as}$	$C\Delta_{al}$
Installation sans réseau de conduits d'air (climatiseurs individuels), installation dont les conduits d'air sont à l'intérieur de locaux climatisés	1,05	1,00
Installation dont les conduits d'air sont à l'extérieur de locaux climatisés ou traversant locaux non climatisés	1,15	1,1

Les apports calorifiques totaux

Les apports calorifiques totaux sensibles AT_s et latents AT_l sont donnés par :

$$AT_s = (C.as. As) + ARENs \dots\dots\dots [W] \quad (3.17)$$

$$AT_l = (C.al. Al) + ARENl \dots\dots\dots [W] \quad (3.18)$$

Où :

As représente les gains sensibles (en W),

Al représente les gains latents(en W),

C.as et C.al sont des coefficients majorateurs des gains sensibles et latents,

ARENs et ARENl représentent les apports sensibles et latents dus à la ventilation des locaux(en W).

Vérification réglementaire

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1,05 . Aréf (15 h) \dots\dots [W] \quad (3 .19)$$

Où :

APO désigne les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes(en W);

AV désigne les apports calorifiques à travers les parois vitrées(en W) ;

Aréf désigne les apports calorifiques de référence(en W).

Les apports calorifiques de référence Aréf :

Les apports calorifiques de référence Aréfsont donnés par :

$$\mathbf{Aréf} = \mathbf{Aréf,PH} + \mathbf{Aréf,PV} + \mathbf{Aréf,PVI} \dots \dots \dots \mathbf{[W]} \quad \mathbf{(3.20)}$$

Aréf, PH désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques horizontales(en W),

Aréf, PV désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois opaques verticales(en W) ,

Aréf, PVI désigne les apports calorifiques de référence à travers les parois vitrées(en W).

Apports de référence des parois opaques horizontales Aréf,PH

Les apports calorifiques de référence des parois opaques horizontales *Aréf,PH* sont calculés par la formule suivante :

$$\mathbf{Aréf,PH} = \mathbf{\Sigma (a \cdot Sint \cdot \Delta TSréf,PH)} \dots \dots \dots \mathbf{[W]} \quad \mathbf{(3.21)}$$

a est un coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique(en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) ;

Sint désigne la surface de la paroi horizontale comptée de l'intérieur(en m^2) ;

$\Delta TSréf, PH$ est la différence de température de référence pour les parois horizontales(en $^\circ C$) .

Apports de référence des parois opaques verticales Aréf,PV

Les apports calorifiques de référence des parois opaques verticales Aréf, PV sont calculés par la formule suivante :

$$\mathbf{Aréf,PV} = \mathbf{\Sigma (c \cdot Sint \cdot \Delta TSréf,PV)} \dots \dots \dots \mathbf{[W]} \quad \mathbf{(3.22)}$$

c est un coefficient lié à la nature de la construction et fonction de la zone climatique(en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) ;

Sint désigne la surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur (en m^2);

$\Delta TSréf,PV$ est la différence de température de référence pour la paroi opaque verticale ; la latitude et de l'orientation de la paroi(en $^\circ C$).

Apports de référence des parois vitrées Aréf, PVI

Les apports de référence pour les parois vitrées sont donnés par la somme des apports de référence de chaque paroi vitrée.

Les apports de référence Aréf, PVI pour une paroi vitrée en contact avec l'extérieur sont donnés par :

$$\mathbf{Aréf, PVI} = \mathbf{AVEréf} + \mathbf{AVTréf} \dots \dots \dots \mathbf{[W]} \quad \mathbf{(3.23)}$$

AVEréf désigne les apports de référence dus à l'ensoleillement(en W),

AVTréf désigne les apports de référence dus au gradient de température(en W).

Les apports de référence *AVEréf* dus à l'ensoleillement

Les apports de référence dus à l'ensoleillement à travers une paroi vitrée *AVEréf* sont donnés par :

$$AV_{\text{réf}} = [SV_{\text{ens}} \cdot It + (SV - SV_{\text{ens}}) \cdot Id] \cdot FS_{\text{réf}} \cdot N_{\text{PVI, réf}} \dots \dots \dots [W] \quad (3.24)$$

SV (en m²) est la surface totale vitrée,

SV_{ens} (en m²) est la surface vitrée ensoleillée à 15 h TSV;

It (en W/m²) est le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et la latitude

Considérées;

Id(en W/m²) est le rayonnement diffus maximal réel;

FS_{réf} est le facteur solaire de référence ;

N_{PVI, réf} est le coefficient d'amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées pour l'orientation considérée ; les valeurs de N_{PVI, réf} sont données par le tableau suivant:

Tableau3.4 : Valeurs de N_{PVI, réf}

Types de locaux	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Logement, locaux à usage d'hébergement	0,95	0,26	0,31	0,44	0,68	0,62	0,43	0,30
Bureaux	0,98	0,19	0,21	0,28	0,65	0,77	0,61	0,40

Les apports de référence AV_{Tréf} :

Les apports de référence dus au gradient de température à travers une paroi vitrée AV_{Tréf} sont donnés par :

$$AV_{\text{Tréf}} = e' \cdot \text{Souv} \cdot \Delta T_{\text{Sréf, PVI}} \dots \dots \dots [W] \quad (3.25)$$

Où :

e' est un coefficient relatif à la nature des locaux ; la valeur de e' (en W/m². °C);

Souv est la surface d'ouverture dans le mur(en m²) ;

ΔT_{Sréf,PVI} est la différence de température de référence(en °C)

Les apports de référence Aréf, PVI :

Les apports de référence Aréf, PVI pour une paroi vitrée en contact avec un local non conditionné sont donnés par :

$$Aréf, PVI = 4,5 \cdot \text{Souv} \cdot \Delta T_{\text{Sréf, PVI}} \dots \dots \dots [W] \quad (3.26)$$

où :

Souv est la surface d'ouverture dans le mur (en m²);

ΔT_{Sréf, PVI} est la différence de température de référence des parois vitrées(en °C)

Le Temps Solaire Vrai, TSV

Le Temps Solaire Vrai, TSV, pour le territoire national est donné par :

$$\text{TSV} = (\text{TO} - 1) + (4 \cdot \text{SHFT}) + \text{ET} \dots \dots \dots [\text{h}] \quad (3.27)$$

Où :

SHFT est la longitude, positive à l'Est de Greenwich (méridien de référence) (en degrés),

TO est l'heure officielle(en heures) ;

ET est l'équation du temps(en minutes)

➤ **VERIFICATION REGLEMENTAIRE :**

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h TSV, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$\text{APO (15 h)} + \text{AV (15 h)} \leq 1,05 \cdot \text{Aréf (15 h)} \dots \dots \dots [\text{W}] \quad (3.28)$$

Où :

APO : désigne les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes(en W);

AV : désigne les apports calorifiques à travers les parois vitrées(en W) ;

Aréf : désigne les apports calorifiques de référence(en W)

3.7. LES RESULTATS DE CALCUL :(les résultats obtenu par logiciel de calcule RETA)

Sont donnée parle tableau 3.5

Tableau 3.5 :Les résultats de calcule des apports thermique du logement étudiant Bloc A :

Bloc	Désignation	nbre	Surface (m ²)	Coef (w/m ² k)	apports(w)
Aud	Mur	-	282,50	0,58	3 151,61
Aud	Fenêtre	20	28,80	4,37	5 486,03
Nord	Mur	-	274,60	0.58	1 914,51
Nord	Porte principale	1	2.88	3.47	90.54
Nord	Fenêtre	20	28.8	4,37	3365.76
Est	Mur	-	143,80	0.58	2 046,88
Est	Porte	10	20.60	3.47	5 973,62
Ouest	Mur	-	143,80	0.58	1 708,34
Ouest	porte	10	20.60	3.47	5973.62
-	Plancher bas	-	182,40	3.04	7 157,81
-	Plancher haut	-	182,40	0.41	1 750,60

Résultats des apports totales :

Les Apports Totales : 8 203,49 W

Vérification C-3.4 : Non conforme

Nombre d'occupants : 40 personnes

Puissance de climatisation =53 kW

3.8. LES BESOINS ENERGETIQUES DE L'EAU CHAUDE

SANITAIRE :

Il n'existe encore aujourd'hui aucun texte officiel qui fixe les valeurs de consommation d'eau chaude sanitaire à prendre en compte dans les calculs, aussi bien en quantité d'eau qu'en niveau de température.

En qui concerne l'habitat, la valeur de la consommation moyenne journalière la plus communément retenue est de 50 litres d'eau à 45 ° C par personne et par jour.

Nous retiendrons la valeur moyenne de 2000 litres d'eau à 45°C par jour, pour une famille de 4 personnes. [34]

Donc pour notre cas les besoins journaliers de l'eau chaude sanitaire est de 2000 litres de température de 45 °C et d'un stockage de 3000 litres.

3.9. DIMENSIONNEMENT :

La surface des capteurs est la variable essentielle dans le dimensionnement dans de telles installation car elle conditionne la production utile du système. Dans notre cas, le dimensionnement de surface de captation se fait sur la base de la surface disponible dans la toiture. La figure 3.1 Représente la façade sud du bâtiment et la toiture ou on va intégrer le champ de captation :

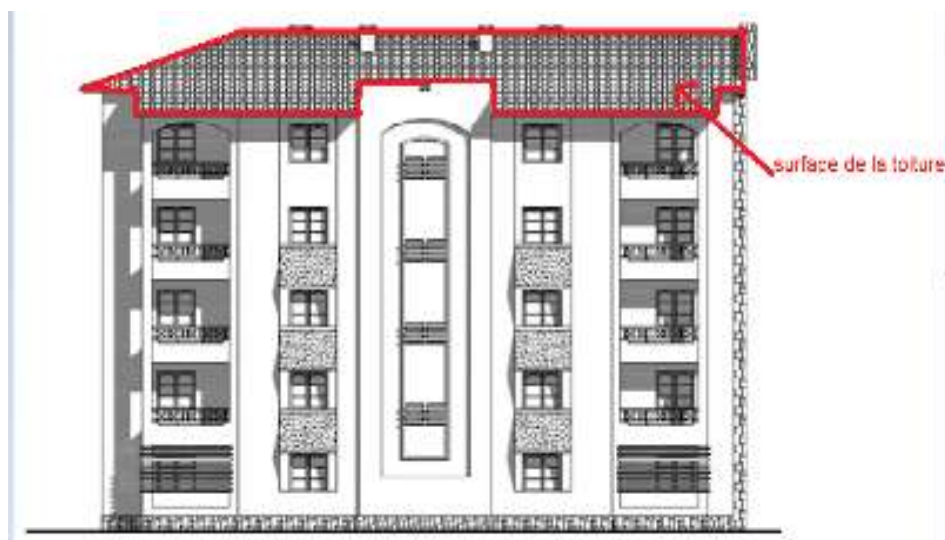


Figure 3.1 : Façade sud

Pour le calcul de l'inclinaison de la toiture, on a les dimensions de la toiture sont comme suit $L = 5.6$ m et la hauteur est de 2.1 m.

