

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté de technologie

Département de Mécanique

MEMOIRE DE MAGISTER

En Génie Mécanique

Spécialité : énergétique

ÉVALUATION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES LOGEMENTS

A HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE DE TAMANRASSET ET

OPPORTUNITÉ D'UTILISER LES SYSTEMES SOLAIRES

Présentée par :

Mr. Khodja Mohamed el hadi

Devant le jury composé de :

Merzouk Mustapha	Professeur	Université Saad Dahlab Blida	Président
Kasbadji Nachida	Directrice de recherche	U.D.E.S Tipaza	Examinatrice
Abdelkader Hamid	Maitre de conférences A	Université Saad Dahlab Blida	Examineur
Semmar Djaffar	Maitre de conférences A	Université Saad Dahlab Blida	Promoteur

BLIDA, Juin 2013

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à,
Ma chère mère,
Mon cher père,
Mon cher frère et sœurs,
Et à tous ceux qui me sont chers.

L'hadi

REMERCIEMENTS

D'abord, merci à **DIEU** l'unique qui existe, qui a fait alléger la lourdeur de ce travail, sans lui je ne suis pas arrivé là où je me trouve.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance au directeur de la thèse Docteur Semmare Djaffar, pour son suivi, ses nombreux conseils pour l'élaboration de ce travail.

Je remercie infiniment mon enseignant le Professeur Mustapha Marzouk, pour avoir accepté de présider le jury d'examen.

Mes vifs remerciements vont également au Docteur Kasbadji Marzouk Nachida et au Docteur Abdelkader Hamid pour avoir accepté d'examiner et de juger mon travail.

Mes remerciements vont également à Mr. Benaouadj Raouf; aussi à mes collègues de travail de l'école technique de Blida (SONELGAZ), le chef de l'équipe projet EnR Mr. Ameer Sofiane, Mr Mabrouk Abderrezak et Mr Kheddiwi Sidahmed pour leurs encouragements.

RÉSUMÉ

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

Notre travail consiste à faire le bilan thermique global des logements HPE de Tamanrasset à travers un logiciel de simulation en évaluant les déperditions thermiques en rapport avec les exigences du DTR (Document Technique réglementaire) en terme de renouvellement d'air, température de confort et degré d'humidité.

Pleiades + Comfie : logiciels qui permettent de déterminer les températures à l'intérieure de chaque zone définie au modèle, les besoins de chauffage et de climatisation, ainsi que les puissances et le taux d'inconfort en respectant l'orientation, les matériaux de construction et l'isolation proposé par le concepteur.

ABSTRACT

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

Our work is to make the overall thermal balance of Tamanrasset HPE housing using STD software simulation by evaluating the thermal losses in relation with the requirements of DTR (Regular Technical Document) in terms of ventilation, temperature and humidity degree.

Pleiades + Comfie determine the temperatures at the inner area defined in a model, the need for heating, cooling, powers and the discomfort level in respect with the orientation, construction materials and the insulation proposed by the designer.

ملخص

المباني **HPE** هي المنازل التي يتم فيها تحقيق درجة حرارة مريحة في كل من الصيف والشتاء مع متطلبات طاقيه منخفضة جدا. لضمان الجودة، يمكن اختبار هذه المنازل والمصادقة عليها. مهمتنا هي لجعل التوازن الحراري الكلي للمساكن **HPE** تمرست من خلال محاكاة برمجيه من خلال تقييم الخسائر الحرارية حسب متطلبات **DTR** (الوثيقة التنظيمية) من حيث درجة الحرارة والتهوية و الرطوبة.

Pleiades+Comfie : برنامج لتحديد درجات الحرارة داخل كل منطقة محددة في النموذج، والحاجة إلى التدفئة وتكييف الهواء، وكذلك قوة ومعدل عدم الراحة، مواد البناء، والعزل عرضت من قبل المصمم.

TABLE DES MATIERES

RESUME	3
TABLE DES MATIERES	5
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES TABLEAUX	11
NOMENCLATURE	14
ACRONYMES	15
INTRODUCTION GENERALE	17
CHAPITRE 1 : ETAT DE L'ART ET ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
1.1. Introduction	18
1.2. Les besoins de l'occupant dans le bâtiment	18
1.3. Efficacité énergétique	22
1.4. Le bâtiment a Haute Performance Energétique HPE	22
1.5. Etude bibliographique	41
1.6. Conclusion	45
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU LOGEMENT D'ETUDE DANS LE SITE DE TAMANRASSET	
2.1. Introduction	46
2.2. Classification du climat en Algérie	47
2.3. Climat saharien et conception architecturale	50
2.4. La ville de Tamanrasset	52
2.5. La situation géographique du site	53
2.6. Les caractéristiques du climat	53
2.7. Les conditions de base : TAMANRASSE	55
2.8. Description du projet	56
2.9. Conclusion	60
CHAPITRE 3 : APPLICATION DES LOGICIELS D'ETUDE AU CAS ETUDIE ET MISE EN EQUATIONS	

3.1. Introduction	61
3.2. Principaux hypothèses physiques de la STD	61
3.3. Présentation générale de l'outil de simulation « PLEIADES + COMFIE »	75
3.4. Conclusion	97
CHAPITRE 4 : SIMULATION ET ANALYSE	
4.1. Introduction	98
4.2. Etude du logement en utilisant le DTR	98
4.3. La Simulation	100
4.3.1. Etape 1 : Simulation de l'habitat classique	107
4.3.2. Etape 2 : Simulation de l'habitat HPE	112
4.3.3. Etape 3 : Simulation habitat avec enveloppe thermique renforcée	117
4.3.4. Analyse des résultats	121
4.3.5. Approximations	131
4.4. Economie d'énergie et opportunités d'utiliser les énergies renouvelables	133
4.5. Conclusion	140
CONCLUSION GENERALE	141
ANNEXES	142
REFERENCES	174

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Plage de confort sur le diagramme de l'air humide	20
Figure 2.1 : Classification du climat en Algérie	47
Figure 2.2 : La Wilaya de Tamanrasset en rouge	53
Figure 2.3 : température moyenne mensuelles	53
Figure 2.4 : Moyennes journalières du rayonnement global	54
Figure 2.5 : Valeurs journalières de la température Moy, Max et Min	54
Figure 2.6 : Valeurs Mensuels de la durée d'insolation	54
Figure 2.7 : Valeurs Mensuels des précipitations	54
Figure 2.8 : logement en 3-D réalisé à travers le logiciel ALCYONE.	56
Figure 2.9 : Plans d'une unité	57
Figure 2.10 : Fenêtre double vitrages en aluminium	60
Figure 2.11 : Entrée d'air réglable	60
Figure 3.1 : Représentation des dimensions sur la surface ombrée	72
Figure 3.2: L'interface pléiades+ Comfie.	77
Figure 3.3: Plan dessiné avec ALCYONE	80
Figure 3.4 : Débit d'air requis pour évacuer les divers polluants	90
Figure 3.5 et 3.6 : Point considéré sur le diagramme psychrométrique (hiver)	92
Figure 3.7 et 3.8 : Point considéré sur le diagramme psychrométrique (été)	94
Figure 3.8 : Ventilation par événements	96
Figure 4.1 : Etapes de simulations : 12 Simulations	101

Figure 4.2 : évolution des températures (étape1 ; sans consignes ; Hiver)	103
Figure 4.3 : évolution des températures (étape1 ; sans consignes ; Eté)	104
Figure 4.4: évolution des températures (étape1 ; avec consignes ; Hiver)	105
Figure 4.5 : Besoins en chauffage et en climatisation (étape1 ; avec consignes ; Hiver)	105
Figure 4.6 : évolution des températures (étape1 ; avec consignes ; Eté)	106
Figure 4.7 : Besoins en chauffage et en climatisation (étape1 ; avec consignes ; Eté)	106
Figure 4.8 : Proportions des déperditions énergétiques [25]	107
Figure 4.9: évolution des températures (étape2 ; sans consignes ; Hiver)	109
Figure 4.10 : évolution des températures (étape2 ; sans consignes ; été)	109
Figure 4.11 : évolution des températures (étape2 ; avec consignes ; hiver)	110
Figure 4.12 : Besoins en chauffage et en climatisation (étape2 ; avec consignes ; hiver)	110
Figure 4.13 : évolution des températures (étape2 ; avec consignes ; été)	111
Figure 4.14 : Besoins en climatisation (étape2 ; avec consignes ; été)	111
Figure 4.15 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'hiver	112
Figure 4.16 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'été	112
Figure 4.17: évolution des températures (étape3 ; sans consignes ; hiver)	114
Figure 4.18: évolution des températures (étape3 ; sans consignes ; Eté)	114
Figure 4.19 : évolution des températures (étape3 ; avec consignes ; hiver)	115
Figure 4.20: Besoins en chauffage et en climatisation (étape3 ; avec consignes ; hiver)	115

Figure 4.21: évolution des températures (étape3 ; avec consignes ; été)	116
Figure 4.22: Besoins en climatisation (étape3 ; avec consignes ; été)	116
Figure 4.23 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'hiver (étape3)	117
Figure 4.24 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'été (étape3)	117
Figure 4.25 : Evolution de la température de zone de confort avec et sans consignes de thermostat et la température extérieure (Maison HPE)	119
Figure 4.26 : Comparaison entre les besoins en chauffage de l'habitat classique et HPE	121
Figure 4.27 : les besoins en climatisation de l'habitat classique et HPE	122
Figure 4.28 : Effet de la ventilation nocturne sur la température de la cuisine (La semaine la plus chaude)	123
Figure 4.29 : Évolution des températures des zones : celle de la cuisine est la plus amplifié (semaine plus chaude).	124
Figure 4.30 : les besoins en chauffage de l'habitat HPE et l'habitat à isolation renforcée	124
Figure 4.31 : les besoins en climatisation de l'habitat HPE et l'habitat à isolation renforcée.	125
Figure 4.32 : Les besoins mixte en chaud et en froid des trois logements	126
Figure 4.33 : Variation de la température de la zone de confort durant la journée la plus chaude de l'année (habitat HPE)	127
Figure 4.34 : Variation des températures pendant la semaine la plus chaude en hiver	131
Figure 4.35 : Variation des températures pendant la semaine la plus froide en hiver	131
Figure 4.36: A gauche, isolation intérieure; à droite, isolation extérieure.	133

Figure 4.37: thermographies de bâtiments révélant des pertes importantes par ponts thermiques	134
Figure 4.38 : Répartition possible de diverses plantes autour de l'habitat	136
Figure 4.39 : construction d'un puits canadien ; les gaines de ventilation sont installées dans les tranchées d'une maison en construction près de Floreffe(France)	138
Figure 4.40 : énergies renouvelables dans l'habitat	139

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Plan d'action relatif au secteur du bâtiment résidentiel	33
Tableau 2.1 : Caractéristiques spécifiques de la zone A.	46
Tableau 2.2 : Caractéristiques spécifiques de la zone B.	46
Tableau 2.3 : Caractéristiques spécifiques de la zone C.	46
Tableau 2.4 : Caractéristiques spécifiques de la zone D.	47
Tableau 2.5 : Récapitulatif des données climatiques à Tamanrasset	53
Tableau 2.6: caractéristiques du mur extérieur	56
Tableau 2.7: caractéristiques du mur intérieur	56
Tableau 2.8: caractéristiques du plancher haut	57
Tableau 2.9: caractéristiques du plancher bas	57
Tableau 3.1 : coefficients globaux de l'émissivité	66
Tableau 3.2: Format et unités dans un fichier climatique	79
Tableau 3.3: Mur extérieur.	81
Tableau 3.4: Mur intérieur.	81
Tableau 3.5: Planchers bas	81
Tableau 3.6: Planchers haut	82
Tableau 3.7: Scenario d'occupation pour la zone 1.	83
Tableau 3.8: Scenario d'occupation utilisé pour le reste des zones.	83
Tableau 3.9: Scenario puissance dissipée da la 1ere zone.	84
Tableau 3.10: Scenario puissance dissipée da la 2eme zone.	85
Tableau 3.11: Scenario puissance dissipée da la 3eme zone.	85
Tableau 3.12: Scenario puissance dissipée da la 4eme zone.	86

Tableau 3.13: Scenario d'occultation (volet été)	86
Tableau 3.14: Scenario d'occultation (volet hiver)	87
Tableau 3.15: Comparaison entre aération forte et insuffisante	88
Tableau 3.16: Comparaison entre la ventilation mécanique et naturelle	89
Tableau 3.17: sources de pollution dans l'habitation	89
Tableau 3.18 : Scénario de ventilation hiver	93
Tableau 3.19 : Scénario de ventilation été	95
Tableau 3.20: Scenario de thermostat (chauffage)	97
Tableau 3.21: Scenario de thermostat (climatisation)	97
Tableau 4.1 : Composition du mur extérieur (habitation classique)	102
Tableau 4.2 : Composition du plancher haut (habitation classique)	102
Tableau 4.3 : Caractéristiques de la fenêtre simple utilisée (habitation classique)	102
Tableau 4.4 : Récapitulatif des résultats (étape1 ; sans consignes ; Hiver)	103
Tableau 4.5 : Récapitulatif des résultats (étape1 ; sans consignes ; Eté)	104
Tableau 4.6: Récapitulatif des résultats (étape1 ; avec consignes ; Hiver)	105
Tableau 4.7: Récapitulatif des résultats (étape1 ; avec consignes ; Eté)	106
Tableau 4.8 : Besoins de chauffage et de climatisation pour l'étape	107
Tableau 4.9 : Résistances thermique de l'enveloppe et vitrage de l'étape 2	108
Tableau 4.10 Caractéristiques de la fenêtre double vitrage utilisée	108
Tableau 4.11: Récapitulatif des résultats (étape2 ; sans consignes ; Hiver)	108
Tableau 4.12: Récapitulatif des résultats (étape2 ; sans consignes ; été)	109

Tableau 4.13: Récapitulatif des résultats (étape2 ; avec consignes ; hiver)	110
Tableau 4.14: Récapitulatif des résultats (étape2 ; avec consignes ; été)	111
Tableau 4.15 : Besoins de chauffage et de climatisation pour l'étape 2	112
Tableau 4.16 : Résistances thermique de l'enveloppe et vitrage de l'étape 3	113
Tableau 4.17 : Caractéristiques de la fenêtre double vitrage amélioré utilisée	113
Tableau 4.18: Récapitulatif des résultats (étape3 ; sans consignes ; hiver)	113
Tableau 4.19: Récapitulatif des résultats (étape3 ; sans consignes ; Eté)	114
Tableau 4.20: Récapitulatif des résultats (étape3 ; avec consignes ; hiver)	115
Tableau 4.21: Récapitulatif des résultats (étape3 ; avec consignes ; été)	116
Tableau 4.22 : Besoins de chauffage et de climatisation pour l'étape 3	118
Tableau 4.23 : Tableau récapitulatif, comparatif des puissances et	118
Tableau 4.24 : Tableau comparatif entre les résultats du DTR et STD	120
Tableau 4.25 : Besoin en climatisation selon le type de ventilation	129
Tableau 4.26 : Puissances et besoins énergétiques avec approximations	132
Tableau 4.27 : Besoin en chauffage et en climatisation avant et après les approximations	132
Tableau 4.28 : Conductivité des vitrages	134

NOMENCLATURE

q : flux de chaleur W / m^2

Te : température air extérieur $^{\circ}C$

Ti : température air intérieur $^{\circ}C$

θ_e : température paroi extérieure $^{\circ}C$

θ_i : température paroi intérieure $^{\circ}C$

e : épaisseur m

λ : conductivité thermique $W / m^{\circ}C$

ρ : masse volumique Kg/m^3

c : chaleur massique $Wh/Kg^{\circ}C$

R : résistance thermique $m^2 \text{ }^{\circ}C / W$

r : L'humidité absolue

P : la pression Pa

Qv : débit volumique m^3/h

Qm : débit massique kg/h

ϕ : L'humidité relative

ACRONYME

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (France).

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

BBC : Bâtiment Basse Consommation énergétique.

CDER : Centre de développement des énergies renouvelables

CNERIB : Centre National de la Recherche de l'Industrie du Bâtiment

DTR : Document technique réglementaire.

DV : Double vitrage

ECS : Eau chaude sanitaire

EnR : Energies renouvelables

HPE : bâtiment a haute performance énergétique.

LPL : logement public locatif.

OPGI : Offices de promotion et de gestions immobilières

PNME : Programme national pour la maîtrise de l'énergie

STD : Simulation thermique dynamique.

SV : simple vitrage

THPE : Très haute performance énergétique.

INTRODUCTION GENERALE

Avec la raréfaction des ressources d'énergies fossiles et leurs coûts qui prennent l'ascenseur, en plus des effets négatifs des émissions qui en résultent sur le réchauffement de la planète, on commence à prendre conscience des biens faits d'intégrer le climat dans le mode de construire et d'en faire un facteur important dans la recherche architecturale pour adapter les constructions aux conditions climatiques de la région d'implantation afin d'atteindre le niveau de confort thermique requis à moindre consommation d'énergie.

Le consortium formé par le Centre de développement des énergies renouvelables (**CDER**) et le Centre national d'étude et de recherche intégrée en bâtiment (**CNERIB**) qui a soumissionné et a été retenu pour la construction des habitats à haute efficacité énergétique. L'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (**APRUE**), quant à elle, joue le rôle de point focal algérien pour ces projets.

Le projet en question concerne la réalisation de pas moins de 600 logements de haute performance énergétique (HPE) au niveau de onze Offices pour la promotion et la gestion immobilière (**OPGI**) sur l'ensemble du territoire national. Ce projet-pilote est réparti sur le territoire national à travers onze wilayas représentant les trois zones climatiques : Nord, Hauts Plateaux et Sud. Les logements seront répartis comme suit : Nord : Alger (Hussein Dey) avec 50 unités, Blida (80), Skikda (50), Mostaganem (82), Oran (80). Pour les Hauts Plateaux, les logements seront construits à Laghouat (32), Djelfa (80), Sétif (54). Enfin, pour le Sud, les wilayas retenues sont El Oued (36 logements), Béchar (30) et **Tamanrasset (30)**.

Dans ce cadre, intervient notre travail « Évaluation de la consommation énergétique des logements à haute performance énergétique de TAMANRASSET et opportunité d'utiliser les systèmes solaires » qui a été achevé à l'aide d'un bouquet de logiciels de modélisation et de simulation.

CHAPITRE 1 :

ETAT DE L'ART ET ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Introduction

Avant d'étudier l'efficacité énergétique des bâtiments, il est nécessaire de préciser quels sont les bâtiments qui font l'objet de cette étude. En particulier, les bâtiments à usage résidentiel doivent être distingués des bâtiments à usage industriel. En effet, une part majeure des besoins énergétiques de ces derniers est liée aux divers procédés industriels mis en œuvre en leur sein. La très grande variété de ces procédés ne permet pas d'étudier ces bâtiments de manière générale : une étude au cas par cas serait nécessaire. Au contraire, les bâtiments à usage résidentiel, bien que différents par leurs fonctions, présentent de nombreuses similitudes dans leurs caractéristiques énergétiques (besoins, équipements, structure) ce qui rend leur étude générale plus pertinente.

Dans ce chapitre ; nous allons commencer l'étude en déterminant les besoins de l'occupant ; les bâtiments performants et ses concepts ; les programmes et les enjeux appliqués en Algérie pour améliorer l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment.

1.2. Les besoins de l'occupant dans le bâtiment

Le rôle premier d'un bâtiment est de protéger ses occupants des rigueurs du climat extérieur. Un bâtiment confortable assure à ses habitants un climat intérieur agréable et peu dépendant des conditions extérieures, notamment météorologiques et acoustiques. La gestion optimale de l'énergie, quoique très importante du point de vue de son impact sur l'environnement, intervient en deuxième priorité, lorsque que les conditions de confort sont satisfaites.

Les exigences actuelles peuvent être classées en plusieurs catégories, qui interagissent entre elles: exigences de confort thermique, exigences de qualité d'air, besoins en éclairage, protection acoustique et exigences en termes de consommation d'énergie.

Il faut toutefois insister sur le fait qu'un bon confort n'implique pas automatiquement une grande consommation d'énergie. Par une planification intelligente et intégrée, il est parfaitement possible d'assurer une excellente qualité d'environnement intérieur avec une très faible consommation d'énergie.

1.2.1. Le confort

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

Conditions thermiques:	Température de l'air Sources de rayonnement (radiateurs, poêles, soleil) Température des surfaces environnantes Perméabilité thermique des surfaces en contact avec le corps
Qualité de l'air:	Vitesse relative de l'air par rapport au sujet Humidité relative de l'air. Pureté ou pollution de l'air, odeurs
Acoustique:	Niveau de bruit, nuisance acoustique Temps de réverbération (durée d'écho)
Visuel:	Éclairage naturel et artificiel Couleurs Volumes intérieur et distribution des volumes
Autres influences:	Degré d'occupation des locaux "Ambiance" Etc.

1.2.2. Confort thermique

Le confort est donc une sensation physiologique faisant intervenir plus d'un paramètre.

Le confort thermique ne tient compte que des paramètres suivants:

Les facteurs liés à l'individu:

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

Les facteurs liés à l'environnement:

- Températures de l'air et des surfaces environnantes
- Vitesse relative de l'air et le degré de turbulence
- Pression de vapeur d'eau ou humidité relative.

Il est possible de définir des conditions de confort thermique acceptable et de les représenter dans un diagramme de l'air humide selon divers paramètres, 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 [1].

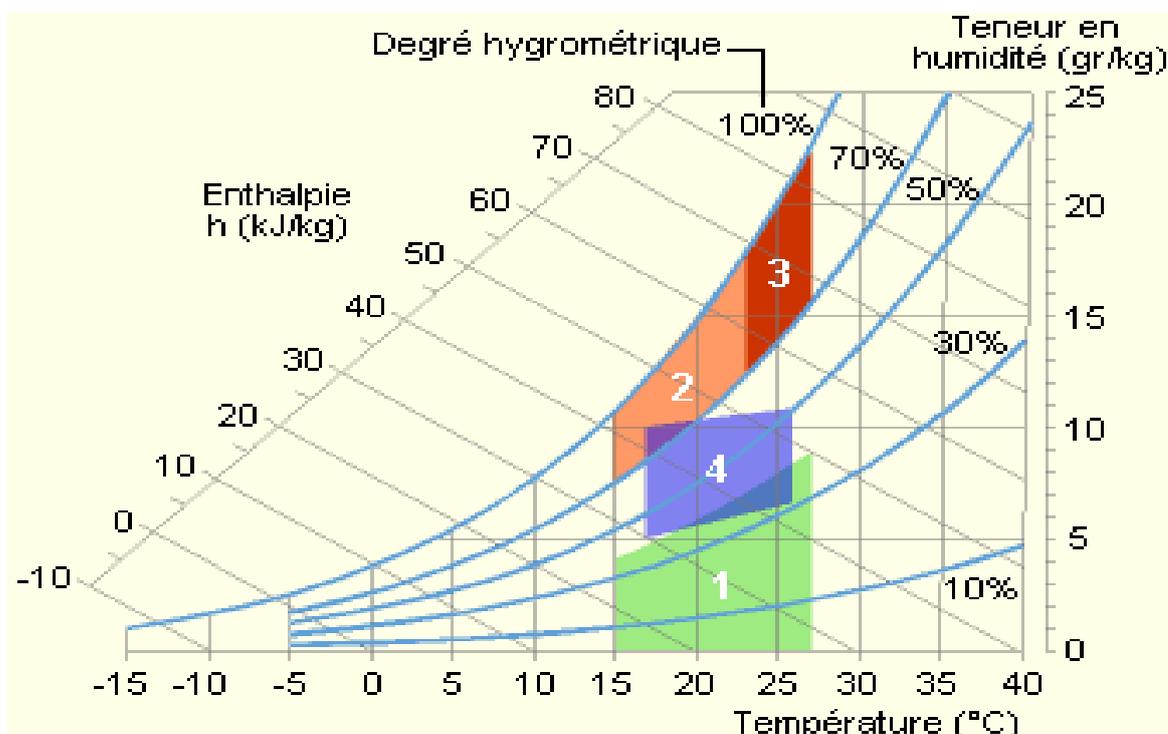


Figure 1.1: Plage de confort sur le diagramme de l'air humide

Zone 1 : à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

Zones 2 et 3 : à éviter vis-à-vis des développements de bactéries, de microchampignons et d'acariens (zone 3).

Zone 4 : Polygone de confort hygrothermique.

1.2.3. Le confort hygrothermique

Dernièrement les chercheurs ont choisi l'appellation du confort 'hygrothermique' au lieu du 'confort thermique', puis que ce dernier concerne uniquement la température, alors que le confort ne dépend pas seulement du paramètre température mais aussi de l'hygrométrie de l'air ambiant.

L'humidité faible ou élevée rend l'atmosphère inconfortable. Lorsqu'elle est inférieure à 20% provoque la sécheresse et le picotement, et supérieur à 80% résulte la sensation d'étouffement chez la personne.

Ces derniers temps le confort « hygrothermique » ou « thermo-hygrométrique » est devenu la nouvelle appellation utilisée par les nouvelles tendances apparues à travers le monde. L'habitat sain au Canada, la bio-construction en Belgique, village solaire en Allemagne et la HQE «Haute Qualité Environnementale » en France.

Les médecins de l'habitat sain affirment que l'homme est un organisme homéotherme, où le confort hygrothermique dans son habitat dépend de la température de l'air et de son mouvement, des surfaces, et de l'humidité. Ils donnent même des valeurs précises pour chaque facteur [2]:

- * Température des murs : 22 plus ou moins 2°C ;
- * Humidité relative entre 40 et 60% ;
- * Température du sol : 19 à 24°C ;
- * Vitesse de l'air : inférieure à 0.15 m/s ;
- * Différence de température entre deux murs d'une même pièce doit être inférieure à 10°C;
- * Différence de température entre le sol et le plafond doit être inférieure à 5°C ;
- * La stratification de chaleur est inconfortable, pas plus de 3°C de différence entre la tête et les pieds des occupants.

1.3. Efficacité énergétique

La notion d'efficacité énergétique est de plus en plus présente lorsque l'on s'intéresse de près aux milieux proches de l'environnement et de la gestion de l'énergie. Tous le monde en parle, et émet une définition, propre à son usage. Mais que veut réellement dire ce terme, employé autant par des gestionnaires que par des spécialistes du domaine ?

Il existe donc de multiples définitions à cette notion. On pourra toutefois retenir que l'efficacité énergétique se réfère au rapport de l'énergie exploitée de manière "utile" sur le total de l'énergie dont on disposait globalement. Ce rapport tend donc vers 1 dans un système parfait, où on ne peut observer de pertes, de gaspillage, et où les différents produits permettant le transport et l'utilisation de cette énergie sont "parfaits". [20]

1.4. Le bâtiment a Haute Performance Energétique HPE

Au milieu des nombreux concepts de bâtiments performants, le bâtiment **HPE** est parmi les plus récents. Identifier les spécificités de ce concept et en proposer une définition est nécessaire et passe notamment par l'analyse des principaux concepts de bâtiments performants existants. L'examen de quelques réalisations correspondant à ces concepts va permettre d'en identifier les éléments techniques (solutions architecturales, méthodes constructives, équipements) les plus adaptés.

Finalement, compte tenu des objectifs du bâtiment, il est possible de retenir un certain nombre de solutions techniques éprouvées ou disponibles à court terme qui pourra constituer un bâtiment **HPE**.

1.4.1. Concepts purement énergétiques

Les concepts purement énergétiques accompagnent des réglementations visant la performance énergétique des bâtiments :

- Réglementation Thermique 2005 en France,

- Réglementation Energie einsparverordnung en Allemagne

Ou sont simplement associées à des labels :

- Minergie en Suisse,
- Passivhaus en Allemagne,
- CasaClima/Klimahaus en Italie.
- En France, la réglementation propose cinq labels (HPE, THPE, HPE EnR, THPE EnR et BBC 2005), soit plusieurs niveaux de performance différents, et incite à l'intégration de sources d'énergies renouvelables au bâtiment.

HPE : Haute performance énergétique, THPE : Très haute performance énergétique, EnR : Energies renouvelables, BBC : Bâtiment Basse Consommation énergétique. [1]

Pour ces approches, les critères évalués sont peu nombreux, bien définis et quantifiables ce qui facilite l'identification des concepts sous-jacents. Ceux qui ont été identifiés sont les suivants :

- **Le bâtiment à basse consommation** ou « **basse énergie** » (en anglais : low energy house)

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

- **Le bâtiment « passif »** (en allemand : Passivhaus, en anglais : passive house)

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

- **Le bâtiment « producteur d'énergie »** (en anglais : near zero energy house)

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

- **Le bâtiment « zéro énergie »** ou « **zéro net** » (en anglais : net zero energy house)

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

- **Le bâtiment « à énergie positive »** (en allemand : Plusenergiehaus)

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

- **Le bâtiment autonome**

Un bâtiment est autonome lorsque sa fourniture énergétique ne dépend d'aucune ressource distante. Ainsi la totalité de l'énergie consommée par le bâtiment est produite sur place à partir de ressources locales. En pratique, le bilan net d'énergie de ce bâtiment est nul à tout instant. Un tel bâtiment se passe des avantages apportés par les réseaux d'approvisionnement (foisonnement, sécurité d'approvisionnement), ce qui impose l'usage de moyens de stockage d'énergie (batteries d'accumulateurs, inertie thermique etc.). Ce type de bâtiment est particulièrement adapté aux sites isolés ou insulaires car il évite les coûts de raccordement aux divers réseaux. **[1]**

1.4.2. Concepts plus larges

Certains concepts découlent d'approches globales qui prennent en compte un grand nombre d'interactions du bâtiment avec son environnement, la question énergétique ne formant qu'une partie de ces interactions. C'est le cas

des méthodes CASBEE (Japon), LEED (États-Unis d'Amérique) et BREEAM (Royaume-Uni) qui visent une labellisation ou une certification, mais aussi de la norme R-2000 au Canada, qui est associée à une réglementation. En France, la démarche HQE® (Haute Qualité Environnementale), proposée aux maîtres d'ouvrage, ne fixe aucun objectif de performances. Des organismes certificateurs proposent des référentiels.

Ces différentes approches globales visent à apprécier la « qualité environnementale » du bâtiment. Cependant, les critères de performances environnementales considérés sont nombreux et variables selon les approches, parfois subjectifs, et donc sujets à débats et controverses. D'autres concepts sont basés sur une approche économique. Les principaux concepts identifiés sont les suivants :

- « **zero utility cost house** », « **net zero annual energy bill** » ou « **zero energy affordable housing** »

Ces expressions, plutôt évoquées au Japon ou aux États-Unis d'Amérique, désignent des bâtiments dont la facture énergétique est nulle : la vente d'une partie de la production énergétique du bâtiment compense les frais engendrés par l'achat de l'énergie consommée (électricité, hydrocarbures etc.). Cette approche est privilégiée dans l'habitat social pour lequel la facture énergétique représente une part importante du budget des occupants. L'objectif est atteint grâce à la réduction des consommations et à l'usage de ressources énergétiques renouvelables gratuites. Mais le bilan dépend de facteurs non physiques tels que les prix des énergies ou les offres commerciales des fournisseurs.

- « **maison neutre en carbone** », « **maison zéro carbone** » ou « **bâtiment à émission zéro** » (en anglais : carbon neutral house ou low carbon house)

Ces expressions désignent un bâtiment dont le fonctionnement n'induit aucune émission de CO₂. Cette orientation, qui s'inscrit dans la démarche du protocole de Kyoto, vise à réduire la participation du bâtiment à l'accroissement de l'effet de serre. La démarche "**zéro carbone**" est généralement associée à un mode de vie, dont la portée, au-delà du bâtiment, englobe les modes de déplacement, voire les modes de consommation des occupants du bâtiment.

L'une des conséquences de cette démarche est l'utilisation exclusive de ressources énergétiques renouvelables.

- Le **bâtiment « vert »**, « **durable** », « **soutenable** » ou « **écologique** » (en anglais : green building)

Ces qualificatifs font référence à des notions surtout symboliques dont les concepts associés sont mal définis. Ils dépassent très largement le cadre énergétique et soulignent plutôt le faible impact environnemental du bâtiment, par exemple par les matériaux mis en œuvre. L'une des multiples facettes de tels bâtiments peut éventuellement correspondre à l'un des concepts présentés plus haut.

- Le **bâtiment « intelligent »** (en anglais : intelligent building)

Cette expression désigne un bâtiment qui présente une forme « d'intelligence », généralement apportée par des automates programmables et des systèmes informatiques de supervision. Ces équipements visent à améliorer la gestion de certaines fonctions modulables du bâtiment, telles que la protection solaire, la ventilation, le chauffage, l'éclairage ou la sécurisation des accès. Il existe une multitude de définitions de ce concept, cependant l'objectif essentiel du bâtiment intelligent semble être l'amélioration du confort et de la productivité des occupants à l'intérieur du bâtiment. Par conséquent les préoccupations énergétiques et environnementales peuvent y être secondaires, voire absentes. [1]

1.4.3. Les critères d'évaluation propres aux bâtiments performants

Il apparaît une forte convergence des concepts décrits au dessus autour de quelques caractéristiques principales telles que :

- le **besoin énergétique annuel de chauffage**, rapporté à une surface, généralement la surface chauffée
- la **consommation d'énergie**, également par unité de surface, pouvant inclure le chauffage, mais aussi l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, la ventilation, les auxiliaires, voire les autres usages de l'électricité, cet indicateur étant le plus souvent exprimé en énergie primaire
- la **production** d'énergie à partir de ressources renouvelables

Les concepts diffèrent surtout par les niveaux d'exigence de chacun d'eux vis-à-vis de ces caractéristiques. Ces niveaux d'exigence constituent des critères permettant de vérifier si les objectifs du concept sont atteints.

Quelques caractéristiques secondaires peuvent s'ajouter aux précédentes, telles que :

- ***l'étanchéité*** du bâtiment à l'air
- les **performances** des équipements et des matériaux mis en œuvre
- des éléments non énergétiques, tels que la nature des matériaux (naturelle ou synthétique), le surcoût de la construction, les émissions de CO₂, le niveau de confort thermique etc.

1.4.4. Principaux labels et réglementations internationaux

Les labels présentés sont utilisés comme cible pour définir les indicateurs de performances énergétiques visées. Avant d'aborder ces labels, il est important de décrire la Réglementation Thermique française; seuil minimum en terme de performance énergétique.

1.4.4.1. Réglementation thermique française

La première réglementation thermique (RT) date de 1975. Cette réglementation a été poursuivie et durcie tous les 5 ans. La réglementation thermique des bâtiments et in fine des logements fait appel à plusieurs textes de loi. Certains de ces textes sont purement écologiques et fixent des objectifs à atteindre que reprennent les réglementations. Nous évoquerons les principaux textes de loi. Et, nous développerons principalement le dernier texte important et applicable dans le domaine du logement, à savoir la **RT2005**.

La RT2005 a pour objectif d'inciter les maîtres d'œuvre et d'ouvrage à améliorer les performances énergétiques de leurs bâtiments dans le cadre technique précisé par les textes. Le Plan climat 2004 a fixé les objectifs de la **RT2005** qui visent une amélioration des performances des bâtiments neufs d'au moins 15%, avec une volonté de progrès tous les cinq ans pour atteindre moins 40% en 2020. **[3]**

La **RT2005** s'inscrit dans la continuité de la RT 2000 dont elle reprend la structure réglementaire et décrit l'ensemble des principes qui permettent aux acteurs de la construction de choisir les solutions les plus économiques pour atteindre la performance exigée.

La **RT2005** favorise la valorisation de la construction bioclimatique comme moyen pour réduire considérablement les besoins en chauffage et pour améliorer le confort d'été. Elle exige une amélioration de l'isolation thermique d'au moins 10% sur les déperditions par les parois et 20% par les ponts thermiques. Parmi ses recommandations : la consommation énergétique primaire pour les besoins de chauffage, rafraîchissement, ventilation, éclairage et production d'eau chaude sanitaire (ECS) d'un bâtiment doit être au maximum de 130 kWh/m².an contre 250 kWh/m².an en cas de chauffage électrique, tandis que le parc existant se situe à 400 kWh/m².an en moyenne. Cette nouvelle réglementation préconise par exemple le remplacement des chaudières à combustibles fossiles par des chaudières basse consommation et les chauffages électriques par des panneaux rayonnants, qui permettent de réduire les consommations actuelles. **[3]**

Plusieurs labels internationaux destinés aux bâtiments dont la consommation est inférieure la RT 2005 ont été mis en place.

1.4.4.2. HPE : Haute Performance Energétique (France)

Le label Haute Performance énergétique **HPE** «*atteste la conformité des bâtiments nouveaux à un référentiel qui intègre les exigences de la réglementation thermique, le respect d'un niveau de performance énergétique globale de ce bâtiment supérieur à l'exigence réglementaire*». Ce label vise les bâtiments neufs dont la performance énergétique est supérieure à la RT2005. Ce label comporte cinq niveaux de performance:

- Le label «haute performance énergétique, HPE» dont la consommation à atteindre est de 10% inférieure à la consommation de référence dans la RT 2005.
- Le label «très haute performance énergétique, THPE» dont la consommation à atteindre est de 20% inférieure à la consommation de référence dans la RT 2005.

- Le label «haute performance énergétique énergies renouvelables, HPE EnR 2005» qui correspond aux spécifications de la HPE, exige un recours aux énergies renouvelables (le système de chauffage doit être alimenté à plus de 60% par des énergies renouvelables, dont la part de la consommation de chauffage à atteindre par un générateur utilisant la biomasse doit être supérieur à 50%). **[3]**
- Le label «très haute performance énergétique énergies renouvelables et pompe à chaleur THPE EnR», qui renforce les exigences du label HPE EnR, correspond à une consommation d'énergie inférieure au moins de 30% à la consommation de référence dans la RT 2005.
- Le label «Bâtiment Basse Consommation, BBC» ou EFFINERGIE exige une consommation inférieure à environ 50 kWh/m².an en résidentiel ou 50% au dessous de la référence réglementaire pour les bâtiments non résidentiels.

1.4.4.3. PassivHaus (Allemagne)

PassivHaus est un Label développé par l'institut de recherche allemand Passivhaus, créé par le Dr. Wolfgang Feist en 1996. Ce label s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires tant en réhabilitation qu'en construction neuve. Le concept de Passivhaus désigne des bâtiments dont les besoins énergétiques pour le chauffage sont inférieurs à 15 kWh/m².an et une consommation en énergie primaire inférieure à 120 kWh/m².an pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité (en plus des usages domestiques).

Ces bâtiments se veulent confortables tant en hiver qu'en été sans avoir à faire appel à un système conventionnel actif de chauffage ou de climatisation. Un bâtiment Passivhaus est composé d'une enveloppe avec une isolation thermique très performante et intégrant un triple vitrage isolant, d'une très faible perméabilité à l'air, d'une récupération d'énergie sur la ventilation et par préchauffage d'air neuf (double flux avec récupération, puits climatique) et de sources d'énergies renouvelables.

1.4.4.4. Zero energy building (USA)

Zero Energy Building est un concept qui est apparu suite à la construction d'une maison sans consommation de chauffage, dans la Task 13 «Solar low energy house» de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) sous la direction scientifique du Fraunhofer Institut. Grâce à des simulations, il a été démontré que les besoins de chauffage peuvent être assurés par l'installation solaire, ce qui ramène sa consommation à zéro.

Parmi les principaux objectifs de ce label:

- La réalisation de bâtiments consommant 30 à 90% d'énergie en moins pour le neuf et 20 à 30% de moins pour l'existant.
- L'intégration de systèmes de production décentralisée afin d'arriver en 2020 à des bâtiments zéro énergie.
- Le développement des technologies qui réduisent les consommations d'énergie et de matière.

Bien que le programme soit ouvert aux bâtiments neufs et à la rénovation, environ 95% du budget est employé pour des projets portant sur le neuf. Des solutions existent pour la rénovation mais, n'ont toujours pas été diffusées.

Le programme "Zero Energy Home" est aussi déployé au Canada, au Japon, en Allemagne, en Nouvelle-Zélande. Ces programmes sont basés sur un même principe à savoir réduire au maximum les besoins en chauffage, de refroidissement et d'électricité, grâce à une enveloppe et des équipements performants et économes dont les besoins en énergie sont satisfaits par du solaire photovoltaïque et thermique. [3]

1.4.4.5. Autres programmes internationaux

D'autres programmes visant la réalisation de bâtiments à faible, ou à très faible consommation d'énergie sont également en cours. Un programme national allemand entièrement consacré à la rénovation a été lancé par le ministère des affaires économiques allemand depuis 1998. Il s'agit du programme EnSan "*ENERGETISCHE SANIERUNG DER BAUSUBSTANZ*" ou "Réhabilitation énergétique de la construction". Ce projet a été mis en place suite au constat fait que plus de 90% de la consommation énergétique pour le

chauffage concerne les bâtiments construits avant 1983. Les bâtiments réhabilités par ce programme ont vu leur consommation de chauffage et d'électricité baisser de 50%.

Le programme de réhabilitation de BASF a été introduit lors de la réhabilitation d'un immeuble de logements sociaux de Fontenay-sous-Bois (Val de Marne) en France.

Une autre approche plus singulière est apparue au Japon sous l'appellation : «*NEW ENERGY TECHNOLOGY (PV) DEVELOPMENT PROGRAMME*». Ce label vise la conception et la production d'habitations construites industriellement et innovatrices souvent dotées de systèmes photovoltaïques.

Des systèmes d'évaluation de l'efficacité environnementale du bâtiment, équivalent à la démarche HQE en France, tels que LEED (USA), CASBEE (Japon) et BREEAM (Grande Bretagne) intègrent eux aussi la dimension de performance énergétique comme exigence environnementale à satisfaire pour accéder à ces labels.

L'intérêt porté par la maîtrise d'ouvrage à ces labels représente un levier très important pour le développement de technologies innovantes. Néanmoins, ce nouvel intérêt ne facilite pas la mission de la maîtrise d'œuvre qui se voit incomber de nouvelles tâches et des compétences qu'elle ne maîtrise pas toujours. Chaque cas de construction, suivant le niveau de performance énergétique souhaité et les moyens mis en œuvre, pose des problèmes qui lui sont spécifiques, et qui nécessitent à chaque fois de trouver un compromis satisfaisant.

1.4.5. Historique de l'habitation performante en Algérie

En 1986, l'Algérie, pays exportateur de pétrole et de gaz naturel, subit de plein fouet le contrechoc pétrolier : les prix du pétrole baissent et provoquent une diminution des rentrées de devises pour le financement de l'activité économique. Dans ce contexte, le pays prend conscience de la nécessité de définir une politique d'efficacité énergétique.

Apparaissent alors les premières préoccupations quant à l'efficacité énergétique puisque cette même année, le ministère de l'énergie propose un modèle de consommation énergétique basé sur le recours au gaz naturel, le développement du GPL dans les transports, et sur la modification des systèmes productifs en vue de rationaliser la consommation. Ces mesures constituent les prémisses de la politique énergétique algérienne, qui repose aujourd'hui sur 4 instruments : une agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie ; un cadre réglementaire assuré par la loi de 1999 ; un fonds national pour la maîtrise de l'énergie ; et des mesures d'incitations et d'accompagnement.

L'Algérie se dote d'un cadre institutionnel en 1987 avec la création de l'Agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE). Cet établissement public est chargé de missions d'information, de communication et de formation en direction de tous les acteurs publics et privés de l'énergie, et particulièrement de l'établissement de partenariats avec ces différents acteurs afin d'impulser des programmes d'actions transversaux.

Dans le secteur public, l'APRUE doit veiller à la prise en compte de la maîtrise de l'énergie dans les programmes d'investissement prioritaires publics dans les secteurs de consommation tels que le bâtiment, l'industrie et les transports.

Dans le secteur privé, l'Agence doit identifier des programmes et projets qui s'inscrivent dans la logique du « triple dividende » (économique, énergétique, environnemental) susceptibles d'intéresser les investisseurs privés et publics et la coopération internationale. L'APRUE a également élaboré le programme national pour la maîtrise de l'énergie (PNME, 2006-2010), et elle est chargée de le mettre en œuvre et d'en assurer le suivi.

Le PNME constitue le cadre d'exercice de la politique algérienne d'efficacité énergétique puisqu'il définit ses objectifs et les moyens de sa mise en œuvre sur la base d'études de perspectives énergétiques et de données socioéconomiques. Le programme se décline sous forme d'un plan d'action qui s'intéresse à l'ensemble des secteurs de consommation, notamment celui du bâtiment.

Pour la période 2006-2010, le plan d'action relatif au secteur du bâtiment résidentiel prévoit les actions exposées dans le tableau ci-dessous:

Axe d'invention	Taux d'aide(%)	Apport FNME (MDA)	Investissements générés (MDA)	Valorisation à l'export (MDA)	Economie d'énergie (Tep)	Tonnes CO ₂ évités
Eclairage performant	100	526	526	1453.4	55900	167700
Froid performant	80	80	100	156.5	6020	18060
Eau chaude solaire	45	20	44	26.83	1032	3095
Logements HPE	80	100	126	134.1	5160	15480
Rénovation thermique	80	16	20	21.24	817	2451
	Total	742	816	1792	68929	206786

Tableau 1.1 : Plan d'action relatif au secteur du bâtiment résidentiel [4]

Aussi, pour assurer l'animation et la coordination de la politique de maîtrise de l'énergie, l'Algérie met en place en 2004 le Comité intersectoriel de la maîtrise de l'énergie, un organe consultatif placé auprès du ministre chargé de l'énergie.

Ce Comité a notamment pour mission d'organiser la concertation et le développement des partenariats public privé. Composé de représentants des ministères, des entreprises, des chercheurs, de la société civile et du directeur de l'APRUE, le comité émet des avis sur des questions liées à l'évolution de la politique de maîtrise de l'énergie et des moyens qui lui sont consacrés, et sur les travaux d'élaboration, de mise en œuvre et de suivi du programme national pour la maîtrise de l'énergie.

Dans les années 1990, l'Algérie développe plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Suite à une réflexion sur la consommation active et passive des logements neufs initiée en 1995, le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme met en place des Documents techniques réglementaires (DTR) en 1997.

Ceux-ci déterminent notamment les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques concernant les bâtiments neufs à usage

d'habitation et tertiaire, les méthodes de calcul des déperditions et des apports calorifiques, les valeurs limites pour le climat intérieur des locaux et les zonages climatiques.

Ces DTR ont par la suite été approuvés par le ministère de l'Énergie et des Mines et ont fait l'objet, en 2000, d'un décret portant sur la réglementation thermique dans les bâtiments neufs en application à la loi relative à la maîtrise de l'énergie adoptée le 28 juillet 1999.

L'application de la réglementation thermique devait prendre effet dès 2005 et devait permettre de réduire de 30 % la consommation d'énergie des bâtiments neufs, hors poste climatisation. Outre les normes et exigences d'efficacité énergétique portant sur l'isolation thermique dans les bâtiments neufs, la loi sur la maîtrise de l'énergie introduit des normes de performance énergétique des appareils fonctionnant à l'électricité, au gaz et aux produits pétroliers, mais aussi le contrôle d'efficacité énergétique et l'audit énergétique obligatoire et périodique pour les bâtiments du secteur tertiaire.

Cette loi prévoit également le financement des actions relatives à la maîtrise de l'énergie par la mise en place d'un Fonds national, qui permettra notamment de mettre en œuvre les différentes mesures incitatives financières prévues par cette même loi. Le FNME (Fonds national pour la maîtrise de l'énergie) est alimenté par des taxes sur la consommation énergétique (électricité et gaz) prélevées auprès des gros consommateurs, et peut être abondé par des fonds internationaux.

