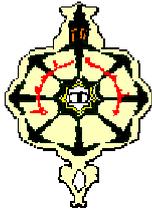


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou - Bekr Belkaïd - Tlemcen

Faculté des Sciences. Département de Physique

Unité de Recherche Matériaux et Energies Renouvelables



THESE DE DOCTORAT

En Physique Énergétique et Matériaux

Par

RAZIKA KHARCHI

Thème :

***ETUDE ENERGETIQUE DE CHAUFFAGE, RAFRAICHISSEMENT
ET EAU CHAUDE SANITAIRE D'UNE MAISON TYPE EN ALGERIE***

Soutenue le 1^{er} Juillet 2013, devant le jury :

Président : **M^r CHABANE SARI Nasr Eddine**, Professeur, Université de Tlemcen

Directeur de thèse : **M^r BENYOUCEF Boumédiène**, Professeur, Université de Tlemcen

Examineurs :

M^r HADDADI Mourad, Professeur, Ecole Nationale Polytechnique

M^r HAMIDAT Abderrahmene, Directeur de Recherche, CDER Alger

M^r MALEK Ali, Directeur de Recherche, CDER Alger

M^r BIBI TRIKI Nasr Eddine, Professeur, Université de Tlemcen

Année universitaire 2012 / 2013

REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements au Professeur **BENYOUCEF** pour son encadrement et ses bons conseils pendant ces années de travail et de coopération avec le centre de développement des énergies renouvelables à Bouzaréah.

Je remercie Dr. **CHABANE SARI**, Professeur à l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, d'avoir accepté de présider le jury.

Je remercie Dr **HAMIDAT**, Directeur de recherche au Centre de développement des énergies renouvelables de Bouzaréah, Dr **HADDADI**, Professeur à l'école nationale polytechnique d'Alger, Dr **MALEK**, Directeur de recherche au Centre de développement des énergies renouvelables de Bouzaréah et Dr **BIBI TRIKI**, Professeur à l'université ABOU BEKR BELKAID de Tlemcen, d'avoir accepté de faire partie du jury.

Un grand Merci à tous ceux qui m'ont aidé et encouragé, je pense à M **BELHAMEL**, à mes collègues du CDER et à l'équipe de l'unité TERM, UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique.

TABLE DES MATIERES

NOMENCLATURE	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
I. INTRODUCTION GENERALE	1
I.1. Introduction	1
I.2 Paramètres importants à considérer pour une faible consommation énergétique	3
I.2.1. L'enveloppe du bâtiment	3
I.2.2. Ventilation	3
I.2.3. Diffusion de la chaleur et du froid	3
I.2.4. Production d'énergie	4
I.2.5. Le stockage de la chaleur	4
I.2.6. Confort thermique	4
I.3. Conclusion	6
II. ETAT DE L'ART	7
II.1. Introduction	7
II.2. Etat des recherches	7
II.2.1. L'enveloppe du bâtiment	7
II.2.2. Demande énergétique	10
II.2.3. Systèmes utilisés pour le chauffage, rafraîchissement et eau chaude sanitaire	19

II.2.4. Plancher chauffant/rafraichissant et plafond chauffant /rafraichissant	23
I.2.5.Systèmes photovoltaïques/Thermiques	28
II.3. Conclusion	28
II.4.Problématique	30
III. MODELISATION	31
III.1.Introduction	31
III.2.La température de base (Balance Point Temperature)	31
III.3.Méthode des degrés jours	32
III.3.1.Dépense thermique par transmissions surfacique et ventilation	33
III.3.2.Demande énergétique de chauffage par la méthode des degrés jours	33
III.3.3.Demande énergétique de froid par la méthode des degrés jours	35
III.3.4. Demande énergétique d'eau chaude sanitaire	35
III.4.Installation à trois systèmes de stockage (ECS, chauffage et le froid)	36
III.4.1. Capacité des ballons de stockages	37
III.4.1.1.Eau Chaude Sanitaire	37
III.4.1.2.Chauffage	37
III.4.1.3.Rafraîchissement	37
III.5.Besoins énergétique de chauffage d'un logement	38
III.5.1.Évaluation des apports solaires et internes	38
III.5.1.1. Apports solaires par les parois vitrées	39
III.5.1.2.. Apports internes dus aux occupants et aux appareils électriques	40

III.5.1.3. Charges thermiques par les parois opaques	40
III.5.2. Demande nette en énergie pour le chauffage de la maison	42
III.5.3. Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels	42
III.6. Demande nette en énergie pour le refroidissement	44
III.7. Energie solaire reçue par le capteur	45
III.8. Taux de Couverture Solaire	45
III.9. Simulation sous TRNSYS16	46
III.9.1. Définition de la maison dans TRNBuild	47
III.9.2. Définition des Output	48
III.9.3. Production d'eau chaude sanitaire	49
III.10. Conclusion	49
IV. DESCRIPTION DE L'HABITAT ETUDIE	51
IV.1. Introduction	51
IV.2. Détails des parois de l'enveloppe de l'habitat étudié et calcul des résistances thermiques	51
IV.3. Données climatiques	54
IV.4. Conclusion	55
V. INTERPRETATION DES RESULTATS ET DISCUSSION	56
V.1. Résultats obtenus par la méthode des degrés jours	56
V.1.1. Chauffage sans apports solaires	56
V.1.2. Apports solaires	60
V.1.3. chauffage avec apports gratuits	64

V.1.4. Rafraichissement sans les apports gratuits	65
V.1.5. Rafraichissement en incluant les apports gratuits	68
V.1.6. Taux de couverture solaire	70
V.2.Résultats obtenus par simulation sous TRNSYS	71
V.2.1.Résultats correspondants au chauffage	71
V.2.2.Résultats correspondants au rafraichissement	74
V.2.3.Résultats correspondants à la production d'eau chaude sanitaire	78
VI. CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS	80
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	84
ANNEXES	
Annexe .1. Température de base (balance point temperature)	91
Annexe .2. Bilan énergétique du bâtiment	92
Annexe .3. Simulation thermique à travers les parois selon Dämmwerk et la simulation thermique à travers les ponts thermiques en utilisant HEAT2.	98
Annexe .4. Influence du site sur la consommation énergétique du chauffage et du rafraichissement Cas de trois sites (Alger, Setif et Béchar).	104
Annexe .5. Niveau de consommation d'énergie primaire	107

NOMENCLATURE***Lettres latines***

a : un paramètre numérique

A : la surface de déperdition du bâtiment, exprimée en m^2

A_i : apports internes (kWh)

A_{SV} : apports solaires sur les parois vitrées (kWh)

C_{local} : capacité thermique effective du local, en J/K;

c_p : chaleur volumique de l'air égale à 0.34 (Wh/m³K).

C_{pe} : capacité calorifique de l'eau (4 200 (J/kg)/°C),

C_1 : coefficient d'orientation et d'inclinaison de la paroi considérée

D_T : déperditions thermiques par transmission surfaciques (kWh)

D_V : déperditions thermiques par ventilation (kWh)

DJ_C : degrés jours de chauffage (°jour)

DJ_F : degrés jours de rafraichissement (°jour)

E : ensoleillement reçu pendant la période de chauffage par une paroi verticale orientée au sud (kWh / m²).

E_{global} : irradiation solaire absorbée par le capteur (W/m²)

e : épaisseur (m)

F_R : facteur de conductance

F_e : facteur d'ensoleillement,

F_{ts} : facteur de transmission solaire de la paroi considérée

h_e, h_i : coefficient de convection de l'air extérieur et intérieur (W/m²K)

H_V : coefficient des pertes par ventilation, (W/K)

H_T : coefficient des pertes thermiques par transmission surfacique, (W/K)

K : coefficient de perte de chaleur (W/K)

N : nombre de jours du mois considéré.

P_c, P_f ; puissance de chaud et de froid (W)

Q_{cons} : consommation de chauffage (W)

Q_g : gains thermiques dus aux apports solaires et internes (W)

Q_F : demande nette d'énergie pour le rafraîchissement (kWh)

Q_C : demande nette d'énergie pour le chauffage (kWh)

$Q_{D,C}, Q_{D,F}$: déperditions de chaleur mensuelles par transmission et par ventilation (kWh)

$Q_{g,c}, Q_{g,f}$: gains de chaleur mensuels par ensoleillement et production de chaleur interne pour le chauffage et le froid (kWh)

Q_u : énergie utile du capteur (W)

R : résistance thermique (m²K/W)

$S_{capteur}$: surface des capteurs solaires (m²)

S_{SE} : surface transparente sud équivalente (m²).

T : température (K)

U : coefficient global de transmission thermique (W/m²K)

U_L : coefficient des pertes thermiques du capteur (W/m²K)

V_C : volume du ballon d'eau de chauffage (l),

V_F : volume du ballon d'eau froide (l)

V_{ecs} : volume du ballon d'eau chaude sanitaire (l)

V : volume de l'habitat (m^3)

Lettres grecques

α facteur de transmission solaire du revêtement du toit

β est le taux de renouvellement d'air du local (h^{-1})

λ : conductivité thermique (W/mK)

ρ masse volumique de l'eau (kg/l),

η_c est l'efficacité de l'installation de chauffage

η : le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur

$\eta_{capteur}$: rendement du capteur solaire

γ_c : le rapport entre les gains de chaleur mensuels et les déperditions de chaleur mensuelles,

T_c la constante de temps en s,

Φ, \dot{q} , flux de chaleur (W)

Indices

C : chauffage

F :froid, rafraichissement

Ecs : eau chaude sanitaire

g : gains thermiques dus aux apports solaires et internes

T : transmission surfaciques

V : ventilation

e , s : entrée et sortie

LISTE DES FIGURES

Figure .1. Déperditions thermiques de l'enveloppe de l'habitat

Figure 2.Degrés jours de chauffage sur différentes températures de base

Figure3. Demande énergétique de chauffage sur base de 18°C et 15°C pour l'année 2008

Figure 4. Demande énergétique de chauffage sur base de 18°C pour les années 2006-2008

Figure 5.Demande énergétique en Eau Chaude Sanitaire

Figure 6. Monotone des charges thermiques pour l'année 2008 sans les apports solaires et internes

Figure.7. Evolution de l'éclairement solaire globale sur une paroi verticale à Alger

Figure 8. Evolution de l'éclairement solaire globale sur une paroi horizontale à Alger

Figure 9. Apports solaires par les parois vitrées

Figure 10. Apports solaires transmis par le toit

Figure 11. Apports Gratuits (Solaires et Internes) pendant l'année

Figure 12.Taux d'utilisation des apports gratuits

Figure .13. Demande énergétique mensuelle de chauffage

Figure 14. Monotone des charges thermiques pour l'année 2008 en incluant les apports solaires et internes

Figure 15. Degrés jours en froid sur base de 22°C et 25°C

Figure 16. Demande énergétique de froid sur base de 22°C et 25°C pour l'année 2008

Figure 17. Demande énergétique de froid sur base de 25°C pour les années 2006-2008

Figure 18. Monotone des charges thermiques de froid (2008)

Figure 19. Demande énergétique mensuelle de froid (rafraichissement) sur base de 25°C

Figure 20. Monotone de Froid pour 2008 sur base de 25°C en incluant les Apports gratuits

Figure 21. Taux de Couverture Solaire en fonction de la surface des capteurs solaires

Figure 22. Évolution horaire de la demande de chauffage pendant le mois de janvier

Figure 23. Evolution horaire de la demande de chauffage pendant une semaine du mois de janvier

Figure 24. Evolution horaire de la demande de chauffage pendant une journée du mois de janvier

Figure 25. Confrontation des résultats degrés jours/TRNSYS; Consommation énergétique de chauffage

Figure 26. Evolution horaire de la demande de rafraichissement pendant le mois de juillet

Figure 27. Evolution horaire de la demande de rafraichissement pendant une semaine du mois de juillet

Figure 28. Evolution horaire de la demande de rafraichissement pendant une journée du mois de juillet

Figure 29. Confrontation des résultats degrés jours/TRNSYS; consommation énergétique de rafraichissement

Figure 30. Evolution mensuelle des gains solaires et internes

Figure 31. Demande en eau chaude sanitaire ; confrontation des résultats analytique/TRNSYS

Figure 32. Évolution de la température dans la paroi extérieure de la maison étudiée

Figure 33. Simulation thermique à travers le mur extérieur selon Dämmwerk

Figure 34. Évolution de la température dans le toit

Figure 35. Simulation thermique à travers le toit selon Dämmwerk

Figure 36. Évolution de la température dans le plancher bas de la maison étudiée

Figure 37. Simulation thermique à travers le plancher bas de l'enveloppe selon Dämmwerk

Figure 38. Schéma représentant la jonction toit/mur extérieur

Figure 39. Simulation selon Heat 2 : isothermes et distribution du flux de chaleur à travers la jonction toit/mur extérieur

Figure 40. Simulation de la consommation électrique dans Stand-alone system pre-sizing

Figure 41. Label énergétique européen

LISTE DES TABLEAUX

Tableau .1. Calcul de la température de base pour l'année 2008

Tableau .2. Feuille de calcul Excel : Calcul des résistances thermiques des parois et du coefficient moyen de déperdition thermique

Tableau .3. Calcul des déperditions thermiques de l'habitat (NBN B 62-301)

Tableau.4. Comparaison des déperditions par transmissions surfaciques et par ventilation selon les deux méthodes

Tableau .5. Calcul de la surface transparente sud équivalente S_{SE}

Tableau 6. Résumé des normes arabes sur les limites de U-Value [98]

Tableau 7. Normes allemandes selon EnEV 2009 sur base de calcul (DIN V 18599) [98]

CHAPITRE I
INTRODUCTION GENERALE

I.1. Introduction

« L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures. Ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et contribuent donc dans une large mesure au changement climatique », souligne Björn Stigson, président du [WBCSD](#) (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD). . « Sans mesures immédiates, des milliers de nouveaux bâtiments seront construits sans aucune considération pour l'efficacité énergétique et des millions de bâtiments existants consommant plus d'énergie que nécessaire seront toujours présents en 2050. Agir maintenant implique de réduire leur consommation énergétique et de faire de réels progrès en faveur de la lutte contre le changement climatique ». « Le marché ne pourra pas à lui seul introduire les changements nécessaires. La plupart des propriétaires et occupants de bâtiments ne sont pas assez informés sur la consommation d'énergie et ne s'en soucient pas suffisamment. Cette inertie est renforcée par les affirmations selon lesquelles les coûts sont trop élevés et les économies trop faibles. C'est pourquoi nous appelons à fournir un effort important, coordonné et mondial. Si nous pouvons faire cela, nous réduirons les émissions de gaz à effet de serre et stimulerons parallèlement la croissance économique », explique-t-il [1].

La demande mondiale d'énergie primaire a augmenté rapidement en raison de l'augmentation de la population et l'industrialisation [2]. Plus d'un tiers de la demande énergétique dans le monde est utilisée dans le secteur résidentiel.

La consommation d'énergie dans le monde par les équipements de CVC (chauffage, ventilation et climatisation) dans les bâtiments varie de 16 à 50% de la consommation totale d'énergie.

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique [3]. Les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaires à la couverture de ses besoins propres lui permettent de rester serein pour quelques temps encore.

Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en terme de stratégie de valorisation de ces ressources pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ses ressources fossiles stratégiques.

Dans ce contexte, la loi algérienne sur la maîtrise de l'énergie [4] et les nouveaux textes réglementaires mis en place récemment [5-7] sont venus fixer le modèle de consommation énergétique national et définir le cadre général des différentes actions à mener pour parvenir le plus rapidement possible à une rationalisation de l'emploi des énergies disponibles et à une meilleure maîtrise de la consommation énergétique.

Outre la nécessaire diversification énergétique qui vise essentiellement une rapide intégration des énergies renouvelables (solaire photovoltaïque et thermique, éolienne, géothermique, biomasse) dont dispose en abondance l'Algérie, le développement des économies d'énergie est un axe très important de la démarche préconisée par cette loi.

La consommation d'énergie peut être considérablement réduite par l'adoption des stratégies d'efficacité d'énergie dans le bâtiment et cela en proposant des composants de l'enveloppe plus efficaces [8] des améliorations respectives d'une énergie du point de vue de l'efficacité. Différents types de murs énergétiques efficaces, tels que les murs Trombe, façades ventilées, et des parois vitrées sont envisageables.

Le secteur du bâtiment représente de 30 à 40 % de la consommation totale d'énergie et une forte part des impacts environnementaux d'origine anthropique[9]. De ce fait, il présente un fort potentiel d'amélioration à la fois sur les plans énergétiques et environnementaux. Pour répondre à ces défis énergétiques et environnementaux, plusieurs éléments de solution peuvent être mis en œuvre de manière complémentaire. Du point de vue énergétique, les solutions concernent les différents maillons de la chaîne énergétique et passent par la réduction des besoins énergétiques la « sobriété », l'efficacité des équipements et l'adaptation de la chaîne énergétique aux usages. Du point de vue environnemental, les solutions sont très nombreuses et concernent notamment la rationalisation de l'utilisation des matières premières, la réduction des émissions polluantes et des déchets et le recyclage des matériaux. Ces solutions, appliquées au bâtiment, amènent à travailler simultanément sur la consommation du bâtiment, sa structure et ses divers équipements, dès la phase de conception [9].

Les paramètres à considérer avant la conception du bâtiment pour une faible consommation énergétique sont cités par la suite.

I.2. Paramètres importants à considérer pour une faible consommation énergétique

I.2.1. L'enveloppe du bâtiment

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, ce qui passe le plus fréquemment par une isolation par l'extérieur.

Les murs extérieurs et le toit d'un bâtiment sont l'interface entre l'intérieur et l'environnement extérieur [10]. Les bâtiments doivent être isolés selon les conditions extérieures et intérieures de l'environnement des exigences de confort thermique. L'isolation thermique est généralement installée dans les composants d'enveloppe du bâtiment afin de réduire le chauffage et la climatisation des locaux, la consommation d'énergie et les coûts. Le coût d'installation d'isolation augmente avec l'épaisseur, alors que le coût de chauffage et de refroidissement baisse.

L'isolation thermique dans le bâtiment est un paramètre très important dans l'économie énergétique, vu que le bâtiment représente le quart des émissions de gaz à effet de serre. Une bonne isolation permet une économie d'énergie très appréciable [11].

I.2.2. Ventilation

Le bâtiment à énergie positive doit être très étanche à l'air. Sa ventilation doit être maîtrisée, via une ventilation mécanique contrôlée à double flux couplée à un récupérateur de chaleur sur air vicié performant limitant les échanges thermiques par renouvellement d'air. Selon les besoins, le maintien du confort d'été peut être assuré de manière passive par un échangeur air-sol ou par une stratégie de ventilation nocturne. La ventilation simple flux associée à des bouches d'entrée d'air ou d'extraction à débit régulé selon le taux d'hygrométrie «hygroréglable » ou de polluants, ne présente pas de performances suffisantes au vu des objectifs du bâtiment à énergie positive.

I.2.3. Diffusion de la chaleur et du froid

Le chauffage aéraulique, utilisant le réseau de ventilation pour la diffusion de la chaleur, semble la solution la plus simple et la plus économique à mettre en œuvre au sein d'un

bâtiment à énergie positive. En effet, cette solution nécessite un équipement peu encombrant. Elle possède une bonne réactivité aux besoins de puissance du fait de sa faible inertie et est donc particulièrement adaptée aux bâtiments très isolés, où le moindre apport solaire ou interne suffit à atteindre la température de consigne : l'arrêt du système doit alors être très rapide.

I.2.4. Production d'énergie

L'électricité nécessaire au fonctionnement du bâtiment peut être produite sur place à partir de ressources renouvelables disponibles localement : le soleil (conversion photovoltaïque), le vent (conversion électromécanique par aérogénérateur) ou l'énergie mécanique de l'eau (hydroélectricité). La chaleur nécessaire au maintien du confort intérieur et au chauffage de l'eau sanitaire est assurée, soit par des panneaux solaires thermiques (dits aussi «héliothermiques »), soit par un équipement de cogénération fonctionnant de préférence avec un combustible renouvelable. L'usage d'une pompe à chaleur peut-être envisagé dès lors que la production locale d'électricité à partir de ressources renouvelables est suffisante. Les apports internes de chaleur, issus du métabolisme des occupants ou du fonctionnement des appareils domestiques doivent être comptabilisés car ils peuvent fortement contribuer au chauffage du bâtiment en hiver ou à sa surchauffe en été.

I.2.5. Le stockage de la chaleur

Le stockage de la chaleur est assuré, de manière passive, par la masse thermique du bâtiment et de ses composants internes et, de manière active, par un ballon d'eau chaude. Les matériaux à changement de phase, destinés à accroître l'inertie thermique des parois internes du bâtiment, sont encore en phase de développement.

I.2.6. 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 psycho-sociologique) 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. Ainsi, les notions de confort et d'inconfort sont très délicates à caractériser et de nombreuses méthodes ont été proposées. Néanmoins, par des méthodes statistiques, il est

possible de définir des conditions de confort thermique acceptables et de les représenter dans un diagramme de l'air humide selon divers paramètres (p. ex. climat, vitesse de l'air). En simplifiant et pour des conditions d'humidité situées entre 40 et 80 %, les limites de température couramment admises pour cette zone vont de 18 à 27 °C (voir figure I. 1).

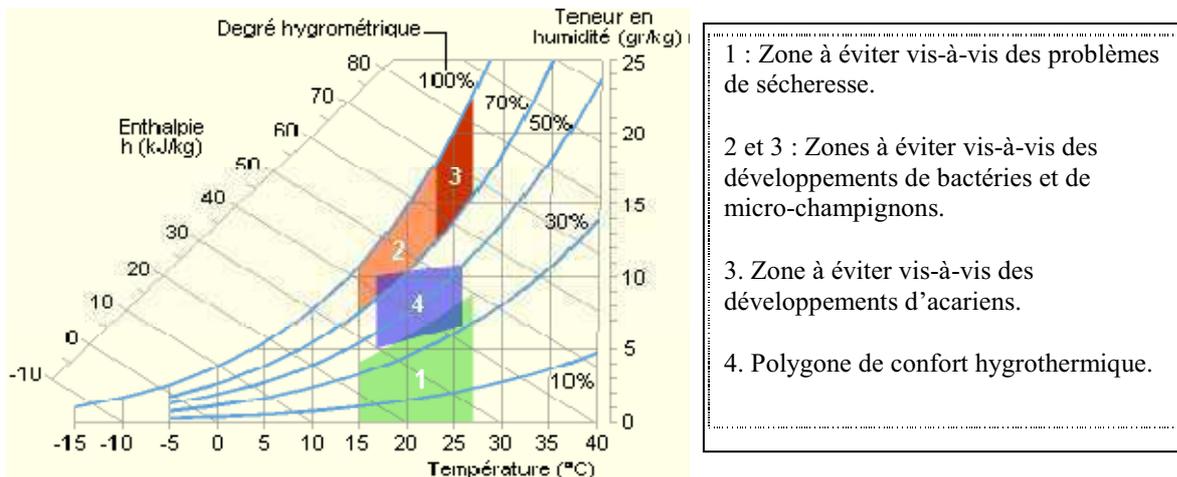


Figure I.1.Exemple de plage de confort sur le diagramme de l'air humide [12]

Un modèle mathématique de confort thermique qui prédit le comportement thermique, les réponses physiologiques et la sensation thermique de l'être humain dans des conditions stables et transitoires a été développé [13]. La croissance de la demande énergétique en période estivale en raison de l'extension rapide de l'utilisation des climatiseurs a montré la nécessité de trouver des solutions alternatives pour le rafraîchissement des bâtiments. Le modèle de confort thermique développé dans cette étude permet d'évaluer l'impact de la ventilation naturelle nocturne et de la ventilation mécanique sur le confort thermique durant l'été. L'étude a fait ressortir que dans un climat modéré comme celui du nord algérien, la ventilation mécanique peut suffire à garantir un niveau de confort d'été acceptable sans avoir recours à la climatisation.

Dispositifs de conservation de l'énergie, chauffage solaire passif, la ventilation naturelle et protection solaire sont les principales stratégies de conception [14]. Economies d'énergie en chauffage pendant la saison d'hiver était d'environ 50%.

L'efficacité de protection solaire et les stratégies de ventilation nocturne capables de maintenir les températures de l'air intérieur dans une zone de confort acceptable et élimine la nécessité pour les installations de climatisation dans les bâtiments [15].

I.3.Conclusion

Pour une bonne efficacité énergétique, nous devons prendre en considération une conception efficace du bâtiment et une performance des équipements de chauffage, ventilation et climatisation.

Une conception efficace de l'habitat revient à bien choisir l'orientation, la compacité du bâtiment, la position et le type de vitrages ainsi que les matériaux de l'enveloppe.

L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment est la meilleure alternative afin de diminuer la dépense énergétique et les émissions des gaz à effet de serre.

Dans ce document, nous avons structuré notre travail en six chapitres,

En 1^{er} chapitre, une introduction générale est donnée sur le thème de notre travail.

2^{ème} chapitre, nous avons fait une synthèse des recherches faites sur le chauffage, rafraîchissement, eau chaude sanitaire ainsi que sur l'enveloppe du bâtiment.

Le 3^{ème} chapitre consiste à définir l'habitat à étudier, ses composants et les matériaux qui le constituent ainsi que la climatologie du site. Les différentes résistances thermiques sont déterminées, ainsi que le niveau d'isolation thermique de l'habitat.

Au 4^{ème} chapitre, la méthode des degrés jours est détaillée pour le calcul des besoins énergétiques en chauffage et le rafraîchissement. En 1^{ère} partie en négligeant les apports solaires et internes, en seconde partie, on inclut les apports dits gratuits. La demande en eau chaude sanitaire est évaluée selon la méthode analytique.

La simulation est faite avec l'outil de calcul TRNSYS 16. En 1^{ère} partie pour le chauffage et rafraîchissement, en 2^{ème} partie pour l'eau chaude sanitaire.

Au 5^{ème} chapitre, les résultats sont présentés, sous forme de graphes.

Analyse et interprétation des résultats au 6^{ème} chapitre, ceux obtenus par la méthode des degrés jours sont comparés à ceux simulés par l'outil de calcul TRNSYS.

Et enfin on conclue notre étude avec une synthèse et d'éventuelles perspectives dans le même thème.

CHAPITRE II
ETAT DE L'ART

II.1. Introduction

Plusieurs auteurs se sont intéressés à la consommation énergétique du 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...).

La consommation énergétique des bâtiments du secteur tertiaire est difficile à estimer du fait de l'importance des apports internes et solaires, de la complexité de la régulation du système de chauffage et de son intermittence.

II.2. Etat des recherches

Certaines recherches se sont basées sur l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe et des matériaux qui la constitue. D'autres ont eu pour but le perfectionnement des équipements de chauffage, climatisation et ventilation dans l'habitat. Nous avons fait une synthèse de ce qui a été réalisé dans ce domaine et classé selon les paramètres étudiés.

II.2.1. L'enveloppe du bâtiment

Des recherches sur l'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe, comme le choix de l'orientation, type de vitrages, toit vert, matériaux à changement de phase ont été fait, ils sont énumérés comme suit :

L'économie d'énergie est une priorité élevée dans les pays développés [16]. Pour cette raison, des mesures d'efficacité énergétique sont de plus en plus mises en œuvre dans tous les secteurs. Le secteur résidentiel est responsable d'une part importante de la consommation d'énergie dans le monde. La plupart de cette énergie est utilisée pour le chauffage, le refroidissement et les systèmes de ventilation artificielle. En vue de développer l'efficacité énergétique des structures, cet article fournit une vue d'ensemble des critères de conception des constructions qui peuvent réduire la demande d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments résidentiels. Ces critères sont basés sur l'adoption des paramètres appropriés pour l'orientation du bâtiment, forme, système d'enveloppe, chauffage passif et des mécanismes de refroidissement, l'ombrage, et le vitrage. Une analyse a été faite des études antérieures qui ont évalué l'influence de ces paramètres sur la demande totale d'énergie et propose les meilleures options de conception. Cette étude est utile pour les

professionnels qui sont responsables de la prise de décision lors de la phase de conception de l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels.

La performance énergétique d'une école maternelle équipée d'un système de toit vert à Athènes, Grèce a été analysée [17]. Des simulations ont été effectuées dans les deux cas, non isolé et isolé et selon les résultats, l'installation du toit vert contribue de manière significative à l'efficacité énergétique des bâtiments. Ainsi, une économie d'énergie remarquable a été obtenue grâce à la réduction de la charge de refroidissement durant la période estivale, après l'installation du système de toit vert. Cela se traduit par une réduction significative de climatisation conventionnelle. Au contraire, l'impact du système de toit vert sur la charge de chauffage pendant la période hivernale a été considérée comme sans importance.

La méthode EETP (method on evaluation of energy and thermal performance for residential buildings) est mise en avant par Jinghua Yu et al [18] afin d'évaluer le rendement énergétique de motifs d'enveloppe et pour calculer la consommation d'énergie de refroidissement et de chauffage. EETP index peut suggérer des façons possibles d'améliorer l'efficacité énergétique pour la conception de bâtiments de nouvelle construction et rénovation de bâtiments existants et de fournir aux gouvernements des informations utiles pour la mise en place de la nouvelle politique sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Il a des significations importantes pour mener à bien la conception de bâtiments durables résidentiels à confort thermique élevé et faible consommation d'énergie.

Dans le but de réduire la consommation énergétique des bâtiments [19], une solution réside sur une simulation énergétique du bâtiment qui permet d'activer le transfert de la chaleur (et de l'humidité) par l'enveloppe et, par conséquent, est une façon de comprendre la façon d'améliorer la performance du bâtiment. Cet article vise à analyser le niveau de modélisation nécessaire d'évaluer avec succès le transfert de chaleur à travers les fenêtres à haute inertie thermique double ou triple vitrages dans l'ensemble du bâtiment.

Bien qu'il soit possible de vérifier la performance énergétique d'un bâtiment donné au moyen de plusieurs méthodes disponibles [20], le problème inverse de la détermination de la configuration optimale compte tenu des performances désirées est plus difficile à résoudre. Dans la région méditerranéenne ce problème est plus complexe à cause des deux raisons suivantes: la charge de climatisation est aussi importante que la charge de chauffage et les

besoins énergétiques dépendent d'un grand nombre de paramètres architecturaux qui sont différentes, voire contradictoires, les apports en été et les charges en hiver. Dans cet article, est présenté un algorithme d'optimisation qui couple les techniques d'optimisation pseudo-aléatoires, les algorithmes génétiques (GA), avec un outil simplifié pour construire une évaluation thermique (CHEOPS) dans le but de minimiser la consommation énergétique des bâtiments méditerranéens. Depuis l'augmentation du rendement énergétique nécessite généralement l'utilisation de dispositifs spéciaux résultant en un coût de construction élevé, les algorithmes génétiques (GA) sont utilisés dans le but de l'optimisation économique.

Une méthodologie simple pour la simulation énergétique des bâtiments [21], y compris les éléments avec les matériaux à changement de phase PCM en utilisant l'outil TRNSYS est présenté et validé. Cette procédure ne vise pas une simulation des processus de transfert réels à l'intérieur des matériaux avec PCM, mais d'évaluer l'influence de murs et de plafond / plancher avec PCM dans le bilan énergétique d'un bâtiment entier. Le paramètre clé dans les simulations est le coefficient de transfert de chaleur équivalent qui doit être déterminé pour chaque matériau. Evaluation expérimentale du coefficient est présentée. La méthodologie est appliquée dans un bâtiment comme une salle de prototype construit avec des panneaux en béton avec PCM. Un des composants pour simuler le comportement thermique du bâtiment dans TRNSYS est le Type 56 Multi-Zone building. Ce modèle traite les bilans thermiques d'un bâtiment ayant jusqu'à 25 zones thermiques. Le modèle de bâtiment dans le type 56 est un modèle d'équilibre non-géométrique avec un nœud de l'air par zone, ce qui représente la capacité thermique de la zone de volume d'air et les capacités qui sont étroitement liées. Composants de l'équipement distincts peuvent être couplés à des zones que soit gains convectifs internes ou les gains par ventilation. Pour utiliser le type 56, un programme distinct PREBID de pré-traitement est exécuté. Le programme PREBID lit et traite dans un fichier contenant la description des capacités et génère deux fichiers qui sont utilisés par le composant de type 56 lors d'une simulation TRNSYS. Les entrées et sorties de Type 56 dépendent de la description du bâtiment et des options au sein du programme PREBID.

Le site des Sassi de Matera classés par l'Organisation des Nations Unies, la science et la culture (UNESCO) comme patrimoine mondial en 1993, est un exemple exceptionnel de tradition bioclimatique Architecture méditerranéenne [22]. EnergyPlus a été utilisé pour la simulation dynamique paramétrique pour quantifier le bilan énergétique des structures hypogées au cours d'une année civile. L'évaluation énergétique des surfaces hypogées montre que ces milieux, une fois restaurée et dans un état d'utilisation normale, donne un

confort intérieur dans les limites de confort thermo-hygrométrie mis en place par l'indice de confort de vote moyen prédit (PMV) et prédit pourcentage d'insatisfaits (PPD).

Un système de stockage de l'énergie solaire pendant l'été pour une utilisation pendant l'hiver suivant a été simulé [23]. Plus précisément, des capteurs solaires thermiques fixés sur le toit d'une maison unifamiliale ont été utilisés pour recueillir l'énergie thermique solaire en Richmond, Virginie, Etats-Unis. TRNSYS a été utilisé pour modéliser et simuler la charge thermique d'hiver d'une maison typique de Richmond.

II.2.2. Demande énergétique

Afin d'analyser le demande énergétique des bâtiments, il faudrait déterminer le coefficient de transmission thermique, différentes méthodes existent pour le calcul de U(ou K), citons quelques cas :

Les normes internationales pour le calcul de la consommation d'énergie pour le chauffage sont certifiées ISO 9164 et EN 832 [24]. Même si elles sont fondées sur des principes similaires, il existe des différences significatives dans la procédure de calcul du coefficient de perte de transmission de la chaleur, HT, en particulier dans l'évaluation des ponts thermiques. Dans cet article, une nouvelle méthode est proposée pour le calcul des paramètres cités dans la norme ISO 9164 pour l'intersection plancher / mur-poutre. Les résultats obtenus par la méthode proposée pour plancher typique avec les sections de poutres sont comparés avec les résultats obtenus par les méthodes indiquées dans la norme ISO 13789/EN 832/EN 14683 et les résultats obtenus par l'analyse 2D. Différentes méthodes sont évaluées en fonction de leur simplicité et leur accord.

HAMOUDA C et al [25] ont étudié la consommation énergétique d'une maison individuelle située à Batna en Algérie, le bilan énergétique national de l'année 2005, montre que la consommation finale évaluée à 24,437 Millions de TEP, fait ressortir une prédominance de la consommation énergétique du secteur des ménages (soit 52,3 % de la consommation finale) par rapport aux secteurs de l'industrie (23,8 %) et celui des transports (23,9 %). Dans cet article, est présentée une analyse de l'utilisation des différents vecteurs énergétiques dans une habitation individuelle en milieu urbain. A l'aide d'un programme de simulation des paramètres thermiques du bâtiment, a été identifié les sources de déperditions énergétiques, ainsi que les possibilités d'économie

d'énergie pour ce bâtiment. Les résultats obtenus sont comparés aux standards publiés, particulièrement pour les maisons à faibles consommations d'énergie.

Sjorgren J U et al [26] ont fait une évaluation la consommation mensuelle enregistrée par les détenteurs de propriété pour plus de 100 immeubles collectifs en Suède. L'approche utilisée, basée sur la méthode « energy signature approach », a été développée pour évaluer la performance énergétique des immeubles collectifs en termes de coefficient global de perte de chaleur, K_{tot} . Pour compenser les données manquantes, les différents profils de consommation assumée ont été utilisés. Les résultats montrent que bien que la valeur obtenue de K_{tot} pour un bâtiment individuel est assez sensible aux profils de consommation électrique supposée des ménages, la sensibilité est réduite si l'évaluation est faite en termes relatifs et non absolus. Ainsi, l'utilisation de profils de consommation pourrait être un moyen efficace de contourner le manque actuel d'une connaissance détaillée d'une utilisation totale d'énergie des bâtiments. En outre, une évaluation en termes relatifs plutôt que des valeurs absolues est aussi plus correcte, car les données disponibles dans presque tous les cas, ne supporte pas la détermination de la véritable valeur de K_{tot} . L'utilisation d'un profil de consommation moyenne, au lieu d'une connaissance détaillée n'est évidemment pas souhaitable, mais pour les bâtiments assez important tells une approche pourrait être couronnée de succès.¶

Liu Yang, et al [27] ont utilisé la méthode de la valeur globale du transfert thermique (overall thermal transfer value OTTV) et la méthode des degrés jours (heating degree-days technique) pour l'analyse des besoins de chauffage et rafraîchissement de l'habitat dans 5 sites de chine, représentant les cinq zones climatiques majeures. Ces villes situées dans les cinq zones climatiques majeurs, à savoir froid sévère, froid, été chaud et hiver froid, été doux et chaud et l'hiver chaud en Chine, à savoir Harbin, Pékin, Shanghai, Kunming et Hong Kong.. Différentes conceptions de l'enveloppe du bâtiment ont été étudiées. Les gains de chaleur dans le bâtiment au cours des quatre mois les plus chauds ont été estimés en utilisant la méthode de la valeur de transfert thermique global (OTTV).

La demande énergétique pour le chauffage et le rafraichissement est déterminée selon différentes méthodes, la méthode des degrés jours (degrés heures), la méthode BIN ou la méthode du réseau neurologique (NN) sont citées :

Dans cette étude [28] les degrés-jours de chauffage et de rafraîchissement pour la Turquie sont déterminés en utilisant à long terme des dernières données mesurées. Cinq températures de base différentes allant de 14 à 22 °C sont choisies dans le calcul des degrés-jours de chauffage. Dans le cas de degrés-jours de rafraîchissement, 6 températures de base différentes dans la gamme 18 à 28 °C sont utilisées. Les degrés-jours annuels de Chauffage et de refroidissement sont donnés à la fois sous forme de tableau et sous forme de cartes compteur pour toutes les provinces de la Turquie (78 stations météo).

Une version simplifiée d'une expression du second degré est développée pour l'estimation approximative des degrés jours annuels de chauffage à des températures de bases différentes [29]. Les seules données nécessaires pour l'application de cette relation est la valeur des degrés jours à une certaine température de base de référence et la température moyenne annuelle de l'emplacement. La relation quadratique s'est avéré être tout à fait exact lorsqu'elle est appliquée aux données provenant de nombreuses villes de Grèce et d'autres pays. En dehors de l'estimation des degrés jours de chauffage, l'expression suggérée peut être utile à des fins analytiques, en raison de sa forme explicite et simple.

L'énergie solaire peut également contribuer à répondre à la demande de chauffage, à la fois pour les espaces intérieurs ou d'eau chaude. L'utilisation de méthodes de degrés jours dans l'analyse énergétique des bâtiments est présenté dans plusieurs études [30, 31, 32].

La méthode des degrés jours de chauffage a été utilisée pour déterminer la consommation de gaz naturel par le chauffage résidentiel en Turquie [30]. Une carte de prévision de la consommation de gaz naturel pour le chauffage des bâtiments sur la base des lignes de transmission et des degrés-jours a été construite. Tant la distribution relative de la demande de gaz naturel pour le chauffage en hiver et les zones géographiques de la Turquie qui représentent les plus fortes densités de consommation ont été identifiées. Les résultats nous ont permis de déterminer la répartition de la demande de gaz naturel pour le chauffage en hiver et de définir les zones où la consommation est la plus forte. Une telle analyse a donc constitue un système fiable, simple critère pour identifier les zones où des mesures d'économie d'énergie sont plus efficaces. Il pourrait devenir l'outil utile pour localiser les installations de stockage et de conception de la grille de distribution du gaz naturel. La

validation des prédictions a été développée en comparant la consommation de gaz naturel pour le chauffage en hiver avec la demande de gaz naturel réelle, obtenue à partir des données sur la consommation BOTAS pour les années 1998 et 2000. La comparaison a montré la fiabilité substantielle des prévisions.