La figure suivante représente une coupe de la toiture avec l'appartement R+4 :



Figure 3.2 : Coupe de la toiture avec appartement R+4

L'angle de la toiture se calcul comme suit

$$\alpha = \tan^{-1} (2.16/5.9) = 20.10^\circ \quad (3.29)$$

Pour calculer la surface de captation, on a utilisé un programme sous MATLAB. Ce programme est basée sur la méthode f-chart, élaboré par l'équipe PNR sur le chauffage industriel, le résultat de simulation a donné une surface de captation pour l'eau chaude est de 34m^2 qui correspond au ratio moyen de $75\text{L}/\text{m}^2$ [37]. (Voir annexe 3)

Par contre pour le chauffage de notre habitation, nous avons utilisé le ratio de 10m^2 de surface habitable pour 1m^2 de surface de captation, pour ces aurons une surface de 67.5m^2 . [34].

Ce qui concerne la surface de climatisation, nous avons aussi utilisé un ratio de 1.5m^2 de surface pour une puissance de 1kW alors on aura une surface de 80m^2 [36]

L'implantation des capteurs sur la surface disponible sur la toiture de l'habitation est représenté en figure 3.3

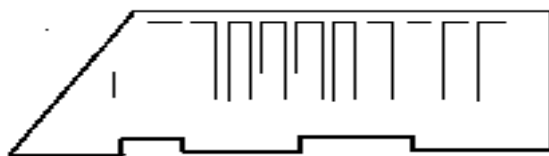


Figure 3.3. Schéma représentatif de l'implantation des capteurs (côté sud)

Les données de l'installation des capteurs sont données par le tableau 3.6

Tableau 3.6. les données pour notre installation :

Le nombre des capteurs	31 capteurs
Le nombre des rangés	3rangésde capteurs
Le nombre des capteurs en série	2capteurs
La distance entre deux capteurs en série	0.5 m
L'inclinaison des capteurs	20. °
Surface net du capteur	2.6 m ²

- Pour notre cas on a la puissance de climatisation est de 53 kW, pour cela on a choisi la puissance de la machine égale à 70 kW qui est disponible dans le marché et sur le logiciel. **(Voir annexe 2)**.
- Pour le dimensionnement de l'échangeur de chaleur solaire, on a utilisé un ratio de 750 W pour un (01) m² de surface utile de capteur de [37], Alors la puissance totale de l'échangeur en fonction de notre surface de captation est de 60 kW. Son coefficient d'échange surfacique échangeur : 450 W/m².°C

RESULTATS ET DISCUSIONS

4.1. INTRODUCTION:

De bonnes performances passe systématiquement par un bon dimensionnement du système. Dans ce chapitre nous présentons les étapes de calcul dans notre simulation ainsi les résultats obtenus

4.2 .Description du système :

Notre système est représenté par la figure 4.1

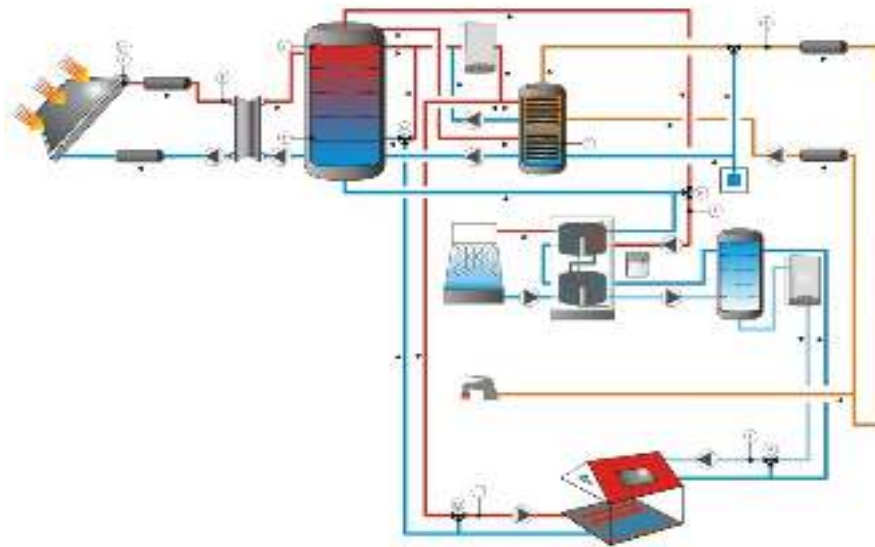


Figure 4.1 : Schéma d'installation solaire étudiée

Système solaire thermique pour le chauffage et la climatisation avec échangeur externe, ballon solaire et auxiliaire avec connexion indirecte, et appoint connecté directement au chauffage et indirectement à l'ECS.

DESCRIPTION

Le système se compose d'un ensemble de capteurs solaires qui fournissent de l'énergie au ballon solaire à travers un échangeur de chaleur externe. Les deux ballons sont connectés par un échangeur immergé au bas du ballon auxiliaire. L'énergie fournie au ballon auxiliaire peut aussi provenir d'un chauffage auxiliaire hydraulique au travers d'un échangeur de chaleur situé dans la zone haute du ballon. Dans la boucle de distribution, une recirculation peut permettre d'obtenir la température de consigne d'ECS.

La machine à froid est directement connectée au ballon solaire, et fonctionne lorsqu'un besoin en climatisation apparaît et si la température du ballon est supérieure à la température de consigne. Le débit à travers le générateur est constant, le fluide est donc mélangé à l'entrée de manière à ajuster la puissance de la machine. La tour de refroidissement est contrôlée par un VFD. La température de retour à la tour est maintenue supérieure à la consigne par une vanne qui mélange avec le fluide d'entrée. Le débit de la boucle de distribution du froid est toujours variable, avec températures d'entrée et de retour constantes.

Le circuit de chauffage peut être alimenté par l'eau chaude du bas du ballon, et si nécessaire directement par l'appoint. Température et débit peuvent être fixes ou variables.

La régulation du circuit primaire peut être réalisée par la mesure de l'ensoleillement ou par la mesure d'un différentiel de température. La régulation par l'ensoleillement est effectuée en mesurant les radiations arrivant sur les capteurs. La régulation par la mesure du différentiel de température compare la température du capteur et la température de la partie inférieure du ballon. La boucle secondaire peut être contrôlée de manière croisée avec la boucle primaire ou de manière indépendante en comparant la température du côté chaud de l'échangeur avec celle en bas du ballon. Dans tous les cas, le débit de la pompe peut être fixe ou variable (match-flow).

Le système arrête la circulation si la température du ballon ou celle du capteur est supérieure aux températures maximales de sécurité respectives. Il est également possible d'utiliser un dissipateur de chaleur dans la boucle primaire.

Le système d'appoint fonctionne si la température du ballon est inférieure à la température

de consigne ou s'il y a un besoin en chauffage et que la température en bas du ballon n'est pas suffisante. Cette valeur de température de consigne doit être supérieure à la température d'ECS requise pour la consommation.

4.3. DESCRIPTION DES OUTILS DE SIMULATION :

Dans cette étude trois types de logiciel ont été utilisés, le premier est le logiciel METEONORM (version 7), il a servi pour la génération des fichiers météorologiques pour le site étudié, ce logiciel a été développé par la société suisse METEOTEST. Le deuxième est le logiciel TRANSOL sous TRNSYS (version 3). Ce logiciel permet d'intégrer toutes les caractéristiques du bâtiment (emplacement, matériaux de construction utilisés, architecture global) mais aussi des systèmes de chauffage ou de climatisation afin de réaliser des simulations thermiques dynamiques, estimations de consommations d'énergie, confort thermique[37].

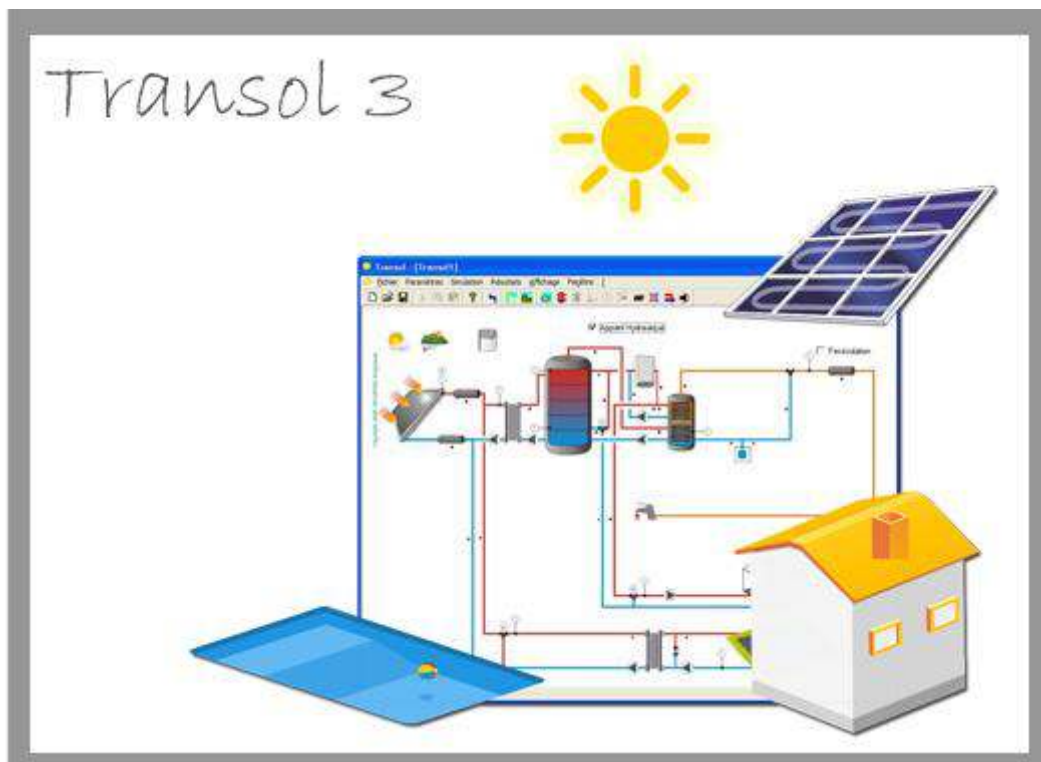


Figure 4.2. interface de logiciel TRANSOL 3

4.4. LA SIMULATION :

4.4.1. LA PERIODE DE SIMULATION :

La durée de simulation durant toute l'année comme le montre la figure 4.3 de 1 heure (1^{er} janvier à 01 heure du matin) jusqu'à 8760 heures correspondant au 31 décembre à 23 heures

The screenshot shows the 'Simulation' window with the following settings:

- Navigation:** < Précédent, Suivant >, Annuler
- Propriétés de simulation | Données météo |**
- Période simulée:**
 - Durée: Un an
 - Début: 1 h
 - Fin: 8760 h
 - Dates: Janvier 01 01, Décembre 31 24
- Pas de temps utilisé pendant la simulation :** 0.5 h
- Tracer les courbes de simulation sur un graphique
- Eau froide:**
 - Calcul basé sur la température ambiante
 - Calcul basé sur la moyenne annuelle des températures
 - Moyenne eau froide: 12
 - Amplitude: 8
 - Jour T.max: 227
 - Calcul basé sur les données du pays
 - France: Abbeville
 - Espagne: A Coruña
 - Proche de la mer:
 - Altitude: 152
 - Saisir les températures moyennes mensuelles (°C):

Janvier: 9	Février: 11	Mars: 13	Avril: 15	Mai: 18	Juin: 21
Juillet: 23	Août: 25	Sept.: 23	Oct.: 19	Nov.: 15	Déc.: 12