Enfin, en cas de non respect des dispositions énoncées par la loi relative à la maîtrise de l'énergie, des sanctions sont prévues. Elles peuvent se traduire par des taxes, par exemple sur les appareils neufs fonctionnant à l'électricité, au gaz ou aux produits pétroliers dont la consommation est excessive par rapport aux normes d'efficacité énergétique, des amendes pour les établissements qui ne se conforment pas à l'obligation d'audit énergétique dans les 6 jours, ou d'autres sanctions, notamment pour l'infraction aux dispositions relatives à l'étiquetage et la non-conformité aux normes établies par la réglementation thermique dans les bâtiments neufs.

Cependant, malgré toutes les dispositions prévues par la loi relative à la maîtrise de l'énergie et la tenue en 2001 d'une « Conférence nationale sur la maîtrise de l'énergie dans un contexte d'économie de marché » recommandant la mise en œuvre opérationnelle des différents outils, organismes et instruments définis par cette loi, il semblerait que la volonté politique des décideurs publics algériens soit axée sur le prix des matières premières : avec l'envolée des prix des hydrocarbures, l'engouement pour la maîtrise de l'énergie visible à la fin des années 1980 aurait disparu et cette préoccupation reléguée au second plan par le gouvernement.

En témoigne l'inefficacité du mécanisme de contrôle et de sanctions et par là même la non application de la réglementation thermique dans les bâtiments neufs. De plus, le système de décision des projets de construction dépendant entièrement de la volonté du Président, aucune concertation n'est engagée avec les acteurs concernés.

Ainsi, pour répondre à la pénurie de logements, les critères de construction prioritaires sont la rapidité et le faible coût, et aucune réflexion sur la conception des bâtiments n'est engagée. C'est donc la hiérarchie des priorités qui ne s'est pas révélée favorable à l'application des dispositions prévues par la loi relative à la maîtrise de l'énergie.

Aussi, l'APRUE ne dispose pas de l'influence ni des moyens nécessaires pour porter l'efficacité énergétique en tant qu'axe principal de la politique énergétique et de logement de l'Algérie. L'APRUE est finalement « court-circuitée » par le pré carré présidentiel : la base institutionnelle sur laquelle s'appuie la politique d'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel s'avère peu influente et en proie aux fluctuations des priorités sans cesse redéfinies par le gouvernement, et par là même aux fluctuations des moyens financiers qui lui sont accordés. L'APRUE devra par conséquent se doter d'une équipe polyvalente et indépendante ainsi que de moyens conséquents pour relever les défis qui lui sont posés par rapport à la mobilisation des acteurs autour des enjeux liés à la maîtrise de l'énergie dans le secteur résidentiel.

1.4.6. Politique et enjeux dans le secteur des bâtiments en Algérie

L'Algérie veut combler son retard en matière d'efficacité énergétique dans le bâtiment. Outre la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique sur tout le territoire national, dès le premier semestre 2011, l'expérience doit être rééditée durant le prochain quinquennat avec 3000 autres logements de type public locatif (LPL).

Dans le prochain plan quinquennal, il a été également prévu la réhabilitation thermique de 4000 logements. Ces divers projets s'inscrivent dans le cadre du programme Eco-Bat, initié par l'agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE). Il vise l'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation. L'intérêt tout particulier porté par les pouvoirs publics sur le bâtiment est qu'il s'agit d'un secteur énergivore.

1.4.6.1. Programme ECO-BAT

Le secteur résidentiel en Algérie est à l'origine de 36% de la consommation énergétique finale nationale [33]. L'évolution de sa consommation en énergie est en progression continue, du fait même du rythme de croissance du parc de logements et des taux d'équipement des ménages notamment en appareils électrodomestiques.

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

C'est dans ce cadre que l'APRUE et 11 OPGI (Offices de promotion et de gestion immobilières) ont signé, le 14 mai 2009, au siège du ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, une convention définissant les conditions et les modalités d'intégration des mesures d'efficacité dans 600 logements pilotes

répartis sur onze wilayas : Laghouat, Béchar, Blida, Tamanrasset, Alger, Djelfa, Sétif, Skikda, Mostaganem, Oran et El Oued.

Pour les experts de l'APRUE, les logements prévus dans le programme ECO-BAT présenteront la particularité d'exploiter les opportunités offertes par les conditions des climats locaux afin d'assurer un confort intérieur optimal.

Ils présenteront des solutions répondant à une logique de réduction des besoins énergétiques et d'optimisation des fonctions de l'enveloppe architecturale : réduire les déperditions thermiques, exploiter l'éclairage naturel et assurer le confort thermique d'été et d'hiver.

Le programme ECO-BAT a pour ambition également d'ouvrir des perspectives en termes de promotion des matériaux efficaces en énergie et de généralisation des stratégies conceptuelles, il a aussi pour objectif de généraliser les bonnes pratiques dans la conception architecturale de l'efficacité énergétique dans un secteur éminemment important de l'économie nationale. A travers le programme ECO-BAT, les pouvoirs publics se proposent d'apporter un soutien financier et technique à la réalisation de ces logements assurant une optimisation du confort intérieur en réduisant la consommation d'énergie liée à la consommation d'appareils électrodomestiques énergétivores, au chauffage et à la climatisation.

Par ce programme ECO-BAT, les deux agents et acteurs d'un logement bioclimatique dans le cadre d'un développement durable, que sont ici l'APRUE et les OPGI, projettent de réussir, à court terme, à réduire de près de 40% la consommation énergétique des ménages, mais également faire descendre le taux d'émissions de gaz à effet de serre et surtout à maîtriser la consommation d'énergie qui reste pour beaucoup de pays, dont l'Algérie, une préoccupation majeure [5].

1.4.6.2. DTR (Documents Techniques Réglementaires)

La mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs [6].

Le DTR apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour :

- ✓ le problème d'hiver en introduisant non seulement les déperditions calorifiques, mais également les apports solaires et internes,
- ✓ problème d'été,
- ✓ aux locaux à usage autre que l'habitation,
- ✓ à l'aération des locaux,
- ✓ à la migration des vapeurs d'eau et à sa condensation.

Dans le cadre de cette réglementation le Centre National de la Recherche de l'Industrie du Bâtiment [CNERIB] a préparé trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment à savoir:

- Le DTR.C 3-2 qui établit les règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation.
 - Le DTR.C 3-4 relatif aux règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments à usage d'habitation.
 - Le DTR.C 3-31 relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation.
- Cette réglementation dont la finalité est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse ainsi de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti.

La mise en application de cette réglementation permettra d'après leurs estimations de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation.

Cependant, sa mise en application effective nécessitera notamment, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs à travers notamment des journées techniques dédiées à cet effet. **[21]**

- Objets et domaine d'application

Le document technique réglementaire (DTR) a pour l'objet de fixer les méthodes de :

- ✓ Détermination des déperditions et des apports calorifiques des bâtiments ;

- ✓ Vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique ;
- ✓ Dimensionnement des installations de chauffage et de climatisations des bâtiments ;
- ✓ Conception thermique des bâtiments...ect

Ces méthodes s'appliquent aux locaux:

- à usage d'habitation ;
- d'hébergement (chambres collectives, dortoirs, salles de repos, ...) ;
- à usage de bureaux ;
- d'enseignement (classes, salles d'études, ...) ;
- d'accueil (bibliothèque, bureaux de poste, banques, ...) ;
- de réunion (salle de spectacle, lieux de culte) ;
- de vente (boutique, supermarché, ...) ;
- de restauration (café, restaurant, ...) ;
- à usage artisanal (salon de coiffure, laboratoire de boulangerie, petits ateliers...)

Tous les concepts présentés dans cette partie convergent autour de quelques critères simples visant à l'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment, à la valorisation des ressources énergétiques locales ou à l'intégration de préoccupations environnementales ou économiques. Seuls l'approche retenue, le niveau d'exigence et les spécificités géographiques locales expliquent la variété des critères considérés.

Définir l'ensemble des bâtiments « *à basse consommation et producteurs d'énergie* » 'qui intègre notamment les bâtiments à basse consommation, les bâtiments passifs et les bâtiments à énergie positive' ne pose aucun a priori sur la valeur des bilans d'énergie ni sur les choix technologiques envisageables. Le bilan énergétique doit être considéré avant tout comme un objectif de conception, dont seules des mesures sur un bâtiment réel permettront d'attester la validité.

En particulier, le standard bâtiment passif, en raison de son large développement et du retour d'expérience qui en découle, pourra constituer une base de travail pertinente pour l'étude de bâtiments **HPE**. [21]

1.4.6.3. Programme de l'efficacité énergétique

Le programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale.

L'objectif de l'efficacité énergétique consiste à produire les mêmes biens ou services, mais en utilisant le moins d'énergie possible. Ce programme contient des actions qui privilégient le recours aux formes d'énergie les mieux adaptées aux différents usages et nécessitant la modification des comportements et l'amélioration des équipements.

Le plan d'action en matière d'efficacité énergétique se présente comme suit :

- **Isolation thermique des bâtiments**

Les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur portent notamment sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettront de réduire d'environ 40% la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation des logements.

- **Développement du chauffe-eau solaire**

La pénétration du chauffe-eau solaire (CES) en Algérie reste embryonnaire mais le potentiel est important. Il est prévu, dans ce sens, le développement du chauffe-eau solaire en le substituant progressivement au chauffe-eau traditionnel. L'acquisition d'un chauffe-eau solaire est soutenue par le fonds national pour la maîtrise de l'énergie(FNME).

- **Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie**

L'objectif assigné à la stratégie d'action est l'interdiction graduelle de la commercialisation des lampes à incandescence (lampes classiques couramment utilisées par les ménages) sur le marché national à l'horizon 2020. En parallèle, il est prévu la mise sur le marché de quelques millions de lampes

à basse consommation. Par ailleurs, la production locale des lampes à basse consommation sera encouragée, notamment, par le recours au partenariat entre les producteurs locaux et étrangers.

1.5. Etude bibliographique

Les études réalisées sur les bâtiments performants ainsi que efficacité énergétique sont nombreux ; on cite quelques unes :

Melle MEDJELEKH DALEL ; « Impact de l'inertie thermique sur le Confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma) » ; Mémoire de magister en architecture bioclimatique ; 2006 Université de Constantine.

Cette recherche présente une opportunité d'évaluer les performances des techniques passives, sous les conditions climatiques de Guelma. Son côté technique et son approche de rendement thermique ne doit pas faire oublier qu'aujourd'hui le confort est une notion importante qui se traduit par la mise en valeur de critères liés au cycle de vie du bâtiment et des matériaux.

L'étude pose le problème de la conception non étudiée de l'enveloppe (l'inertie) des maisons du point de vue dimensionnement (épaisseur) et le choix inadapté des matériaux de construction utilisés, sous nos climats. Ce ci conduit en fait à l'inconfort et par conséquent la consommation irrationnelle de l'énergie (électricité, gaz) à l'intérieur des habitations.

Une investigation menée sur une maison de l'époque coloniale à Guelma afin d'estimer le rôle de l'inertie sur le confort hygrothermique. En plus, une villa contemporaine choisie en comparaison pour évaluer l'impact de l'inertie thermique sur la consommation énergétique des bâtiments. Parallèlement une simulation à l'aide d'un logiciel informatique TRNSYS (version 14.1) effectuée pour valider les résultats de l'investigation, et permet de tester divers paramètres qui peuvent aboutir à des meilleures conditions [2].

Magdalena MALEK ; « La Belgique, un paradis fiscal de la maison passive » Mémoire de Fin d'Etudes Master en Sciences et Gestion de l'Environnement 2009 Université Libre de Bruxelles.

Ce mémoire a pour objectif d'établir la situation des avantages au niveau de la Belgique. La complexité due au système institutionnel belge ainsi que les différences entre les prix de l'immobilier par endroit, les impôts fonciers, les taxes et éco-primaires provinciales et communales ne permettent pas de distinguer quelle est la région qui favorise le plus les investissements en faveur de l'efficacité énergétique et la réalisation de maisons « basse énergie » ou passives.

Une recherche a été menée dans certains pays limitrophes afin de comparer les aides financières et de déterminer si la Belgique peut être considérée comme un « paradis fiscal pour l'investissement passif ».

Ce mémoire s'est attaché à rechercher l'endroit le plus avantageux (le paradis fiscal de la maison passive ?) mais il n'est pas possible de dire exactement quel pays/région offre la situation la plus avantageuse, surtout que celle-ci (i) dépend de la situation des ménages, (ii) change substantiellement d'une « région » (département ou Land) ou d'une commune à l'autre et (iii) que toutes ces aides sont constamment modifiées [7].

Benjamin PARIS; « Gestion optimale des échanges énergétiques dans un habitat individuel » ; Thèse mastère spécialisé ; énergies renouvelables et leurs systèmes de production ; 2006 ; Ecole nationale supérieur d'arts et métiers (France).

Il s'agit d'étudier les performances des bâtiments d'un point de vue énergétique, ainsi que l'intégration des énergies renouvelables. Dans ce cadre, la thèse professionnelle a pour sujet la création de modèles d'enveloppes différentes pour des habitats individuels, et d'étudier leurs performances et leurs comportements, en s'appuyant sur un logiciel de modélisation et de simulation nommé Pléiades+Comfie.

En complément de cette étude, le logiciel « SoftGéothermie » a pour but de répondre aux souhaits des professionnels de caractériser le fonctionnement

d'une installation géothermique intégrant une pompe à chaleur, de quantifier ses apports, ainsi que ses retombées économiques et environnementales [8].

Nazila Kahina HANNACHI-BELKADI ; « Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie » ; Thèse de doctorat en Génie Civil ; 2008 ; Université Paris Est.

Cette recherche consiste à développer une méthodologie et des outils qui visent à améliorer la qualité du processus de conception en s'appuyant sur les travaux du CSTB sur le commissionnement. Ce processus qualité doit permettre d'évaluer régulièrement les différents choix réalisés par les différents acteurs en considérant le bâtiment comme un système complexe composé de sous-systèmes (enveloppe, chauffage, ventilation, etc.), de gérer les imprévus, de minimiser les pertes d'information et de rappeler les objectifs tout au long du cycle de vie du bâtiment [3].

François RUELLE ; « Le standard « maison passive » en Belgique : potentialités et obstacles » ; mémoire de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement ; 2008 ; Université Libre de Bruxelles Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire.

Ce mémoire présente les principes fondamentaux de concept « maisons passives », d'évaluer son potentiel et de déterminer les obstacles éventuels à son développement. Il parcourt différents concepts d'habitations et en présente les principes et nuances : les maisons « écologiques », « bioclimatiques », « basse-énergie », « passives », à « zéro énergie » et à « énergie positive » sont ainsi abordées, en insistant sur le concept de maison passive et en en présentant les caractéristiques fondamentales. Ensuite le contexte et les enjeux dans le Monde, en Europe et en Belgique.

A la fin il détermine les obstacles principaux au développement des constructions à (très) basse énergie. Ceux-ci sont répertoriés et rassemblés en 3 catégories principales : les obstacles « communicationnels », « psychologiques » et « pratiques » [9].

Stéphane THIERS ; « Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive » ; Thèse Doctorat Spécialité “Energétique” ; 2008 ; école nationale supérieure des mines de Paris.

Le travail réalisé est passé par la caractérisation des bâtiments à énergie positive, par leur modélisation, puis par l'évaluation de leurs performances à travers la simulation de bâtiments existants ou en phase de conception.

Dans cette étude, plusieurs choix ont été réalisés pour fixer précisément les hypothèses, notamment la nature des technologies les plus adaptées à la réalisation de bâtiments à énergie positive, mais aussi les outils de calcul et d'aide à la conception qui ont été utilisés par la suite. Elle a fait ressortir, en complément des aspects traités antérieurement, les besoins de modélisation en matière de ventilation performante, et en matière de production d'électricité et de chaleur par micro-cogénération.

Elle a porté sur l'amélioration de l'outil de calcul par l'intégration au modèle de bâtiment, d'un système de chauffage aéraulique couplé à un ballon de stockage et à une unité de micro-cogénération. Cette phase a nécessité la mise en œuvre d'un banc d'essai pour la caractérisation du comportement d'une unité de micro-cogénération à bois et la modélisation d'un ensemble de circuits d'eau couplant les différents éléments.

En complément de cette étude, l'utilisation de l'outil pour la simulation de bâtiments et la réalisation de bilans. Trois cas de figures ont été étudiés : deux maisons jumelles passives, une maison individuelle réhabilitée, un bâtiment de logement collectif rénové, chacun s'appuyant sur un bâtiment existant, amélioré en vue de rendre son bilan énergétique positif. Les simulations ont permis d'en déduire les bilans énergétiques et environnementaux correspondants [1].

Jean-Marc Zraggen ; « Bâtiments résidentiels locatifs à haute performance énergétique: objectifs et réalités » ; Thèse doctorat en sciences, mention interdisciplinaire ; 2010 ; Université de GENÈVE faculté des sciences.

Ce travail apporte des éléments de réponse à des questions sur l'efficacité énergétique et leur coût ainsi que la performance de ces bâtiments par rapport aux constructions traditionnelles par une analyse approfondie d'un complexe de logements Minergie situé dans le quartier du Pommier à Genève. Nous avons instrumenté en profondeur un des bâtiments et mesuré pendant quatre ans tous les flux énergétiques ainsi que les conditions météorologiques in-situ.

Une analyse énergétique et économique des solutions d'efficacité énergétique mises en œuvre dans ces bâtiments a été réalisée. Ces résultats ont ensuite été mis en perspective avec une analyse de plusieurs indicateurs pertinents menée sur une dizaine de bâtiments similaires de construction traditionnelle.

Ce travail est organisé en deux parties. La première partie analyse en profondeur la performance énergétique et économique d'un des trois bâtiments du complexe du Pommier. Puis, dans la seconde partie, ces résultats sont mis en perspective par rapport à la performance de neuf autres bâtiments de logements de taille similaire [10].

1.6. Conclusion

L'état de l'art et l'étude bibliographique présentés dans cette partie ont permis d'identifier les enjeux, les objectifs et les caractéristiques des bâtiments performants, de proposer une définition du bâtiment HPE et d'identifier les équipements les plus adaptés à ce type de bâtiment ; en particulier les bâtiments passifs.

Dans le cadre d'amélioration de l'efficacité énergétique du bâtiment ; ainsi que le programme national pour la maîtrise de l'énergie ; un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique a été mise en place dans 11 wilayas parmi ces projets la réalisation de 30 logements HPE à Tamanrasset.

Dans ce contexte, nous avons entrepris une étude énergétique d'un logement individuelle type F3, (70 m² habitable) pour réaliser un confort thermique adéquat.

Le chapitre suivant, porte sur les détails de calcul.

CHAPITRE 2 :

PRESENTATION DU LOGEMENT D'ETUDE DANS LE SITE DE TAMANRASSET

2.1. Introduction

L'essor de « l'architecture solaire » puis « bioclimatique » permet à la fois la théorisation et la concrétisation de cette réflexion dans la production normale du cadre bâti. Cette expression vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle », c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement.

L'intérêt du 'bioclimatique' va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, ce qui en fait un facteur fondamental de l'art de construire.

Pour cela, il faut veiller à:

- Préserver les ressources énergétiques conventionnelles,
- Réduire les coûts des investissements énergétiques, notamment en matière de chauffage et de climatisation,
- Réduire l'impact des énergies fossiles sur l'environnement.

Avec la raréfaction des ressources d'énergies fossiles et leurs coûts qui prennent l'ascenseur, en plus des effets négatifs des émissions qui en résultent sur le réchauffement de la planète, on commence à prendre conscience des biens faits d'intégrer le climat dans le mode de construire et d'en faire un facteur important (pour ne pas dire prépondérant) dans la recherche architecturale pour adapter les constructions aux conditions climatiques de la région d'implantation afin d'atteindre le niveau de confort thermique requis à moindre consommation d'énergie.

Dans ce chapitre ; nous allons déterminer les différentes zones climatique en Algérie et ses caractéristiques ; le concept architectural ; puis une description du projet.

2.2. Classification du climat en Algérie

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

Zone A : Littoral marin ;

Zone B : Arrière littoral montagne,

Zone C : Hauts plateaux ;

Zone D : Présaharien et saharien.

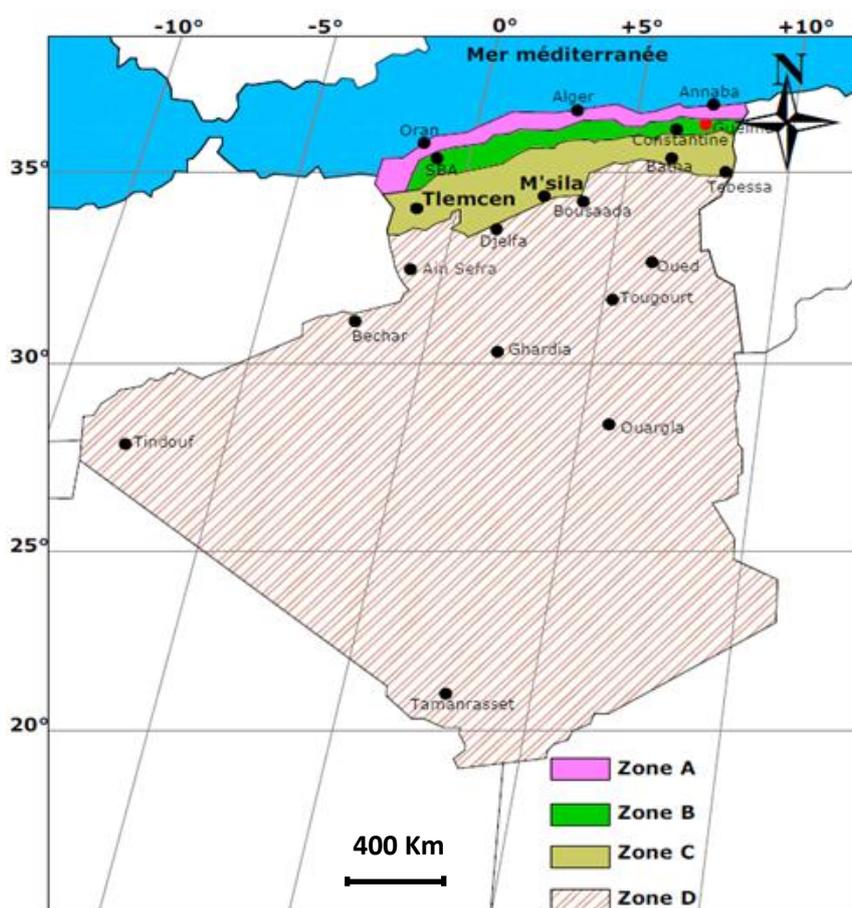


Figure2.1 : Classification du climat en Algérie. [2]

Le littoral marin jouit d'un climat particulièrement tempéré, dû à la l'action modératrice de la mer. Caractérisé par des hivers doux et pluvieux, et des étés chauds et humides avec de faibles amplitudes.

Zone A : littoral marin	
Localisation	Latitude : entre la limite supérieure de 35°N à l'ouest à 37°25N à l'est La limite inférieure de 35°15 à l'ouest à 37° 35 à l'est,
Variations saisonnières	spectre climatique varié de chauds étés avec soleil abondants et peu de pluies et des hivers modérés,
Températures	20 à 25 °C,
Précipitations	assez pluvieux de 500 mm,
Humidité	peu élevée,
Vents	modérés, nord à nord ouest en hiver.

Tableau 2.1 : Caractéristiques spécifiques de la zone A. [2]

Le climat de l'arrière littoral montagne est plus froid en hiver, où l'altitude et l'éloignement de la mer entraînent une baisse de température et des amplitudes diurnes et annuelles. Les étés sont chauds et moins humides.

Zone B : Arrière littoral montagne	
Localisation	Latitude: entre la limite supérieure de 35°10 N à l'ouest à 37°35N à l'est La limite inférieure de 35°25 à l'ouest à 36° 25 à l'est,
Variations saisonnières	avec des hivers plus frais.

Tableau 2.2 : Caractéristiques spécifiques de la zone B. [2]

Or, le climat des hauts plateaux est relativement homogène, à tendance aride et très continentale. Ses hivers sont plutôt froids et longs qu'à la même altitude dans la zone A et B. Les températures sont très basses avec une fréquence de neige. Ses étés sont chauds et secs.

Zone C : Hauts plateaux	
Localisation	Latitude: entre la limite supérieure de 35°25N à l'ouest à 36°25N à l'est La limite inférieure de 34°50 à l'ouest à 35° à l'est,
Températures	supérieure à 30°C. Ecart important (15-18). En hiver, les températures tombent en dessous de 0,
Précipitations	environ 300mm mais très variable,
Humidité	peu élevée,
Conditions célestes et rayonnement	ciel clair avec des périodes de nuage léger. Rayonnement diffus modéré, des nuages et rayonnement réfléchi par le sol de modéré à élevé,
Vents	Essentiellement de direction ouest. Tendent à être forts débutant en fin de matinée atteignent le maximum dans l'après midi. Nuits calmes.

Tableau 2.3 : Caractéristiques spécifiques de la zone C. [2]

Le climat Présaharien ou saharien quant à lui est caractérisé par l'intensité du rayonnement solaire et une faible humidité, d'où le caractère du climat aride. L'absence de nuages favorise une forte amplitude de température. La période froide est plus courte avec des jours modérés et des nuits très froides. L'été est très chaud et rigoureux, les températures atteignent les 45°C à l'ombre.

Les vents sont chauds et sont fréquemment accompagnés de tourbillons de sable et de poussière. Les précipitations sont rares et interviennent souvent sous forme d'averses ou de pluies orageuses.

La température du corps augmente avec l'activité physique et, pour qu'elle reste voisine de 37°C, le corps doit perdre la chaleur à la même vitesse qu'elle a été produite en l'échangeant avec l'environnement: c'est la thermorégulation. Cet échange se produit, approximativement, pour 1/3 par convection, 1/3 par rayonnement, 1/4 par sudation et le reste par ingestion de nourriture.

Le confort thermique est estimé essentiellement en fonction des paramètres climatiques extérieurs. Dans les zones arides, les besoins de chauffage en hiver sont faibles, bien que réels, mais les besoins de refroidissement, en été, soient beaucoup plus importants.

Zone D : Présaharien et Sahara	
Localisation	Latitude: entre la limite supérieure de 34°50N à l'ouest à 35°N à l'est. La limite inférieure de 19° à l'est et à l'ouest,
Variations saisonnières	02 saisons, chaude et froide,
Température	Max : 45°C et entre 20-30°C en hiver, variation saisonnière de 20°C. L'effet de la latitude les hivers deviennent de plus en plus froids,
Précipitations	Pluies rares, torrentielles par moments,
Humidité	réduite entre moins 20% après midi à plus de 40% la nuit,
Conditions célestes et rayonnement	ciel clair pour une grande partie de l'année, mais les vents sable et les tempêtes sont fréquents, arrivant généralement les après midis. Rayonnement solaire intense augmenté par les rayons réfléchit par le sol,
Végétation	extrêmement clairsemée,
Vents	généralement locaux.

Tableau 2.4 : Caractéristiques spécifiques de la zone D. [2]

2.3. Climat saharien et conception architecturale

L'homme est capable de maintenir sa température plus ou moins constante, dans une fourchette de conditions environnementales données, soit par des mécanismes physiologiques involontaires, soit avec un usage judicieux de tenue vestimentaire ou avec la variation de l'activité physique.

Ceci ne peut pas être suffisant sous des conditions climatiques difficiles comme c'est le cas dans les zones arides du Sahara à climat très dur. Dans ce cas, c'est le bâtiment qui doit assurer la fonction de confort de l'utilisateur, pour qu'il puisse pratiquer ses activités normalement.

Pour atteindre un tel objectif, le concepteur est appelé à réunir les conditions favorables à la majorité des personnes, occupant un espace donné, par une analyse bioclimatique détaillée qui lui permet d'estimer le confort thermique en fonction des paramètres climatiques externes et faire le choix des techniques architecturales les mieux appropriées au cas étudié.

L'appréciation du confort thermique dépend des personnes. Cependant, en jouant sur des paramètres essentiels comme la température, les mouvements d'air et l'humidité, un équilibre satisfaisant peut être trouvé. L'ajustement de ces paramètres s'obtient en isolant thermiquement le logement, en améliorant les performances des fenêtres, en choisissant des systèmes de chauffage et d'aération adaptés au bâtiment et au mode d'occupation, en installant une régulation. On peut se protéger des surchauffes l'été en créant des courants d'air, en équipant les portes et les fenêtres de protections solaires adaptées, éventuellement en installant un climatiseur.

Dans les milieux arides, ce ne sont pas les températures moyennes journalières qui sont inconfortables, mais plutôt la fluctuation qui est à la base de l'inconfort. Pour atténuer cet effet, on réalise des parois de grande inertie thermique qui ont la capacité de stocker la chaleur pendant la journée pour la restituer la nuit, au moment où les usagers ouvrent leurs fenêtres pour ventiler et rafraîchir les espaces internes.

D'une façon générale, la température de l'air dans la ville est toujours supérieure à celle de son environnement. Cette différence est due, d'une part à la chaleur générée par les moyens de transport, le chauffage, le conditionnement d'air, les usines, et d'autre part par la basse vitesse de refroidissement des masses de béton qui, en raison de leur haute inertie thermique, restituent, la nuit, la chaleur accumulée pendant le jour.

Le degré hygrométrique, le rayonnement solaire (qui dépend surtout de l'albédo des surfaces urbaines), les couleurs et la couverture végétale influent sur l'élévation de la température et la réduction du taux d'humidité relative. Pour les zones arides, le climat et l'environnement, doivent être déterminant et non facultatifs dans toute étude de bâtiment.

Le mode de construire ancien adaptait l'architecture aux facteurs sociaux, culturels et climatiques pour pouvoir supporter des conditions de vie parfois difficiles, que cela soit au sud ou au nord. Le besoin de construire beaucoup, vite et pas cher a entraîné une rupture entre l'architecture et le climat, ce qui nécessite le recours abusif à des systèmes mécaniques de conditionnement d'air énergivores pour atteindre le confort thermique requis dans les locaux.

Le choix du site d'implantation est le premier facteur garantissant une conception architecturale thermiquement performante bien qu'il n'affecte ni les températures ni les humidités, mais il a un effet non négligeable sur le vent, la pluie et le rayonnement solaire.

En effet, l'observation des choix effectués, depuis l'antiquité, en matière de zones constructibles, doit orienter le processus de recherche du terrain adéquat. La morphologie et la pente du terrain, l'exposition au soleil, les masques de protection contre les vents dominants, sont autant d'éléments à prendre en compte.

Dans l'architecture traditionnelle des milieux arides, le confort de l'utilisateur était assuré par une combinaison de plusieurs stratégies passives de contrôle thermique, qui sont le résultat d'une connaissance approfondie des conditions climatiques. Ainsi, la réduction des températures internes pouvait être réalisée au moyen de concepts de refroidissement passifs tels que : évaporation, convection, rayonnement nocturne, ventilation, absorption de l'humidité en climat chaud et humide, radiation vers la voûte céleste, bâtiment enterré.

Un choix judicieux des matériaux de construction participe à la réduction des températures de l'air ambiant à l'intérieur des locaux. Leurs effets thermiques dépendent de deux qualités principales, la résistance thermique et la capacité calorifique.

Les parois et le renouvellement de l'air sont les principales sources de déperditions thermiques dans une construction. Il faut donc, réduire les besoins en assurant une bonne étanchéité à l'air (isolation) et une bonne aération en privilégiant la ventilation naturelle.

La conception du bâtiment doit mettre en œuvre des principes simples, basés sur le bon sens et qui ont prouvé leur efficacité dans les constructions anciennes. Elle doit être adaptée aux besoins saisonniers (chaleur en hiver, fraîcheur en été) et favoriser au maximum l'apport solaire passif et minimiser les déperditions. Dans ce cadre, nous dirons que l'architecture passive ou bioclimatique doit prendre en compte les principes suivants:

Utiliser des matériaux massifs pour augmenter l'inertie thermique,

Supprimer les points faibles, tels que les ponts thermiques, ou les balcons qui font corps avec le reste du bâtiment, et agissent comme ailettes de refroidissement,

Prévoir des vitrages isolants (par exemple double vitrage), qu'il faut protéger par des volets, des stores et des casquettes, tout en privilégiant l'éclairage naturel des espaces,

Eviter les surchauffes estivales en protégeant le bâtiment par une végétation appropriée,

Utiliser des dispositifs architecturaux de protection tels que toiture opaque, casquette, ...etc [22].

2.4. La ville de Tamanrasset

Plus de 85 % de la surface totale de l'Algérie est caractérisée par un climat chaud et sec. La ville de Tamanrasset, zone retenue dans cette étude, est caractérisée par de longues périodes de surchauffe où l'inconfort est fortement ressenti. L'analyse de la distribution mensuelle de la température et de l'humidité relative de la ville de Tamanrasset indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort. Les bâtiments doivent, donc, être conçus selon les exigences d'été; celles de l'hiver seront satisfaites en conséquence.

Il est donc plus approprié de viser la période de surchauffe pour déterminer les techniques de refroidissement passif qui aident à réduire les températures internes pour atteindre des ambiances confortables.

2.5. La situation géographique du site

Notre site météorologique est implanté à Tamanrasset, une ville située au sud Est à environ : 1500 km de la capitale Alger.

Le logiciel METEONORM (version 5.1) nous donne la description du site suivant :

Altitude : 1377 m

Latitude : 22°.47 (+N)

Longitude : 5°.31 (+E)



Figure 2.2 : La Wilaya de Tamanrasset en rouge [30].

Ces différentes données seront importantes en vue de déterminer les conditions climatiques auxquelles le site est soumis tout au long de l'année et notamment l'éclairement global.

2.6. Les caractéristiques du climat

Données de **METEONORM 5.1** du site de Tamanrasset :

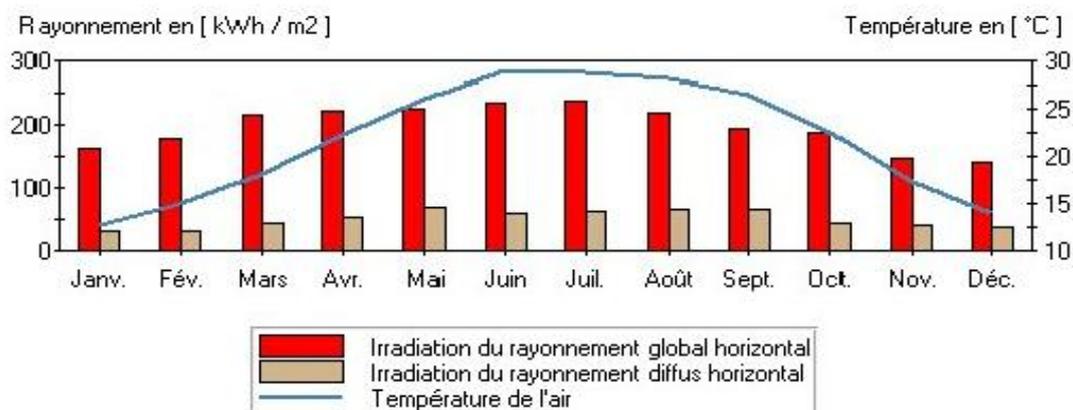


Figure 2.3 : température moyenne mensuelles

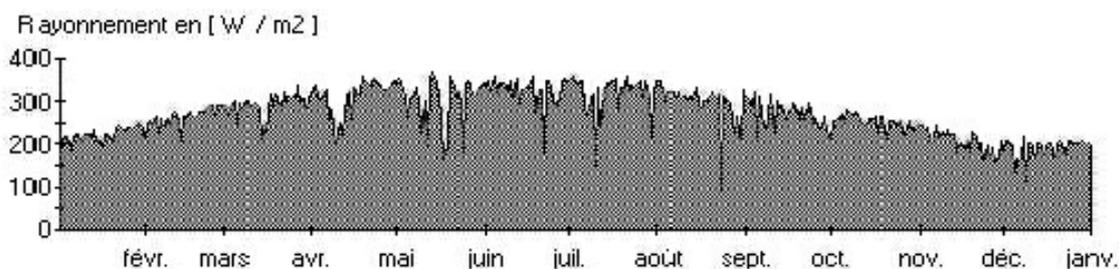


Figure 2.4 : Moyennes journalières du rayonnement global

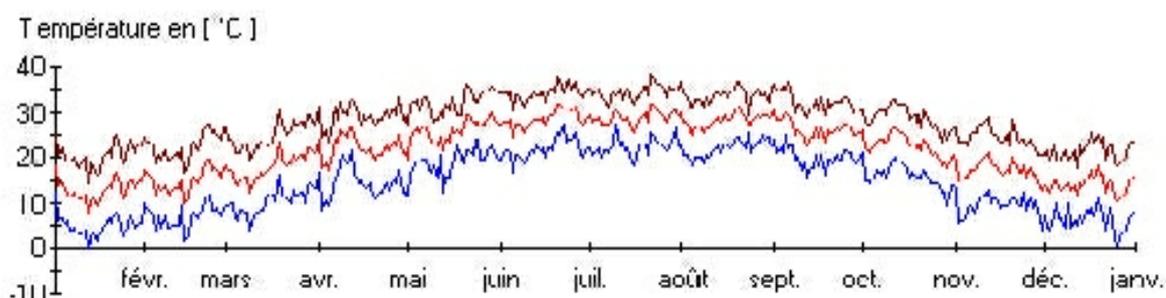


Figure 2.5 : Valeurs journalières de la température Moy, Max et Min

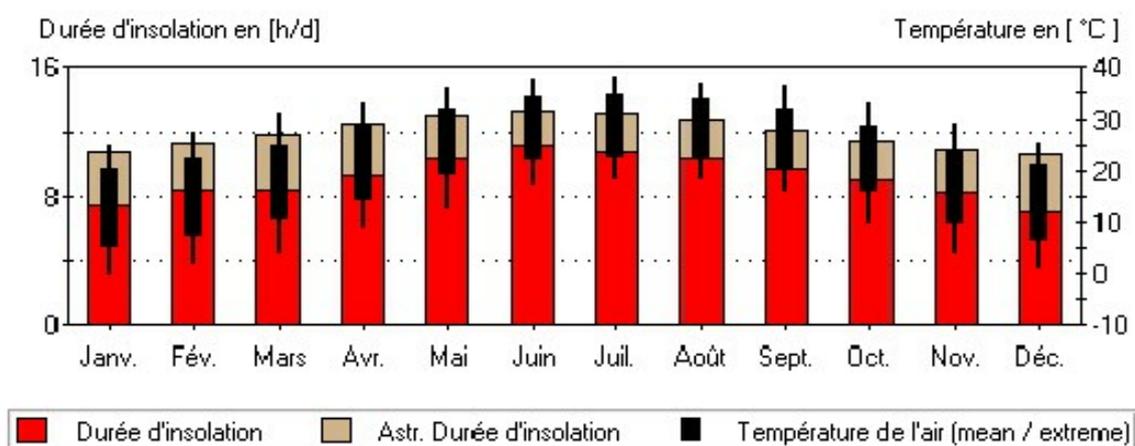


Figure 2.6 : Valeurs Mensuels de la durée d'insolation

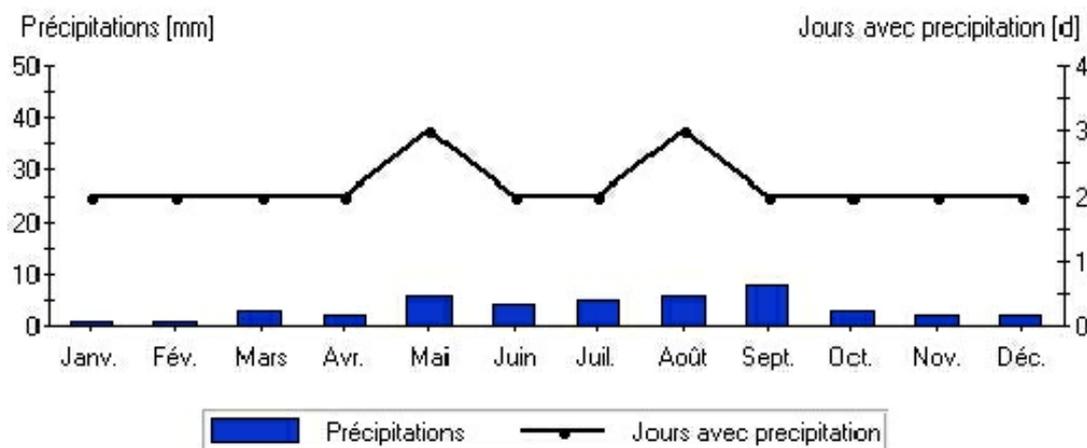


Figure 2.7 : Valeurs Mensuels des précipitations

2.7. Les conditions de base : TAMANRASSE [13]

	Unité	Lieu des don. clim	Lieu du projet					Degrés-jours de chauffage	Degrés-jours de climatisation
Latitude	°N	22,8	22,8						
Longitude	°E	5,5	5,5						
Élévation	m	1 378	1 378						
Température extérieure de calcul de chauffage	°C	4,8							
Température extérieure de calcul de climatisation	°C	35,5							
Amplitude des températures du sol	°C	25,8							
Mois	Température de l'air	Humidité relative	Rayonnement solaire quotidien - horizontal	Pression atmosphérique	Vitesse du vent	Température du sol	Degrés-jours de chauffage	Degrés-jours de climatisation	
	°C	%	kWh/m ² /j	kPa	m/s	°C	°C-j	°C-j	
Janvier	12,8	28,0%	5,20	91,0	2,7	13,6	161	87	
Février	15,0	31,0%	6,10	90,9	2,8	16,7	84	140	
Mars	18,1	26,0%	6,90	90,6	3,9	22,1	0	251	
Avril	22,2	27,0%	7,70	90,4	4,0	27,8	0	366	
Mai	26,1	29,0%	7,80	90,4	3,8	32,5	0	499	
Juin	28,9	24,0%	7,70	90,5	4,0	35,3	0	567	
Juillet	28,7	21,0%	7,60	90,4	4,1	35,2	0	580	
Août	28,2	25,0%	7,40	90,5	3,8	34,3	0	564	
Septembre	26,5	26,0%	6,70	90,6	3,7	32,3	0	495	
Octobre	22,4	29,0%	6,00	90,7	3,3	27,4	0	384	
Novembre	17,3	32,0%	5,20	90,8	2,6	20,9	21	219	
Décembre	13,9	31,0%	4,80	90,9	2,4	15,3	127	121	
Annuel	21,7	27,4%	6,59	90,6	3,4	26,1	393	4 273	
Mesuré à	m				10,0	0,0			

Tableau 2.5 : Récapitulatif des conditions de base à Tamanrasset (données climatiques)

2.8. Description du projet

Dans le cadre du (PNME) l'Algérie lance un projet de réalisation des logements à haute performance énergétique sur le territoire nationale; d'où « réalisation des 30 logements HPE a Tamanrasset ».

Les logements sont de type individuelle ; F3 duplexe; rez-de-chaussée plus un étage (environ 70,00 m² habitable : voir Figure 3.9).

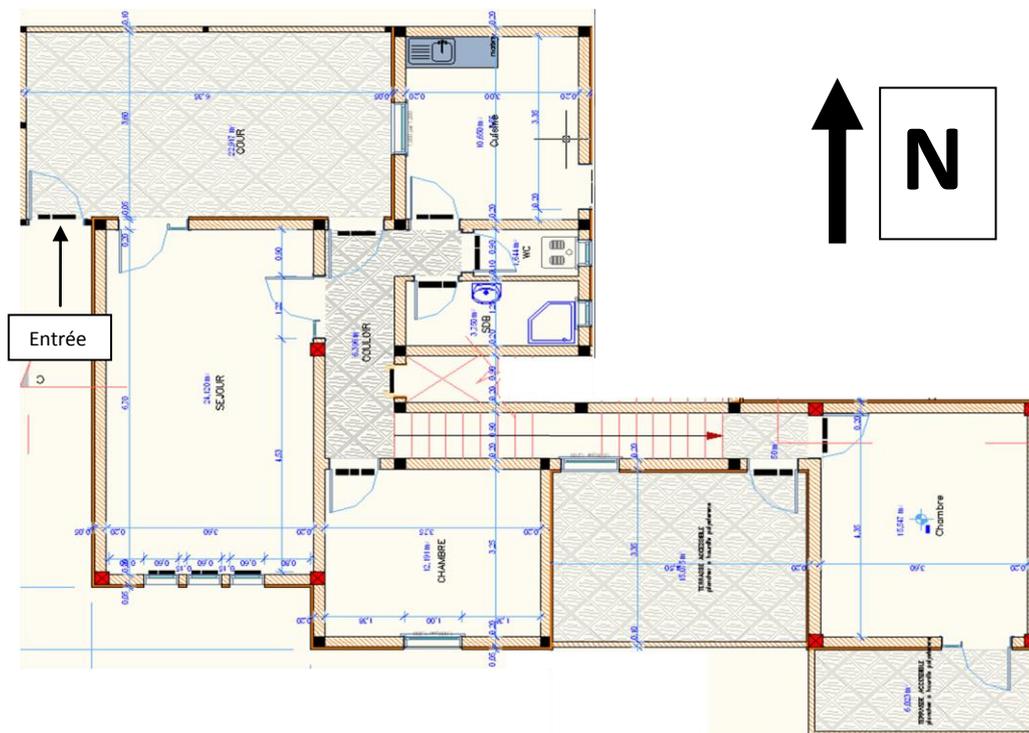
Chaque unité comporte 2chambres (12,19+16m²), un séjour(24,12m²), une cuisine(10,65m²), Salle de bain + WC (1,64+3,75m²) et au cœur un hall+ escalier (6,54m²) et sans oublier les deux cours et la terrasse.

Dans la réalisation de ce projet des paramètres sont respectés :

- L'orientation ; qui joue un rôle très important pour maximiser les apports solaire, de ce fait, les espaces de vie tels que la salle de séjour et les chambres devraient être orientés vers le sud.
- L'isolation est la clef de la maison passive, elle doit être appliquée sur toute l'enveloppe du bâtiment.
- Le vitrage ; utilisant des fenêtres en aluminium doubles vitrages.



Figure 2.8 : logement en 3-D réalisé à travers le logiciel ALCYONE.



Vue en plan

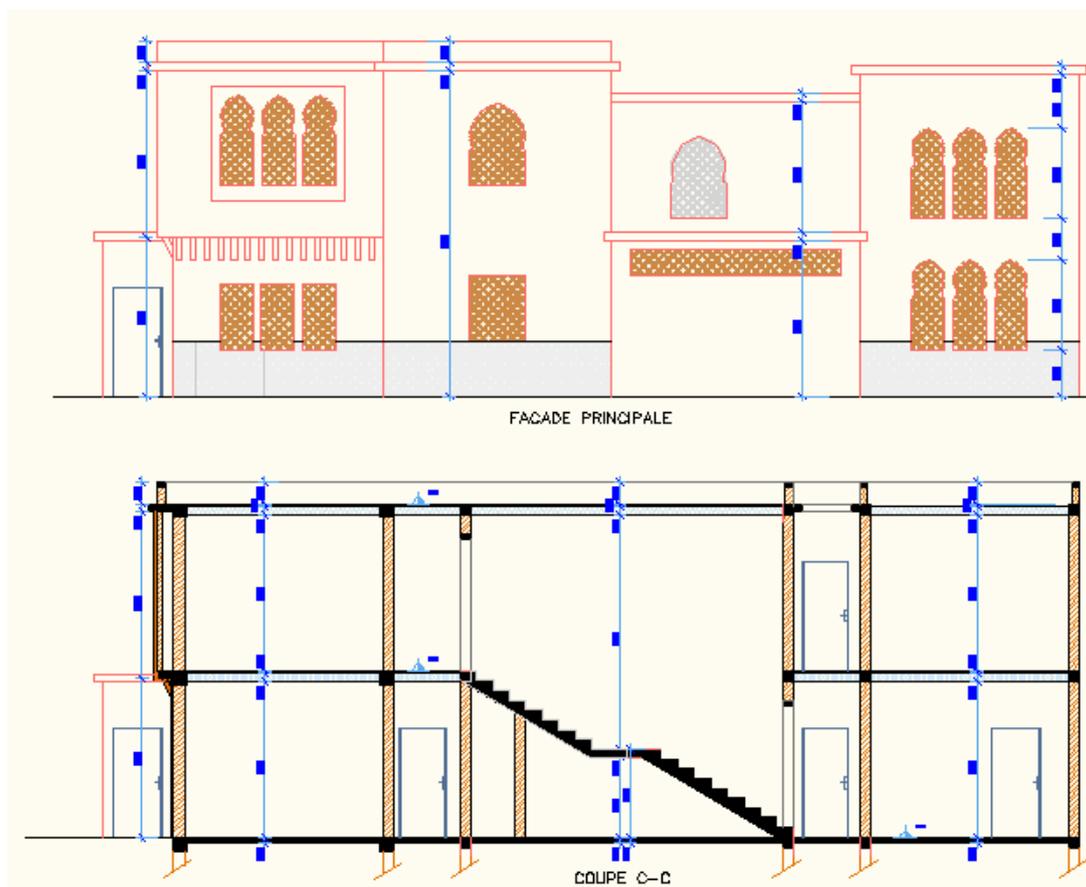


Figure 2.9 : Plans d'une unité [13].