Le but de cette étude [31] est de calculer le nombre de degrés jours de chauffage (HDD) et de refroidissement (CDD) pour des températures de base différentes en utilisant au maximum tous les jours et les données de température minimum pour le long terme (21 ans), mesurées dans les stations météorologiques dans 79 centres-urbains de Turquie, et à dresser des cartes de ces données numériques. Dans les calculs, Cinq températures de base différentes ont été utilisées pour le HDD et six pour le CDD, des le nombre des degrés-jours de chauffage et de refroidissement trouvés sont donnés sous forme de tableau. Pour une température de base de 17,5 C, le nombre des degrés jours de chauffage HDD maximum et minimum ont été respectivement (HDD =4581) à Ardahan et (HDD = 783) à Mersin. Pour une température de base de 22°C, le nombre des degrés jours de refroidissement CDD a été maximal (970) à Sanhurfa et minimal (CDD = 61) à Ardahan.

Degrés jours de Chauffage et refroidissement pour les deux principales villes de Grèce ont été étudiés [32], le nombre de degrés heures ont été calculées pour des températures de base de 10 à 20 °C et les degrés heures pour les températures de base de 20 à 27,5 °C, en utilisant un pas de température de 0,5°C. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux et servent l'estimation des besoins en énergie et la consommation de carburant des systèmes de chauffage et de climatisation en mode de fonctionnement par mois ou de façon saisonnière.

Pendant la saison de chauffage, les fenêtres d'un bâtiment sont généralement fermées et le taux de renouvellement de l'air est relativement constant. Ainsi, il n'y a pas de différence significative entre les résultats lors de l'utilisation des degrés-jours et les degrés-heures pour l'estimation de la consommation annuelle de chauffage d'un bâtiment. Cependant, durant la saison de refroidissement, les gains de chaleur peuvent être éliminés, et le début de refroidissement mécanique peut être différé en ouvrant les fenêtres, surtout pendant la nuit, lorsque la température extérieure est généralement inférieure à la température de base. Par conséquent, les degrés-heures de refroidissement représentent mieux la période où l'équipement est en marche que les degrés-jours de refroidissement, et l'estimation de la consommation énergétique de refroidissement est plus précise. La gravité d'un climat peut être caractérisée de manière concise en termes de degrés-jours ou

degrés-heures. En outre, la base de variables de la méthode des degré-jours ou de degrés-heures est un outil simple et rapide pour l'estimation des besoins énergétiques saisonniers de chauffage et de refroidissement, en particulier quand une optimisation des éléments de construction dans un bâtiment d'habitation doit être effectuée. Les degrés-jours de chauffage ainsi de refroidissement à des températures de base différentes ont été calculées et totalisées pour de nombreuses cités grecques. Les degrés-jours de chauffage ont été calculés pour des températures de base de 10, 15, 18 et 25°C et les degrés-jours de refroidissement pour une température de base de 25°C. Les calculs pour la ville d'Athènes étaient basés sur les données horaires de température et sur les techniques de corrélation pour le reste des villes, en raison de l'absence de données horaires. Ces valeurs de degrés-jours ont été incorporées dans les règlements techniques grecs et utilisés par les ingénieurs pour les calculs de l'énergie. Cependant, ces valeurs limitées de températures de base pourrait ne pas être suffisant pour la précision des calculs d'énergie de chauffage ou de refroidissement, et la nécessité d'une température de base variable évolue.

Les valeurs annuelles de degrés-jours de chauffage et de refroidissement pour les deux températures de base typique, à savoir 15° C pour chauffage et de 24° C pour le refroidissement, et pour les deux principales villes de la Grèce (Athènes et Thessalonique) de 1983 à 2002 sont présentées dans l'étude[33], calculée en utilisant toutes les heures la température sèche maximale de la station météorologique de l'Observatoire national d'Athènes et de l'Université Aristote de Thessalonique. La moyenne de la décennie (1983-1992 et 1993-2002) des valeurs de degrés jours de chauffage et de refroidissement des deux villes sont comparés, pour des températures de bases différentes. Les résultats montrent que la valeur moyenne des degrés-jours d'Athènes pour la décennie 1993-2002, selon la température de base, est réduit de 8% à 22% par rapport à la valeur correspondante de la décennie 1983-1992. De même, la réduction dans le cas de Thessalonique se trouve dans la plage de 4,5% - 9,5%. La différence dans la valeur moyenne des degrés-jours de refroidissement des décennies est plus prononcé l'augmentation allant de 25% à 69% pour Athènes et de 10% à 21% pour Thessalonique. Afin d'évaluer l'effet de ces changements sur les besoins énergétiques de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment résidentiel typique, ces derniers ont été calculés en utilisant la méthode des degrés-jours et les ensembles de données des deux décennies. Les résultats montrent une réduction de la demande énergétique de chauffage de 11,5% et 5% et une augmentation de la demande énergétique de refroidissement de 26% et 10%, respectivement pour Athènes et Thessalonique.

Dhaka, la capitale du Bangladesh, est une mégalopole en pleine expansion avec une population de 12,8 millions. Grâce à sa situation tropicale, dense morphologie urbaine et plus élevée que la densité moyenne de la population, les bâtiments en Dhaka sont susceptibles d'être affectés par les changements climatiques projetés, en particulier par l'augmentation de la température [34]. Les bâtiments jouent un rôle vital dans la plupart des aspects de nos vies et de leur consommation d'énergie. Il est important de comprendre l'impact probable de l'augmentation projetée de la température de refroidissement et de chauffage sur les exigences dans les bâtiments dans les climats futurs. Dans cette recherche, les projections mondiales sur les changements de température sont temporellement bas à l'échelle en utilisant une base statistiquement moyenne actuelle des données météorologiques horaires pour générer des données météorologiques à venir dans les tranches de temps: 2020, 2050 et 2080. Les données chronologiques pour les climats actuels et futurs sont analysées ainsi que les degrés-jours de chauffage et de refroidissement sont calculés.

L'analyse montre que les degrés-jours de refroidissement baissent alors que les degrés-jours continuent à augmenter dans les climats futurs. L'ampleur du changement des degrés-jours mensuelles de refroidissement est inégale et est supérieure en hiver que l'été et la mousson. Occurrences Augmentation des températures au-dessus du seuil de confort tout au long de l'année sont susceptibles d'avoir des conséquences importantes pour la santé et le bien-être humain. La gravité et la durée des températures extérieures sous la forme accru de degrés-jours de refroidissement dans les climats futurs se traduira par une hausse de la demande d'énergie pour le refroidissement de confort, qui va ajouter un stress supplémentaire à l'infrastructure de l'énergie a déjà été souligné dans le pays. Prompt actions des intervenants sont, par conséquent, essentiel de renforcer la résilience des bâtiments de Dhaka au changement climatique.

Une analyse énergétique du bâtiment a été faite [35,36 et 37] en utilisant la méthode des degrés jours et une simulation par TRNSYS 16 [38], ainsi que l'effet des apports solaires sur la consommation énergétique du bâtiment.

Le but de cet article [39] était de présenter une nouvelle méthode analytique pour calculer l'équivalent d'heures pleine charge de CVC systèmes (chauffage, ventilation et conditionnement d'air). Les besoins énergétiques d'un bâtiment sont calculés en utilisant La méthode BIN. Des résultats sont donnés sous forme de tableaux et des données pendant des

périodes de chauffage et de refroidissement. Pour la période de chauffage les résultats sont obtenus en considérant un fonctionnement 24-h de l'équipement de chauffage tandis que pour la période de refroidissement, afin de distinguer différents types de fonction de bâtiment, données pour 12 et 24 h du fonctionnement de l'équipement de refroidissement sont présentés. En outre, afin de tenir compte de l'influence de la construction de bâtiments, des gains de chaleur internes et la température intérieure sur les besoins en énergie, les différentes températures du point d'équilibre (température de base) sont considérés comme pour le chauffage ou la période de refroidissement. Des heures équivalentes pleines charges peuvent être employées pour une évaluation approximative du chauffage annuel et des besoins en énergie de refroidissement dans les bâtiments. En appliquant la méthode présentée et avec l'utilisation de données de températures sèches bin, les heures équivalents pleine charge à différents températures d'équilibre et le fonctionnement des horaires différents pour les périodes de refroidissement et de chauffage ont été estimés, pour 40 villes grecques. Cette méthode peut facilement être utilisée pour une estimation approximative des besoins énergétiques de chauffage et refroidissement dans le secteur du bâtiment.

Deux méthodes ont été employées pour modéliser la consommation d'énergie résidentielle d'usage final au niveau national ou régional [40]: la méthode de génie industriel et la méthode conditionnelle de demande-analyse. A récemment été démontré que la méthode du réseau neurologique (NN) est capable de modéliser exactement la consommation d'énergie des appareils, éclairage, et de rafraîchissement d'espace dans le secteur résidentiel. Dans ce travail, l'utilisation de la méthode de NN est utilisée pour modéliser la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel, deux modèles de consommation d'énergie basés par NN ont été développés pour estimer les consommations d'eau chaude domestiques et de chauffage dans le secteur résidentiel canadien. Cet article présente la méthodologie de NN utilisée en développant les modèles, l'exactitude des prévisions, et quelques résultats d'échantillon.

Une grande quantité de demande énergétique du monde est reliée au bâtiment [41]. L'utilisation de l'électricité dans les bâtiments commerciaux compte pour environ un tiers de la consommation totale d'énergie en Turquie et les bâtiments de bureau entièrement climatisés sont les plus grands consommateurs d'électricité depuis le milieu des années 90. Dans ce travail, les interactions entre différentes conditions, commandent des stratégies et des charges de chauffage/rafraîchissement dans des bâtiments de bureau dans les quatre zones climatiques principales en Turquie - été chaud et hiver froid, été doux et chaud et hiver chaud, été chaud

et humide et hiver chaud, a été évalué par le programme de simulation d'énergie de bâtiment. Les résultats de simulation sont comparés aux valeurs obtenues à partir des mesures sur site faites dans un bâtiment de bureau situé à Istanbul. Les données et les résultats enregistrés de simulation sont comparés et analysés. Ce modèle vérifié a été employé en tant que des moyens d'examiner quelques occasions de conservation d'énergie sur le refroidissement annuel, chauffage et la charge totale de bâtiment à quatre villes principales qui ont été choisies comme représentant des quatre régions climatiques en Turquie. L'effet des paramètres comme les conditions climatiques (emplacement), l'isolation et la masse thermique, construction (aspect ratio), la couleur des surfaces extérieures, d'ombrages, les systèmes de fenêtre comprenant le cadre et le vitrage, les taux de ventilation et les différentes stratégies extérieures de commande d'air sur des besoins en énergie annuels de bâtiment est examinée et les résultats sont présentés pour chaque ville.

Une technique de simulation d'énergie de bâtiment employant EnergyPlus a été employée pour estimer le chauffage, le refroidissement et les besoins totaux en énergie. Une conception courante de bâtiment selon les caractéristiques turques dans des régions sismiques a été employée en Turquie en tant que la situation de base, plutôt que de créer une conception générique. Un modèle de bâtiment de situation de base d'une conception représentative de bâtiment a été développé pour l'étude et l'analyse comparatives. Afin de valider le programme de simulation.

L'utilisation de l'énergie solaire dans les bâtiments est une contribution importante pour la réduction de consommation de combustible fossile et d'émissions nocives à l'environnement. Les systèmes de refroidissement thermiques solaires ne sont pas assez maîtrisés concernant des applications pratiques, bien que la technologie soit suffisamment développée pendant un certain nombre d'années.

Cette étude développe et analyse une méthodologie originale pour la simulation et la prédiction de la consommation d'énergie liée au chauffage dans les bâtiments raccordés à un réseau de chauffage urbain [42], caractérisé par l'absence de systèmes de contrôle individuels pour les utilisateurs finaux. L'identification des paramètres d'entrée est basée sur deux équations classiques de l'ingénierie et de l'analyse statistique des données recueillies. Deux facteurs principaux jouent un rôle important dans le modèle: le climat et les comportements humains. La validation du modèle a été réalisée grâce à l'analyse des données recueillies sur le terrain au cours de l'hiver, au moyen d'un système de surveillance de travailler dans un système de chauffage urbain partiellement contrôlée. La comparaison entre les résultats

obtenus avec le modèle proposé par rapport à des points méthodes classiques sur la possibilité de mettre en œuvre, en utilisant les méthodes de gestion des politiques proposées, pour un quartier qui offrent d'importantes opportunités d'économies d'énergie rentables.

Un des avantages de l'utilisation de l'application logicielle présenté dans cet article est que cela fonctionne dans le cadre du programme de Matlab et nécessite un PC commun pour l'exécuter. Le développement d'un modèle basé sur une série de données expérimentales représentatives sélectionnées à partir de la base de données d'un système mondial de surveillance conçu et mis en oeuvre pour surveiller le comportement du système de chauffage urbain. La modélisation des réseaux de neurones (NN) et de statistique ont été utilisées pour valider le modèle. En outre, une validation croisée double avec données d'entrée futures a été faite. L'approche présentée dans cet article, souligne l'utilité de la méthode proposée donne des bons résultats obtenus pour une période indéterminée et pour tous les consommateurs. Les résultats prometteurs basés sur la méthodologie présentée suggèrent que des recherches plus poussées dans ce domaine pourraient conduire à des économies substantielles d'énergie dans la construction et le chauffage des locaux d'habitation, les économies d'énergie qui sont de plus très critique compte tenu de l'énergie et la crise financière actuelle.

A.Yildiz et al [43] ont étudié l'énergie et l'exergie de l'ensemble du processus de chauffage dans l'habitat. L'étude est basée sur un outil d'analyse pré-conception, qui a été produite au cours continue des travaux de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) formée dans la conservation de l'énergie dans les bâtiments et Le Programme Des systèmes communautaires (ECBCSP) Annexe 37. L'analyse est appliquée à un bureau à Izmir avec un volume de 720 m³ et une surface de plancher nette de 240 m² comme exemple d'application. Le chauffage est assuré par une chaudière conventionnelle à GNL (gaz naturel liquéfié). Les calculs pour toutes sortes d'utilisation de l'énergie, y compris les charges de chauffage / refroidissement des chambres dans les bâtiments et les distributions de température, sont basés sur les bilans énergétiques.

Des recherches comparatives sur les lois de variation de la consommation d'énergie [44] pour un modèle de construction de 960m² avec enveloppe traditionnelle à Tampa dans les Etats-Unis et Haerbin en Chine lorsque les taux de ventilation augmentent de 0 à 1,5 vol. / h. Il peut être constaté que les consommations énergétiques de chauffage horaires,

quotidiennes et mensuelles augmentent plus que celles du refroidissement, et aussi la majoration absolue de la consommation mensuelle d'énergie a une grande différence dans les villes avec des climats différents pour le même bâtiment avec la même augmentation du taux de ventilation. Les heures, les jours et les mois qui ont besoin de chauffage et de refroidissement autour d'un an sont complètement différents dans les villes comparative et la différence dans le RVR (taux relatif de variation) horaire de la consommation d'énergie est également très grande. Par conséquent, il est très difficile d'en déduire la loi de variation annuelle de la consommation d'énergie de celui des heures limitées. Lorsque les taux de ventilation augmentent de la même façon, les lois de distribution de l'augmentation des taux des besoins de chauffage horaire, quotidienne et mensuelle sont très similaires dans les villes comparatives. Juste la similitude détermine que de chauffage annuel sont approximatifs sous des climats différents. Par ailleurs, les lois de répartition des RVR de refroidissement horaire dans les villes comparatives sont également similaires, qui détermine le caractère inévitable du rapprochement de la RVR de refroidissement annuelle sous différentes conditions climatiques.

II.2.3. Systèmes utilisés pour le chauffage, rafraîchissement et eau chaude sanitaire

Afin d'améliorer les performances des équipements de chauffage, rafraîchissement, ventilation et eau chaude sanitaire, plusieurs systèmes sont proposés ;

La performance énergétique des bâtiments solaires a été démontrée dans plusieurs études [45]. Un niveau important d'économie d'énergie est atteint. La comparaison de bâtiments solaires et conventionnels en termes de consommation d'autres énergies conventionnelles démontre l'ampleur d'un tel potentiel.

Une des propriétés les plus importantes d'un bâtiment passif conçu est d'offrir des conditions de confort thermique pour les utilisateurs avec un coût de l'énergie de chauffage minimal [46]. Par conséquent, les principaux paramètres influant sur la consommation d'énergie de chauffage doit être déterminée correctement au cours de la phase de conception. L'enveloppe du bâtiment et période de fonctionnement du système de chauffage sont des paramètres importants qui influent sur la consommation totale d'énergie de chauffage dans le bâtiment.

Dans la présente étude, la performance thermique d'un bâtiment solaire passif (banque) à Shimla, a été évaluée [47]. Ce bâtiment solaire intègre un mur trombe et chauffage solaire de l'air par le plafond avec appoint électrique, Véranda et fenêtres double vitrages. L'étude

montre que le coût élevé centrale électrique / gaz / feu de bois de chauffage peut être remplacé par un système de chauffage solaire à faible coût avec des radiateurs d'appoints. Il est démontré que les systèmes solaires passives économisent de l'électricité nécessaire au chauffage des locaux et réduisent les pertes de chaleur dans le bâtiment d'environ 35%. La stratégie à suivre pour la propagation de la technologie solaire passive à grande échelle dans cet Etat himalayen ou dans toute autre région vallonnée à froid est également présenté.

De nombreux programmes informatiques pour différents procédés de chauffage solaires ont été rapportés dans la littérature [48]. Pour un procédé particulier de chauffage solaire (ou unité) avec une configuration fixe, il est possible d'écrire un modèle mathématique décrivant le processus est sous la forme d'un programme d'ordinateur "ponctuelle". La structure de ces programmes est rigide, simple et facile.

Un système solaire combiné chauffage et refroidissement par absorption solaire intégré aux bâtiments a été évalué [49]. L'outil logiciel TRNSYS a été utilisé comme base de l'évaluation. Différents types de bâtiment ont été considérés :résidentiel, bureau et hôtel. Les modèles de TRNSYS peuvent calculer pendant toute une année (365 jours), selon des règles de commande (contrôle manuel pour le mode de chauffage ou refroidissant), et avec la possibilité de combinaison (refroidissant, chauffage et eau chaude sanitaire. Trois sites de climats différents ont été considérés :Berlin (Allemagne), Lisbonne (Portugal), et Rome (Italie).

En utilisant un système solaire intégré pour le chauffage et refroidissement combinés, il est possible d'économiser des coûts et des émissions de CO₂. Cela est particulièrement vrai pour les sites sud-européens, et les résultats économiques sont plus intéressants lorsque le gaz naturel est utilisé comme énergie d'appoint du système. Un minimum de coûts dépendra du type de bâtiment et de l'emplacement, mais le plus souvent arriver avec des fractions annuelles solaires entre 20 et 60%.

La maison unifamiliale et l'hôtel sont les cas où le système solaire intégré a une meilleure faisabilité économique. Considérant les coûts de l'énergie actuelle, Rome est la seule ville où il est possible d'atteindre un seuil de rentabilité. Comparé aux capteurs plans, les capteurs à tubes sous vide permettent une réduction de la superficie des capteurs entre 15 et 50%, bien que, en raison de leur coût initial, les capteurs plans mènent à une viabilité économique plus forte.

Une fraction solaire annuelle de 60% ne peut représenter une réduction entre 35% et 45% des coûts d'exploitation, en raison de la maintenance et des coûts importants de consommation d'eau.

Bien que le coût d'exploitation d'un système solaire assisté de système de climatisation est considérablement plus faible par rapport à un système classique, le coût total (y compris les investissements, coûts d'exploitation et de maintenance) est en fait élevé, même lorsque l'on étend la période d'exploitation autant que possible toute l'année. Pour le refroidissement solaire (et chauffage) pour devenir plus compétitif, il est nécessaire que les coûts initiaux pour les refroidisseurs à absorption et des capteurs solaires sont encore réduits, compte tenu des coûts actuels des sources d'énergie (gaz, électricité).

Des résultats économiques et d'énergie sont présentés pour tous les cas. Les différents coûts locaux pour l'énergie (gaz, électricité et eau) ont été pris en considération. L'épargne dans des émissions de CO₂ a été également évaluée. Une optimisation de taille de capteur solaire et d'autres paramètres de système a été également analysée.

Les résultats sont plus intéressants quand le gaz naturel est employé comme source d'énergie d'appoint. Les coûts minimum dépendent du type et de l'endroit de bâtiment, mais se produisent habituellement avec les fractions solaires annuelles entre 20 et 60%.

La maison unifamiliale et l'hôtel sont les cas où le système intégré solaire a des possibilités économiques plus élevées. Considérer les coûts énergétiques actuels, Rome est la seule ville où il est possible de réaliser une situation équilibrée. Comparé au capteur plan, le capteur de tube à vide permet une réduction dans la surface de captation entre 15 et 50%, bien que, en raison de leur coût initial, les capteurs plans mènent à une viabilité économique plus élevée.

Une fraction solaire annuelle de 60% peut seulement représenter une réduction entre 35% et 45% de coûts d'exploitation, en raison des coûts significatifs de consommation d'entretien et d'eau. Bien que le coût d'exploitation d'un dispositif de climatisation assisté solaire soit considérablement inférieur une fois comparé à un système conventionnel, tout le coût (des coûts y compris d'investissement, d'opération et d'entretien) soit réellement haut, même lorsque prolongeant la période d'opération autant que possible tout au long de l'année. Pour le refroidissement solaire (et le chauffage) à devenir plus concurrentiels, il est nécessaire que des

coûts initiaux pour des réfrigérateurs d'absorption et des capteurs solaires soient encore réduits, considérant les coûts actuels de sources d'énergie (gaz, électricité).

L'article [50] présente un modèle dynamique d'un système innovant de chauffage et de refroidissement solaire (SHC) basée sur le couplage des capteurs cylindro-paraboliques (PTC), avec un refroidisseur double-phase d'absorption LiBrH₂O; énergie auxiliaire pour le chauffage et le refroidissement est fourni par une chaudière à la biomasse. La configuration du système comprend également un certain nombre de composants supplémentaires tels que: la tour de refroidissement, les pompes, échangeurs de chaleur, etc . La consommation de ressources énergétiques non renouvelables est seulement due à la faible quantité d'énergie électrique consommée par certains appareils auxiliaires. Une étude de cas est présentée, dans laquelle le SHC fournit le chauffage et de refroidissement et eau chaude sanitaire pour une petite salle de l'université, toute l'année. Tant le système SHC et le bâtiment ont été simulés dans TRNSYS. Afin d'évaluer la performance du système étudié dans différentes conditions climatiques, les analyses ont été réalisées dans sept villes Méditerranéennes en Italie, Espagne, Egypte, France, Grèce et Turquie. L'analyse a également été réalisée pour un SHC similaire dans lequel la chaudière à la biomasse a été remplacée par une chaudière au gaz, afin d'évaluer l'influence de la biomasse pour la performance globale du système économique et énergétique. En outre, une analyse paramétrique a été réalisée afin d'évaluer la sensibilité des résultats, en faisant varier certains paramètres principales de la conception et l'exploitation, tels que: surface de capteurs, le volume du réservoir et de températures de consigne. Les résultats ont montré que l'agencement du système SHC étudié peut être compétitif pour la majorité des sites analysés, Bien que la rentabilité économique est plus élevée pour les climats les plus chauds.

Les performances des systèmes combinés chauffage /refroidissement/électricité [51] sont analysés dans cinq villes de chine, dont les climats sont complètement différents ; Harbin, Beijing, Shanghai, Guangzhou et Kunming. Trois critères relatifs, les économies d'énergie primaire (PES), la réduction des émissions de CO₂ et économie annuelle du coût total (ATCS) sont utilisés pour évaluer les performances respectives des systèmes CCHP (combined cooling, heating and power).

Une maison de 460 m² de superficie équipée d'un système d'énergie solaire capable de chauffage, de refroidissement, la ventilation naturelle et d'eau chaude a été construite à Shanghai Institut de recherche sur la science du bâtiment [52]. Le système contient

principalement 150 m² de capteurs solaires, deux refroidisseurs d'adsorption, plancher rayonnant, échangeurs de chaleur à ailettes du tube et un réservoir de stockage d'eau chaude de 2,5 m³ de volume. Il est utilisé pour le chauffage en hiver, le refroidissement en été, la ventilation naturelle au printemps et à l'automne, l'approvisionnement en eau chaude toute l'année.

Dimensionnement et l'applicabilité des systèmes solaires combinés qui fournissent à la fois le chauffage et l'eau chaude domestique sont étudiés [53]. L'analyse est basée sur un modèle analytique quotidienne de prédire les performances du système en moyenne annuelle. Au Brésil, la conception du système de chauffage solaire de l'eau utilisée pour maximiser le gain d'énergie pendant l'hiver[54], en optimisant la pente et la position du capteur plan solaire.

Pour cette raison, ce travail a mis au point un modèle d'optimisation des paramètres de conception des systèmes de chauffage de l'eau, à l'aide d'une routine de simulation numérique, dans un régime transitoire à long terme. La conception optimisée donne la pente et la zone de capteur plan, ce qui conduit à un coût minimal pendant le cycle de vie de l'équipement. Un système de chauffage solaire à thermosiphon avec Capteur plan à eau pour le climat de Sao Paulo a été simulé.

Le potentiel des systèmes de chauffage solaire de l'eau pour réduire la consommation d'énergie domestique est souvent reconnu. Cependant, il ya deux facteurs qui sont rarement discutées lors de l'étude de cette technologie [55]. Tout d'abord la performance réelle des systèmes installés en fonctionnement, et d'autre part une perspective de cycle de vie de sa consommation d'énergie.

Ces deux questions sont examinées dans le présent document, et une étude de terrain en Irlande est également présentée. Lors de l'examen, certaines études montrent que mesurée la performance réelle des systèmes solaires domestiques de chauffage de l'eau peut être inférieur aux attentes.

La performance des systèmes de chauffage et de refroidissement solaires assistés est analysée par simulation sous TRNSYS [56]. Le modèle inclut une conception assistée par ordinateur de la procédure d'expériences visant à déterminer la plus importante variable de conception du système du point de vue énergétique. En outre, un processus d'optimisation est également réalisé pour maximiser la performance énergétique des systèmes. Enfin, une analyse détaillée étude de cas (référence à un immeuble de bureaux situé dans le sud de l'Italie) est développé. Le rendement et le comportement de systèmes des principaux composants de l'installation sont étudiés.

II.2.4. Plancher chauffant/rafraichissant et plafond chauffant /rafraichissant

Des techniques de chauffage ou de rafraichissement par le plancher et ou le plafond sont étudiées et analysés comme suit :

L'un des premiers bâtiments à énergie passive réhabilités de bureau standard en Europe [57] a été largement suivi sur deux ans pour analyser les performances de refroidissement d'un échangeur de chaleur souterrain et ventilation mécanique nocturne avec le confort d'été dans le bâtiment. Installation d'un plancher chauffant de 833 m², les vitrages occupent 23% de la surface du bâtiment avec des protections solaires intérieures (stores vénitiens). Les matériaux à changement de phase (PCM) ont été utilisés dans le plafond et la construction du mur.

La performance thermique instationnaire d'une chambre d'essai chauffée par circulation d'air chaud sous le plancher a été analysée avec un modèle mathématique développée basée sur l'équilibre de transfert de chaleur entre le flux d'air chaud dans les conduits, le sol et l'air intérieur [58]. Cette étude définit les transferts de chaleur instables théoriques et expérimentaux entre les flux d'air chaud, le sol et l'air intérieur. Un modèle mathématique a été développé qui est basé sur l'équation de l'équilibre thermique largement utilisée pour les solides dans la littérature. Un bon accord entre les températures théoriques et expérimentales de l'air intérieur a été obtenu. Les variations temporelles de la température de l'air intérieur pour le système de plancher chauffant dont les conduits sont en série ont été étudiées théoriquement et expérimentalement. Les variations temporelles des températures à la surface du sol et de l'air intérieur ont été prévues théoriquement pour le système plancher chauffant dont les conduits sont parallèles. Les variations temporelles du nombre adimensionnel Nu pour le flux d'air dans le conduit et l'air intérieur, le nombre Gr pour l'air intérieur et le ratio de chaleur convection-rayonnement par rapport à la chaleur totale du système de plancher chauffant dont les conduits en série ont été effectuées. Les résultats théoriques et expérimentaux ont montré un bon accord.

Une méthode de calcul de la température de surface de plancher chauffant / système de refroidissement a été étudiée [59]. Une nouvelle formule est dérivée pour estimer la température de surface de plancher. La méthode suppose que le sol est divisé en deux couches. Basé sur le modèle numérique du système de plancher chauffant intégré, la

corrélation de la conductivité thermique de la couche inférieure est développé. Avec cette méthode, la température de surface de plancher peut être obtenue facilement sans la résolution des équations aux dérivées partielles. Les résultats montrent que les valeurs de température de surface de plancher dérivée de la méthode proposée sont en accord avec les valeurs expérimentales et numériques. La méthode est utile pour concevoir le système de plancher chauffant et d'estimer la capacité de chauffage et refroidissement du système.

L'étude [60] traite d'un sujet différent et spécifique: le confort thermique et efficacité de la ventilation peut être obtenue en combinant le chauffage par le plancher et le refroidissement avec ventilation par déplacement. Les planchers radiants à harmoniser les conditions thermiques à l'intérieur des chambres, la réduction des différences verticales de température de l'air et les asymétries de la température rayonnante, parce que la chaleur qu'ils échangent avec l'environnement (murs, meubles, occupants et de l'air) par rayonnement et par convection dans des quantités similaires. L'utilisation de refroidissement par le sol avec entrée (ventilation par déplacement) DV est également considéré comme possible, bien que le risque de différences de température verticale de l'air doit être contrôlée avec soin, car ils pourraient augmenter. Un environnement intérieur a été mis en place pour obtenir des mesures visant à analyser les possibilités et les limites de la combinaison chauffage par le sol / refroidissement avec (ventilation par déplacement) DV. Profils de température de l'air, les profils de vitesse de l'air, les températures de surface et efficacité de la ventilation ont été mesurés dans différentes conditions environnementales qui peuvent survenir dans la pratique. Ces valeurs ont été comparées à des mesures de température équivalente obtenue en utilisant un mannequin thermique.

Les mesures montrent que le chauffage au sol peut être utilisé avec les formats (ventilation par déplacement) DV, l'obtention des valeurs élevées de l'efficacité de ventilation. Une corrélation entre la capacité de chauffage par le sol et le profil de température de l'air dans la pièce a été trouvée.

L'étude [61] a porté sur le chauffage d'un local par l'intermédiaire d'un plancher solaire parcouru par un serpentin dont l'apport d'énergie du fluide caloporteur est assuré par les capteurs solaires. La modélisation mathématique est basée sur les bilans thermiques de chaque élément constituant le dispositif de chauffage : fluide caloporteur, plancher constitué d'une dalle en béton et d'un local. Le système est modélisé suivant la méthode Nodale. Les températures du plancher et du local sont considérées uniformes, alors que celle du fluide caloporteur est supposée varier uniquement suivant la longueur du plancher, donnant autant

de nœuds que de passages du serpentin dans la dalle. Les équations différentielles obtenues sont résolues par la méthode des différences finies avec un schéma explicite.

Les résultats des simulations indiquent que la combinaison du système de chauffage à basse température de l'eau peut conserver les zones étudiées dans une plage de température acceptable [62]. En dépit de sa température d'alimentation basse (max. 45 ° C), les radiateurs à eau peuvent encore remplir les conditions thermiques à l'intérieur des chambres en gardant la température de l'air supérieure à 20 ° C. La taille des radiateurs à eau n'a pas besoin d'être élargie dans le cas étudié, car il est constaté qu'ils ont été initialement surdimensionnés lors de l'application pratique courante pour le dimensionnement des systèmes conventionnels. Cette conclusion est étayée par des faibles pertes de chaleur de bâtiments modernes finlandais. En outre, la combinaison du système de chauffage à basse température de l'eau est capable de maintenir la surface du plancher de la salle de bains au niveau de température requise de 27 ° C. Un tel système permet de recueillir les avantages des deux systèmes combinés (radiateurs à eau et de chauffage par le sol). L'énergie de chauffage des locaux fournis par le système à basse température combinée est comparable à celui fournis par les autres systèmes (radiateurs à eau avec haute température de l'eau conventionnelle dans les chambres et chauffage au sol électrique dans les salles de bains et chauffage par le sol avec la température de l'eau conventionnelle). Exécution d'un cas sans les gains de chaleur interne montre que le système combiné basse température est toujours efficace en fournissant les pièces par l'énergie de chauffage nécessaire. L'énergie primaire requise pour le système à basse température combiné est au même niveau que celui exigé par les deux autres systèmes de chauffage à eau. L'énergie primaire requise pour le chauffage lors de l'utilisation du chauffage au sol électrique dans les salles de bains (System1) est deux fois supérieure à celle requise par l'un des autres systèmes de chauffage à base d'eau qui sont reliées au chauffage urbain. Il est révélé que l'énergie de chauffage de la salle de bain à l'étage est importante (entre 33 et 43%) de la demande totale d'énergie de chauffage. Cette constatation est importante, surtout quand on sait que la salle de bain est d'environ 16% de la superficie totale des appartements étudiés. La raison en est la condition du maintien de la température de surface de la salle de bain à 27°C. L'analyse du confort thermique indique moins de fluctuations dans la température opérative dans les chambres lors de l'utilisation des systèmes d'eau du radiateur de chauffage par rapport aux systèmes de chauffage au sol. Cependant, toutes ces fluctuations sont dans les limites de la norme ASHRAE 55-2004. Ainsi, il est conclu que les quatre études des systèmes de chauffage répondant aux critères de confort thermique pour les dérivés et les rampes à

l'intérieur de la salle. Les mesures effectuées dans une salle de test avec la température extérieure de 0, -6, -10 et -18 °C utilisant des radiateurs et le chauffage par le sol indiquent qu'il n'y a qu'une petite différence verticale de température de l'air intérieur de la salle de test, ce qui ne produit aucun inconfort thermique important.

La combinaison du système de chauffage à basse température de l'eau pourrait être utilisée avec les appareils de chauffage décentralisés et à faible température, comme les pompes à chaleur, qui sert un certain nombre de bâtiments. Il pourrait également être connecté à des réseaux de distribution de chauffage d'eau du district opérant avec des températures élevées conventionnelles. Dans ce cas, une meilleure utilisation du potentiel thermique du chauffage urbain primaire pourrait être faite, ce qui permettrait d'abaisser sa température de retour. Ce serait un effet positif sur l'efficacité de la production de chaleur si elle est faite sur une grande échelle.

Bien connu dans le Nord de l'Europe, les systèmes de panneaux d'eau au plafond sont principalement utilisés pour fournir un refroidissement [63]. Toutefois, ainsi que pour un plancher chauffant, ce système peut être utilisé pour le chauffage en hiver et climatisation en été.

Afin d'obtenir une meilleure connaissance des performances énergétiques de ces dispositifs, le Centre de recherche de Gaz de France a financé une campagne de mesures au cours de deux hivers et un été. Un système de panneau d'eau au plafond et d'un système d'acquisition de données ont été installés dans une chambre d'essai. Le système de panneaux plafond étudié est composé de tuyaux en cuivre avec des ailettes rigides en aluminium. Les matériaux utilisés présentent une bonne conductivité de chauffage et le panneau de plafond rayonnant est à action rapide.

Les modèles de simulation ont été développés avec le programme de simulation TRNSYS, en utilisant les résultats de l'étude expérimentale. Les résultats du modèle TRNSYS du chauffage par panneau au plafond et de système de refroidissement avec coefficients constants de transfert thermique sont satisfaisants. Il a permis d'étendre le travail à la consommation énergétique annuelle et des conditions de confort thermique d'un immeuble de bureaux.

La campagne de mesures et de l'étude montrent que la simulation de panneaux de plafond de l'eau peut être utilisée comme système de chauffage et de refroidissement des

bâtiments avec une bonne isolation thermique. Leur pouvoir est limité et le chauffage du bâtiment et des charges de refroidissement doit être faible. Le mode de chauffage donne de bons résultats avec une réduction de la température de consigne durant la nuit. Cette technique de refroidissement est adaptée pour les immeubles de bureaux avec de faibles charges thermiques et pour lesquels aucun système d'air d'appoint n'est fourni. Au contraire, ces modules de plafond ne peuvent que limiter la surchauffe. Les conditions climatiques sont moins favorables en France que dans les régions d'Europe continentale, afin d'éviter les risques de condensation, de garder la température de surface du plafond à une température minimale de 17°C. Outre les qualités fondamentales des systèmes de panneaux de l'eau de refroidissement en matière de confort acoustique et thermique sont concernés, cette technique permet une réduction de 10% de la consommation de l'énergie.

Le chauffage par le plancher a été étudié par [64], Un dispositif expérimental constitué de deux chambres identiques et les systèmes RFH (radiant floor heating) est construit et mis en service.

L'installation permet une comparaison simultanée de deux différentes stratégies de régulation dans des conditions de charge similaires. Des expériences ont été menées pour évaluer la performance de marche-arrêt, les stratégies et TPSC TPOC.

II.2.5. Systèmes photovoltaïques/Thermiques

Une nouvelle technologie (active building envelope ABE), [65] qui intègre les panneaux photovoltaïques et thermo électriques. Dans les systèmes ABE, un système PV transfère directement l'énergie solaire en énergie électrique, qui peut être utilisé pour alimenter un TE système de pompe à chaleur.

La modélisation, la conception et l'évaluation des performances basée sur les données surveillées d'un bâtiment intégré de système photovoltaïque-thermique (BIPV / T) [66, 67 et 68]. Avec un objectif de conception de près nette zéro consommation d'énergie annuelle, il a été construite en 2007 à Eastman, Quebec, Canada - une zone de climat froid. Plusieurs nouvelles technologies solaires sont intégrées dans la maison et avec une conception solaire passive. Des baies à triple vitrage (environ 9% de la superficie) orientés sud sont utilisées pour collecter et stocker des gains solaires passifs. Les données contrôlées indiquent que le système BIPV / T a une efficacité typique d'environ 20% pour la collecte de l'énergie

thermique, et la consommation annuelle d'énergie de chauffage de la maison est d'environ 5% de la moyenne nationale.

II.3. Conclusion

Des travaux ont été faits sur la consommation énergétique du bâtiment et différentes méthodes et outils sont utilisés afin de réduire la dépense énergétique et les émissions des gaz à effet de serre.

Nous avons choisi la méthode des degrés jours qui est une des méthodes les plus utilisées pour l'analyse des besoins énergétiques en chauffage et rafraîchissement des bâtiments. Cette méthode permet le dimensionnement des installations de chauffage et de conditionnement d'air.

L'outil de calcul TRNSYS est adapté pour les procédés thermiques de chauffage, rafraîchissement des bâtiments et pour l'eau chaude sanitaire.

L'outil de calcul TRNSYS sert à valider notre modèle, en intégrant les données climatiques du site (METEONORM], pour une habitation construite avec des matériaux locaux et selon les normes actuelles.

II.4. Problématique

Aujourd'hui, les bâtiments jouent un rôle très important dans la dépense énergétique, pour cela nous devons réfléchir aux procédés qui permettront la réduction de cette dépense énergétique. Plusieurs paramètres agissent sur le comportement thermique du bâtiment dont la forme, l'orientation, ses éléments constructifs et les aménagements intérieurs.

Pour plus de confort, on a recours à une surconsommation d'énergie, pour cela il faudrait d'abord améliorer le bâtiment afin de réduire la demande en chauffage et en rafraîchissement. Bien réfléchir sur la composition des parois de l'enveloppe, la compacité du volume chauffé, l'emplacement, l'orientation et le type de vitrages.

Des solutions existent pour aboutir à un habitat basse consommation énergétique, citons :

- Diminution de la demande énergétique de chauffage et eau chaude sanitaire,

- Diminution de la demande énergétique de rafraîchissement,
- Couverture solaire totale des besoins énergétiques de l'habitat en chauffage et eau chaude sanitaire,
- Utilisation des énergies renouvelables dans les équipements de chauffage et rafraîchissement des bâtiments,

CHAPITRE III
MODELISATION

III.1.Introduction

La méthode des degrés-jours est l'une des plus simples méthodes d'analyse d'énergie qui soit appropriée si l'utilisation du bâtiment et de l'efficacité des l'équipement de CVC (chauffage, climatisation et ventilation) sont constants. Où l'efficacité et les conditions d'utilisation varient en fonction de la température extérieure.

La consommation peut être calculée pour différentes valeurs de la température extérieure et multiplié par le nombre correspondant d'heures; cette approche est utilisée dans diverses méthodes bin, où la température intérieure est autorisé à fluctuer ou lorsque les gains intérieurs varient.

Pour cela, il faudrait d'abord définir la température de base (d'équilibre) sur quoi dépendent les degrés jours.