Buttons at the bottom: Définir un masque..., Aide

Figure 4.3. les paramètres d'entrée sur logiciel utilise

Pour la température du réseau est basé sur la moyenne annuelle des températures

4.4.2. LES DONNEES METEOROLOGIQUES :

Le lieu : Blida. Ain Romana peut être identifiée par la carte du logiciel avec ses coordonnées (latitude et longitude) (voir figure 4.4)

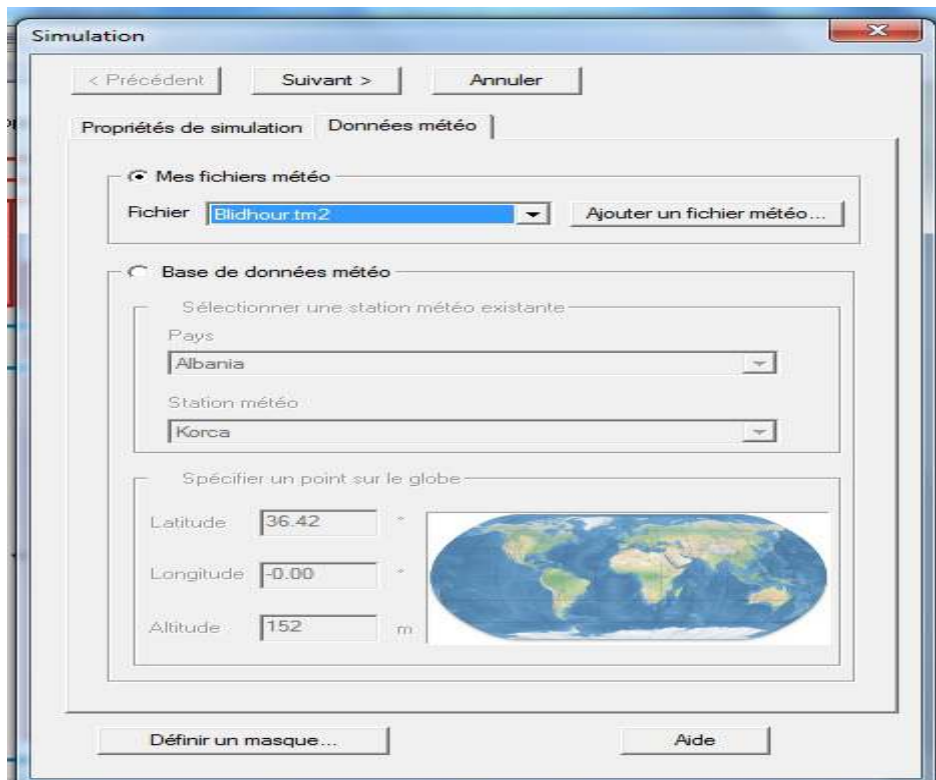


Figure 4.4.les données météorologiques

Les données météorologiques ont été générées par le logiciel Meteonorm 7, tels que la température ambiante et les différentes composantes du rayonnement solaire ainsi que l'humidité

4.4.3. L'EAU CHAUDE SANITAIRE :

Le profil de puisage d'eau chaude sanitaire est représenté en figure 4.5

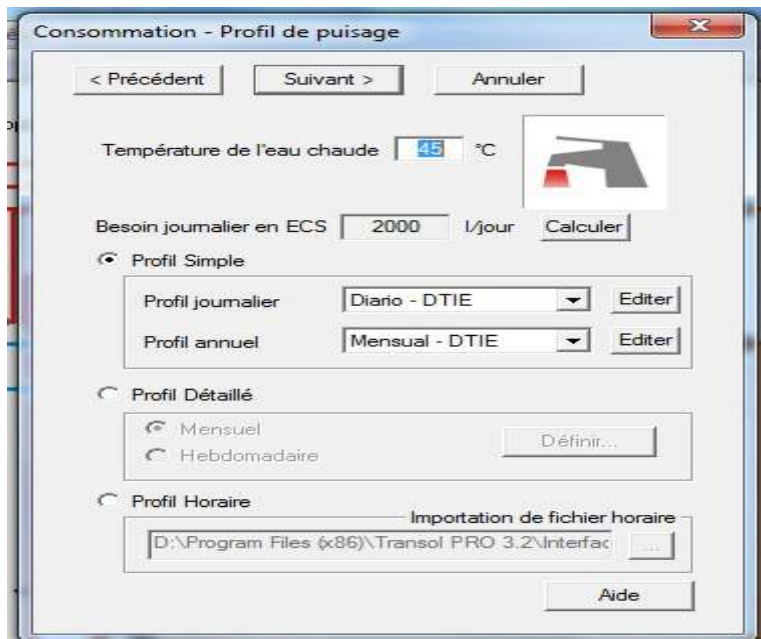


Figure 4.5. Les paramètres de consommation en eau chaude sanitaire

On a choisis un profil simple journalier et annuel, un profil correspondant à une famille algérienne ordinaire avec de forte consommation aux heures de pointe (7 heure du matin, midi et à 16 heure).

Besoin en eau chaude est de 2000 litres / jour à une température de 45 °C

4.4.4. LES CARACTERISTIQUES DU CAPTEUR :

Les données relativement au champ de captation sont données sur la figure 4.6

The screenshot shows the 'Capteur solaire' (Solar Collector) configuration window. It includes the following fields and values:

- Base de données:**
 - Catégorie: Capteur à tubes (Absorbeur à tube)
 - Fabricant: Générique
 - Produit: Générique
 - Laboratoire: -
- Caractéristiques:**
 - n_0 : 0.7
 - a_1 : 3 W/m².K
 - a_2 : 0.005 W/m².K²
 - IAM: 0.94
 - Hauteur: 1.700 m
 - Q_t : 72.0 l/h.m²
 - Capacité thermique: 5.7 kJ/m².K
- Nombre de capteurs:** 41
- Surface unitaire:** 1.200 m²
- Orientation:** 0 °
- Surface totale:** 49.20 m²
- Inclinaison β :** 20.10 °
- Inclinaison du sol β_g :** 0 °
- Capacité thermique du fluide:**
 - Eau (4.19 kJ/kg . K)
 - Antigel à 30 %
 - Autre : 3.8907 kJ/kg.K
- Champs de capteurs:**
 - Nombre de rangés: 1
 - Longueur des rangés: 20.1666 m
 - Nombre en série: 2
 - Distance entre rangés: 2.845 m

Figure 4.6. Les caractéristiques du champ de captation

Les caractéristiques du capteur choisis correspond à un capteur sous vide ceci est dû à la production du froid pour la période estivale avec un rendement optique de 0.7 et un coefficient de pertes globale de 3W/m²°C, et une surface d'ouverture de 2.6 m².

Le débit de circulation a été choisi pour un débit des normes européennes EN 12975-2 et ISO 9806 : 0,02 Kg/sm².

La surface de captation est de 80 m²(d'après le dimensionnement de notre installation).

Inclinaison du capteur est l'inclinaison de la toiture est de 20 °

Après que tous les paramètres d'entrées sont introduit, la simulation est lancée .L'interface de cette simulation est représentésur la figure 4.7

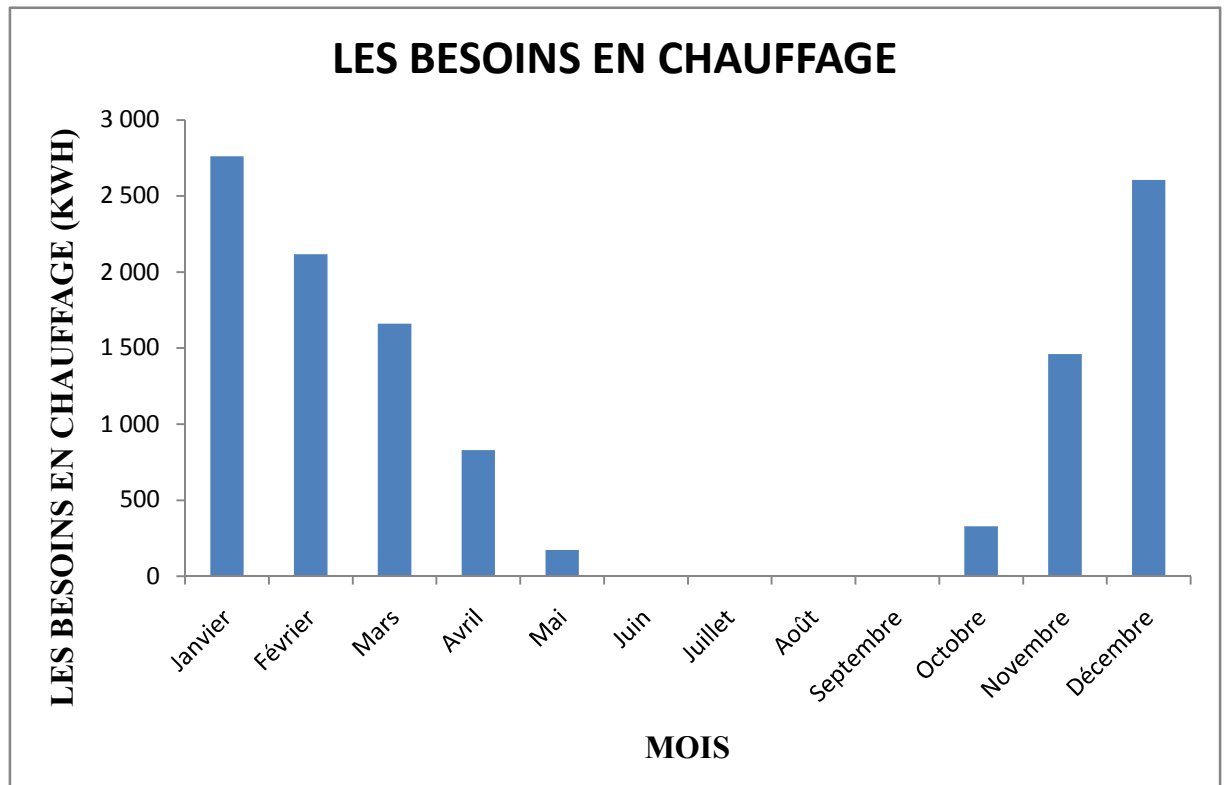


Figure 4.8. Les besoins énergétiques en chauffage

On remarque que les besoins en chauffage sont quasiment nul en période d'été, ils sont à leurs maximum en période hivernale avec des valeurs de 2762 KWH, ces des besoins relativement importants vu le choix de notre dimensionnement et le scénario choisis (4 personnes par famille), sans oublier le faible potentiel en hiver pour la région de Blida (température moyenne en hiver est environ 10 °C).