2.8.1. Enveloppe de logement

Pour minimiser les déperditions thermiques par transmission, la maison passive nécessite une enveloppe de bâtiment extrêmement étanche qui capte et retient l'énergie solaire. L'énergie solaire est ensuite utilisée pour générer de la chaleur. Dans ce projet on utilise des matériaux de construction bien définis ainsi qu'une bonne isolation interne. Les caractéristiques des parois du local sont les suivantes :

Les caractéristiques des parois du local sont les suivantes :

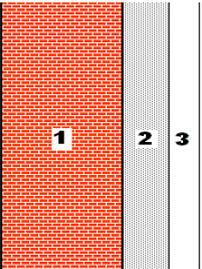
Désignation et représentation	Couche	Épaisseur [m]	λ [W/m.°C]	R [m ² . °C/W]
Mur extérieur 	1/he			0,06
	1 - Pierre	0,40	1,70	0,235
	2 - Polystyrène	0,08	0,04	2,00
	3 - Enduit plâtre	0,013	0,35	0,037
	1/hi			0,110

Tableau 2.6: caractéristiques du mur extérieur

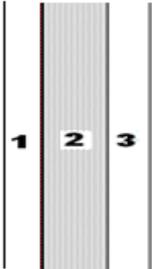
Désignation et représentation	Couche	Épaisseur [m]	λ [W/m.°C]	R [m ² . °C/W]
Mur intérieur 	1/he			0,110
	1 - Enduit plâtre	0,013	0,35	0,037
	2 - Brique creuse	0,10	0,48	0,21
	3 - Enduit plâtre	0,013	0,35	0,037
	1/hi			0,110

Tableau 2.7: caractéristiques du mur intérieur

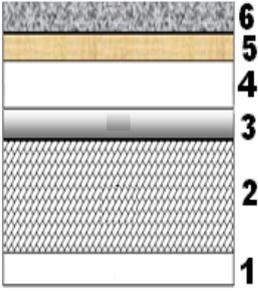
Désignation et représentation	Couche	Epaisseur [m]	λ [W/m.°C]	R [m ² .°C/W]
<u>Plancher haut</u> 	1/hi			0,06
	1- Plâtre	0,015	0,35	0,043
	2- Hourdis	0,20	1,33	0,150
	3- Dalle en béton	0,04	0,16	0,250
	4- Polystyrène	0,10	0,04	2,50
	5- Forme de pente	0,03	0,16	0,187
	6- Carrelage blanc	0,02	1,7	0,012
1/he			0,110	
				R=3,312

Tableau 2.8: caractéristiques du plancher haut

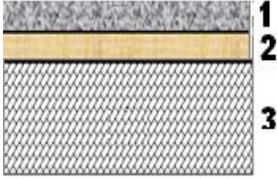
Désignation et représentation	Couche	Epaisseur [m]	λ [W/m.°C]	R [m ² .°C/W]
<u>Plancher bas</u> 	1/hi			0,110
	1 - Carrelage	0,02	1,70	0,0118
	2 - Mortier	0,04	1,15	0,035
	3 - Béton lourd	0,20	1,75	0,114
				R = 0,271

Tableau 2.9: caractéristiques du plancher bas

2.8.2. Les fenêtres en double vitrage

Le double vitrage est composé de 2 vitres isolées par un vide, remplies d'air ou de gaz. En installant une fenêtre double vitrage, l'ouverture est hermétique avec un gain d'isolation de 30% par rapport au vitrage classique sans oublier qu'il assure une bonne isolation phonique [30].

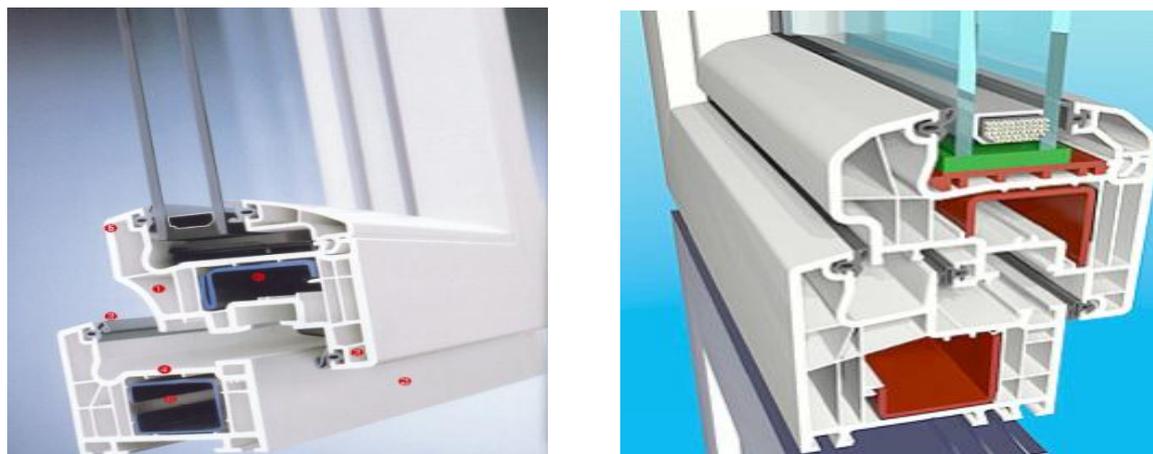


Figure 2.10 : Fenêtre double vitrages en aluminium.

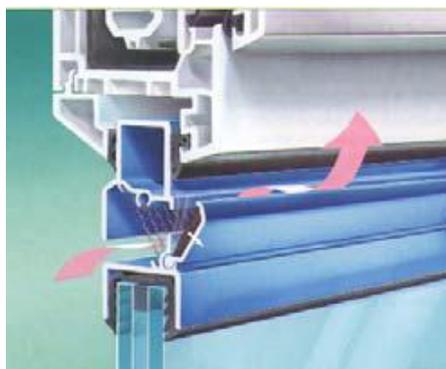


Figure 2.11 : Entrée d'air réglable

2.9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents zones de climat en Algérie, particulièrement où se situé notre site d'étude (ville de Tamanrasset) ; ainsi que les caractéristiques spécifiques et leur impacte sur l'habitant et l'architecture.

Par la suite, nous avons fait une description du logement étudié et les caractéristiques des matériaux composant les murs externes et internes ainsi que les planches bas et haut, et le vitrage utilisé dans cette habitation.

CHAPITRE 3 :

APPLICATION DES LOGICIELS AU CAS ETUDIE ET MISE EN EQUATIONS

3.1. Introduction

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

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

Dans ce chapitre, nous allons présenter le logiciel d'étude ; faire un model du logement ; rentrer le fichier de donnée météorologique ; intégrer le concept proposé et les scenarios de fonctionnements.

3.2. Principaux hypothèses physiques de la STD

3.2.1 La discrétisation en volumes finis

Selon une méthodologie assez classique [14], [15], le bâtiment est décomposé en mailles sur lesquelles un bilan thermique est écrit en supposant la température uniforme. Pour que cette hypothèse d'uniformité ne s'écarte pas trop de la réalité, il faudrait en théorie découper en mailles très fines. Or l'objectif est d'avoir un outil accessible à la plupart des professionnels (Manuel Pleiades), ce qui impose des limites sur la taille du modèle. Le compromis choisi consiste à placer le petit nombre de mailles auquel on est limité de telle sorte que l'uniformité de la température soit maximale.

La première idée est de ne pas regrouper dans une maille des couches de matériaux séparées par un isolant. Ensuite, le nombre de mailles doit être plus important dans les murs massifs que dans les cloisons légères. Enfin, on s'intéresse aux températures d'air dans les différentes zones du bâtiment, et celles-ci sont plus influencées par les faces internes des parois, elles-mêmes influencées par les variations de puissance de chauffe (équipement régulé, intermittence,...), que par les faces externes. La possibilité a été donnée, de définir des mailles plus fines à la surface interne de la paroi. Une raison géométrique « r » relie l'épaisseur des mailles successives: si « e » est l'épaisseur de la maille la plus interne, sa voisine a pour épaisseur « $r.e$ », la suivante « $r^2.e$ », etc... La valeur de « r » peut être modifiée, comme celle du nombre « n » de mailles placées dans les murs massifs.

On peut donc résumer la méthodologie de la manière suivante. Dans le cas sans isolant, on place une maille unique dans une cloison légère (inertie $< 25 \text{ Wh}/(\text{m}^2.\text{K})$) et « n » mailles dans un mur massif, suivant une raison géométrique $r = 1$. Le cas $r=1$ correspond à des mailles d'épaisseurs égales. Dans le cas avec isolant, on procède de même pour la partie de la paroi située du côté intérieur à l'isolant. Pour la partie extérieure, on place systématiquement une maille unique, que la paroi soit légère ou lourde. S'il y a deux isolants, on place également une maille unique entre les deux isolants, que la portion de paroi correspondante soit massive ou non.

Etant définies en fonction de n et r , les mailles ne correspondent en général pas à des couches de matériaux. Les propriétés physiques des différents matériaux constituant une maille sont alors combinées: les inerties et les résistances thermiques sont additionnées.

On dispose donc d'un meilleur paramétrable (en fonction de n et de r), ce qui permet de construire des modèles nodaux plus ou moins fins. Ce maillage peut être qualifié d'automatique: les parois sont "auscultées" pour déterminer le nombre de mailles et leur disposition, donc l'utilisateur n'a pas besoin de définir lui-même ces choix.

Diverses valeurs de n et r ont été comparées [16]. Pour divers types de murs, il apparaît que trois mailles sont suffisantes pour obtenir des résultats quasiment

identiques (au dixième de degré près) à une référence correspondant à 20 mailles. La valeur de r est peu influente, une valeur de trois a également été choisie.

Une paroi interne à une zone est divisée en mailles de manière analogue, avec une légère différence dans le cas sans isolant ou si les deux parties séparées par l'isolant sont toutes les deux légères ou toutes les deux massives. Dans ces cas, tous les matériaux de la paroi sont regroupés en un matériau unique équivalent, divisé en deux parties symétriques. Le plan central est considéré comme adiabatique. On place alors n nœuds dans l'une des deux moitiés, avec une condition de flux nul au niveau du plan médian. Cela permet d'accroître la précision pour un nombre de mailles donné.

Il n'y a jamais de maille dans les isolants, car leur capacité thermique est considérée comme négligeable par rapport à celle des autres matériaux. Un isolant est donc modélisé simplement par une résistance thermique.

On ne place pas non plus de maille dans un vitrage: la surface des vitres est grande comparée à leur volume, et on suppose que le régime permanent est atteint rapidement dans ces composants. La résistance thermique variable liée à l'usage des occultations (stores, volets,..) est prise en compte au niveau de la simulation, en introduisant une puissance de chauffe équivalente à la diminution des déperditions.

L'air et les cloisons légères éventuelles contenu(e)s dans la zone sont regroupé(e)s dans une maille unique. La stratification de l'air en température n'est pas considérée, ni les transferts d'énergie liés aux variations d'humidité et à la condensation/évaporation d'eau.

3.2.1. Les transferts convectifs

On considère trois niveaux d'exposition au vent pour déterminer les coefficients de transfert globaux (convectif + radiatif) à la surface externe des parois [17].

Le coefficient de transfert global à travers un vitrage est donné pour une exposition au vent standard, et cette valeur est multipliée par 0.9 pour des conditions

abritées, respectivement par 1.1 pour une forte exposition. Ces coefficients multiplicateurs sont valables pour des vitrages standards simples ou doubles (pas pour des vitrages isolants).

Les coefficients de transfert du côté intérieur aux parois, par contre, ne dépendent pas dans le modèle de la vitesse de l'air, y compris en cas de ventilation mécanique. Ils sont fonction de l'inclinaison des parois (horizontale ou verticale) et en cas de paroi horizontale, du sens du transfert. Ce sens est supposé toujours ascendant dans le cas d'un plafond et toujours descendant dans le cas d'un plancher, si ces parois sont en contact avec l'extérieur. Dans le cas de parois internes, une valeur moyenne entre les cas ascendant et descendant a été fixée (voir le tableau 4).

Les échanges par convection naturelle entre deux zones sont pris en compte selon les équations suivantes [18] qui donnent la puissance échangée P en W :

- pour une porte

$$P = 44 \cdot A \cdot H^{0.5} \cdot DT^{1.5}$$

A étant la surface de la porte, H la hauteur et DT la différence de température entre les deux zones.

- pour des événements, on a de même:

$$P = 154 \cdot A \cdot H^{0.5} \cdot DT^{1.5}$$

H étant ici la dénivellation entre les deux événements.

- pour un mur Trombe

$$P = 187 \cdot A \cdot H^{0.5} \cdot DT \cdot (T_o - T_i)^{0.5}$$

H étant la dénivellation entre les deux événements, To (resp. Ti) la température de la zone sortie (resp. entrée)

- Option "Other natural"

$$P = K \cdot DT^{1.5} \quad \text{où K est donné par l'utilisateur.}$$

Ces équations étant non linéaires, elles ne sont pas introduites dans un système matriciel: les puissances échangées par convection naturelle sont prises en compte dans l'étape de simulation. La puissance échangée par convection forcée entre deux zones ou entre une zone et l'extérieur est le produit du débit d'air par sa chaleur

massique et par la différence de température. Dans le cas d'un débit d'air variable, une valeur moyenne est introduite dans le système d'équations, et les variations autour de cette moyenne sont introduites dans l'étape de simulation (comme les puissances échangées par convection naturelle).

3.2.2. Les transferts radiatifs

Les transferts radiatifs à la surface des parois d'une zone sont combinés avec les transferts convectifs dans des coefficients globaux qui dépendent de l'émissivité de la surface. Les valeurs considérées [17] sont données dans le tableau suivant en $W/(m^2.K)$, h_{int} (respectivement h_{ext}) étant le coefficient interne (respectivement externe).

Si un plafond est contigu à un grenier ventilé (non modélisé car considéré à la température extérieure), la valeur de h_{ext} est $7.14 W/(m^2.K)$ pour une émissivité de 0.9 et $4 W/(m^2.K)$ pour une émissivité nulle.

Si un plancher est situé sur un vide sanitaire ventilé, la valeur de h_{ext} est $6.25 W/(m^2.K)$ pour une émissivité de 0.9 et $3.33 W/(m^2.K)$ pour une émissivité nulle.

Dans tous les cas, une interpolation est effectuée pour les autres valeurs de « e ».

Lorsqu'on emploie de tels coefficients globaux, la température de zone n'est pas exactement la température d'air, mais la combinaison de cette température d'air avec la température des surfaces des murs. On suppose que cette température de zone est équivalente à une température résultante, qu'elle peut être utilisée en simulation pour la régulation de l'équipement de chauffage, et qu'elle constitue un indicateur satisfaisant du niveau de confort dans la zone.

Position de la paroi	Emissivité	Hint	HExt Normal	HExt Abrité	HExt Sévère
Verticale					
Verticale		8.13			
Plafond externe	0,9	3.29	18.2	12.5	33.3
Plafond externe	0	9.43	14.9	9.1	33.3
Plafond externe	0,9	4.59	22.2	14.3	50
Plancher externe	0	6.67	18.9	11.1	50
Plancher externe	0,9	1.78	20	20	20
Plancher externe	0	8	20	20	20
horizontal Interne	0,9	3	-	-	-
Horizontal Interne	0		-	-	-

Tableau 3.1 : coefficients globaux dépendant de l'émissivité de la surface considérée

Les transferts radiatifs grande longueur d'onde vers l'extérieur (sol, ciel, bâtiments environnants,...) sont également inclus dans les coefficients hext. La donnée de la température de ciel n'est donc pas nécessaire.

L'absorption du rayonnement solaire incident par les parois opaques est calculée par un bilan thermique au niveau de la surface absorbante, en fonction du facteur d'absorption de cette surface. Le rayonnement incident absorbé est réparti entre une quantité pénétrant dans la maille la plus extérieure du mur et une quantité perdue vers l'ambiance extérieure (transferts radiatifs et convectifs).

Cette dernière quantité est beaucoup plus faible dans le cas où la paroi est revêtue d'une couche d'isolant transparent, car la plus grande résistance thermique est située à l'extérieur de la surface absorbante. La plus grande partie du rayonnement incident (réduit il est vrai par le taux de transmission à travers l'isolant) pénètre ainsi vers l'intérieur du mur (voir les équations au paragraphe suivant).

Le rayonnement solaire entrant par les différents vitrages de la zone est calculé en tenant compte de tous les masques éventuels (masques lointains, masques intégrés, occultations, plantations), et globalisé dans un flux unique « Qsol » considéré comme diffus.

La méthodologie choisie est la suivante.

Un facteur d'absorption moyen « aav », est calculé en tenant compte de toutes les parois de la zone, y compris la paroi interne. Une quantité « $(1 - aav) \cdot Q_{sol}$ » est réfléchiée par les murs et on suppose qu'une proportion « $A_{glazings}/A_{total}$ » est renvoyée hors de la zone à travers les vitrages, où :

« $A_{glazings}$ » est l'aire totale des vitrages de la zone et « A_{total} » est l'aire totale des parois de la zone (incluant les parois opaques, les vitrages et la paroi interne éventuelle).

Le flux solaire net restant dans la zone est alors :

$$Q'_{sol} = [1 - (1 - \alpha_{aav}) \cdot A_{glazings} / A_{total}] \cdot Q_{sol}$$

(' : maille intermédiaire d'une paroi)

Ce flux est considéré comme diffus et distribué sur les différentes parois en fonction de leur surface : si « A » est la surface d'une paroi et « A_{opaque} » la surface totale des parois opaques de la zone, le flux solaire incident sur la paroi considérée est : « $(A / A_{opaque}) \cdot Q'_{sol}$ »

Une partie de ce flux pénètre jusqu'à la première maille de la paroi, le reste est cédé à la maille associée à l'air. Les proportions respectives sont calculées par un bilan thermique à la surface de la paroi (voir les équations au paragraphe suivant).

3.2.3. Système d'équations et réduction des modèles de zone

Les équations utilisées par notre logiciel de simulation, peuvent être formalisées par le système matriciel suivant :

$$\left. \begin{array}{l} C \cdot T = A \cdot T + E \cdot U \\ Y = J \cdot T + G \cdot U \end{array} \right\} \text{ système (1)}$$

Où T est le champ discrétisé des températures

U : le vecteur des sollicitations

Y : le vecteur des sorties

C : la matrice diagonale des capacités thermiques

A : la matrice contenant les termes d'échange entre mailles

E : contient les termes d'échange entre mailles et sollicitations

J : relie les sorties aux températures des mailles

G : relie les sorties aux sollicitations

Les connaissances théoriques sur l'analyse modale [19] ont été appliquées pour la résolution du système (1).

Le champ de température obtenu en régime permanent est défini par :

$$T = 0, \text{ soit : } T = -A^{-1} \cdot E \cdot U$$

On peut écrire le champ de température T comme la somme d'un terme en régime permanent et d'un terme dynamique T_0 :

$$T = T_0 - A^{-1} \cdot E \cdot U$$

En remplaçant T par cette valeur dans le système (1), on obtient:

$$\left. \begin{aligned} T_0 &= C^{-1} \cdot A \cdot T_0 + A^{-1} \cdot E \cdot U \\ Y &= J \cdot T_0 + (G - J \cdot A^{-1} \cdot E) \cdot U \end{aligned} \right\} \text{ système (2)}$$

Un système de ce type est simple à résoudre si la dérivée d'une température n'est reliée qu'à cette même température, c'est à dire si la matrice « $C^{-1} \cdot A$ » est diagonale. Cela est possible grâce à un changement de base, la nouvelle base étant formée des vecteurs propres de « $C^{-1} \cdot A$ ». Le champ T des températures est transformé en vecteur d'état X par la relation:

$$T = P \cdot X$$

où P est la matrice de passage.

Le système (2) est alors transformé en:

$$\left. \begin{aligned} X &= F \cdot X + B \cdot U \\ Y &= H \cdot X + S \cdot U \end{aligned} \right\} \text{ système (3)}$$

où F est une matrice diagonale dont le i ème terme est $-1/t_i$,
 t_i étant la i ème constante de temps de la zone.

On a de plus les relations:

$$B = P^{-1} \cdot A^{-1} \cdot E$$

$$H = J \cdot P$$

$$S = G - J \cdot A^{-1} \cdot E$$

Le deuxième avantage de ce changement de base est de pouvoir réduire l'ordre du modèle.

Certaines constantes de temps sont petites, et les termes correspondant du vecteur X atteignent très rapidement leur régime permanent. L'amplitude des variations de ces termes est souvent faible, et ils affectent peu l'évolution des variables de sortie. On peut alors les négliger dans le calcul de la partie dynamique T_o .

Il existe également des valeurs propres multiples, ce qui correspond au cas où plusieurs murs sont identiques. Dans ce cas, il suffit de considérer un seul vecteur propre: celui dont la valeur propre associée est légèrement supérieure à la valeur propre multiple. Les lignes du système matriciel qui correspondent aux valeurs propres multiples peuvent alors être négligées.

On obtient ainsi un modèle d'ordre réduit en ne conservant que les « N_{modes} » plus grandes constantes de temps différentes. « N_{modes} » est un autre paramètre du modèle. Les premières études de validation montrent qu'un mode unique est suffisant pour l'évaluation de la consommation énergétique d'un bâtiment pendant une saison de chauffe. Pour une simulation sur une période de temps plus limitée, par exemple lors de l'étude du confort en période critique, il semble nécessaire de conserver trois modes.

Pour chaque zone, on obtient le modèle réduit:

$$\left. \begin{aligned} X_r &= F_r \cdot X_r + B_r \cdot U \\ Y &= H_r \cdot X_r + S \cdot U \end{aligned} \right\} \text{ système (4)}$$

3.2.4. Principe du couplage des zones

La procédure de couplage issue de l'environnement MINERVE [20] a été adaptée puis intégrée à la structure COMFIE (le noyau de calcul de notre logiciel de simulation).

Dans le système (4) précédent, le vecteur U des sollicitations contient la puissance interne P , la température extérieure, les divers flux solaires (si la zone est en contact avec l'extérieur) et, si il existe des zones adjacentes, des températures équivalentes qui sont en fait des sorties de ces zones. Le vecteur U_{total} formé par la réunion de toutes les sollicitations des différentes zones peut donc se décomposer en un vecteur U_g des sollicitations extérieures (température extérieure, flux solaires, puissances internes) et en un vecteur Y_g des variables de couplage (contenant les températures équivalentes).

On sépare de même dans les matrices B_r et S les colonnes concernant U_g , que l'on regroupe dans les matrices B_{ga} et S_{ga} , et celles concernant Y_g , regroupées dans B_{gb} et S_{gb} .

Les états X_r sont placés bout à bout dans le vecteur X_g , F_g contient de même toutes les matrices diagonales F_r et H_g toutes les matrices H_r placées en diagonale. On aboutit alors au système (5):

$$\left. \begin{aligned} X_g &= F_g \cdot X_g + B_{ga} \cdot U_g + B_{gb} \cdot Y_g \\ Y_g &= H_g \cdot X_g + S_{ga} \cdot U_g + S_{gb} \cdot Y_g \end{aligned} \right\} \text{ système (5)}$$

Ce système peut alors être intégré sur un pas de temps Δt , ce qui permet d'obtenir les valeurs au temps « $(n+1) \cdot \Delta t$ », notées X_{gn+1} et Y_{gn+1} , en fonction des valeurs X_{gn} et Y_{gn} au temps « $n \cdot \Delta t$ ». On note de même U_{gn+1} et U_{gn} les vecteurs des sollicitations aux temps « $(n+1) \cdot \Delta t$ » et « $n \cdot \Delta t$ ». Le système (5) devient après intégration:

$$\left. \begin{aligned} X_{gn+1} &= \exp(F_g \cdot Dt) \cdot X_{gn} + W_{ga} \cdot (U_{gn+1} - U_{gn}) + W_{gb} \cdot (Y_{gn+1} - Y_{gn}) \\ Y_{gn+1} &= H_g \cdot X_{gn+1} + S_{ga} \cdot U_{gn+1} + S_{gb} \cdot Y_{gn+1} \end{aligned} \right\} \text{ système (6)}$$

La matrice $\exp(F_g \cdot Dt)$ est une matrice diagonale dont le i ème coefficient est $\exp(-Dt/t_i)$.

Les matrices W_{ga} et W_{gb} sont reliées respectivement aux matrices B_{ga} et B_{gb} par la relation :

$$W_{ij} = (t_i/Dt) \cdot (1 - \exp(-Dt/t_i)) \cdot B_{ij}$$

Pour résoudre ce système, on remplace X_{gn+1} dans la deuxième équation par sa valeur, donnée par la première équation, pour aboutir au système (7) :

$$\left. \begin{aligned} Y_{gn+1} &= MGIF \cdot X_{gn} + MGIE \cdot U_{gn+1} - MGID \cdot U_{gn} - MGIC \cdot Y_{gn} \\ X_{gn+1} &= eF_g \cdot Dt \cdot X_{gn} + W_{ga} \cdot (U_{gn+1} - U_{gn}) + W_{gb} \cdot (Y_{gn+1} - Y_g) \end{aligned} \right\} \text{ système (7)}$$

$$\text{avec } MGIF = (I - H_g \cdot W_{gb} - S_{gb})^{-1} \cdot H_g \cdot eF_g \cdot Dt$$

$$MGIE = (I - H_g \cdot W_{gb} - S_{gb})^{-1} \cdot (H_g \cdot W_{ga} + S_{ga})$$

$$MGID = (I - H_g \cdot W_{gb} - S_{gb})^{-1} \cdot H_g \cdot W_{ga}$$

$$MGIC = (I - H_g \cdot W_{gb} - S_{gb})^{-1} \cdot H_g \cdot W_{gb}$$

« I » étant la matrice identité.

3.2.5. Calcul des sollicitations de flux solaire

Les données utilisées dans les SRYs (Short Reference Years, [21]) sont les rayonnements global horizontal, diffus horizontal, et direct normal.

La prise en compte des masques lointains est différente pour le rayonnement direct et pour le rayonnement diffus. Si la hauteur angulaire du soleil est supérieure à la hauteur angulaire du masque pour l'azimut du soleil considéré, alors la paroi reçoit la totalité du rayonnement direct. Dans le cas contraire, le rayonnement est

totalement arrêté par le masque. En ce qui concerne le rayonnement diffus, le facteur d'ombre est indépendant du temps et vaut :

$$\left[\frac{a_g - a_d}{180} \right] \cdot \left[\arctg\left(\frac{2 \cdot (h_m - h_p)}{d_g + d_d} \right) / (p - b) \right] \quad \text{Où:}$$

a_g et a_d sont les azimuts gauche et droit du masque

d_g et d_d les distances gauche et droite à la paroi

h_m et h_p sont la hauteur du masque et la hauteur moyenne par rapport au sol de la paroi ombrée

b est l'inclinaison de la paroi

Le facteur d'ombre des masques intégrés concernant le rayonnement direct est le ratio de la surface ombrée par la surface totale du vitrage ou de la paroi considéré(e). Cette surface ombrée est calculée géométriquement. En ce qui concerne le rayonnement diffus, on ne considère un facteur d'ombre que pour les masques situés au dessus de la surface considérée: arêtes horizontales, balcons, acrotères et retraits de fenêtre. Si a est l'avancée du masque, d le débord et h la hauteur de la surface considérée, le facteur d'ombre est :

$$\arctg(a / (d + h)) / (p - b)$$

Pour l'acrotère, il faut retrancher la hauteur h_r du rabat au débord d (voir figure suivante).

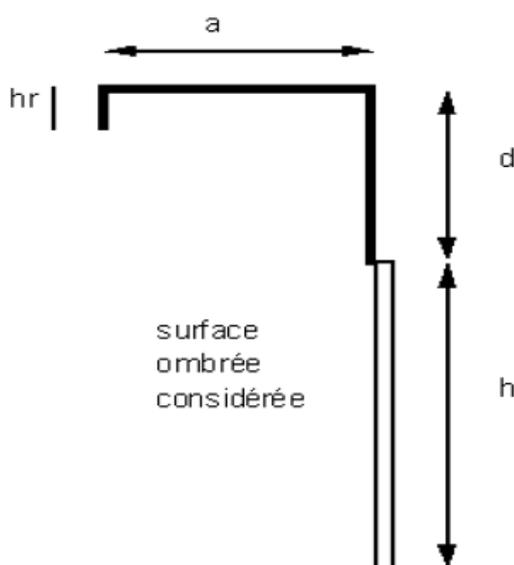


Figure 3.1 : Représentation des dimensions sur la surface ombrée considérée

En ce qui concerne les arêtes verticales, on considère que le rayonnement diffus réfléchi par une arête compense celui qu'elle intercepte, et donc le facteur d'ombre vaut 1.

Le flux solaire traversant les vitrages forme pour chaque zone une sollicitation unique, en prenant en compte éventuellement le pourcentage d'occultation, le taux de transmission à travers les plantations et le taux de transmission « t » à travers le vitrage, qui varie en fonction de l'angle d'incidence « g » :

$$t = t_n \cdot \cos g \cdot (2.5 - 1.56 \cos g)$$

où « t_n » est le taux de transmission pour une incidence normale.

3.2.6. Mise en œuvre de la simulation

3.2.6.1 Initialisation

La simulation débute la première semaine d'automne des « SRYs » pour un calcul sur une saison de chauffe, et la deuxième semaine du printemps pour un calcul en période d'été (les « SRYs » comportent deux semaines par saison).

Les pièces non chauffées sont à une température initiale égale à la température extérieure, les pièces chauffées sont à la température de consigne du thermostat. La matrice de régime permanent permet de déduire les puissances de chauffage correspondant à ces consignes.

Ces puissances sont alors introduites comme sollicitations dans le calcul du pas de temps suivant, dans le cas d'un calcul sur une saison de chauffe. Elles sont annulées dans le cas de la période d'été. Les termes dynamiques formant le vecteur d'état sont tous nuls.

La simulation commence la nuit à « 00 h », et donc les températures équivalentes sont égales aux températures des zones, car il n'y a pas de flux solaire.

3.2.6.2 Sollicitation de puissance interne

Cette sollicitation ne concerne pas que l'équipement de chauffage, mais également la puissance dissipée à l'intérieur de la zone, la chaleur dégagée par les occupants, la partie variable de la ventilation extérieure, les échanges entre zones par convection naturelle, et les variations des déperditions dues aux occultations variables. Toutes ces puissances sont additionnées dans une sollicitation unique pour chaque zone, appliquée à la maille d'air.

Le terme concernant un équipement de chauffage vaut « 0 » si la température de la zone où est placé le thermostat dépasse la consigne plus la moitié du différentiel; il vaut P_{max} , puissance maximale que peut fournir l'équipement, si la température est inférieure à la consigne moins la moitié du différentiel; dans les cas intermédiaires, la valeur est obtenue par interpolation linéaire entre les deux points précédemment définis.

Un raisonnement analogue est effectué dans le cas de la climatisation.

En ce qui concerne les échanges par convection naturelle entre zones, une procédure itérative calcule l'énergie échangée en fonction de la moyenne sur le pas de temps de la différence de température entre les deux zones.

Tous les autres termes inclus dans la puissance interne (ventilation par convection forcée, apports internes, chaleur des occupants, résistance thermique variable des occultations) sont déduits des plannings donnés par l'utilisateur.

3.2.6.3 Intégration et résultats

Un certain nombre de grandeurs sont intégrées sur la période de simulation : les charges de chauffage et (éventuellement) de climatisation, ainsi que le flux solaire incident sur une surface sud. Les températures maximale, minimale et moyenne pour chaque zone sont également déterminées. L'utilisateur peut ainsi connaître les besoins énergétiques et le niveau de confort associés au bâtiment pendant la

période considérée: six semaines (automne, hiver, printemps) pour une saison de chauffe et deux semaines pour la période d'été (la première semaine de calculs ne servant qu'à la mise en régime.

Enfin, les températures des différentes zones sont stockées heure par heure dans un fichier, qu'il est possible de traiter ultérieurement par un utilitaire graphique.

3.3. Présentation générale de l'outil de simulation « le logiciel PLEIADES + COMFIE »

➤ Pourquoi la simulation thermique dynamique ?

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

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

➤ Une analyse pertinente

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

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

➤ Pléiades + Comfie

Le logiciel Pléiades + Comfie est développé par le Centre d'énergétique de l'Ecole des Mines de Paris, il intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques

sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux. Le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon un scénario horaire pour une semaine-type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations).

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

3.3.1. L'interface Pléiades+ Comfie

Les ventilations extérieures sont définies pour chaque zone par un scénario hebdomadaire et horaire. Il est également possible de prendre en compte différents types de ventilation interne entre les pièces : ouverture de porte avec indication de la fréquence d'ouverture ou d'une régulation, orifices de ventilation, ventilation mécanique inter zones, mur Trombe.

Les zones peuvent être à évolution libre (température flottante), ou bien thermostatées (avec une consigne de chauffage et une consigne de climatisation hebdomadaire et horaire). Dans ce dernier cas les puissances de chauffe et de rafraîchissement nécessaires pour maintenir la température souhaitée sont calculées à chaque pas de la simulation. Pour chaque zone, il est aussi possible de définir la puissance de l'équipement de chauffage et de refroidissement, l'efficacité de l'échangeur récupérateur (en ventilation double flux) et la position du thermostat (qui peut être dans une autre zone).

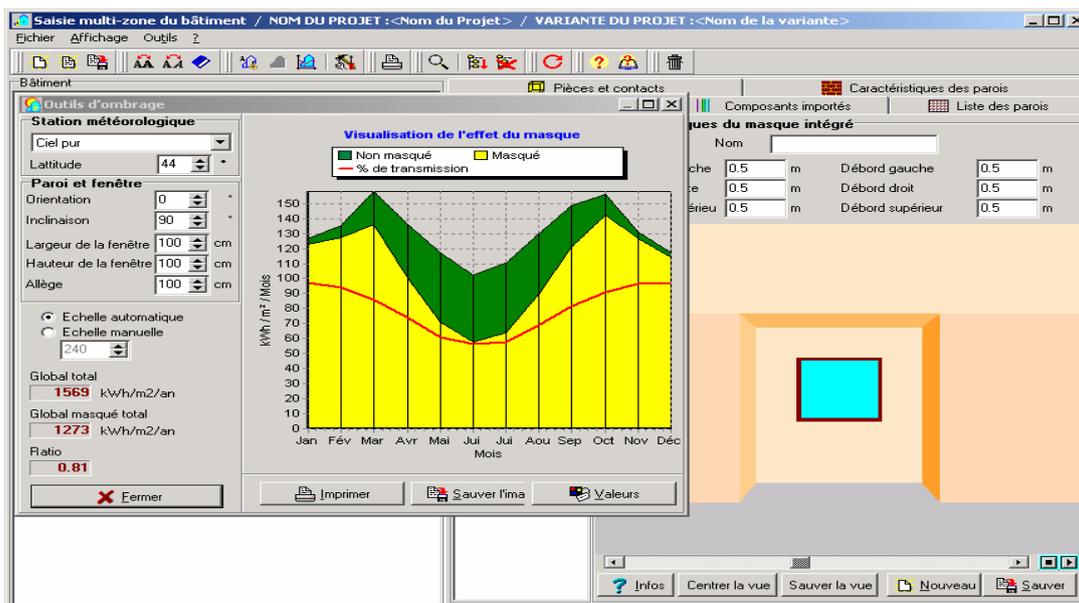


Figure 3.2: L'interface pléiades+ Comfie.

Un éditeur de graphes facilement paramétrable permet l'analyse graphique des résultats et la comparaison des variantes. Une série d'indices est générée automatiquement après la simulation pour apprécier rapidement les performances du bâtiment.

Ils permettent de mieux appréhender sur la période analysée les surchauffes (calcul de la moyenne de dépassement de température durant la période de surchauffe la plus importante), l'amplification (moyenne des pourcentages journaliers d'amplification de la température extérieure), le taux d'inconfort (pourcentage de temps durant lequel la température a été supérieure ou inférieure à certaines valeurs), les besoins énergétiques (somme des besoins nets de chauffage et de rafraîchissement) et le pourcentage de besoins nets de chauffage par rapport aux déperditions théoriques sans apports solaires ni apports internes.

Tous les résultats (analyses, valeurs et courbes) peuvent être imprimés, récupérés par copier coller, ou bien enregistrés pour exportation dans d'autres logiciels comme Word ou Excel.

3.3.2. Fichier de donnée météorologique

Pour structurer le fichier de donnée rapidement ; on utilise MéteoCalc qui est un module utilitaire permettant de traiter des fichiers de données météorologiques sur les 8760 heures annuelles.

Il comprend les fonctions suivantes : passage au format PLEIADES + COMFIE, visualisation des données en graphiques ou en tableau, vérification des données, avec contrôle de cohérence sur les valeurs ou les écarts aberrants, importation universelle à partir d'un fichier texte quelque soit son formatage initial, recopie de bloc de données, interpolation à partir de données tri horaires, calcul de l'ensoleillement diffus à partir du coefficient d'insolation ou de la nébulosité.

Enfin différents algorithmes permettent de générer des fichiers météorologiques annuels à pas horaire à partir de données mensuelles (moyenne mensuelle des températures journalière moyenne, minima et maxima et durée d'insolation), plus facilement disponibles que des fichiers horaires.

3.3.3. Traitement de fichier de donné

Pléiades + Comfie accepte un fichier de données météorologique de format TRY (Test Référence Years) ou SRY (Short Référence Years) avec une structure bien déterminée.

Le fichier Nom.SRY contient huit semaines, deux par saison, en total 1344 lignes, À chaque heure correspond une ligne du fichier. Par contre dans le fichier format Nom.TRY ; Les lignes sont écrites pour chaque heure selon le format spécifié ci-dessus, mais pour une période entière de l'année et non pour huit semaines. Cette période peut être plus courte que 52 semaines, mais elle doit être un nombre entier de semaines et commencer le premier janvier. La période de simulation peut ne pas correspondre à la période du fichier climatique: la première et la dernière semaine sont demandées avant la simulation. Pendant les calculs météorologiques, il est nécessaire de calculer le rayonnement sur les plans inclinés pour l'ensemble du fichier climatique. Mais si ce fichier contient moins de 52 semaines, il faut bien sûr tenir compte de cette limite lors de la simulation.

Chaque colonne du fichier de donnée possède une caractéristique météorologique, comme le montre le tableau suivant :

Position	Quantité et unité	Format	Note
1	Identificateur	a3	1
2	Température extérieure sèche (0,1°C)	i4	2
3	Rayonnement global horizontal (J/cm ²)	i4	2
4	Rayonnement diffus horizontal (J/cm ²)	i4	2
5	Rayonnement direct normal (J/cm ²)	i4	2,3
6	Durée d'ensoleillement (minutes)	i4	2,4
7	Humidité relative (%)	i3	2
8	Vitesse du vent (0.1 m/s)	i3	2,4
9	Mois	i2	
10	Jour	i2	
11	heure (1-24)	i2	

Tableau 3.2: Format et unités dans un fichier climatique

a3 : signifie 3 lettres, i4 un entier de 4 chiffres, i2 de 2 chiffres...

(1) trois lettres indiquant la station, par exemple Tam pour Tamanrasset.

(2) Les valeurs sont données pour l'heure précédente : la première heure contient une valeur moyenne entre 0h et 1h.

(3) Cette valeur est utilisée dans l'option SRY mais pas dans l'option TRY. Si elle est inconnue, la remplacer par 4 blancs.

(4) Cette valeur n'est jamais utilisée dans Comfie. Si elle n'est pas connue, la remplacer par le nombre de blancs correspondant au format.

3.3.4. La saisie de bâtiment

PLEIADES + COMFIE a été enrichi d'ALCYONE, un module de saisie graphique par niveau avec visualisation en 3D permettant d'accélérer considérablement la saisie des projets. Une palette d'outils très complète permet de tracer rapidement un projet, d'affecter des ouvertures (fenêtres, portes) sur les parois, de créer des masques proches, de recopier un niveau, de sélectionner les zones thermiques, de changer l'orientation, etc. Une image scannée peut être insérée en fond d'écran pour faciliter la saisie, même dès la première esquisse.

ALCYONE permet également de visualiser les projets en 3D avec diverses possibilités de représentation (zoom, vues par niveau, rotation, affichage des zones thermiques, etc.). Il est ainsi possible de contrôler facilement la cohérence de la saisie, mais aussi de visualiser une première esquisse.

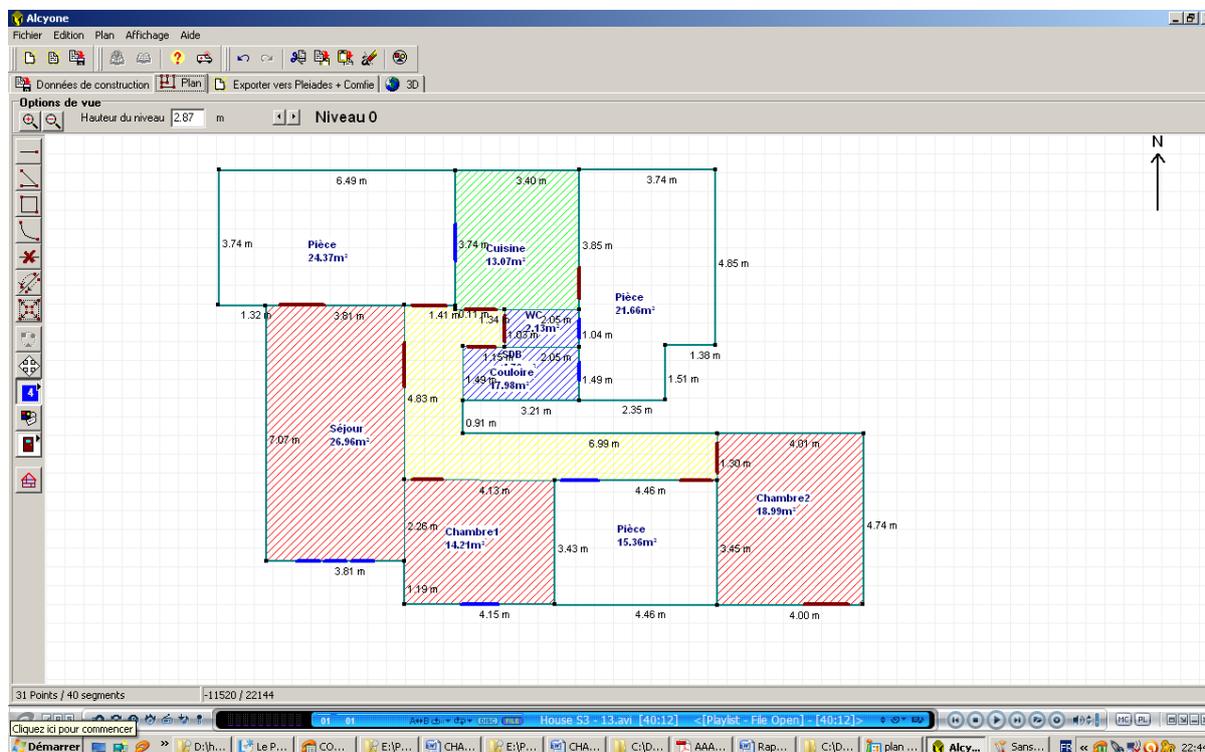


Figure 3.3: Plan dessiné avec ALCYONE.

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

L'appartement est divisé en quatre Zone :

Zone 01 : Séjour ($24,12m^2$) + Chambre1 + Chambre2 ($12,19+16m^2$) « en Rouge »

Zone 02: Couloir ($6,54m^2$) « en Jaune »

Zone 03 : Cuisine ($10,65m^2$) « en Vert »

Zone 04 : Salle de bain + WC ($1,64+3,75m^2$) « en Bleu »

3.3.5. Description des systèmes constructifs et conditions aux limites sous PLEIADE+COMFIE

3.3.5.1 Description des parois

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

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

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Calcaire ferme	M	40.0	880	1.70	0.24	
Polystyrène expansé	M	8.0	2	0.04	2.05	
Enduit plâtre	M	1.3	20	0.35	0.04	
Total		49.3	902		2.33	

Tableau 3.3: Mur extérieur.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R
Enduit plâtre	M	1.3	20	0.35	0.04
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Enduit plâtre	M	1.3	20	0.35	0.04
Total		12.6	109		0.29

Tableau 3.4: Mur intérieur.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11	
Mortier	M	4.0	80	1.15	0.03	
Carrelage	M	1.0	23	1.70	0.01	
Total		25.0	563		0.15	

Tableau 3.5: Planchers bas.

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R	
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01	Extérieur  Intérieur
Béton cellulaire 400	M	3.0	12	0.16	0.19	
Polystyrène expansé	M	10.0	3	0.04	2.56	
Béton cellulaire 400	M	4.0	16	0.16	0.25	
Hourdis de 20 en béton	E	20.0	260	1.33	0.15	
Plâtre courant	M	1.5	12	0.35	0.04	
Total		40.5	349		3.20	

Tableau 3.6: Planchers haut

3.3.5.2 Les zones thermiques et les scénarios utiliser dans les logements

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

3.3.5.3 Environnement et Fonctionnement de la maison

Tout d'abord, pour pouvoir simuler le fonctionnement de la maison, il faut au préalable créer des zones thermiques, chaque zone ayant des caractéristiques de chauffage, de ventilation, de puissance dissipée et d'occupations différentes. Il est donc nécessaire de définir ces zones en fonction de leur utilité, en faisant par exemple une zone « chambres+ séjour », une zone « cuisine », une zone « salle de bain + toilette », une zone « hall + escaliers »

3.3.5.4 Scénarios d'occupation

Les scénarios d'occupations permettent de définir le nombre de personnes résidant dans la maison et leur fréquence de présence dans cette dernière. Le but de ces scénarios étant de reproduire la chaleur émise par la présence d'une personne.

- Les apports internes des 8 personnes occupant le logement sont estimés à 80 W/personne.
- Le week-end : occupation permanente.

Pour notre modélisation, nous avons décidé de créer 2 scénarios différents :

- Scénario de 8 personnes dans la zone : chambres + séjour.
- Scénario d'une personne utilisé pour le reste des zones : hall + escaliers, cuisine et salle de bain + WC.

Pour la 1ere zone : chambres + séjour

- Occupation de 8 personnes de 19h-07h et le week-end;
- Occupation de 4 personnes de 07h- 19h ;

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

Tableau 3.7: Scénario d'occupation pour la zone 1.

Pour le reste des zones :

- Occupation d'une personne de 6h-23h ;

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

Tableau 3.8: Scénario d'occupation utilisé pour le reste des zones.

3.3.5.5 Scenarios de puissance dissipée

Cette fonction permet de simuler la chaleur émise par les appareils électroménagers ou tous ce qui pourrait produire de la chaleur autre que les personnes. Pour cela nous avons généré un scenario en particulier pour chaque zone.