III.2.La température de base (Balance Point Temperature)

La température d'équilibre ou température de base est définie comme étant la température à laquelle les gains thermiques gratuits sont égaux aux déperditions thermiques du local étudié pour une température intérieure choisie [72] :

$$Q_g = K_{tot}(T_i - T_{base}) \quad (III.1)$$

Où K_{tot} est le coefficient de pertes de chaleur total de l'habitat (W/K), équivaut à UA.

$$T_{base} = T_i - \frac{Q_g}{K_{tot}} \quad (III.2)$$

Le chauffage est demandé lorsque $T_{base} < T_{ext}$, le taux de consommation d'énergie pour le système de chauffage est :

$$Q_{cons} = \frac{K_{tot}}{\eta_h} [T_{base} - T_{ext}(\theta)]^+ \quad (III.3)$$

Où η_c est l'efficacité de l'installation de chauffage,

θ est le temps, et le signe plus au-dessus du support indique que seules les valeurs positives doivent être comptés.

Si T_{base} , K_{tot} et η_c sont constants, la consommation annuelle de chauffage peut être écrite comme une intégrale:

$$Q_{\text{cons}} = \frac{K_{\text{tot}}}{\eta_c} \int [T_{\text{base}} - T_{\text{ext}}(\theta)]^+ d\theta \quad (\text{III. 4})$$

III.3.Méthode des degrés jours

Degrés jours annuels : si on utilise la valeur moyenne journalière de la température extérieure pour l'évaluation de l'intégrale, les degrés jours de chauffage DJ_c sont obtenus [72] :

$$DJ_c(T_{\text{base}}) = \sum_{\text{jour}} (T_{\text{base}} - T_{\text{ext}})^+ \quad (\text{III. 5})$$

Avec des dimensions de K (jour). Ici la sommation est de s'étendre sur toute l'année ou au cours de la saison de chauffage. Il s'agit d'une fonction de T_{base} , reflétant le rôle de T_i , le gain de chaleur, et le coefficient de perte. La température du point d'équilibre T_{base} est également connu comme la base de degrés-jours. En termes de degrés-jours, la consommation annuelle de chauffage est :

$$Q_{\text{cons}} = \frac{K_{\text{tot}}}{\eta_c} DJ_c(T_{\text{base}}) \quad (\text{III. 6})$$

Les degrés-jours de chauffage ou de degrés-heures pour une température de point d'équilibre de 18,3 °C ont été largement calculés et donnés sous forme de tableaux basés sur l'observation des conditions moyennes dans les bâtiments typiques dans le passé. La valeur 18,3 °C est supposée lorsque T_{base} n'est pas indiquée explicitement.

Rendement saisonnier. Le rendement saisonnier η_c de l'équipement de chauffage dépend de facteurs tels que l'état stationnaire d'efficacité, le dimensionnement, les effets cycliques, et des dispositifs de conservation d'énergie. Parfois, il est beaucoup plus faible que d'autres fois il est comparable à l'état stationnaire d'efficacité. Des corrélations ont été développées [73] pour estimer le rendement saisonnier pour une variété de fours. Ces expressions correspondent à l'efficacité saisonnière avec des variables déterminées en

utilisant les capacités de simulation d'équipement d'un programme de simulation horaire large et courbes typiques de la performance des équipements fournis par le National Institute of Standards and Technology (NIST).

III.3.1. Déperditions thermiques par transmissions surfacique et ventilation

La synergie entre les bâtiments à haute efficacité énergétique et les systèmes de chauffage urbain (district heating DH) à faible consommation énergétique est un concept prometteur pour l'intégration optimale de la politique d'économie d'énergie et systèmes d'approvisionnement énergétique basés sur les énergies renouvelables [74]. Le réseau de transmission et de distribution des pertes de chaleur est l'un des facteurs clés dans la conception optimale des systèmes de DH à basse énergie.

III.3.2. Demande énergétique de chauffage par la méthode des degrés jours

La demande énergétique de chaleur utile d'un bâtiment dépend des qualités thermiques de son enveloppe, de ses déperditions par ventilation, de sa situation, de ses capacités à bénéficier des apports gratuits et de son mode d'occupation.

Cette demande énergétique de chaleur peut se noter comme suit :

$$Q_{D,C} = D_T + D_V \dots (Wh) \dots \quad (III.7)$$

Cette formule est détaillée ci-après :

Le coefficient des pertes par transmission thermique H_T , exprimé en Watt par degré Kelvin (W/K), se note comme suit :

$$H_T = U \times A \dots (W / K) \quad (III.8)$$

Où :

U est le coefficient de transmission thermique global du bâtiment considéré, exprimé en W/m²K,

A est la surface de déperdition du bâtiment, exprimée en m².

Les déperditions par ventilation sont dues au réchauffage de l'air puisé à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment en remplacement de l'air vicié. Exprimées en watt par degré Kelvin, le coefficient des pertes par ventilation se note comme suit :

$$H_v = c_p \times \beta \times V \dots (W / K) \quad (III.9)$$

Les degrés-jours équivalents de chauffage (DJ_{equ} ou DJ_c) sont la somme de tous les degrés-jours de chacun des jours de la période choisie, pour lesquels la température de non-chauffage a été supérieure à la température sans chauffage.

Les degrés-jours équivalents peuvent s'écrire comme suit :

$$DJ_c = \sum_{j=1}^{j=n} (T_{nc} - T_{sc}) \dots (\text{° jour}) \quad (III.10)$$

Où :

i est l'indice de la période choisie,

La température de non-chauffage (T_{nc}) est la température à partir de laquelle on peut interrompre le chauffage des locaux, compte tenu des apports gratuits internes, c'est la température de base.

Cette température dépend donc de la température intérieure moyenne et de la valorisation des apports gratuits. Cette valorisation dépend des déperditions du bâtiment.

La température sans chauffage (T_{sc} , sans chauffage) est la température qui serait obtenue dans un bâtiment non chauffé et non occupé. Cette température est égale à la température extérieure moyenne.

La demande de chauffage s'exprime pour une journée selon la méthode des degrés jours :

$$Q_{D,C} = 24 \times [(U \times A) + (c_p \times \beta \times V)] \times DJ_c \dots (Wh) \quad (III.11)$$

On calcul les pertes thermiques par ventilation selon **la méthode des degrés jours**:

$$D_v = H_v \times DJ_c \dots (Wh) \quad (III.12)$$

Les pertes thermiques par transmission surfacique :

$$D_T = H_T \times DJ_C \dots (Wh) \quad (III.13)$$

III.3.3. Demande énergétique de froid de l'habitat par la méthode des degrés jours

Les degrés-jours équivalents de froid DJ_F sont la somme de tous les degrés-jours de chacun des jours de la période choisie, pour lesquels la température de non-climatisation a été supérieure à la température sans climatisation (température de base).

Les degrés-jours équivalents en froid peuvent s'écrire comme suit :

$$DJ_F = \sum_{j=1}^{j=n} (T_{NF} - T_{SF}) \dots (\text{° jour}) \quad (III.14)$$

Où : i est l'indice de la période choisie,

La température de non-climatisation (T_{NF}) est la température à partir de laquelle on peut déclencher le conditionnement d'air dans les locaux, cette température est égale à la température extérieure.

La température sans climatisation (T_{SF}) est la température qui serait obtenue dans un bâtiment avec conditionnement d'air.

Comme pour le chauffage, les besoins en froid se calculent selon le même principe de la méthode des degrés jours:

Si on note demande énergétique de froid $Q_{D,F}$:

$$Q_{D,F} = [(U \times A) + (c_p \times \beta \times V)] \times DJ_F \dots (Wh) \quad (III.15)$$

III.3.4. Demande énergétique d'eau chaude sanitaire

La demande d'énergie pour chauffer l'eau doit être déterminée dans les modèles de production d'eau chaude sanitaire (avec ou sans stockage). Pour calculer les quantités d'énergie nécessaires à la production d'eau chaude sanitaire, il faut d'abord connaître les volumes d'eau chaude à produire. Ces volumes sont obtenus à partir des tableaux publiés dans l'ASHRAE Applications Handbook (ASHRAE, 1995).

La quantité réelle d'énergie nécessaire pour produire l'eau chaude sanitaire est calculée comme étant la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer ce volume d'eau de la température de l'eau froide jusqu'à la température demandée. Si V_l est le volume d'eau chaude à soutirer et T_c la température demandée d'eau chaude, les deux étant spécifiées par l'utilisateur, alors la quantité d'énergie nécessaire Q_{ECS} pour produire l'eau chaude est donnée par [75] :

$$Q_{ECS} = C_{pe} \rho_e V_l (T_c - T_f) N \quad (III.16)$$

Où C_{pe} est la capacité calorifique de l'eau (4 200 (J/kg)/°C), ρ_e sa masse volumique

(1 kg/l), T_f est la température de l'eau froide et N le nombre de jours du mois considéré.

III.4. Installation à trois systèmes de stockage (ECS, chauffage et froid)

Notre choix s'est porté sur le système à double stockage qui est plus simple à gérer, vu que les températures demandées pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage sont très différentes (voir figure III.1).

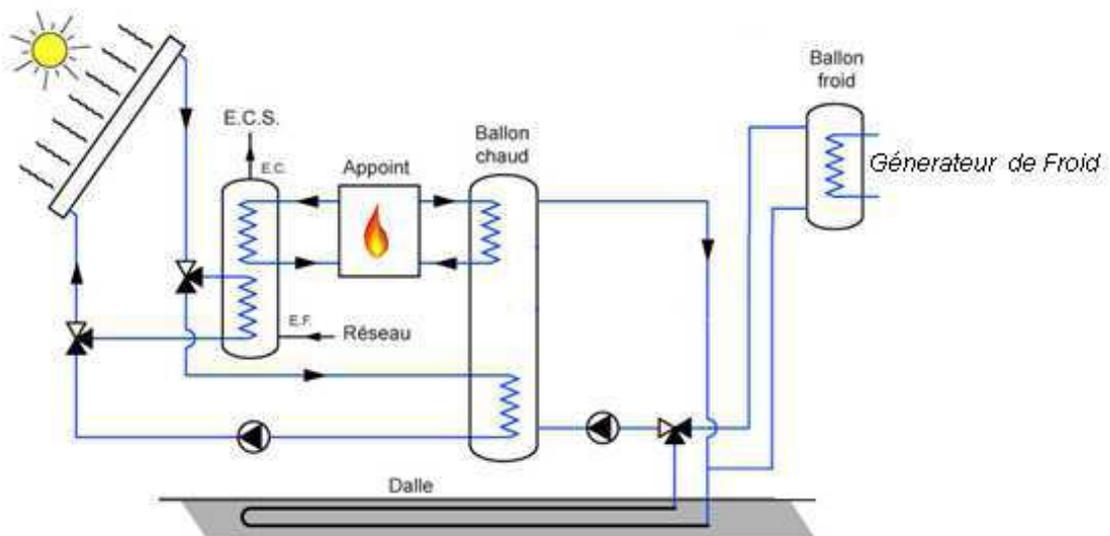


Figure III.1. Schéma de l'installation chauffage/eau chaude sanitaire/conditionnement d'air

par l'énergie solaire (F. Vercheval de l'unité TERM, UCL, Belgique)

Pour le rafraîchissement, différents procédés sont possibles, pour cela le stockage doit être distinct.

III.4.1. Capacité des ballons de stockages

III.4.1.1. Eau Chaude Sanitaire

D'après les hypothèses choisies, c'est-à-dire le nombre d'occupants est de 05 personnes, consommant en moyenne 35 litres par jour et par personne.

$$V_{ECS} = 200 \text{ litres}$$

III.4.1.2. Chauffage

La gestion de l'énergie doit favoriser le solaire, l'appel à une énergie d'appoint devant être minimiser. Si le volume du ballon tampon est inversement proportionnel à la température maximale atteinte par l'eau chauffée par les capteurs, nous devons faire un compromis entre le volume du ballon et la température de l'eau chauffée.

Selon des études effectuées sur la relation volume de stockage/température maximale de l'eau, le meilleur compromis serait de 100 litres par m² de capteur.

Pour déterminer le volume du ballon de stockage pour le chauffage, nous estimons pour un jour ou deux d'autonomie, de cela on prend à partir de la monotone des charges la demande de chauffage la plus importante c'est-à-dire Q_c de 40,52 kWh, et on calcule de l'équation de stockage [76]:

$$Q_C = m c_{pe} (T_e - T_s) = m c_{pe} \Delta T \quad (III.17)$$

La température superficielle maximale de surface des sols finis préconisée par le DTU 65.8 dans les bâtiments d'habitation est de 28°C (on estime la température de sortie du plancher chauffant de $\approx 32^\circ\text{C}$). Conformément au DTU, la température du fluide chauffant ne doit pas excéder 50°C.

Avec un ΔT (entrée et sortie du ballon) de $\approx 18^\circ\text{C}$, on trouve un volume de $V_c \approx 2 \text{ m}^3$ pour un jour d'autonomie et de $V_c \approx 3,8 \text{ m}^3$ pour deux jours d'autonomie.

III.4.1.3. Rafraîchissement

Pour déterminer le volume du ballon de stockage pour le rafraîchissement, nous estimons pour un jour ou deux d'autonomie, de cela on prend à partir de la monotone des charges la demande de froid la plus importante c'est-à-dire Q_F de 107,778 kWh pour un DJ_F de 10,6/25 et de 72,30 kWh pour un DJ_F de 4,6/25, et on calcule de l'équation de stockage :

$$Q_F = m c_{pe} (T_e - T_s) = m c_{pe} \Delta T \quad (III.18)$$

La température superficielle maximale de surface des sols finis préconisé est de 25°C (on estime la température de sortie du plancher rafraîchissant de $\approx 26^\circ\text{C}$).

Avec un ΔT (entrée et sortie du ballon) de $\approx 25^\circ\text{C}$, on trouve un volume de $V_F \approx 8,7 \text{ m}^3$ pour un jour d'autonomie et de $V_F \approx 10,15 \text{ m}^3$ pour deux jours d'autonomie.

III.5. Besoins énergétique de chauffage d'un logement

Un logement est soumis à des apports de chaleur [77] dits gratuits (apports solaires et apports internes) qui, en période de chauffage, entraînent une diminution des consommations. Ces apports interagissent, en fait, de manière complexe avec le bâtiment et l'équipement de chauffage, et l'économie d'énergie qui en résulte ne peut pas se déterminer de manière élémentaire. Dans un souci de simplification méthodologique, la plupart des méthodes de calcul européennes ont introduit la notion de besoins de chauffage.

Les besoins de chauffage sont égaux aux consommations d'un logement qui serait équipé d'un système de chauffage « idéal » s'ajustant instantanément aux variations des apports gratuits : ce système de chauffage maintiendrait la température du logement égale à la température de consigne tant que les apports gratuits n'excéderaient pas les déperditions. Un équipement de chauffage doté d'une régulation à très faible différentiel, ayant une très faible inertie et ne provoquant pas de stratifications d'air se rapprocherait donc de ce système « idéal ». Il est alors possible de déterminer, par simulation sur ordinateur, la récupération des apports pour différents types de bâtiments et de climats et d'en déduire des lois générales de corrélation entre les différents paramètres.

III.5.1. Évaluation des apports solaires et internes

Les apports solaires sont soit transmis à travers les vitrages du bâtiment, soit transmis par conduction à travers les parois opaques. Pour les parois verticales, l'essentiel des apports solaires est transmis par les vitrages. Cependant, les apports par les parois opaques ne sont pas négligeables sous notre latitude. Le rayonnement solaire incident sur la toiture joue un rôle très important durant l'été, en particulier si la toiture n'est pas isolée.

III.5.1.1. Apports solaires par les parois vitrées

L'évaluation des apports solaires pénétrant dans un logement peut s'effectuer par différentes méthodes ; on peut schématiquement en distinguer trois :

- des méthodes d'évaluation dites « fines » utilisant un pas de temps inférieur à l'heure et nécessitant le recours à des moyens informatiques ;
- des méthodes d'évaluation mensuelle, manuelles ou informatisées ;
- une méthode d'évaluation annuelle, telle que la méthode des règles Th-BV [78] du CSTB.

Le calcul de S_{SE} est basé sur des lois de corrélation établies par simulation [78]. Selon cette méthode, la quantité d'apports solaires pénétrant dans un logement sur l'ensemble de la période de chauffage, est égale à :

$$AS_{PV} = S_{SE} \times E \dots (kWh) \quad (III.19)$$

S_{SE} se calcule au moyen de la relation : $S_{SE} = \sum (AF_{ts} F_e C_1) \dots (m^2) \quad (III.20)$

somme étendue à toutes les parois du bâtiment avec A (m²) surface de chaque paroi.

C_1 coefficient d'orientation et d'inclinaison de la paroi considérée (égal à 1 pour une paroi verticale sud),

F_e facteur d'ensoleillement, qui traduit la réduction d'énergie solaire reçue par une paroi du fait de masques, intégrés au bâtiment (balcon, par exemple) ou liés à l'environnement (immeuble en vis-à-vis, par exemple),

F_{ts} facteur de transmission solaire de la paroi considérée, c'est-à-dire la proportion d'énergie solaire incidente qui pénètre dans le logement (différente, par exemple, pour un simple et un double vitrage).

Il convient de noter que les apports solaires sont pour l'essentiel transmis par les parois vitrées (on a pris F_{ts} ou $g = 0,6$ pour un double vitrage selon [79]).

Dans un logement très isolé, la quantité d'énergie solaire transmise par les parois opaques est très faible et peut-être évaluée de manière forfaitaire, ou même négligée en première approximation.

Afin de simplifier le calcul de la surface transparente sud équivalente pour les parois opaques, les règles **Th-BV** [78], autorisent l'emploi de valeurs forfaitaires. Pour une maison individuelle indépendante faiblement ombragée, la valeur forfaitaire est égale à **0,007** fois la surface habitable, soit pour une surface de $100,9 \approx 101 \text{ m}^2$, **0,7**.

Le calcul des apports solaires par les parois vitrées durant l'année se fait selon la formule (IV.19) et en utilisant les données du site [80].

III.5.1.2.. Apports internes dus aux occupants et aux appareils électriques

Ils comprennent les apports dus à l'occupation proprement dite (une personne en légère activité dégage environ **60 W** et **50 W** pendant le sommeil), ainsi que les apports dus à l'éclairage, aux appareils électroménagers et à la cuisine. Il apparaît donc qu'une part importante de ces apports est en fait d'origine non « gratuite » : il convient de ne pas l'oublier quand on doit évaluer la consommation énergétique totale d'un logement. Dans les calculs réglementaires [78], le CSTB évalue de manière forfaitaire les apports internes **Ai** à **100 Wh** par jour et par m^2 de surface habitable.

Dans notre étude, il est plus simple d'utiliser la **Th-BV**, c'est-à-dire **Ai = 100 Wh/jour.m²** de surface habitable (cette valeur inclut les apports dus aux occupants et aux appareils électriques). La surface de la maison étudiée est de **100,9 m²**. Donc **Ai \approx 10 kWh/jour**. La somme des apports solaires et internes est déduite, notée Q_g .

III.5.1.3. Charges thermiques par les parois opaques

En hiver les apports solaires par les parois opaques sont négligés, ce qui n'est pas le cas en été, puisqu'ils sont importants notamment par le toit (charges estivales). [81]

Lorsque les rayons du soleil atteignent une paroi opaque, une partie du flux solaire est réfléchi ($\Phi_{\text{réfléchi}}$) et une partie est absorbée ($\Phi_{\text{absorbé}}$) par les différents matériaux qui constituent la paroi opaque. Il n'y a pas de flux transmis puisque la paroi est opaque au rayonnement (voir

figure III.2). Ce flux absorbé (l'énergie est dégradée en chaleur) est d'autant plus grand que la couleur du parement de la paroi est sombre.

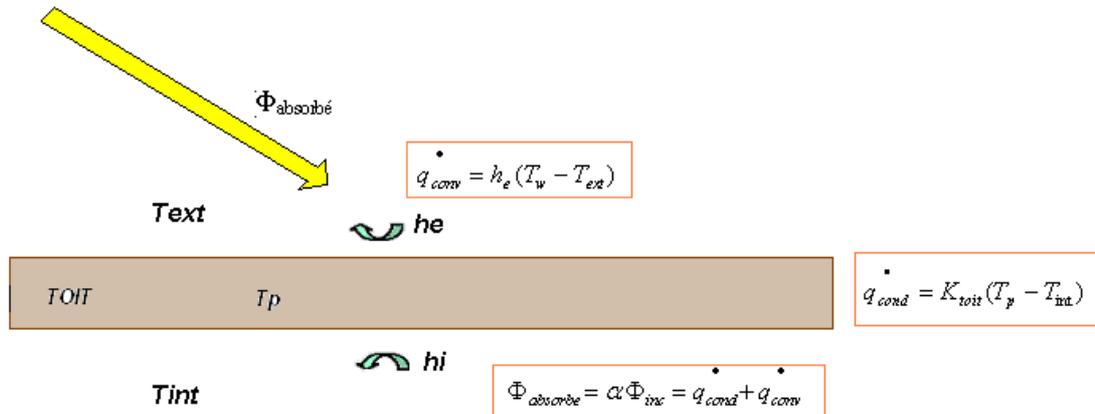


Figure III.2. Apports thermiques par le toit dus à l'enseillement

En faisant le bilan d'énergie sur le toit ;

$$\alpha \Phi_{inc} = \dot{q}_{cond} + \dot{q}_{conv} = K_{toit} (T_p - T_{int}) + h_e (T_p - T_{ext}) \quad (III.21)$$

Avec:

$$K_{toit} = \frac{1}{R_{toit}} = \frac{1}{\frac{1}{K_{PH}} + \frac{1}{h_i}} \quad (III.22)$$

De là on détermine la température du toit T_p puis le flux de chaleur transmis à la maison par le biais du toit du à l'enseillement.

$$T_p = \frac{\alpha \Phi_{inc} + h_e T_{ext} + K_{toit} T_{int}}{h_e + K_{toit}} \quad (III.23)$$

Puis
$$\dot{q}_{cond} = K_{toit} (T_p - T_{int}) \quad (W / m^2) \quad (III.24)$$

Les apports solaires par le toit sont transmis sous forme de flux conductif par unité de surface. Nous avons utilisé les données météorologiques (éclairage solaire incident, température extérieure mensuelle moyenne) et les paramètres thermo-géométriques du matériau qui constitue le toit (facteur de transmission solaire du revêtement du toit α , résistance thermique du plancher haut, surface de la toiture) pour déterminer la température de la paroi opaque (toit). Delà l'apport de chaleur du à l'ensoleillement pendant la période d'été.

Les valeurs du flux solaire sur la paroi selon l'orientation et l'inclinaison sont prises du site [80], pour le site d'Alger.

III.5.2. Demande nette en énergie pour le chauffage de la maison

On détermine la demande nette en énergie pour le chauffage comme suit [82 et 83]:

$$Q_C = Q_{D,c} - \eta Q_{gc} \quad (III.25)$$

III.5.3. Taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels

On détermine le taux d'utilisation des gains de chaleur mensuels comme suit [84]:

- Si γ_c est $\geq 2,5$, on calcule : $\eta = 1/\gamma$
- Si γ_c est $< 2,5$, on calcule :

$$\left\{ \begin{array}{l} \eta = \frac{a}{a+1} \quad \text{Pour } \gamma_c = 1 \\ \eta = \frac{1 - (\gamma_c)^a}{1 - (\gamma_c)^{a+1}} \quad \text{Pour les autres cas,} \end{array} \right.$$

Avec $\gamma_c = Q_{gc}/Q_{D,c}$

$$a = 1 + \frac{\tau_c}{54000}$$

Où :

τ_c la constante de temps du secteur énergétique i , en s,

$$\tau_c = \frac{C_{local}}{H_T + H_V}$$

On prend, pour la capacité thermique effective du secteur énergétique i , les valeurs du Tableau α .

- Le terme 'lourd' de ce Tableau s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% de la surface des éléments de construction horizontaux, inclinés et verticaux sont massifs.
- Le terme 'mi-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont au moins 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'peu-lourd' s'applique aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction horizontaux sont massifs sans être protégés par une isolation intérieure, ou aux secteurs énergétiques dont 50 à 90% des éléments de construction verticaux et inclinés sont massifs.
- Le terme 'léger' s'applique à tous les autres secteurs énergétiques.

Dans le présent contexte, les éléments de construction sont considérés comme massifs si leur masse est d'au moins 100 kg/m², déterminée en partant de l'intérieur jusqu'à une lame d'air ou une couche à conductivité thermique inférieure à 0.20 W/(m.K).

Type de construction	C _{sec i} (J/K)
Lourd	217 000 V _{sec i}
Mi-lourd	117 000 V _{sec i}
Peu-lourd	67 000 V _{sec i}
Léger	27 000 V _{sec i}

Tableau α : Valeur de la capacité thermique effective C du bâtiment

Avec :

$V_{sec i}$ le volume du secteur énergétique (habitat), en m³.

III.6. Demande nette en énergie pour le refroidissement

Les besoins nets en énergie pour le refroidissement par mois et par secteur énergétique i sont déterminés comme le produit de la probabilité conventionnelle que l'on installe un refroidissement actif et des gains de chaleur excédentaires par rapport à la température de consigne pour le refroidissement:

$$Q_F = p_F \cdot Q_{exced,F} \dots (MJ)$$

Avec:

p_F : la probabilité conventionnelle d'installation d'un refroidissement actif ($p=1$),

$Q_{excess,F}$, les gains de chaleur excédentaires par rapport à la température de consigne du refroidissement, en MJ,.

On détermine les gains de chaleur excédentaires par rapport à la température de consigne du refroidissement,

$$Q_{exced,F} = Q_{F,net} = (1 - \eta_f) \cdot Q_{g,F} \dots (MJ)$$

η_f : le taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur pour la détermination du besoin de refroidissement.

La méthode s'applique bien pour le chauffage mais pour le rafraichissement, elle ne donne pas de bons résultats(ou du moins pas logiques), de ce fait on applique **la conservation d'énergie** dans la maison, ce qui nous donne :

$$Q_F = Q_{D,F} + Q_{g,F} \quad (III.26)$$

III.7. Energie solaire reçue par le capteur

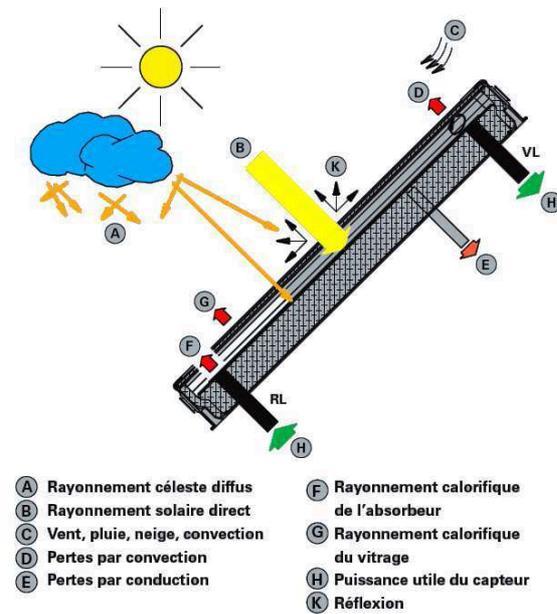


Figure III.3. Utilisation du rayonnement solaire dans le capteur [85]

Pour un capteur solaire, l'équation qui donne l'énergie utile s'écrit [86]:

$$Q_u = S_{capt} F_R [E_{global} - U_L(T_i - T_a)] \quad (III.27)$$

$$Q_u = \dot{m} C_{pe} (\dot{T}_s - T_e) \quad (III.28)$$

III.8. Taux de Couverture Solaire

Le taux de couverture solaire TCS (solar fraction) est le rapport de l'apport solaire journalier et de l'énergie nécessaire pour le chauffage.

$$TCS = \frac{\sum Q_u}{\sum Q_c} \quad (III.29)$$

Plusieurs scénarios sont étudiés dans le cas du taux de couverture solaire (100%, 50% et 10%). L'énergie fournie par les capteurs solaires est fonction de la surface de captation, du rendement du capteur et de l'irradiation solaire [86] :

$$Q_u = \eta_{capt} \times S_{capt} \times E_{global} \quad (III.30)$$

Avec

η_{capt} : rendement du capteur solaire (égal à 0,43 pour les capteurs utilisés au CDER, Alger),

On détermine la surface de captation solaire selon le taux de couverture solaire, 10%, 50% et 100%.

$$TCS = \frac{Q_u}{Q_c} \quad \text{D'où on détermine} \quad S_{capt} = TCS \times \frac{Q_c}{E_{global} \times \eta_{capt}} \quad (III.31)$$

III.9. Simulation sous TRNSYS16

TRNSYS (TRaNsient SYstem Simulation) (Programme de simulation de systèmes transitoires)

La simulation de bâtiments multi-zonales passe par plusieurs étapes. La première étape est de séparer l'ensemble de la maison en différentes zones couplées les unes aux autres. L'étape suivante consiste en la description de l'enveloppe du bâtiment, des fenêtres, du système de chauffage et de conditionnement d'air, du renouvellement d'air, des gains internes, etc. Type 56 permet de saisir ces informations et de générer les fichiers d'entrées nécessaires pour une simulation avec TRNSYS. La figure montre une interface graphique de la modélisation élaborée sous TRNSYS 16 [87](voir figure III.4).

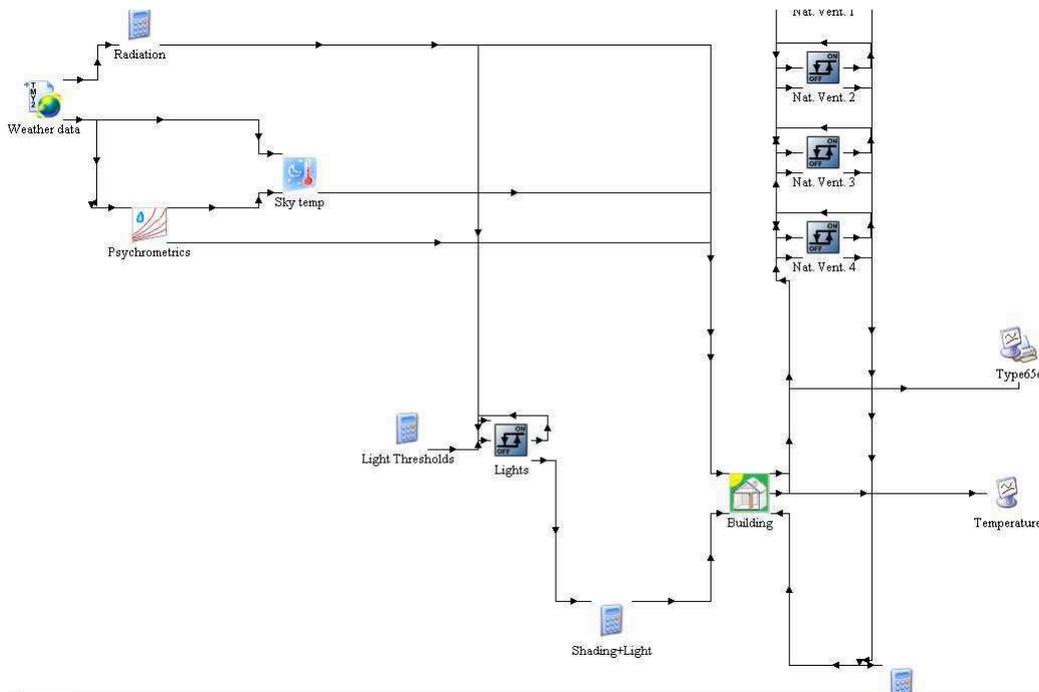


Figure III.4. Modélisation sous TRNSYS de la maison étudiée

III.9.1. Définition de la maison dans TRNBuild

Utilisation d'un logiciel de simulation thermique, TRNBuild en transférant le projet étudié sur ce logiciel, puis l'importer sur TRNSYS (figure III.5).

Le projet étudié est une maison type construite à Alger, avec des matériaux locaux d'une surface habitable de plus de 100 m² (les parois sont détaillées dans le chapitre III).

Coordonnées du site : Latitude 36,833 36° 49'N, Longitude 3 3° 0'E

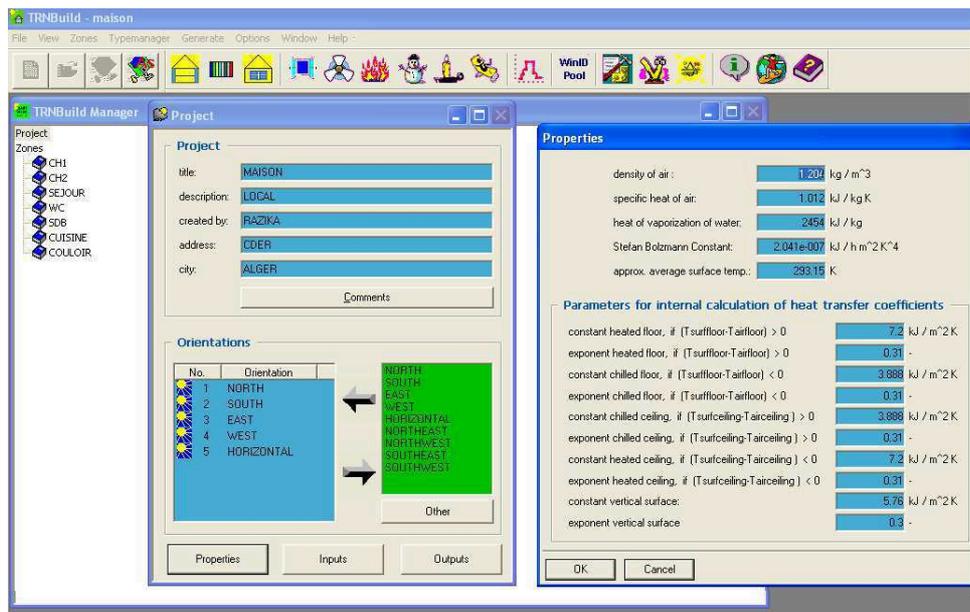


Figure III.5. Coordonnées du site avec les propriétés et paramètres de calcul

Pour cela, il faut définir les zones, et pour chacune d'elles, définir les parois (opaques et vitrées), c'est-à-dire leurs compositions et leurs orientations (figure III.6).

Spécifier les gains, infiltration, ventilation, chauffage, climatisation, confort et humidité.

Le logiciel propose une librairie sur les matériaux utilisés avec les paramètres correspondants, conductivités et capacités thermiques, il faudrait préciser l'épaisseur, ce qui vous donne la densité et d'autres paramètres thermo physiques.

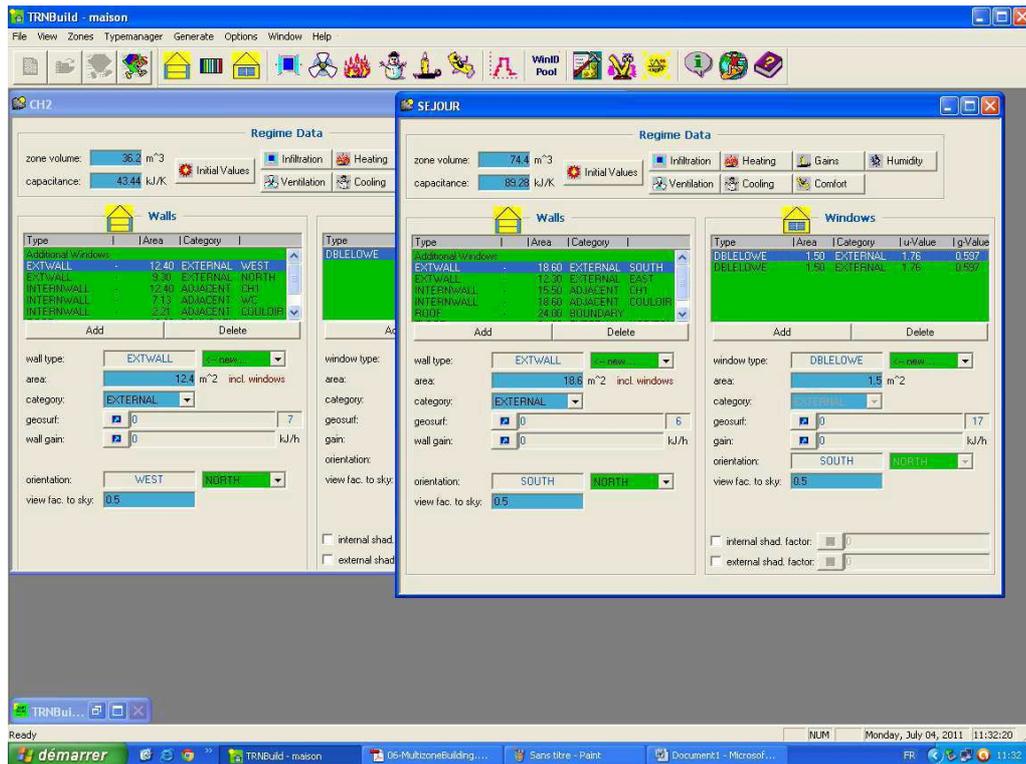


Figure III.6. Composition des parois de la maison et des ouvrants

III.9.2. Définition des Output

Sur simulation studio, on définit les outputs désirés (résultats), ces résultats seront affichés par des graphes et sous forme de tableaux qu'on pourra exploiter.

Les outputs fixés sont les températures et les besoins en chauffage et rafraîchissement pour différentes zones de l'habitat (figure III.7).

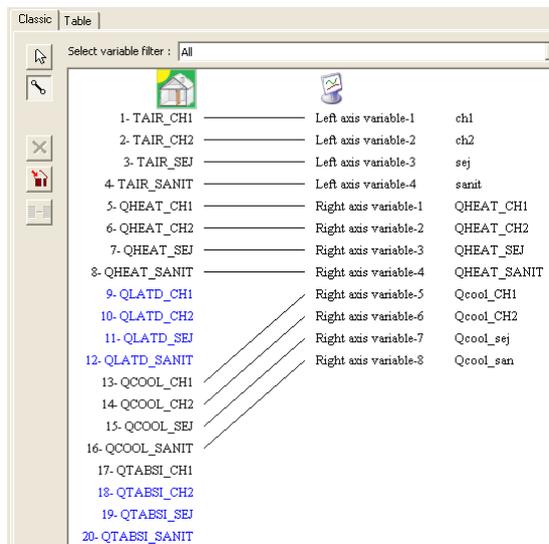


Figure III.7. Définition des outputs

III.9.3. la production d'eau chaude sanitaire sous TRNSYS

Simulation Studio est un logiciel de simulation complet contenant plusieurs outils, nous avons simulé les besoins en eau chaude sanitaire avec les données qu'on a pris dans nos calculs par la méthode analytique, en utilisant l'énergie solaire comme source de chaleur (figure III.8).

Les données climatiques du site choisi, prises du logiciel METEONORM ont été intégrées sous forme TMY2 et les paramètres telles que la capacité de la cuve, les températures d'entrée et sortie ont été prises comme pour le calcul analytique.

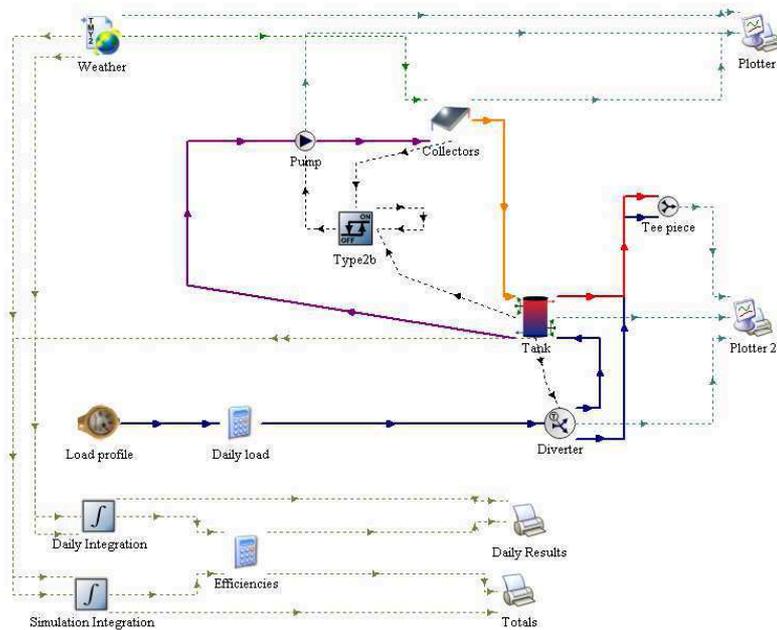


Figure III.8. Modélisation sous TRNSYS (simulation studio) de la production d'eau chaude sanitaire

Dans la simulation studio, le type de cuve de stockage choisi est celui stratifié avec déperditions non uniformes (type 4b), capteur solaire plan type 73.