4.5.2. LES BESOINS ENERGETIQUES NET EN CLIMATISATION :

Les besoins en climatisation est représenté par la figure 4.9

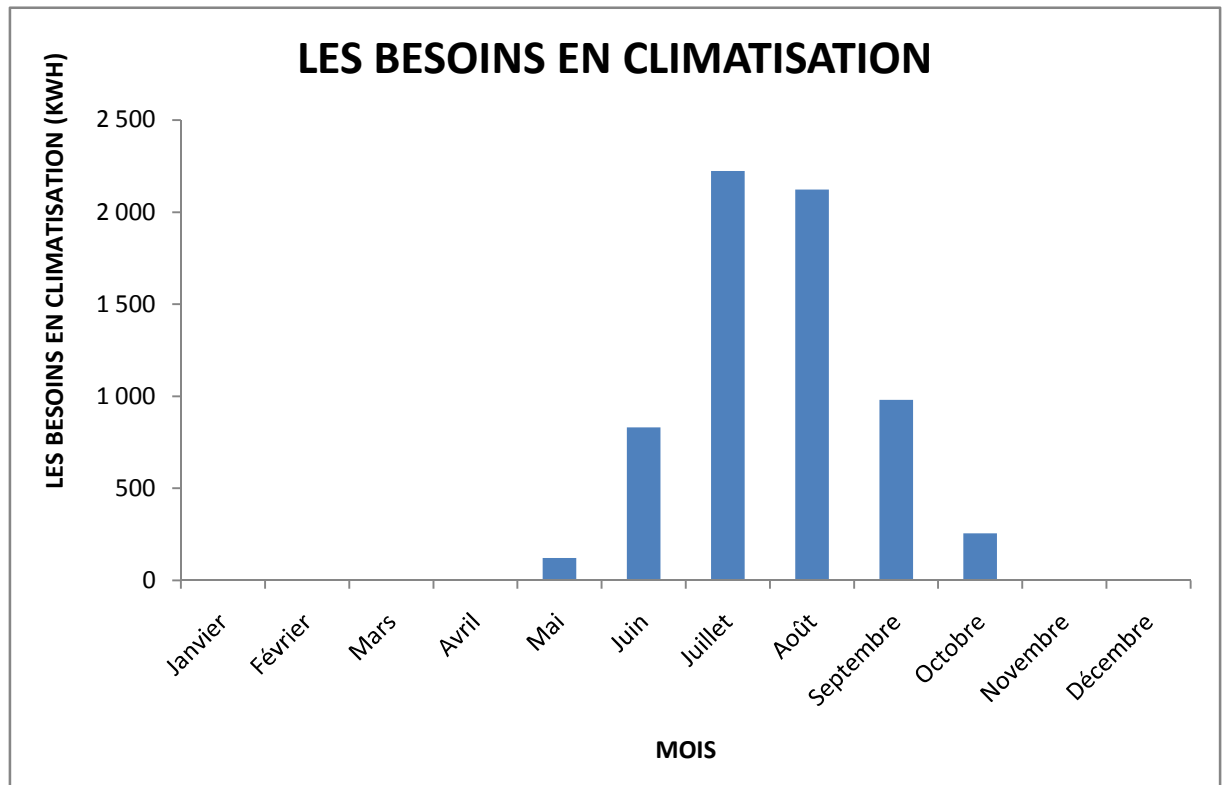


Figure 4.9. Les besoins net en climatisation

On remarque que les besoins en climatisation sont en période estivale, ils sont à leur maximum au mois de juillet de l'ordre de 2200 kWh, les minimums sont au mois de mai.

Neanmoins la figure montre aussi qu'on a quelques besoins comme même en climatisation pour le mois d'octobre ceci est dû probablement à la température assez élevée fournie par le logiciel Meteonorm (température maximale 24 °C selon le logiciel).

4.5.3. LES BESOINS NET EN EAU CHAUDE SANITAIRE :

Les besoins en consommation annuelle pour l'eau chaude sanitaire sont représentés en figure 4.10.

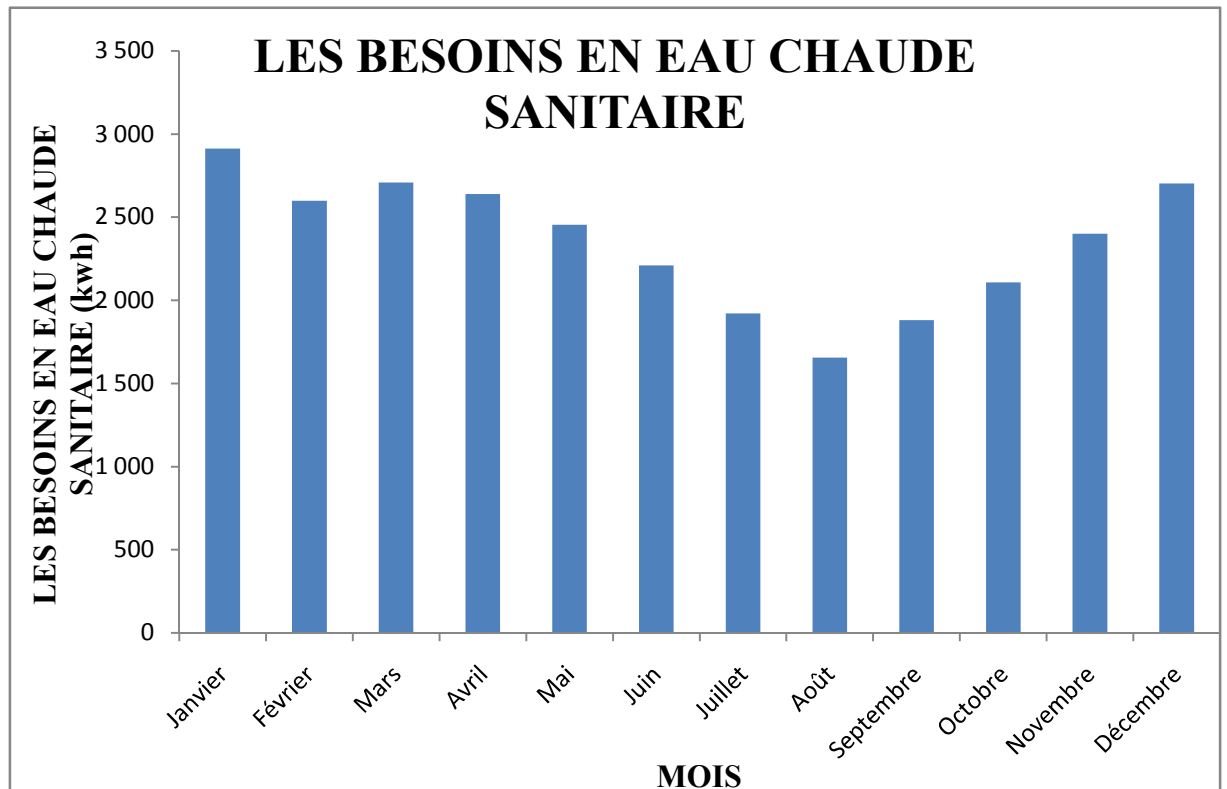


Figure 4.10. Les Besoins net en ECS

La figure représente les besoins net de consommation d'eau chaude sanitaire en fonction des mois de l'année, les besoins décroît pour les mois d'été, le minimum est pour le mois d'Aout (autour de 1656 kWh), c'est des besoins très faible, le fait du fort potentiel en été. Ils sont croissants pour les mois d'hiver, ou le maximum est atteint à plus de 2909kWh, les besoins varient selon les habitudes des occupants et période de l'année (le climat). Et le choix du dimensionnement (Famille de 4 personnes et un profil de puisage moyen).

4.5.4. LES RADIATIONS SOLAIRES INCIDENTE :

La variation des radiations solaires incidentes durant l'année est représentée par la figure 4.11

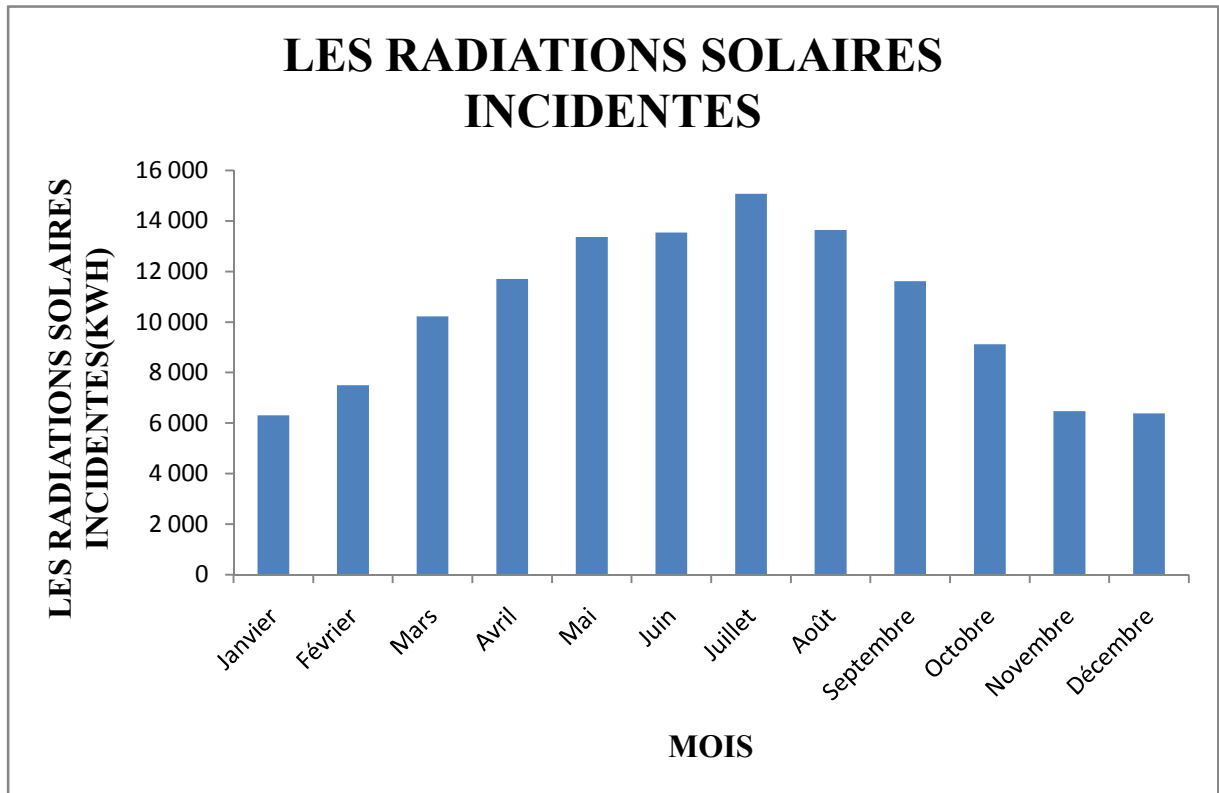


Figure 4.11. Les radiations solaires incidentes

La variation des radiations solaires incidentes sous forme de cloche, ils sont à leurs maximums au mois de juillet (autour de 15000 kWh) et aux minimums au mois de janvier (6000 kWh). C'est des valeurs qui indiquent de fort potentiel solaire pour cette région relativement à la moyenne mondiale en termes d'irradiation.