Pour la 1^{ère} zone : chambres + séjour

- 3 lampes (33 watt pour chaque une) de 18h-00h ;
- tv + Démodulateur + (100+100 watt) de 12h- 15h et de 18h- 21h ;
- pc (100 watt) de 18h- 21h ;

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	0	0	0	0	0	0	0
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	0	0	0	0	0	0	0
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	200	200	200	200	200	200	200
13 H	200	200	200	200	200	200	200
14 H	200	200	200	200	200	200	200
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	400	400	400	400	400	400	400
19 H	400	400	400	400	400	400	400
20 H	400	400	400	400	400	400	400
21 H	400	400	400	400	400	400	400
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 3.9: Scenario puissance dissipée da la 1ere zone.

Pour la 2^{ème} zone : hall + escaliers

- 3 lampes (33 watt pour chaque une), de 18h- 00h ;

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

Tableau 3.10: Scenario puissance dissipée da la 2eme zone.

Pour la 3^{eme} zone : cuisine

- 1 lampe (33 watt) de 18h- 00h; Un réfrigérateur (70 watt) tout le temps ;
- four a gaz (300 watt) de 7h-9h, 11h-13h, 18h- 20h ;

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	70	70	70	70	70	70	70
1 H	70	70	70	70	70	70	70
2 H	70	70	70	70	70	70	70
3 H	70	70	70	70	70	70	70
4 H	70	70	70	70	70	70	70
5 H	70	70	70	70	70	70	70
6 H	70	70	70	70	70	70	70
7 H	370	370	370	370	370	370	370
8 H	370	370	370	370	370	370	370
9 H	70	70	70	70	70	70	70
10 H	70	70	70	70	70	70	70
11 H	370	370	370	370	370	370	370
12 H	370	370	370	370	370	370	370
13 H	70	70	70	70	70	70	70
14 H	70	70	70	70	70	70	70
15 H	70	70	70	70	70	70	70
16 H	70	70	70	70	70	70	70
17 H	70	70	70	70	70	70	70
18 H	403	403	403	403	403	403	403
19 H	403	403	403	403	403	403	403
20 H	103	103	103	103	103	103	103
21 H	103	103	103	103	103	103	103
22 H	103	103	103	103	103	103	103
23 H	103	103	103	103	103	103	103
24 H	103	103	103	103	103	103	103

Tableau 3.11: Scenario puissance dissipée da la 3eme zone.

Pour la 4^{eme} zone : salle de bain + WC

- 2 lampes (33 watt pour chaque une) : on suppose qu'une seule lampe est allumée en alternance une heure allumée et une heure éteinte ; plus une machine à lavée (200 watt) : le Vendredi de 9h -12h ;

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	33	33	33	33	33	33	33
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	33	33	33	33	33	33	33
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	33	33	33	33	33	33	33
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	33	33	33	33	33	33	33
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	33	33	33	33	33	33	33
10 H	0	0	0	0	200	0	0
11 H	33	33	33	33	233	33	33
12 H	0	0	0	0	200	0	0
13 H	33	33	33	33	33	33	33
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	33	33	33	33	33	33	33
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	33	33	33	33	33	33	33
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	33	33	33	33	33	33	33
20 H	0	0	0	0	0	0	0
21 H	33	33	33	33	33	33	33
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	33	33	33	33	33	33	33
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 3.12: Scenario puissance dissipée da la 4eme zone.

3.3.5.6 Scenarios d'occultation

Les scenarios d'occultations gèrent la fréquence de fermeture des volets de chaque fenêtre du logement. Il est donc possible de gérer chaque fenêtres du logement en choisissant à quelle heure on ouvre et on ferme le volet mais aussi de combien on ouvre le volet (entre 0 et 100%). Ces scenarios ont une importance primordiale en été pour éviter les surchauffes dues au soleil.

Dans cette étude, on distingue deux scenarios d'occultation : volet été, et volet hiver.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	95	95	95	95	95	95	95
8 H	95	95	95	95	95	95	95
9 H	95	95	95	95	95	95	95
10 H	95	95	95	95	95	95	95
11 H	95	95	95	95	95	95	95
12 H	95	95	95	95	95	95	95
13 H	95	95	95	95	95	95	95
14 H	95	95	95	95	95	95	95
15 H	95	95	95	95	95	95	95
16 H	95	95	95	95	95	95	95
17 H	95	95	95	95	95	95	95
18 H	95	95	95	95	95	95	95
19 H	0	0	0	0	0	0	0
20 H	0	0	0	0	0	0	0
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 3.13: Scenario d'occultation (volet été).

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	95	95	95	95	95	95	95
2 H	95	95	95	95	95	95	95
3 H	95	95	95	95	95	95	95
4 H	95	95	95	95	95	95	95
5 H	95	95	95	95	95	95	95
6 H	95	95	95	95	95	95	95
7 H	95	95	95	95	95	95	95
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	95	95	95	95	95	95	95
19 H	95	95	95	95	95	95	95
20 H	95	95	95	95	95	95	95
21 H	95	95	95	95	95	95	95
22 H	95	95	95	95	95	95	95
23 H	95	95	95	95	95	95	95
24 H	95	95	95	95	95	95	95

Tableau3.14: Scenario d'occultation (volet hiver).

3.3.5.7 Scenarios de ventilation

La ventilation est certainement, après l'enveloppe thermique, le point le plus important de la simulation. En effet, en effectuant une gestion efficace des flux de chaleur, il est possible de limiter de manière très significative les pertes.

Avant ça, on va faire un rappel sur l'aération et la ventilation et par la suite calculé les débits nécessaires a notre zone de confort pour les deux saisons : l'hiver et l'été.

- Confort lié a la qualité de l'air :

Un air de bonne qualité ne contient pas d'impuretés en quantités gênantes ou dangereuses pour les occupants.

En général, l'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur. Le rôle de l'aération est précisément de remplacer l'air intérieur pollué par de l'air extérieur, en principe plus propre.

Donc on peut dire que le but de l'aération est d'assurer un environnement intérieur confortable, maintenant les occupants en bonne santé. De plus, ce but doit être atteint avec une consommation d'énergie minimale.

En l'absence d'aération, l'oxygène est la dernière chose qui manque. Les occupants seront incommodés en premier lieu par une concentration trop élevée en contaminants divers, dont notamment la vapeur d'eau et la chaleur.

En général, l'aération apporte à l'intérieur de l'air extérieur, afin de diluer les sources de nuisances localisées dans les bâtiments. Ces nuisances sont essentiellement générées par l'activité des occupants. Elles sont notamment:

- les odeurs, auxquelles les personnes entrant dans les locaux sont très sensibles,
- le gaz carbonique, qui, en trop grande concentration, rend les occupants léthargiques,
- les poussières, aérosols et gaz toxiques provenant des activités et du bâtiment lui-même. En principe, le bâtiment (les matériaux de construction) ne devrait pas être sources de nuisances. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas.
- la chaleur en excès, provenant des activités humaines, augmente la température et doit donc être évacuée,
- Et la vapeur d'eau, qui augmente l'humidité relative, donc le risque de moisissures.

- Aération et ventilation

Aération: terme général pour tout renouvellement de l'air intérieur d'un bâtiment (ou d'une pièce), en principe échangé contre de l'air extérieur.

Si l'aération est trop forte	Si l'aération est insuffisante
Consommation d'énergie exagérée	Mauvaise qualité d'air, odeurs
Courants d'air, mauvais confort thermique	Condensation aux endroits froids
Condensation dans les fuites	Trop haute température
	Mauvaise combustion

Tableau 3.15: Comparaison entre aération forte et insuffisante

Ventilation: aération volontaire (ventilation mécanique, ouverture des fenêtres, ect...)

Ventilation mécanique	Ventilation naturelle
Avantages	
Contrôle du débit et du climat intérieur	Bien acceptée
Utilisable en environnement pollué ou bruyant	Coût très faible
Récupération de chaleur.	Pas d'énergie pour le transport d'air
Inconvénients	
Mal accepté	Récupération de chaleur difficile
Coûteux	Inutilisable en environnement pollué ou bruyant
Occupe un grand volume	
Consomme de l'énergie électrique	
Parfois bruyant	

Tableau 3.16: Comparaison entre la ventilation mécanique et naturelle

- Impuretés dans l'air ambiant

Air extérieur

Chauffages, transports, industrie
Nature

SO₂, NO_x, CO, hydrocarbures, poussières,
bactéries, spores, pollens

Occupant

Tabac, feux ouverts

Odeurs, CO₂, vapeur d'eau, particules, bactéries
CO, aldéhydes, particules

Combustion de gaz

CO, CO₂, vapeur d'eau, NO_x, particules

Matériaux

Aldéhydes, amiante, solvants

Produits divers

Sprays, nettoyage, papier, encre, etc.

Odeurs, solvants, composés organiques

Tableau 3.17: sources de pollution dans l'habitation [14]

- Quel débit d'air pour une personne?

En l'absence d'aération, l'oxygène est la dernière chose qui manque. Les occupants seront incommodés en premier lieu par une concentration trop élevée en polluants divers, dont notamment les odeurs, la vapeur d'eau et la chaleur.

La quantité d'air inspiré par personne et par heure est nettement plus faible que la quantité d'air nécessaire pour diluer, à une concentration acceptable, les polluants

émis par cette même personne: gaz carbonique, vapeur d'eau, chaleur, odeurs corporelles.

Il s'ensuit que l'aération est essentiellement requise pour évacuer ces polluants.

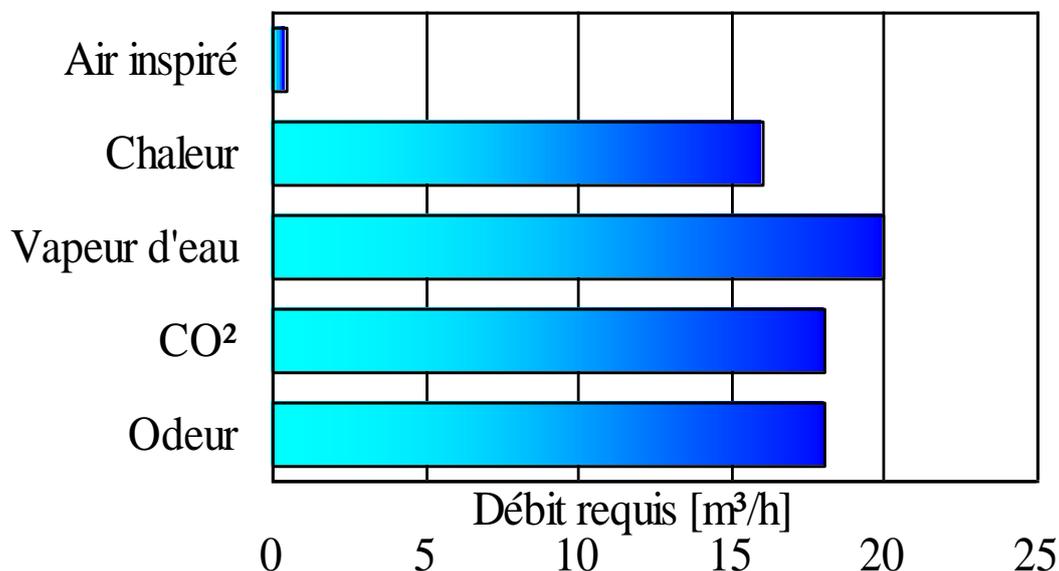


Figure 3.4 : Débit d'air requis pour évacuer les divers polluants produits par une personne assise ayant une activité de bureau [14]

Puisqu'on a plusieurs polluants, on calcule le débit nécessaire pour chaque polluant, et on adopte le plus grand (c'est-à-dire le : débit de vapeur d'eau). En effet, ce débit suffira aussi pour diluer les autres (odeurs, CO₂, chaleur et l'air nécessaire pour la respiration) voir figure ci-dessus.

- Conditions générales pour une bonne qualité d'air

Les trois conditions principales à remplir pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur tout en limitant la consommation d'énergie sont:

1. Limiter l'intensité des sources de polluants
2. Contrôler les débits d'air
3. Réduire la perméabilité à l'air de l'enveloppe

- Contrôle des débits

Le débit de ventilation doit être suffisant pour assurer la qualité de l'air, mais réduit au minimum pour éviter le gaspillage d'énergie. Il doit donc être contrôlé en fonction de la demande (le scénario de ventilation doit suivre celui de l'occupation)

Ce contrôle peut être manuel, par l'ouverture des fenêtres et des grilles de ventilation, ou par l'enclenchement d'un ventilateur (hotte de cuisine par exemple).

Il peut être piloté par une horloge, dans les cas où la demande a un horaire fixe connu (par exemple dans les bureaux).

Il peut enfin être contrôlé par des capteurs de polluants, qui règlent le débit de manière à maintenir la concentration de ce polluant près d'une valeur de consigne. Dans ce cas, il est essentiel que le capteur soit sensible au polluant principal, celui qui nécessite le plus grand débit. Dans la mesure où le bâtiment est propre, les indicateurs les plus utilisés sont :

- le gaz carbonique comme indicateur de présence pour les auditoriums et les salles de conférence non fumeurs;
- la vapeur d'eau pour les logements;
- les composés organiques combustibles pour les locaux de réunion avec fumeurs.

La teneur en gaz carbonique se mesure par absorption de rayonnement infrarouge, alors que l'humidité relative est aisément mesurée avec un hygromètre. Le capteur de composés combustibles (dit aussi capteur multi gaz) est un semi-conducteur chauffé, qui mesure le courant d'électrons libérés par la combustion de composés se déposant sur la surface du capteur.

La détection de monoxyde de carbone a été longtemps utilisée pour les parcs automobiles.

L'avènement des catalyseurs, supprimant ce composant dans les gaz d'échappement, a rendu ce type de détecteur caduc.

❖ **Déduction des scénarios de ventilation :**

Calcul des débits d'air nécessaires :

Une personne typique transpire environ 72 g d'eau par heure. Les masses volumiques de l'air intérieur sont calculé à partir des volumes spécifiques de chaque cas.

Pour les pressions, on a pris une pression moyenne pour chaque saison.

Définir le débit Minimal de la zone de confort (Chambres + Séjour):

On se référant au Diagramme psychrométrique (utilisation du logiciel Psychtool), on peut définir les humidités absolues pour calculer la gamme de débits nécessaire dans les deux périodes de l'année :

3.3.5.7.1 Période hivernal : Pression atmosphérique : $P_{\text{moy}} = 90,81 \text{ kPa}$

Les conditions de base extérieures :

Température sèche de l'air extérieure : $T_{\text{ext}} = 5 \text{ °C}$.

L'humidité relative : $\varphi = 30 \%$.

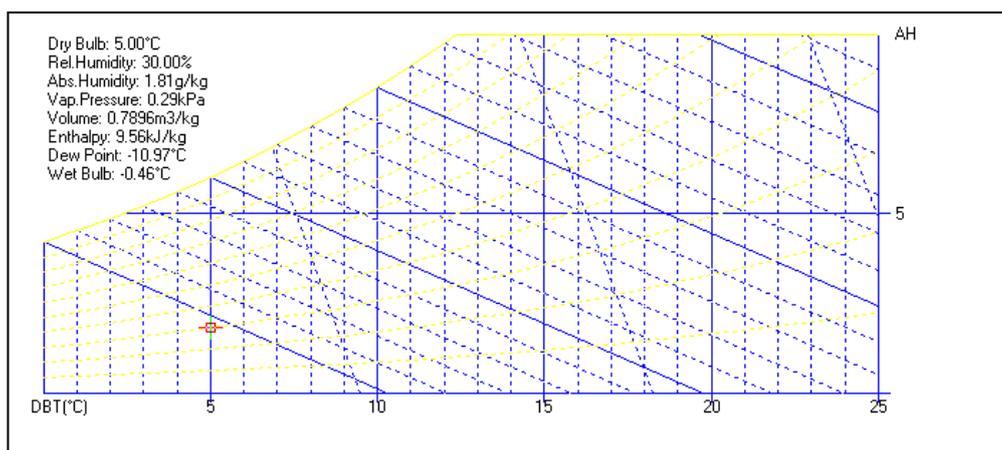


Figure 3.5 : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

On sorte l'humidité absolue $r_{\text{ext}} = 1,81 \text{ g /kg}$

Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air intérieur $T_{\text{int}} = 20 \text{ °C}$

L'humidité relative : $\varphi = 50\%$,

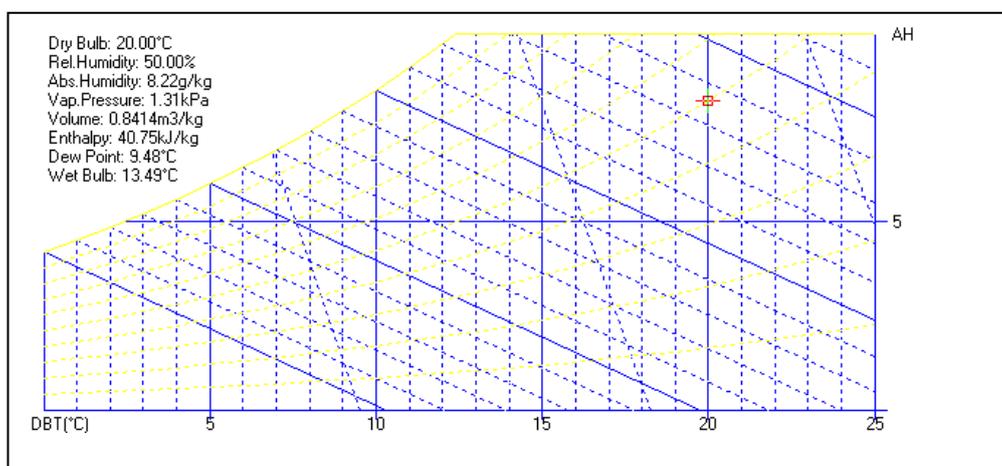


Figure 3.6 : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

On sorte l'humidité absolue $r_{int}=8,22 \text{ g/kg}$

$$\text{Débit nécessaire} = \frac{72 \text{ g/h}}{(r_{int} - r_{ext}) \text{ g/kg}}$$

$$\text{Débit nécessaire en hiver} = \frac{72 \text{ g/h}}{(8,22-1,81) \text{ g/kg}}$$

$Q_m=11,23 \text{ kg/h}$ en utilisant la loi de la masse volumique $\rho_{int}=1/0,8414=1,18 \text{ kg/m}^3$

on trouve $\rightarrow Q_v=9,51 \text{ m}^3/\text{h}$

On a huit personnes donc le débit total sera égale à $76,08 \text{ m}^3/\text{h}$

Si le volume de la zone 1 est égal à $172,3 \text{ m}^3$

En volume total le débit va être égal à **0,44 vol/h**

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

Caractéristiques du programme
 Classe % de ventilation
 Non Ventilation hiver zone1 2013 (Tamarassat)
 Complément -
 Source Approximation
 Débit maximum 0.44 Vol/h

Tableau 3.18 : Scénario de ventilation hiver

3.3.5.7.2 La période estival : Pression atmosphérique : $P_{\text{moy}} = 90,46 \text{ kPa}$

Les conditions de base extérieures :

Température sèche de l'air extérieure : $T_{\text{ext}} = 35 \text{ °C}$.

L'humidité relative : $\phi = 12 \%$.

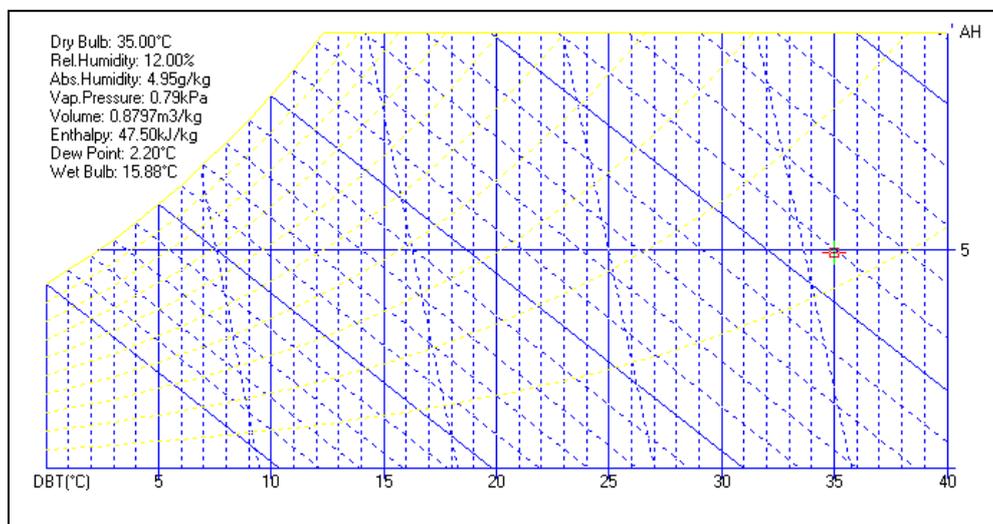


Figure 3.7 : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

On sorte l'humidité absolue $r = 4,95 \text{ g/kg}$

Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air intérieur $T_{\text{int}} = 24 \text{ °C}$

L'humidité relative : $\phi = 50\%$.

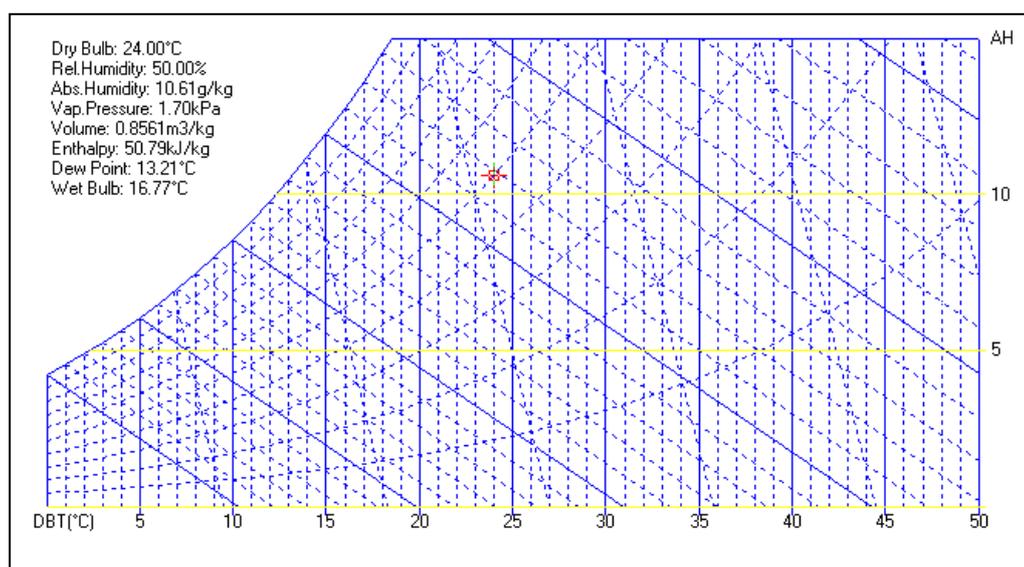


Figure 3.8 : Point considéré sur le diagramme psychrométrique

Et on sorte l'humidité absolue $r = 10,61 \text{ g/kg}$

$$\text{Débit nécessaire en été} = \frac{72 \text{ g/h}}{(10,61 - 4,95) \text{ g/kg}}$$

$Q_m = 12,72 \text{ kg/h}$ en utilisant la loi de la masse volumique $\rho_{\text{int}} = 1/0,8561 = 1,16 \text{ kg/m}^3$

On trouve $\rightarrow Q_v = 10,96 \text{ m}^3/\text{h}$

On a huit personnes donc le débit total sera égal à $87,68 \text{ m}^3/\text{h}$

Si le volume de la zone 1 est $172,3 \text{ m}^3$

En volume total le débit va être égal à **0,50 vol/h**

Bibliothèque thermique / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :Simulation été (du 09-04 au 25-11)									
Fichier Affichage Outils ?									
Liste des scénarios									
		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	Ventilation d'été								
1 H	Ventilation d'été cuisine seulement Courant d air	100	100	100	100	100	100	100	100
2 H	Ventilation d'hiver	100	100	100	100	100	100	100	100
3 H	Ventilation été nocturne	100	100	100	100	100	100	100	100
4 H	Ventilation été zone1 2013 (Tamanassett)	100	100	100	100	100	100	100	100
5 H	Ventilation hiver zone1 2013 (Tamanassett)	100	100	100	100	100	100	100	100
6 H	Ventilation non perma fenetre entrebailee	100	100	100	100	100	100	100	100
7 H	Ventilation non perma hiver	100	100	100	100	100	100	100	100
8 H	Ventilation perma été modéré	100	100	100	100	100	100	100	100
9 H	Ventilation perma été modéré inversé	100	100	100	100	100	100	100	100
10 H	Ventilation perma hiver modéré	100	100	100	100	100	100	100	100
11 H	Ventilation permanente fenetre entrebailee	50	50	50	50	100	100	50	50
12 H	Ventilation permanente fenetre entrebailee++	50	50	50	50	100	100	50	50
13 H	Ventilation permanente fenetre ouverte	50	50	50	50	100	100	50	50
14 H	% d'occupation	50	50	50	50	100	100	50	50
15 H	% d'occupation	50	50	50	50	100	100	50	50
16 H	Consigne de thermostat	50	50	50	50	100	100	50	50
17 H	Puissance dissipée	50	50	50	50	100	100	50	50
18 H		50	50	50	50	100	100	50	50
19 H		50	50	50	50	100	100	50	50
20 H		100	100	100	100	100	100	100	100
21 H		100	100	100	100	100	100	100	100
22 H		100	100	100	100	100	100	100	100
23 H		100	100	100	100	100	100	100	100
24 H		100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 3.19 : Scénario de ventilation été

Sans oublier que cette habitation contient des événements pour assurer l'aération naturelle, ces événements ont une surface de $0,06 \text{ m}^2$ séparés par une distance égale à $2,5 \text{ m}$.

On a appliqué cette aération entre le couloir et les chambres et le séjour qui constituent la zone 1.

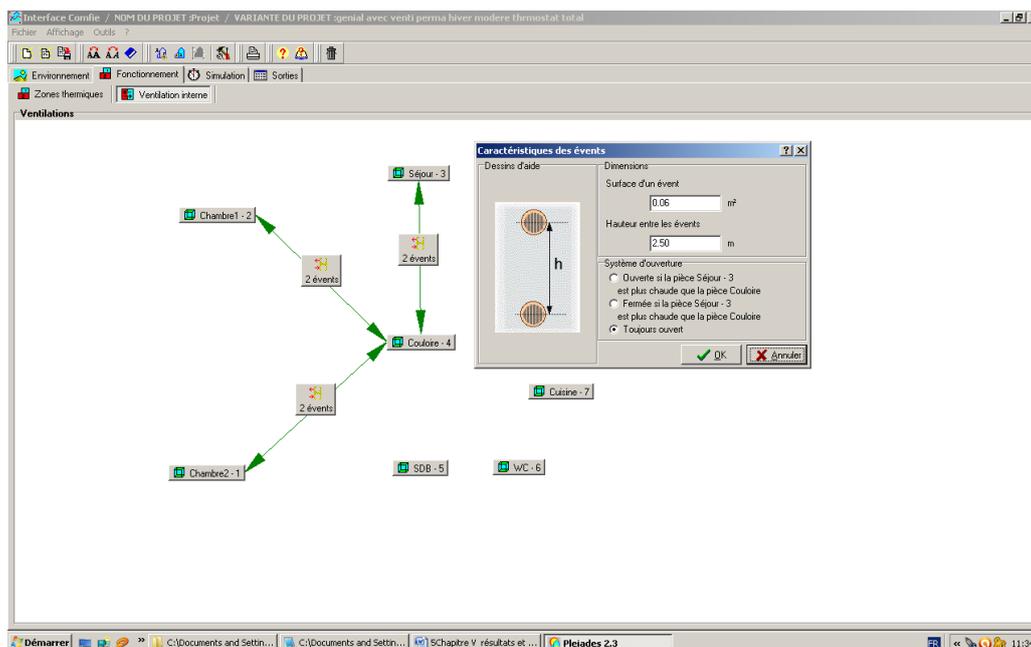


Figure 3.9 : Ventilation par événements

Comment Pleiades traduit les débits de ventilation injectés ?

La ventilation mécanique contrôlée (VMC) :

- peut être réglée à 0,44 volume/heure en hiver et à 0,5 volume/heure en été.

La ventilation naturelle :

- Se situe entre 1 vol/h (fenêtre entrebâillée) et 6 vol/h (fenêtres ouvertes)
- de 10 à 20 vol/h (courant d'air).

Pour 10 ou 20 vol/h, le local est quasiment à la température extérieure

3.3.5.8 Consigne de thermostat

Les consignes de thermostat ont pour fonction de déclencher le chauffage si la température dans la pièce descend en dessous de la limite qu'on aura fixée au préalable. Pour nous le consigne de thermostat c'est juste pour déterminer les besoins de chauffage et de climatisation. L'intervalle de confort thermique est entre 20° et 24°.

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

Tableau 3.20: Scenario de thermostat (chauffage).

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

Tableau 3.21: Scenario de thermostat (climatisation).

3.4 Conclusion

PLEIADES + COMFIE permet aux spécialistes du domaine d'analyser un projet ou d'envisager une réhabilitation dans une démarche complète d'analyse thermique, depuis les premières esquisses jusqu'aux étapes les plus avancées du projet. Cette approche, à la fois précise sur la maîtrise des ambiances et à large spectre sur l'environnement permet de choisir entre différentes options avec une meilleure connaissance du comportement interne d'un bâtiment et de son impact environnemental global.

CHAPITRE 4 : SIMULATION & ANALYSE

4.1. Introduction

En raison du coût et des durées expérimentales, la simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable.

L'informatique offre la possibilité d'effectuer des calculs qui seraient longs, fastidieux et répétitifs, CHATELET et all affirment que la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales, d'explorer et de commencer à optimiser certains choix...pour un meilleur confort et des charges de fonctionnement moindre [24].

Afin de validé les résultats issus des simulations numériques, aussi démontrer leur avantage en terme de précision, on a vu la nécessité de présenter en premier, les résultats du rapport d'expertise sur le programme HPE en Algérie (Septembre 2010), une étude qui a été réalisée dans le cadre de l'approbation des plans d'exécutions et de vérification des calculs thermiques du projet de réalisation de 30 logements HPE à Tamanrasset (sous l'égide de l'**APRUE**). Les calculs qui ont été réalisés sont inspiré du Document Technique Réglementaire ; ce DTR apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements.

Ce chapitre va porter sur les résultats obtenus par l'étude faite par le DTR et par la STD, suivie par une analyse et des observations.

4.2. Etude du logement en utilisant le DTR

➤ Conditions de base:

Pour la période hivernal :

- Les conditions de base extérieures :

Température sèche de l'air extérieure : $T_{ext} = 5 \text{ °C}$. L'humidité relative : $\varphi = 30 \%$.

La vitesse du vent est : $v = 3 \text{ m/s}$

- Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air intérieur $T_{int} = 20 \text{ °C}$ L'humidité relative : $\varphi = 50\%$,

Pour la période estival :

- Les conditions de base extérieures :

Température sèche de l'air extérieure : $T_{ext} = 35 \text{ °C}$. L'humidité relative : $\varphi = 12 \%$.

La vitesse de vent est : $v = 4,5\text{m/s}$

- Les conditions de base intérieures :

Température sèche de l'air intérieur $T_{int} = 24 \text{ °C}$

L'humidité relative : $\varphi = 50\%$.

4.2.1. Estimation des charges en hiver :

$$D_{TOTAL} = 5227.52 \text{ W}$$

4.2.2. Estimation des charges en été :

$$G_T = 6485.67 \text{ W}$$

4.2.3. Vérification réglementaire

On vérifie que :

$$D_T = 348.5 \text{ W /°C} < 1,05 \times D_{réf} = 1.05 \times 513.7 = 539.38 \text{ W/°C}$$

4.2.4. Economie d'énergie

Economie d'énergie par rapport au seuil de déperditions à ne pas dépasser et prescrit au D.T.R C 3-2 :

$$100 \times (D_{réf} - D_T) / D_{réf}$$

$$100 \times (513.7 - 348.5) / 513.7 = 32.2 \%$$

A noter que cette économie viendrait s'ajouter aux 25 à 30% déjà escomptés par cette même réglementation.

Suite a ces résultats, les plans d'exécution pour ce projet ont été approuvés tout en précisant que cette étude est dans les normes des prescriptions et réglementations en vigueur puisque les calculs ont montré une bonne isolation et une meilleure inertie thermique [13].

4.3. La Simulation

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

Sur Pléiades + Comfie, il n'est pas possible de créer dans une même simulation, des scénarios pour l'hiver et pour l'été. On a été donc obligé de diviser la simulation en deux, une pour l'hiver et l'autre pour l'été.

- Etapes de l'acquisition des résultats:

Pour bien voir les variations de température de la zone de confort, on illustrera nos simulations par deux graphes, celui d'hiver et celui d'été, et pour connaître les besoins énergétiques (en chauffage et en climatisation) on lance une simulation sans les consignes de thermostat et une deuxième avec ces même consignes (La température de confort doit être entre 20°C et 24°C) ce qui fait en tous un total de quatre simulations/Maison.

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

Etape 1 :

En premier lieu on va appliquer l'ensemble des scénarios sur notre maison mais sans enveloppe thermique, c'est à dire maison non isolé (on va la nommée maison classique).

Etape 2 :

Dans le but de connaître le gain d'énergie due a cette enveloppe (y compris le double vitrage) exposé dans le chapitre quatre, on lance des simulations avec cette isolation pour pouvoir compare les résultats obtenues avec ceux de l'étape 1.

Etape 3 :

Pour prouver que cette enveloppe thermique est optimisée, on simule notre maison avec une autre enveloppe plus améliorée, simplement en doublant l'épaisseur du polystyrène et en utilisant des fenêtres plus performantes thermiquement.

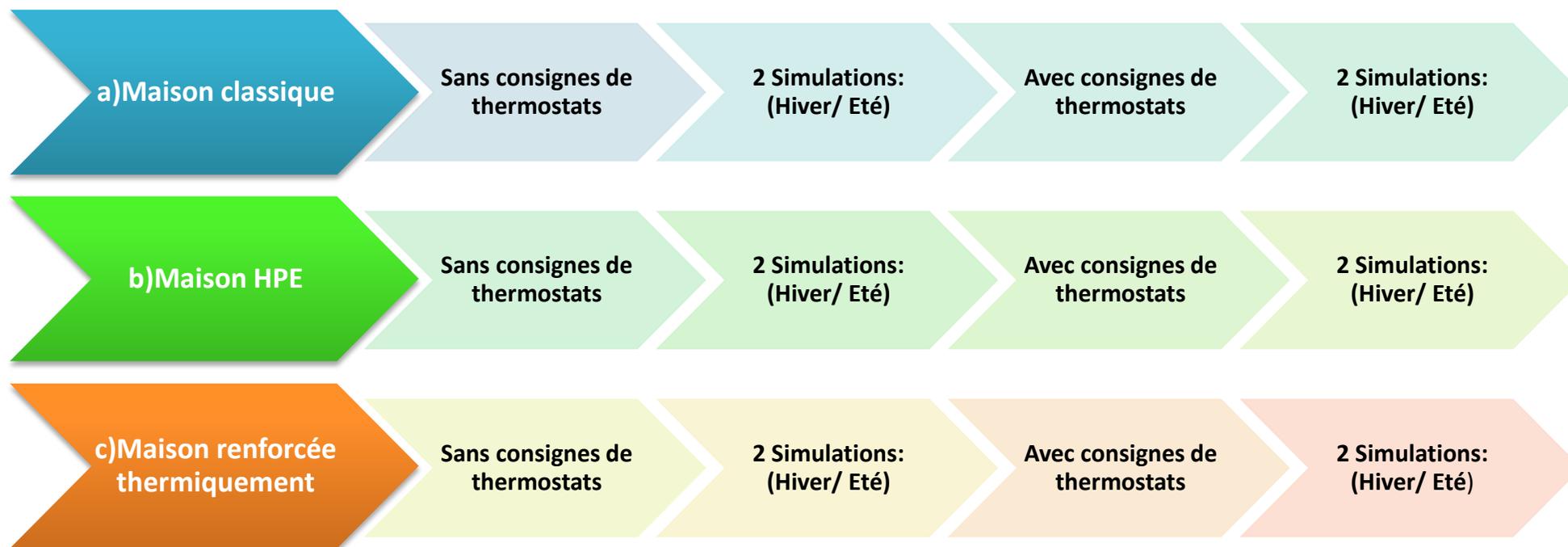


Figure 4.1 : Etapes de simulations : 12 Simulations

4.3.1. Etape 1 : Simulation de l'habitat classique

En réalité cette maison qu'on a nommé classique est la même maison HPE qu'on est entrain d'étudier seulement la composition des murs et plancher haut qui change sans oublier le vitrage (Sans enveloppe thermique et sans le double vitrage) ce qui va nous ramené a une habitation banale qu'on a eu l'habitude de construire.

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Enduit extérieur	M	0.3	5	1.15	0.00	
Plâtre courant	M	1.0	8	0.35	0.03	
Terre cuite	M	15.0	285	1.15	0.13	
Enduit plâtre	M	1.3	20	0.35	0.04	
Total		17.6	318		0.20	

Tableau 4.1 : Composition du mur extérieur (habitation classique)

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01	
Béton cellulaire 400	M	7.0	28	0.16	0.44	
Hourdis de 20 en béton	E	20.0	260	1.33	0.15	
Plâtre courant	M	1.5	12	0.35	0.04	
Total		30.5	346		0.64	

Tableau 4.2 : Composition du plancher haut(habitation classique)

Complément	Simple vitrage non classée- coupure thermique	
Origine	Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-	
Nombre de vitrages	1 vitrage	
Changer les caractéristiques		Facteur solaire moyen 0.63
		Coeff U moyen 4.47 W/(m2.K)
		% de vitrage 70 %
Vitrage		Cadre
Facteur solaire	0.90	Coeff U Opaque 3.00 W/(m2.K)
Coeff U Vitrage	5.10 W/(m2.K)	

Tableau 4.3 : Caractéristiques de la fenêtre simple utilisée (habitation classique)

4.3.1.1. Simulation sans consignes de thermostat

Simulation pour l'hiver :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.94 °C	19.24 °C	29.53 °C
Couloir + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.24 °C	18.33 °C	28.51 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.54 °C	18.69 °C	28.56 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.02 °C	18.68 °C	30.30 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	0.00 kWh/m3	16.02 (1/10°C)	28.70 %	75.03 %	0.00 %		

Tableau 4.4 : Récapitulatif des résultats (étape1 ; sans consignes ; Hiver)

Le graphe ci dessous montre l'évolution de la température extérieure et celle de la zone de confort pendant l'hiver :

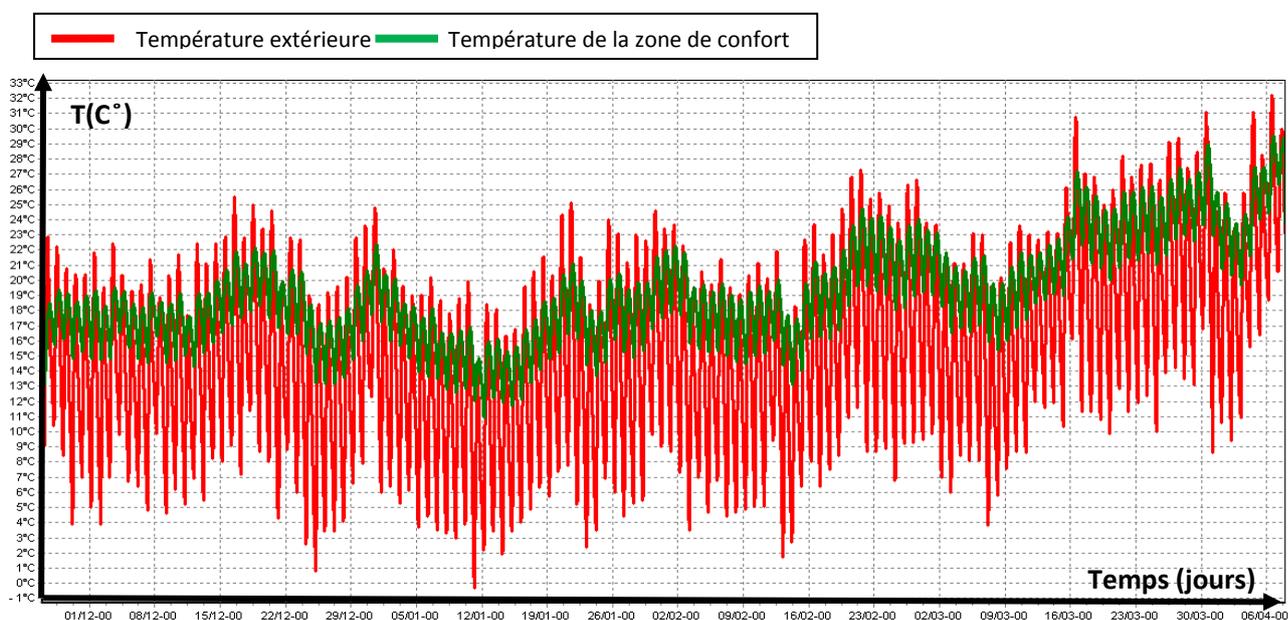


Figure 4.2 : évolution des températures (étape1 ; sans consignes ; Hiver)

Simulation pour l'été :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.68 °C	28.19 °C	35.67 °C
Couloir + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.21 °C	27.48 °C	34.77 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.82 °C	27.86 °C	34.82 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.16 °C	27.81 °C	36.29 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	0.00 kWh/m3	44.16 (1/10°C)	31.05 %	87.46 %	0.00 %		

Tableau 4.5 : Récapitulatif des résultats (étape1 ; sans consignes ; Eté)

Le graphe ci dessous montre l'évolution de la température extérieure et celle de la zone de confort pendant l'été :

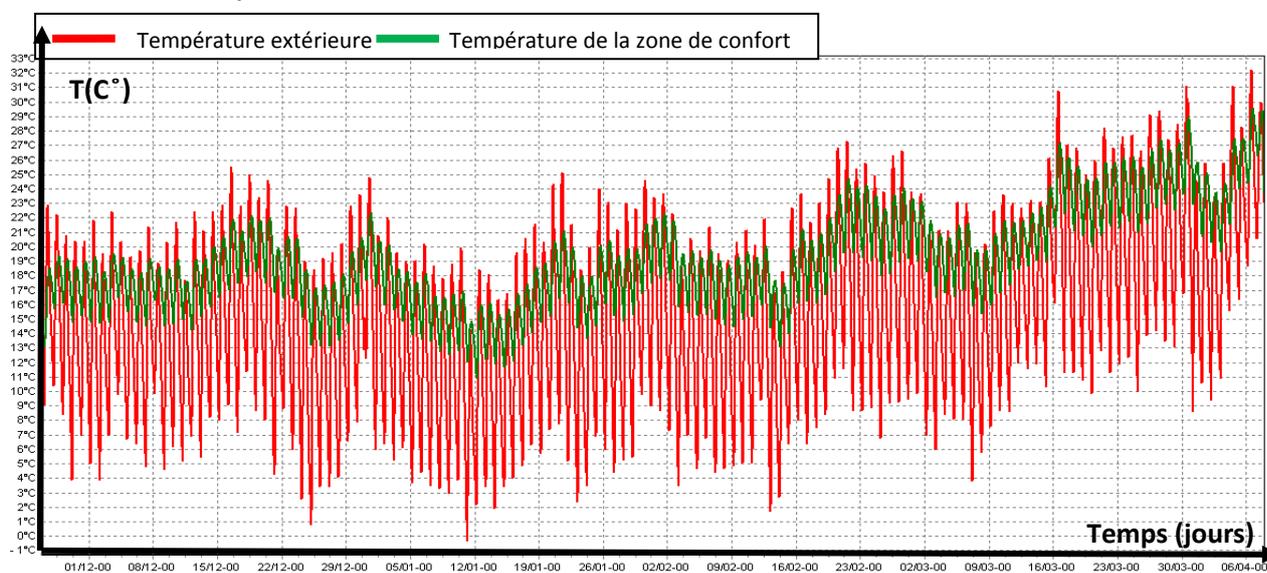


Figure 4.3 : évolution des températures (étape1 ; sans consignes ; Eté)

4.3.1.2. Simulation avec consignes de thermostat

Simulation pour l'hiver :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	3260 kWh	436 kWh	5180 W	4787 W	18.66 °C	21.00 °C	24.07 °C
Couloire + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.62 °C	19.14 °C	26.96 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	11.41 °C	18.94 °C	28.19 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	10.34 °C	18.78 °C	30.19 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	21.41 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	11.20 %	1.75 %	41.33 %		

Tableau 4.6: Récapitulatif des résultats (étape1 ; avec consignes ; Hiver)

Les graphes si dessous montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec les besoins énergétiques nécessaires:

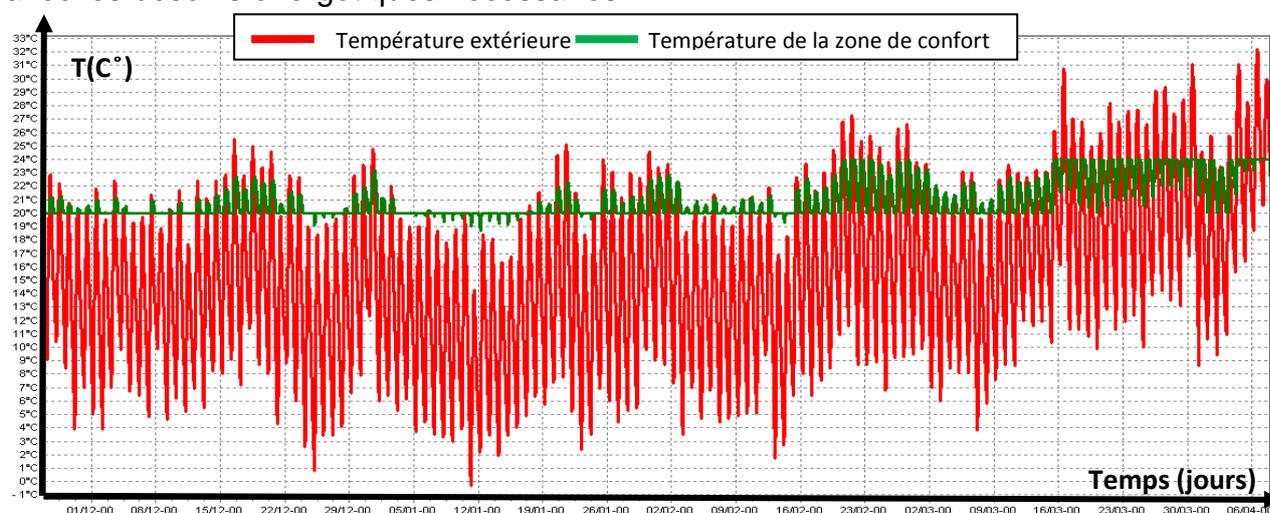


Figure 4.4: évolution des températures (étape1 ; avec consignes ; Hiver)