La simulation est lancée avec ces données pour le calcul de la production d'eau chaude sanitaire.

III.10. Conclusion

Différentes études ont été faites sur la méthode des degrés jours, qui est basée sur la différence de températures entre l'air extérieur et l'air intérieur de l'habitat.

Pour cela une température d'équilibre a été définie comme celle obtenue à l'équilibre thermique. C'est le cas où les déperditions thermiques sont égales aux apports solaires et internes.

Cette température dite de base, diffère d'un climat à un autre.

En Europe, la température de base est prise égale à 15°C, delà on calcule les DJU15/15, les degrés jours sur base de 15 °C et cela dans le cas du chauffage.

Dans notre pays, climat chaud et modéré (méditerranéen) la température de base est égale à 18°C, cette valeur est obtenue à partir de l'équation [72].

La méthode des degrés jours est pratique pour déterminer les besoins énergétiques de chauffage et rafraîchissement. L'outil de calcul TRNSYS est précis, il donne des résultats horaires de températures et d'énergies.

L'eau chaude sanitaire est calculée pour une consommation journalière de 35 litres/personne, elle est estimée par la méthode analytique [75] et par simulation sous TRNSYS.

Par la suite, les résultats obtenus par les deux méthodes sont donnés, analysés puis interprétés.

CHAPITRE IV
DESCRIPTION DE L'HABITAT
ETUDIE

IV.1.Introduction

Pour étudier le comportement thermique et énergétique du bâtiment, le modèle choisi est défini dans ce chapitre.

Une maison individuelle composée de deux chambres et un séjour, construite avec des matériaux locaux (figure IV.1), située à Alger dont les coordonnées géographiques sont les suivantes: Latitude $36,833 \ 36^{\circ} \ 49'N$; Longitude $3 \ 3^{\circ} \ 0'E$.

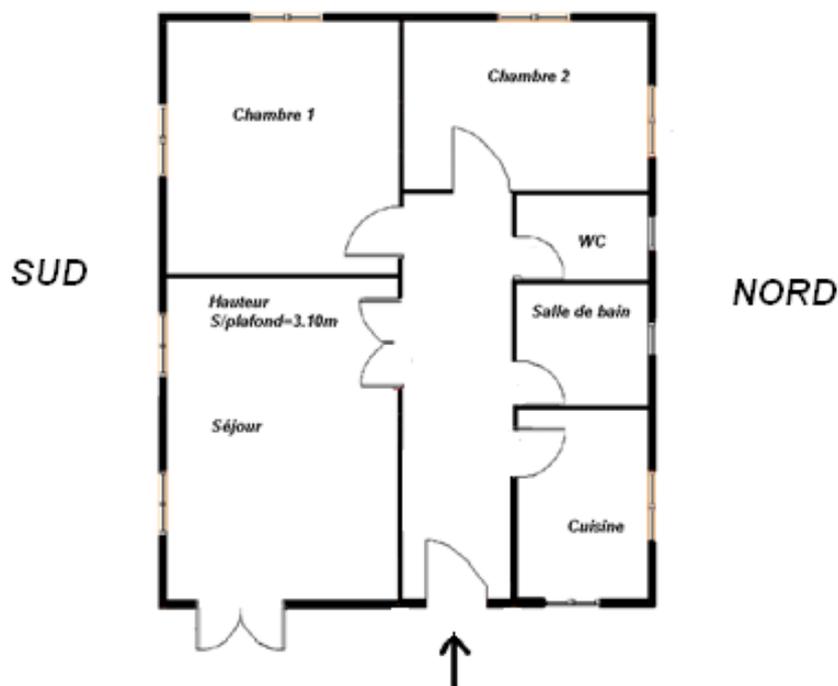


Figure IV.1. Plan de l'habitat étudié [69]

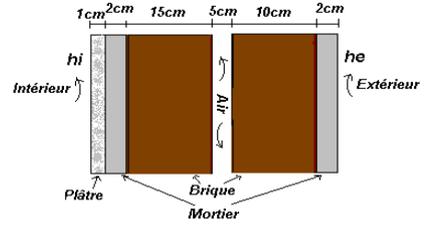
IV.2. Détails des parois de l'enveloppe de l'habitat étudié et calcul des résistances thermiques

Les parois constituant l'enveloppe de l'habitat sont détaillées comme suit, sous forme de tableaux et les résistances thermiques respectives sont calculées.

Les coefficients de transmission thermique U sont déduits par la suite pour chaque paroi.

Matériaux constituant le mur extérieur :

Matériau	Epaisseur e(cm)	Conductivité thermique λ(W/mK)	Résistance thermique R(m²K/W)	Schéma du mur extérieur
1/hi			0,11	
Plâtre	1	0,520		
Mortier de ciment	2	1,4		
Brique à 12 trous	15		0,7	
Air peu ventilée	5		0,085	
Brique à 8 trous	10		0,7	
Mortier de ciment	2	1,4		
1/he			0,06	
			R_{ME} = 1,7028	

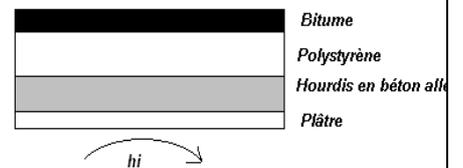


$$R_{ME} = \sum R = R_i + \frac{e_{plâtre}}{\lambda_{plâtre}} + \frac{e_{mortier}}{\lambda_{mortier}} + R_{brique} + R_{air} + R_{brique} + \frac{e_{mortier}}{\lambda_{mortier}} + R_e \quad (IV.1)$$

$$U_{ME} = 1/R_{ME} = 0,587 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Matériaux constituant le plancher haut (toit) :

Matériau	Epaisseur e(cm)	Conductivité thermique λ (W/mK)	Résistance thermique R(m²K/W)	Schéma du plancher haut
1/hi			0,09	
Plâtre	1	0,520		
Béton hourdis allégé	12		0,110	
Polystyrène	10	0,04		
Bitume	2	0,042		
			R_{PH} = 3,105	



$$R_{PH} = \sum R = R_i + \frac{e_{plâtre}}{\lambda_{plâtre}} + R_{Hourdis} + \frac{e_{polyst}}{\lambda_{polyst}} + \frac{e_{Bitume}}{\lambda_{Bitume}} \quad (IV.2)$$

$$U_{PH} = 1/R_{PH} = 0,322 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Matériaux constituant le plancher bas:

Matériau	Epaisseur e(cm)	Conductivité thermique λ (W/mK)	Résistance thermique R(m ² K/W)	Schéma du plancher bas
1/hi			0,17	
Carrelage	2		0,0017	
Sable+Mortier	3	0,1		
Béton	15	1,75		
Polystyrène	6	0,04		
Béton	10	1,75		
			R_{PB} = 2,1145	

$$R_{PB} = \sum R = R_i + R_{carrelage} + \frac{e_{mortier}}{\lambda_{mortier}} + \frac{e_{Béton}}{\lambda_{Béton}} + \frac{e_{polyst}}{\lambda_{polyst}} + \frac{e_{Béton}}{\lambda_{Béton}} \quad (IV.3)$$

$$U_{PB} = 1/R_{PB} = 0,473 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Les ouvrants : les fenêtres (porte fenêtres) et les portes

Pour les fenêtres, nous avons opté pour le double vitrage, dont le coefficient de conductivité thermique est de $\lambda_{vitrage} = 1,5 \text{ W/m K}$, avec une surface totale de $S_w = 15,244 \text{ m}^2$, d'où le coefficient de transmission thermique du vitrage $U_{vitrage} = 22,86 \text{ W/K}$.

Les portes en bois, nous prenons en considération la porte extérieure d'une surface de $S_{PE} = 2,75 \text{ m}^2$, avec une conductivité de $\lambda_{bois} = 2,5 \text{ W/m K}$, d'où $U_p = 6,875 \text{ W/K}$.

Le chauffage est responsable pour environ 75% de l'énergie consommée par une maison conventionnelle en Belgique. Depuis mai 2010, la région Wallonne a renforcé sa réglementation PEB ou « performance énergétique des bâtiments » pour la rendre conforme aux normes européennes (directive 2002/01/CE sur la performance énergétique et le climat intérieur des bâtiments). Concrètement, la valeur K, exprimant le degré d'isolation thermique global d'un bâtiment, s'élève à 45[70].

En plus de la valeur K, qui est une valeur d'isolation globale, chaque composante d'un bâtiment est évaluée à titre séparé. Les performances sont exprimées par des valeurs U.

Toitures	$U_{\max} = 0.3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Murs extérieurs	$U_{\max} = 0.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Sols en contact avec l'extérieur	$U_{\max} = 0.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Autres sols (en contact avec la terre, au dessus d'une cave...)	$U_{\max} = 0.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Si on compare les valeurs des U_{parois} de l'habitat étudié ;

$U_{\text{ME}}=0,587 \text{ W/m}^2\text{K}$ légèrement supérieur à la valeur fixée par la norme belge,

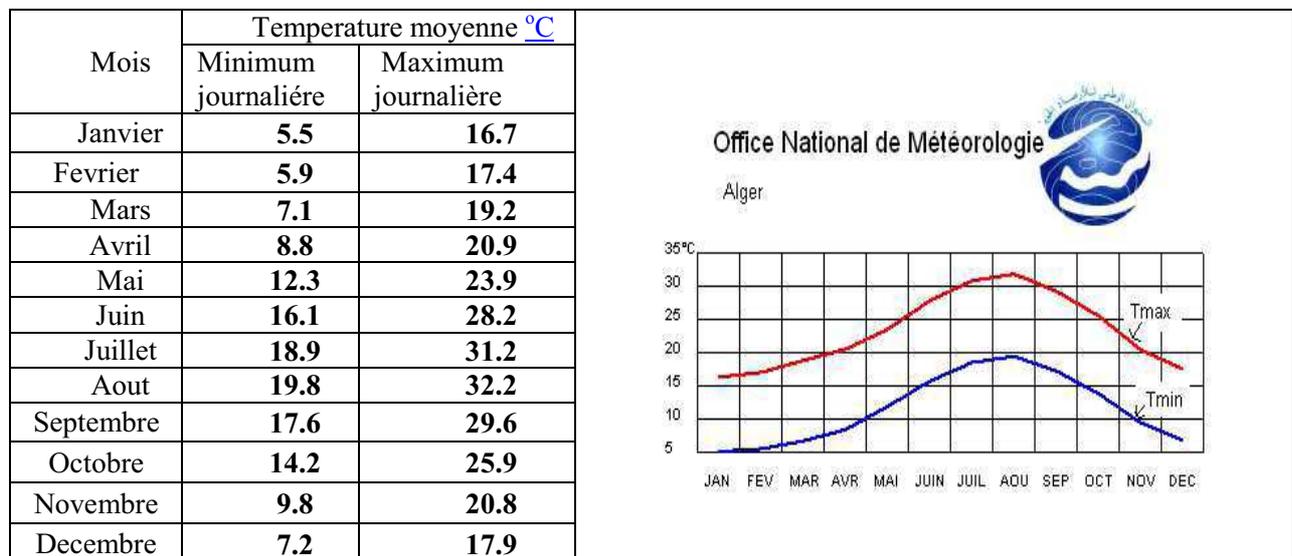
$U_{\text{PH}}=0,322\text{W/m}^2\text{K}$ correspond à la norme,

$U_{\text{PB}}=0,473 \text{ W/m}^2\text{K}$ est conforme à la valeur fixée par la norme belge.

IV.3.Données climatiques

Données climatiques du site : world weather information service, qui donne les températures maximales et minimales mensuelles.

Climatological Information : données climatiques moyennes annuelles



Les informations climatologiques sont basées sur des moyennes mensuelles pour la période de 30 ans 1976-2005.

Pour les données journalières, l'Office National de Météorologie (ONM, Dar el Beida, Alger) nous a fourni les valeurs mesurées pour les années 2006-2008. De là les degrés jours ont été déduits pour estimer les besoins énergétiques de l'habitat.

Dans la simulation par l'outil TRNSYS, nous avons utilisé le logiciel METEONORM qui donne les valeurs moyennes sur 10 ans [71].

IV.4. Conclusion

Après les calculs des différentes résistances thermiques des parois de l'enveloppe, nous concluons que notre habitation est bien isolée et concorde aux normes internationales.

Les murs extérieurs sont légèrement moins isolés, puisque le coefficient de transmission thermique $U_{ME}=0,587 \text{ W/m}^2\text{K}$ légèrement supérieur à la valeur fixée par la communauté européenne. Mais le niveau d'isolation de l'habitat reste conforme aux normes internationales, puisque nous trouvons U ou $ks=0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$ (voir annexe 2.).

Ces calculs nous permettront de modéliser l'habitat à étudier, des méthodes de calcul seront détaillées dans le chapitre suivant.

Nous avons choisi la méthode des degrés jours ainsi que l'outil de calcul **TRNSYS 16**, pour analyser la demande énergétique de chauffage et rafraîchissement du bâtiment.

CHAPITRE V
INTERPRETATION DES
RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus selon les deux méthodes sont analysés et interprétés dans ce chapitre, pour cela, nous avons partagé ce chapitre en deux parties :

La 1^{ère} partie où sont interprétés les résultats obtenus par la méthode des degrés jours, pour le chauffage et le rafraichissement.

Les demandes énergétiques sont calculées sans les apports solaires et internes dits apports gratuits, puis nous détaillons les apports solaires par les parois vitrées, les parois opaques et les apports internes dus aux occupants et aux équipements électriques.

Ensuite, on intègre les apports gratuits dans les calculs des demandes énergétiques de chauffage et rafraichissement de l'habitat.

La 2^{ème} partie où sont expliqués les résultats obtenus par TRNSYS, dans le cas du chauffage et le rafraichissement.

Les besoins en eau chaude sanitaire sont calculés selon la formule [75], puis simulés par TRNSYS, les résultats sont analysés et expliqués par la suite.

Les courbes donnent des valeurs mensuelle, hebdomadaire et journalière, puis une confrontation des deux méthodes est faite dans le cas d'une présentation annuelle de l'énergie.

V.1. Résultats obtenus par la méthode des degrés jours

En utilisant la feuille de calcul *NBN B62-301*, on trouve un coefficient moyen de déperdition thermique de la maison $k_s(U) = 0,43 W/m^2K$, le volume protégé de la maison est $V = 313 m^3$, A (surface de déperdition du bâtiment) est égale à $325,5 m^2$, compacité de la maison $V/A_t = 0,96 \approx 1$ et β est pris égal à 1 .

Nous avons divisés nos résultats en 5 parties [36] ;

V.1.1. Chauffage sans apports solaires

La figure 1. Donne les déperditions thermiques de l'enveloppe par transmission surfacique et par ventilation.

Les déperditions par les parois de l'enveloppe sont conformes aux normes sur l'isolation thermique du bâtiment, 10% par le toit peut être diminué en isolant plus, mais cette valeur reste moindre, 19% par les murs extérieurs ne sont pas très importants vu la composition de la paroi.

Les déperditions par ventilation sont plus importants, ils atteignent 32% et équivalent à 2904 kWh/an.

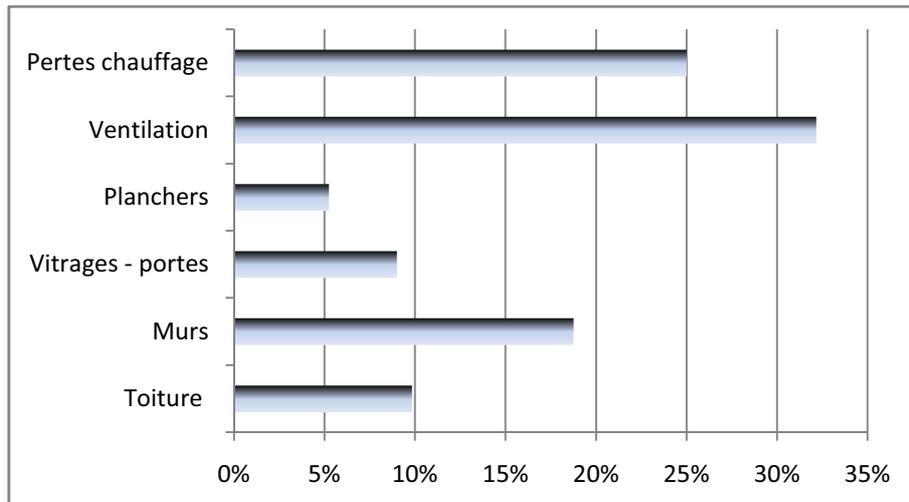


Figure .1. Déperditions thermiques de l’enveloppe de l’habitat

La figure 2. Représente les degrés jours de chauffage sur base de 18°C et 15°C, ainsi que la température de l’air extérieur pendant une année (2008).

Les degrés jours évoluent inversement à la température extérieure, vu qu’ils sont obtenus par la différence de températures entre l’air extérieur et la température de base.

Ils atteignent leur maximum en décembre, 229°jour sur base de 18°C et 136,3°jours sur base de 15°C.

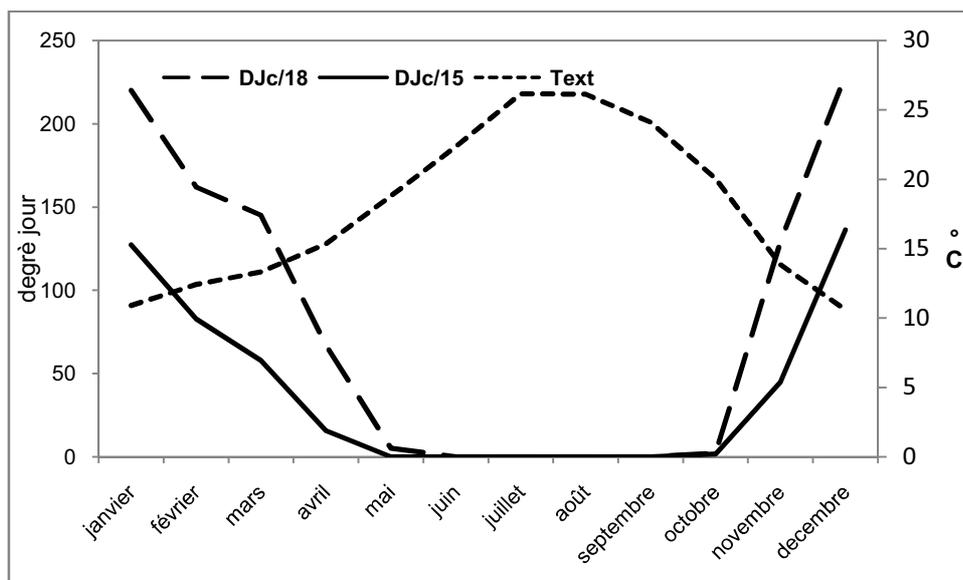


Figure 2.Degrés jours de chauffage sur différentes températures de base

La figure 3. Montre la demande de chauffage pour l'année 2008 sur base de 18°C et 15°C.

La demande de chauffage est plus importante dans le cas où la température de base est de 18°C, elle atteint la valeur de 1355 kWh en décembre, par contre celle calculée sur base de 15°C, elle est de 805,94 kWh pour le même mois.

La demande de chauffage sur base de 18°C est très faible en mois de mai, elle est de 30,75 kWh, puisque la température extérieure est de 16 à 17°C pendant trois jours de cette année (2008).

Par contre sur base de 15°C, la demande de chauffage est nulle en ce même mois.

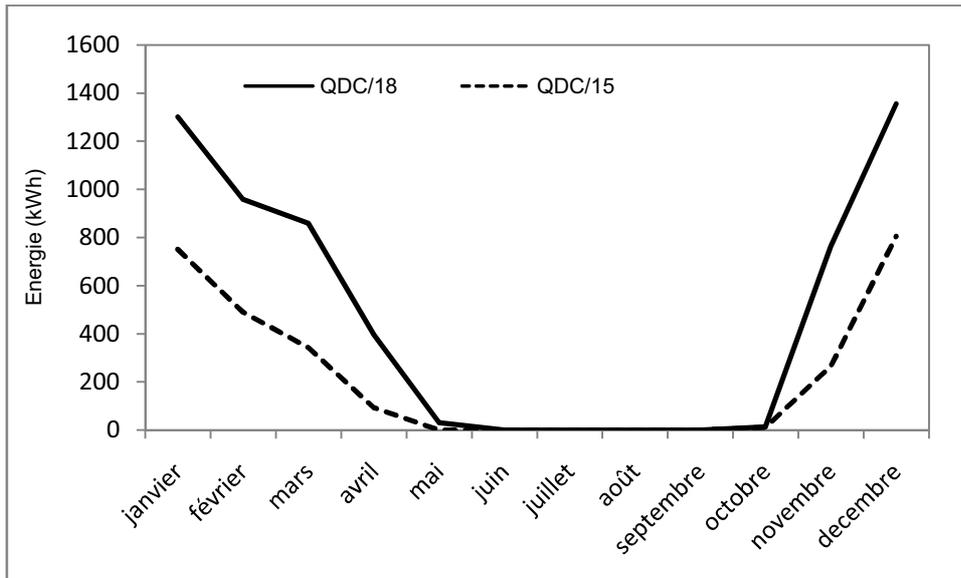


Figure3. Demande énergétique de chauffage sur base de 18°C et 15°C pour l'année 2008

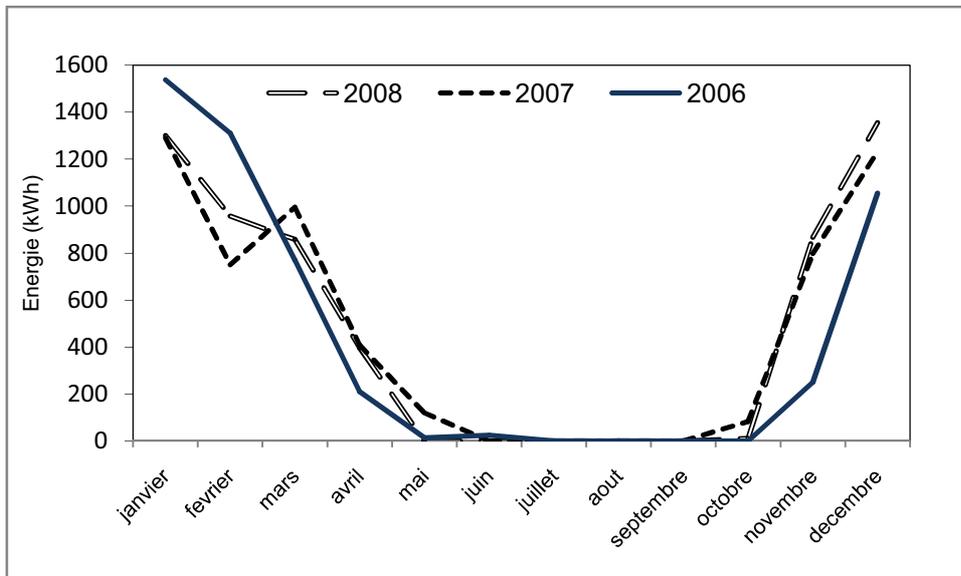


Figure 4. Demande énergétique de chauffage sur base de 18°C pour les années 2006-2008

La figure 4. Donne la demande de chauffage sur base de 18°C pour les années 2006, 2007 et 2008.

Elles sont similaires et évoluent de la même façon, quoi que l'année 2006 la température extérieure a atteint 6,3°C et les degrés jours de chauffage ont atteint les 260 en janvier, ce qui fait que la demande de chauffage était de 1537,38 kWh.

Au même mois (janvier) la demande de chauffage en 2007 était de 1289,6253 kWh et en 2008 de 1300,86 kWh.

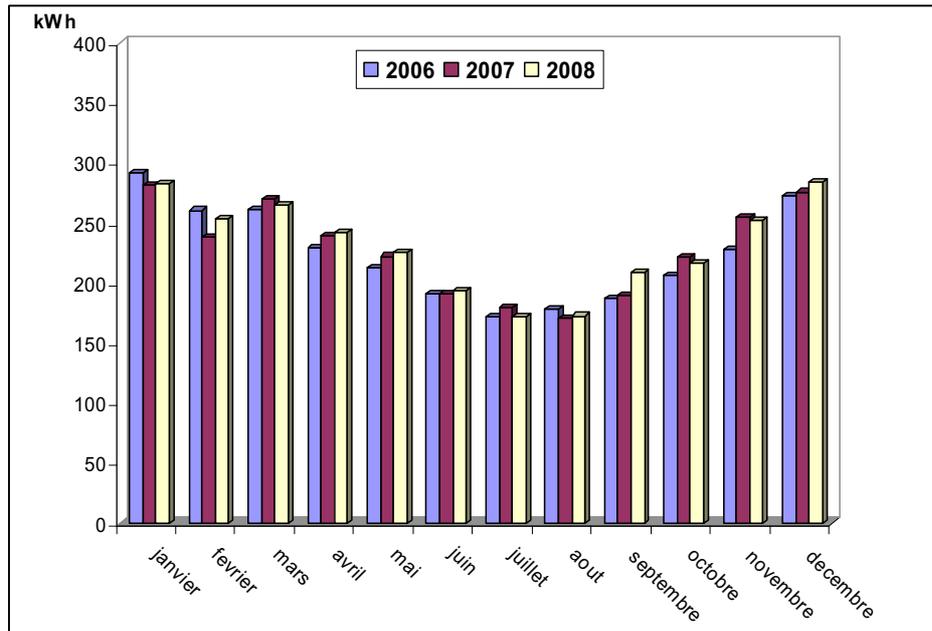


Figure 5. Demande énergétique en Eau Chaude Sanitaire

La figure 5. Donne la demande en eau chaude sanitaire pendant toute l'année pour une famille de 05 personnes, pour une consommation journalière de 35 litres par personne.

Nous avons une consommation d'eau chaude sanitaire presque constante pendant l'année, légèrement faible en période estivale, vu que la demande est fonction de la température de l'eau de réseau, qui dépend de la température extérieure.

La demande atteint les 280 kWh en janvier pour les trois années successives, et 171 kWh en juillet et août.

La figure 6 montre l'évolution de la monotone des charges, cette courbe est obtenue en représentant l'évolution de la demande en chaud, c'est-à-dire chauffage et eau chaude sanitaire pendant l'année en ordre décroissant.

Cette représentation permet de dimensionner la puissance de l'équipement de chauffage pour l'habitat.

La demande en chaud atteint la valeur maximale de 60 kWh et cela en négligeant les apports gratuits (solaires et internes), par la suite nous verrons l'influence de ces derniers sur la monotone des charges thermiques.

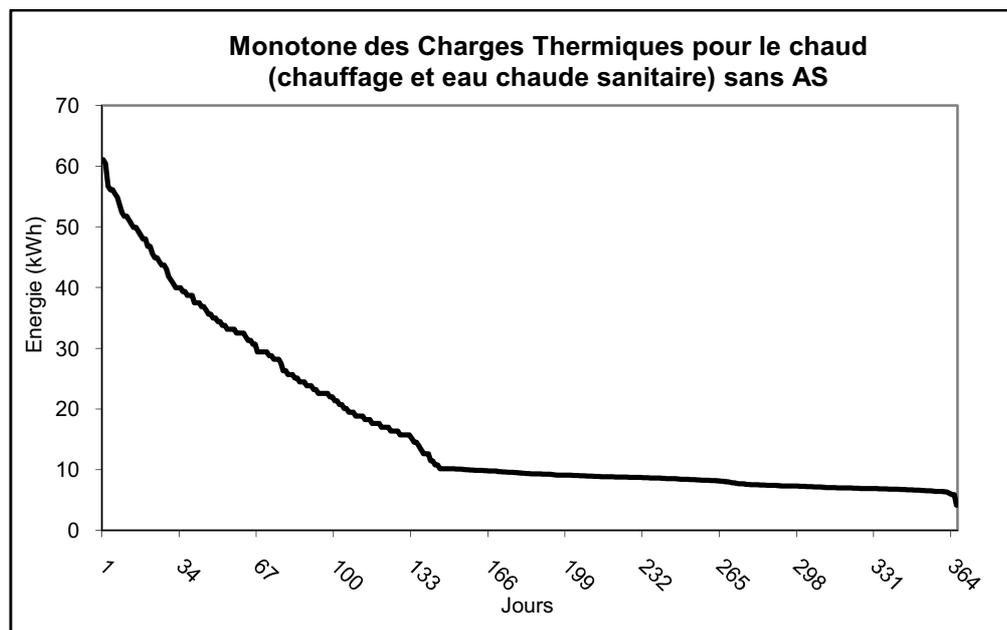


Figure 6. Monotone des charges thermiques pour l'année 2008 sans les apports solaires et internes

V.1.2. Apports solaires

Pour comprendre l'évolution des apports solaires sur les parois opaques et vitrées, nous devons analyser les variations de l'éclairement solaire sur une surface horizontale (toiture) et l'éclairement solaire sur une paroi verticale (vitrages).

Les figures 7 et 8 montrent ces deux variations pendant l'année, ces valeurs sont des valeurs moyennes prises sur une période de 10 ans.

La figure 9 qui est similaire à la figure 7 montre les gains solaires par les vitrages, elles évoluent de la même façon, ce qui est logique.

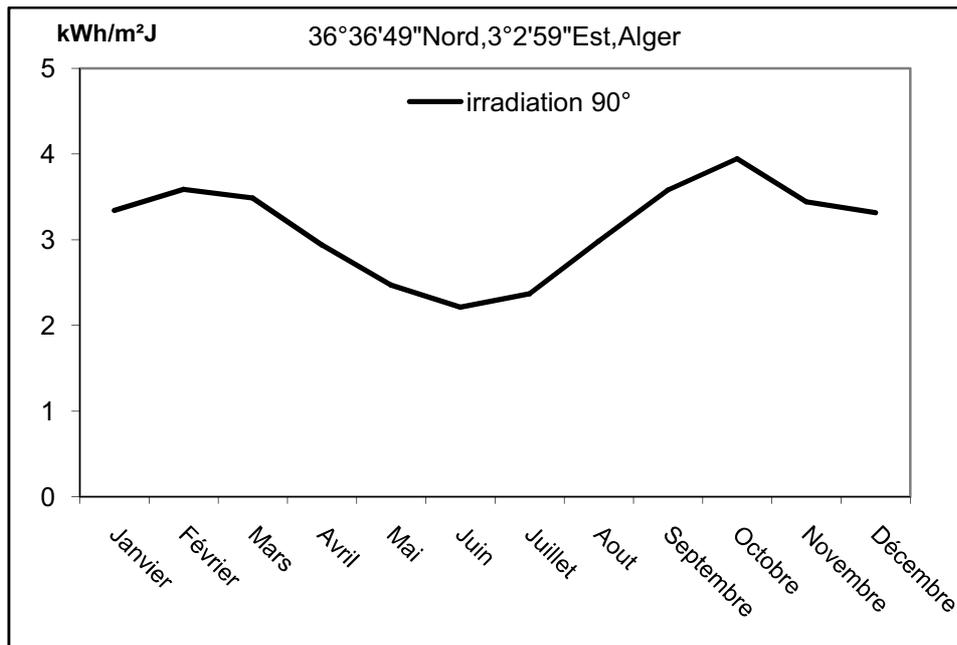


Figure.7. Evolution de l'éclairement solaire globale sur une paroi verticale à Alger [80]

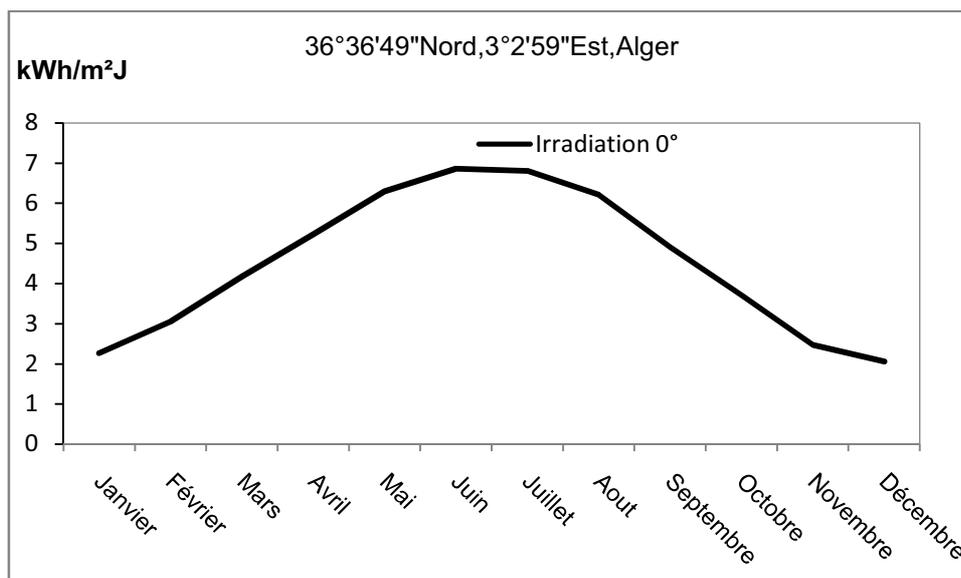


Figure 8. Evolution de l'éclairement solaire globale sur une paroi horizontale à Alger [80]

De la même manière, la figure 10 est similaire à la figure 8, elle représente les apports thermiques par le toit et varie proportionnellement à l'éclairement solaire sur une surface horizontale.

On voit que les apports thermiques par la toiture sont très importants en période estivale surtout en juillet (2008), ce qui est défavorable, puisque nous devons rafraichir pour avoir le confort.

Par contre en janvier, les valeurs sont négatives (-40 kWh), donc nous avons des déperditions par le toit, et là nous devons penser à récupérer cette chaleur en chauffant plus.

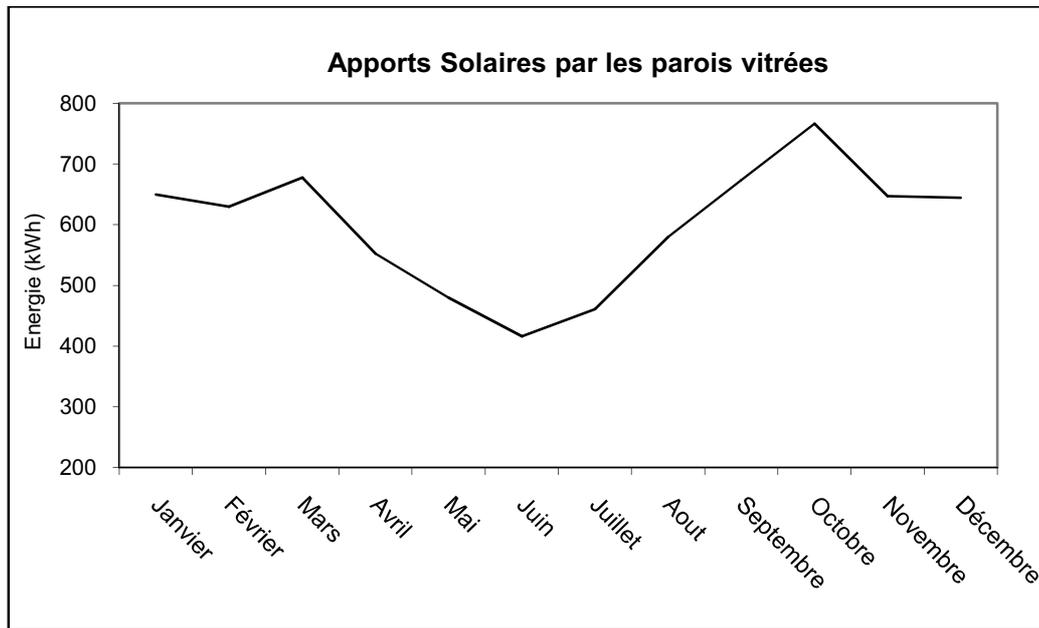


Figure 9. Apports solaires par les parois vitrées

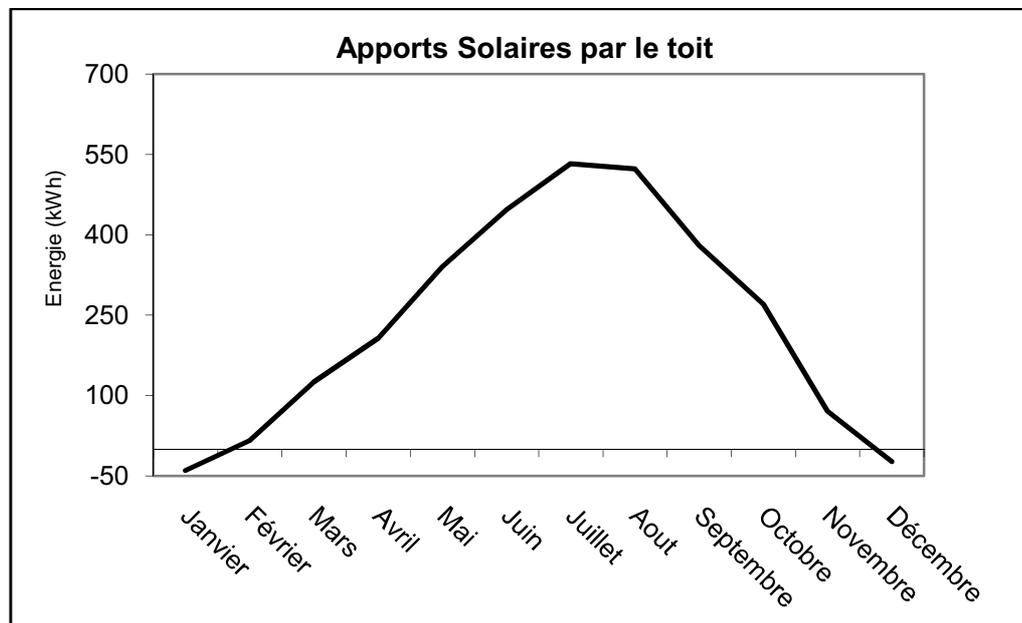


Figure 10. Apports solaires transmis par le toit

La somme des apports est représentée sur la figure 11, les apports thermiques par les parois opaques (toiture), les apports thermiques par les vitrages et les apports internes du aux occupants et aux équipements électriques.

Dans notre étude, il est plus simple d'utiliser la **Th-BV**, c'est-à-dire **$A_i = 100 \text{ Wh/jour.m}^2$** de surface habitable (cette valeur inclut les apports dus aux occupants et aux appareils électriques). La surface de la maison étudiée est de $100,9 \text{ m}^2$. Donc **$A_i \approx 10 \text{ kWh/jour}$** . Ces apports sont au minimum en février avec une valeur de $925,66 \text{ kWh}$ et au maximum en août avec une valeur de $1412,69576 \text{ kWh}$.