4.5.5. LA FRACTION SOLAIRE D'EAU CHAUDE SANITAIRE :

La fraction solaire de l'eau chaude sanitaire est représentée par la figure 4.12

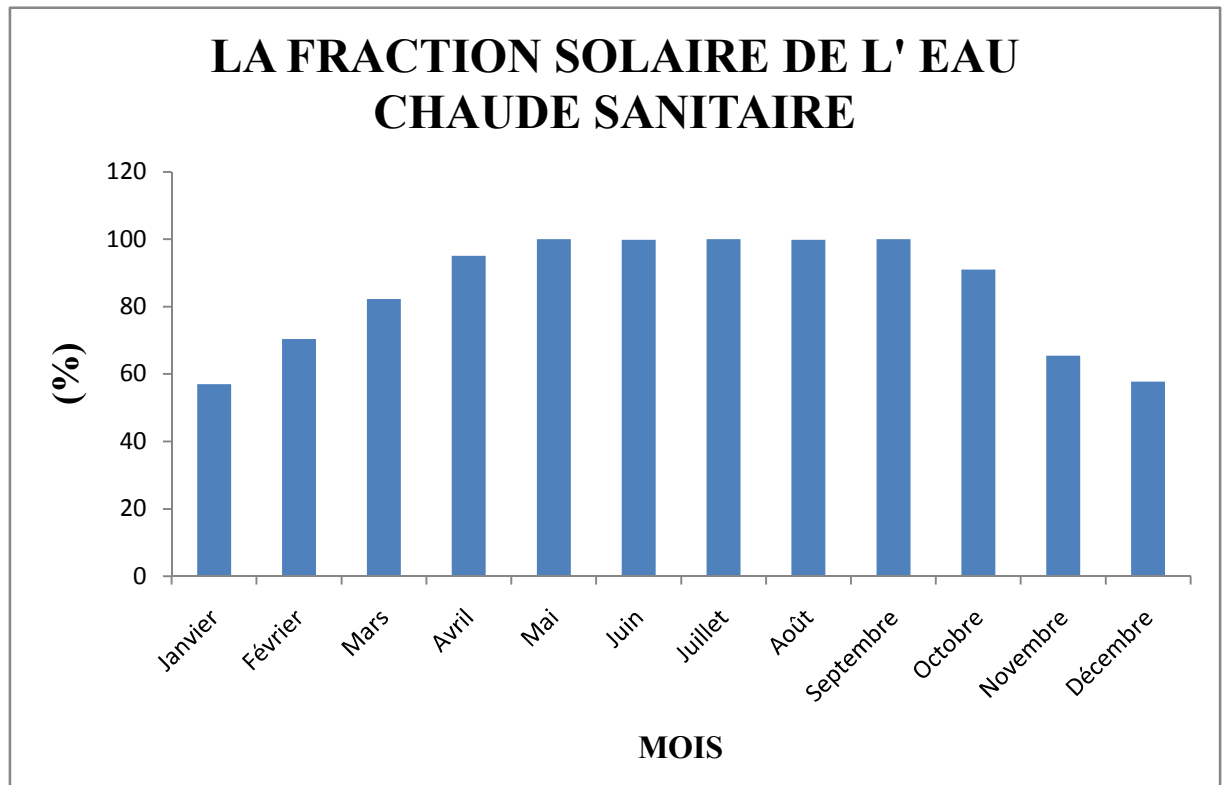


Figure 4.12. Fraction solaire de l'eau chaude sanitaire

On remarque qu'en période estivale, l'apport des appoints n'est pas nécessaires (la couverture est totale) , ceci est dû au dimensionnement choisis , et le type de capteur (capteur sous vide) , La fraction solaire moyenne annuelle est de l'ordre de 72 %, une valeur très encourageante, un minimum est observé le mois de janvier ou le potentiel est très faible et les besoins sont importants.

4.5.6. LA FRACTION SOLAIRE DE CHAUFFAGE :

La fraction solaire de chauffage est représentée par la figure 4.13

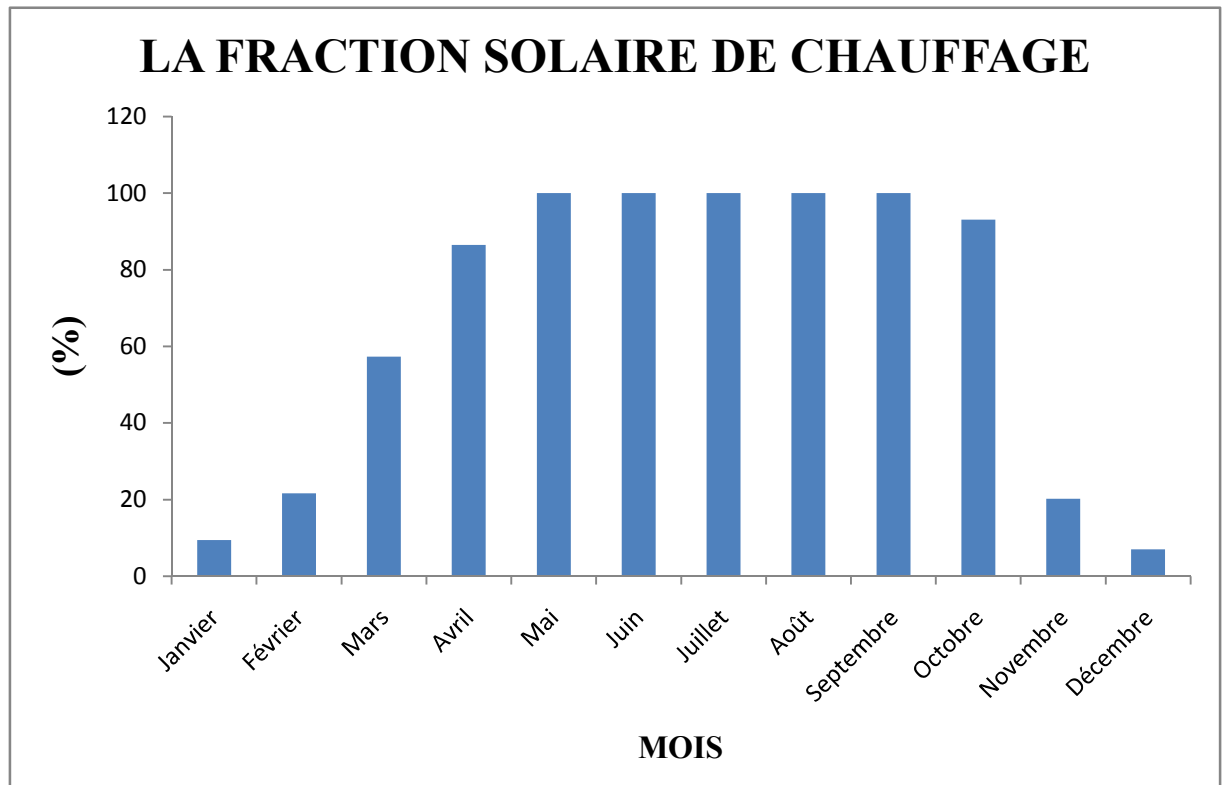


Figure 4.13. la fraction solaire de chauffage

On remarque que notre installation solaire couvre seulement une fraction de 10% pour les mois de d'hiver, ceci est dû essentiellement que quand les besoins sont aux maximums, les apports solaires sont à leurs minimum. On peut dire aussi le fait d'avoir une inclinaison de la toiture favorable pour la saison estivale, ce qui entraîne un sous dimensionnement, c'est une contrainte majeure pour de telle installation. Néanmoins, on peut atteindre les 30 % pour les mois d'octobre, mars et avril.

4.5.7. LA FRACTION SOLAIRE DE CLIMATISATION :

la fraction solaire de climatisation est représenté par la figure 4.14.

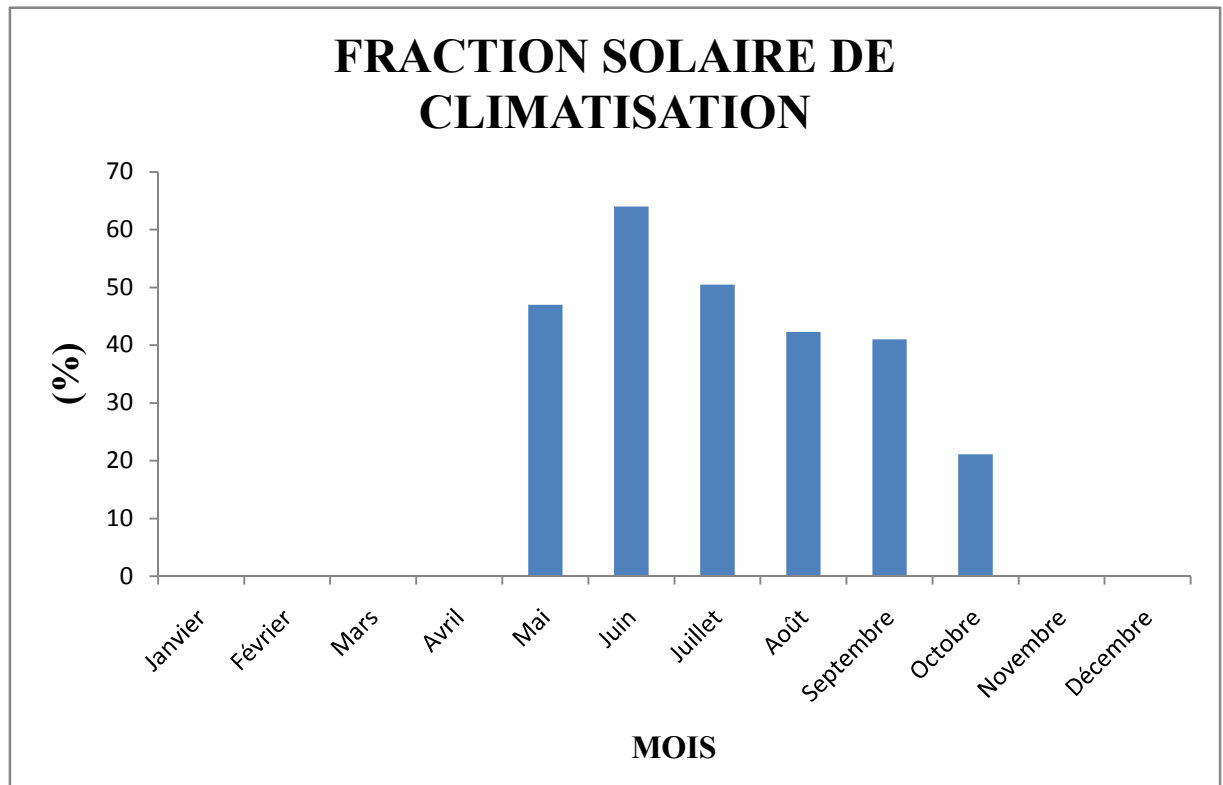


Figure4.14. La fraction solaire de climatisation

On remarque que notre installation solaire couvre presque la moitié (fraction solaire moyenne 50 %), le minimum est enregistré pour le mois d'aout avec une fraction de 45 %. On peut dire que c'est fraction solaire importante, ceci est dû essentiellement que quand les besoins sont aux maximums, les apports solaires sont à leurs maximums contrairement au chauffage, donc c'est une application très intéressante. Sans oublier aussi que le fait d'utiliser des capteurs sous vides afin d'assurer un bon fonctionnement et de meilleurs performances pour une machine à absorption (eau – bromure de lithium).

4.5.8. LE COUT D'INVESTISSEMENT :

Afin de connaître les composantes du système que nous étudions, une comparaison a été réalisée avec et sans le système solaire, analyse a donné le tableau ci-dessous.