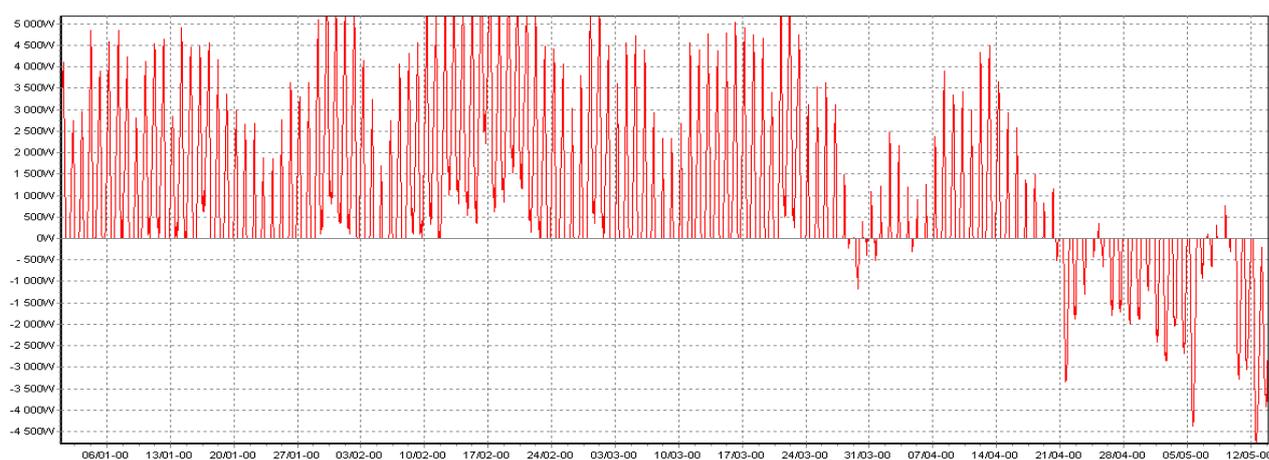


Figure 4.5 : Besoins en chauffage et en climatisation (étape1 ; avec consignes ; Hiver)

Simulation pour l'été :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	282 kWh	12230 kWh	3732 W	5180 W	20.00 °C	23.55 °C	25.99 °C
Couloire + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.98 °C	25.52 °C	30.50 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.94 °C	27.25 °C	33.58 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	15.18 °C	27.62 °C	35.91 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauff	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	72.47 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	8.03 %	10.37 %	27.98 %		

Tableau 4.7: Récapitulatif des résultats (étape1 ; avec consignes ; Eté)

Les graphes si dessous montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec les besoins énergétiques nécessaires:

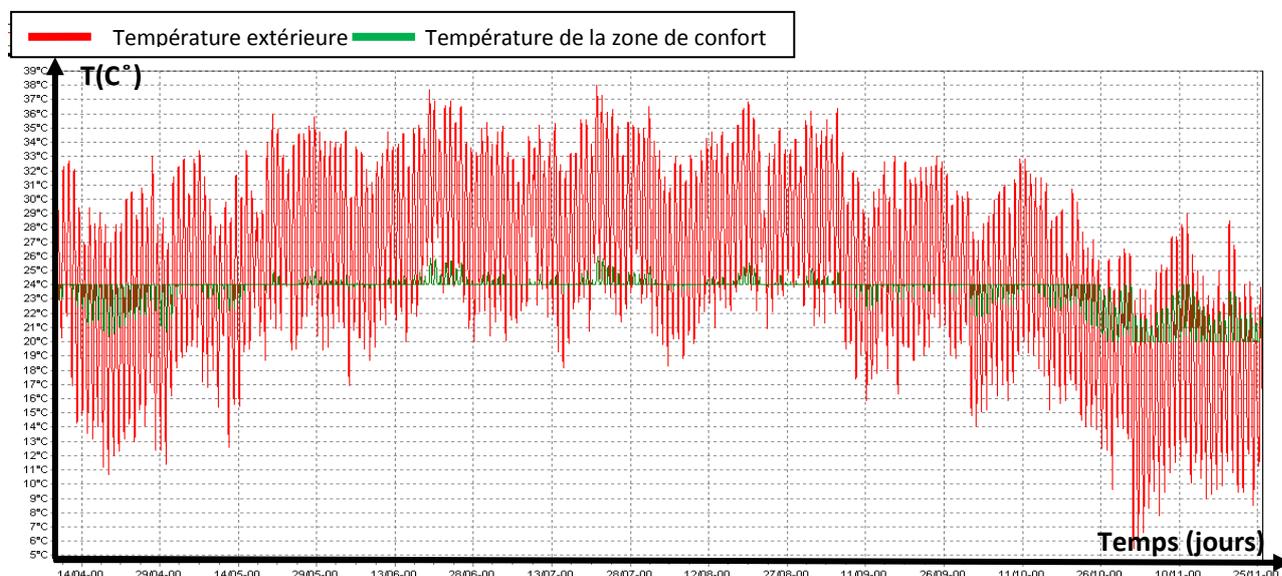


Figure 4.6 : évolution des températures (étape1 ; avec consignes ; Eté)

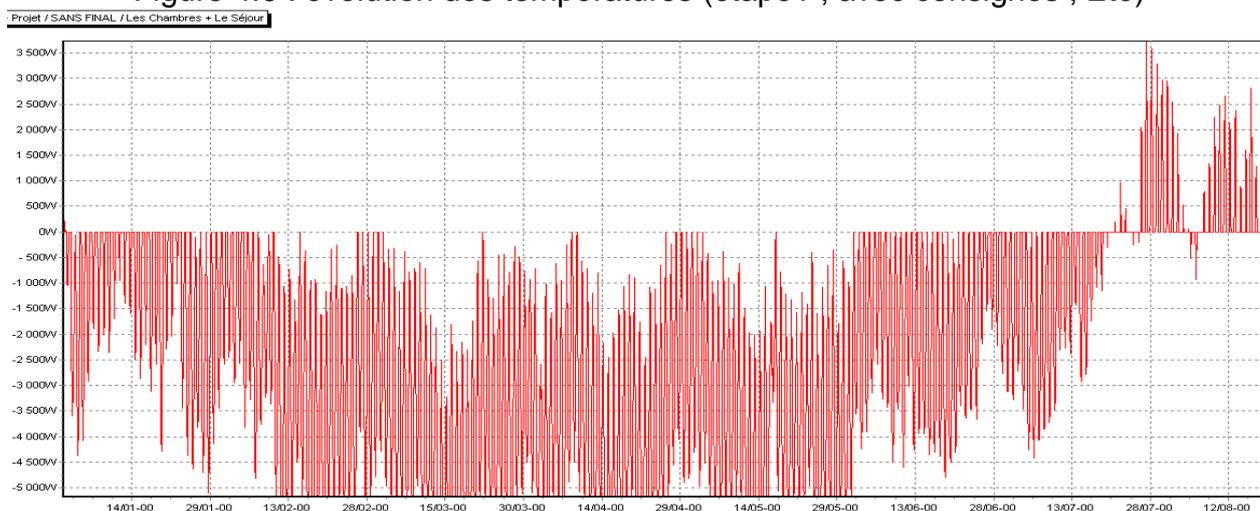


Figure 4.7 : Besoins en chauffage et en climatisation (étape1 ; avec consignes ; Eté)

4.3.1.3. Résultats de l'Etape 1 :

✓ Selon les résultats qu'on a obtenus dans cette étape, les besoins énergétiques de l'année entière sont présentés dans le tableau suivant:

Besoins (kWh)	Hiver	été	Total
Besoins en climatisation	436	12230	12666
Besoins en chauffage	3260	282	3542

Tableau 4.8 : Besoins de chauffage et de climatisation pour l'étape 1

4.3.2. Etape 2 : Simulation de l'habitat HPE (Avec enveloppe thermique et double vitrages)

Pour réduire la consommation d'énergie d'un bâtiment et alléger sa facture il faut améliorer son isolation et sa ventilation. Il faut assurer un confort thermique qui permettra un réchauffement facilité en hiver et un air frais en été. Il faut aussi réaliser des économies d'énergie en réduisant les pertes de chaleur. D'après une étude de l'ADEME, les déperditions se font par le plafond (jusqu'à 30% pour les logements sous la toiture), les murs (25%), les vitrages (13%), les sols (7%) et les ponts thermiques (5%). Mais il ne faut pas oublier le renouvellement d'air (ventilation) qui est responsable des 20% de pertes restantes.

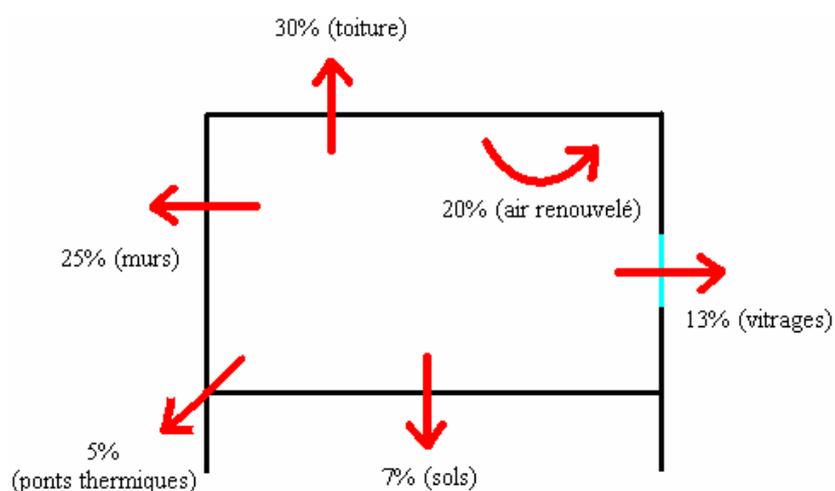


Figure 4.8 : Proportions des déperditions énergétiques [25]

On intervient donc sur la composition des murs extérieurs et planchers haut, ainsi que le double vitrage qui a sa propre influence sur les pertes d'hiver et les gains d'été, le tableau suivant englobe les changements apportés au projet :

Type de maison	Resistance thermique plancher haut [m ² .°C/W]	Resistance thermique mur extérieur [m ² .°C/W]	Vitrage
Maison classique	0.64	0.20	SV
Maison HPE	3.2	2.33	DV (4-6-4)

Tableau 4.9 : Résistances thermique de l'enveloppe et vitrage de l'étape 2

Nom: Fen alu DV A1+A1 4.6.4
 Complément: Double vitrage 4 + 4 mm -coupure thermique
 Origine: Ouvrage "Conception thermique de l'habitat"+ règles TH-B
 Nombre de vitrages: 2 Vitrages
 Facteur solaire moyen: 0.57
 Coeff U moyen: 3.42 W/(m2.K)
 % de vitrage: 70 %
 Changer les caractéristiques
 Vitrage: Facteur solaire: 0.81, Coeff U Vitrage: 3.60 W/(m2.K)
 Cadre: Coeff U Opaque: 3.00 W/(m2.K)

Tableau 4.10 Caractéristiques de la fenêtre double vitrage utilisée

4.3.2.1. Simulation sans consignes de thermostat

Simulation pour l'hiver :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	18.45 °C	22.27 °C	28.94 °C
Couloire + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.63 °C	21.02 °C	28.10 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	18.11 °C	21.38 °C	28.76 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.62 °C	21.55 °C	30.72 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T*E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	0.00 kWh/m3	11.16 (1/10°C)	10.44 %	38.19 %	0.00 %		

Tableau 4.11: Récapitulatif des résultats (étape2 ; sans consignes ; Hiver)

Le graphe si dessous montre l'évolution de la température extérieure et celle de la zone de confort pendant l'hiver :

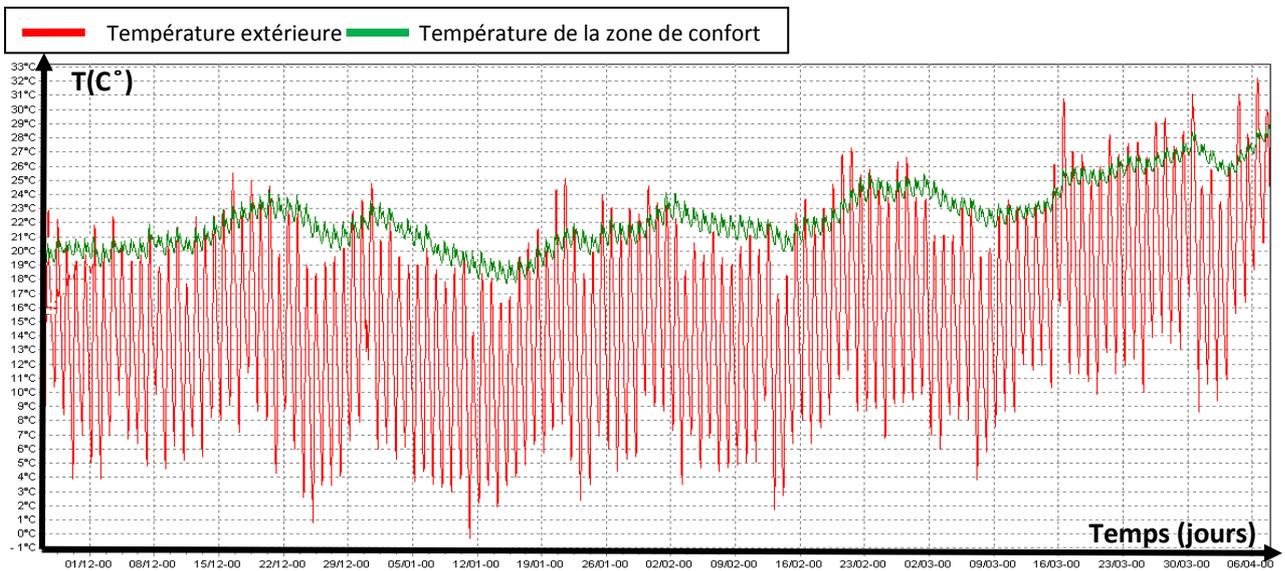


Figure 4.9: évolution des températures (étape2 ; sans consignes ; Hiver)

Simulation pour l'été :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	20.19 °C	28.33 °C	33.56 °C
Couloir + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	18.73 °C	27.71 °C	33.07 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	19.36 °C	28.27 °C	33.75 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	0.00 kWh/m3	37.04 (1/10°C)	7.74 %	86.33 %	0.00 %		

Tableau 4.12: Récapitulatif des résultats (étape2 ; sans consignes ; été)

Le graphe ci dessous montre l'évolution de la température extérieure et celle de la zone de confort pendant l'été :

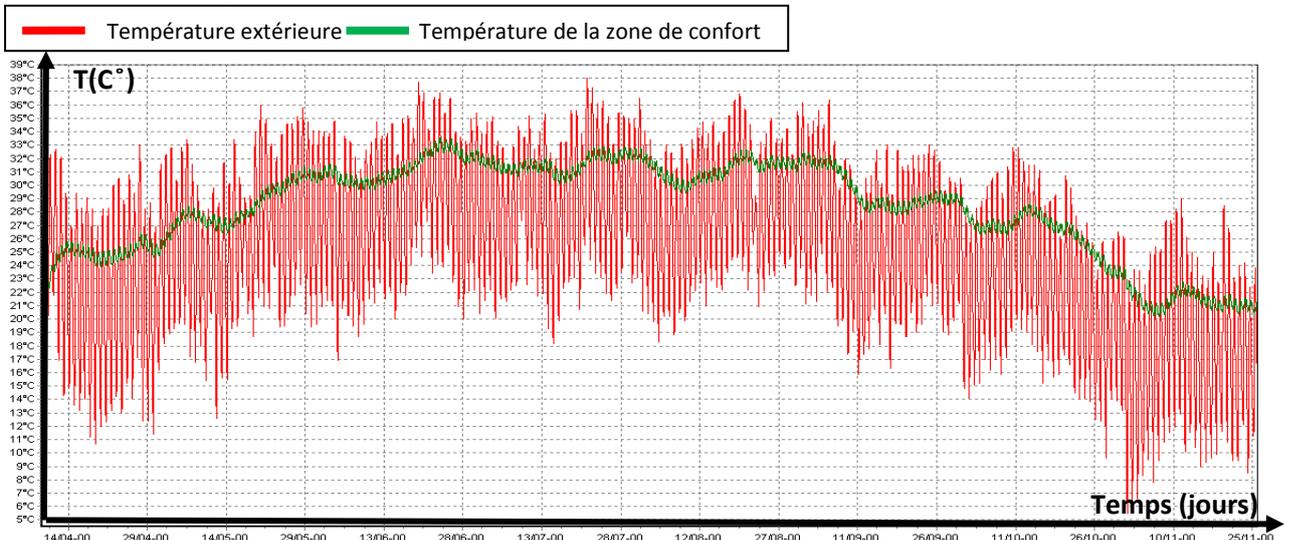


Figure 4.10 : évolution des températures (étape2 ; sans consignes ; été)

4.3.2.2. Simulation avec consignes de thermostat

Simulation pour l'hiver :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	71 kWh	286 kWh	985 W	1940 W	20.00 °C	22.12 °C	24.10 °C
Couloire + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.46 °C	20.98 °C	25.89 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.91 °C	21.37 °C	27.69 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.68 °C	21.55 °C	30.18 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	2.07 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	7.88 %	0.31 %	2.69 %		

Tableau 4.13: Récapitulatif des résultats (étape2 ; avec consignes ; hiver)

Les graphes si dessous montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec les besoins énergétiques nécessaires:

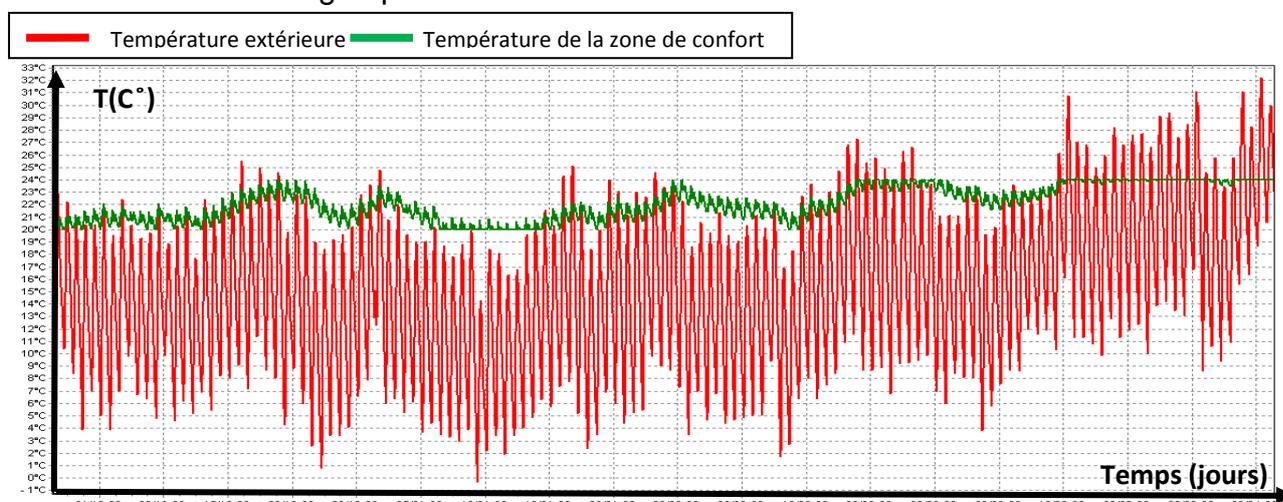


Figure 4.11 : évolution des températures (étape2 ; avec consignes ; hiver)

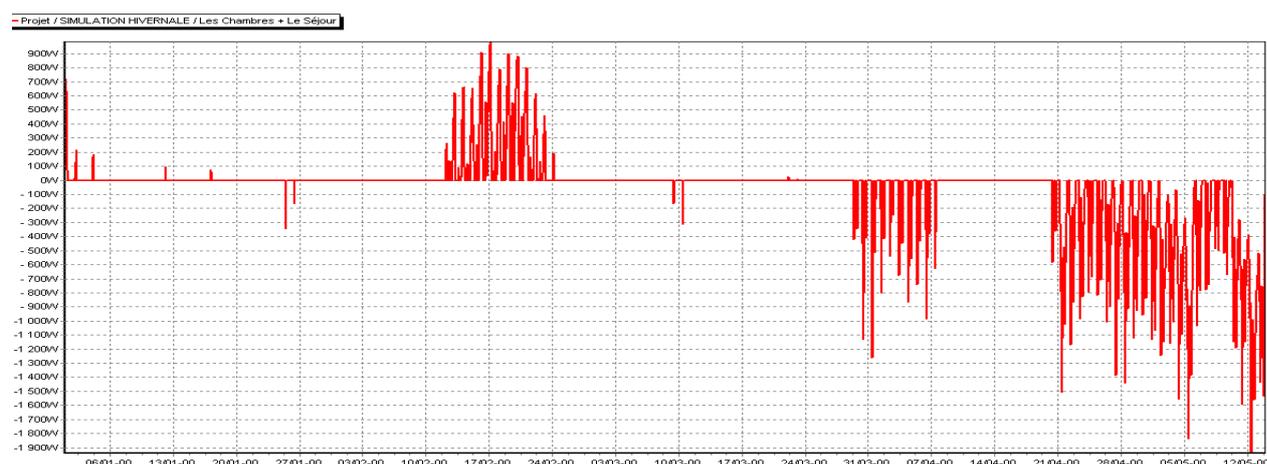


Figure 4.12 : Besoins en chauffage et en climatisation (étape2 ; avec consignes ; hiver)

Simulation pour l'été :

On change les scénarios de ventilation et d'occultation d'hiver par ceux d'été et on lance une autre simulation. Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	4136 kWh	0 W	2169 W	20.08 °C	23.65 °C	24.08 °C
Couloir + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	18.65 °C	24.85 °C	27.32 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	19.29 °C	26.65 °C	30.85 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.91 °C	27.56 °C	34.19 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	23.95 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	1.36 %	0.29 %	0.00 %		

Tableau 4.14: Récapitulatif des résultats (étape2 ; avec consignes ; été)

Les graphes si dessous montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec les besoins énergétiques nécessaires:

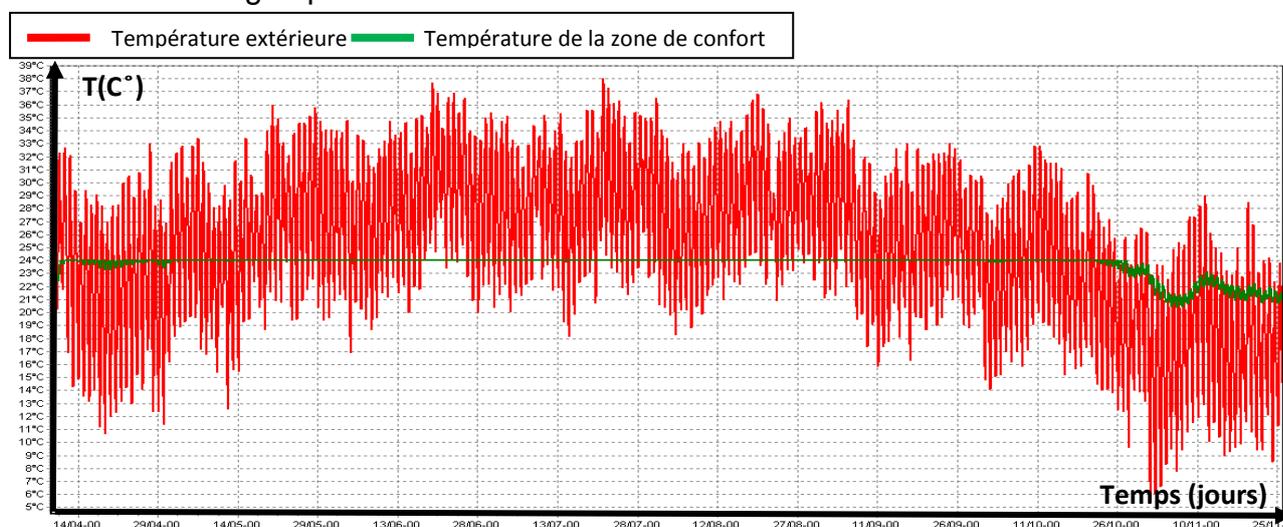


Figure 4.13 : évolution des températures (étape2 ; avec consignes ; été)

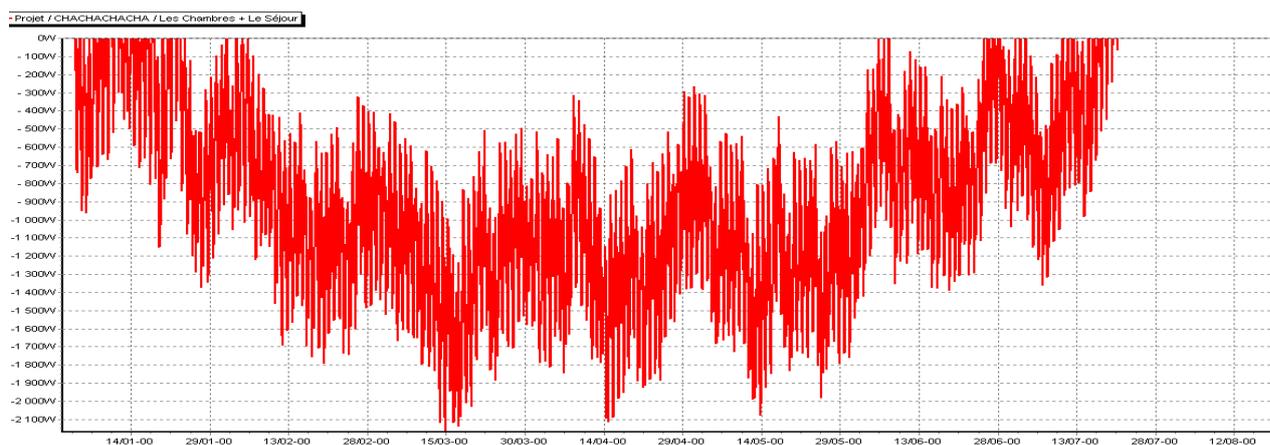


Figure 4.14 : Besoins en climatisation (étape2 ; avec consignes ; été)

4.3.2.3 Résultats de l'Étape 2 :

Les graphes suivants montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec et sans thermostat en fonction de la température extérieure en hiver et en été.

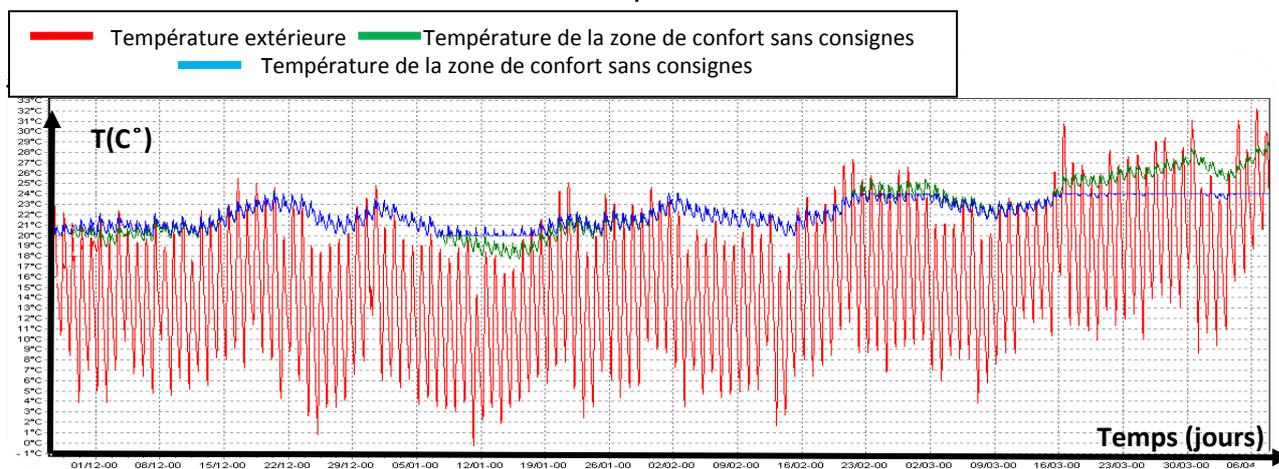


Figure 4.15 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'hiver

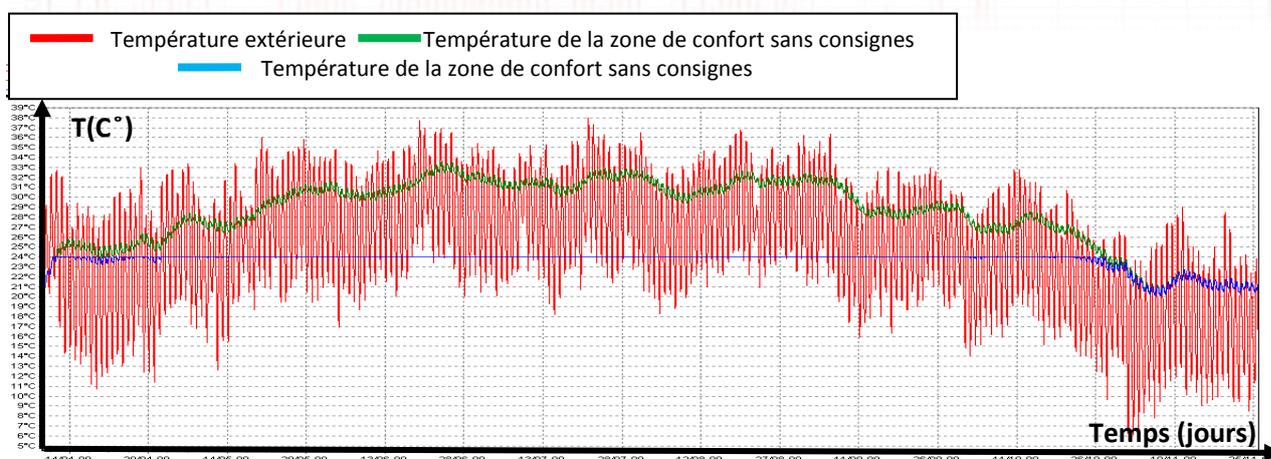


Figure 4.16 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'été

- ✓ Selon les résultats qu'on a obtenus dans cette étape, les besoins énergétiques de l'année entière sont présentés dans le tableau suivant:

Besoins (kWh)	Hiver	été	Total
Besoins en climatisation	286	4373	4659
Besoins en chauffage	71	0	71

Tableau 4.15 : Besoins de chauffage et de climatisation pour l'étape 2

4.3.3. Etape 3 : Simulation de l'habitat avec enveloppe thermique renforcée

On intervient sur la composition des murs extérieurs et planchers haut (on a doublé l'épaisseur du polystyrène), aussi au niveau du vitrage on utilisera le DV bois Argon 4-12-4, Les vitres sont séparées par de l'argon, gaz rare aux capacités isolantes supérieures à l'air. Par la suite la résistance thermique des murs et planchers deviennent :

Type de maison	Resistance thermique plancher haut [m ² .°C/W]	Resistance thermique mur extérieur [m ² .°C/W]	Vitrage
Maison classique	0.64	0.20	SV
Maison HPE	3.2	2.33	DV4-6-4
Maison à isolation améliorée	4.74	4.38	DV4-12-4

Tableau 4.16 : Résistances thermique de l'enveloppe et vitrage de l'étape 3

Nom	Fen alu DV EKO 4.12.4		
Complément	Double vitrage 4 + 4 mm huisserie alu à rupture thermique		
Origine	St GOBAIN - DIAMANT + PLANITHERM SOLAR		
Nombre de vitrages	2 Vitrages		
Changer les caractéristiques	Facteur solaire moyen	0.60	
	Coeff U moyen	2.04	W/(m2.K)
	% de vitrage	80	%
Vitrage		Cadre	
Facteur solaire	0.75	Coeff U Opaque	3.00 W/(m2.K)
Coeff U Vitrage	1.80 W/(m2.K)		

Tableau 4.17: Caractéristiques de la fenêtre double vitrage amélioré utilisée

4.3.3.1. Simulation sans consignes de thermostat

Simulation pour l'hiver :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T* Min	T* Moyenne	T* Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	18.45 °C	24.03 °C	30.26 °C
Couloir + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.63 °C	22.43 °C	29.18 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	18.11 °C	22.58 °C	29.65 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.62 °C	22.58 °C	31.47 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe	Amplification de T*Ex	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	0.00 kWh/m3	11.78 (1/10°C)	11.08 %	53.16 %	0.00 %		

Tableau 4.18: Récapitulatif des résultats (étape3 ; sans consignes ; hiver)

Le graphe si dessous montre l'évolution de la température extérieure et celle de la zone de confort pendant l'hiver :

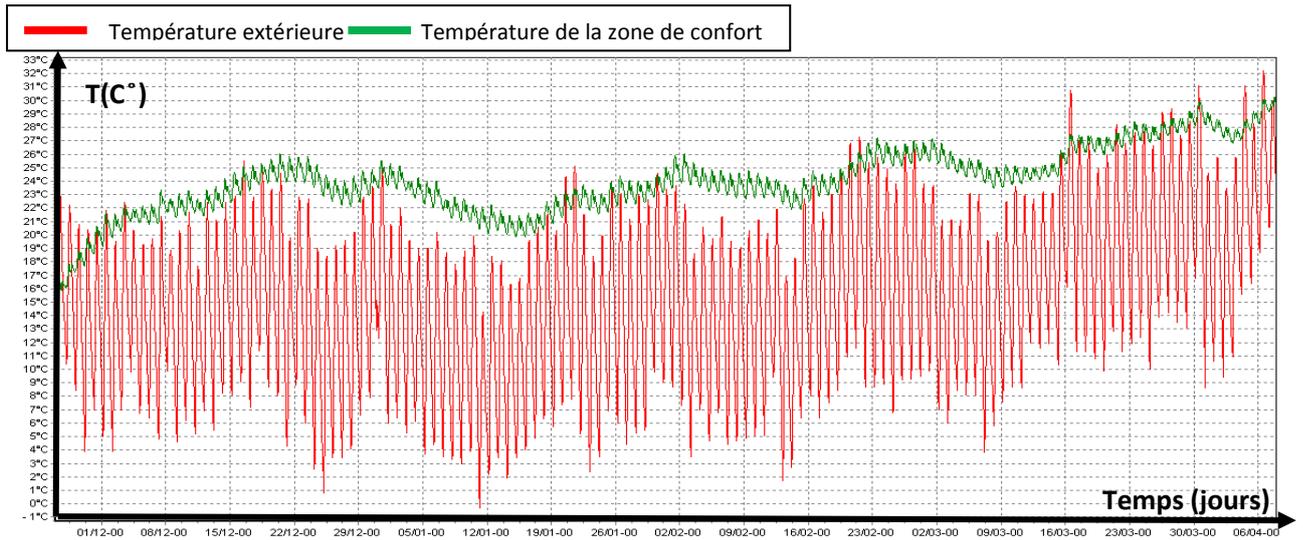


Figure 4.17: évolution des températures (étape3 ; sans consignes ; hiver)
Simulation pour l'été :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	20.84 °C	28.50 °C	33.40 °C
Couloir + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	19.27 °C	27.84 °C	32.98 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	19.86 °C	28.41 °C	33.72 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.23 °C	28.24 °C	35.36 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauff.	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	0.00 kWh/m3	37.95 (1/10°C)	6.96 %	87.21 %	0.00 %		

Tableau 4.19: Récapitulatif des résultats (étape3 ; sans consignes ; Eté)

Le graphe si dessous montre l'évolution de la température extérieure et celle de la zone de confort pendant l'été :

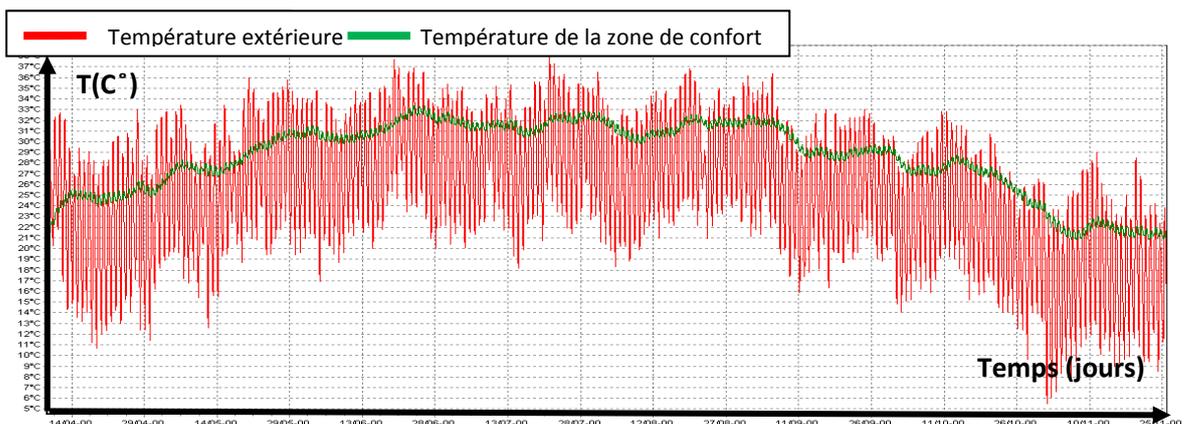


Figure 4.18: évolution des températures (étape3 ; sans consignes ; Eté)

4.3.3.2. Simulation avec consignes de thermostat

Simulation pour l'hiver :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	3 kWh	568 kWh	501 W	1937 W	20.00 °C	23.13 °C	24.05 °C
Couloir + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	16.46 °C	21.90 °C	25.93 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.92 °C	22.28 °C	27.88 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	13.69 °C	22.41 °C	30.51 °C
Zones	Besoins Chaud+Froid	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	3.31 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	7.19 %	0.28 %	0.14 %		

Tableau 4.20: Récapitulatif des résultats (étape3 ; avec consignes ; hiver)

Les graphes si dessous montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec les besoins énergétiques nécessaires:

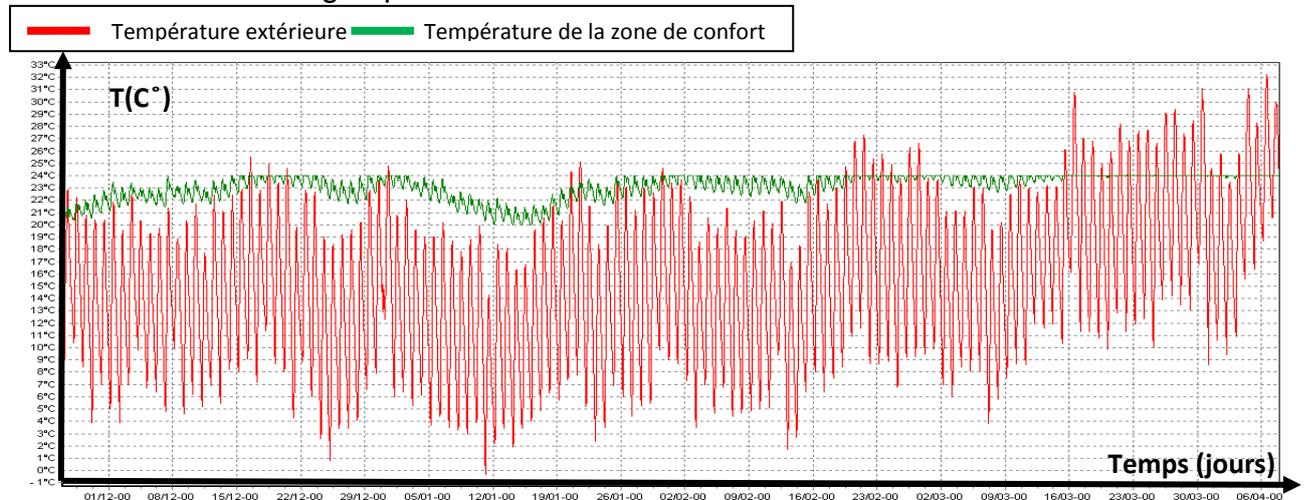


Figure 4.19 : évolution des températures (étape3 ; avec consignes ; hiver)

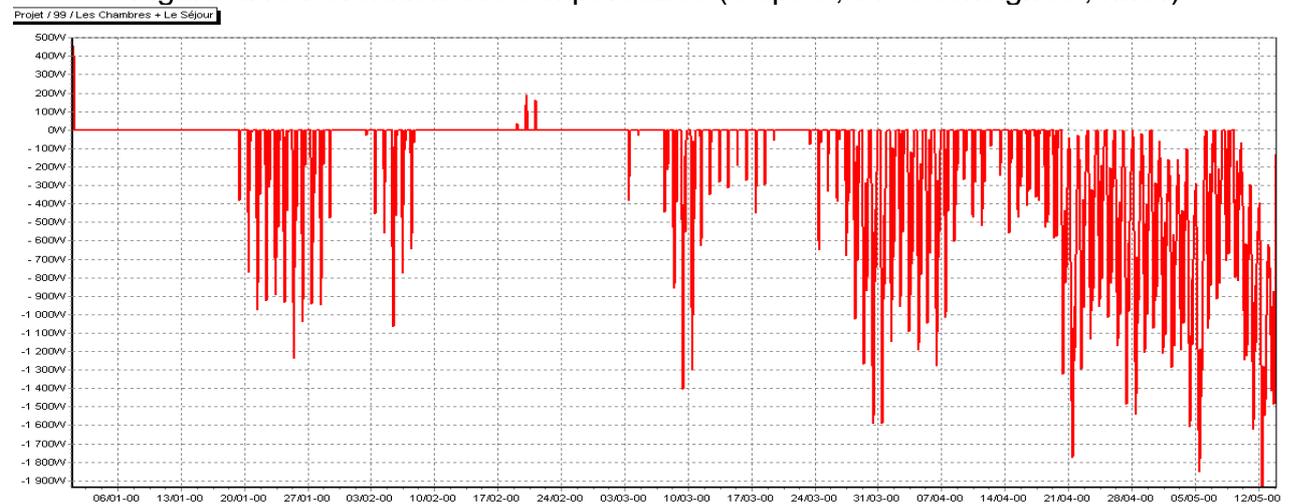


Figure 4.20: Besoins en chauffage et en climatisation (étape3 ; avec consignes ; hiver)

Simulation pour l'été :

Les résultats issus de cette simulation sont récapitulés dans le tableau suivant :

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
Les Chambres + Le Séjour	0 kWh	3469 kWh	0 W	1897 W	20.66 °C	23.70 °C	24.09 °C
Couloire + Escalier	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	19.09 °C	24.78 °C	27.06 °C
Les Sanitaires	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	19.70 °C	26.54 °C	30.53 °C
La Cuisine	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W	17.13 °C	27.54 °C	34.08 °C
Zones	Besoins Chaud+Froi	Moyenne Surchauff.	Amplification de T°E	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
Les Chambres + Le Séjour	20.09 kWh/m3	0.00 (1/10°C)	1.21 %	0.38 %	0.00 %		

Tableau 4.21: Récapitulatif des résultats (étape3 ; avec consignes ; été)

Les graphes si dessous montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec les besoins énergétiques

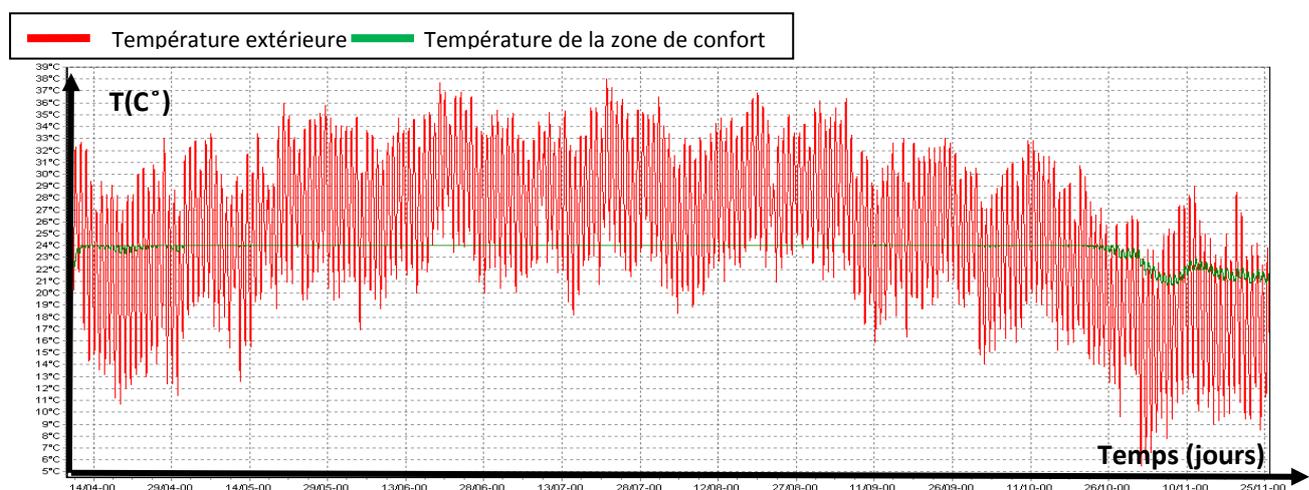


Figure 4.21: évolution des températures (étape3 ; avec consignes ; été)

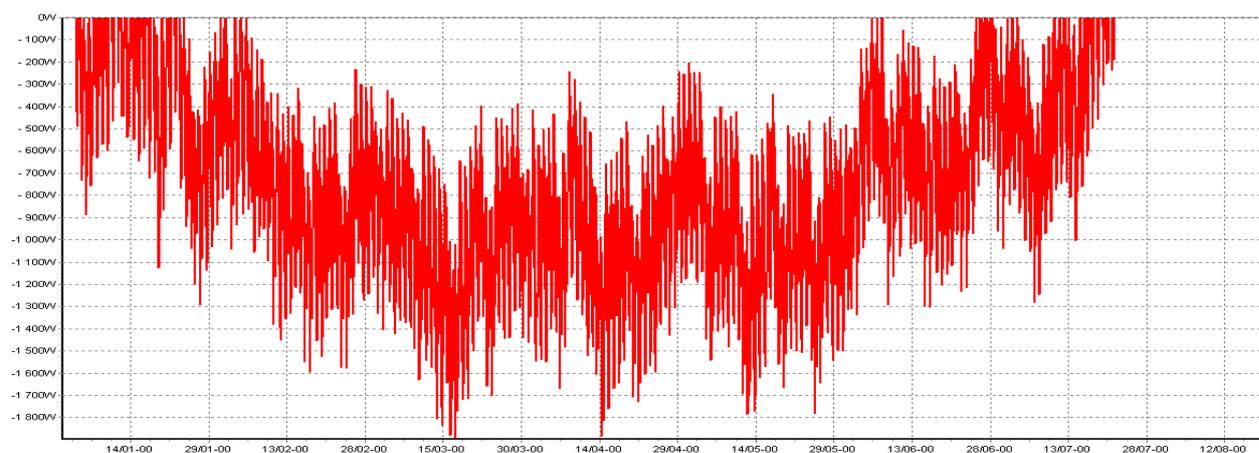


Figure 4.22: Besoins en climatisation (étape3 ; avec consignes ; été)

4.3.3.3. Résultats de l'Etape 3 :

Les graphes suivants montrent l'évolution de la température de la zone de confort avec et sans thermostat en fonction de la température extérieure en hiver et en été.