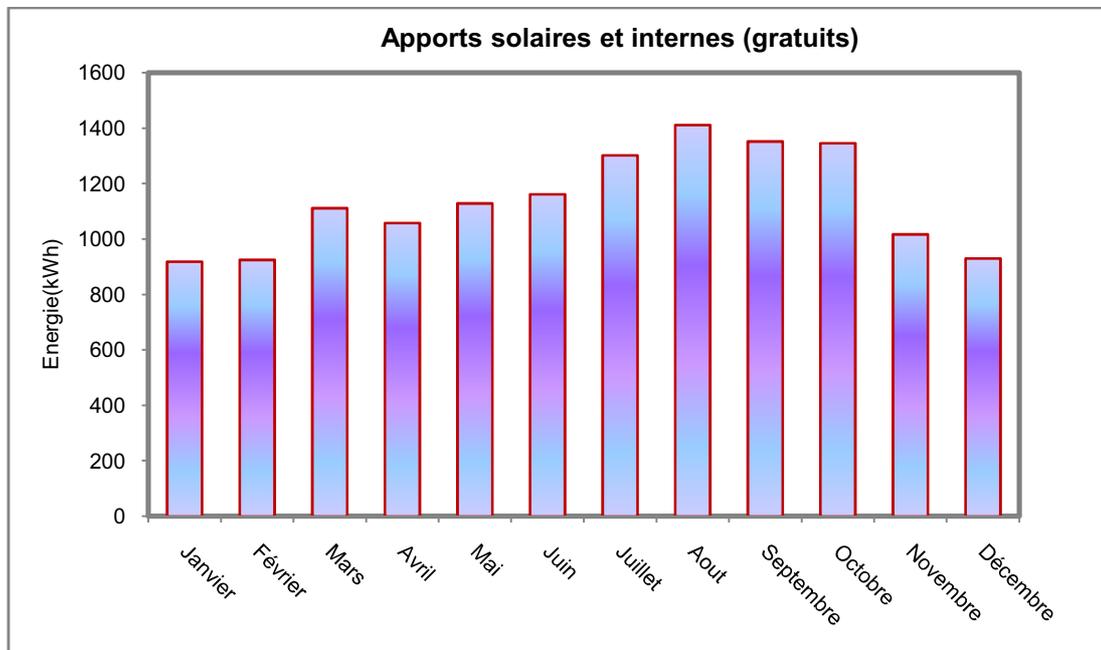


Figure 11. Apports Gratuits (Solaires et Internes) pendant l'année

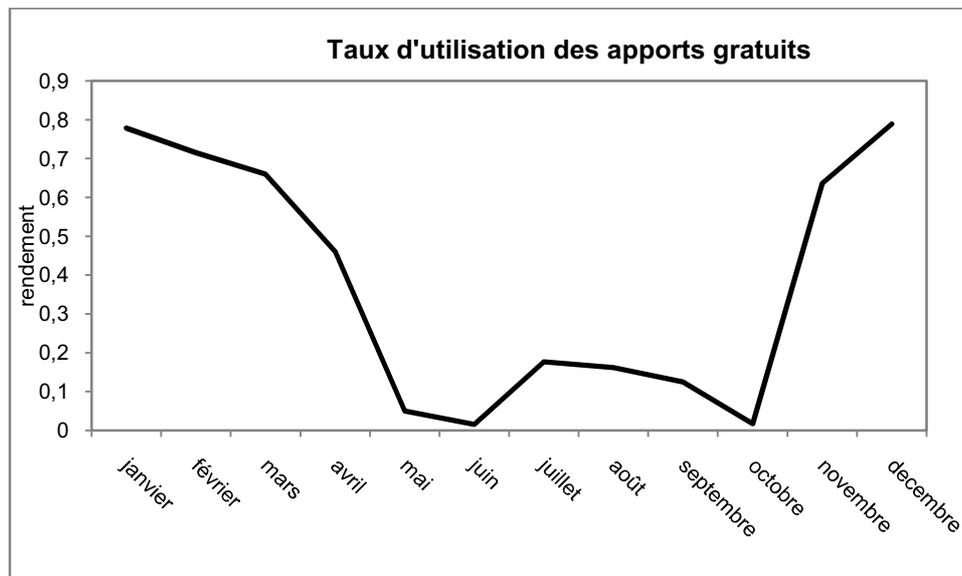


Figure 12. Taux d'utilisation des apports gratuits

Pour le calcul de la demande nette de chauffage, nous devons inclure le taux d'utilisation des apports gratuits qui est représenté dans la figure 12.

Le taux ou facteur d'utilisation des apports thermiques dits gratuits est au maximum en saison hivernale (0,78), ce qui nous permet de diminuer les besoins en chauffage, il est faible en saison estivale et atteint des valeurs de 0,015 en juin et octobre, mais en juillet et août ce facteur est de 0,17 à 0,18.

Avec des valeurs de η faible, en été nous avons une charge supplémentaire de chaleur, pour cela nous devrions isoler le toit et diminuer les apports transmis par cette paroi.

V.1.3. chauffage avec apports gratuits

La figure 13 montre la demande de chauffage pendant une année, et cela dans le cas où on néglige les apports gratuits (solaires et internes) et dans le cas où on les inclut dans nos calculs [35].

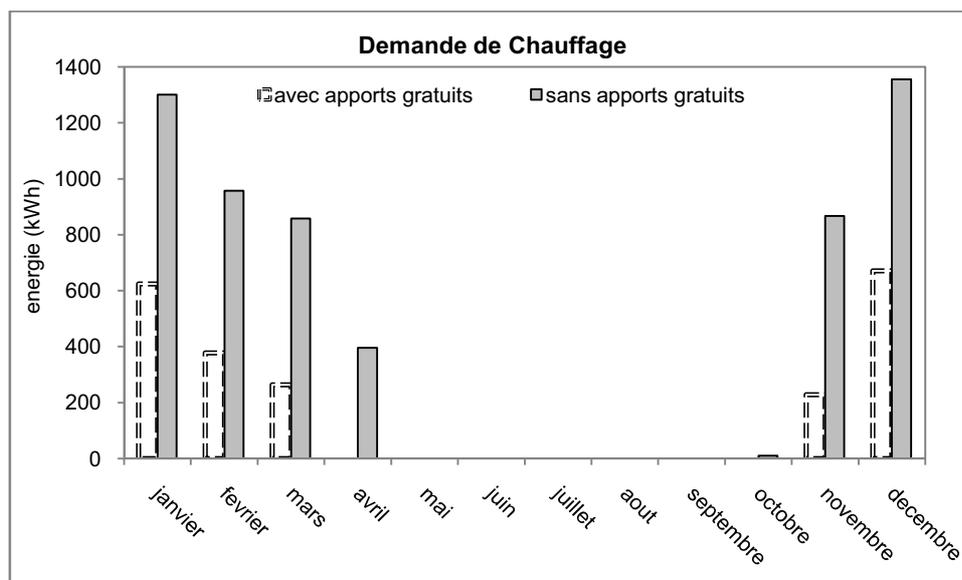


Figure .13. Demande énergétique mensuelle de chauffage

Les apports solaires et internes ont un impact très fort sur la consommation énergétique, le facteur d'utilisation des apports gratuits qui est le rapport entre les gains de chaleur et les déperditions thermiques de l'enveloppe, rentre dans le calcul de la demande nette de chauffage.

Les apports thermiques reçu par l'habitat diminue clairement la demande de chauffage et arrive jusqu'à la moitié.

Sans les apports thermiques gratuits, la demande est de 1300 kWh en janvier, en incluant ces derniers la demande atteint 624 kWh avec un taux d'utilisation de 0,7.

Sans apports thermiques, nous avons besoin de chauffer au mois d'Avril, alors qu'en les incluant, la demande de chauffage est nulle.

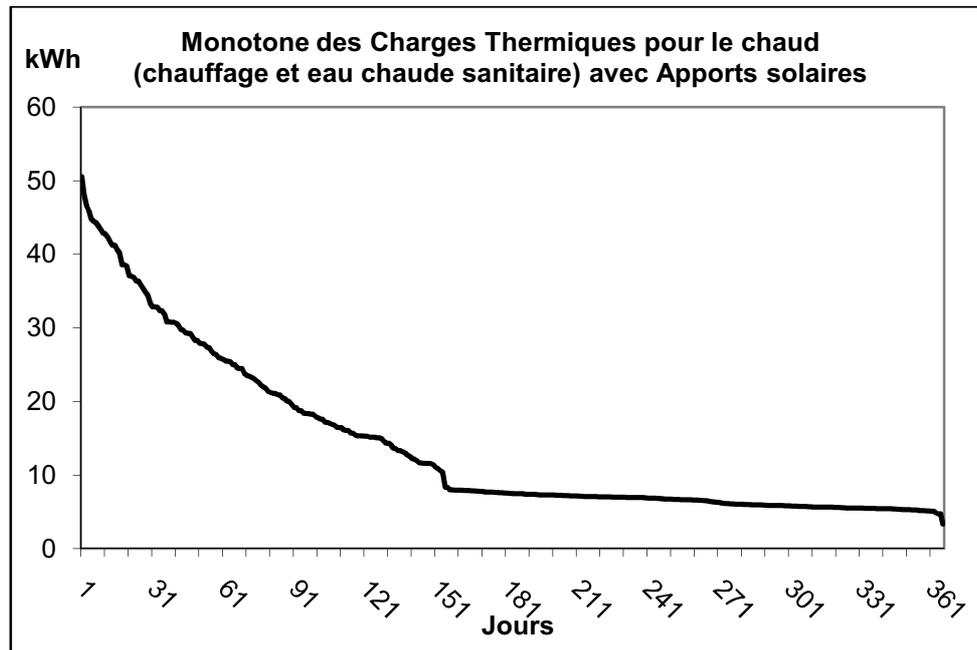


Figure 14. Monotone des charges thermiques pour l'année 2008

En incluant les apports solaires et internes

La monotone des charges thermiques de chaud (chauffage et eau chaude sanitaire) est représentée sur la figure 14.

Avec les apports solaires et internes, la demande en chaud diminue de 10 kWh. Elle atteint son maximum qui est de 50 kWh, ce qui nous fait économiser en énergie 10kWh.

La puissance de chaud pour le jour le plus froid de l'année

Selon la monotone des charges en chaud, la puissance à installer est calculée pour le jour le plus froid de l'année c'est-à-dire le 15 décembre 2008, où la température extérieure était de **6,9 °C**.

$P_C = \frac{Q_C}{temps}$; $P_{C/18} = 50,558\text{kWh/jour}$; $P_C = 2,10658 \text{ kW}$, alors que sans les apports gratuits, nous avons besoin d'une puissance de chaudière de $P_C = 2,54 \text{ kW}$, ce qui fait qu'on économise **0,43842 kW**.

V.1.4. Rafraîchissement sans les apports gratuits

La figure 15 montre les degrés jours en froid (rafraîchissement) pendant une année et cela sur base de 22°C et 25°C ainsi que la température de l'air extérieure.

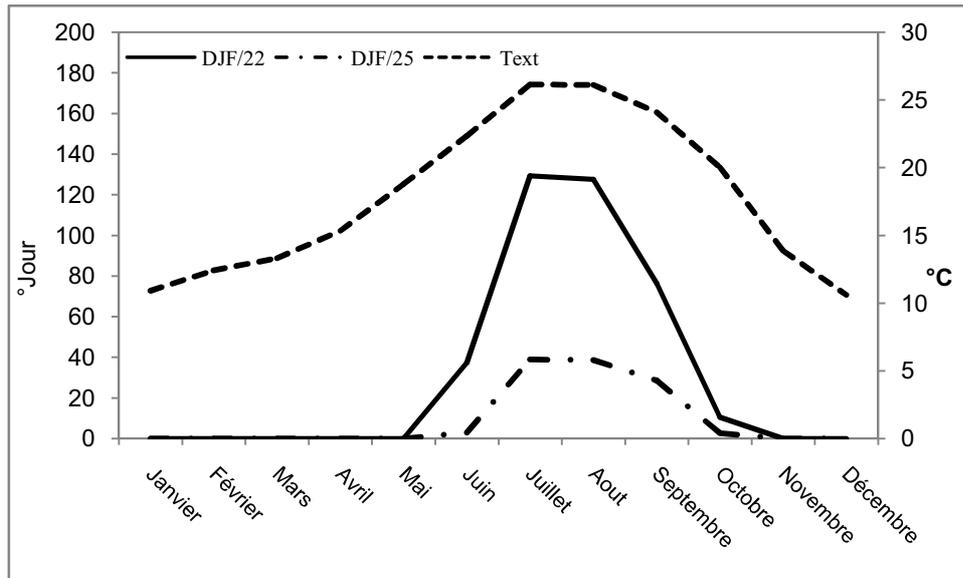


Figure 15. Degrés jours en froid sur base de 22°C et 25°C

Les trois courbes évoluent de la même manière ce qui est logique, vu la relation degrés jours et température extérieure. Elles sont plus importantes sur base de 22°C que sur base de 25°C.

La température de confort est de 25°C, nous nous baserons dans nos calculs sur la température de 25°C.

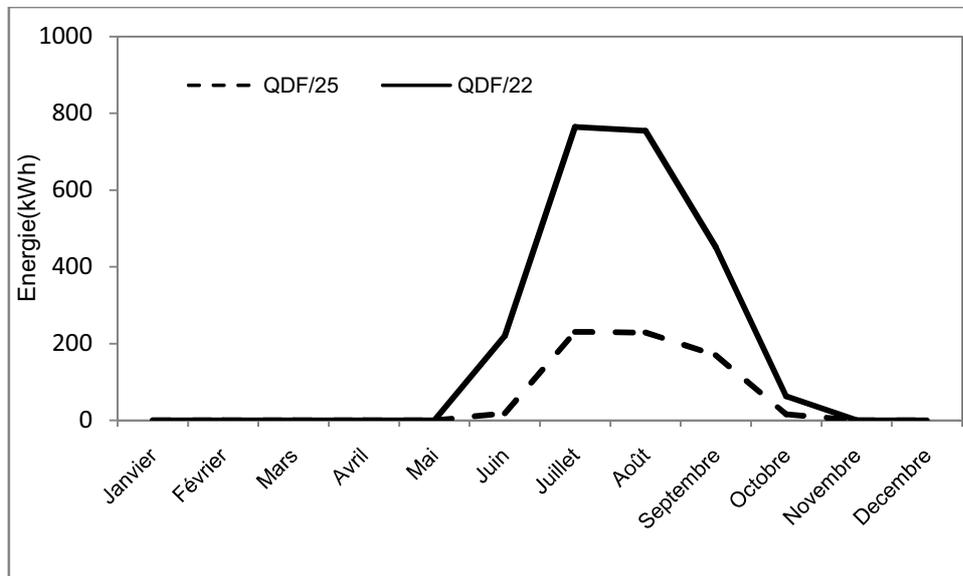


Figure 16. Demande énergétique de froid sur base de 22°C et 25°C pour l'année 2008

La figure 16 montre la demande de rafraîchissement dans les deux cas, c'est-à-dire sur base de 22°C et 25°C. Ces calculs sont faits en ignorant les apports solaires et internes, ce qui fait qu'ils sont moindres, nous verrons plus tard la différence.

La figure 17 montre la demande de rafraîchissement pour les trois années successives 2006, 2007 et 2008.

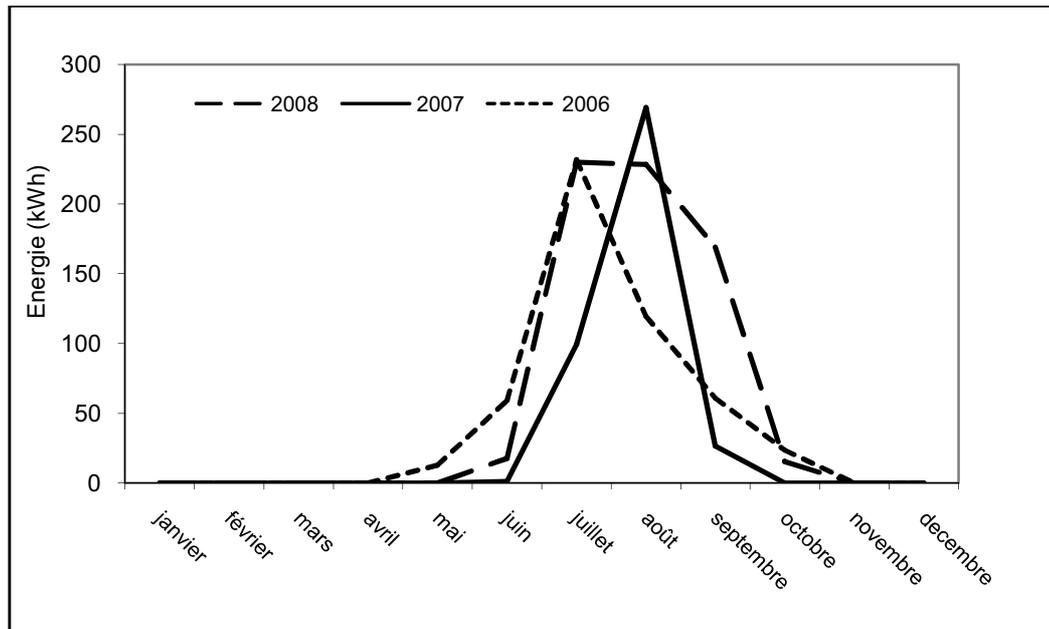


Figure 17. Demande énergétique de froid sur base de 25°C pour les années 2006-2008

En 2006, la demande atteint son maximum au mois de juillet, elle est de 231 kWh, ainsi qu'en 2008 le mois de juillet était le plus chaud, la demande de rafraîchissement atteint 230 kWh.

En 2007, le maximum est atteint en mois d'Août et il est de 269 kWh.

La figure 18 donne la monotone des charges thermiques pour le rafraîchissement, la valeur maximale est de 62 kWh, ce qui nous permet de déterminer la puissance de l'équipement de conditionnement d'air de l'habitat. Selon cette monotone, nous avons besoin de rafraîchir pendant seulement 65 jours, ce qui n'est pas vrai vu que là nous ignorons les apports solaires et internes.

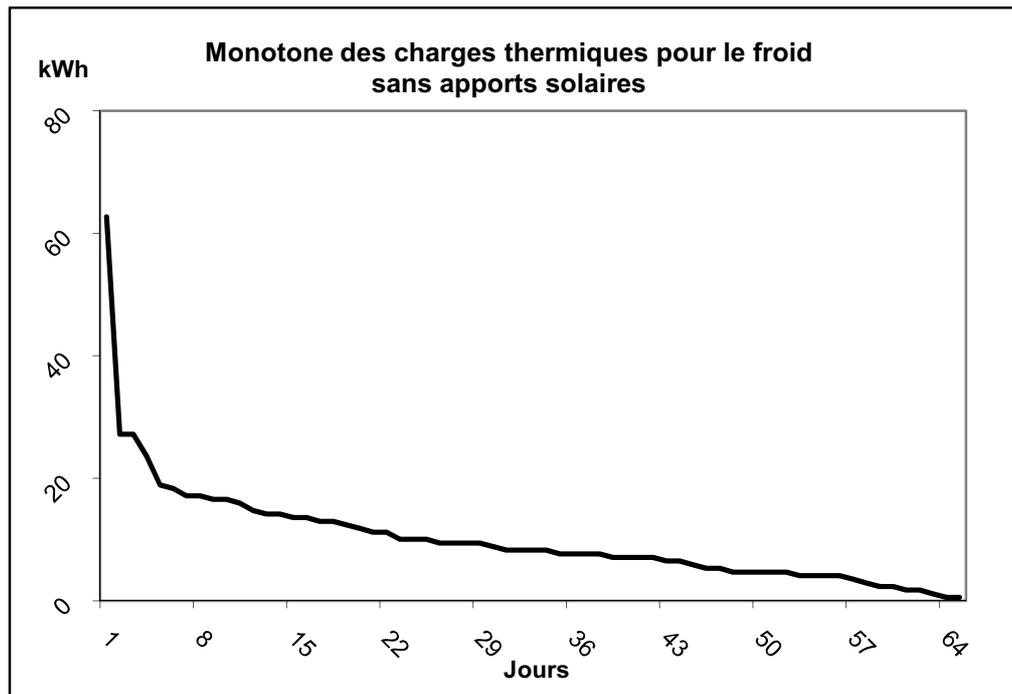


Figure 18. Monotone des charges thermiques de froid (2008)

V.1.5. Rafrachissement en incluant les apports gratuits

La figure 19 montre la demande de rafraichissement en prenant en considération les apports gratuits. Nous avons tracé les résultats obtenus dans les deux cas, avec et sans apports, et cela pour montrer l'influence de ces derniers sur la demande énergétique.

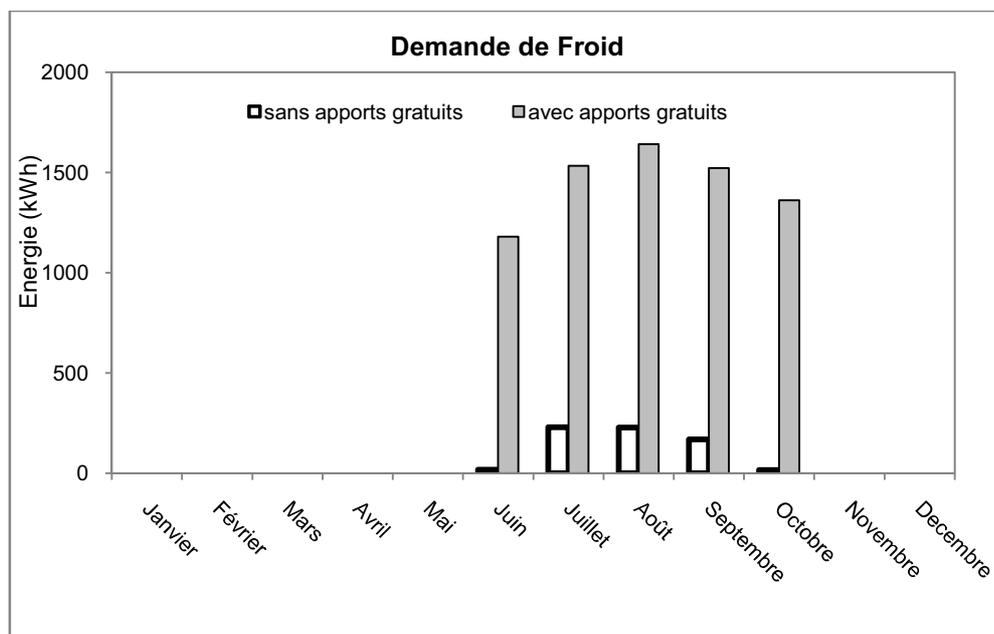


Figure 19. Demande énergétique mensuelle de froid (rafraichissement) sur base de 25°C

On observe que le cas où les apports sont pris en considération, la demande est très importante, sans les apports gratuits, nous devons rafraichir seulement trois mois (juillet, aout et septembre) et la demande est de l'ordre de 200 à 230 kWh, alors que dans le cas réel, avec les apports gratuits qui influent dans le confort thermique, la demande est de l'ordre de 1500 kWh et cela pendant 5 mois.

La figure 20 montre la monotone des charges thermiques pour le rafraichissement en incluant les apports gratuit.

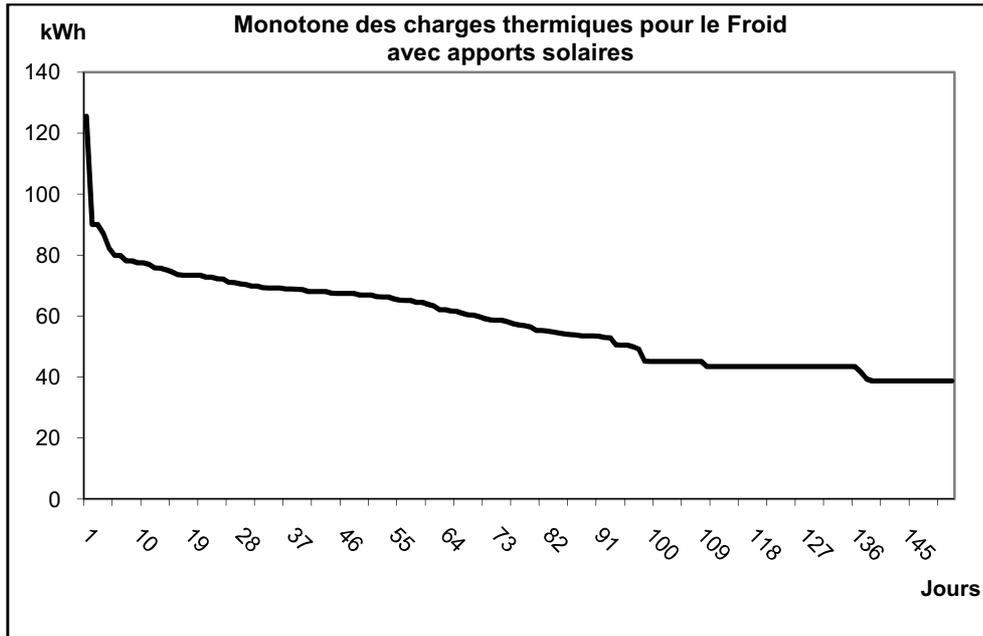


Figure 20. Monotone de Froid pour 2008 sur base de 25°C en incluant les Apports gratuits

On voit une nette différence, la demande a doublé jusqu'à la valeur de 120 kWh. Contrairement à la monotone des charges thermiques, les apports thermiques gratuits sont une charge supplémentaire pour la consommation énergétique pour le conditionnement d'air (rafraichissement). En plus la période de rafraichissement est de 153 jours (plus de 5mois), ce qui correspond à la réalité.

La puissance de froid pour le jour le plus chaud de l'année

La monotone des charges thermique permet de calculer la puissance de froid qu'il faut à l'équipement Dans ce cas on prend le jour le plus chaud et on calcule les besoins en froid sur base de 25°C en incluant les Apports Gratuits, de là on détermine la puissance maximale de froid :

$$P_F = \frac{Q_F}{\text{temps}} \dots (W)$$

D'après les données que nous avons la journée la plus chaude est celle du **09 septembre 2008** avec une température journalière moyenne de **35,6°C**. Sur base de 25°C, **$Q_F = 107,778 \text{ kWh/jour}$** d'où

$P_F = 4,49075 \approx 4,5 \dots kW$ alors qu'en négligeant les apports solaires et internes $P_F = 2,6 \dots kW$, ce qui fait que ces derniers ajoutent la charge de rafraîchissement, puisqu'on doit ajouter 1,9 kW à la puissance de froid.

V.1.6. Taux de couverture solaire

Le taux de couverture solaire indique le pourcentage annuel d'énergie nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire pouvant être couvert par l'installation solaire. Plus le taux de couverture solaire est choisi élevé, plus on économise de l'énergie traditionnelle. En été, le rendement moyen des capteurs est généralement diminué parce que de la chaleur est produite en trop.

Nous avons calculé le taux de couverture solaire(%) en fonction de la surface de captation solaire.

Les résultats ont été rapportés sur la figure 21.

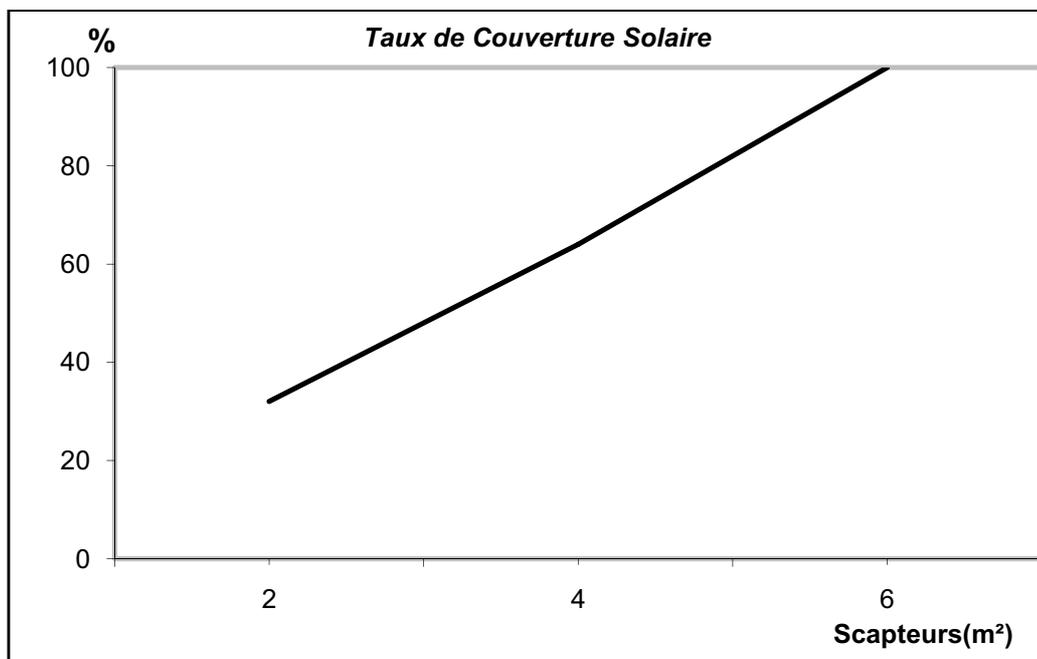


Figure 21. Taux de Couverture Solaire en fonction de la surface des capteurs solaires

Dans la courbe 21, nous avons calculé le taux de couverture solaire; pour 100% de couverture solaire, nous avons besoin de 6,22 m² de capteurs solaires, ce qui nous fait 4 capteurs solaires de 1,6 m² de surface chacun, et cela pour couvrir le chauffage de l'habitat et l'eau chaude sanitaire.

V.2. Résultats obtenus par simulation sous TRNSYS

Les résultats obtenus par simulation sous TRNSYS sont présentés dans les figures (22) à (31), et analysés puis comparés aux résultats analytiques [37].

V.2.1. Résultats correspondant au chauffage

Figure (22) montre, le profil horaire de la température de l'air extérieur pendant un mois (Janvier) et le profil de chauffage correspondant nécessaire pour maintenir le confort thermique approprié. Le profil de température horaire est caractérisé par des ondes sinusoïdales ayant des pics maximum et minimum de $24,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $1,05\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivement. On remarque que le profil d'énergie de chauffage est assez similaire au profil de température. Toutefois les valeurs maximales de chauffage correspondent à des valeurs minimales de la température extérieure.

Ces résultats sont très logiques et seront confirmés dans les courbes hebdomadaires et quotidiennes.

- La figure (23) montre la consommation d'énergie de chauffage pendant toute une semaine en Janvier. Le profil énergétique tel que décrit précédemment est en fait clairement représenté dans cette courbe. Le chauffage atteint les valeurs maximales de $1,66\text{ kW}$, $1,5\text{ kW}$ et $1,68\text{ kW}$ correspondants à des températures minimales de $4,36\text{ }^{\circ}\text{C}$, $5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $6,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour des temps de 104, 128 et 152 heures respectivement.

- La figure (24) montre de plus près la consommation de chauffage et la température de l'air extérieur au cours d'une période d'une journée (24 heures) en Janvier. Les profils sont inversement proportionnels.

Ces profils sont caractérisés par 3 phases.

- Phase 1: de 1 heure à 8 heures, elle correspond à la 2ème partie de la nuit. Lorsque la température diminue de $10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $8,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, le chauffage augmente de $0,76\text{ kW}$ à $1,15\text{ kW}$.

- Phase 2: de 8 heures à 18 heures. Cette période correspond à la journée, dans laquelle la température de l'air extérieur augmente jusqu'à $14,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ avant de descendre jusqu'à $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dans cette phase, le chauffage diminue de $1,15\text{ kW}$ et atteint la valeur zéro à 11 heures. Cette valeur reste jusqu'à 18 heures avant de commencer à monter.

- Phase 3: de 18 heures à 24 heures. Il s'agit de la 1ère partie de la nuit, lorsque la température de l'air extérieur diminue à $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, le début chauffage augmente à partir de zéro pour atteindre $0,87\text{ kW}$ à 24 heures.

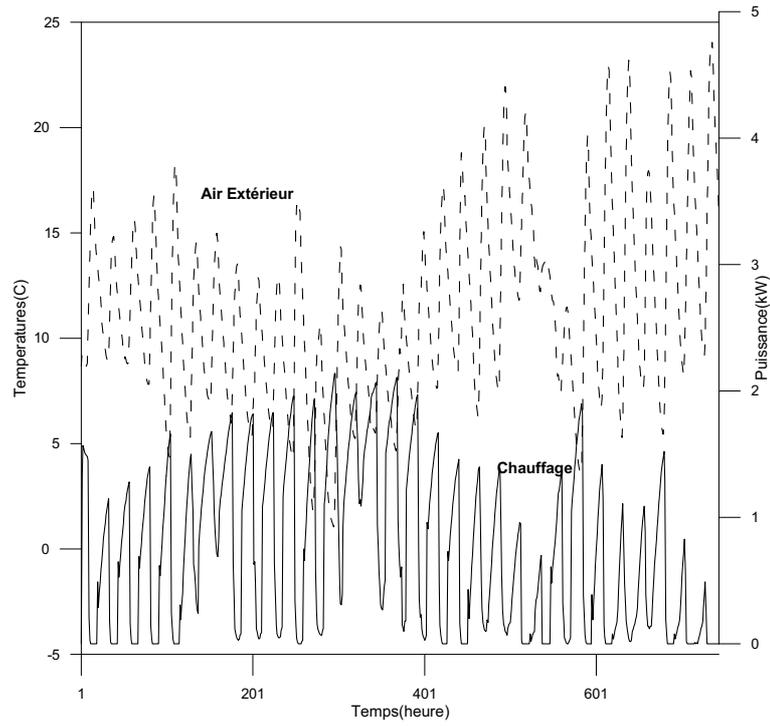


Figure 22. Evolution horaire de la demande de chauffage
Pendant le mois de janvier

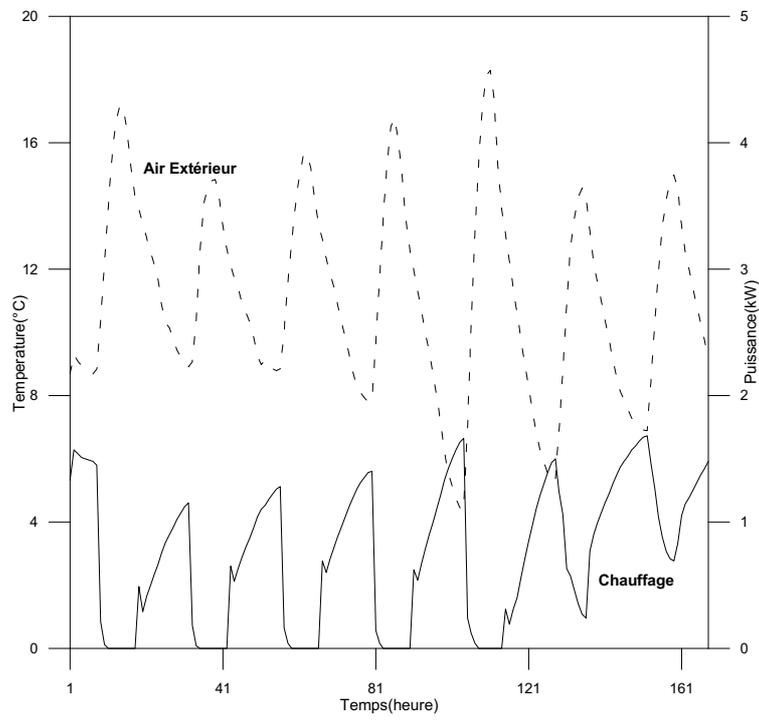


Figure 23. Evolution horaire de la demande de chauffage
Pendant une semaine du mois de janvier

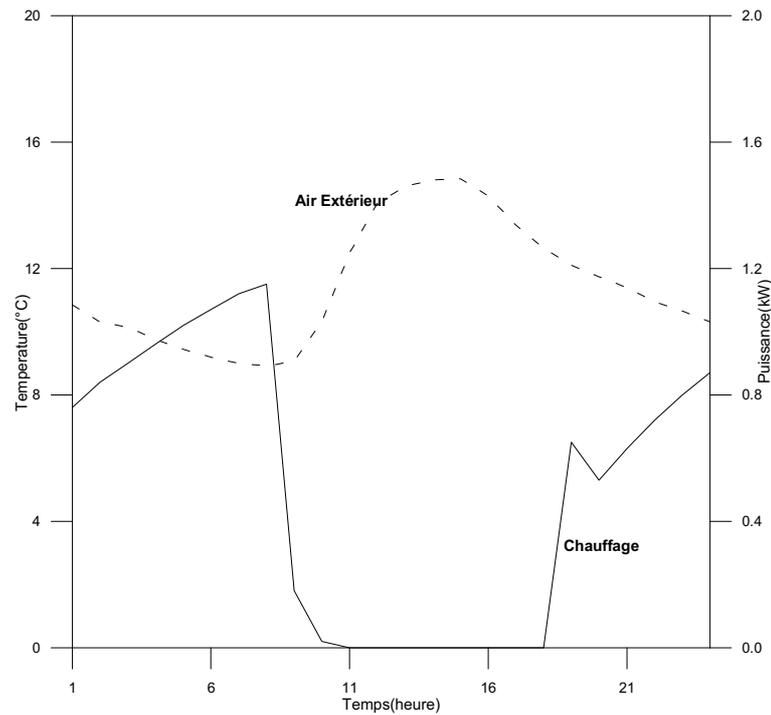


Figure 24. Evolution horaire de la demande de chauffage
Pendant une journée du mois de janvier

Confrontation TRNSYS/Degrés jours

• La figure (25) montre les résultats obtenus par la méthode des degrés-jours et ceux obtenus par TRNSYS sous les mêmes conditions au cours d'une période d'une année.

On voit sur les courbes, que les résultats sont cohérents et les courbes évoluent de la même façon.

Les courbes peuvent être divisées en 3 périodes.

- Période 1: du mois 1 au mois 4: la consommation d'énergie de chauffage baisse fortement de 553.3kWh (TRNSYS) et 624.358 kWh (méthode degré-jour) pour atteindre la valeur 0. Les valeurs de l'énergie de chauffage sont élevées au mois 1 (Janvier) qui correspond à la saison d'hiver, où le besoin de chauffage est important. La demande de chauffage diminue à mesure que la température de l'air extérieur augmente.

- Période 2: du mois 4 au mois 10. Cette période correspond à la saison chaude, où le chauffage n'est pas nécessaire.

- Période 3: du mois 10 au Mois 12. Le chauffage augmente à mesure que la saison avance vers l'hiver. Le chauffage atteint 624.36kWh (degrés-jours) et 444.8kWh (TRNSYS) en Décembre.

On pourrait en conclure que ces courbes sont tout à fait logiques, car ils concordent avec les différentes saisons et de leurs besoins de chauffage.

Les résultats obtenus par la méthode des degrés-jours sont validés par le logiciel TRNSYS, car les résultats obtenus sont similaires et presque identiques.

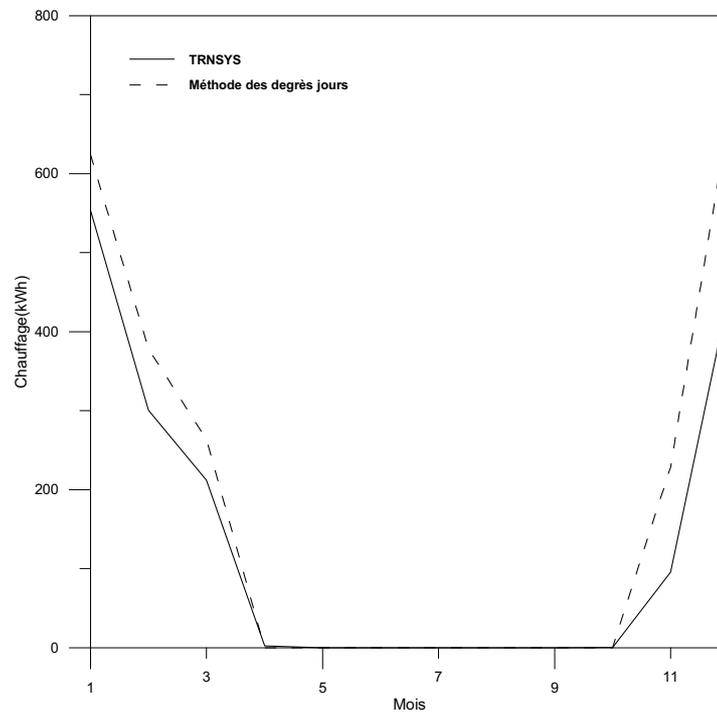


Figure 25. Confrontation des résultats degrés jours/TRNSYS :
Consommation énergétique de chauffage

V.2.2. Résultats correspondant au rafraîchissement

la figure (26) représente la consommation d'énergie pour le refroidissement pendant le mois de Juillet. Les valeurs maximales et minimales de l'énergie de rafraîchissement sont de 4,55 kW et 0,48 kW correspondant à des températures maximale et minimale de 38,62 ° C et 14,28 ° C respectivement.

- La figure (27) donne de plus près le profil horaire au cours d'une semaine entière. Le profil de consommation d'énergie est assez similaire au profil de température extérieure. Les pics de rafraîchissement correspondent clairement aux températures les plus élevées. Les valeurs de rafraîchissement s'étalent de 0,48 kW à 3,92 kW pour des températures extérieures allant de 14,29 à 29,51 ° C.

Figure (28), présente un profil beaucoup plus détaillé pour une période d'une journée.

En général, la courbe de rafraîchissement correspond au profil de température de l'air extérieur.

Comme pour le chauffage, les profils des courbes de rafraîchissement sont caractérisés par 3 phases.

- Phase 1: de 1 heure à 6 heures. Cette phase correspond à la 2^{ème} partie de la nuit, où la température descend de 19 ° C à 15,99 ° C. De toute évidence la nécessité de rafraîchissement diminue ainsi de 0,9 kW à 0,48 kW.

- Phase 2: de 6 heures à 18 heures. Elle correspond à la journée. Le besoin de rafraîchissement augmente de 0,48 kW correspondant à la température minimale de 15,99 ° C pour atteindre une valeur maximale de 2,57 kW lorsque la température extérieure est au maximum (28.41 ° C).