Tableau 4.1: Analyse économique

Paramètres économiques	Avec système solaire	Sans système solaire
Investissement (da)	5400000	1204400
Le cout de maintenance (da)	200000	6000
Période d'exploitation (ans)	25	25
Retour sur l'investissement (ans)	14	-
VAN (DA)	3368200	-

Pour le bilan environnemental : les émissions de CO₂ est de 5327 kg par ans

Le tableau 4.1 de l'analyse économique présenté, a comparé entre un système avec et sans système solaire. On remarque que dans un système solaire si la VAN est positif ce qui signifie que ce système est plus rentable et plus avantageux que le second système (VAN: est l'une des méthodes de comparaison entre deux systèmes en terme d'actualisation), les résultats ont donné aussi un temps de retour de 14 ans, un temps relativement pas intéressant, le fait du bas prix du KWh conventionnel et le prix élevé de l'investissement. L'analyse économique et en bilan environnemental donne le première système nulle en émission de CO₂ et le second système avec 5327 kg émission de CO₂, donc on peut dire qu'un système solaire peut éviter un taux très important des gaz à effets de serres. Donc on peut dire aussi que d'après les résultats précédents, nous concluons que le système solaire est plus rentable et plus intéressant, malgré un investissement initial important mais en cours des années l'investissement est amortit et delà le système devient très compétitifs.

CONCLUSION GENERALE

Notre étude a porté sur l'intégration des systèmes solaires actifs dans un bâtiment de haute performance énergétique située dans la région de Blida.

Les méthodes de calcul utilisées dans le DTR (C3.2) et le DTR (C3.4) sont indispensables. Elles permettent, dans certaines limites, le calcul des besoins de chauffage et la climatisation. Après le calcul du bilan thermique avec le DTR(C3.2) et (C 3.4) on a vérifié que le bâtiment étudié est conforme en hiver et inconfort en été à la réglementation thermique. Une autre comparaison a été réalisée par le logiciel RETA.

Nous avons étudié une installation solaire multifonction (ECS, chauffage et rafraîchissement) en utilisant le logiciel TRANSOL en régime dynamique pour voir le comportement thermique du bloc étudiant après l'intégration des systèmes solaire.

Les résultats ont montré que les besoins en chauffage sont relativement importants vu le choix de notre dimensionnement et le scénario choisis, sans oublier le faible potentiel en hiver pour la région de Blida. Notre installation solaire couvre seulement une fraction de 10% pour les mois de d'hiver, ceci est dû essentiellement que quand les besoins sont aux maximums, les apports solaires sont à leurs minimum. On peut dire aussi le fait d'avoir une inclinaison de la toiture favorable pour la saison estivale, ce qui entraîne un sous dimensionnement, c'est une contrainte majeur pour de telles installations.

Pour les besoins en climatisation varient selon les habitudes des occupants et période de l'année (le climat). Et le choix du dimensionnement (Famille de 4 personnes et un profil de puisage moyen). On remarque que notre installation solaire couvre presque la moitié (fraction solaire moyenne 50 %) pour les mois d'été. On peut dire que c'est fraction solaire importante, ceci est dû essentiellement que quand les besoins sont aux maximums, les apports solaires sont à leurs maximums contrairement au chauffage. Et le fait aussi d'utiliser des capteurs sous vides afin d'assurer un bon fonctionnement et de meilleurs performances pour une machine à absorption (eau – bromure de lithium).

Pour l'eau chaude sanitaire, on remarque qu'en période estivale, l'apport des appoints n'est même pas nécessaires (la couverture est totale), ceci est dû au dimensionnement choisis et le type de capteur (capteur sous vide), La fraction solaire moyenne annuelle est de l'ordre de 72%, une valeur très encourageante.

On peut dire que ces résultats de la simulation donnent des résultats assez satisfaisants. Le choix d'un système combiné plus est très judicieux le fait d'utiliser des capteurs solaire sous vides tout le long de l'année (chauffage de l'habitat en hiver et le chauffage de l'eau sanitaire pour le reste de l'année et la climatisation en été).

Sur le plan économique, nous avons remarqué qu'on peut éviter un taux très important de CO₂. La VAN est positif ce qui signifie que le système solaire est plus rentable et plus avantageux que celui du conventionnel, les résultats ont donné aussi un temps de retour de 14 ans sans aucune subventions, un temps relativement pas intéressant, le fait du bas prix du KWh conventionnel et le prix élevé de l'investissement. Par contre l'analyse économique et en bilan environnemental donne le première système nulle en émission de CO₂ et le second système avec 5327 kg émission de CO₂, donc on peut dire qu'un système solaire peut éviter un taux très important des gaz à effets de serres.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Article journal le Monde, le 14.09.2015.
http://www.lemonde.fr/climat/article/2015/09/14/2015-et-2016-annonces-comme-les-deux-annees-les-plus-chaudes-jamais-mesurees_4756363_1652612.html
- [2] Dziri Mounir, « Détermination des besoins énergétiques et intégration d'un système de chauffage pour un logement à haute performance énergétique à Blida ». Mémoire de master, Spécialité : Application des Energies Renouvelables dans l'Habitat, Université Saad Dahleb De Blida, (2015).
- [3] Céline Varenio , « L'efficacité énergétique dans les bâtiments existants : Déficit d'investissement, incitations et accompagnement ».thèse de doctorat, Spécialité : Sciences économique (2000).
- [4] Prof. Edgard Gnansounou et al, « énergétique du bâtiment », génie civil, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Faculté D'Environnement Naturel, Architectural et Construit (2014).
- [5] M. Foura. Samir «simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie», mémoire de doctorat en sciences, option : architecture bioclimatique. Université mentouri Constantine, (2008).
- [6] Mazari Mohammed, « étude et évaluation du confort thermique des bâtiments a caractère public : cas du département d'architecture de tamada (Tizi-Ouzou) ».thèse de magister en architecture, (2012).
- [7] GUIDE« la thermique du bâtiment» édition ISOVER,(2013).
- [8] GUIDE «Améliorez le confort de votre maison, l'isolation thermique. ADEM, (2008).
- [9] Collection technique Cimbeton «béton et confort thermique » revue technique de centre d'information sur le ciment et ses applications ;n°40.FRANCE .(2007).
- [10] Liebard, A et Deherde, A (2005) Op ; cit.boutique en ligne concernant les énergies renouvelables
- [11] Virginie Silberstein «Choix d'un label énergétique par les promoteurs immobilier sen France et en Suisse». Thèse de doctorat en science. Suisse .(2014)
- [12] Site web"<http://www.aprue.org.dz/>».
- [13] ANNE GRETE HESTNES. «Building integration of solar energy systems». *Solar Energy* Vol. 67, Nos. 4–6, (1999), pp. 181–187.
- [14] ViorelBadescu «Simulation analysis for the active solar heating system of a passive house» *Applied Thermal Engineering* 25 (2005), pp 2754–2763.

- [15] Viorel Badescu et Mihail Dan Staicovici. « Renewable energy for passive house heating Model of the active solar heating system» *Energy and Buildings* 38 (2006), pp129–141
- [16] Essia Znouda et all «Optimization of Mediterranean building design using genetic algorithms». *Energy and Buildings* 39 ;(2007),pp 148–153
- [17] X.Q. Zhaiet R.Z. Wang. «Experiences on solar heating and cooling in China ».Renewable and Sustainable Energy Reviews 12 (2008), pp 1110–1128.
- [18]X.Q. Zhai, R.Z. Wang *, Y.J. Dai, J.Y. Wu, Y.X. Xu, Q. Ma «Solar integrated energy system for a green building» *Energy and Buildings* 39 (2007), pp 985–993.
- [19] X.Q. Zhai_, R.Z. Wang, Y.J. Dai, J.Y. Wu, Q. Ma «Experience on integration of solar thermal technologies with green buildings» *Renewable Energy* 33 (2008), pp 1904–1910
- [20]Farah Mehdaoui, Majdi Hazami et Nabih Naili, Abdelhamid Farhat «Energetic performances of an optimized passive Solar Heating Prototype used for Tunisian buildings air-heating application».Energy Conversion and Management 87. (2014), pp 285–296.
- [21] A. Mokhtari et K. Brahimi1, R. Benziad. «Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar ». *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 11 N°2 (2008), pp 307 – 315.
- [22]R Kharchi, B Benyoucef, F Mokhtari1 and K Imessad «Dynamic Simulation of both Thermal and Energetic Behavior for Dwellings Located in Algiers».EarthSci Climate Change (2012), 3:3.
- [23]K.Imessad, L. Derradji, N. Ait Messaoudene, F.Mokhtari, A. Chenak,R.Kharchi «impact passive cooling technique on energy demand for residential buildings in a Mediterraneanclimate».Renewable energy, 71-(2014).pp 589-597
- [24] M. Amirat et all, « Economies d’Energie dans le Secteur de l’Habitat, Consommation Electrique des Ménages- Cas d'un foyer algérien typique en période d'hiver »- *Rev. Energ.Ren.* Vol. 8 (2005), pp 27 – 37.
- [25]F. Calise, A. Palombo , L. Vanoli“Maximization of primary energy savings of solar heating and cooling systems by transient simulations and computer design of experiments”; *Applied Energy* 87 (2010) , pp524–540.
- [26]M.A. Bouklihacène, N.E. Chabane Sari, B. Benyoucef et S. Amara « L’impact environnemental d’une habitation écologique » ;*Revue des Energies Renouvelables* Vol. 13 N°4 (2010) pp545 – 559
- [27]F. Calise“High temperature solar heating and cooling systems for different Mediterranean climates: Dynamic simulation and economic assessment” ,*Applied Thermal Engineering* 32 (2012) pp108-124.

- [28] A. DJELLOUL, B. DRAOUI, N. MOUMMI « Simulation du comportement énergétique des bâtiments résidentiels au sud algérien » ; Courrier du Savoir – N°17, Décembre (2013), pp.113-119
- [29] Kamal Nasredinne Abdalla « Conception et construction d'un système de refroidissement par absorption piloté par l'énergie solaire » .Disponible à partir de: https://www.researchgate.net/publication/303996222_Design_and_Construction_of_a_n_Absorption_Cooling_System_Driven_by_Solar_Energy.
- [30] Akchiche Zineb. «Étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique». Mémoire de MAGISTER en Génie des procédés. Université kasdimerbah Ouargla 2011.
- [31] Document Technique Réglementaire C 3.2 «Règles de calcul des déperditions calorifiques».
- [32] Logiciel METEONORM7.
- [33] Document Technique Réglementaire C3.4 «Règles de calcul des apports ».
- [34] Thierry Cabirol, Daniel Fauré et Daniel Roux « chauffage de L'habitat et énergie solaire, Tome 1 : confort thermique et technique de chauffage,
- [35] BENMEHDI RACHID Conception et régulation des systèmes fermés de distribution et de circulation de chauffage et climatisation, Mémoire de Master Spécialité Génie thermique et énergies renouvelables
- [36] “Solar thermal planning and installing a guide for installers”, architects and engineers
- [37] Support technique « Dimensionnement générique » formation GIZ Session GIZ 14 19 mai 2012 BE Alliance Soleil .