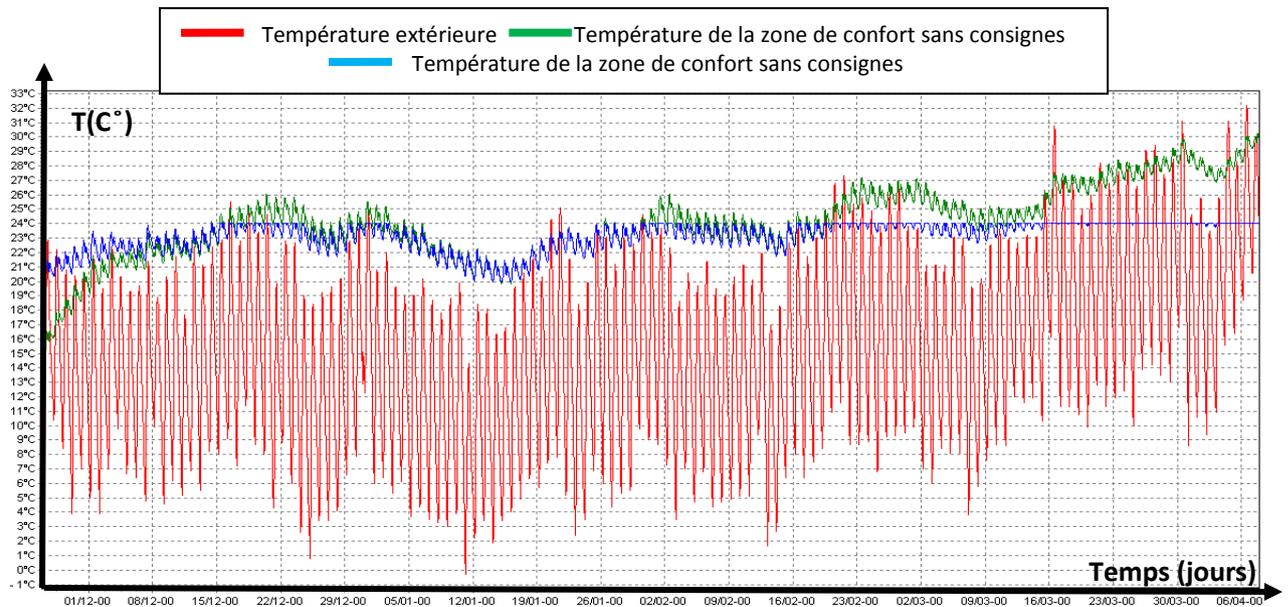


Figure 4.23 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'hiver (étape3)

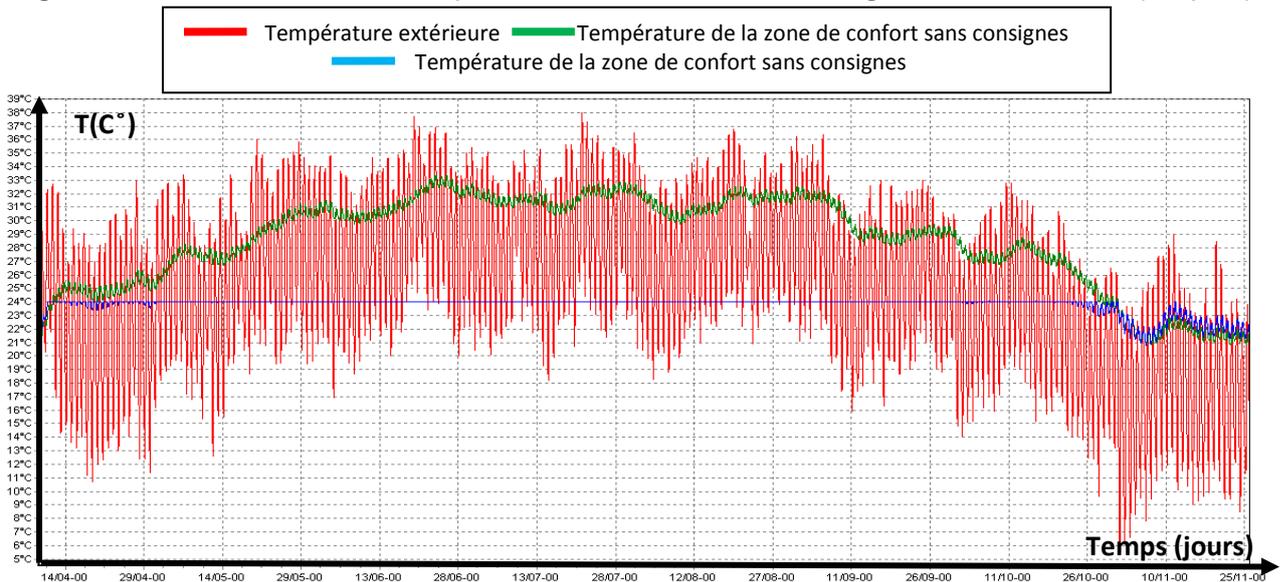


Figure 4.24 : Evolution des températures avec et sans consignes durant l'été (étape3)

✓ Selon les résultats qu'on a obtenus dans cette étape, les besoins énergétiques de l'année entière sont présentés dans le tableau suivant:

Besoins (kWh)	Hiver	été	Total
Besoins en climatisation	568	3469	4037
Besoins en chauffage	3	0	3

Tableau 4.22 : Besoins de chauffage et de climatisation pour l'étape 3

Synthèse énergétique des résultats de simulation :

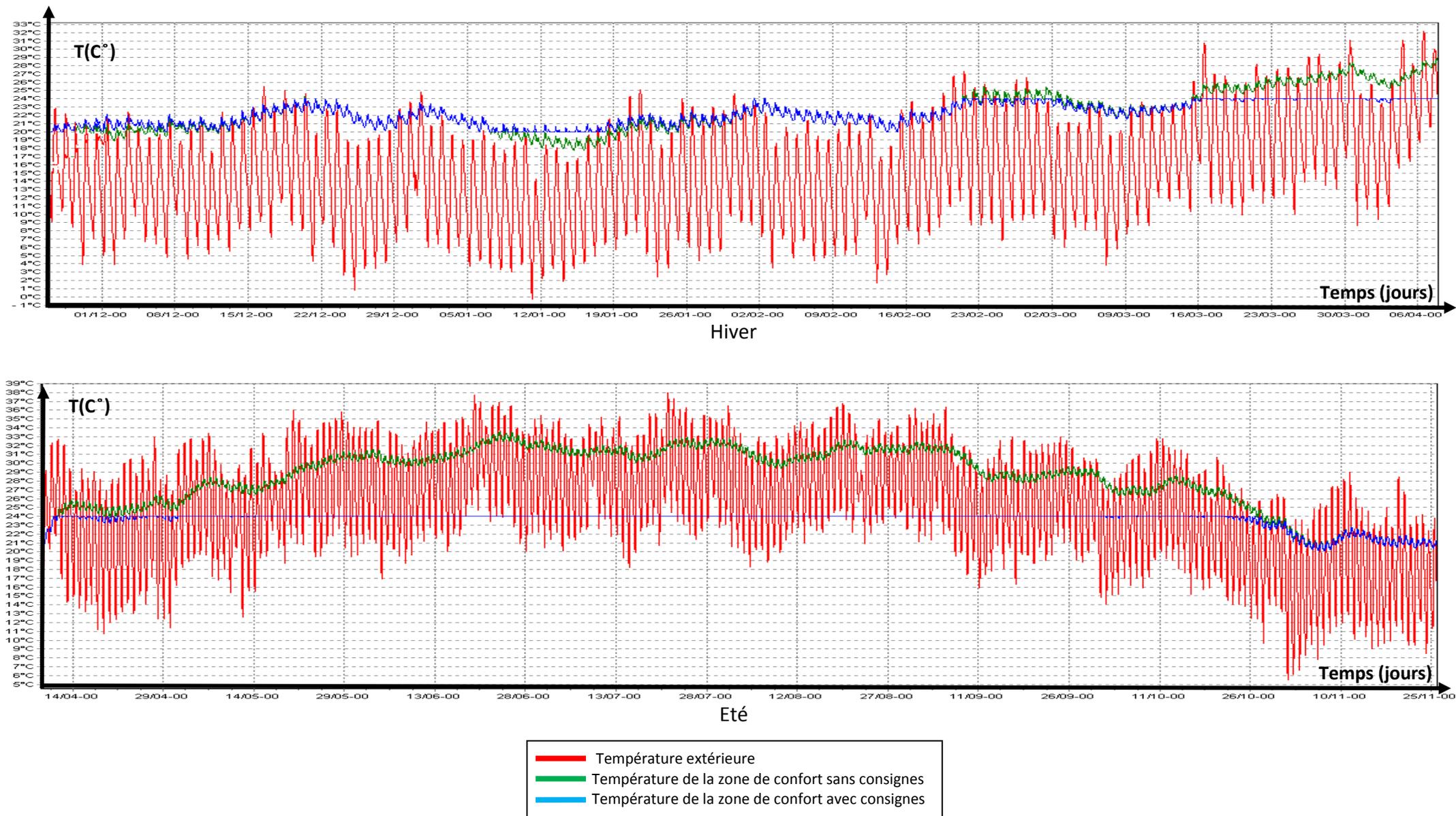
Le tableau suivant englobe les résultats qu'on a reçus dans toutes les étapes, les besoins ainsi que les puissances énergétiques de l'année entière :

Grandeurs	Habitat sans isolation	Habitat avec isolation	Habitat avec isolation améliorée	Ecart due a l'isolation %	Ecart due a l'isolation améliorée %	Ecart entre les deux isolations %
Puissance de climatisation (W)	9967	4174	3834	58,12	61,53	3,41
Puissance de chauffage (W)	8912	985	501	88,95	94,38	5,43
Besoin en climatisation (kWh)	12666	4659	4037	63,21	68,13	4,92
Besoin en chauffage (kWh)	3542	71	3	97,99	99,91	1,92

Tableau 4.23 : Tableau récapitulatif, comparatif des puissances et besoins énergétiques des trois habitations

Les graphes suivant regroupe les courbe de variation de température extérieur, intérieur avec et sans consignes de thermostat de la zone de confort tout le long de l'année, le premier est une représentation de la période hivernale et le deuxième est de la période estivale:

Figure 4.25 : Evolution de la température de zone de confort avec et sans consignes de thermostat et la température extérieure (Maison HPE)



- Comparaison entre les résultats de l'étude basée sur le DTR et ceux de la STD

Grandeurs	Résultats de l'étude	Résultats de la simulation
Puissance de climatisation (W)	6485	4174
Puissance de chauffage (W)	5227	985

Tableau 4.24 : Tableau comparatif entre les résultats du DTR et STD

L'écart de puissance de climatisation entre les deux méthodes de calcul est dû à la ventilation nocturne (favorisée la nuit et réduite le jour) ; sans oublier l'optimisation des charges que rapportent les scénarios d'occupation et d'éclairage, c'est-à-dire que si y'a pas d'occupant dans une zone thermique le logiciel grâce a ces scénarios il ne va pas compter les apports internes de l'occupation et de l'éclairage dans cette zone ce qui va réduire considérablement nos dépenses énergétiques.

En ce qui concerne la puissance de chauffage, la ventilation est l'un des facteurs majeur dans les déperditions énergétiques hivernales, le scénario de ventilation lié au scénario d'occupation nous a aidé énormément dans l'optimisation des besoins de chauffage ; la maximisation des apports solaires à travers les vitres le jour et l'occultation la nuit ont aussi contribués à affaiblir la puissance de chauffage.

La méthode basée sur le DTR est simple, suffisante en principe pour trouver des solutions techniques admissibles, mais pour effectuer des calculs plus précis le DTR recommande l'utilisation de logiciels de simulation opérant en régime dynamique [6], c'est ce qui a été fait (la méthode de STD).

Dans les pages qui suivent, on développera chaque élément d'information cité pour plus d'explicitation.

4.3.4. Analyse des résultats :

Notre analyse va contenir des comparaisons entre les résultats obtenus des douze simulations, de la découle l'étude des facteurs de confort thermique de notre habitat HPE, on ajoutera une approximation pour réduire les dépenses énergétiques. Nous étudierons en particulier les besoins de chauffage et de climatisation, qui représentent les principales sorties de Pléiades+Comfie, dont voici les détails des résultats :

4.3.4.1. Comparaison entre maison classique et maison HPE

Sur le graphique suivant, où nous avons représenté les besoins de chauffage, nous voyons très clairement que la différence est nettement grande entre les deux logements.

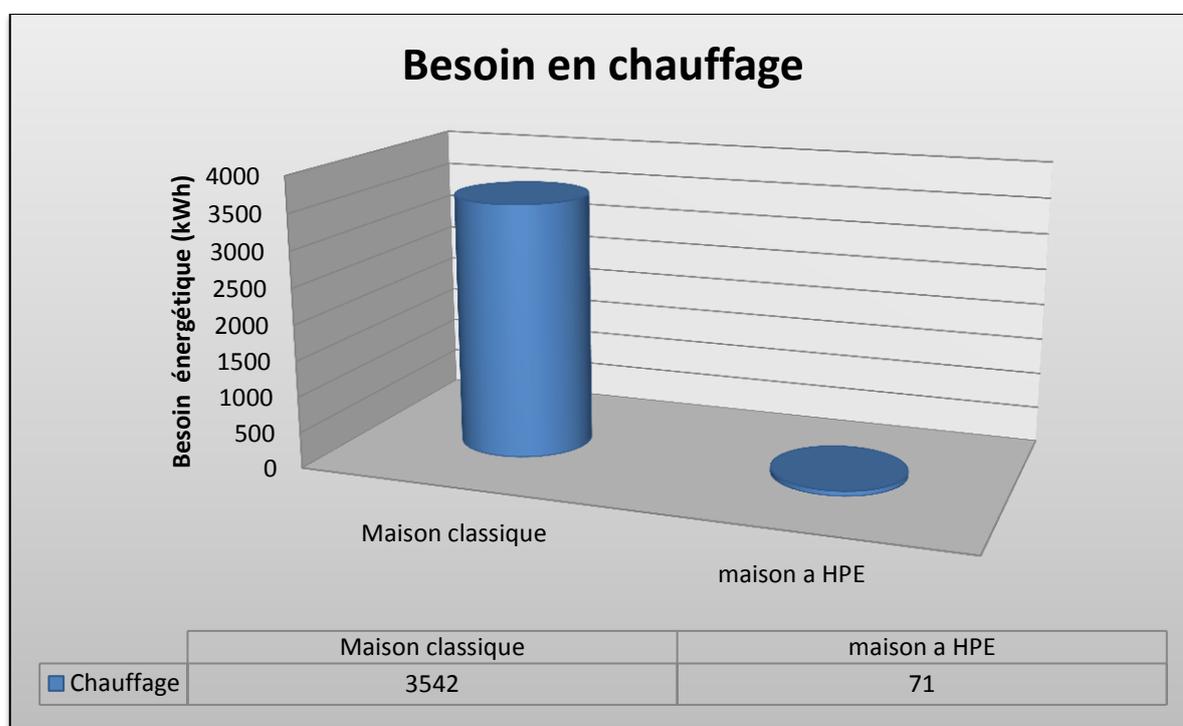


Figure 4.26 : Comparaison entre les besoins en chauffage de l'habitat classique et HPE

Les besoins en chauffage avec des apports internes (c'est-à-dire puissance dissipée et occupation des pièces) sont de 3542 kWh pour la maison de type classique, et de 71 kWh pour la maison de type HPE. Ces derniers augmentent respectivement jusqu'à 5545 kWh et à 981 kWh, lorsqu'on supprime les apports internes.

Les besoins en chauffage avec apports internes représentent 7% des besoins en chauffage sans apport pour la maison HPE et 35% pour la maison classique.

La chaleur interne est mieux stockée, et les déperditions sont moindres pour la maison de type HPE.

Nous pouvons en déduire que l'enveloppe de la maison HPE est plus performante en terme d'isolation et limite les déperditions. Les besoins de chauffage en sont réduits : sur toute une année, le chauffage de l'habitat HPE ne représente que 2% de celui de l'habitat type classique, avec des apports internes, et 18% sans ces apports.

En résumé, la maison HPE présente des besoins plus faibles en raison d'une meilleure isolation (vues par les différences avec et sans isolation), ainsi que des déperditions limitées (vues par les différences avec et sans apports internes).

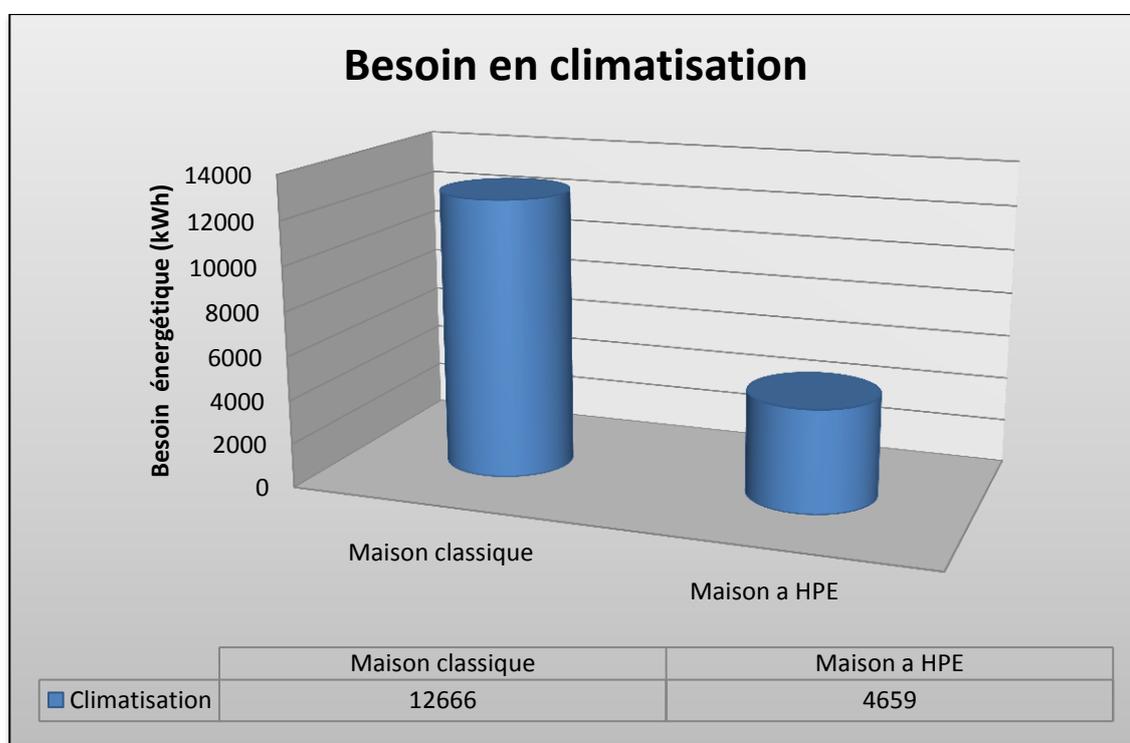


Figure 4.27 : les besoins en climatisation de l'habitat classique et HPE

Les performances de l'enveloppe thermique de la maison HPE sont perceptibles, puisque les besoins en climatisation sont égales a: 4659 kWh contre 12666 kWh pour la maison classique. Il s'agit clairement d'une immense pénétration de la chaleur extérieure vers la zone de confort.

La protection contre cette chaleur extérieure est sensible, en conséquence les besoins en climatisation sont pratiquement trois fois moindres pour la maison HPE.

En analysant plus dans le détail (voir figure ci-dessous), la cuisine apparaît comme une pièce prépondérante : rappelons qu'elle est occupée et chauffée par des appareils ménagers.

La part de la cuisine devient insignifiante sans ces apports internes, ce qui confirme le volant thermique, et donc le stockage de l'enveloppe HPE.

De ce fait, il faut évacuer ces apports, et étudier les résultats obtenus. C'est ce qui a été réalisé grâce au scénario de ventilation nocturne.

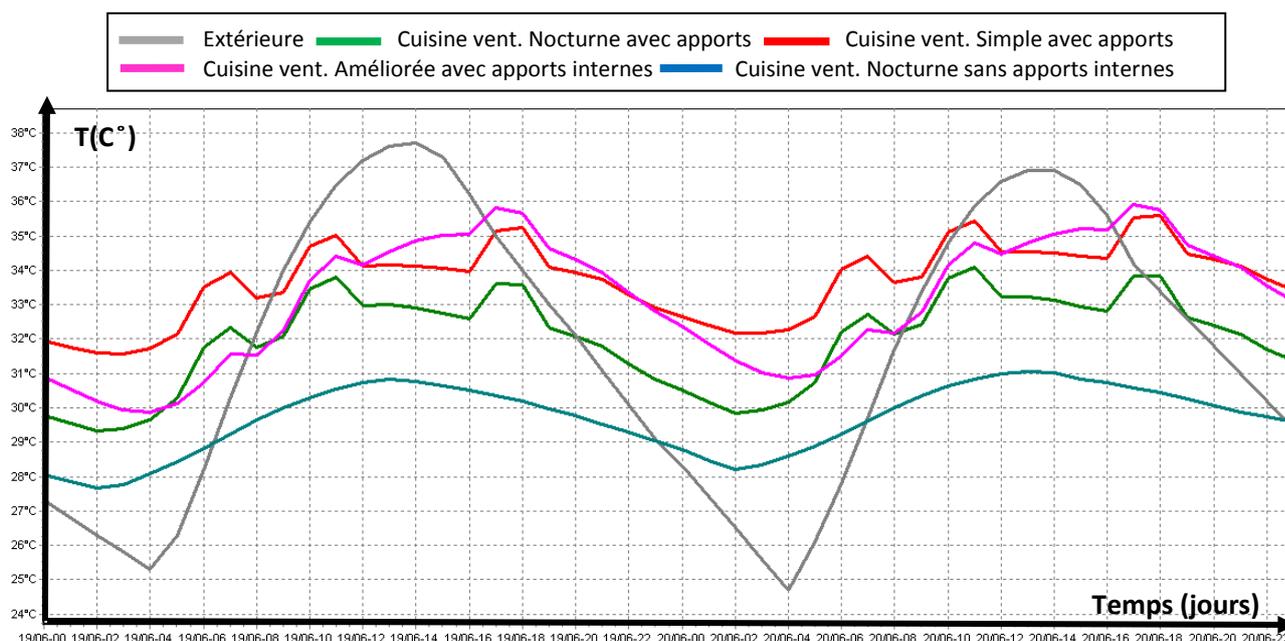


Figure 4.28 : Effet de la ventilation nocturne sur la température de la cuisine (La semaine la plus chaude)

L'observation des variations des températures de la zone de confort avec celle de l'extérieur jour/nuit est elle aussi très instructive en ce qui concerne l'impact de l'inertie thermique du bâtiment.

En effet, de fortes variations de température jour/nuit apparaissent pour l'inertie faible (habitat classique), ce qui a pour conséquence de pénaliser le confort à l'intérieur de l'habitat. Par contre, les inerties fortes et très fortes sont convenables à amortir ces fluctuations de température (voir figure suivante).

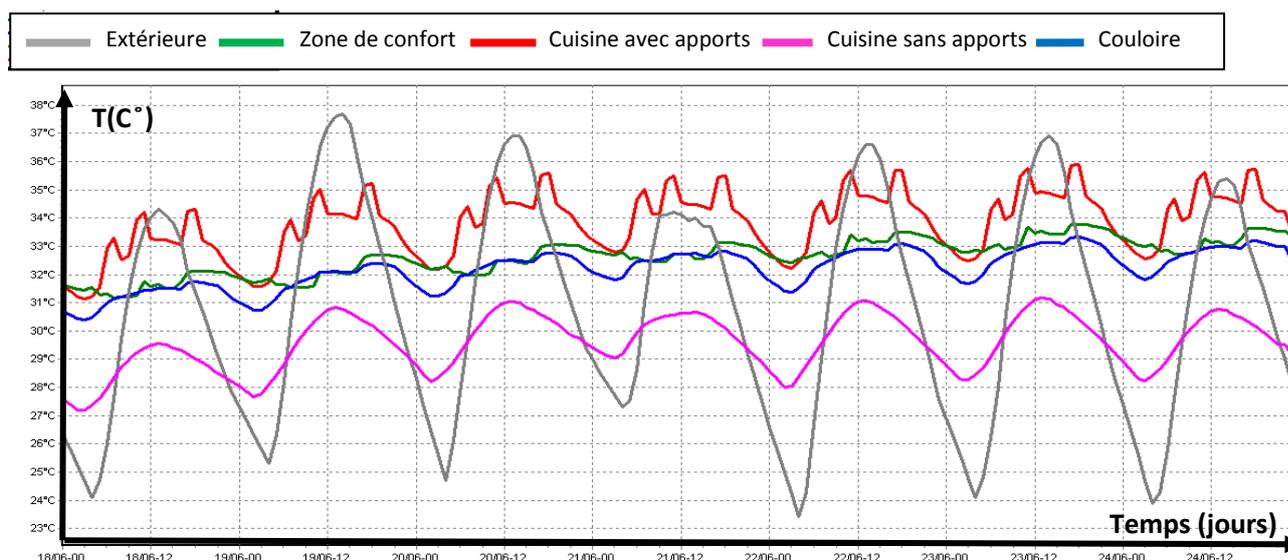


Figure 4.29 : Évolution des températures des zones : celle de la cuisine est la plus amplifiée (semaine plus chaude).

4.3.4.2. Comparaison entre maison HPE et maison à isolation renforcée

Le problème de chauffage ne se pose guère en ce qui concerne l'habitat renforcé, et on peut dire que les besoins de chauffage sont pratiquement nuls, vu que l'habitat HPE ne requière que 2% du besoin de l'habitat classique ainsi que l'écart flagrant entre le besoin en chauffage de l'habitat HPE et l'habitat à isolation renforcée comme le montre la figure suivante :

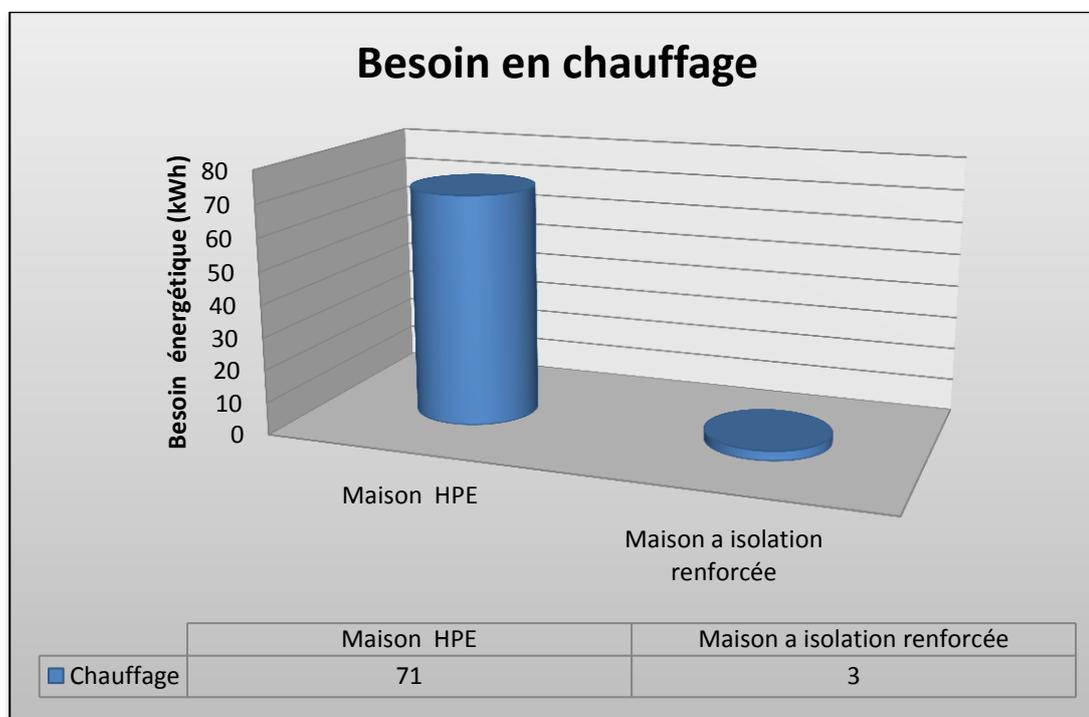


Figure 4.30 : les besoins en chauffage de l'habitat HPE et l'habitat à isolation renforcée.

En Hiver, les performances de stockage de l'enveloppe de l'habitat renforcé sont très visibles, les besoins en climatisation sont multiplié par deux: 568 kWh contre 286 kWh pour l'habitat HPE. L'habitation renforcé se comporte comme une bouteille thermos.

Il s'agit clairement d'un manque d'évacuation de la chaleur interne (scénarios d'occupation, de chaleur dissipée...), car sans cette enveloppe thermique renforcée, les besoins en climatisation chutent, et évidemment en hiver la climatisation n'est pas nécessaire. Par contre en été, cette enveloppe renforcée ne diminue les besoins en climatisation que de 20% par rapport à l'habitat HPE, ce qui est peut vu ce qui a été fait pour renforcé cette enveloppe (doubler l'épaisseur du polystyrène et le triple vitrage).

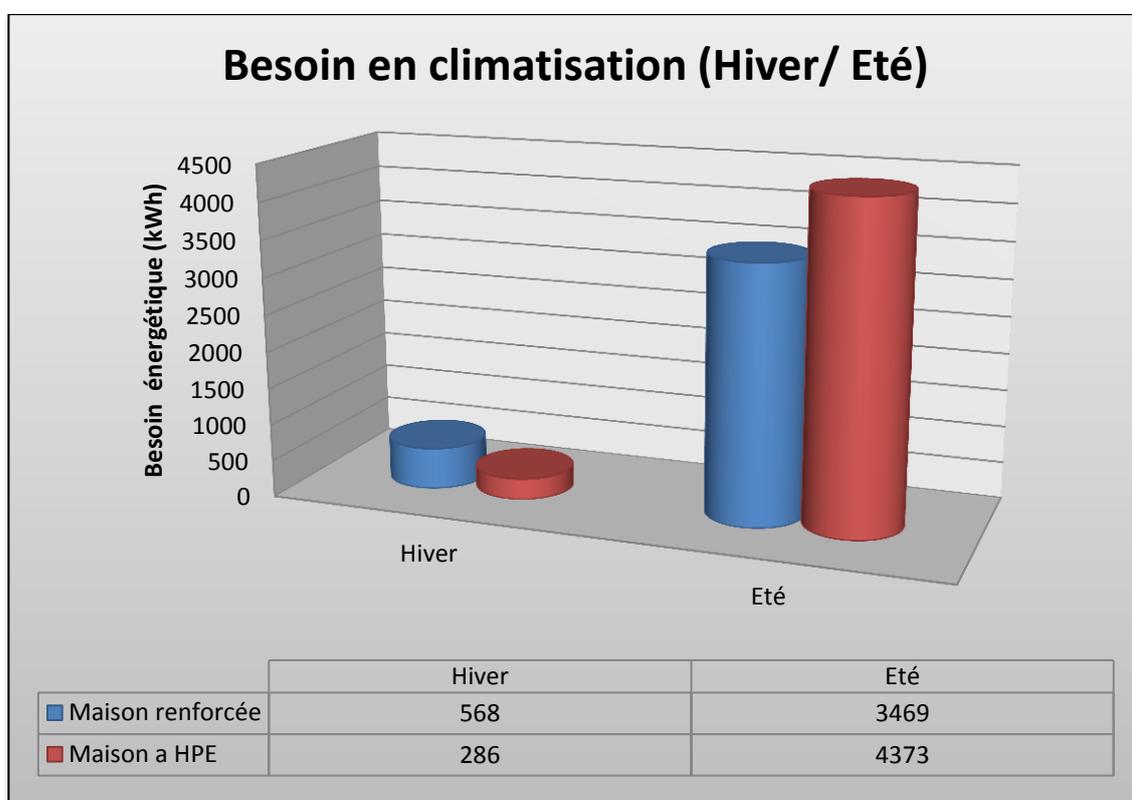


Figure 4.31 : les besoins en climatisation de l'habitat HPE et l'habitat à isolation renforcée.

4.3.4.3. Etude des facteurs de confort thermique de l'habitat HPE

4.3.4.3.1. Inertie, amplitude et déphasage de l'onde de température :

Plus la masse de matériau mis en œuvre est importante, plus l'inertie thermique est forte. La roche (pierre abondante dans le site d'implantation du projet), matériau lourd, présente une très forte inertie. En effet, de par sa masse (880 kg/m^3), elle est, parmi les matériaux de construction couramment utilisés au sud, l'un des mieux placés en termes d'inertie.

Une inertie forte ou très forte favorise le confort d'hiver et d'été, la figure suivante montre les besoins mixte en chaud et en froid atteints sur l'ensemble de l'étude.

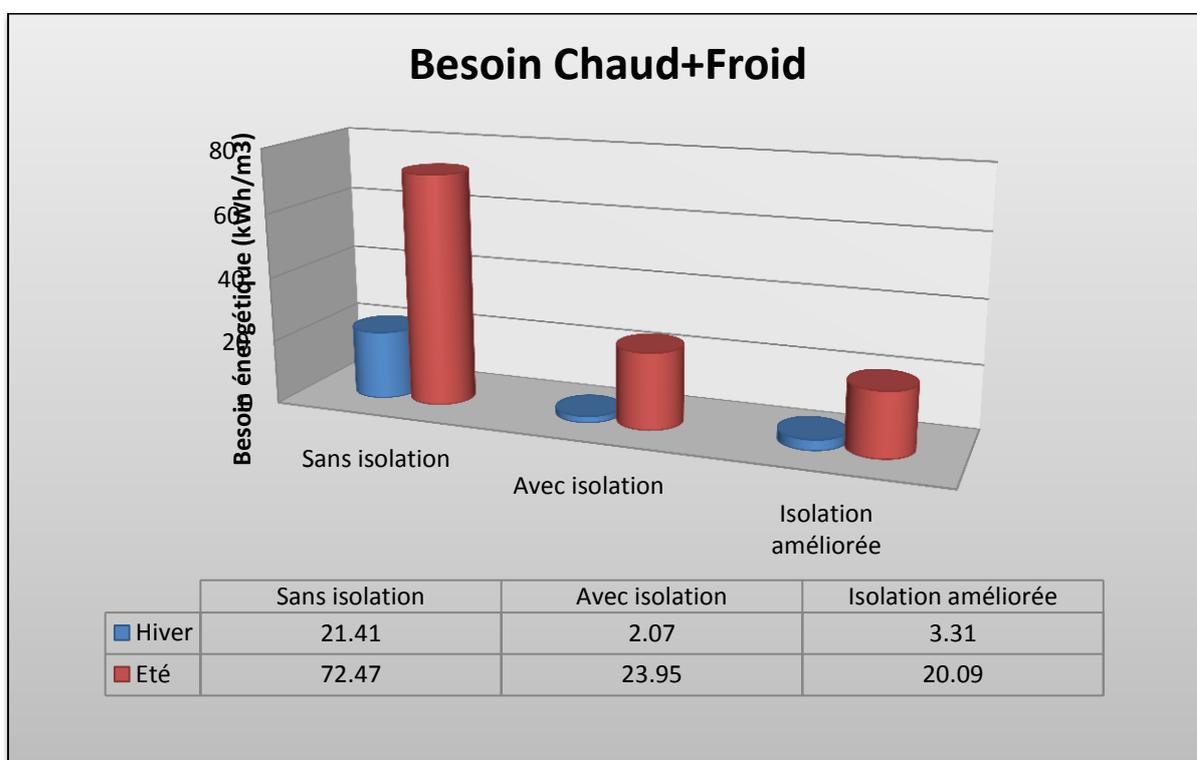


Figure 4.32 : Les besoins mixte en chaud et en froid des trois logements

Considérée par l'usage comme seuil d'inconfort, la température $20 \text{ }^\circ\text{C}$ pour le déclenchement du chauffage et $24 \text{ }^\circ\text{C}$ pour le déclenchement de la climatisation. Le graphe met en évidence qu'une inertie forte (HPE) ou très forte (isolation renforcée) des habitations est favorable au confort d'hiver et au confort d'été.

L'étude montre aussi que la fréquence de dépassement du seuil de $24 \text{ }^\circ\text{C}$ pour la température de confort est d'autant plus importante que l'inertie thermique est faible, qu'il s'agisse des températures maximales atteintes ou des variations de température entre le jour et la nuit (voir annexe B)

Sur ces mêmes graphes qui montrent l'évolution de température de la zone de confort de l'habitat classique et HPE, nous voyons très clairement que cette dernière est beaucoup moins sensible aux variations de la température extérieure, en raison d'une isolation renforcée et d'une inertie plus forte.

Pendant le processus transitoire, dans le quel la température extérieure change pendant la période d'une journée, une onde de flux de chaleur traverse le mur de l'extérieur à l'intérieur. L'amplitude de cette onde présente des magnitudes de température, et sa courte longueur d'onde présente un temps [26].

Lors de la propagation de cette onde thermique à travers le mur, son amplitude diminuera selon les propriétés thermo- physiques de matériau du mur. Quand cette onde atteint la surface intérieure, il y aura une amplitude qui est considérablement plus petite que la valeur qu'il y est à l'autre surface.

Le temps que prend l'onde thermique pour se propager de la surface externe à la surface interne est le temps de déphasage.

L'amplification de la température extérieure est un bon révélateur du comportement des parois d'un logement. Considérons le cas extrême, c'est-à-dire la journée la plus chaude de l'année et on compare la température extérieure avec celle de la zone de confort (Voir Figure ci-dessous).

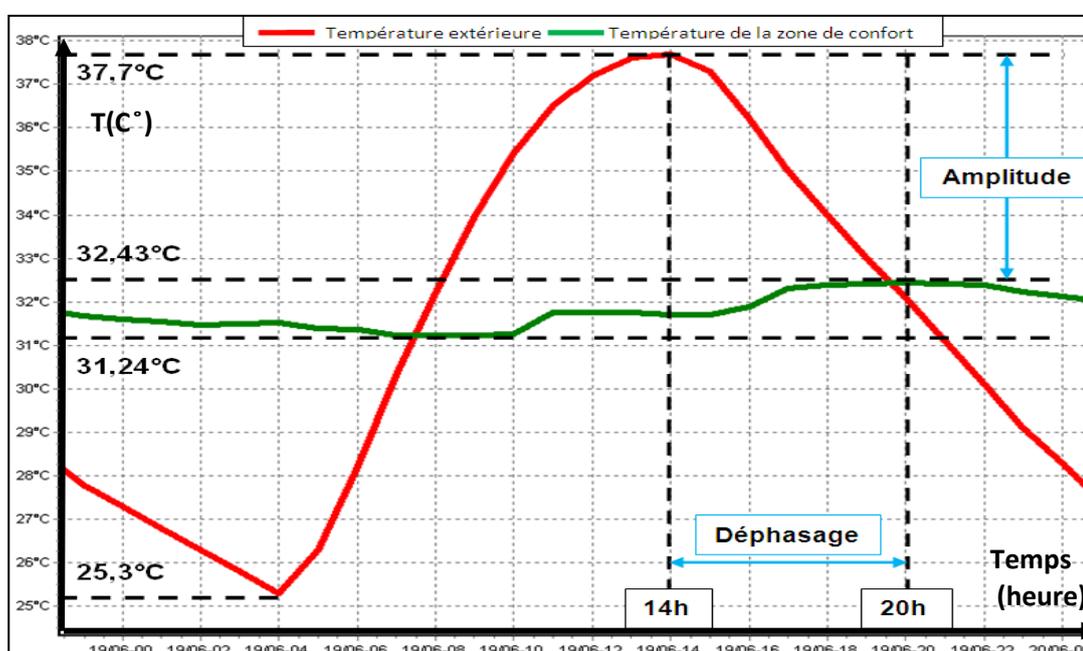


Figure 4.33 : Variation de la température de la zone de confort durant la journée la plus chaude de l'année (habitat HPE)

La température de zone de confort oscille entre une valeur minimale de 31.2°C à 8h et une valeur maximale de 32.4°C à 20h, soit une amplitude de 1.2°C. Alors que la température extérieure atteint son maximum de 37.7°C à 14h et son minimum de 25.3°C à 4h du matin, soit une amplitude de 12.4°C.

Cependant la lecture générale des oscillations de températures fait ressortir que celle de l'intérieur offre une stabilité durant tout le jour avec une faible amplitude de 1.2°C. Alors que la température extérieure présente des fortes amplitudes de 12.4°C.

En fait la zone de confort étudiée est soumise en été à deux phénomènes météorologiques qui contribuent à son inconfort : D'une part à la variation de température jour/nuit avec une forte amplitude, où la chaleur pénètre à l'intérieur par le mur extérieur et par renouvellement d'air. D'autre part à la variation diurne du rayonnement solaire où son action se fait principalement par les apports solaires à travers le vitrage.

La température et le rayonnement présentent des maximums situés près de la mi-journée. Ils constituent des causes potentielles de très fortes surchauffes dans la deuxième partie de la journée. Surtout que l'orientation sud, la couleur de la façade, l'absence total de masques environnementaux et occultations favorisent l'absorption de ces apports.

Par ailleurs même s'ils ne sont pas aussi considérables, les apports internes des appareils électriques (ordinateur, imprimante, scanner..) et occupant, sont aussi responsables de l'accroissement de la température intérieure. Mais la bonne inertie thermique des parois a bien réduit ces apports du fait qu'elle les a étalé dans le temps (l'effet de déphasage) d'où la stabilité de la température intérieure durant la journée. Il s'agit donc d'une inertie par absorption, due à l'effusivité et à l'épaisseur du mur de 50 cm. (Voir chapitre 3).

Les fluctuations de la température extérieure ont été écrasées et déphasées dans le temps. Du fait que la température extérieure maximale de 37.7°C atteint à 14h a été d'une part écrasée d'où la maximale intérieure uniquement de 32.4°, et déphasée après six heures de temps.

Donc l'inertie thermique dépend essentiellement des matériaux de construction utilisés. Elle contribue à atténuer les fluctuations de la température intérieure et elle évite les surchauffes. Elle permet donc le contrôle de l'amplitude entre températures internes et externes. Cette faculté de différer l'amplitude thermique, le mur la doit à deux propriétés

Intrinsèques du matériau: Propriétés de l'isolation et l'inertie, bien sur en rapport avec l'épaisseur importante du mur. Nous rejoignant avec ces constatations les résultats de recherche sur la forte inertie de: IZARD [30] et LAVIGNE [31].

4.3.4.3.2. Fenêtres et ventilation nocturne :

L'analyse de la fenêtre du point de vue thermique est très complexe [27], surtout dans le climat de Tamanrasset où le chauffage est essentiel en hiver (avoisine 0°C) et le refroidissement est exigé en été (peut dépasser les 38°C).

Une fenêtre doit fournir un gain de chaleur maximal en hiver pendant le jour et la perte de la chaleur minimum le soir. De l'autre côté, la même fenêtre doit être protégée pour réduire le gain de chaleur par radiation solaire pendant le jour en été, mais qui autorise la dissipation thermique pendant la nuit.

Pour résoudre ce problème, l'occultation mobile peut être utilisée, où la fenêtre peut complètement être ombragée pendant l'été, mais aussi peut être exposée à la radiation solaire en hiver.

Le rôle de la ventilation est principalement associé aux heures de nuit. En périodes chaudes, les températures externes sont habituellement inférieures le soir que les températures internes, donc c'est possible d'utiliser l'air la nuit pour refroidir la structure du bâtiment.

Comme expliqué par BALARAS en 1996: « L'air de ventilation augmente les pertes de la chaleur convective des éléments de la masse et dissipent la chaleur restituée vers l'extérieur où la température est inférieure. » [2]

Maison HPE Besoins estival	Ventilation Nocturne	Ventilation Normale
Besoins en climatisation (kWh)	4659	6148

Tableau 4.25 : Besoin en climatisation selon le type de ventilation (HPE)

Ce tableau prouve que la ventilation nocturne réduit 25% des besoins en climatisation on la comparant a la ventilation normale(sans changement de débit) ; et puisque cette ventilation est déjà optimisé c'est-à-dire qu'elle suit le scénario d'occupation, la différence serai flagrante comme le démontre les études qui ont été

faites par CORBELA et CORNER en 2002 qui disent qu'à travers la ventilation nocturne, la consommation journalière de climatisation peut être réduite de cinq fois [28].

La ventilation nocturne de l'habitat permet donc de rafraîchir la structure du bâtiment et d'éviter ainsi des surchauffes durant la journée. Ce dernier doit donc permettre de profiter du potentiel de rafraîchissement lié à la ventilation nocturne.

Dans l'habitat, la possibilité de ventiler la nuit ne peut être envisagée que si l'environnement le permet. Ainsi, en zone bruyante (rue à fort trafic, voie ferrée, aéroport...), il n'est pas toujours possible d'ouvrir les fenêtres sans pénaliser le confort acoustique. De la même façon, lorsque le risque d'effraction existe, il est également impossible de maintenir les fenêtres ouvertes la nuit sauf si elles sont barreaudées. La multi exposition des façades permet d'obtenir des débits de renouvellement de l'air – et donc un rafraîchissement – plus importants dans le bâtiment.

Alors l'inertie thermique doit être associée à une ventilation nocturne considérable pour évacuer la chaleur dissipée à l'intérieur. De plus, avec la compensation entre gains et pertes, la température intérieure demeure constante. Rejoignant par cette révélation l'avis de plusieurs chercheurs sur l'effet de la ventilation nocturne comme Van der Maas 1994 et Balaras 1996.

L'étude a permis de quantifier l'effet de l'enveloppe thermique sur le confort des habitants, plus l'isolation de l'habitation augmente, plus les températures extrêmes atteintes sont faibles et plus les variations de température jour/nuit sont faibles (sans abus : cela a été constaté lors de la comparaison entre maison HPE et maison renforcée thermiquement).

En hiver le problème du confort thermique ne se pose pas, sans aucune installation de chauffage, seule l'enveloppe thermique et la ventilation naturelle peuvent garder un confort thermique accessible.

Un habitat bien conçu par rapport à la problématique du confort thermique d'été doit être associée aux autres facteurs influant sur la température, notamment la ventilation nocturne et les systèmes d'occultations en été.