- Phase 3: de 18 heures à 24 heures. Elle représente la 1ère partie de la nuit. La température diminue de 28 ° C à 17 ° C, on observe une diminution de rafraichissement de 2,57 à 0,84 kW.

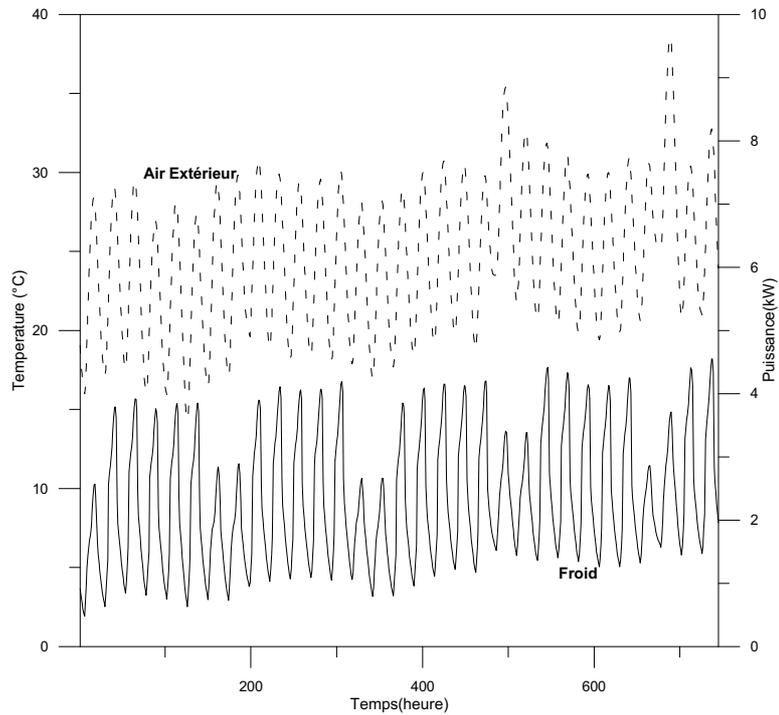


Figure 26. Evolution horaire de la demande de rafraichissement
Pendant le mois de juillet

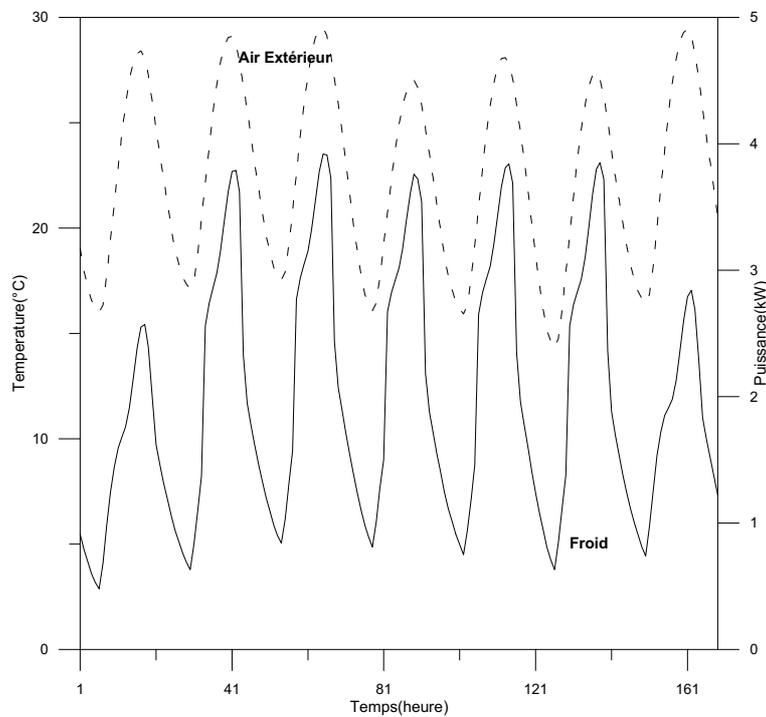


Figure 27. Evolution horaire de la demande de rafraichissement
Pendant une semaine du mois de juillet

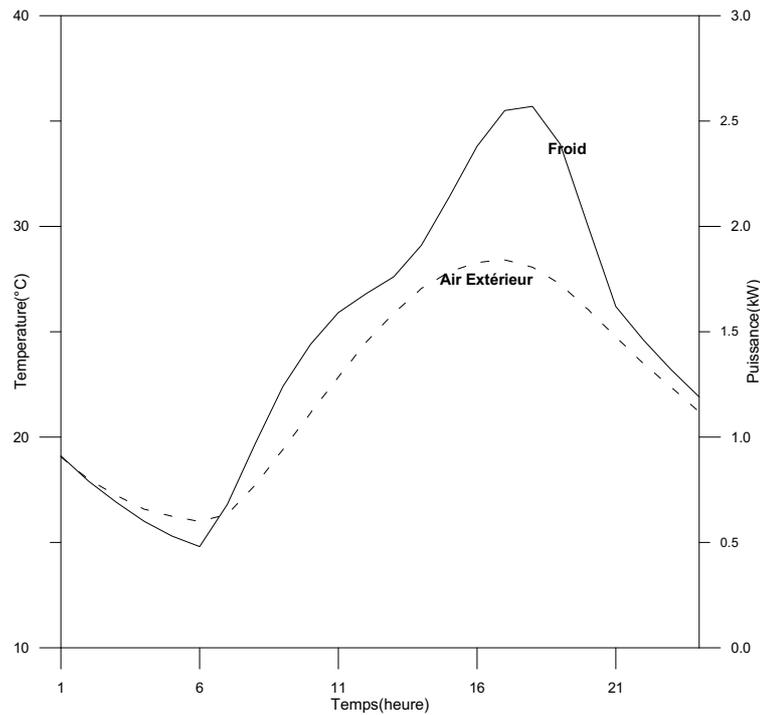


Figure 28. Evolution horaire de la demande de rafraîchissement
Pendant une journée du mois de juillet

Confrontation TRNSYS/Degrés jours

• La figure (29) montre les résultats obtenus en utilisant la méthode des degrés-jours et ceux obtenus avec TRNSYS sous les mêmes conditions au cours d'une période d'une année.

La période de rafraîchissement a été déterminée par la méthode degré jour. Cette période s'étend de Mai à Novembre. Les besoins en rafraîchissement à l'aide du logiciel TRNSYS ont été fixés pour cette période.

Les résultats sont cohérents et les courbes évoluent de la même façon.

Les courbes des deux méthodes sont caractérisées par deux phases, comme indiqué dans figure.30.

- La phase croissante: les courbes sont complètement confondues pour le 1^{er} mois de la période de refroidissement. Léger décalage est constaté à partir de 6^{ème} mois. Une valeur maximale de 1700 kWh est atteinte pour TRNSYS, tandis que pour la méthode degré-jour, le maximum atteint 1600 kWh.
- la phase décroissante: la diminution des besoins de rafraîchissement se produit simultanément au 8^{ème} mois pour atteindre zéro au cours du 11^{ème} mois pour les deux méthodes. Toutefois, une différence entre les deux courbes est clairement visible.

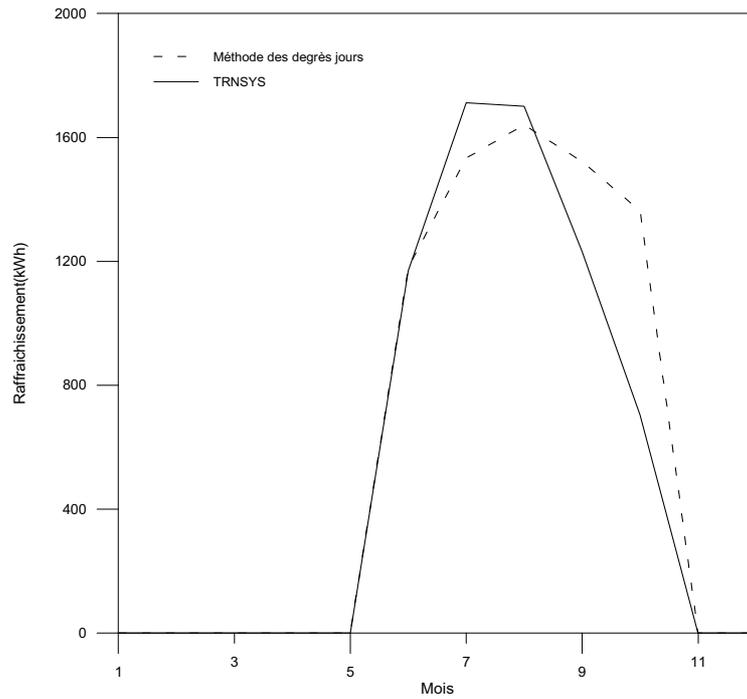


Figure 29. Confrontation des résultats degrés jours/TRNSYS :

Consommation énergétique de rafraîchissement

Figure (30) explique la différence par le fait que les gains solaires et internes sont surestimés dans la méthode des degré-jour et la différence est importante en été, surtout d'août à octobre.

Les gains internes et solaires simulés par TRNSYS varient entre 644kWh et 850 kWh.

Les gains internes et solaires utilisés dans méthode de degrés-jours varient entre 900 kWh et 1400 kWh.

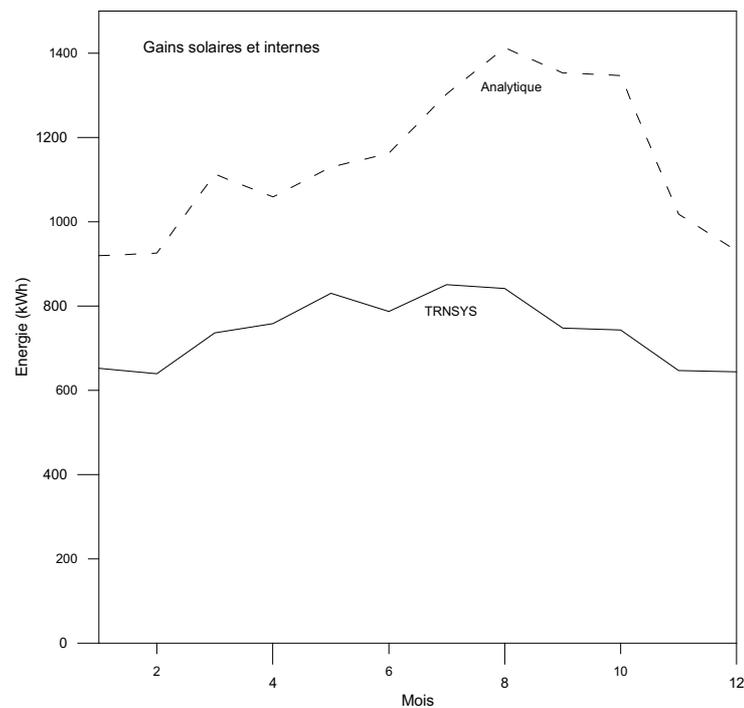


Figure 30. Evolution mensuelle des gains solaires et internes

Sur la base des résultats obtenus, on peut conclure que:

- Les résultats obtenus par TRNSYS et la méthode des degrés-jours sont assez similaires, et sont compatibles avec les besoins de chauffage et de refroidissement selon les saisons.
- TRNSYS donne des résultats plus précis, car le chauffage est activé lorsque la température descend en dessous de 21 ° C et la climatisation lorsque la température dépasse les 22 ° C.
- TRNSYS simule à la fois le comportement thermique et énergétique de l'habitation (horaire) et obéit à la demande énergétique.

Les deux méthodes sont intéressantes et utiles pour valider les calculs et estimations.

La méthode des degrés jours est mieux adaptée pour l'analyse énergétique mensuelle et annuelle.

- Le climat algérien (saison chaude plus longtemps que la saison froide), la consommation d'énergie de refroidissement est deux fois plus importante que la consommation d'énergie de chauffage.

La consommation d'énergie pour le chauffage atteint 670kWh, par contre pour le rafraichissement, il est kWh 1700.

- La méthode de degrés-jours est utile pour le dimensionnement des systèmes de chauffage et de climatisation.

V.2.3. Résultats correspondant à la production d'eau chaude sanitaire

La figure 31. Présente les résultats obtenus par la méthode analytique [75] et les résultats obtenus par simulation sous TRNSYS.

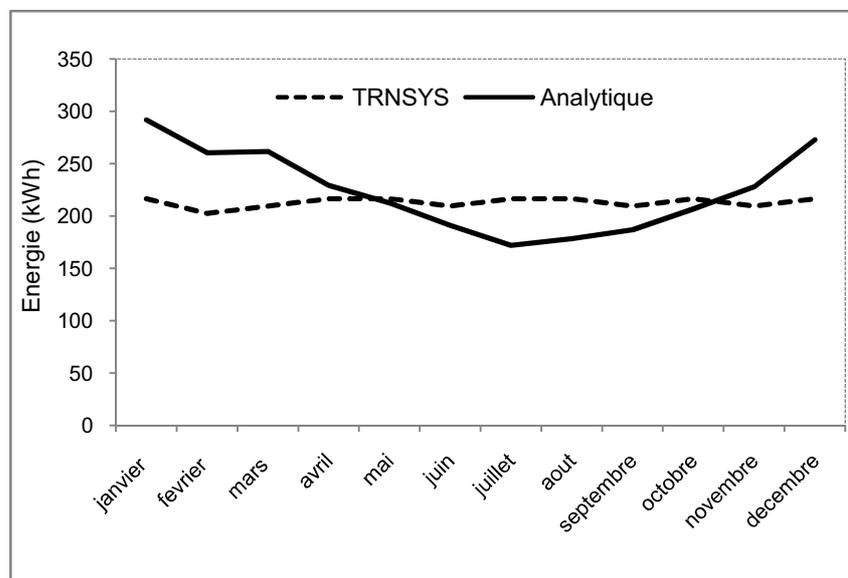


Figure 31. Demande en eau chaude sanitaire :
Confrontation des résultats analytique/TRNSYS

Dans la simulation studio, la surface de captation solaire pour couvrir la demande en eau chaude sanitaire est de 5m^2 , avec un rendement du capteur de 0,8. Pour un stockage de 200 litres, le coefficient des pertes thermiques de la cuve est de $2,5\text{ kJ/h m}^2\text{K}$, avec une température d'eau chaude de 45°C et d'eau froide de 15°C . Les deux courbes évoluent de la même façon et varient autour de 200 kWh par mois.

Les valeurs maximales sont atteintes au mois de janvier avec 216,47 kWh pour la méthode analytique et 291,7 kWh pour TRNSYS. Les valeurs minimales sont atteintes en période estivales spécialement en juillet avec 171,9 kWh pour la méthode analytique et 209,5 kWh pour TRNSYS, ce qui est logique.

CHAPITRE VI
CONCLUSION GENERALE ET
RECOMMANDATIONS

CONCLUSION GENERALE

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique [3].

Les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaires à la couverture de ses besoins propres lui permettent de rester serein pour quelques temps encore.

Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en terme de stratégie de valorisation de ces ressources pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ses ressources fossiles stratégiques.

Dans ce contexte, la loi algérienne sur la maîtrise de l'énergie [4] et les nouveaux textes réglementaires mis en place récemment [5-7] sont venus fixer le modèle de consommation énergétique national et définir le cadre général des différentes actions à mener pour parvenir le plus rapidement possible à une rationalisation de l'emploi des énergies disponibles et à une meilleure maîtrise de la consommation énergétique.

Outre la nécessaire diversification énergétique qui vise essentiellement une rapide intégration des énergies renouvelables (solaire photovoltaïque et thermique, éolienne, géothermique, biomasse) dont dispose en abondance l'Algérie, le développement des économies d'énergie est un axe très important de la démarche préconisée par cette loi.

Parmi les points importants à traiter dans cette démarche ;

- L'isolation des bâtiments,
- Comportement humains vis-à-vis du bâtiment,
- Utilisation des énergies renouvelables.

L'isolation thermique dans le bâtiment est un paramètre très important dans l'économie énergétique, vu que le bâtiment représente le quart des émissions de gaz à effet de serre. Une bonne isolation permet une économie d'énergie très appréciable [11]. L'épaisseur de l'isolant et sa position en amont ou en aval de la paroi changent le comportement thermique de l'habitat et des économies d'énergie sont estimés jusqu'à 10 ans [10].

Nous avons étudié un habitat construit de matériaux locaux, le site choisi est: *Alger* (Latitude 36,833 36° 49'N, Longitude 3 3° 0'E), les données climatiques du site (températures ambiante, éclairement solaire) pour trois années de suite sont utilisées dans l'étude. Des travaux similaires [89] ont été faite dans notre pays ouvrant dans ce sens, entre une maison existante à Tlemcen, en Algérie, construite avec des matériaux classiques (béton, briques...), et la même maison construite avec des matériaux écologiques (liège, chanvre, bois...), pour avoir une idée précise sur l'impact d'une telle maison sur l'environnement.

Dispositifs de conservation de l'énergie, chauffage solaire passif, la ventilation naturelle et protection solaire sont les principales stratégies de conception [14]. Economies d'énergie en chauffage pendant la saison d'hiver était d'environ 50%.

L'efficacité de protection solaire et les stratégies de ventilation nocturne capables de maintenir les températures de l'air intérieur dans une zone de confort acceptable et élimine la nécessité pour les installations de climatisation dans les bâtiments [15].

De nombreux programmes informatiques pour différents procédés de chauffage solaires ont été rapportés dans la littérature [48]. Pour un procédé particulier de chauffage solaire (ou unité) avec une configuration fixe, il est possible d'écrire un modèle mathématique décrivant le processus est sous la forme d'un programme d'ordinateur "ponctuelle". La structure de ces programmes est rigide, simple et facile. L'outil de calcul TRNSYS est adapté pour les procédés thermiques de chauffage, rafraichissement des bâtiments et pour l'eau chaude sanitaire. Cet outil a été utilisé dans nos calculs pour valider les résultats obtenus par la méthode des degrés jours pour le chauffage et le rafraichissement.

Une confrontation des résultats est faite sur les besoins énergétiques de chauffage d'eau chaude sanitaire et de rafraichissement.

Sur la base des résultats obtenus, on peut conclure que:

- Les résultats obtenus par TRNSYS et la méthode des degrés-jours sont assez similaires, et sont compatibles avec les besoins de chauffage et de refroidissement selon les saisons.
- TRNSYS donne des résultats plus précis, car le chauffage est activé lorsque la température descend en dessous de 21 ° C et la climatisation lorsque la température dépasse les 22 ° C.
- TRNSYS simule à la fois le comportement thermique et énergétique de l'habitation (horaire) et obéit à la demande énergétique.

Les deux méthodes sont intéressantes et utiles pour valider les calculs et estimations.

La méthode des degrés jours est mieux adaptée pour l'analyse énergétique mensuelle et annuelle.

- Le climat algérien (saison chaude plus longtemps que la saison froide), la consommation d'énergie de refroidissement est deux fois plus importante que la consommation d'énergie de chauffage.

La consommation d'énergie pour le chauffage atteint 670kWh, par contre pour le rafraichissement, il est kWh 1700.

En saison hivernale, les apports solaires diminuent la dépense énergétique de chauffage, par contre en saison estivale, les apports gratuits augmentent la charge énergétique de rafraichissement.

Des solutions existent pour atténuer la charge thermique, comme les protections solaires, une meilleure isolation du toit (ou alors installation du toit vert), vu que la plus grande part de charge thermique provient de cette paroi.

Les apports thermiques par la toiture sont étudiés dans [89], Les toits verts à l'origine des bâtiments ont été peints avec un revêtement blanc. Les réflectivités de toit originales étaient d'environ 26%, après l'application des revêtements de toiture, les réflectivités ont augmenté d'environ 72%. Dans les deux bâtiments, l'analyse de données horaires contrôlées ont montré des économies d'environ 0,5 kWh par jour (33 Wh/m²).

Les apports internes restent importants avec des valeurs de $A_i \approx 10 \text{ kWh/jour}$. Ces apports sont au minimum en février avec une valeur de 925,66 kWh et au maximum en août avec une valeur de 1412,69576 kWh. Le comportement de l'occupant est déterminant pour le bon fonctionnement du bâtiment bioclimatique [90]. Il est important que les occupants comprennent l'importance de leur rôle et apprennent comment vivre en symbiose avec leur environnement, au rythme des jours et des saisons.

RECOMMANDATIONS

En général, pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments et la réduction des émissions de gaz à effet de serre, un intérêt particulier doit être accordé aux points suivants:

- Réduire les apports solaires en été
- Assurer une bonne isolation
- Utilisation des énergies renouvelables

Cette étude porte sur une maison individuelle construite en utilisant des matériaux locaux. Quant aux recommandations, il serait très intéressant d'effectuer d'autres investigations dans les points suivants:

- Plusieurs types de bâtiment où les profils de consommation d'énergie sont différentes (hôtels, bureaux, hôpitaux, écoles ...)
- Utilisez d'autres matériaux dans la composition mur
- Effet des protections solaires sur la consommation d'énergie
- Refroidissement par ventilation naturelle
- Introduire l'aspect économique dans l'étude
- Utilisation d'un logiciel plus approprié pour une meilleure efficacité

La consommation d'énergie par type de bâtiment a été analysée pour des millions de constructions existantes et neuves puis extrapolée pour l'année 2050, en tenant compte de critères tels que le climat et les conceptions des bâtiments. Grâce à des simulations, les chercheurs ont été en mesure de montrer quelle est la réponse du marché face à diverses combinaisons d'options financières, techniques, comportementales et réglementaires, identifiant ainsi la combinaison optimale pour parvenir à une transformation de chaque marché examiné. Le rapport issu de ce projet formule six recommandations principales [1] :

- Renforcer la réglementation thermique et les labels afin de permettre une meilleure information,

- Inciter les investissements en efficacité énergétique,
- Encourager les approches globales et les innovations,
- Développer et utiliser des technologies de pointe qui pour faciliter les comportements économes en énergie,
- Développer une main d'œuvre pour les économies d'énergie,
- Mobiliser en faveur d'une culture consciente des enjeux énergétiques.

Démarches effectuées par l'Algérie

L'Algérie œuvre, comme c'est le cas d'autres pays du monde (l'Algérie a ratifié La Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en juin 1992[91]) dans l'efficacité énergétique et spécialement dans le bâtiment par des programmes (programme ECOBAT-PROGRAMME TRIENNAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE « 2011-2013 » Aprue) [92] Le programme porte sur la réalisation de 600 logements a haute performance énergétique à travers le pays.

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (EnR) et d'efficacité énergétique (Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, Ministère de l'Energie et des Mines, [93])

Perspectives

Traiter une nouvelle approche pour étudier les options d'énergie renouvelable pour les bâtiments pour les rendre plus efficaces [94], plus rentables, plus respectueux de l'environnement, et une technologie plus attrayante.

Système solaire thermique et photovoltaïque pour couvrir la totalité des besoins énergétiques de l'habitat.

Pour le rafraîchissement un système au froid solaire serait intéressant et compléterai l'autonomie de la maison solaire.

Des capteurs photovoltaïque/thermique intégrés dans le bâtiment pour couvrir les besoins en eau chaude/chauffage et électricité ont été expérimentés, leur efficacité peut atteindre 19% et 34% [95].

Un système solaire assisté par CVC à haut rendement énergétique du bâtiment a été étudié [96], dans cette étude, un système à absorption est utilisé pour le rafraîchissement.

La performance énergétique des bâtiments solaires a été démontrée dans plusieurs études [45]. Un niveau important d'économie d'énergie est atteint La comparaison de bâtiments solaires et conventionnels en termes de consommation d'autres énergies conventionnelles démontre l'ampleur d'un tel potentiel.

La performance des systèmes de chauffage et de refroidissement solaires assistés est analysée par simulation sous TRNSYS [56].

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Efficacité Energétique dans les Bâtiments, Transformer le Marché, World Business Council for Sustainable Development, rapport international du WBCSD 2009, URL : cdurable.info/Efficacite-Energetique-dans-les-Batiments-Rapport-International-WBCSD, 1698.html
- [2] Arif Hepbasli, « Low exergy (LowEx) heating and cooling systems for sustainable buildings and societies », *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 73– 104
- [3] M. Amirat , S.M.K. El Hassar « 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) 27 – 37.*
- [4] Journal Officiel de République Algérienne, ‘*Loi N°99-09 du 28 Juillet 1999 Relative à la Maîtrise de l’Energie*’, J.O.R.A., N°51, 2 Août 1999, Alger, Algérie.
- [5] Journal Officiel de République Algérienne, ‘*Décret exécutif N°2000-90 du 24 Avril 2000 Portant Réglementation Thermique dans les Bâtiments Neufs*’, J.O.R.A., N°25, 30 Avril 2000, Alger, Algérie.
- [6] Ministère de l’Habitat et de l’Urbanisme, Commission Technique Permanente, ‘*Réglementation Thermique des Bâtiments d’Habitation et Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques*’, Document Technique Réglementaire, CNERIB, Décembre 1997, Alger, Algérie.
- [7] Ministère de l’Habitat et de l’Urbanisme, Commission Technique Permanente, ‘*Règles de Calcul des Apports Calorifiques*’, Document Technique Réglementaire, CNERIB, Août 1998, Alger, Algérie
- [8] Suresh B. Sadineni*, Srikanth Madala, Robert F. Boehm, “Passive building energy savings: A review of building envelope components”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 3617–3631.
- [9] Stéphane THIERS, thèse de doctorat de l’école nationale supérieure des Mines de PARIS, soutenue novembre 2008.
- [10] Aynur Ucar, Figen Balo, « Determination of the energy savings and the optimum insulation thickness in the four different insulated exterior walls», *Renewable Energy* 35 (2010) 88–94
- [11] A Shariah, Brhan Tashtoush, A Rousan, “Cooling and heating loads in residential buildings in Jordan”, *Energy and Buildings* 26 (1997) 137-143
- [12] FAUCONNIER, R. (1992). L’action de l’humidité de l’air sur la santé dans les bâtiments tertiaires, *Revue Chauffage, Ventilation Conditionnement d’air*. Vol. 10. 1992 ; cité dans *Energy +. Architecture et Climat*. Cédérom. Disponible en ligne. URL : <http://energie.wallonie.be/energieplus/entree.htm>
- [13] Khaled IMESSAD, « caractérisation des sensations thermiques et de la reponse physiologique chez l’être humain, contribution a l’étude des indices de confort », thèse de doctorat soutenue à l’UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA (juin2011).
- [14] C. Filippin and A. Beascochea, “Energy-efficient housing for low-income students in a highly variable environment of central Argentina”, *Renewable Energy* 32 (2007) 1–20.

- [15] Th. Frank, « Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland », *Energy and Buildings* 37 (2005) 1175–1185.
- [16] R. Pacheco, J. Ordóñez, G. Martínez, Energy efficient design of building: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 3559– 3573.
- [17] M. Santamouris, C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou, A. Synnefa, A. Hatzibiros, P. Patargias, “Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece”, *Energy* 32 (2007) 1781–1788.
- [18] Jinghua Yu, Changzhi Yang, Liwei Tian, Dan Liao, « Evaluation on energy and thermal performance for residential envelopes in hot summer and cold winter zone of China », *Applied Energy* 86 (2009) 1970–1985.
- [19] Roberto Zanetti Freire, Walter Mazuroski, Marc Olivier Abadie, Nathan Mendes, “Capacitive effect on the heat transfer through building glazing systems”, *Applied Energy* 88 (2011) 4310–4319
- [20] Essia Znouda, Nadia Ghrab-Morcos, Atidel Hadj-Alouane, Optimization of Mediterranean building design using genetic algorithms, *Energy and Buildings* 39 (2007) 148–153.
- [21] Ibanez M, Lazaro A, Zalba B and Cabeza L F, “An approach to the simulation of PCMs in building applications using TRNSYS”, *Applied Thermal Engineering* 25 (2005) 1796–1807.
- [22] Nicola Cardinale, Gianluca Rospi, Alessandro Stazi, “Energy and microclimatic performance of restored hypogeous buildings in south Italy: The “Sassi” district of Matera”, *Building and Environment* 45 (2010) 94–106.
- [23] Marshall L. Sweet, James T. McLeskey Jr, “Numerical simulation of underground Seasonal Solar Thermal Energy Storage (SSTES) for a single family dwelling using TRNSYS”, *Solar Energy* 86 (2012) 289–300.
- [24] Sukran Dilmac, Abdurrahman Guner, Filiz Senkal, Semiha Kartal, « Simple method for calculation of heat loss through floor/beam-wall intersections according to ISO 9164” , *Energy Conversion and Management* 48 (2007) 826–835.
- [25] C. Hamouda et A. Malek, « Analyse théorique et expérimentale de la consommation d’énergie d’une habitation individuelle dans la ville de Batna », *Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°3 (2006) 211 – 228*.
- [26] J.-U. Sjögren, S. Andersson, T. Olofsson, «An approach to evaluate the energy performance of buildings based on incomplete monthly data » *Energy and Buildings* 39 (2007) 945–953.
- [27] Liu Yang, Joseph C.Lam, C.L.Tsang, « Energy performance of building envelopes in different climate zones in China », *Applied Energy* 85(2008) 800-817.
- [28] Orhan Büyükalaca, Hüsamettn Bulut, Tuncay Yılmaz, « [Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey](#) », *Applied Energy*, Volume 69, Issue 4, August 2001, Pages 269-283.
- [29] John J. Gelezenis, “A simplified quadratic expression for the approximate estimation of heating degree-days to any base temperature”, *Applied Energy* 86 (2009) 1986–1994.

- [30] Sarak H, Satman A, “The degree-day method to estimate the residential heating natural gas consumption in Turkey: a case study”, *Energy* 28 (2003) 929–939.
- [31] Dombaycı. O A, “Degree-days maps of Turkey for various base temperatures”, *Energy* 34 (2009) 1807–1812.
- [32] Papakostas K, Kyriakis N, “Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece », *Renewable Energy* 30 (2005) 1873–1880.
- [33] K. Papakostas, T. Mavromatis, N. Kyriakis, « Impact of the ambient temperature rise on the energy consumption for heating and cooling in residential buildings of Greece”, *Renewable Energy* 35 (2010) 1376–1379.
- [34] Monjur Mourshed, « The impact of the projected changes in temperature on heating and cooling requirements in buildings in Dhaka, Bangladesh», *Applied Energy* 88 (2011) 3737–3746.
- [35] Kharchi R, Benyoucef B and Belhamel M, « *Influence of passive solar gains on the energy consumption of a typical house in Algiers* » *Revue des Energies Renouvelables* Vol.14 N°3 (2011) 417 – 425.
- [36] Kharchi R, Benyoucef B, Bartosiewicz Y, Seynhave JM and Hemidi A, « The Effect of Solar Heating Gain on Energetic Thermal Consumption of Housing», *Procedia Engineering* 33 (2012) 485 – 491.
- [37] Kharchi R, Benyoucef B, Mokhtari F, Imessad K (2012) “Dynamic Simulation of both Thermal and Energetic Behavior for Dwellings Located in Algiers”, *Journal Earth Science Climate Change* 3:122. doi:10.4172/2157-7617.1000122
- [38] TRNSYS, a transient simulation program, version 16.1, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin—Madison, Madison, WI 53706, USA, 2004.
- [39] K.T. Papakostas *, A.K. Michopoulos, N.A. Kyriakis, “Equivalent full-load hours for estimating heating and cooling energy requirements in buildings: Greece case study”, *Applied Energy* 86 (2009) 757–761.
- [40] Merih Aydinalp , V. Ismet Ugursal , Alan S. Fung, “Modeling of the space and domestic hot-water heating energy-consumption in the residential sector using neural networks”, *Applied Energy* 79 (2004) 159–178.
- [41] Nurdil Eskin et Hamdi Türkmen, « Analysis of annual heating and cooling energy requirements for office buildings in different climates in Turkey”, *Energy and Buildings* 40 (2008) 763–773.
- [42] Daniela Popescu, Florina Ungureanu, Abel Hernandez-Guerrero, “Simulation models for the analysis of space heat consumption of buildings”, *Energy* 34 (2009) 1447–1453.
- [43] Abdullah Yildiz, Ali Güngör, « Energy and exergy analyses of space heating in building», *Applied Energy* 86(2009) 1939-1948.
- [44] Long Enshen, Xiao Yimin, « Identifications: the relative increase rates of cooling or heating energy consumption are approximate in different cities with the same increase of ventilation rate », *Building and Environment* 40 (2005) 497–505.

- [45] C. Filippin, S. Flores Larsen and M. Canori, « Energy consumption of bioclimatic buildings in Argentina during the period 2001–2008 », *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (2010) 1216–1228.
- [46] Gülten Manioglu and Zerrin Yılmaz, “Economic evaluation of the building envelope and operation period of heating system in terms of thermal comfort”, *Energy and Buildings* 38 (2006) 266–272.
- [47] S.S. Chandel, R.K. Aggarwal, “Performance evaluation of a passive solar building in Western Himalayas”, *Renewable Energy* 33 (2008) 2166–2173.
- [48] A.S. Nafey, « Simulation of solar heating systems—an overview», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 9 (2005) 576–591.
- [49] Tiago Mateus, Armando C.Oliveira, « Energy and economic analysis of an integrated solar absorption cooling and heating system in different building types and climates», *Applied Energy* 86 (2009) 949–957.
- [50] Francesco Calise, High temperature solar heating and cooling systems for different Mediterranean climates: Dynamic simulation and economic assessment, *Applied Thermal Engineering* 32 (2012)108-124.
- [51] Wang Jiang-Jiang, Zhang Chun-Fa, Jing You-Yin, “Multi-criteria analysis of combined cooling, heating and power systems in different climate zones in China”, *Applied Energy* 87 (2010) 1247–1259.
- [52] 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) 985–993.
- [53] P.D. Lund, « Sizing and applicability considerations of solar combisystems”, *Solar Energy* 78 (2005) 59–71.
- [54] J Benoni Arruda Lima, R T.A. Prado, V M Taborianski, “Optimization of tank and flat-plate collector of solar water heating system for single-family households to assure economic efficiency through the TRNSYS program », *Renewable Energy* 31 (2006) 1581–1595
- [55] Patxi Hernandez, Paul Kenny, “Net energy analysis of domestic solar water heating installations in operation”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 170– 177
- [56] F. Calise, A. Palombo and 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) 524–540.
- [57] Ursula Eicker, “Cooling strategies, summer comfort and energy performance of a rehabilitated passive standard office building”, *Applied Energy* 87 (2010) 2031–2039.

- [58] Oguz Bozkır, Suat Canbazoglu, « Unsteady thermal performance analysis of a room with serial and parallel duct radiant floor heating system using hot airflow» *Energy and Buildings* 2004; 36: 579–586.
- [59] Xing Jin, Xiaosong Zhang, Yajun Luo, « A calculation method for the floor surface temperature in radiant floor system» *Energy and Buildings* 2010; 42: 1753–1758.
- [60] Francesco Causone, Fabio Baldin, Bjarne W. Olesen, Stefano P. Corgnati, « Floor heating and cooling combined with displacement ventilation: Possibilities and limitations », *Energy and Buildings* 2010; 42: 2338–2352.
- [61] Mokhtari fatiha, « Etude d'une boucle régulée capteur-plancher solaire », Magister en Energétique 2005, université de Blida.
- [62] Ala Hasan, Jarek Kurnitski, Kai Jokiranta , A combined low temperature water heating system consisting of radiators and floor heating, *Energy and Buildings* 41 (2009) 470–479.
- [63] J. Miriel, L. Serres and A. Trombe, Radiant ceiling panel heating–cooling systems: experimental and simulated study of the performances, thermal comfort and energy consumptions, *Applied Thermal Engineering* 22 (2002) 1861–1873.
- [64] S.-H. Cho, M. Zaheer-uddin, “An experimental study of multiple parameter switching control for radiant floor heating systems “, *Energy* 24 (1999) 433–444.
- [65] Xu Xu, Steven Van Dessel, “Evaluation of an Active Building Envelope window-system”, *Building and Environment* 43 (2008) 1785–1791.
- [66] Yuxiang Chen , A.K. Athienitis, Khaled Galal, “Modeling, design and thermal performance of a BIPV/T system thermally coupled with a ventilated concrete slab in a low energy solar house: Part 1, BIPV/T system and house energy concept”, [Solar Energy, Volume 84, Issue 11](#), November 2010, Pages 1892–1907.
- [67] YuXiang Chen, A. K. Athienitis, B. Berneche, Y. Poissant, K. E. Galal, « DESIGN AND SIMULATION OF A BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICTHERMAL SYSTEM AND THERMAL STORAGE FOR A SOLAR HOUSE”, 2nd Canadian Solar Buildings Conference Calgary, June 10 – 14, 2007.
- [68] [YuXiang Chen](#), [A. K. Athienitis](#), [K. E. Galal](#), [Y. Poissant](#), “Design and Simulation for a Solar House with Building Integrated Photovoltaic-Thermal System and Thermal Storage”, [Proceedings of ISES World Congress 2007 \(Vol. I – Vol. V\)](#), 2009, pp 327-331.
- [69] ENERGY EFFICIENCY IN THE CONSTRUCTION SECTOR IN THE MEDITERRANEAN, “Design and construction of a rural prototype house with energy efficiency” , Projet pilote MED-ENEC de Souïdania CDER-CNERIB.
- [70] <http://www.isover.be/isolation/reglementation-EPB.html>
- [71] METEONORM Version 6.01.2.

- [72] ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), CHAPTER 31, ENERGY ESTIMATING AND MODELING METHODS 2001.
- [73] Kusuda T, Alereza T, Hovander L. Development of equipment seasonal performance models for simplified energy analysis methods. ASHRAE Transactions 1982;88 :249–62.
- [74] A. Dalla Rosa , H. Li, S. Svendsen, Method for optimal design of pipes for low-energy district heating, with focus on heat losses, Energy Volume 36, Issue 5, May 2011, Pages 2407-2418.
- [75] William A.BECKMAN, SANFORD A.KLEIN & JOHN A.DUFFIE « SOLAR HEATING DESIGN, by the f-chart Method », wiley-interscience publication.
- [76] Jaques BERNARD, « Energie solaire, calculs et optimisation », éditions Ellipses 2004.
- [77]Philippe CASSAGNE, Sylvain Gicque, « Déperditions thermiques et besoins de chauffage d'un logement », B2 210-5-10.
- [78] Les règles Th-BV [règles de calcul de coefficient de besoins de chauffage de logements, CSTB, juil-aout 1988],
- [79] A.De Herde, la performance énergétique dans la construction et la rénovation, 2^{ème} Rencontre de l'Energie, Bruxelles 2007.
- [80] PVGIS Solar Irradiation Data) : <http://iamest.jrc.it/pvgis/apps/radmonth.php?europe=>
- [81] JM SEYNHAVE, cours de transfert de chaleur, unité TERM, université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique.
- [82] Annexe 1 de l'Arrêté du Gouvernement wallon déterminant la méthode de calcul et les exigences, les agréments et les sanctions applicables en matière de performance énergétique et de climat intérieur des bâtiments.
- [83] Solar thermal technologies for buildings, the state of art, Editor M.Santamouris 2003.
- [84] Annexe 6b : Calcul des besoins de chauffage, Règles Th-C, chapitre II, 6. Besoins de chauffage de chaque zone.
- [85] <http://www.cogesol.be/usr/documentation/CAPTEURS%20SOLAIRE%20THERMIQUE.pdf>
- [86] John A.Duffie and William A.Beckman, solar engineering of thermal processes, 2ed edition; p250-275.
- [87] TRNSYS, a transient simulation program, version 16.1, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin—Madison, Madison, WI 53706, USA, 2004.
- [88] M.A. Boukli Hacène, 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) 545 – 559.*
- [89] H. Akbari, « Measured energy savings from the application of reflective roofs in two small non-residential buildings », Energy 28 (2003) 953–967.
- [90] E. Gratia et A De Herde, “Design of low energy office buildings”, Energy and Buildings 35 (2003), 473-491.