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1. Orientation d'une maison	5
Figure 1.2. Variation de coefficient de forme	6
Figure 1.3. La distribution intérieure des espaces	6
Figure 1.4. Les déperditions d'une maison traditionnelle non isolée.....	9
Figure 1.6. Les ponts thermiques	10
Figure 1.7 : Répartition des logements (ECO BAT).....	14
Figure 2.1. Situation géographique de la ville de Blida	25
Figure 2.2 : Wilayas limitrophes de la wilaya de Blida	25
Figure 2.2. Situation de la commune d'Ain Romana	26
Figure 2.3. Valeurs journalières de la température	26
Figure 2.4. Moyennes journalières du rayonnement global	27
Figure 2.5. Rayonnement moyen globale et diffus	27
Figure 2.6. Valeurs Mensuelles de la durée d'insolation	28
Figure 2.8. Plan de situation du projet (source : l'OPGI Blida).....	28
Figure 2.9. Façade du bloc à étudier (source : l'OPGI Blida).....	29
Figure 2.10. Plan d'étage courant (source : l'OPGI Blida).....	29
Figure 3.1 : Façade sud	49
Figure 3.5 : Coupe de la toiture avec appartement R+4.....	49
Figure 3.6 .schéma représentatif pour l'installation des capteurs pour les deux cotés.....	50
Figure 4.1 :Schéma d'installation solaire étudié	51
Figure 4.2. interface de logiciel transol 3	53
Figure 4.3. les paramètres d'entrée sur logiciel utilise.....	54
Figure 4.4. les données météorologiques	54
Figure 4.5. les paramètres de consommation en eau chaude sanitaire	55
Figure 4.6. Les caractéristiques au champ de captation.....	56
Figure 4.7. début de la simulation	57
Figure 4.8. les besoins en chauffage	58
Figure 4.9. les besoins en climatisation.....	59

Figure 4.10.les besoins en eau chaude sanitaire.....	60
Figure 4.11.les radiations solaires incidentes.....	62
Figure 4.12.la fraction solaire de l'eau chaude sanitaire.....	62
Figure 4.13.la fraction solaire de chauffage.....	63
Figure 4.14.la fraction solaire de climatisation.....	64

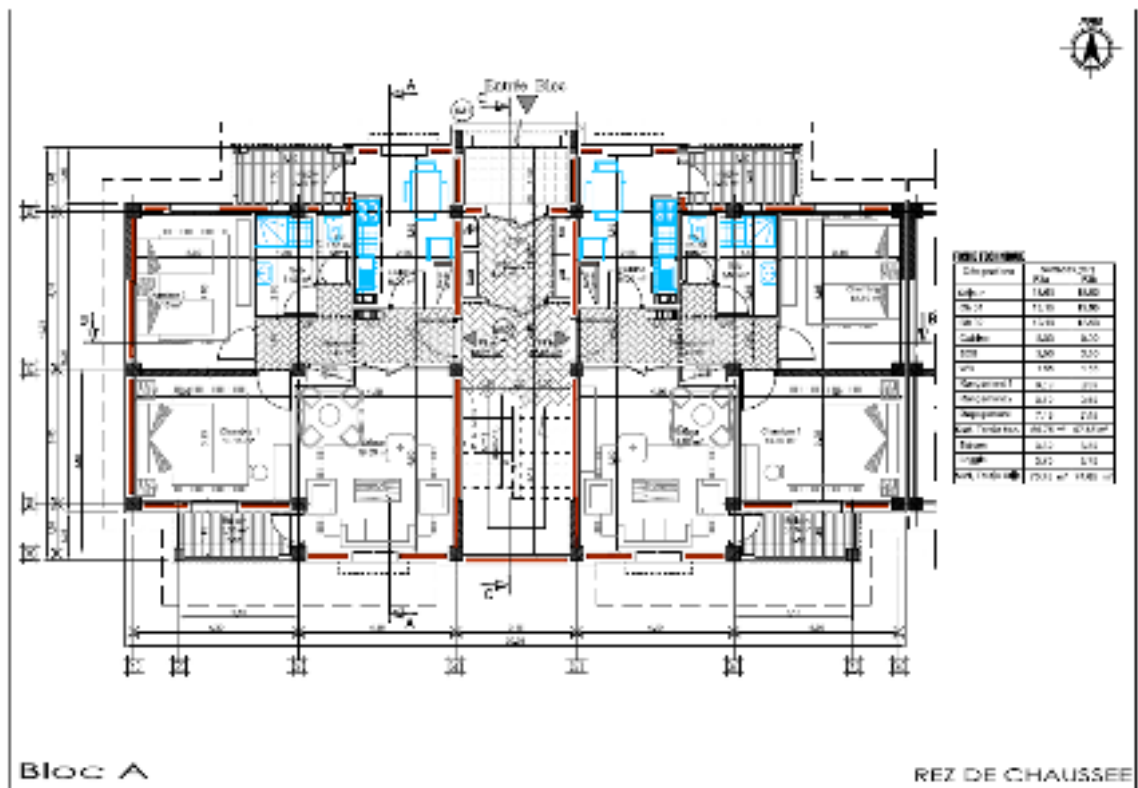
LISTES DES TABLES :

Tableau 2.1. Composition des parois.....	30
Tableau 2.2 : Caractéristiques de la fenêtre utilisée.....	31
Tableau 3.1. Les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieurs.....	39
Tableau 3.2 : Les résultats de calcul de déperdition thermique du logement étudié	42
Tableau 3.3 : les facteurs de by bus de chaque local.....	44
Tableau 3.4 : Valeurs de N_{PVI} , réf.....	47
Tableau 3.5 : Les résultats de calcul des apports thermique du logement étudié Bloc A ..	49
Tableau 3.6. Les données pour notre installation.....	52
Tableau 4.1: Analyse économique.....	68

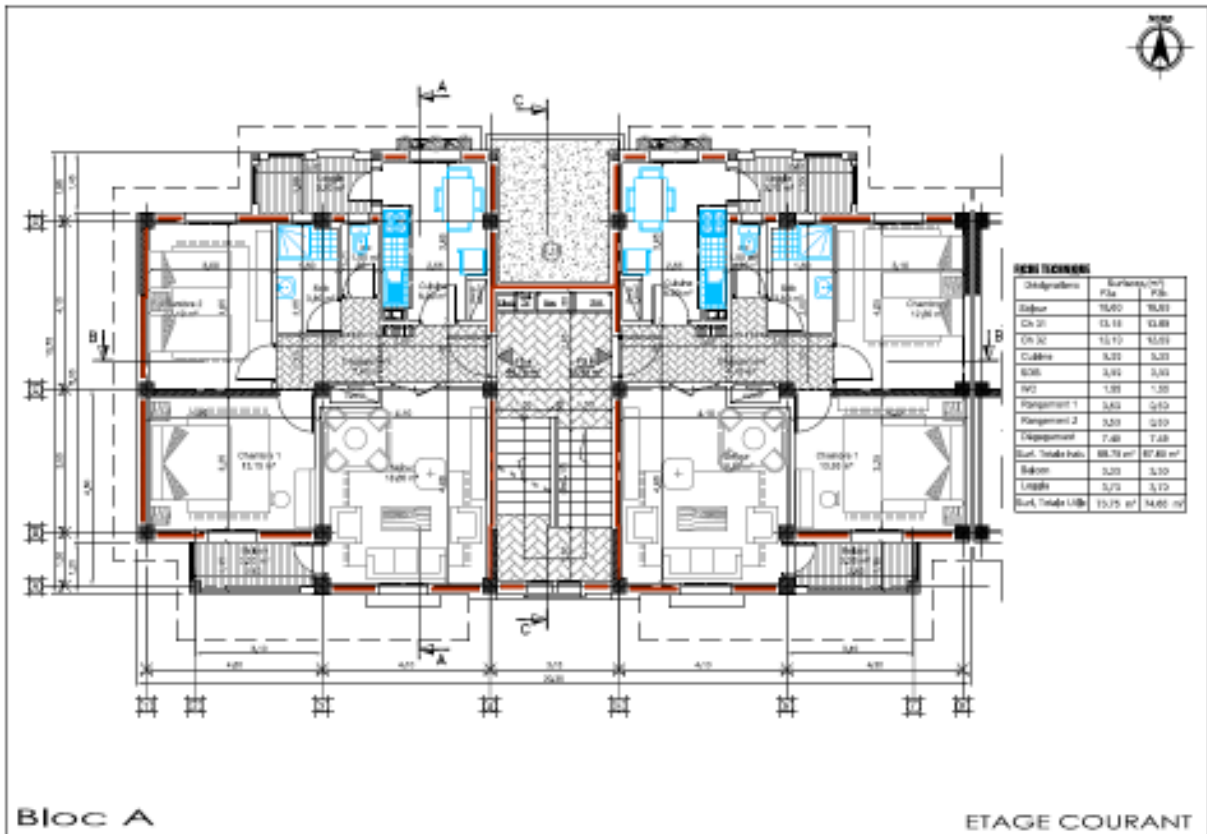
Annexe 1 : les plans



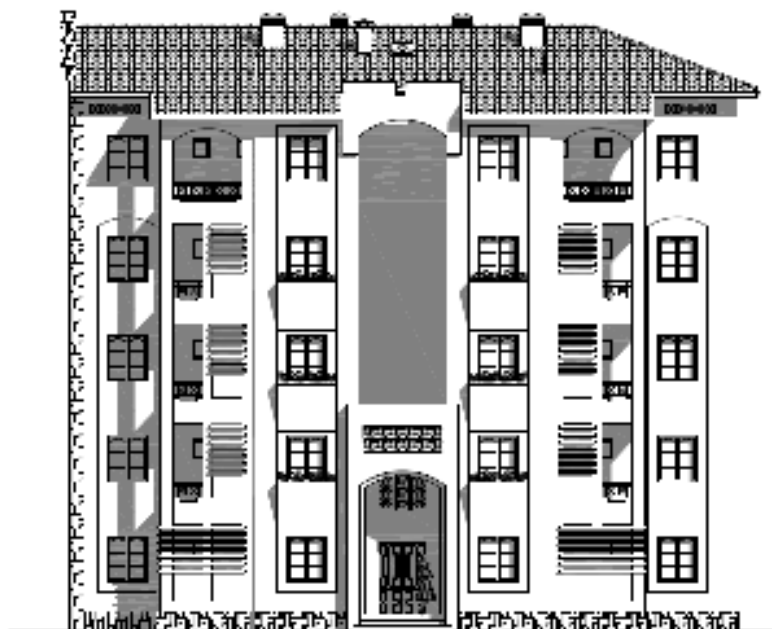
Plan de masse



Plan RDC de bloc A



Plan étage courant de bloc A

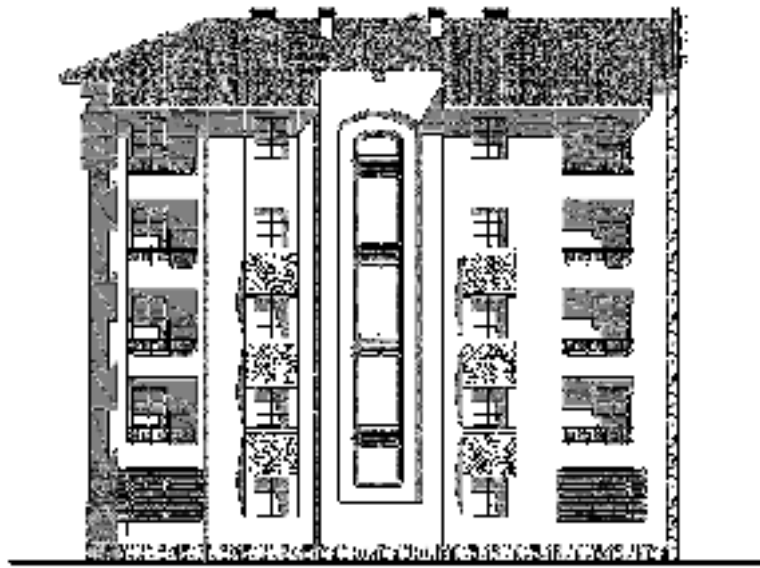


Bloc A

FACADE PRINCIPALE (NORD)