4.3.5. Approximations

Pour optimiser et réduire les dépenses énergétiques on fera d'autres approximations pour minimiser les besoins énergétiques de l'habitat :

Vue que le dépassement de la température de par et d'autre de la zone de confort est occasionnels, on juge pratiquement que ce n'est pas nécessaire d'utiliser le chauffage ou la climatisation en hiver, ainsi cela est observé qu'en trois journées comme le montre les graphes suivants:

- 28 °C dans la journée du 06 et du 07 Avril (la semaine la plus chaude de l'Hiver)
- 18°C dans la journée du 12 Janvier (la semaine la plus froide de l'Hiver)

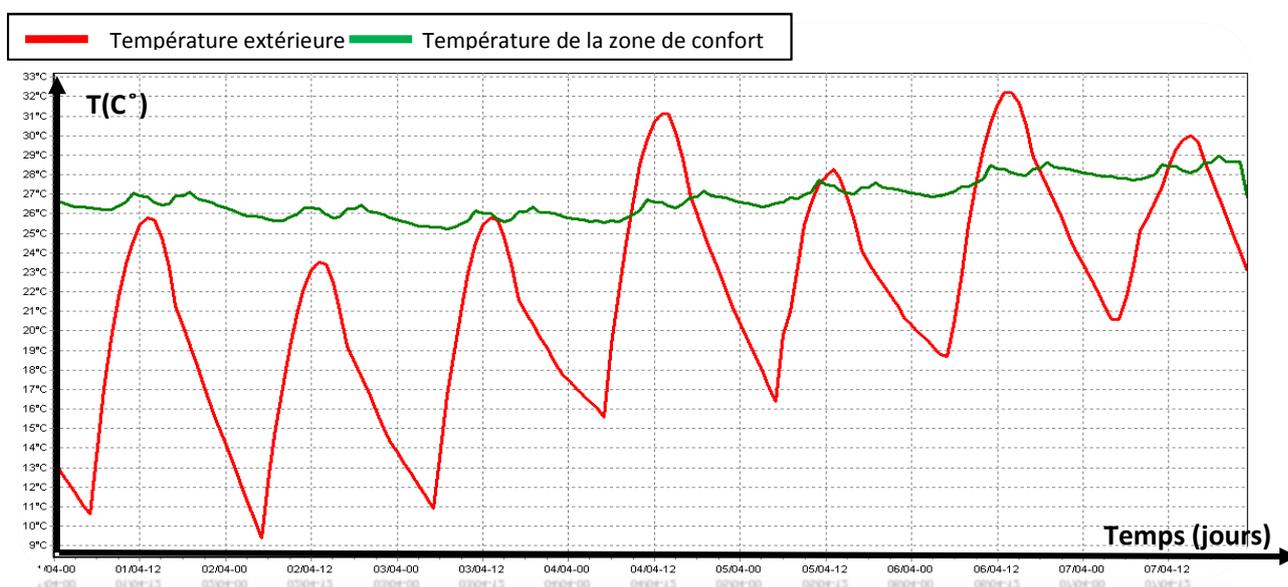


Figure 4.34 : Variation des températures pendant la semaine la plus chaude en hiver

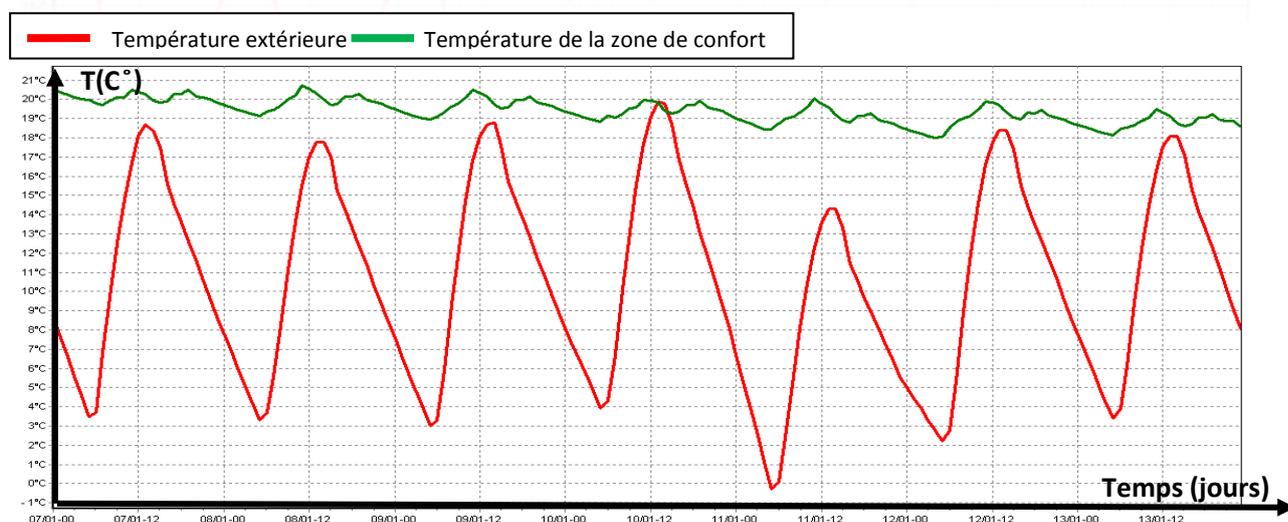


Figure 4.35 : Variation des températures pendant la semaine la plus froide en hiver

Puissance (W)	hiver	été	Total
Puissance de climatisation	0	2234	2234
Puissance de chauffage	0	0	0
Besoins en climatisation	0	4373	4373
Besoins en chauffage	0	0	0

Tableau 4.26 : Puissances et besoins énergétiques avec approximations

- Effet de l'approximation :

Grandeurs	Habitat (sans approximation)	Habitat (avec approximation)	L'écart avant %	L'écart après %
Besoin en climatisation (kWh)	4659	4337	63,21	65,76
Besoin en chauffage (kWh)	71	0	97,99	100

Tableau 4.27 : Besoin en chauffage et en climatisation avant et après les approximations

Remarque

En faisant appel à cette approximation on peut dire que les besoins en chauffage sont devenus nuls et ceux en climatisation ont diminué certes mais d'une manière légère, ce qui élimine toute utilisation de système de chauffage (durant toute l'année) ou de climatisation en hiver, ne se restant que la climatisation estivale.

4.4. Economie d'énergie et opportunités d'utiliser les énergies renouvelables :

Voici quelques conseils pratiques en matière d'isolation et de ventilation :

4.4.1. Murs

Faut-il mieux isoler par l'intérieur ou par l'extérieur ?

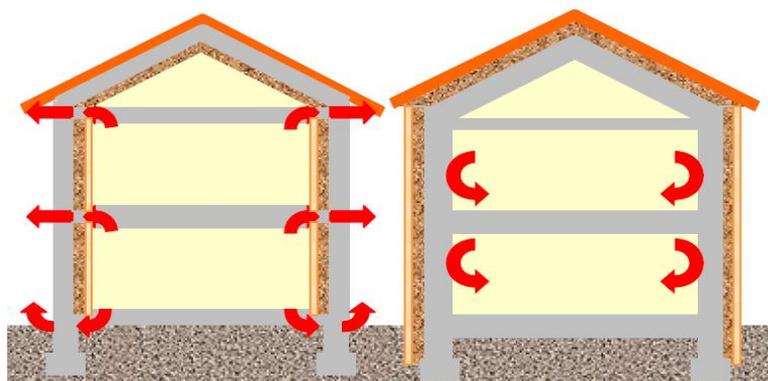


Figure 4.36: A gauche, isolation intérieure; à droite, isolation extérieure.

Nous essayons de résumer ici les avantages et les inconvénients de ces deux types d'isolation.

Par l'intérieur :

Les travaux dans ce type d'isolation sont moins coûteux, mais la finition intérieure est à refaire ou à réparer et l'étanchéité à l'air et la continuité de l'isolant sont plus difficiles à assurer à cause des cloisons intérieures et de la structure des planchers, dans ce type d'isolation le problème des ponts thermique apparait.

▪ Ponts thermiques :

Ce sont les points faibles dans l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment. A ces endroits, en hiver, la température superficielle de l'enveloppe est plus basse que celle des surfaces environnantes, ils ne sont pas tolérés dans les maisons passives; c'est un des principes de base du standard passif. Un soin particulier doit être apporté lors de la construction, particulièrement entre les connexions des différents éléments (joints isolant/isolant, isolant/châssis,...). Les figures ci-dessous sont des thermographies de bâtiments présentant de nombreux ponts thermiques.

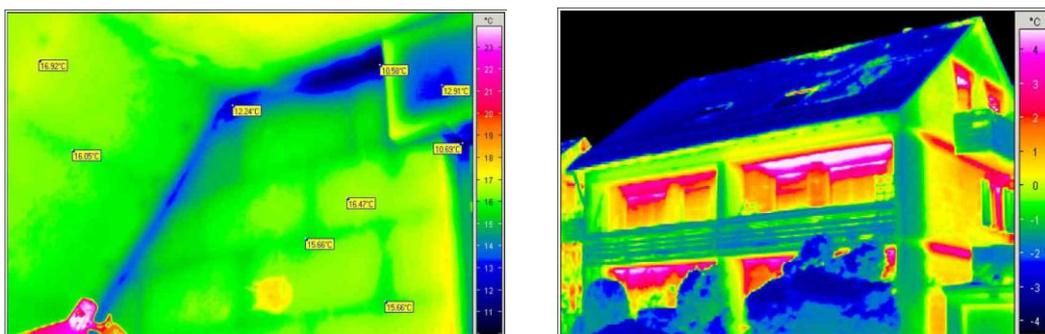


Figure 4.37: thermographies de bâtiments révélant des pertes importantes par ponts thermiques [29]

Par l'extérieur :

Par isolation extérieure, on entend tout système dans lequel la couche d'isolant est posée à l'extérieur de la structure porteuse du bâtiment, il est plus facile d'atteindre une résistance thermique supérieure et d'utiliser l'enveloppe de la maison comme masse thermique.

L'isolation extérieure présente de nombreux autres avantages:

- Augmentation de l'inertie thermique intérieure, donc amélioration du confort d'été et meilleure utilisation de gains solaires passifs en hiver.
- Stabilisation de la température de la structure, donc vieillissement plus lent de celle-ci.
- Diminution, et dans la plupart des cas élimination totale des risques de condensation dans les éléments de construction.

4.4.2. Vitrages

Le choix du type de vitrage est un facteur important d'économies d'énergies. Le tableau ci-dessous indique le coefficient de déperdition surfacique de différents vitrages. Ce coefficient 'K' définit la conductivité du vitrage, il doit être le plus bas possible pour réduire les déperditions thermiques en hiver.

	K en W/m².°C
Triple vitrage	0,5
Double vitrage peu émissif avec volets	1,5
Double vitrage peu émissif	1,8
Double vitrage avec volets	2,25
Double vitrage	2,95
Simple vitrage	4,95

Tableau 4.28 : Conductivité des vitrages [32]

Outre l'aspect esthétique, une baie vitrée permet de capter la chaleur et la lumière solaires et donc d'économiser du chauffage. Toutefois, le choix du type de vitrage et de l'emplacement est important pour éviter les risques de surchauffe en été et les pertes de chaleur en hiver.

4.4.3. Ventilation

Dans certains logements dont l'architecture favorise les courants d'air, la ventilation peut être naturelle. Toutefois le débit d'air est mal contrôlé car il dépend essentiellement du vent, des conditions climatiques et de la saison.

Aujourd'hui, il est convenable de mécanisée la ventilation, c'est le système de la VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée). La VMC renouvelle en permanence l'air ambiant de la maison, il doit fonctionner en permanence, c'est à dire 24 heures sur 24 et 365 jours par an.

Nous remarquons plusieurs types de VMC :

La VMC simple flux

L'extraction de l'air vicié par les pièces de service entraîne un apport d'air neuf au travers des entrées d'air situées dans chaque pièce de notre zone de confort. Le renouvellement ainsi créé se fait par une circulation d'air lente permanente et silencieuse. Il existe 2 techniques différentes, le système auto réglable qui garantit un débit d'air neuf constant, quelles que soient les conditions atmosphériques ou l'occupation des pièces.

Le système hygroréglable qui en plus des entrées d'air, ce système est doté de bouches d'extraction équipées de capteurs d'humidité permettant ainsi de réguler l'air entrant et sortant en fonction du taux d'humidité de la pièce.

Le débit n'est donc pas distribué de manière homogène entre toutes les pièces principales, mais répartie en fonction du nombre d'occupants dans la pièce et de leur mode de vie (températures différentes d'une chambre à l'autre, par exemple...).

La VMC double flux

Son principe est de réchauffer l'air neuf introduit dans le logement en récupérant la chaleur de l'air évacué. L'économie sur les pertes d'énergie est de 70%.

Toutefois, le coût du système (60000 DA contre 6000 DA pour une VMC simple flux), son installation qui nécessite une isolation des gaines et sa nécessité d'entretien cette ventilation est peut utiliser.

4.4.4. Occultation avec la végétation

L'intelligence humaine a su comment tirer profit de la végétation pour protéger les bâtiments.

En France, ils utilisent les arbres à feuilles caduques, qui sont les systèmes d'occultation les plus adaptés, on offrant l'ombre maximale pendant l'été et en se dépouillant de leurs feuilles lorsque l'on a besoin de l'ensoleillement pendant les mois froids d'hiver. La végétation est aussi extrêmement efficace pour protéger les fenêtres pour différentes hauteurs de soleil. Par exemple une rangée d'arbustes serrés, plantés à distance d'une fenêtre ouest, non seulement offre une vue agréable, mais contrôle aussi les charges thermiques de fin d'après midi. La Figure suivante donne la répartition possible de différentes plantes autour de l'habitat fraîcheur nocturne qui est restituée dans la journée.

Soulignons qu'il faut faire une investigation végétale pour connaître les choix qui sont permis sachant évidemment que la végétation change d'une zone climatique à une autre.

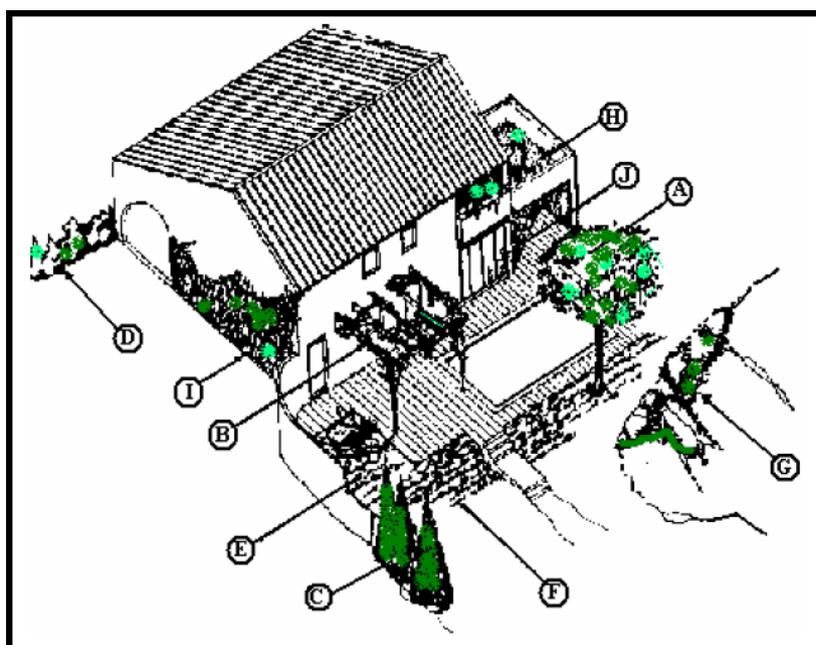


Figure 4.38 : Répartition possible de diverses plantes autour de l'habitat (voir annexe C)
[40]

4.4.5. Energies renouvelables

Dans une maison passive, les pertes d'énergie ont été réduites au minimum, les demandes sont faibles et les techniques utilisées exploitent l'énergie d'une manière très

efficace. Les besoins énergétiques totaux sont donc réduits, et leur quantité peut dès lors être fournie partiellement, voire totalement, par les énergies renouvelables.

On ce qui nous concerne, répondre au besoin de rafraîchissement est le problème qui nous préoccupe le plus, vu les conditions climatique du Sahara, la proposition d'installer un puits canadien est pratiquement inévitable (restant toujours dans le passif).

4.4.5.1. Puits canadien

Le puits canadien est une technique utilisée pour exploiter la température du sous sol.

Celle-ci subit de moins en moins l'impact de la température ambiante au fur et à mesure que la profondeur augmente, la couche de terre jouant un rôle d'amortisseur. En général, les puits canadiens sont réalisés à environ 1,5 mètres de profondeur. La température y est toujours positive et varie dans une fourchette bien moindre que celle de l'air ambiant.

Des conduites de ventilation sont enterrées dans des tranchées et connectées, d'une part, au système de ventilation de l'habitation, et d'autre part, à l'air libre. La ventilation de l'habitation, plutôt que d'exploiter de l'air provenant directement de la surface, puise donc de l'air ayant traversé ces conduites enterrées, et qui a échangé sa chaleur par contact avec celles-ci. La longueur et le diamètre des conduites de ventilation enterrées sont dimensionnés en proportion des besoins du bâtiment à ventiler.

En hiver, l'avantage de ce système est que l'air froid de la surface, en circulant dans les conduites enterrées, va y puiser une partie de la chaleur du sol. Il arrivera donc plus chaud dans l'habitation, et toute la chaleur qu'il aura prise au sol sera une chaleur gagnée, que le système de chauffage ne devra pas fournir (dans notre cas étudié, on peut s'en passer du système de chauffage).

En été, le dispositif peut également être utilisé pour rafraîchir l'habitation (c'est dans cette période qu'on peut mettre en œuvre cette technique pour réduire et peut être éliminé non besoin de climatisation). Cette fois, la température ambiante est supérieure à la température du sous-sol, et l'air y circulant va donc céder une partie de sa chaleur au sous-sol en le traversant. Il arrivera plus frais que l'air ambiant dans l'habitation et contribuera dès lors à la rafraîchir.



Figure 4.39 : construction d'un puits canadien ; les gaines de ventilation sont installées dans les tranchées d'une maison en construction près de Floreffe(France) [30]

Outre les fonctions citées ci-dessus, le puits canadien a également d'autres avantages :

En garantissant un apport d'air de température constamment positive, il évite l'investissement dans des dispositifs de protection de l'échangeur contre le gel.

En augmentant la température de l'air y circulant en hiver, il abaisse dans le même temps son humidité relative. L'air pénétrant dans l'échangeur de chaleur est donc plus sec, ce qui contribue à maintenir la qualité des filtres qui sont ainsi mieux préservés de l'humidité.

Le puits canadien présente cependant des inconvénients. Sa mise en œuvre est lourde en travaux de terrassement et peut difficilement s'effectuer pour une maison existante.

Elle est dès lors le plus souvent effectuée lors des travaux de terrassement de la maison. Aussi en été, l'air ambiant en contact avec la température plus froide du sol a tendance à créer de la condensation à l'intérieur de la conduite, ce qui peut causer des désagréments si une pente n'évacue pas l'eau de condensation vers un puisard.

4.4.5.2. Eau chaude et électricité

L'énergie renouvelable la plus courante chez les particuliers est l'énergie solaire, qui permet de produire de l'eau chaude via les panneaux solaires thermiques ou de l'électricité via les panneaux solaires photovoltaïques (voir figures ci-dessous).



Figure 4.40 : énergies renouvelables dans l'habitat [29]

L'énergie du vent peut également être exploitée sur une habitation par une mini éolienne. Il est cependant plus intéressant de prendre des parts dans une éolienne de taille beaucoup plus importante, dans la mesure où l'efficacité de cette dernière sera plus intéressante et sa rentabilité plus rapide.

On procède à cela, le passage du cas de la maison à Haute Performances Energétiques au concept de la maison à énergie positive (c'est-à-dire une maison qui produise de l'électricité supérieure à ces besoins) est une chose évidente !

4.5. Conclusion

Nous retenons que les besoins de chauffage augmentent par l'ajout d'air frais en hiver, et que les besoins de climatisation sont plus faibles en évacuant cette chaleur interne. La climatisation de la maison HPE devienne très inférieure à celle de la maison classique, tandis que son chauffage est en effet négligeable.

En Hiver sans aucune installation de chauffage ou de climatisation, l'enveloppe thermique du logement (matériaux de construction) et la ventilation naturelle peuvent garder un confort thermique accessible pour l'habitant.

En été, nous avons observé que les caractéristiques d'une habitation ne garantissent pas un confort si les occupants ne font pas de gestion, notamment pour le confort d'été avec par exemple l'ouverture des fenêtres la nuit, qui permet entre autre un renouvellement d'air frais, et l'occultation le jour, qui évite trop d'apports solaires directement sur le sol et sur les parois.

On constate qu'en été la température à l'intérieur des zones est relativement élevée par rapport à la température de confort.

La ventilation nocturne et l'enveloppe du logement peuvent diminuer la température intérieure jusqu'à un écart d'environ 5°C et pas plus à cause des caractéristiques météorologiques du site.

On résume que le confort thermique dans l'habitat est déterminé par trois facteurs :

1. L'inertie thermique du bâtiment ;
2. Ventilation optimisée (en hiver) et l'aptitude à la ventilation nocturne (en été) ;
3. Augmenté les apports solaires (en hiver) et la protection contre le soleil (en été).

En jouant sur ces trois facteurs, il est possible d'atteindre un confort thermique satisfaisant.

CONCLUSION GENERALE

En Hiver sans aucune installation de chauffage ou de climatisation, l'enveloppe thermique de notre logement HPE (matériaux de construction et vitrage) et la ventilation naturelle peuvent garder un confort thermique accessible pour l'habitant.

La recherche du confort thermique en été constitue un élément de préoccupation important pour les concepteurs ainsi que pour les habitants des logements du sud Algérien (Sahara). Il est principalement la conséquence de l'irradiation solaire sur le bâtiment ($2650 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ avec une durée d'ensoleillement qui avoisine les 3500 h/an [40]).

Il est en général possible d'obtenir un confort plus ou moins satisfaisant dans les habitats en été en jouant sur la conception du bâtiment, l'utilisation de matériaux lourds, famille à laquelle la roche appartient, contribue à donner au bâtiment une forte inertie qui permet de lisser les températures extrêmes.

Des protections solaires positionnées sur la face extérieure des vitrages contribuent fortement à minimiser les apports solaires, source principale de l'inconfort en été dans l'habitat ; ainsi l'occultation par végétation adéquate, on offrant l'ombre maximale pendant l'été et en se dépouillant des feuilles lorsque l'on a besoin de l'ensoleillement pendant les mois froids d'hiver.

Sans oublier la ventilation nocturne, qui permet d'obtenir un admissible confort thermique d'été en stockant la fraîcheur de la nuit qui sera restituée pendant la journée mais cela n'est pas suffisant, reste la climatisation pour assurer la différence du besoin en froid, on peut utiliser dans ce cas soit le puits canadien pour rester toujours dans le passif ou bien la climatisation conventionnelle (possibilité d'utilisé le photovoltaïque).

On comprend alors l'intérêt d'une bonne conception du bâtiment au regard du confort d'été afin de minimiser le dimensionnement du système de climatisation à installer et la consommation d'énergie induite par son fonctionnement.

Cette étude montre que l'habitat HPE peut assurer un confort thermique acceptable, cela permet d'éliminé le besoin en chauffage et de diminuer la puissance de la climatisation à installer.

REFERENCES

1 THIERS Stéphane; « Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive » ; Thèse Doctorat Spécialité “Energétique”; école nationale supérieure des mines de Paris; 2008.

2 MEDJELEKH Dalel ; « Impact de l’inertie thermique sur le Confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (cas de l’habitation de l’époque coloniale à Guelma) » ; Mémoire de magister en architecture bioclimatique Université de Constantine; 2006.

3 HANNACHI-BELKADI Kahina; « Développement d’une méthodologie d’assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d’énergie » ; Thèse de doctorat en Génie Civil ; Université Paris Est ; 2008.

4 SENIT Carole Anne; « L’efficacité énergétique dans le secteur résidentiel : une analyse des politiques des pays du Sud et de l’Est de la Méditerranée » ; 2008.

5 SATINFO, Société du Groupe Sonelgaz « Programme des énergies renouvelables et de l’efficacité énergétique »; élaboré par le ministère de l’énergie et des mines Conception et réalisation ; 2011.

6 Document Techniques Réglementaire (DTR C3-2, DTR C3-4) » ; Réglementation thermique des bâtiments d’habitation-Fascicule 1 ; CNERIB 12/1997.

7 MALEK Magdalena; « La Belgique, un paradis fiscal de la maison passive » Mémoire de Fin d’Etudes Master en Sciences et Gestion de l’Environnement Université Libre de Bruxelles 2009.

8 PARIS Benjamin; « Gestion optimale des échanges énergétiques dans un habitat individuel » ; Thèse mastère spécialisé ; énergies renouvelables et leurs systèmes de production; Ecole nationale supérieur d’arts et métiers (France); 2006.

9 RUELLE François; « Le standard « maison passive » en Belgique : potentialités et obstacles » ; mémoire de Master en Sciences et Gestion de l’Environnement ;

Université Libre de Bruxelles Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire; 2008.

10 ZGRAGGEN Jean-Marc; « Bâtiments résidentiels locatifs à haute performance énergétique: objectifs et réalités » ; Thèse doctorat en sciences, mention interdisciplinaire; Université de GENÈVE faculté des sciences ; 2010.

11 ALAIN ROULET Claude, DAURIAT Arnaud; « Energies des Bâtiments » ; édition du cours 2008.

12 Manuel du logiciel Pleiades+Comfie ; Avril 2000.

13 Rapport d'expertise des plans d'exécution et vérification des calculs thermiques : Projet 30 Log HPE de Tamanrasset ; Septembre 2010.

14 NEVEU Alain, Etude d'un code de calcul d'évolution thermique d'une enveloppe de bâtiment, Doctorate Thesis, University Paris VI, 1984.

15 CAMPANA Dominique, NEIRAC François, WATREMEZ Gabriel, Elaboration d'un logiciel sur micro ordinateur pour l'aide à la conception des bâtiments en pays tropicaux secs, rapport final REXCOOP, 1985

16 PEUPORTIER Bruno, Validation of COMFIE, Rapport C.E.C., Université de Stuttgart (I.T.W.), 1989

17 ACHARD Patrick, Renaud GICQUEL, European Passive Solar Handbook, C.E.C., Brussels, 1986

18 BALCOMB J.D., HEDSTROM J.C. and MAC FARLAND R.D., Passive solar heating of buildings, Los Alamos Scientific Laboratory Rep., june 1977

19 BACOT Patrick, Analyse modale des systèmes thermiques, Doctorate Thesis, University Paris VI, 1984

20 BLANC SOMMEREUX Isabelle, LEFEBVRE Gilles, Simulation de bâtiment multizone par couplage de modèles modaux réduits, CVC, n°5, mai 1989

21 H. LUND, Short Reference Years and Test Reference Years for E.E.C. Countries, 1985

22 A.MOKHTARI, K.BRAHIMI, R.BEBZIADA ; « Article : architecture et confort thermique dans la zone aride (ville de Bechar); centre universitaire de Bechar ; 2008.

23 DIEZ-WEBSTER Urko, RANDALE Sébastien ; « Modélisation d'une maison à énergie positive » ; institut national des sciences appliquées Lyon(France) ; 2006.

24 CHATELET. Alain, FERNANDEZ. Pierre et LAVIGNE. Pierre, Architecture climatique Une contribution au développement durable Tome 2 Concepts et dispositifs, EDITION EDISUD Aix-en-Provence, 1998, p133.

25 OTHENIN Nicolas Hélas - Énergie et logements sociaux- École Nationale des Ponts et Chaussées 2007- p39.

26 ASAN. H, SANCAKTAR. Y.S, Effects of wall's thermophysical properties en time lag and decrement factor, Energy and Buildings, 1998, vol 28: p159-166.

27 KOLOKOTRONI. M and. YOUNG. A. N, Guidelines for Bioclimatic Housing Design in Greece. Building and Environment, (1990). Vol. 25 (N. 4): p297-307

28 CORBELA. O, CORNER.V. N, The window relevance for the architectonic design in tropical climate. International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Toulouse, France - PLEA 2002, 22-24 July.

[29] HILDERSON Wouter et C. FERDINAND, Maisons passives : rêve ou réalité ? Une introduction au concept de maison passive : Présentation du midi du développement durable du SPF économie, 18 mars 2008

30 IZARD. J L, «Architecture d'été Construire pour le confort d'été », EDISUD 1993.

31 LAVIGNE. Pierre et al, « Architecture climatique une contribution au développement durable. Tome 1 : Base physiques », Aix-en- Provence: Edition EDISUD, 1994.

SITES WEB

32	www.wikipedia.org	consulté le 13/01/11
33	www.aprue.com	consulté le 11/02/11
34	www.cder.dz	consulté le 09/02/11
35	www.lamaisonpassive.fr	consulté le 08/11/11
36	www.google/map.com	consulté le 12/07/12
37	www.passiefhuisplatform.be	consulté le 23/04/11
38	www.ecop-habitat.fr/maison-passive.htm	consulté le 04/10/11
39	www.izuba.fr	consulté le 01/03/11
40	www. AFME.fr	consulté le 26/05/12
41	www.Sonelgaz.dz	consulté le 18/01/12

ANNEXE

Annexe A : Rapport de projet

Projet Eco-bâtiment

PROJET DE REALISATION DE 30 LOGEMENTS A HAUTE PERFORMANCE
ENERGETIQUE (HPE) A TAMANRASSET

Etude thermique du projet Analyse thermique par simulation dynamique

(Année totale)

Lieu de construction : Tamanrasset

Etude réalisée par :

Organisme :	Faculté de Génie Mécanique
Personne :	Mr. KHODJA Mohamed el hadi
Adresse :	---
Tél. :	---
Fax. :	---
E-mail. :	---

Faculté de Génie Mécanique 29/05/2012

A) Base du projet :**1) Descriptif****Site**

Nom: Tamanrasset

Altitude: 1377m

Longitude: 5,5°

Latitude: 22,8°

Station météorologique

Nom: Tamanrasset Nom du fichier: Tamanrasset.try

Altitude: 1377m

Longitude: 5,31°

Latitude: 22,47°

Température minimale : -0.3°C

Température maximale : 38.0°C

DJU 18 : 621

Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
175	116	68	24	2	0	0	0	0	12	78	145

Scénarios de consigne de température (°C)

Nom : Chauffage Tamanrasset 20°C

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	20	20	20	20	20	20	20
1- 2h	20	20	20	20	20	20	20
2- 3h	20	20	20	20	20	20	20
3- 4h	20	20	20	20	20	20	20
4- 5h	20	20	20	20	20	20	20
5- 6h	20	20	20	20	20	20	20
6- 7h	20	20	20	20	20	20	20
7- 8h	20	20	20	20	20	20	20
8- 9h	20	20	20	20	20	20	20
9-10h	20	20	20	20	20	20	20
10-11h	20	20	20	20	20	20	20
11-12h	20	20	20	20	20	20	20
12-13h	20	20	20	20	20	20	20
13-14h	20	20	20	20	20	20	20
14-15h	20	20	20	20	20	20	20
15-16h	20	20	20	20	20	20	20
16-17h	20	20	20	20	20	20	20
17-18h	20	20	20	20	20	20	20
18-19h	20	20	20	20	20	20	20
19-20h	20	20	20	20	20	20	20
20-21h	20	20	20	20	20	20	20
21-22h	20	20	20	20	20	20	20
22-23h	20	20	20	20	20	20	20
23-24h	20	20	20	20	20	20	20

Nom : Climatisation Tamanrasset 24°C

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	24	24	24	24	24	24	24
1- 2h	24	24	24	24	24	24	24
2- 3h	24	24	24	24	24	24	24
3- 4h	24	24	24	24	24	24	24
4- 5h	24	24	24	24	24	24	24
5- 6h	24	24	24	24	24	24	24
6- 7h	24	24	24	24	24	24	24
7- 8h	24	24	24	24	24	24	24
8- 9h	24	24	24	24	24	24	24
9-10h	24	24	24	24	24	24	24
10-11h	24	24	24	24	24	24	24
11-12h	24	24	24	24	24	24	24
12-13h	24	24	24	24	24	24	24
13-14h	24	24	24	24	24	24	24
14-15h	24	24	24	24	24	24	24
15-16h	24	24	24	24	24	24	24
16-17h	24	24	24	24	24	24	24
17-18h	24	24	24	24	24	24	24
18-19h	24	24	24	24	24	24	24
19-20h	24	24	24	24	24	24	24
20-21h	24	24	24	24	24	24	24
21-22h	24	24	24	24	24	24	24
22-23h	24	24	24	24	24	24	24
23-24h	24	24	24	24	24	24	24

Scénarios d'occupation (% occupation)

Nom : Zone 1 (Tamanrasset)

8 Occupants

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	100	100	100	100	100	100	100
1- 2h	100	100	100	100	100	100	100
2- 3h	100	100	100	100	100	100	100
3- 4h	100	100	100	100	100	100	100
4- 5h	100	100	100	100	100	100	100
5- 6h	100	100	100	100	100	100	100
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	50	50	50	50	100	100	50
8- 9h	50	50	50	50	100	100	50
9-10h	50	50	50	50	100	100	50
10-11h	50	50	50	50	100	100	50
11-12h	50	50	50	50	100	100	50
12-13h	50	50	50	50	100	100	50
13-14h	50	50	50	50	100	100	50
14-15h	50	50	50	50	100	100	50
15-16h	50	50	50	50	100	100	50
16-17h	50	50	50	50	100	100	50
17-18h	50	50	50	50	100	100	50
18-19h	50	50	50	50	100	100	50
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Nom : Occupation Cuisine Couloire Sanitaire

1 Occupants

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	0	0	0	0	0	0	0
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	0	0	0	0	0	0	0
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	0	0	0	0	0	0	0
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	100	100	100	100	100	100	100
8- 9h	100	100	100	100	100	100	100
9-10h	100	100	100	100	100	100	100
10-11h	100	100	100	100	100	100	100
11-12h	100	100	100	100	100	100	100
12-13h	100	100	100	100	100	100	100
13-14h	100	100	100	100	100	100	100
14-15h	100	100	100	100	100	100	100
15-16h	100	100	100	100	100	100	100
16-17h	100	100	100	100	100	100	100
17-18h	100	100	100	100	100	100	100
18-19h	100	100	100	100	100	100	100
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	0	0	0	0	0	0	0

Scénarios de débit de ventilation (% du débit maximum)

Hiver

Nom : Ventilation zone 1 (Tamanrasset)

Débit d'air maximum : 0,44 Volume/heure

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	100	100	100	100	100	100	100
1- 2h	100	100	100	100	100	100	100
2- 3h	100	100	100	100	100	100	100
3- 4h	100	100	100	100	100	100	100
4- 5h	100	100	100	100	100	100	100
5- 6h	100	100	100	100	100	100	100
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	50	50	50	50	100	100	50
8- 9h	50	50	50	50	100	100	50
9-10h	50	50	50	50	100	100	50
10-11h	50	50	50	50	100	100	50
11-12h	50	50	50	50	100	100	50
12-13h	50	50	50	50	100	100	50
13-14h	50	50	50	50	100	100	50
14-15h	50	50	50	50	100	100	50
15-16h	50	50	50	50	100	100	50
16-17h	50	50	50	50	100	100	50
17-18h	50	50	50	50	100	100	50
18-19h	50	50	50	50	100	100	50
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Nom : Ventilation zones restantes

Débit d'air maximum : 1 Volume/heure

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	0	0	0	0	0	0	0
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	0	0	0	0	0	0	0
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	0	0	0	0	0	0	0
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	100	100	100	100	100	100	100
8- 9h	100	100	100	100	100	100	100
9-10h	100	100	100	100	100	100	100
10-11h	100	100	100	100	100	100	100
11-12h	100	100	100	100	100	100	100
12-13h	100	100	100	100	100	100	100
13-14h	100	100	100	100	100	100	100
14-15h	100	100	100	100	100	100	100
15-16h	100	100	100	100	100	100	100
16-17h	100	100	100	100	100	100	100
17-18h	100	100	100	100	100	100	100
18-19h	100	100	100	100	100	100	100
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	0	0	0	0	0	0	0

Eté

Nom : Ventilation été zone1 (Tamanrasset)

Débit d'air maximum : 0,5 Volume/heure

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	100	100	100	100	100	100	100
1- 2h	100	100	100	100	100	100	100
2- 3h	100	100	100	100	100	100	100
3- 4h	100	100	100	100	100	100	100
4- 5h	100	100	100	100	100	100	100
5- 6h	100	100	100	100	100	100	100
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	50	50	50	50	100	100	50
8- 9h	50	50	50	50	100	100	50
9-10h	50	50	50	50	100	100	50
10-11h	50	50	50	50	100	100	50
11-12h	50	50	50	50	100	100	50
12-13h	50	50	50	50	100	100	50
13-14h	50	50	50	50	100	100	50
14-15h	50	50	50	50	100	100	50
15-16h	50	50	50	50	100	100	50
16-17h	50	50	50	50	100	100	50
17-18h	50	50	50	50	100	100	50
18-19h	50	50	50	50	100	100	50
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Nom : Ventilation par fenetre entrebaillée

Débit d'air maximum : 3 Volume/heure

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	100	100	100	100	100	100	100
1- 2h	100	100	100	100	100	100	100
2- 3h	100	100	100	100	100	100	100
3- 4h	100	100	100	100	100	100	100
4- 5h	100	100	100	100	100	100	100
5- 6h	100	100	100	100	100	100	100
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	100	100	100	100	100	100	100
8- 9h	100	100	100	100	100	100	100
9-10h	100	100	100	100	100	100	100
10-11h	100	100	100	100	100	100	100
11-12h	100	100	100	100	100	100	100
12-13h	100	100	100	100	100	100	100
13-14h	100	100	100	100	100	100	100
14-15h	100	100	100	100	100	100	100
15-16h	100	100	100	100	100	100	100
16-17h	100	100	100	100	100	100	100
17-18h	100	100	100	100	100	100	100
18-19h	100	100	100	100	100	100	100
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Scénarios de puissance dissipée par les appareils (Watts)

Nom : Puissance dissipée Chambres + Séjour

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	0	0	0	0	0	0	0
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	0	0	0	0	0	0	0
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	0	0	0	0	0	0	0
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0
6- 7h	0	0	0	0	0	0	0
7- 8h	0	0	0	0	0	0	0
8- 9h	0	0	0	0	0	0	0
9-10h	0	0	0	0	0	0	0
10-11h	0	0	0	0	0	0	0
11-12h	0	0	0	0	0	0	0
12-13h	200	200	200	200	200	200	200
13-14h	200	200	200	200	200	200	200
14-15h	200	200	200	200	200	200	200
15-16h	0	0	0	0	0	0	0
16-17h	0	0	0	0	0	0	0
17-18h	0	0	0	0	0	0	0
18-19h	400	400	400	400	400	400	400
19-20h	400	400	400	400	400	400	400
20-21h	400	400	400	400	400	400	400
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Nom : Puissance dissipée Cuisine

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	70	70	70	70	70	70	70
1- 2h	70	70	70	70	70	70	70
2- 3h	70	70	70	70	70	70	70
3- 4h	70	70	70	70	70	70	70
4- 5h	70	70	70	70	70	70	70
5- 6h	70	70	70	70	70	70	70
6- 7h	70	70	70	70	70	70	70
7- 8h	370	370	370	370	370	370	370
8- 9h	370	370	370	370	370	370	370
9-10h	70	70	70	70	70	70	70
10-11h	70	70	70	70	70	70	70
11-12h	370	370	370	370	370	370	370
12-13h	370	370	370	370	370	370	370
13-14h	70	70	70	70	70	70	70
14-15h	70	70	70	70	70	70	70
15-16h	70	70	70	70	70	70	70
16-17h	70	70	70	70	70	70	70
17-18h	70	70	70	70	70	70	70
18-19h	403	403	403	403	403	403	403
19-20h	403	403	403	403	403	403	403
20-21h	103	103	103	103	103	103	103
21-22h	103	103	103	103	103	103	103
22-23h	103	103	103	103	103	103	103
23-24h	103	103	103	103	103	103	103

Nom : Puissance dissipée Hall + Escalier

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	0	0	0	0	0	0	0
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	0	0	0	0	0	0	0
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	0	0	0	0	0	0	0
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0
6- 7h	0	0	0	0	0	0	0
7- 8h	0	0	0	0	0	0	0
8- 9h	0	0	0	0	0	0	0
9-10h	0	0	0	0	0	0	0
10-11h	0	0	0	0	0	0	0
11-12h	0	0	0	0	0	0	0
12-13h	0	0	0	0	0	0	0
13-14h	0	0	0	0	0	0	0
14-15h	0	0	0	0	0	0	0
15-16h	0	0	0	0	0	0	0
16-17h	0	0	0	0	0	0	0
17-18h	0	0	0	0	0	0	0
18-19h	100	100	100	100	100	100	100
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Nom : Puissance dissipée Sanitaires

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	33	33	33	33	33	33	33
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	33	33	33	33	33	33	33
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	33	33	33	33	33	33	33
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0
6- 7h	33	33	33	33	33	33	33
7- 8h	0	0	0	0	0	0	0
8- 9h	33	33	33	33	33	33	33
9-10h	0	0	0	0	200	0	0
10-11h	33	33	33	33	233	33	33
11-12h	0	0	0	0	200	0	0
12-13h	33	33	33	33	33	33	33
13-14h	0	0	0	0	0	0	0
14-15h	33	33	33	33	33	33	33
15-16h	0	0	0	0	0	0	0
16-17h	33	33	33	33	33	33	33
17-18h	0	0	0	0	0	0	0
18-19h	33	33	33	33	33	33	33
19-20h	0	0	0	0	0	0	0
20-21h	33	33	33	33	33	33	33
21-22h	0	0	0	0	0	0	0
22-23h	33	33	33	33	33	33	33
23-24h	0	0	0	0	0	0	0

Scénarios d'occultations des vitrages (% d'occultation)

Nom : Volet d'hiver

Resistance thermique additionelle : 1.00 W/K

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	95	95	95	95	95	95	95
1- 2h	95	95	95	95	95	95	95
2- 3h	95	95	95	95	95	95	95
3- 4h	95	95	95	95	95	95	95
4- 5h	95	95	95	95	95	95	95
5- 6h	95	95	95	95	95	95	95
6- 7h	95	95	95	95	95	95	95
7- 8h	0	0	0	0	0	0	0
8- 9h	0	0	0	0	0	0	0
9-10h	0	0	0	0	0	0	0
10-11h	0	0	0	0	0	0	0
11-12h	0	0	0	0	0	0	0
12-13h	0	0	0	0	0	0	0
13-14h	0	0	0	0	0	0	0
14-15h	0	0	0	0	0	0	0
15-16h	0	0	0	0	0	0	0
16-17h	0	0	0	0	0	0	0
17-18h	0	0	0	0	0	0	0
18-19h	95	95	95	95	95	95	95
19-20h	95	95	95	95	95	95	95
20-21h	95	95	95	95	95	95	95
21-22h	95	95	95	95	95	95	95
22-23h	95	95	95	95	95	95	95
23-24h	95	95	95	95	95	95	95

Nom : Volet d'été

Resistance thermique additionelle : 1.00 W/K

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	0	0	0	0	0	0	0
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	0	0	0	0	0	0	0
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	0	0	0	0	0	0	0
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0
6- 7h	0	0	0	0	0	0	0
7- 8h	95	95	95	95	95	95	95
8- 9h	95	95	95	95	95	95	95
9-10h	95	95	95	95	95	95	95
10-11h	95	95	95	95	95	95	95
11-12h	95	95	95	95	95	95	95
12-13h	95	95	95	95	95	95	95
13-14h	95	95	95	95	95	95	95
14-15h	95	95	95	95	95	95	95
15-16h	95	95	95	95	95	95	95
16-17h	95	95	95	95	95	95	95
17-18h	95	95	95	95	95	95	95
18-19h	95	95	95	95	95	95	95
19-20h	0	0	0	0	0	0	0
20-21h	0	0	0	0	0	0	0
21-22h	0	0	0	0	0	0	0
22-23h	0	0	0	0	0	0	0
23-24h	0	0	0	0	0	0	0

Portes et fenêtres

Nom : Fen alu DV A1+A1 4.6.4

nombre de vitrages : 2

Coeff U moyen : 3.42 W/(m2.K) Facteur solaire moyen : 0.57

Pourcentage de vitrage : 70 %

Coeff U de la partie vitrée : 3.60 W/(m2.K) Coeff U de la partie non vitrée : 3.00 W/(m2.K)

Facteur solaire du vitrage : 0.81 pour un angle de 0°

Nom : Porte bois extérieure

nombre de vitrages : 0

Coeff U moyen : 5.00 W/(m2.K) Facteur solaire moyen : 0.00

Pourcentage de vitrage : 0 %

Coeff U de la partie vitrée : 3.50 W/(m2.K) Coeff U de la partie non vitrée : 5.00 W/(m2.K)

Facteur solaire du vitrage : 0.00 pour un angle de 0°

Nom : Porte bois intérieure

nombre de vitrages : 0

Coeff U moyen : 5.00 W/(m2.K) Facteur solaire moyen : 0.00

Pourcentage de vitrage : 0 %

Coeff U de la partie vitrée : 3.50 W/(m2.K) Coeff U de la partie non vitrée : 5.00 W/(m2.K)

Facteur solaire du vitrage : 0.00 pour un angle de 0°

Nom : Ma Porte -Fen bat bois DV 4.12.4

nombre de vitrages : 2

Coeff U moyen : 2.58 W/(m2.K) Facteur solaire moyen : 0.33

Pourcentage de vitrage : 41 %

Coeff U de la partie vitrée : 2.85 W/(m2.K) Coeff U de la partie non vitrée : 2.40 W/(m2.K)

Facteur solaire du vitrage : 0.81 pour un angle de 0°

Masques intégrés à la construction

Masque intégré : Masque 1

Avancée gauche : 0.00 m

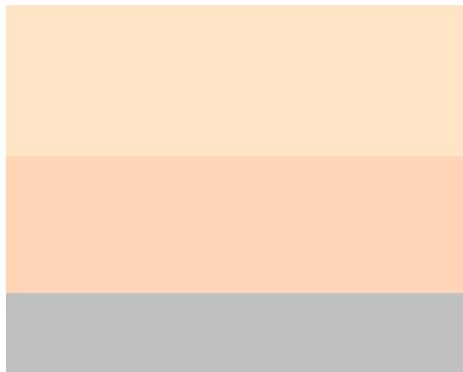
Avancée droite : 0.00 m

Avancée haute : 0.00 m

Distance gauche : 0.00 m

Distance droite : -2.89 m

Distance haute : 0.00 m



Masque intégré : Masque 2

Avancée gauche : 0.00 m

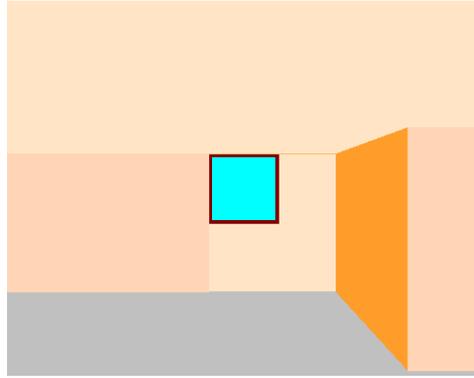
Avancée droite : 1.19 m

Avancée haute : 0.00 m

Distance gauche : 0.00 m

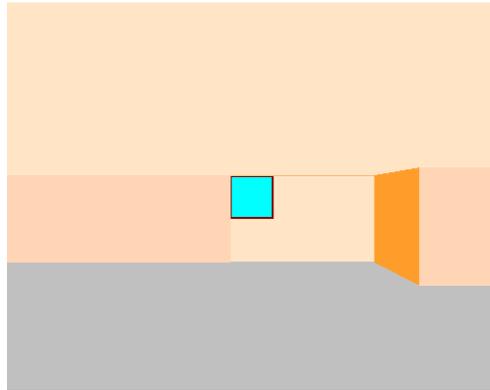
Distance droite : 0.84 m

Distance haute : 0.00 m



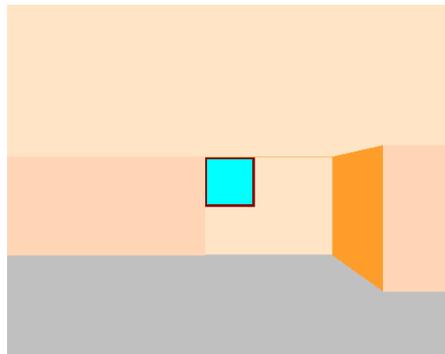
Masque intégré : Masque 3

Avancée gauche :	0.00 m	Avancée droite :	1.19 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	0.00 m	Distance droite :	2.34 m	Distance haute :	0.00 m



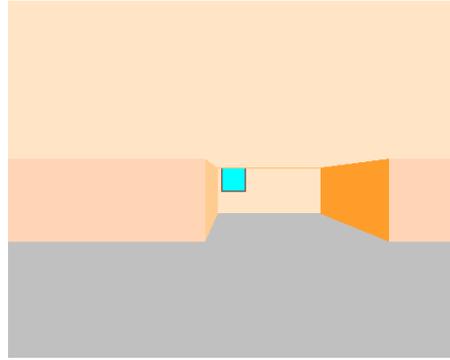
Masque intégré : Masque 4

Avancée gauche :	0.00 m	Avancée droite :	1.19 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	0.00 m	Distance droite :	1.59 m	Distance haute :	0.00 m



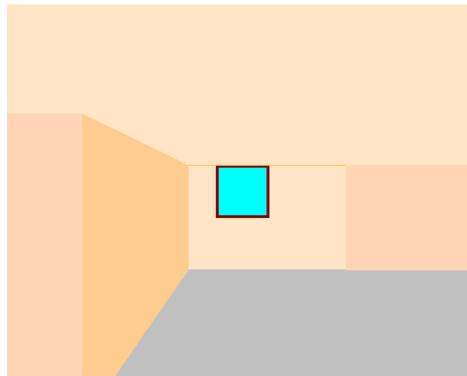
Masque intégré : Masque 5

Avancée gauche :	3.43 m	Avancée droite :	3.45 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	0.19 m	Distance droite :	3.27 m	Distance haute :	0.00 m



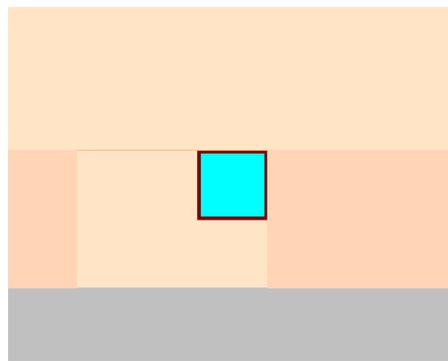
Masque intégré : Masque 6

Avancée gauche :	2.35 m	Avancée droite :	0.00 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	0.53 m	Distance droite :	1.46 m	Distance haute :	0.00 m