- [91] http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php
- [92] <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-bat.html>
- [93] http://www.mem-algeria.org/francais/uploads/enr/Programme_ENR_et_efficacite_energetique_fr.pdf
- [94] Behnaz Rezaie, Ebrahim Esmailzadeh, Ibrahim Dincer, “Renewable Energy Options for Buildings: Case Studies”, *Energy and Buildings*, *Volume 43, Issue 1*, January 2011, Pages 56–65
- [95] Charles D. Corbin, Zhiqiang John Zhai, « Experimental and numerical investigation on thermal and electrical performance of a building integrated photovoltaic–thermal collector system, *Energy and Buildings* 42 (2010) 76–82.
- [96] A Mammolia, P Vorobieffa, H Barsuna, R Burnettb and D Fishera, “Energetic, economic and environmental performance of a solar-thermal-assisted HVAC system », *Energy and Buildings* 42 (2010) 1524–1535.
- [97] R.KHARCHI et B.BENYOUCEF, « Analyse des besoins énergétiques en chauffage et en rafraîchissement : Cas de trois sites d’Algérie », 15^{èmes} Journées Internationales de Thermique, 24,25 et 26 septembre 2011, Tlemcen, Algérie.
- [98] Efficacité énergétique du bâtiment: Capacity Building dans le domaine de l’efficacité énergétique de l’enveloppe du bâtiment dans la région du Maghreb, Planification et réalisation d’une formation «Concepts fondamentaux de l’efficacité énergétique dans le bâtiment» - Algérie. Formation dirigée par Projektmanagement / Project Management, Akademie für Internationale Zusammenarbeit (AIZ), Human Capacity Development for Vocational Education and Training (Mannheim), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- [99] Fraunhofer IBP: URL: www.das-energieportal.de/energieberatung/din-v-18599.

ANNEXES

Annexe .1.

Température de base (balance point temperature)

La température d'équilibre ou température de base est définie comme étant la température à laquelle les gains thermiques gratuits sont égales aux déperditions thermiques du local étudié pour une température intérieure choisie ; l'égalité des équations (IV.3) et (IV.11), en calculant pendant la période de chauffage uniquement.

$$Q_{D,C} = 24 \times [(U \times A) + (c_p \times \beta \times V)] \times DJc \dots (Wh) \quad (IV.11)$$

$$Q_{cons} = \frac{K_{tot}}{\eta_h} [T_{base} - T_{ext}(\theta)]^+ \quad (IV.3)$$

MOIS	Q _{D,C} (kWh)	T _{ext} 2008	T _{base}
Janvier	1300,86	10,9032258	18,0240854
Février	957,3147	12,4172414	18,0189471
Mars	857,385	13,3225806	18,0158745
Avril	396,171	16,06	18,3009129
Mai	30,7476	18,7870968	18,955408
Juin	0	22,3466667	22,3466667
Juillet	0	26,1806452	26,1806452
Août	0	26,1129032	26,1129032
Septembre	0	24,0966667	24,0966667
Octobre	13,5999	20,0225806	20,097026
Novembre	762,1857	13,85	18,1612489
Décembre	1355,2596	10,6064516	18,0250926
			18,44982444

Tableau .1. Calcul de la température de base pour l'année 2008

Annexe .2. Bilan énergétique du bâtiment

En utilisant la feuille de calcul *NBN B62-301*, on trouve un coefficient moyen de déperdition thermique de la maison $k_s(U) = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$, le volume protégé de la maison est $V = 313 \text{ m}^3$, A (surface de déperdition du bâtiment) est égale à $325,5 \text{ m}^2$, V (volume d'air inclus dans le local) égal à 313 m^3 , compacité de la maison $V/A_t = 0,96 \approx 1$, β est pris égal à 1 .

Le niveau d'isolation thermique globale de la maison *K43* (voir tab.2.).

Pour la feuille de calcul *NBN B62-301*

$a_j = 0,33$ (estimé par rapport à la conduction de la terre)

Température extérieure de base (min Température 3 jours hiver)

Température extérieure moyenne (température moyenne de l'hiver)

Les températures sont données sur le site de l'organisation météorologique mondiale :

(www.worldweather.com).

Nous avons fait notre propre feuille de calcul Excel pour le calcul de k (tableau 1.), on trouve $k_s = 0,4274 \text{ W/m}^2\text{K}$, ce qui correspond à la feuille de calcul *NBN B62-301* (tab3.).

Calcul du niveau d'isolation thermique globale "K" d'un bâtiment (suivant NBN B 62-301)								
coordonnées du site :Latitude 36,833 36° 49'N Longitude 3 3° 0'E								
Détails des parois								
	épaisseur(m)	k(W/m°C)	Rth(m²°C/kj(W/m²°C)		A _j (m²)	k _j A _j (W/°C)	a _j	Σ a _j .k _j .A _j (W/K)
Mur extérieur								
brique8trous	0,15		0,7					
lame d'air ventilée	0,05		0,085		105,88			
brique8trous	0,1		0,7					
platre	0,01	0,52	0,0192					
mortier de ciment	0,04	1,4	0,0288					
ri+re			0,17					
			1,7028	0,58727		62,051	1	62,05088
Mur intérieur								
brique8trous	0,15		0,7					
			0,7	1,42857				
Plancher haut								
bitume	0,02	0,042	0,4762					
polystyrène	0,1	0,04	2,5		100,94			
béton hourdis allégé	0,12		0,11					
plâtre	0,01	0,52	0,0192					
ri			0,09					
			3,1954	0,31295		31,589	1	31,58895
Plancher bas								
béton	0,1	1,75	0,0571					
polystyrène	0,08	0,04	1,5		100,94			
béton	0,15	1,75	0,0857					
mortier	0,03	0,1	0,3					
carrelage	0,02		0,0017					
ri			0,17					
			2,1146	0,47291		47,736	0,33	15,7528
Fenêtres, portes fenêtres								
	double vitrage		1,5		15,24	22,86	1	22,86
Portes extérieures								
	bois		2,5		2,75	6,875	1	6,875
				ΣA _j =	325,53		Σ a _j .k _j A _j	139,1274
Déperd Therm de la surface d'échang	Σ a _j k _j A _j +Σ k _l L	139,13	W/°C					
Coef moy de transf therm	k _s	0,4274	W/m²°C					
Volume protégé du batit	V=	312,91	m³					
Compacité volumiq du batit	V/A _t =	0,9612	m					
Niveau d'isolation thermique	SI V/A _t ≤ 1 : k _s x 10	42,739						
	SI 1 < V/A _t < 4 : k _s x 300 = K							
	SI V/A _t > 4 : k _s x 50 = K							

Tableau .2. Feuille de calcul Excel : Calcul des résistances thermiques des parois et le coefficient moyen de déperdition thermique

1° Calcul du niveau d'isolation thermique globale "K" d'un bâtiment
(suivant NBN B 62-301)

Références du bâtiment	Maître d'ouvrage/Architecte/Auteur du projet	N° de dossier :
maison individuelle		Date : 27/03/2008

Parois de la superfielle de déperdition thermique	k_j [W/(m².K)]	A_j [m²]	$k_j \cdot A_j$ [W/K]	$\Sigma k_j \cdot A_j$ [W/K]	a_j	$\Sigma a_j \cdot k_j \cdot A_j$ [W/K]
1. Fenêtres, tabatières, coupoles et autres parois translucides (k_{max} 3,5 en RW, 2,5 en RBC)	1,60	16,24	22,9	22,9	1	22,9
2. Portes extérieures (k_{max} 3,5 en RW, 2,5 en RBC)	2,60	2,76	8,9	8,9	1	8,9
3. Murs extérieurs, façades (k_{max} 0,6)	0,68	106,88	82,0	82,0	1	82,0
4. Toitures (planes, inclinées, ...) ou plafonds supérieurs en-dessous des espaces non-protégés (k_{max} 0,4)	0,32	100,84	32,6	32,6	1	32,6
5. Planchers au-dessus de l'ambiance extérieure (k_{max} 0,6)			0,0	0,0	1	0,0
6. Planchers au-dessus d'espaces voisins non à l'abri du gel (vide sanitaire) (k_{max} 0,6)			0,0	0,0	1	0,0
7. Planchers au-dessus d'espaces voisins à l'abri du gel (caves) (k_{max} 0,9)			0,0	0,0	0,67	0,0
8. Planchers sur le sol (k_{max} 1,2)	0,61	100,84	61,9	61,9	0,33	17,3
9. Murs extérieurs en contact avec le sol (murs enterrés) (k_{max} 0,9)			0,0	0,0	0,67	0,0
10. Parois intérieures en contact avec des espaces voisins non à l'abri du gel (k_{max} 0,6)			0,0	0,0	1	0,0
11. Parois intérieures en contact avec des espaces voisins à l'abri du gel (k_{max} 0,9)			0,0	0,0	0,67	0,0
12. TOTAUX (superfielle de déperdition)	$A_k = \Sigma A_j =$	326,6			$\Sigma a_j \cdot k_j \cdot A_j =$	141,8

PONTs THERMIQUES		k_l [W/(m.K)]	l_j [m]	$k_l \cdot l_j$ [W/K]	$\Sigma k_l \cdot l_j$ [W/K]
13.	Suivant les définitions de la NBN 62-002			0,0	0,0

14.	DEPERDITION THERMIQUE DE LA SUPERFICIE DE DEPERDITION	$\Sigma a_j \cdot k_j \cdot A_j + \Sigma k_l \cdot l_j =$	141,8	W/K
15.	COEFFICIENT MOYEN DE TRANSMISSION THERMIQUE	$k_s =$	0,4	W/m².K
16.	VOLUME PROTEGE DU BATIMENT	$V =$	313	m³
17.	COMPACTITE VOLUMIQUE DU BATIMENT	$V/A_t =$	1,0	m
18.	NIVEAU D'ISOLATION THERMIQUE GLOBALE DU BATIMENT	Si $V/A_t \leq 1 : k_s \times 100 = K...$	43	
		Si $1 \leq V/A_t \leq 4 : k_s \times 300/(V/A_t + 2) = K...$		
		Si $V/A_t \geq 4 : k_s \times 60 = K...$		

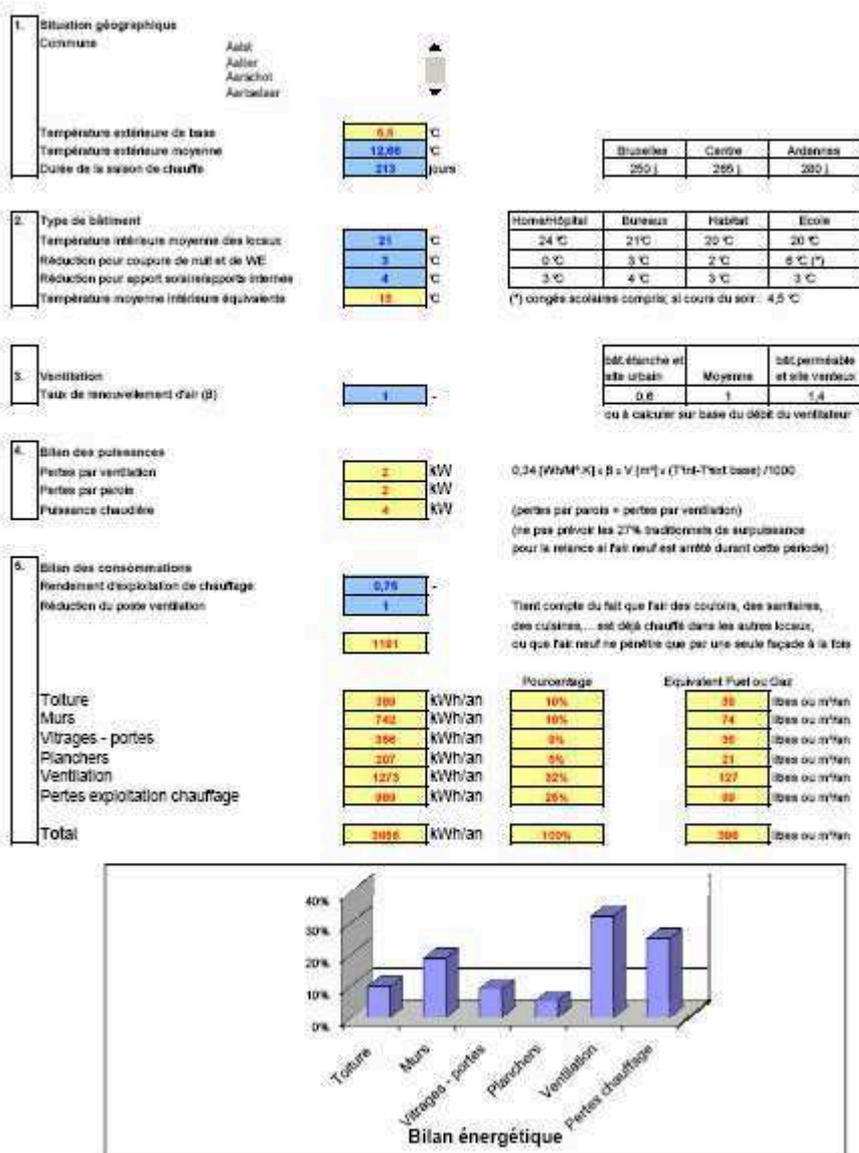
2° Bilan énergétique du bâtiment (en 1^{ère} approximation - bâtiment non climatisé)

Tableau .3.calcul des déperditions thermiques de l'habitat (NBN B 62-301)

Selon la feuille de calcul Excel **NBN B 62-301**, on trouve

Bilan des consommations (voir tab.3).

Rendement d'exploitation de chauffage=0,75

Réduction du poste ventilation=1

Déperditions par la toiture = 389 kWh/an ce qui fait 10%

Déperditions par les murs = 742 kWh/an ce qui fait 19%

Déperditions par les vitrages et portes = 356 kWh/an ce qui fait 9 %

Déperditions par les planchers = 190 kWh/an ce qui fait 5 %

Déperditions par ventilation = 1273 kWh/an ce qui fait 32 %

Pertes exploitation chauffage = 983 kWh/an ce qui fait 25 %

La puissance thermique à installer ou charge de chauffage $Q_n = 3933$ kWh/an ce qui équivaut à 393 litres de fuel ou gaz par an.

La puissance de la chaudière à installer est de **4 kW**

Dans la feuille de calcul ($T_{base} = 15^\circ\text{C}$, apports solaires 3°C), pour que ça coïncide avec nos résultats, on prend $T_{base} 18^\circ\text{C}$ et apports solaires nuls et on les calcule à part.

Dans ce cas (pour $T_{base} 18^\circ\text{C}$ et apports solaires nuls), Selon **NBN B 62-301**, on trouve

Bilan des consommations :

Déperditions par la toiture = 887 kWh/an ce qui fait 10%

Déperditions par les murs = 1694 kWh/an ce qui fait 19%

Déperditions par les vitrages et portes = 812 kWh/an ce qui fait 9 %

Déperditions par les planchers = 472 kWh/an ce qui fait 5 %

Déperditions par ventilation = 2904 kWh/an ce qui fait 32 %

Pertes exploitation chauffage = 2256 kWh/an ce qui fait 25 %

La puissance thermique à installer ou charge de chauffage $Q_n = 9026$ kWh/an ce qui équivaut à 903 litres de fuel ou gaz par an. La puissance de la chaudière à installer est de **4 kW**.

Les déperditions (kWh)	NBN B 62-301	Méthode des Degrés Jours
Par transmission surfaciques	1693	1566,99
Par ventilation	1273	1191,48

Tableau.4. Comparaison des déperditions par transmissions surfaciques et par ventilation selon les deux méthodes

Calcul de la surface transparente sud équivalente :

Parois	A(m²)	F_{ts}	F_e	C₁	S_{SE}(m²)
Parois vitrées Sud	4,536	0,6	1	1	2,7216
Parois vitrées Est et Ouest	7,428	0,6	1	0,55	2,45124
Parois vitrées Nord	3,28	0,6	1	0,2	0,3936
Parois opaques (valeur forfaitaire)					0,7
Surface transparente sud équivalente					6,26644

Tableau .5. Calcul de la surface transparente sud équivalente S_{SE}

Annexe .3.

I. Simulation thermique à travers les parois selon Dämmwerk

Dämmwerk est un logiciel basé sur la norme DIN V 18599 et sur EnEV 2009 pour le calcul des besoins d'énergie de chauffage et de climatisation pour les différentes parties du bâtiment.

DIN V 18599 pour la notation énergétique des bâtiments

La série de normes DIN 18599 a été élaborée par un comité de travail conjoint des comités de normes DIN construction (NABau), chauffage et climatisation Ingénierie (SNRS) et l'éclairage (FNL). Les calculs permettent l'évaluation de toutes les quantités d'énergie destinée au chauffage, le chauffage de l'eau, de ventilation et de climatisation et l'éclairage des bâtiments. Tenant compte de la série standard, l'influence mutuelle des flux d'énergie et les conséquences résultant de planification. En plus de la méthode de calcul sont aussi des conditions aux limites liées à l'utilisation pour une évaluation neutre pour déterminer les besoins en énergie spécifiés (indépendamment du comportement des utilisateurs individuels et les données climatiques locales). La série standard est adapté à-mesure de déterminer les besoins énergétiques à long terme pour les bâtiments ou parties de bâtiments et d'évaluer les capacités des énergies renouvelables pour les bâtiments [99].

Dämmwerk est utilisé pour la simulation thermique à travers les parois de l'enveloppe du bâti,

1. Le mur extérieur

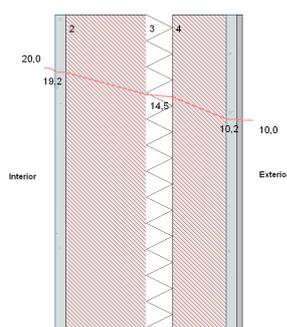


Figure 32. Évolution de la température dans la paroi extérieure de la maison étudiée

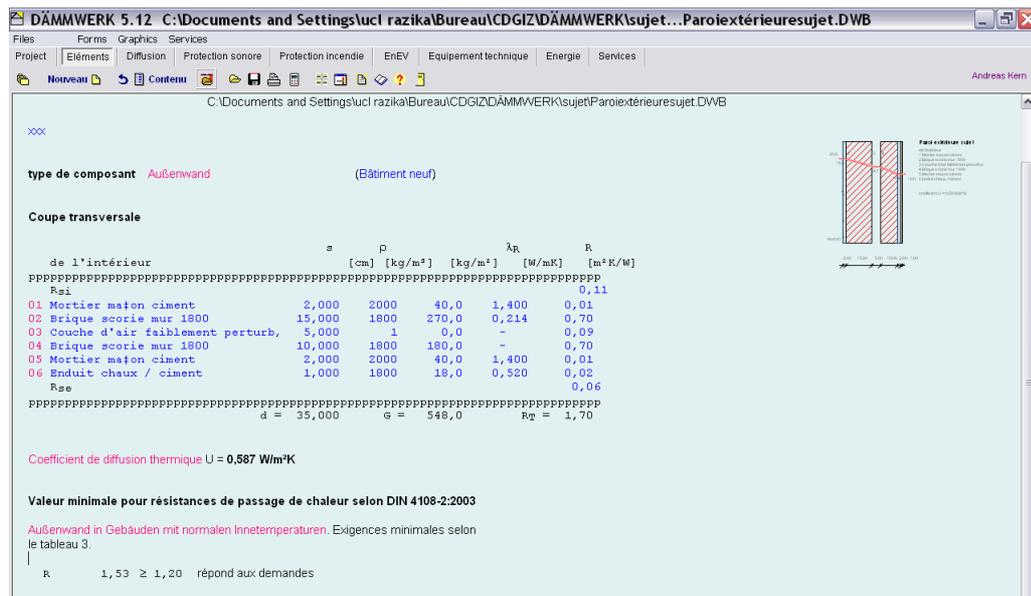


Figure 33. Simulation thermique à travers le mur extérieur selon Dämmwerk

2. Le toit

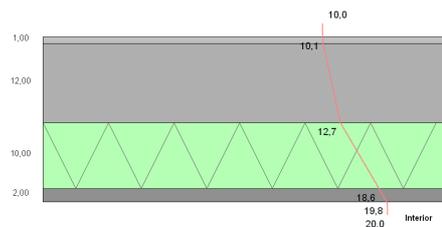


Figure 34. Évolution de la température dans le toit

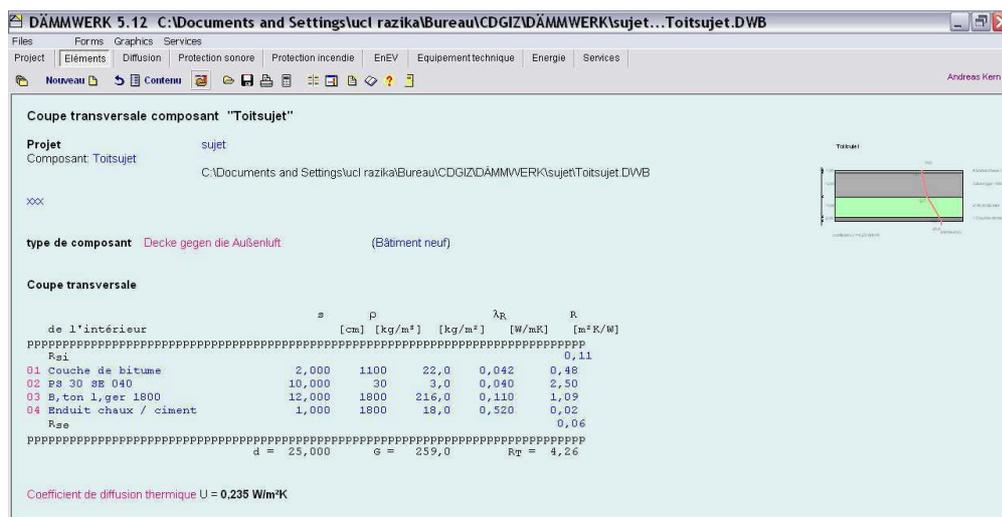


Figure 35. Simulation thermique à travers le toit selon Dämmwerk

3. Le plancher bas



Figure 36. Évolution de la température dans le plancher bas de la maison étudiée

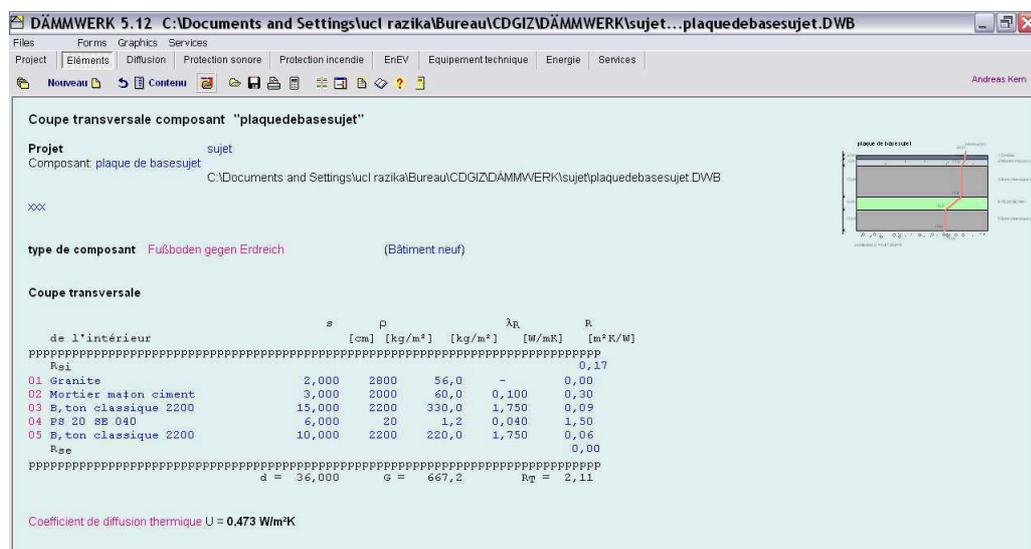


Figure 37. Simulation thermique à travers le plancher bas de l'enveloppe selon Dämmwerk

U-Value (W/m ² .K)					Country
Doors	Glazing (double)	Glazing (single)	Roofs	Walls	
-	(20%)	-	0,75	0,741	Saudi Arabia
7.0-3.5	3.5-2.3	6.7-3.8	2.7-1.0	2.7-1.8	Jordan
-	4.3-2.8	4.3	0.49-0.37	0.49-0.338	Lebanon
7.0-3.5	منطق جبيلة 2.3-3.5	3.8-6.7	0.71-0.5	منطق جبيلة 1.763-0.691	Egypt
-	-	2.1-3.28	0.44	0.57	Dubai

Tableau 6. Résumé des normes arabes sur les limites de U-Value [98]

Ligne	Type de bâtiment	Valeur maximale de la déperdition spécifique de transmission thermique	
1	Maison Individuelle	with $A_N \leq 350\text{m}^2$	$H'_T = 0.40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
		with $A_N > 350\text{m}^2$	$H'_T = 0.50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2	Moitié de maison jumelle	$H'_T = 0.45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
3	Tout autre type de bâtiment résidentiel	$H'_T = 0.65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	
4	Extension des bâtiments résidentiels conformément à la section 9, paragraphe 5	$H'_T = 0.65 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	

Tableau 7. Normes allemandes selon EnEV 2009 sur base de calcul (DIN V 18599) [98]

- Calcul de la résistance thermique des murs extérieurs de la maison étudiée selon Dämwerk
On retrouve $R_{ME}=0,590 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, avec : $R_i=0,12 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ et $R_e=0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.
Selon les DTR, $R_i=0,11 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ et $R_e=0,06 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, On trouve $R_{ME}=0,587 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. selon DIN 4108-2 :2003, $R>1,20$ répond aux demandes.

- Calcul de la résistance thermique du toit de la maison étudiée selon Dämwerk
Avec $R_i=0,12 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ et $R_e=0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, On retrouve $R_{PH}=0,237 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Mais avec $R_i=0,12 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ et $R_e=0,04\text{m}^2\text{K}/\text{W}$, on trouve $R_{PH}=0,235 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
DTR: $R_i=0,11\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ et $R_e=0,06 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, on trouve $R_{PH}=0,235 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

- Calcul de la résistance thermique du plancher bas de la maison étudiée selon Dämwerk
On retrouve $R_{PB}=0,473 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
DTR : $R_i=0,17\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ et $R_e=0,05 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, $R_{PB}=0,462\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Si on compare les résultats obtenus aux normes internationales, nous avons :

$R_{ME}=0,587 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ et $R_{PH}=0,235 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, obéissent aux normes fixées par les pays arabes.

Comparé aux normes allemandes, le coefficient moyen de déperdition thermique par transmission surfacique de la maison H_T ou $k_s= 0,43 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, cette valeur est conforme aux limites fixées par le code Allemand de l'efficacité énergétique du bâtiment EnEV 2009.

II. La simulation thermique à travers les ponts thermiques

La simulation thermique à travers les ponts thermiques est effectuée en utilisant le logiciel Heat2 - **Heat transfer in two dimensions (HEAT2 version 8.03)**.

HEAT2 est un programme PC pour les deux dimensions de transfert thermique transitoire et stationnaire. Le programme est long à la HEAT3 version tridimensionnelle utilisée par plus de 1000 consultants et de 100 universités et instituts de recherche dans le monde entier. Le programme est validé par rapport à la norme EN ISO 10211 et EN ISO 10077-2.

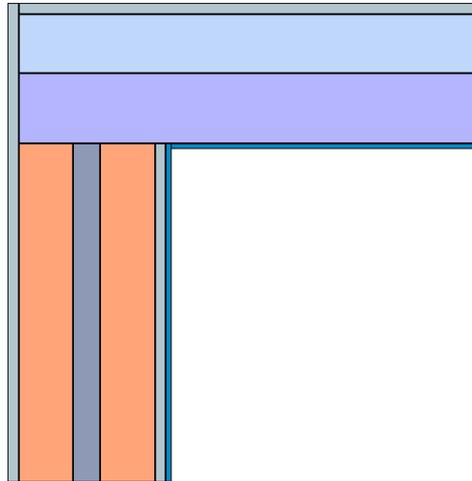


Figure 38. Schéma représentant la jonction toit/mur extérieur

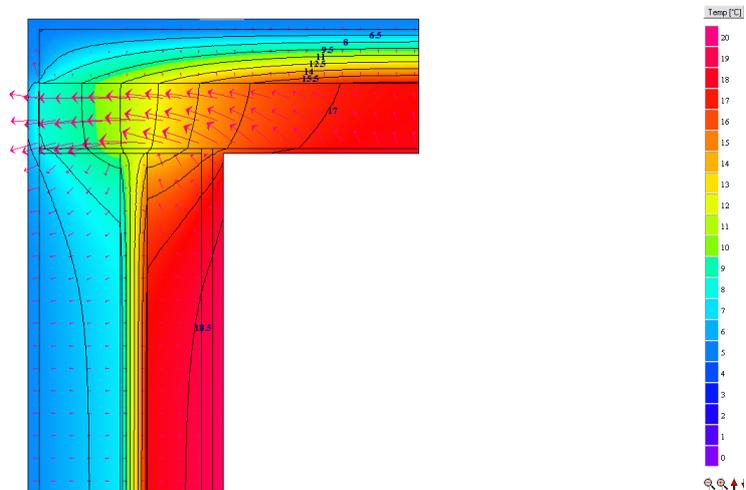


Figure 39. Simulation selon Heat 2 : isothermes et distribution du flux de chaleur à travers la jonction toit/mur extérieur

D'après notre simulation sur HEAT2, on voit que les jonctions mur/toiture sont bien isolées, les schémas montrent que la distribution de la température et du flux sont intéressants :

THERMAL BRIDGES ACCORDING TO EN ISO 10211:

Thermal coupling coefficient:

$L^2D=q_{in}/dT=7.8916/11=0.7174 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ Max error between exact and calculated one-dimensional U-values at cut-off planes is 0.8468%.

$L(i)=1+0.65=1.65 \text{ m}$ gives thermal transmittance coefficient:

$$\Psi(i)=L^2D-U_1\cdot L_1-U_2\cdot L_2=0.7174-0.3551\cdot 1-0.2845\cdot 0.65=\mathbf{0.1774 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})}$$

$$\text{Average U-value: } U_{avr}(i)=(U_1\cdot L_1+U_2\cdot L_2+\Psi(i))/L(i)=0.4348 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

$L(e)=1.25+1=2.25 \text{ m}$ gives thermal transmittance coefficient:

$$\Psi(e)=L^2D-U_1\cdot L_1-U_2\cdot L_2=0.7174-0.3551\cdot 1.25-0.2845\cdot 1=\mathbf{-0.0109 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})}$$
 (Psi is negative)

$$\text{Average U-value: } U_{avr}(e)=(U_1\cdot L_1+U_2\cdot L_2+\Psi(e))/L(e)=0.3189 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

Les coefficients des pertes thermiques sont différents, puisque les épaisseurs des parois ne sont pas les mêmes, nous devons prendre les mêmes épaisseurs.

En calculant les pertes thermiques à travers les ponts thermiques, on constate qu'ils sont supérieurs à 0,01 W/mK, d'où une isolation extérieure s'impose.

Si les déperditions thermiques linéaires à cause des ponts thermiques ψ en [W/(m.K)] sont supérieures à 0,01 W/(m.K), il faut tenir compte de ces déperditions.

Annexe .4.

Influence du site sur la consommation énergétique du chauffage et du rafraîchissement

Cas de trois sites (alger, setif et béchar) [97].

La demande énergétique en chauffage et rafraîchissement a été déterminé dans le cas de trois sites d'Algérie dont les climats sont différents ; Alger, Setif et Bechar.

Les déperditions thermiques dans le cas de chauffage et rafraîchissement, puis la demande nette enfin les apports solaires et internes dits apports gratuits dans le cas des trois sites ont été tracés et analysés.

Chauffage

Les déperditions sont compensées en partie par les apports gratuits (internes et solaires) qui participent directement au chauffage.

Cette récupération de chaleur dépend du taux d'utilisation des gains de chaleur qui est fonction du rapport apports gratuits / déperditions et de l'inertie thermique du bâtiment.

$\eta = f(\gamma, \text{inertie du bâtiment})$ et $\gamma = (\text{apports gratuits/déperditions thermiques})$. La construction est de type léger, $C_{\text{local}} = 8451 \text{ kJ/K}$. la constante de temps de la maison $\tau_{\text{heat}} \approx 10$ heures.

Les déperditions thermiques (degrés jours) sur les hauts plateaux (Sétif) sont plus importantes en période de chauffage par rapport aux autres sites (Alger et Bechar) voir figure a1, la température est plus basse, de ce fait la demande en chauffage est plus importante, même avec les apports solaires passifs, cela reste plus important.

Les déperditions thermiques a Bechar (Sud) sont inférieures à celles d'Alger (Nord) pendant la période de chauffage (février / mai) et sont supérieures pendant la période (octobre / janvier). Les apports solaires et internes (gratuits) sont plus importants à Bechar (figure a5) de janvier à mai jusqu'à 1200 kWh, puis diminuent et sont dépassés à Alger mais à Sétif ils sont les plus faibles jusqu'à 650 kWh par mois.

Les apports solaires compensent les déperditions thermiques et la demande en chauffage

A Sétif, la consommation énergétique en chauffage diminue de 2414,28 kWh à 1762,5 kWh en décembre, ce qui est assez important (figure a2).

Les apports solaires par le toit atteignent les 40% des apports de chaleur gratuits en juillet, les apports solaires par les parois vitrées atteignent les 70% des apports de chaleur gratuits en janvier.

Le taux d'utilisation des gains de chaleur atteint 89% à Sétif, 79% à Alger et 75% à Bechar (figure a6).

Rafraîchissement

Au sud (Bechar), la température est plus élevée en été, de ce fait les degrés jours en froid sont plus importants et atteignent les 328 degrés jours, ainsi que les déperditions thermiques qui atteignent les 1942,4205 \approx 2000 kWh en juillet (figure a3), mais avec les apports solaires la demande en froid augmente et atteint 3141,54 kWh (figure a4).

Sur les hauts plateaux à Sétif, les déperditions par transmission et ventilation sont plus élevées que pour Alger mais comme les apports de chaleur gratuits (solaires et internes) sont les plus basses alors la demande en froid est moins importante.

Conclusion

Les apports de chaleur par les parois vitrées et opaques influent sur la consommation énergétique de l'habitat que ça soit pour le chauffage ou le rafraîchissement, pour cela il faudrait optimiser la surface vitrée et bien isoler le toit, de telle sorte que la demande énergétique soit minimisée.

La demande en froid est très importante surtout au sud et dépasse 3000 kWh/mois, pour cela il faut penser aux protections solaires pour diminuer les apports solaires par les parois vitrées. Par contre pour Alger et Sétif, la demande énergétique atteint les 1500 kWh/mois au maximum, ce qui est acceptable. Le plus intéressant est que la demande en froid varie avec l'ensoleillement, de ce fait utiliser cette source d'énergie pour le conditionnement d'air, et les systèmes de rafraîchissement de l'habitat serait très judicieux.

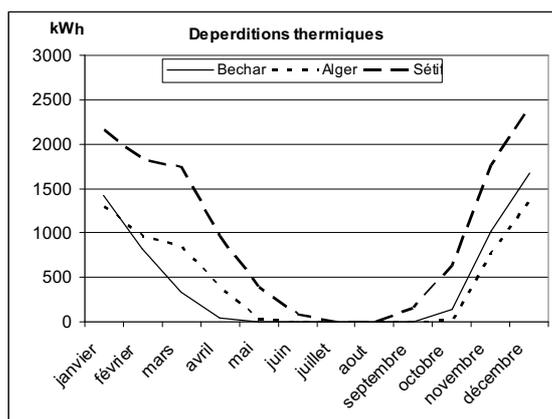


Figure a1. Déperditions thermiques par transmission et Ventilation (Chauffage)

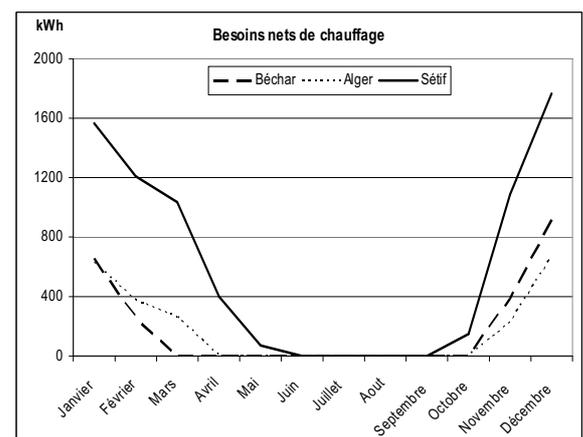


Figure a2. Besoins nets de chauffage

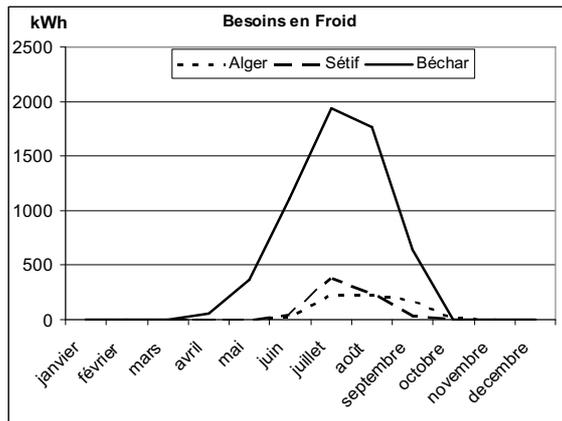


Figure a3. Déperditions thermiques par transmission et Ventilation (Rafrâichissement)

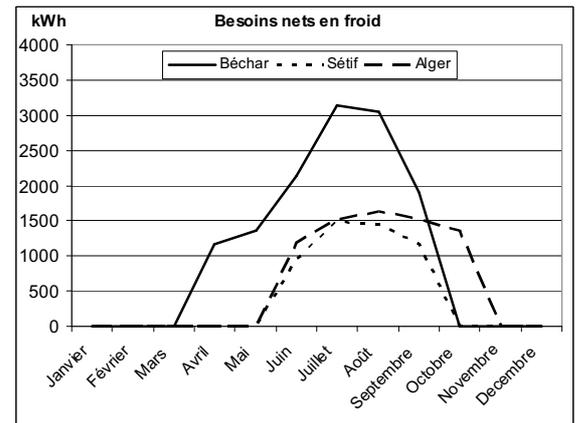


Figure a4. Besoins nets de froid

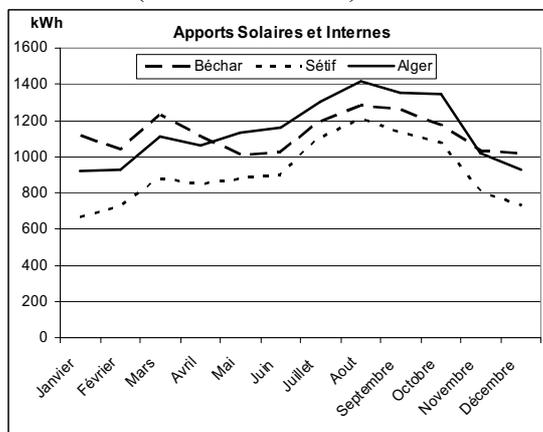


Figure a5. Apports gratuits totaux (Solaire et interne)

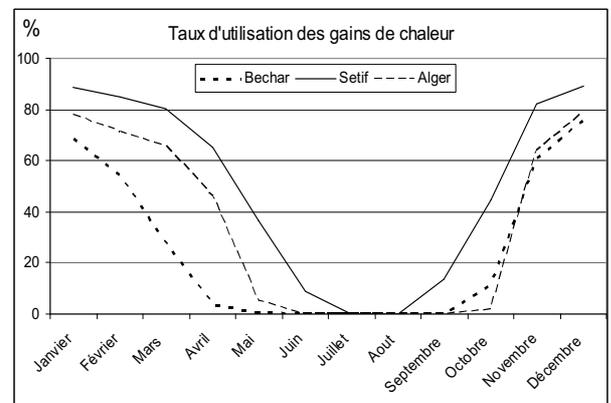


Figure a6. Taux d'utilisation mensuel des gains de chaleur

Annexe 5 : Niveau de consommation d'énergie primaire

Introduction

On ne peut étudier les consommations énergétiques du bâtiment sans connaître le niveau de consommation d'énergie primaire, qui pourrait classer l'habitat en basse ou haute efficacité énergétique.