Echelle : 1/100

Façade principale du bloc A

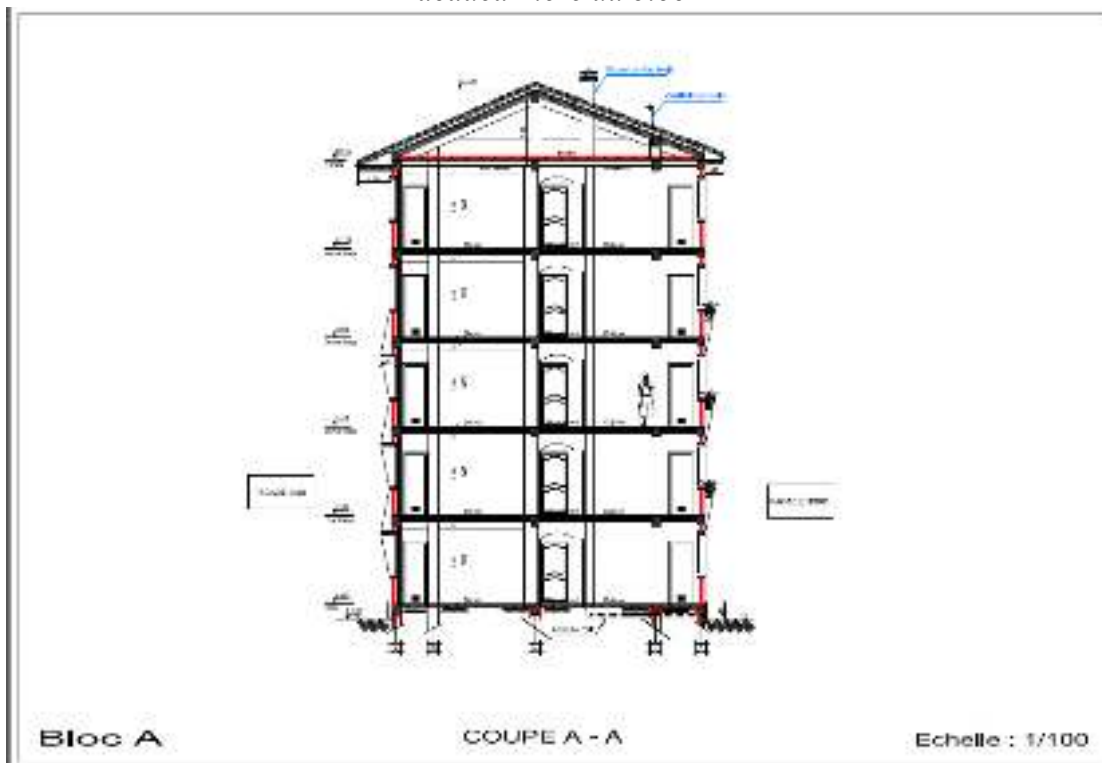


Bloc A

FACADE ARRIERE (17/4/07)

Echelle : 1/100

Facade arriere du bloc A



Bloc A

COUPE A - A

Echelle : 1/100

Coupe A-A du bloc A



Façades du bloc A



ANNEXE 2:

Les caractéristiques des capteurs utilisés :

Surface du capteur	2.6m ²
Le rendement	0.7
Longueur de tube	1.8 m
Largeur de tube	1.44 m
pois	65 kg
Puissance thermique	1500 Wh en condition d'ensoleillement standard



Les caractéristiques de la machine a absorption utilisée et la tour de refroidissement :

Le type	YAZAKI WFC-SC20
puissance	70KW
Débit d'eau de refroidissement	36.72 m ³ /h
La chute de pression	45.3KPa
Demande de puissance	0.26 KW
Coefficient de performance	0.7
Le prix hors TVA	351288.2 €
Puissance de la tour de refroidissement	85 KW
Le type de la tour	EVAPCO LSWA-20AA
Le rendement de la tour	0.7



Annexe 3
Methode F-Chart

La méthode utilisée est issue de la méthode américaine 'f-chart', cette méthode s'appuie sur un réseau de courbes (appelé 'f-chart') sur lequel on peut lire le pourcentage 'f' d'économie solaire entendu en fonction de deux variables X et Y. ces variables sont à calculer pour chaque mois, elle font intervenir :

- les caractéristiques du système solaire
- le besoin thermique en eau chaude pour le mois considéré
- les données météorologiques du mois considéré

D'une manière générale, la fraction de satisfaction des besoins énergétiques exprimés :

$$f = \frac{1}{L} \int_{\Delta t} A Fr [(\tau\alpha)_e I_g - U_g (T_e - T_a)]^+ dt$$

Cette équation peut être décomposée en deux paramètres adimensionnels, à savoir :

$$Y = \frac{A Fr}{L} \int_{\Delta t} (\tau\alpha)_e I_g dt = \frac{A Fr}{L} \overline{(\tau\alpha)_e} H_\beta N$$

$$X = \frac{A Fr}{L} \int_{\Delta t} U_g (T_{ref} - T_a) dt = \frac{A Fr}{L} U_g (T_{ref} - \overline{T_a}) \Delta t$$

Pour les conditions suivantes :

Débit massique : 0.0 kg m-2s-1

Capacité du stockage : 50 à 100 kg/m2 de surface de captation (Pour notre cas en considérant une capacité de stockage de 75 kg/m2)

$$1 < \frac{\varepsilon C_{\min}}{U A} < 5$$

Efficacité de l'échangeur :

Alors le taux de couverture solaire est donné par l'expression suivante :

$$f = 1.029 Y - 0.065 X - 0.245 Y^2 + 0.0018 X^2 + 0.0215 Y^3 \quad (6)$$

Pour :

$$0 < Y < 3 \quad \text{et} \quad 0 < X < 18$$

Les besoins en eau chaude sanitaire sont relativement réguliers durant l'année. Pour tenir compte de cette continuité de la demande, on introduit une correction de la variable adimensionnelle X tel que :

$$\frac{X_c}{X} = \frac{11.6 + 1.18T_s + 3.86T_r - 2.32\overline{T_d}}{100 - \overline{T_d}}$$

Avec :

Tr : Température du réseau,

Ts : Température du stockage,
Td : Température diurne.

Abriviaton:

NAOO : Agence Américaine Océanique et Atmosphérique.

GES : Gaz a effet de serre

HPE : Haut performance énergétique

APRUE : Agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie

OPGI : Offices de promotion et de gestion immobilière

DTR : Document technique réglementaire

FNME : Le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie

PNME : Le Programme National de Maîtrise de l'Energie

CDER : Le centre du développement des énergies renouvelables

CNERIB : Le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment

EE : Efficacité Energétique

CNL : La Caisse Nationale du Logement

MED-ENEC : L'efficacité énergétique dans le secteur de la construction dans les pays méditerranéens (un projet)

CCNUCC : La convention cadre des nations unies pour les changements climatiques

GNC : Gaz naturel carburant

ESC : Eau chaude sanitaire

BTS : béton de terre stabilisé

PNEE : le nouveau programme d'efficacité énergétique

NOMONCLATURE :

Dréf : Les déperditions de référence (W/°C)

S2: Surface (m²)

S3: Surface (m²)

S4: Surface (m²)

S5: Surface (m²)

a ; b ; c ; d et e : Des coefficients (W/m², °C)

-(Ds)_i : Les déperditions surfaciques (W/°C)

- (Dli)_i : Les déperditions à travers les liaisons (W/°C)

- (Dsol) : Les déperditions à travers les parois en contact avec le sol (W/°C)

- (Dlnc)_i : Les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés(W/°C)

- K : Le coefficient de transmission surfacique (W/m². °C)

- A : La surface intérieure de la paroi.(m²)

- ks : Le coefficient de transmission linéique du plancher bas ou du mur (W/m.°c)

- p : La longueur (m)

- K : Le coefficient de transmission surfacique (W/m².°C)

- A : La surface intérieure (m²)

- k1 : Le coefficient de transmission linéique (W/m.°C)

- L : La longueur intérieure (m)

- T_{au} : Le coefficient de réduction de température ;

- 0,34 : La chaleur volumique de l'air; (Wh/m³.°C)

- Q_v : Le débit spécifique de ventilation (m³/h) ;

- Q_s : Le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent. (m³/h)

- V_h : Le volume habitable (m³)

- Q_vréf : Le débit extrait de référence. (m³/h)

- Q_vmax : Le débit extrait maximal de référence,(en m³/h)

- Q_vmin : Le débit extrait minimal de référence.(en m³/h)

- t_{bi} : La température intérieure de base,(°C)

- t_{be} : La température extérieure de base, (°C)

- DT : Les déperditions par transmission du logement, (W/°C)

- DR : Les déperditions par renouvellement d'air du logement, (W/°C)

- cr : Un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel,

- cin : Un coefficient de surpuissance.

APO : Les apports par les parois opaques, (W)

AV : Les apports à travers les parois vitrées, (W)

AIs et Ail : Les parties sensibles et latentes des apports internes. (W)

AINFs et AINFI : Les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air. (W)

As : Les gains sensibles, (W)

Al : Les gains latents, (W)

ARENs et ARENI : Les parties sensibles et latentes des apports dues à la ventilation des locaux; (W)

BF : Facteur de by-pass exprime la partie de l'air extérieur (air neuf) non traité

As : Les gains sensibles (W),

Al : Les gains latents (W),

C.as et C.al : Des coefficients majorateurs des gains sensibles et latents,

ARENs et ARENI : Les apports sensibles et latents dus à la ventilation des locaux(W).

APO : Les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes(W);

AVd : Les apports calorifiques à travers les parois vitrées(W) ;

Aréf : Les apports calorifiques de référence (W).

Aréf, PH : Les apports calorifiques de référence (W),

Aréf, PV : Les apports calorifiques de référence (W) ,

Aréf, PVI : Les apports calorifiques de référence (W).

Sint : La surface (m²) ;

$\Delta T_{Sréf, PH}$: La différence de température (°C) .

C : Un coefficient (W/m².°C) ;

Sint : La surface de la paroi verticale comptée de l'intérieur (en m²);

$\Delta T_{Sréf, PV}$: La différence de température de référence pour la paroi opaque verticale ; la latitude et de l'orientation de la paroi(°C).

AV_{réf} : Les apports de référence dus à l'ensoleillement(W),

AV_{Tréf} : Les apports de référence dus au gradient de température(W).

SV : La surface totale vitrée(m²),

SV_{ens} : La surface vitrée ensoleillée à 15 h TSV;(m²)

It : Le rayonnement total maximal réel pour l'orientation et la latitude Considérées (W/m²)

Id : Le rayonnement diffus maximal réel (W/m²)

FS_{réf} : Le facteur solaire de référence ;

N_{PVI, réf} : Le coefficient d'amortissement relatif aux gains de référence des parois vitrées

e' est un coefficient relatif à la nature des locaux ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

Souv : La surface d'ouverture dans le mur(m^2) ;

$\Delta T_{S_{\text{réf}}, PVI}$: La différence de température de référence($^\circ C$)

Souv : La surface d'ouverture dans le mur (m^2);

$(\Delta T)_{\text{réf}, PVI}$: La différence de température ($^\circ C$)

SHFT : La longitude (degrés),

TO : L'heure officielle (heures) ;

ET :L'équation du temps(minutes)

APO : Les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes(W);

AV : Les apports calorifiques à travers les parois vitrées(W) ;

Aréf : Les apports calorifiques de référence(W)