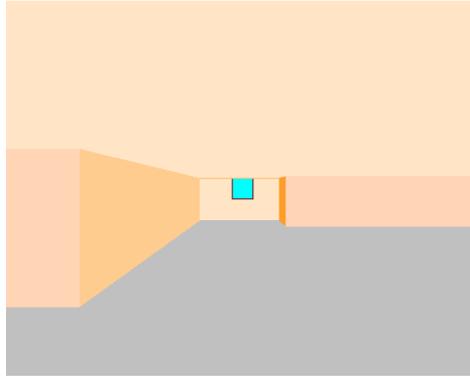
Masque intégré : Masque 7

Avancée gauche :	0.00 m	Avancée droite :	0.00 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	1.75 m	Distance droite :	0.00 m	Distance haute :	0.00 m



Masque intégré : Masque 8

Avancée gauche :	6.49 m	Avancée droite :	1.41 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	1.56 m	Distance droite :	1.22 m	Distance haute :	0.00 m



Etats de surface

- Nom:Gravier clair
Emissivité : 0.95 Absorptivité : 0.65
- Nom:Peinture blanche
Emissivité : 0.91 Absorptivité : 0.20
- Nom:Marbre blanc
Emissivité : 0.93 Absorptivité : 0.44

Description du Bâtiment

Sommaire des zones et des pièces

- Zone 1 : Les Chambres + Le Séjour
 1.1 Chambre2 - 1
 1.2 Chambre1 - 2
 1.3 Séjour - 3
- Zone 2 : Couloire + Escalier
 2.1 Couloire - 4
- Zone 3 : La Cuisine
 3.1 Cuisine - 7
- Zone 4 : Les Sanitaires
 4.1 SDB - 5
 4.2 WC - 6

Description

Zone 1 : Les Chambres + Le Séjour

- Chauffage : Chauffage Tamanrasset 20°C
 Position du thermostat : Les Chambres + Le Séjour Puissance : Défaut
- Occupation : Famille Algérienne 2013 (Tamanrasset)
- Ventilation Externe : Ventilation hiver zone1 2013 (Tamanrasset)
- Gains de chaleur internes : Puissance dissipée Chambres + Séjour
- 1.1 Chambre2 - 1
 Volume : 54.50 m3
 Plancher 1/1
 Surface : 18.99 m2 Hauteur : 4.36 m Largeur : 4.36 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol

Composition : Mon plancher bas Définie de Sol vers Chambre2 - 1
 Etat de surface interne : Marbre blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 1/2

Surface : 18.99 m2 Hauteur : 4.36 m Largeur : 4.36 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon plancher haut Définie de Extérieur vers Chambre2 - 1
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Gravier clair

Paroi 1/3

Surface : 11.48 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.00 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Chambre2 - 1
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 2.65 m2 de Ma Porte -Fen bat bois DV 4.12.4

Paroi 1/4

Surface : 13.60 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.74 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Chambre2 - 1
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 1/5

Surface : 11.51 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.01 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Chambre2 - 1
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

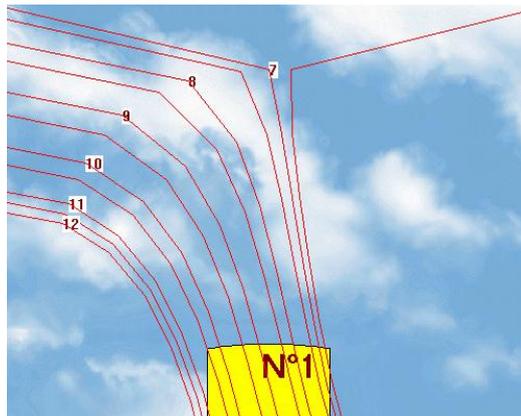
Paroi 1/6

Surface : 3.73 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.30 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/4
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Chambre2 - 1 vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.82 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 1/7

Surface : 9.90 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.45 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Chambre2 - 1
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches

Hauteur relative du masque : 1.44 m
 Azimut A -21 ° Azimut B 21 °
 Distance A 4.78 m Distance B 4.78 m



Plancher 2/1

Surface : 14.21 m2 Hauteur : 3.77 m Largeur : 3.77 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Mon plancher bas Définie de Sol vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Marbre blanc Etat de surface externe : Défaut

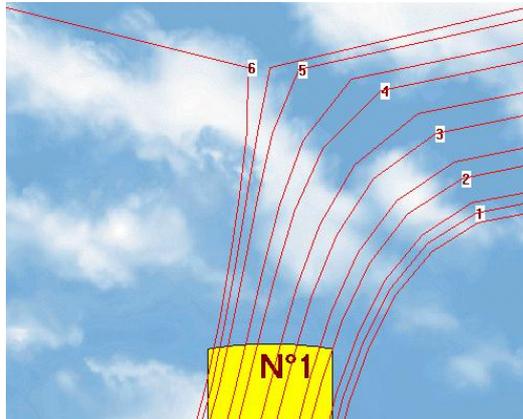
Toiture 2/2

Surface : 14.21 m2 Hauteur : 3.77 m Largeur : 3.77 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon plancher haut Définie de Extérieur vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Gravier clair

Paroi 2/3

Surface : 9.84 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.43 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches

Hauteur relative du masque :	1.44 m		
Azimut A	-21 °	Azimut B	21 °
Distance A	4.78 m	Distance B	4.78 m



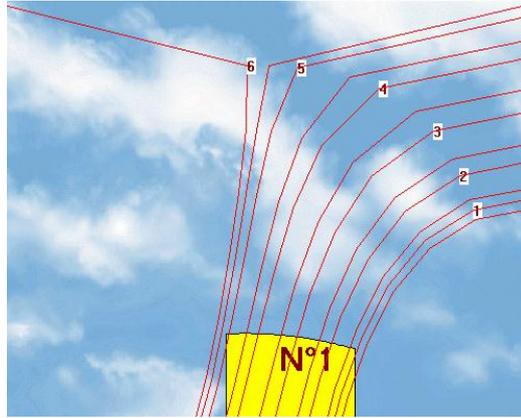
Paroi 2/4

Surface : 11.85 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.13 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/14
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.82 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 2/5

Surface : 6.49 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 2.26 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 3/3
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Séjour - 3 vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches

Hauteur relative du masque :	1.44 m		
Azimut A	-15 °	Azimut B	30 °
Distance A	4.27 m	Distance B	4.74 m



Paroi 2/6

Surface : 3.42 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.19 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 91 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 2/7

Surface : 11.91 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.20 m2 de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 1

1.3

Séjour - 3

Volume : 77.37 m3

Plancher 3/1

Surface : 26.96 m2 Hauteur : 5.19 m Largeur : 5.19 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Mon plancher bas Définie de Sol vers Séjour - 3
 Etat de surface interne : Marbre blanc Etat de surface externe : Défaut

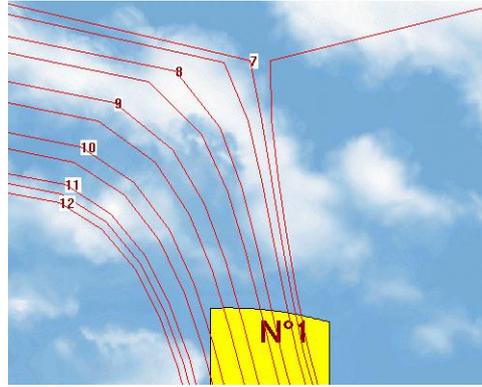
Toiture 3/2

Surface : 26.96 m2 Hauteur : 5.19 m Largeur : 5.19 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon plancher haut Définie de Extérieur vers Séjour - 3
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Gravier clair

Paroi 3/3

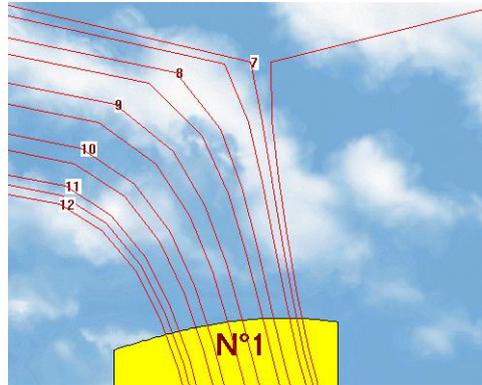
Surface : 6.49 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 2.26 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 2/5
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Séjour - 3 vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches

Hauteur relative du masque : 1.44 m
 Azimut A -15 ° Azimut B 30 °
 Distance A 4.27 m Distance B 4.74 m



Paroi 3/4

Surface : 13.86 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.83 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/13
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Séjour - 3 vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches
 Hauteur relative du masque : 1.44 m
 Azimut A -51 ° Azimut B 32 °
 Distance A 6.02 m Distance B 4.50 m



2.65 m² de Porte bois intérieure

Paroi 3/5

Surface : 10.93 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.81 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Séjour - 3
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 2.65 m² de Ma Porte -Fen bat bois DV 4.12.4

Paroi 3/6

Surface : 20.29 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 7.07 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Séjour - 3
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 3/7

Surface : 10.93 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.81 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Séjour - 3
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 0.72 m² de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 2
 0.72 m² de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 3
 0.72 m² de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 4

Zone 2 : Couloire + Escalier

Occupation : Occupation Cuisine Couloire Sanitaire
 Ventilation Externe : Ventilation perma hiver modéré
 Gains de chaleur internes : Puissance dissipée Hall + Escalier
 Couloire - 4

2.1

Volume : 51.59 m3

Plancher 4/1

Surface : 17.98 m2 Hauteur : 4.24 m Largeur : 4.24 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Mon plancher bas Définie de Sol vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Marbre blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 4/2

Surface : 17.98 m2 Hauteur : 4.24 m Largeur : 4.24 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon plancher haut Définie de Extérieur vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Gravier clair

Paroi 4/3

Surface : 12.80 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.46 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.82 m2 de Porte bois extérieure
 1.20 m2 de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 5

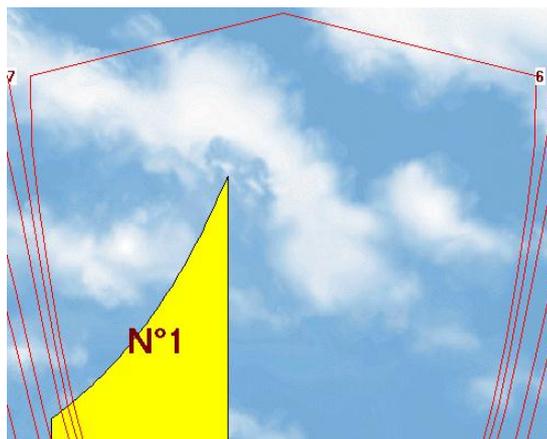
Paroi 4/4

Surface : 3.73 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.30 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 1/6
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Chambre2 - 1 vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.82 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 4/5

Surface : 20.06 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 6.99 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extéieur Définie de Extérieur vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches

Hauteur relative du masque :	1.44 m
Azimut A	-75 ° Azimut B -18 °
Distance A	3.61 m Distance B 0.94 m

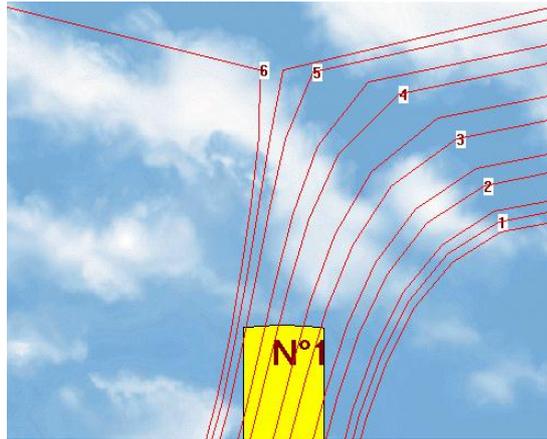


Paroi 4/6

Surface : 2.61 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 0.91 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 4/7

Surface : 4.28 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.49 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/6
 Composition : Mon mur intérieur Définie de SDB - 5 vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches
 Hauteur relative du masque : 1.44 m
 Azimut A -13 ° Azimut B 13 °
 Distance A 3.29 m Distance B 3.29 m



Paroi 4/8

Surface : 3.30 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/5
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers SDB - 5
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.61 m² de Porte bois intérieure

Paroi 4/9

Surface : 2.96 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.03 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 6/6
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers WC - 6
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.61 m² de Porte bois intérieure

Paroi 4/10

Surface : 3.85 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.34 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 7/3
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.82 m² de Porte bois intérieure

Paroi 4/11

Surface : 0.32 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 0.11 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 7/8
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

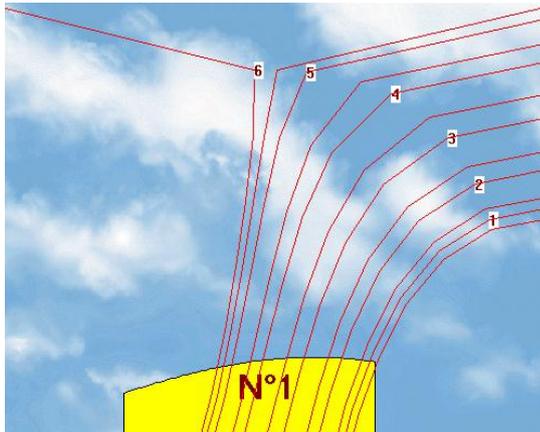
Paroi 4/12

Surface : 4.05 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.41 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -179 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 2.04 m2 de Porte bois extérieure

Paroi 4/13

Surface : 13.86 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.83 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 3/4
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Séjour - 3 vers Couloire - 4
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches
 Hauteur relative du masque : 1.44 m
 Azimut A -51 ° Azimut B 32 °
 Distance A 6.02 m Distance B 4.50 m



2.65 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 4/14

Surface : 11.85 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 4.13 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 2/4
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers Chambre1 - 2
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.82 m2 de Porte bois intérieure

Zone 3 : La Cuisine

3.1

Occupation : Occupation Cuisine Couloire Sanitaire
 Ventilation Externe : Ventilation perma hiver modéré
 Gains de chaleur internes : Puissance dissipée Cuisine
 Cuisine - 7

Volume : 37.51 m3

Plancher 7/1

Surface : 13.07 m2 Hauteur : 3.62 m Largeur : 3.62 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Mon plancher bas Définie de Sol vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Marbre blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 7/2

Surface : 13.07 m2 Hauteur : 3.62 m Largeur : 3.62 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon plancher haut Définie de Extérieur vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Gravier clair

Paroi 7/3

Surface : 3.85 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.34 m

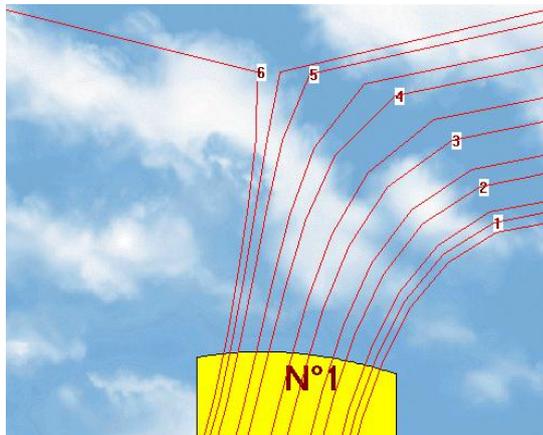
Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/10
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.82 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 7/4

Surface : 5.88 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 2.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 6/5
 Composition : Mon mur intérieur Définie de WC - 6 vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 7/5

Surface : 11.05 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.85 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 Masques proches
 Hauteur relative du masque : 1.44 m
 Azimut A -27 ° Azimut B 38 °
 Distance A 4.21 m Distance B 4.73 m



1.82 m2 de Porte bois extérieure

Paroi 7/6

Surface : 9.76 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.40 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 7/7

Surface : 10.73 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.74 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.20 m2 de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 8

Paroi 7/8

Surface : 0.32 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 0.11 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/11
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Zone 4 : Les Sanitaires

Occupation : Occupation Cuisine Couloire Sanitaire
 Ventilation Externe : Ventilation perma hiver modéré

4.1 Gains de chaleur internes : Puissance dissipée Sanitaires
SDB - 5

Volume : 13.65 m³

Plancher 5/1

Surface : 4.76 m² Hauteur : 2.18 m Largeur : 2.18 m
Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
Composition : Mon plancher bas Définie de Sol vers SDB - 5
Etat de surface interne : Marbre blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 5/2

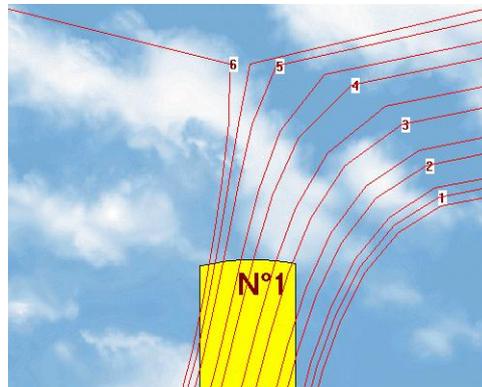
Surface : 4.76 m² Hauteur : 2.18 m Largeur : 2.18 m
Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
Composition : Mon plancher haut Définie de Extérieur vers SDB - 5
Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Gravier clair

Paroi 5/3

Surface : 4.28 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.49 m
Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers SDB - 5
Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Masques proches

Hauteur relative du masque : 1.44 m
Azimut A -19 ° Azimut B 17 °
Distance A 2.48 m Distance B 2.45 m



0.25 m² de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 6

Paroi 5/4

Surface : 5.88 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 2.05 m
Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 6/3
Composition : Mon mur intérieur Définie de SDB - 5 vers WC - 6
Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 5/5

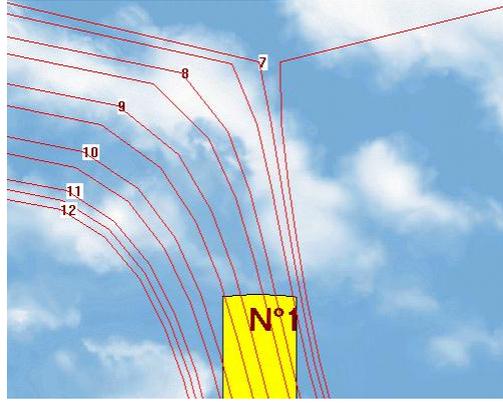
Surface : 3.30 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.15 m
Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/8
Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers SDB - 5
Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
1.61 m² de Porte bois intérieure

Paroi 5/6

Surface : 4.28 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.49 m
Pont thermique : Défaut Orientation : 90 ° Inclinaison : 90 °
Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/7
Composition : Mon mur intérieur Définie de SDB - 5 vers Couloire - 4
Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Masques proches

Hauteur relative du masque : 1.44 m
Azimut A -13 ° Azimut B 13 °
Distance A 3.29 m Distance B 3.29 m



Paroi 5/7

Surface : 9.21 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 3.21 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers SDB - 5
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

4.2

WC - 6

Volume : 6.10 m³

Plancher 6/1

Surface : 2.13 m² Hauteur : 1.46 m Largeur : 1.46 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Mon plancher bas Définie de Sol vers WC - 6
 Etat de surface interne : Marbre blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 6/2

Surface : 2.13 m² Hauteur : 1.46 m Largeur : 1.46 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon plancher haut Définie de Extérieur vers WC - 6
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Gravier clair

Paroi 6/3

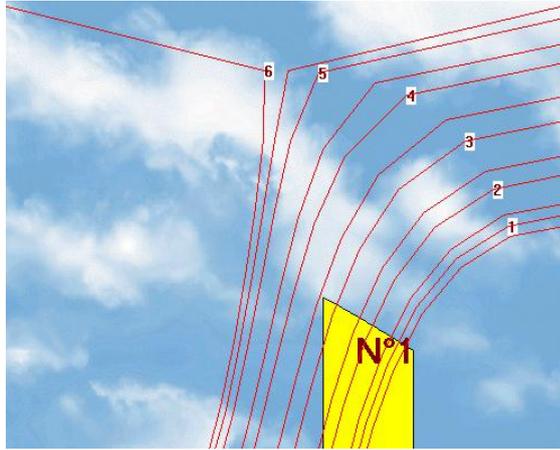
Surface : 5.88 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 2.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/4
 Composition : Mon mur intérieur Définie de SDB - 5 vers WC - 6
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 6/4

Surface : 2.98 m² Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.04 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -90 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Mon mur extérieur Définie de Extérieur vers WC - 6
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Masques proches

Hauteur relative du masque :	1.44 m		
Azimut A	11 °	Azimut B	40 °
Distance A	2.40 m	Distance B	3.07 m



0.25 m2 de Fen alu DV A1+A1 4.6.4 masqué par Masque 7

Paroi 6/5

Surface : 5.88 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 2.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 180 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 7/4
 Composition : Mon mur intérieur Définie de WC - 6 vers Cuisine - 7
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche

Paroi 6/6

Surface : 2.96 m2 Hauteur : 2.87 m Largeur : 1.03 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/9
 Composition : Mon mur intérieur Définie de Couloire - 4 vers WC - 6
 Etat de surface interne : Peinture blanche Etat de surface externe : Peinture blanche
 1.61 m2 de Porte bois intérieure

Ventilation par deux événements entre la pièce 'Séjour - 3' et la pièce 'Couloire - 4'

Hauteur : 2.50 m Surface : 0.06 m2
 Toujours ouvert

Ventilation par deux événements entre la pièce 'Chambre1 - 2' et la pièce 'Couloire - 4'

Hauteur : 2.50 m Surface : 0.06 m2
 Toujours ouvert

Ventilation par deux événements entre la pièce 'Chambre2 - 1' et la pièce 'Couloire - 4'

Hauteur : 2.50 m Surface : 0.06 m2
 Toujours ouvert

2) Synthèse des résultats

Hiver : Simulation de la semaine n°48 à la semaine n°14

Zones	Besoins Ch kWh	Besoins Clim kWh	Puiss. Chauff W	Puiss. Clim W
Les Chambres +	71	0	985	0
Couloire + Esca	0	0	0	0
Les Sanitaires	0	0	0	0
La Cuisine	0	0	0	0
Total	71 kWh	0 kWh		

Zones	T° Min (°C)	T° Moyenne (°C)	T° Max (°C)
Les Chambres +	20,00 °C	23,09 °C	29,55 °C
Couloire + Esca	16,46 °C	21,56 °C	28,51 °C
Les Sanitaires	13,91 °C	21,69 °C	28,98 °C

La Cuisine 13,68 °C 21,71 °C 30,84 °C

Température minimale (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
Les Chambres +	20.00	20.00	20.38	22.10								
25.741000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.00												
Couloire + Esca	16.46	17.23	18.52	20.38								
24.341000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.00												
Les Sanitaires	13.91	17.04	18.93	21.04								
25.201000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.00												
La Cuisine	13.68	15.97	17.96	20.16								
24.651000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.00												
Extérieur	0.80	-0.30	1.70	3.80								
8.601000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.001000000.00												

Température moyenne (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
Les Chambres +	21.92	21.26	22.54	24.70	11.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Couloire + Esca	20.29	19.52	20.96	23.34	11.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Les Sanitaires	20.09	19.42	21.02	23.84	11.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Cuisine	20.10	19.23	21.00	23.97	11.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Extérieur	14.10	12.57	14.56	17.38	9.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Température maximale (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
Les Chambres +	24.80	24.02	26.11	27.52								
29.55-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00												
Couloire + Esca	23.26	22.57	24.40	26.27								
28.51-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00												
Les Sanitaires	22.92	21.93	24.47	27.10								
28.98-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00												
La Cuisine	23.98	23.06	25.44	28.08								
30.84-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00												
Extérieur	25.50	25.10	27.30	30.80								
32.20-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00-1000000.00												

Besoins de chauffage (kwh)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
Les Chambres +	4	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Couloire + Esca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Les Sanitaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Cuisine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Besoins de rafraîchissement (kwh)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Dec
Les Chambres +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Couloire + Esca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Les Sanitaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Cuisine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Indices hiver

Zones	Besoins Chauff+Froid	Moyenne Surchauffe max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de Besoins Nets
Les Chambres +	0,28	9,88	10,50	27,85	1,80
Couloire + Esca	0,00	10,07	11,58	41,00	0,00
Les Sanitaires	0,00	13,30	9,21	44,23	0,00
La Cuisine	0,00	23,05	20,68	45,73	0,00

Été : Simulation de la semaine n°15 à la semaine n°47

Zones	Besoins Ch kWh	Besoins Clim kWh	Puiss. Chauff W	Puiss. Clim W
Les Chambres +	0	4659	0	4174
Couloire + Esca	0	0	0	0
Les Sanitaires	0	0	0	0
La Cuisine	0	0	0	0
Total	0 kWh	4659 kWh		

Zones	T° Min (°C)	T° Moyenne (°C)	T° Max (°C)
Les Chambres +	20,83 °C	23,78 °C	24,10 °C
Couloire + Esca	19,18 °C	24,97 °C	27,35 °C
Les Sanitaires	19,64 °C	26,80 °C	30,99 °C
La Cuisine	17,04 °C	27,65 °C	34,29 °C

Température minimale (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
Les Chambres +	20.83	23.93	24.00	24.00	24.00	23.89	20.84	20.93	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
Couloire + Esca	20.53	23.28	24.78	24.85	24.74	23.12	19.18	19.35	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
Les Sanitaires	21.31	24.76	26.86	27.00	26.76	24.44	19.64	19.78	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
La Cuisine	20.89	23.20	26.37	26.60	26.30	22.90	17.04	17.58	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
Extérieur	10.70	12.60	18.70	18.20	18.80	14.10	5.50	8.50	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00

Température moyenne (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
Les Chambres +	23.84	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	23.54	13.74	0.00	0.00	0.00	0.00
Couloire + Esca	24.08	25.61	26.30	26.28	26.26	25.11	23.50	13.12	0.00	0.00	0.00	0.00
Les Sanitaires	25.11	27.65	28.94	28.92	28.82	26.90	24.54	13.32	0.00	0.00	0.00	0.00
La Cuisine	25.56	28.79	30.54	30.51	30.43	27.53	24.37	13.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Extérieur	23.09	26.71	28.65	28.56	28.66	24.85	21.16	11.10	0.00	0.00	0.00	0.00

Température maximale (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
Les Chambres +	24.07	24.03	24.00	24.00	24.00	24.04	24.10	24.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
Couloire + Esca	25.86	26.79	27.35	27.27	27.26	26.12	25.71	23.12	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
Les Sanitaires	27.68	29.71	30.99	30.31	30.30	29.56	28.02	23.33	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
La Cuisine	30.52	32.84	34.29	34.06	33.76	31.01	30.03	25.39	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00
Extérieur	33.40	36.00	37.70	38.00	36.80	33.00	32.80	29.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00	1000000.00

Besoins de chauffage (kwh)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
Les Chambres +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Couloire + Esca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Les Sanitaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Cuisine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Besoins de rafraîchissement (kwh)

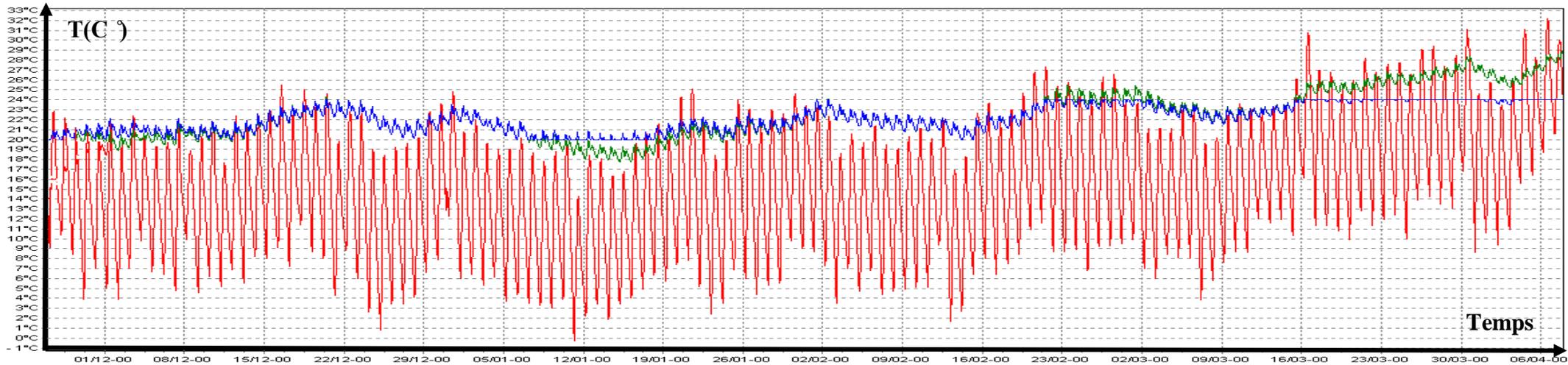
	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
Les Chambres +	359	744	1072	1016	1042	603	282	0	0	0	0	0
Couloire + Esca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Les Sanitaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
La Cuisine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	359	744	1072	1016	1042	603	282	0	0	0	0	0

Indices été

Zones	Besoins Chauff+Froid	Moyenne Surchauffe max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de Besoins Nets
Les Chambres +	29,71	0,00	1,41	0,29	0,00
Couloire + Esca	0,00	1,76	10,26	82,05	0,00
Les Sanitaires	0,00	19,85	11,95	86,07	0,00
La Cuisine	0,00	36,42	34,77	87,39	0,00

Annexe B

Comparaisons de la température de zone de confort avec et sans consignes (Maison HPE)



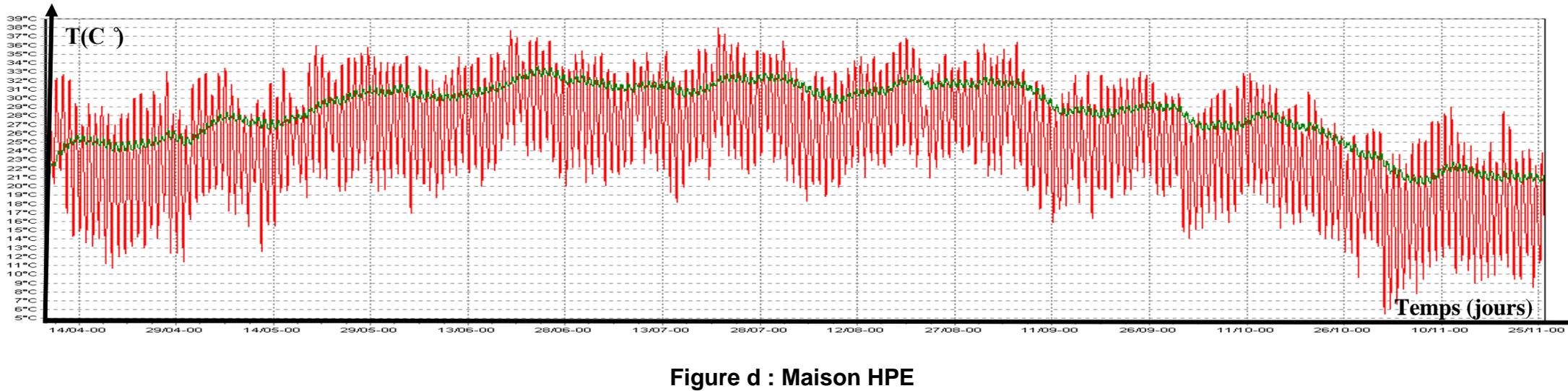
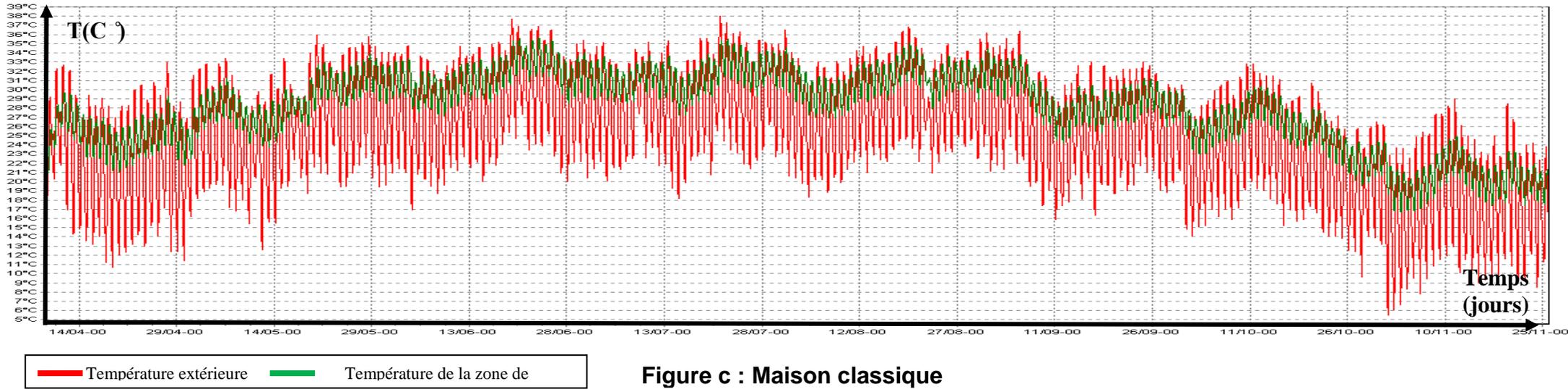
- Température extérieure
- Température de la zone de confort sans consignes
- Température de la zone de confort avec consignes

Saison hivernale



Saison estivale

Température de la zone de confort sans consignes de thermostat (été)



Température de la zone de confort sans consignes de thermostat (hiver)

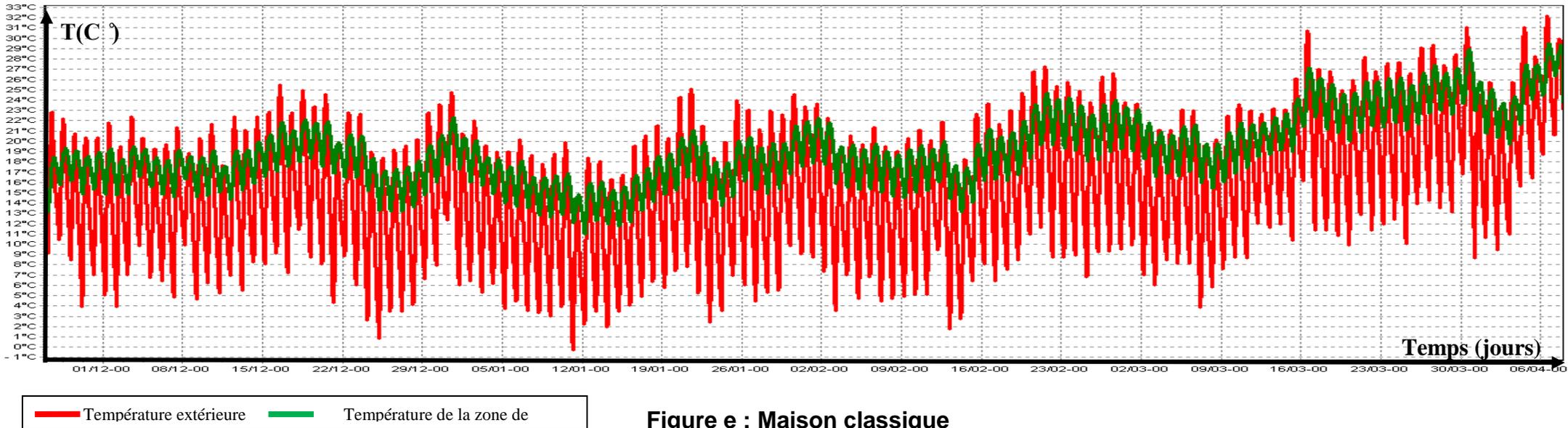


Figure e : Maison classique

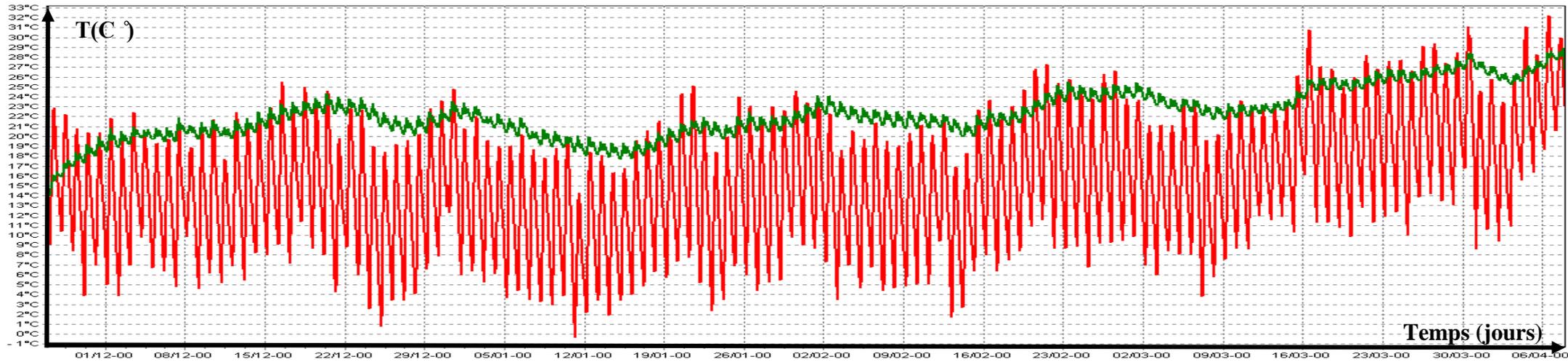


Figure f : Maison HPE

Annexe C: Répartition possible de différentes plantes autour de l'habitat.

Source: A.F.M.E Agence Française pour la Maîtrise de l'Énergie, 1988.

A Arbres, captage solaire, protection solaire		E Patio et humidification de l'air en été	
Nom commun	Nom commun	Nom commun	Nom scientifique
Acacia de Constantinople	Albissia Julibrissin	Abutilon	Abutilon
Bouleau	Butela	Acacia de Constantinople	Albissia Julibrissin
Catalpa commun	Catalpa Binoniodes	Bouleau	Butela
Charme Houblon	Ostrya Carpinifolia	Catalpa commun	Catalpa Binoniodes
Erable de Montpellier	Acer Monspensulanum	Erable nain vert	Acer Megundo
Erable nain vert	Acer Megundo	Figuier commun	Ficus Carica
Erable Sycomore	Acer Pseudoplatanus	Jacinthe d'eau	Eichornia Crassipes
Figuier commun	Ficus Carica	Lierre commun des bois	Hedera Helix
Flamboyant	Caesalpinia Gilliesh	Marronnier d'Inde	Aesculus Hippocastanum
Frene blanc d'Amérique	Fraxinus Americana	Peuplier d'Italie	Populus Nigra Italica
Frene commun	Fraxinus Excelsior	Saule blanc pleureur	Salix Alba Tristis
Hêtre	Fagus	Tilleul Argenté	Tilia Argentina
Judée (arbre de)	Cercis Ciliquastrum	Vigne vierge	Ampelopsis Veitchii
Marronnier d'Inde	Aesculus Hippocastanum	Vigne vierge à 5 fleurs	Parthenocissus Quinquefolia
Mûrier blanc	Morus Alba	Volubilis	Ipomea
Mûrier de Chine	Broussonetia Papyrifera	F Tapissants, Fixation des pentes	
Mûrier Platane	Morus Kagayamah	Nom commun	Nom scientifique
Oranger des osages	Maclura Aurantiaca	Acanthe à feuilles molles	Acanthe à feuilles molles
Ormes Champêtre	Ulmus Carpinifolia	Agave du Mexique	Agave du Mexique
Pallownia	Pallownia Fortunei	Ajonc	Ajonc
Peuplier d'Italie	Populus Nigra Italica	Aloes	Aloes
Platane	Platanus	Belle de nuit	Belle de nuit
Robinier Faux Acacia	Robinia Pseudoacacia	Cinéraire Maritime	Cinéraire Maritime
Sophora du Japon	Sophora Japonica	Coloquinthes	Coloquinthes
Tilleul Argenté	Tilia Argentina	Fougères capillaires	Fougères capillaires
B Treilles et pergolas, captage solaire, protection solaire		Géranium	Géranium
Nom commun	Nom scientifique	Lavande officinale	Lavande officinale
Aristolochie Siphon	Aristolochia Siphon	Lupin des jardins	Lupin des jardins
Bignone à grandes fleurs	Campsis Grandiflora	Pourpier de mer	Pourpier de mer
Capucine (la grande)	Tropeleum Majus	Romarin	Romarin
Glycine de Chine	Wistaria Sinesis	Rose trémière	Rose trémière
Jasmin de Virginie	Campsis Radicans	Santoline maritime	Santoline maritime
Vigne	Vitis	Sauge	Sauge
Vigne vierge	Ampelopsis Veitchii	Saxifrage à grandes feuilles	Saxifrage à grandes feuilles
Vigne vierge à 5 fleurs	Parthenocissus Quinquefolia	Thym	Thym
Volubilis	Ipomea	G Grimpantes, Fixation des pentes	
C Arbres, grands brise - vents hiver		Nom commun	Nom scientifique
Nom commun	Nom scientifique	Asparagus de Spenger	Asparagus Spengeri
Cèdre de l'Atlas	Cerduus Atlantica	Bruyère Arborescente	Eruca Arborea
Cèdre du Liban	Cerduus Libani	Capucine (la grande)	Tropei Fum Majus
Chêne vert	Quercus Ilex	Cheuvrefeuille entrelacé	Lonicera Implexa
Cyprès de Lambert	Cupressus Macrocarpa	Cobée grimpant	Cobaea
Cyprès de Provence	Cupressus Sempervirens	Coloquinthes	Cucurbita Pepo
Filao	Casuarina Equisetifolia	Figuier grimpant	Ficus Repens
D Arbustes, petits brise - vents		Fusain grimpant	Evonimus Fortunei
Nom commun	Nom scientifique	Jasmin d'hiver	Jasminum Primulinum
Argousier	Hydrophae Rhamnoides	Lierre commun des bois	Hedera Helix
Bambous	Arundinaria	Lierre des Canaries	Hedera Canariensis
Bruyère Arborescente	Eruca Arborea	Passiflore	Passiflora Coerulea
Buis commun	Buxus Sempervirens	Vigne	Vitis
Buisson Ardent	Pyracantha Coccinea		
Chêne Kermès	Quercus Coccifera		
Fusain du Japon	Evonimus Japonicus		

Fusain grimpant Genet d'Espagne Genet épineux Houx commun Laurier amande Laurier rose Laurier sauce Laurier tin Pittosporum de Chine Thuya Troène de Californie Yucca	Evonimus Fortunei Spartium Junceum Calicotome Spinosa Ilex Aquifolium Prunus Laurocerasus Nerium Oleander Laurus Nobilis Viburnum Tinus Pittosporum Tobira Thuya Ligustrum Ovalifolium Yucca Gloriosa	H Toits, terrasses, protection thermique hiver et été																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="807 230 1094 259">Nom commun</th> <th data-bbox="1094 230 1401 259">Nom scientifique</th> </tr> </thead> </table>	Nom commun	Nom scientifique																		
Nom commun	Nom scientifique																					
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="807 259 1094 288">Cobée grimpant</td> <td data-bbox="1094 259 1401 288">Cobaea</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 288 1094 318">Lierre commun des bois</td> <td data-bbox="1094 288 1401 318">Hedera Helix</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 318 1094 347">Lierre des Canaries</td> <td data-bbox="1094 318 1401 347">Hedera Canariensis</td> </tr> </tbody> </table>	Cobée grimpant	Cobaea	Lierre commun des bois	Hedera Helix	Lierre des Canaries	Hedera Canariensis														
Cobée grimpant	Cobaea																					
Lierre commun des bois	Hedera Helix																					
Lierre des Canaries	Hedera Canariensis																					
		I Grimpantes, isolation thermique hiver et été																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="807 416 1094 454">Nom commun</th> <th data-bbox="1094 416 1401 454">Nom scientifique</th> </tr> </thead> </table>	Nom commun	Nom scientifique																		
Nom commun	Nom scientifique																					
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="807 454 1094 483">Cobée grimpant</td> <td data-bbox="1094 454 1401 483">Cobaea</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 483 1094 512">Figuier grimpant</td> <td data-bbox="1094 483 1401 512">Ficus Repens</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 512 1094 542">Fusain grimpant</td> <td data-bbox="1094 512 1401 542">Evonimus Fortunei</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 542 1094 571">Jasmin d'hiver</td> <td data-bbox="1094 542 1401 571">Jasminum Primulinum</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 571 1094 600">Lierre commun des bois</td> <td data-bbox="1094 571 1401 600">Hedera Helix</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 600 1094 629">Lierre des Canaries</td> <td data-bbox="1094 600 1401 629">Hedera Canariensis</td> </tr> </tbody> </table>	Cobée grimpant	Cobaea	Figuier grimpant	Ficus Repens	Fusain grimpant	Evonimus Fortunei	Jasmin d'hiver	Jasminum Primulinum	Lierre commun des bois	Hedera Helix	Lierre des Canaries	Hedera Canariensis								
Cobée grimpant	Cobaea																					
Figuier grimpant	Ficus Repens																					
Fusain grimpant	Evonimus Fortunei																					
Jasmin d'hiver	Jasminum Primulinum																					
Lierre commun des bois	Hedera Helix																					
Lierre des Canaries	Hedera Canariensis																					
		J Vérandas et serre, captage solaire et protection																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="807 672 1094 701">Nom commun</th> <th data-bbox="1094 672 1401 701">Nom scientifique</th> </tr> </thead> </table>	Nom commun	Nom scientifique																		
Nom commun	Nom scientifique																					
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="807 701 1094 730">Aristolochie Siphon</td> <td data-bbox="1094 701 1401 730">Aristolochia Siphon</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 730 1094 759">Capucine (la grande)</td> <td data-bbox="1094 730 1401 759">Tropaeum Majus</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 759 1094 788">Cognassier du Japon</td> <td data-bbox="1094 759 1401 788">Chaenomeles Japonica</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 788 1094 817">Flamboyant</td> <td data-bbox="1094 788 1401 817">Caesalpinia Gilliesh</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 817 1094 846">Grenadier</td> <td data-bbox="1094 817 1401 846">Punicagranatum</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 846 1094 875">Pommier</td> <td data-bbox="1094 846 1401 875">Malus</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 875 1094 904">Vigne</td> <td data-bbox="1094 875 1401 904">Vitis</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 904 1094 934">Vigne vierge</td> <td data-bbox="1094 904 1401 934">Ampelopsis Veitchii</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 934 1094 963">Vigne vierge à 5 fleurs</td> <td data-bbox="1094 934 1401 963">Parthenocissus Quinquefolia</td> </tr> <tr> <td data-bbox="807 963 1094 981">Volubilis</td> <td data-bbox="1094 963 1401 981">Ipomea</td> </tr> </tbody> </table>	Aristolochie Siphon	Aristolochia Siphon	Capucine (la grande)	Tropaeum Majus	Cognassier du Japon	Chaenomeles Japonica	Flamboyant	Caesalpinia Gilliesh	Grenadier	Punicagranatum	Pommier	Malus	Vigne	Vitis	Vigne vierge	Ampelopsis Veitchii	Vigne vierge à 5 fleurs	Parthenocissus Quinquefolia	Volubilis	Ipomea
Aristolochie Siphon	Aristolochia Siphon																					
Capucine (la grande)	Tropaeum Majus																					
Cognassier du Japon	Chaenomeles Japonica																					
Flamboyant	Caesalpinia Gilliesh																					
Grenadier	Punicagranatum																					
Pommier	Malus																					
Vigne	Vitis																					
Vigne vierge	Ampelopsis Veitchii																					
Vigne vierge à 5 fleurs	Parthenocissus Quinquefolia																					
Volubilis	Ipomea																					