Le niveau E

Ce niveau de consommation d'énergie primaire est donné par le rapport entre la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire et une valeur de référence, le tout multiplié par 100 :

$$E = 100 \frac{E_{cons}}{E_{ref}}$$

E : Niveau de consommation d'énergie primaire ;

E_{cons} : Consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire (kWh),

E_{ref} : Valeur de référence pour la consommation caractéristique annuelle d'énergie primaire (kWh)

Pour la consommation électrique, nous avons simulé la consommation d'une famille de cinq personnes dans la maison choisie en utilisant Stand-alone system pre-sizing (voir fig 40) :

Stand-alone system pre-sizing - Daily use of energy

Consumption definition by: Year Seasons Months

Week-end use: Use only during [7] days in a week

Model:

Number		Power	Mean Daily use	Daily energy
10	Fluorescent lamps	18 W/lamp	6.0 h/day	1080 Wh
1	TV / Magnetoscope / PC	75 W/app.	6.0 h/day	450 Wh
1	Domestic appliances	150 W/app.	4.0 h/day	600 Wh
1	Fridge / Deep-freeze		0.60 kWh/day	600 Wh
0	Dish-washer, Cloth-washer		1.20 kWh/day	0 Wh
	Other uses	0 W tot	0.0 h/day	0 Wh
	Stand-by consumers	0 W tot	24h/day	0 Wh
Total daily energy				2730 Wh/day
Total monthly energy				81.9 kWh/month

Appliances info

Figure 40. Simulation de la consommation électrique dans Stand-alone system pre-sizing

L'énergie électrique journalière est de 2730 Wh, ce qui fait 996,450 kWh par an.

$$E_{cons} = E_{\text{électricité}} + \sum_{12\text{mois}} E_{\text{chauffage}} + E_{\text{climatisation}} + E_{\text{eau chaude}}$$

$E_{\text{chauffage}} = 2769,87136 \text{ kWh/an}$; $E_{\text{eau chaude}} = 4777,82 \text{ kWh/an}$; $E_{\text{climatisation}} = 7238,356557 \text{ kWh/an}$

$E_{\text{cons}} = 15782,498 \text{ kWh/an}$ ou alors **156,36 kWh/m².an**

Si on prend E de référence pour un bâtiment résidentiel de 50 kWh/m².an, avec la surface de l'habitat étudié (A=100,9375 m²). On trouve: $E_{\text{REF}} = 5046,875 \text{ kWh/an}$

Avec : $E = 100 \frac{E_{\text{cons}}}{E_{\text{ref}}}$, **E= 312,72** largement supérieur à E100.

Le certificat de performance énergétique (certificat PEB)

Le certificat énergétique est un **document officiel** portant sur la performance énergétique d'un bâtiment (délivré en Europe mais pas encore en Algérie). Il est exprimé sous forme d'**une quantité de kWh par m² par an** (la consommation du bâtiment est exprimée en kilowattheure par mètre carré par an). Ce chiffre est complété d'un label, afin de facilement visualiser cette performance.

Avec une valeur de $E_{\text{cons}} = 156,36 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$, l'habitat est classé à la **D** (voir schéma du label européen), moyen mais reste énergivore, des solutions existent pour élever le niveau énergétique.



Figure 41. Label énergétique européen

Conclusion

A partir de cette valeur, on conclut que le cas étudié dépasse les normes conformes aux impositions de la Directive européenne. Pour diminuer le E, les moyens d'action portent sur :

- Les apports solaires en veillant à limiter les risques de surchauffe
- L'isolation des parois, il faut privilégier l'isolation extérieure
- L'installation d'un système de ventilation performant
- L'installation d'un système de chauffage performant
- L'installation d'un système de conditionnement d'air performant
- L'installation d'un système d'eau chaude sanitaire performant (ECS).

Références :

URL : energie.wallonie.be/servlet/.../annexe-1---fr.pdf?ID=10964.

www.econet.ulg.ac.be/urba

<http://www.bruxellesenvironnement.be/>

<http://www.energieplus-lesite.be>

<http://www.ufenm.be/spip.php?rubrique96>

<http://www.architecte-delhayebelgium.be/>

RÉSUMÉ

Le bâtiment à haute efficacité énergétique est la seule solution afin de diminuer les dépenses énergétiques et les émissions des gaz à effet de serre.

Ce travail consiste à étudier le comportement thermique et énergétique d'une maison construite avec des matériaux locaux et selon les normes algériennes de construction.

Une bonne isolation de l'enveloppe ainsi que le double vitrage sont appliqués sur l'habitat étudié.

La méthode des degrés jours est utilisée pour l'analyse de la demande énergétique en chauffage et en rafraîchissement. La demande en eau chaude sanitaire est évaluée selon la méthode analytique.

Une simulation thermique sous TRNSYS 16 conforte les résultats obtenus par la méthode des degrés jours.

Les apports solaires et internes sont très influents sur la consommation énergétique, leur impact est analysé dans le document.

Mots clefs : *comportement thermique, demande énergétique, simulation thermique, apports solaires*

ABSTRACT

The high energy efficiency building is the only solution to reduce energy costs and emissions of greenhouse gases.

This work consists in studying the thermal and energy behavior of a house built with local materials and the standards Algerian construction.

Well insulated of the envelope and double glazing are applied to the habitat studied.

The method of degree days is used for the analysis of energy demand for heating and cooling. The domestic hot water demand is evaluated with analytical method.

Thermal simulation in TRNSYS 16 confirms the results obtained by the method of degree days.

Internal and solar gains are very influential on energy consumption, their impact is analyzed in the paper.

Keywords: thermal behavior, *energy demand*, thermal simulation, solar gains

ملخص:

بناء كفاءة في استخدام الطاقة هو الحل الوحيد للحد من تكاليف الطاقة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

هذا العمل هو دراسة السلوك الحراري والطاقة من منزل بنيت من مواد محلية، وبناء معايير الجزائرية.

يتم تطبيق العزل السليم من المغلف والزجاج المزدوج للموئل دراستها.

تم استخدام الأسلوب درجة الأيام لتحليل الطلب على الطاقة لأغراض التدفئة والتبريد.

يتم تقييم الطلب على المياه الساخنة وفقا لطريقة التحليل.

محاكاة الحرارية في TRNSYS 16 يؤكد النتائج التي تم الحصول عليها من خلال طريقة درجة الأيام.

المكاسب الداخلية والطاقة الشمسية مؤثرة جدا على استهلاك الطاقة، ويتم تحليل أثرها في وثيقة

كلمات البحث : الطاقة، والمحاكاة الحرارية، والطاقة الشمسية مكاسب

Dynamic Simulation of both Thermal and Energetic Behavior for Dwellings Located in Algiers

R Kharchi^{1*}, B Benyoucef², F Mokhtari¹ and K Imessad¹

¹Centre de développement des énergies renouvelables, BP62, Route de l'observatoire, Bouzaréah, Algiers, Alegria

²Laboratoire de Matériaux & Energies Renouvelables, université de Tlemcen, Alegria

Abstract

In this study, the heating and cooling energy consumptions for houses located in Algiers are determined using the degree day method during one year. Analytical results are validated by simulation with TRNSYS software.

The hourly curves for energy consumption and outside temperature are presented during one month, one week and one day periods. Moreover, monthly results during a year are presented and analytical values are compared to simulated values.

The degree day method proved to be applicable to the monthly and annual energy analysis for buildings.

It was found that, Algerian climate with its long warm season compared to the cold season, consumes cooling energy twice as much as the heating energy. Energy consumption for heating reaches 670 kWh, as for cooling it is 1700 kWh.

Keywords: Degree day method; TRNSYS; Heating and cooling in building

Nomenclature: A: the surface of building losses-(m²); C_p: the air specific heat-(Wh/m³ K); CDD: cooling degree day-(°C day); HDD: Heating Degree Day-(°C day); ks: the coefficient of total thermal transmission-(W/m² K); Q_{heat,net}: Net energy needs for heating-(MJ); Q_{L,heat}: heat losses by transmission and ventilation during heating period-(MJ); Q_{cool,net}: Net energy needs for cooling-(MJ); Q_{L,cool}: heat losses by transmission and ventilation during cooling period-(MJ); Q_{g,cool}: heat gain by radiation and internal heat production during cooling period-(MJ); Q_{g,heat}: heat gain by radiation and heat internal production during heating period-(MJ); V: the air volume included in dwelling-(m³); T: temperature-(°C); β: the ventilation rate of dwelling-(h⁻¹); η: the utilization factor.

Introduction

Due to the importance of internal so as the solar contributions, the complexity of heating system regulation and intermittency, it is difficult to estimate building energy consumption for tertiary sector. Various methods are implemented in order to perceive a better understanding to the energy behaviour and consumption prediction. For that reason, this study was initiated.

In this study, the energy consumption for the heating and cooling of a house located in Algiers (Algeria) is evaluated. The dwelling is built according to required standards of insulation by using local materials (hollow brick walls with insulation between walls). The monthly energy consumption for heating and cooling is determined for one year, using the degree day method.

The TRNSYS 16 [1] is used to simulate the heating and cooling requirements. Hourly results are obtained for respectively one month, one week and one day periods. The TRNSYS software is used to validate assessment made by degree day method. Simulated results are compared to analytical values for both heating and cooling consumption.

In the coming sections, the investigation steps are presented, as follows:

- Revising the literature in the present field of investigation

- Implementing the TRNSYS software and the degree day method
- Executing simulations and analysing the results
- Presenting the results
- Extracting conclusions from the present investigation
- Providing some recommendations for further studies

Literature Review

For the purpose of the completion of this study, literature was reviewed. Several researchers were concerned about that field of science. Among them, for example, were:

Shariah A et al. [2] calculated the cooling and heating loads for air-conditioned and heated buildings in three different cities in Jordan that represent three climatic regions. They analysed the insulation effect of buildings.

Dombaycı OA [3] calculated the heating degree day HDD and cooling degree day numbers for various base temperatures using daily maximum so as minimum temperature data for the long-term (21 years), measured at meteorological stations in 79 city centres.

Papakostas K and Kyriakis N [4] studied heating and cooling degree-hours for two main cities in Greece. The heating degree-hours were calculated for base temperatures from 10 to 20°C and the cooling degree-hours for base temperatures from 20 to 27.5°C, using

*Corresponding author: R. Kharchi, Centre de développement des énergies renouvelables, BP62, Route de l'observatoire, Bouzaréah, Algiers, Alegria, Tel: +(213)21901503; Fax: +(213)21901654; E-mail: k_razika@hotmail.com

Received July 18, 2012; Accepted October 25, 2012; Published October 29, 2012

Citation: Kharchi R, Benyoucef B, Mokhtari F, Imessad K (2012) Dynamic Simulation of both Thermal and Energetic Behavior for Dwellings Located in Algiers. J Earth Sci Climate Change 3:122. doi:10.4172/2157-7617.1000122

Copyright: © 2012 Kharchi R, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

a temperature step of 0.5°C. The results were presented in tabular form that are used in estimating the energy requirements, heating fuel consumption and air conditioning systems for either monthly or seasonally operation.

Papakostas K et al. [5] analysed the energy performance of two bioclimatic buildings located in Santa Rosa city which is a temperate semi-arid agricultural region of central Argentina. The Study described the energy performance of the buildings during the period 2001-2008. The authors concluded that the results confirm the large potential of solar buildings design to reach significant levels of energy saving. The comparison of solar and conventional buildings in terms of natural gas consumption demonstrates the magnitude of such potential.

Frank [6] investigated the potential impacts of climate change on heating and cooling energy demand by means of transient building energy simulations and hourly weather data scenarios for the Zurich-Kloten location, which represents the climatic situation in the Swiss Central Plateau. A multi-story building, with variable thermal insulation levels and internal heat gains, and a fixed window area fraction of 30% was considered. For the time horizon 2050-2100, a climatic warm reference year scenario was used that foresees a 4.4 8°C rise in mean annual air temperature relative to the 1961-1990 climatological normal and is thereby roughly in line with the climate change predictions made by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The calculation results showed a 33-44% decrease in the annual heating energy demand for Swiss residential buildings for the period 2050-2100. The annual cooling energy demand for office buildings with internal heat gains of 20-30 W/m² will increase by 223-1050% while the heating energy demand will be reduced by 36-58%. A shortening of the heating season of 53 days can be observed. The study showed that efficient solar protection and night ventilation strategies are capable of keeping indoor air temperatures within an acceptable comfort range and obviating the need for cooling plant that are set to become a crucial building design issue.

Sjögren JU [7] conducted an evaluation on monthly consumption data registered by the property holders for over 100 multifamily buildings/real estates in Sweden. The approach used, based on the energy signature method, was developed for evaluating the energy performance of multifamily buildings in terms of the overall heat loss coefficient, K_{tot} . To compensate for the missing data, different assumed consumption profiles were used.

Yildiz A [8] presented the energy for the whole process of space heating in buildings. The study is based on a pre-design analysis, which was produced during the ongoing work for the International Energy Agency (IEA) formed within the Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme (ECBCSP) (Annex 37). The analysis is applied to an office in Izmir with a volume of 720 m³ and net floor area of 240 m² as an example of application. The heating is ensured by a conventional boiler GNL (liquefied natural gas). Calculations for all kinds of energy utilization, including heating/ cooling loads of rooms in buildings and temperature distributions, are based on energy balances.

Mateus T and Oliveira AC [9] Tooled TRNSYS software as a basis for potential assessment of integrated solar absorption cooling and heating systems for building applications. Three different locations and climates were considered: Berlin (Germany), Lisbon (Portugal), and Rome (Italy), including different building types: residential, office and hotel. The TRNSYS models was able to run for a whole year (365 days), according to control rules (self-deciding whether to operate in heating

or cooling modes), and with the possibility of combining cooling, heating and DHW (Domestic Hot Water) applications.

Ibanez M et al. [10] stated that one of the components to simulate building thermal behavior in TRNSYS is Type 56 Multi-Zone building. The component model deals with the thermal balances of a building having up to 25 thermal zones. The building model in Type 56 is a non-geometrical balance model with one air node per zone, representing the thermal capacity of the zone air volume and capacities that are closely connected like furniture with the air node. Separate equipment components could be coupled to the zones as either internal convective gains or ventilation gains. In order to use Type 56 a separate pre-processing program PREBID is executed. The PREBID program reads in and processes a file containing the building description and generates two files that are used by Type 56 component during a TRNSYS simulation. The inputs and outputs of Type 56 depend upon the building description and options within the PREBID program.

In conclusion, it was found that in thermally active building, elements are used to condition buildings by integrating a fluid system into massive parts of the building itself. Examples are radiant floor heating or cooling systems, radiant ceilings or wall heating or cooling systems, all well known. To take into account the behavior of radiant heating and cooling in dynamic simulation programs specific models or modeling methods have been proposed in TRNSYS15.

Implementing TRNSYS software and the degree day method

In order to fulfill the set objectives of this investigation, TRNSYS was implemented. TRNSYS Simulation Studio simulates the energy and thermal behavior of a system whose model TYPE56-Multi-zone building is defined in TRNBUILD. Climatic data such as temperature, relative humidity and solar illumination are given by the tool METEONORM [11]. The model type 109TMY2 is taken to read weather data. TRNSYS simulation software is used for the analysis [1]. TRNSYS adopts a component-based platform for the formulation of a system. Different components can be added to a system via a graphical interface so that components can be linked together as desired. Moreover, TRNSYS allows users to create their own components for use in a dynamic system simulation.

A case of housing with surface losses of 325.5m² and air volume of 313m³ was considered. The rate of air exchange is achieved with $\beta=1$ h⁻¹. The overall heat transfer coefficient k_s equal to 0.43 W/m²K.

According to house envelope composition (double glazing and good insulation of opaque walls), the level of total thermal insulation agrees with European standards on habitat insulation [12,13]. In this investigation the degree day method was used to calculate the thermal losses. It is to be noted that, the need of useful heat depends on thermal qualities of its envelope (thermal resistances), and its losses by ventilation is calculated as follows:

$$Q_{L,heat} = [(k_s \times A) + (C_p \times \beta \times V)] \times HDD \quad (1)$$

The heating degree day HDD is the sum of all degree days for each day of the chosen period, for which the non-heating temperature was higher than the temperature without heating. The heating degree days is given after [14], as follows:

$$HDD = \int_{\Delta t} (T_{NH} - T_{WH}) dt \quad (2)$$

Where: Δt is the chosen period,

The non-heating temperature (T_{NH}) is the temperature above which

heating can be stopped, taking into account free internal contributions.

The temperature without heating (T_{WH}) is the temperature which would be obtained in a building not heated and not occupied. This temperature is equal to average outside temperature.

By making the energy balance, solar contributions intervene in the energy needs for heating. The utilization factor of heat gain is function of thermal losses and solar contributions by glazing and opaque walls.

The net monthly energy needs for heating are determined as follows:

$$Q_{heat\ net} = Q_{L,heat} - \eta Q_{g,heat} \quad (3)$$

Heat losses are calculated for the cooling period according to the same principle:

$$Q_{L,cool} = [(k_s \times A) + (C_p \times \beta \times V)] \times CDD \quad (4)$$

The cooling degrees days CDD is the sum of all degree days for each day of the chosen period, for which the non-cooling temperature is higher than the temperature without cooling.

The cooling degrees days can be written as follows:

$$CDD = \int_{\Delta t} (T_{NC} - T_{WC}) dt \quad (5)$$

Where: Δt is the index of the chosen period,

The non-cooling temperature (T_{NC}) is the temperature from which air conditioning can be put on in buildings. This temperature is equal to the external temperature.

The temperature without cooling (T_{WC}) is the temperature which could be obtained in a building with cooling. By considering solar and internal contributions, according to the 1st law of thermodynamics, the conservation of energy in the house can be used, which gives:

$$Q_{cool\ net} = Q_{L,cool} + Q_{g,cool} \quad (6)$$

METEONORM software is used for site climatic data. The building considered in this case study is a house having a living space of 88 m².

In the cooling mode, the set point temperature is fixed to 22°C for all building zones; in the heating mode, the set point temperature is set to 21°C.

To validate calculations, a TRNSYS simulation is performed using same conditions. The home is modeled by TRNBUILD and climatic data are obtained from METEONORM.

Executing simulations and analyzing the results

Based on the above equations, definitions and assumptions, simulations were executed, results were obtained and analyzed.

Presenting the results

These analyzed results were represented on figures 1 to 9. These figures are self-explanatory graphs. They are listed, here, as follows:

Figure 1 show, the hourly external air temperature profile during one month (January) and the corresponding heating profile necessary to maintain suitable thermal comfort. The hourly temperature profile is characterised by sinusoidal waves having maximum and minimum peaks reaching 24.05°C and 1.05°C, respectively. It is noticed that heating energy profile is quite similar to temperature profile. However

the maximum values of heating correspond to the minimum values of outside temperatures.

This is very logical and will be confirmed in the weekly and daily curves.

Figure 2 shows the heating energy consumption during one whole week in January. The energy profile as described previously is actually clearly represented in this curve. Heating reaches maximum peaks values of 1.66 kW, 1.5 kW and 1.68 kW corresponding to minimum temperatures of 4.36°C, 5.3°C and 6.9°C for times 104, 128 and 152 hours respectively.

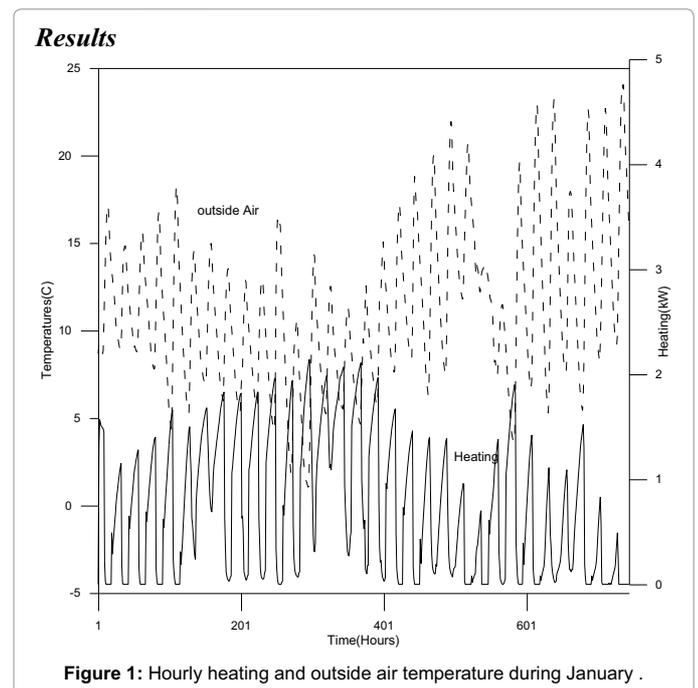


Figure 1: Hourly heating and outside air temperature during January .

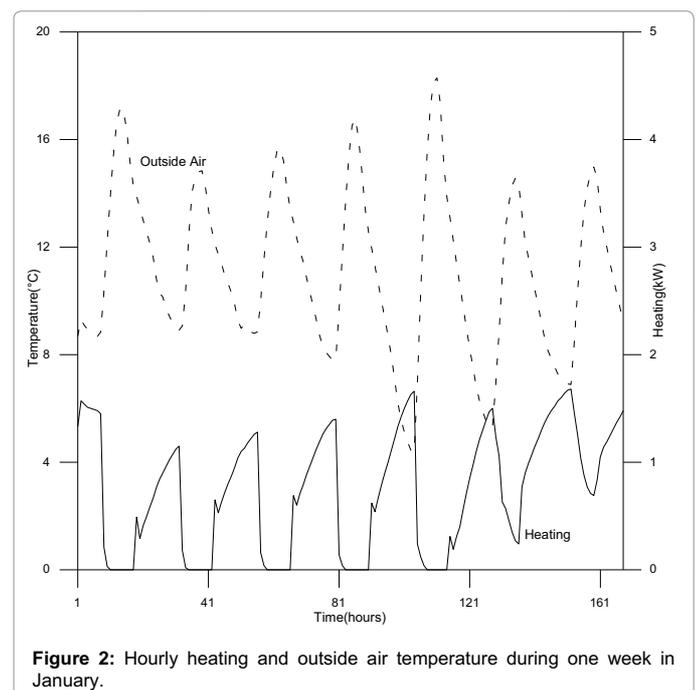


Figure 2: Hourly heating and outside air temperature during one week in January.

Figure 3 shows more closely the heating consumption and external air temperature during one day period (24 hours) in January. The profiles are inversely proportional.

From the curves, both profiles are characterized by 3 phases.

- Phase 1: from hour 1 to hour 8, it corresponds to the 2nd part of the night. As the temperature decreases from 10.8°C to 8.9°C, the heating increases from 0.76 kW to 1.15 kW.
- Phase 2: from hour 8 to hour 18. This period corresponds to daylight, in which external air temperature increases up to 14.8°C before starting going down to 12°C. In this phase the heating decreases from 1.15 kW to reaching the value zero at hour 11. This value remains up to 18 hours before starting to rise.
- Phase 3: from hour 18 to hour 24. This is the 1st part of the night, where external air temperature decreases to 10°C, the heating start increasing from zero to reach 0.87 kW at hour 24.

Figure 4 shows the results obtained by the degree day method and those obtained by TRNSYS under same conditions during one year period.

It is seen from the curves, that results are consistent and the curves evolve in the same way.

The curves can be divided into 3 periods.

- Period 1: from month 1 to month 4: heating energy consumption decreases sharply from 553.3 kWh (TRNSYS) and 624,358 kWh (Degree Day method) to reach value 0. The heating energy values are high in month 1 (January) which corresponds to the winter season, where the need of heating is important. The demand of heating decreases as external air temperature increases.
- Period 2: from month 4 to month 10. This period corresponds to the warm season, where heating is not required.
- Period 3: from month 10 to month 12. The heating increases as the season goes toward winter again. The heating reaches 624.36 kWh (degree days) and 444.8 kWh (TRNSYS) in December.

It could be concluded that these curves are quite logical since they concord with different seasons and their heating requirements.

The results obtained by the degree day method are validated by TRNSYS software, since the results obtained are similar and almost identical.

Figure 5 presents the energy consumption for cooling during the month of July As for heating, the curves profiles are similar and evolve identically.

The maximum and minimum values for cooling range from 4.55 kW and 0.48 kW corresponding to maximum and minimum temperatures of 38.62°C and 14.28°C respectively.

Figure 6 gives a closer look to hourly profile during a whole week. The energy consumption profile is quite similar to outside temperature profile. The peaks of cooling correspond clearly to highest temperatures. The values of cooling range from 0.48 kW to 3.92 kW for outside temperatures ranging from 14.29 to 29.51°C.

Figure 7 presents a much closer profile for one whole day period.

In general, the curve of cooling corresponds to the temperature profile of outside air.

As for heating, the cooling curves profiles are characterized by 3 phases.

- Phase 1: from hour 1 to hour 6. This phase corresponds to 2nd part of the night, where the temperature falls from 19°C to 15.99°C. Obviously the cooling need decreases as well from 0.9 kW to 0.48 kW.
- Phase 2: from hour 6 to hour 18. It corresponds to daylight. The need for cooling increases from 0.48 kW corresponding

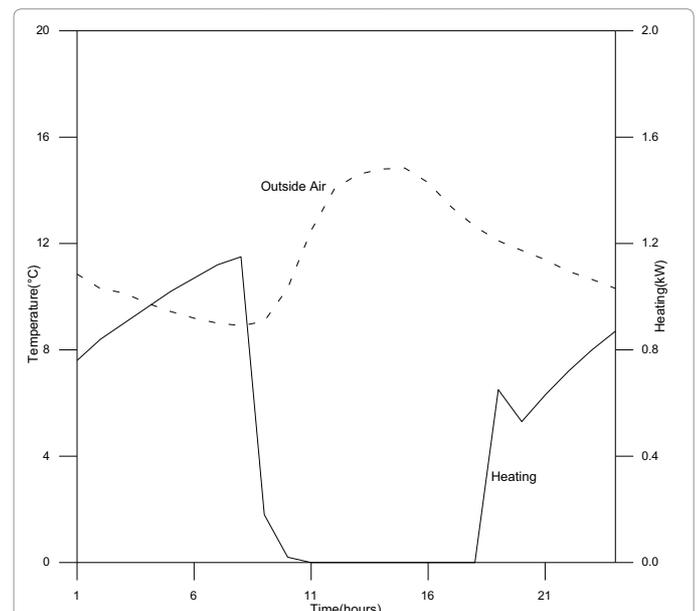


Figure 3: Hourly heating and outside air temperature during one day in January.

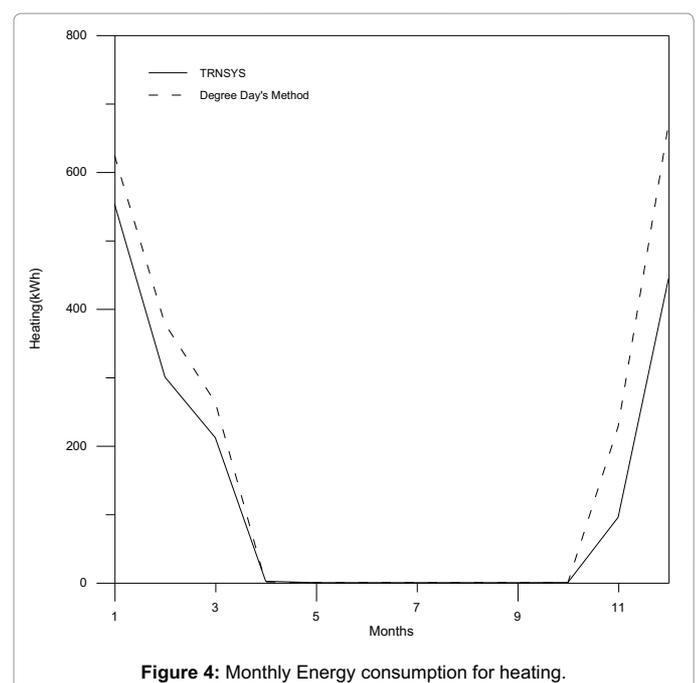


Figure 4: Monthly Energy consumption for heating.

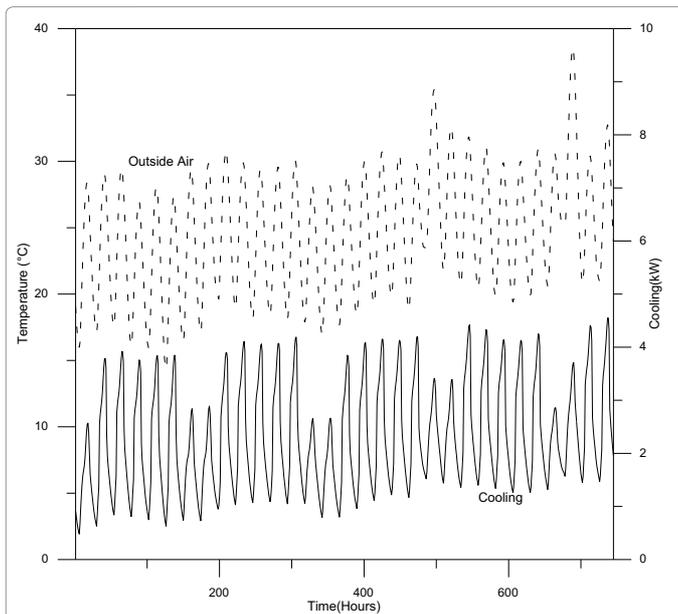


Figure 5: Hourly cooling and outside air temperature during July.

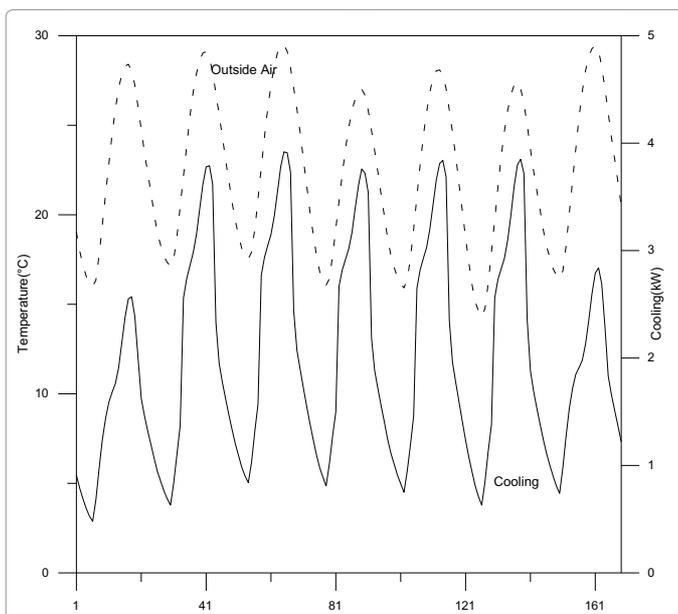


Figure 6: Hourly cooling and outside air temperature during one week in July.

to minimum temperature of 15.99°C to reach maximum cooling of 2.57 kW when the external temperature is maximum (28.41°C).

- Phase 3: from hour 18 to hour 24. It represents the 1st part of the night. As temperature decreases from 28°C to 17°C, the need for cooling decreases from 2.57 to 0.84 kW.

Figure 8 shows the results obtained using the degree day method and those obtained with TRNSYS under same conditions during one year period.

The period of cooling which corresponds to warm season, has been determined by the degree day method. This period ranges from May

to November. The needs for cooling using the TRNSYS software have been set for this period.

The results are consistent and the curves evolve in the same way.

The curves of both methods are characterized by two phases as indicated in figure 8.

- Increasing phase: the curves are completely confounded for the 1st month of cooling period. Slight shifting is noticed starting in month 6. A maximum value of 1700 kWh is reached for TRNSYS, while for degree day method, the maximum reaches 1600 kWh.
- Decreasing phase: the decrease for cooling need occurs

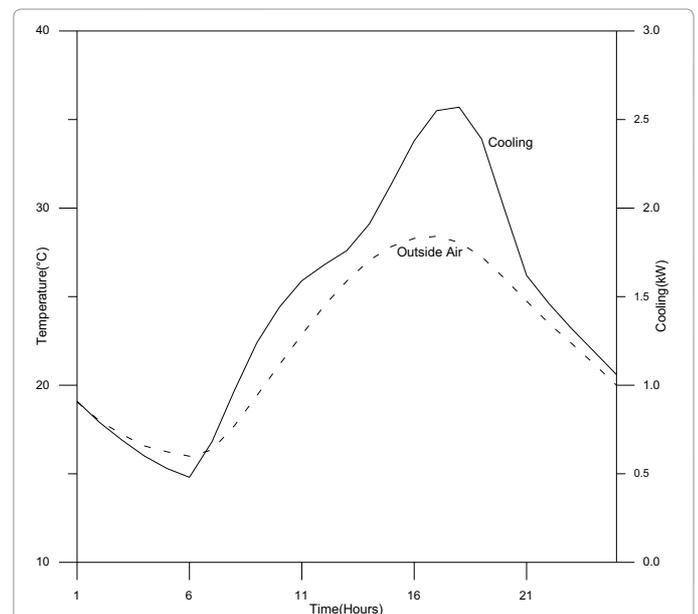


Figure 7: Hourly cooling and outside air temperature during one day in July.

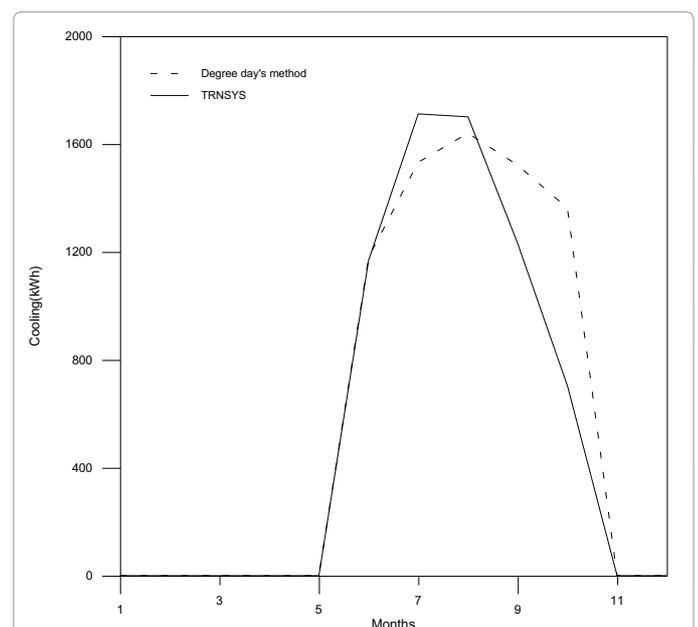


Figure 8: Monthly Energy consumption for cooling.

simultaneously in month 8 to reach zero in month 11 for both methods. However, a noticeable shift between the decreasing curves is clearly visible.

Figure 9 explains the difference by the fact that solar and internal gains are overestimated in the degree day method the difference is important in summer, especially from August to October.

Internal and solar gains simulated by TRNSYS range between 644 kWh and 850 kWh. Internal and solar gains used in degree day method range between 900 kWh and 1400 kWh.

Conclusions

Based on the above results, it can be concluded that:

- The results obtained by both TRNSYS and degree day method are quite similar, and are consistent with heating and cooling needs according to seasons.
- TRNSYS gives more accurate results, since the heating is activated when the temperature goes below 21°C, and air conditioning starts when temperature exceeds 22°C.
- TRNSYS simulates both the thermal and energetic behavior of the dwelling (hourly) and obeys to energy demand.

Both methods are interesting and useful to validate calculations and estimations.

The method of the degree day is better adapted for monthly and annual energy analysis.

- The Algerian climate (warm season longer than cold season), the cooling energy consumption is twice as important as the heating energy consumption.

Energy consumption for heating reaches 670 kWh, as for cooling it is 1700 kWh.

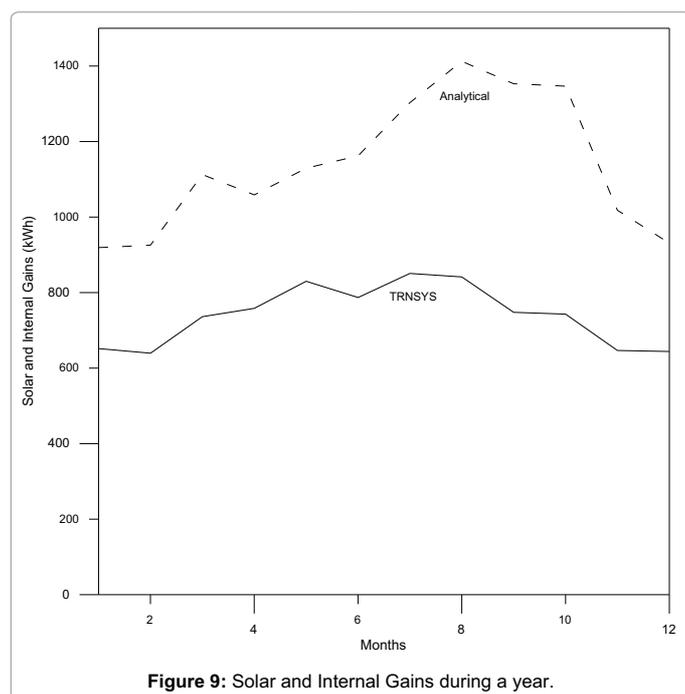


Figure 9: Solar and Internal Gains during a year.

- The method of degree days is useful for sizing heating and air conditioning systems.

Recommendations

In general, for improving energy efficiency of building and reducing greenhouse gases emissions, particular interest should be given to the following:

- Reducing solar gain in summer
- Insuring good insulation
- Using renewable energies

This study concerns an individual house constructed using local material. As for recommendations, it would be very interesting to perform further investigations in the following items:

- Several types of building where energy consumption profiles are different (hotels, offices, hospitals, schools...)
- Use of other materials in wall composition
- Effect of sunscreens in energy consumption
- Cooling by natural ventilation
- Introduce economical aspect in the study
- Use of more appropriate software for better comparison efficiency

These elements fall within the key recommendations of the World Business Council for Sustainable Development, WBCSD.

“Energy efficiency is rapidly becoming one of the great challenges of our time and the buildings are a major component. They consume more energy than any other sector and thus contribute largely to climate change,” said Björn Stigson, president of the WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD). [<http://cdurable.info/Efficacite-Energetique-dans-les-Batiments-Rapport-International-WBCSD,1698.html>]

The report from this project makes six key recommendations:

- Strengthen regulation and thermal labels to provide better information
- Encourage investment in energy efficiency
- Encourage integrated design approaches and innovations
- Develop and use technologies that facilitate energy saving behavior
- Develop a hands work for energy savings
- Mobilize for an energy conscious culture issues.

References

1. TRNSYS (2004) A transient system simulation program, version 16.1, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI 53706, USA.
2. Shariah A, Tashtoush B, Rousan A (1997) Cooling and heating loads in residential buildings in Jordan. *Energy and Buildings* 26: 137-143.
3. Dombaycı OA (2009) Degree-days maps of Turkey for various base temperatures. *Energy* 34: 1807-1812.
4. Papakostas K, Kyriakis N (2005) Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece. *Renewable Energy* 30: 1873-1880.
5. Filippin C, Larsen SF, Canori M (2010) Energy consumption of bioclimatic

- buildings in Argentina during the period 2001–2008. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14: 1216-1228.
6. Frank Th (2005) Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland. Energy and Buildings 37: 1175-1185.
 7. Sjögren JU, Andersson S, Olofsson T (2007) An approach to evaluate the energy performance of buildings based on incomplete monthly data. Energy and Building 39: 945-953.
 8. Yildiz A, Güngör A (2009) Energy and exergy analyses of space heating in building. Applied Energy 86: 1939-1948.
 9. Mateus T, Oliveira AC (2009) Energy and economic analysis of an integrated solar absorption cooling and heating system in different building types and climates. Applied Energy 86: 949-957.
 10. Ibanez M, Lazaro A, Zalba B, Cabeza LF (2005) An approach to the simulation of PCMs in building applications using TRNSYS. Applied Thermal Engineering 25: 1796-1807.
 11. METEONORM Version 6.01.2.
 12. Kharchi R, Benyoucef B, Belhamel M (2011) Influence of passive solar gains on the energy consumption of a typical house in Algiers. Revue des Energies Renouvelables 14: 417-425.
 13. Kharchi R, Benyoucef B, Bartosiewicz Y, Seynhave JM, Hemidi A (2012) The Effect of Solar Heating Gain on Energetic Thermal Consumption of Housing. Procedia Engineering 33: 485-491.
 14. ASHRAE Fundamentals Handbook (2001) Chapter 31, Energy Estimating And Modeling Methods.

Submit your next manuscript and get advantages of OMICS Group submissions

Unique features:

- User friendly/feasible website-translation of your paper to 50 world's leading languages
- Audio Version of published paper
- Digital articles to share and explore

Special features:

- 200 Open Access Journals
- 15,000 editorial team
- 21 days rapid review process
- Quality and quick editorial, review and publication processing
- Indexing at PubMed (partial), Scopus, DOAJ, EBSCO, Index Copernicus and Google Scholar etc
- Sharing Option: Social Networking Enabled
- Authors, Reviewers and Editors rewarded with online Scientific Credits
- Better discount for your subsequent articles

Submit your manuscript at: www.omicsonline.org/submission

