



R22 République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement supérieur

et de la recherche scientifique

Université Saad Dahleb Blida

Faculté de technologie

Département des énergies renouvelables

Mémoire De Fin D'étude Pour l'Obtention D'un Diplôme De Master

En : Énergies renouvelables

Option : énergies renouvelables et habitat bioclimatique

THEME :

Modélisation thermique d'une maison solaire

Préparé par :

Meftah Maroua & Madani Noura

Encadré par : Berdja Mohand

Soutenu devant le jury composé par :

MonsieurUSDB

Président

MonsieurUSDB

Examineur

MonsieurUSDB

Examineur

Septembre 2021

"بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ"

** وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ

عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ

وَإِلَيْهِ أُنِيبُ **

سورة هود الآية ٨٨

« Et ma réussite ne dépend que d'Allah, En Lui je place ma confiance,
Et c'est vers Lui que je reviens repentant. »

Dédicace

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs Nour, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, pour leur appui et leur

Encouragement,

A mon grand père et ma grande mère pour leur soutien et encouragement,

A mes tantes et mes oncles pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

A mes chères copines,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Maroua

Dédicace

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chères sœurs Laïla, Louïza, Halima, Fouzia, aya , pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A mes chers frères, Mohamed pour leur appui et leur

Encouragement,

A mon grand père et ma grande mère pour leurs soutenu et encouragement,

A mes tantes et mes oncles pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

A mes chères copines,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Noura

Remerciement

Nous remercions premièrement Allah, le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience durant toutes ces années, pour accomplir ce travail que nous venions aujourd'hui pour la présentation.

Nous tenons à témoigner notre gratitude à notre encadreur Monsieur BERDJA MOHAND chercheur dans centre de recherche des énergies renouvelables / unité de développement des équipement solaire Tipaza (bous-mail)(UDES EPST CDER) pour ses aides, ses encouragements et ses conseils précieux pendant la période de la réalisation de ce travail.

Nous remercions également tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur en acceptant d'examiner ce travail.

En fin. Nous remercions tous ceux qui ont contribué près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

Table des matières

Table des matières.....	i
Résumé.....	v
La liste des symboles	vii
Liste des abréviations.....	viii
La liste des figures	ix
La liste des tableaux	xii
Introduction générale	Error! Bookmark not defined.
Chapitre 1 étude bibliographique sur l’habitat bioclimatique	20
1. Introduction	21
2-types d’habitats	21
2.1. Habitat collectif	21
2.2 Habitat semi-collectif	21
2.3. Habitat individuel.....	22
2.4. La Maison Active	23
Les propriétés de la maison active.....	23
2.5. Maison passive	24
3. L’architecture bioclimatique	24
4. L’architecture bioclimatique	25
L’architecture bioclimatique s’appuie sur les concepts suivants	25
5. Les Composants de la conception bioclimatique	26
6. Les bénéfices de la conception bioclimatique	26
7. Evolution de l’architecture bioclimatique	26
8. Les concepts de l’architecture bioclimatique	27

Table des matières

8.1. Le soleil	27
8.2. La forme	27
8.3. Ouvertures	28
9. Les bases de l'architecture bioclimatique	30
9.1. L'isolation thermique	30
9.2 La ventilation	31
9.3. Les ponts thermiques	32
9.4. L'étanchéité à l'air	34
9.5. L'énergie solaire	34
10. La conception bioclimatique des batiments des batiments en Algérie	34
11. Climat	34
11.1. Définition	34
11.2. Eléments utiles du climat	35
11.3. Classification du climat en Algérie	35
12. Les stratégies de conception	37
12.1. Les stratégies de chauffage (hiver)	37
12. 2. Les stratégies de rafraichissement (été)	41
13. Le confort thermique	42
13.1. Les clés du confort thermique	42
14. L'inertie thermique	43
14.1. Les effets de l'inertie thermique dans le cas d'une maison construite en bois	44
14.2. Le fonctionnement de l'inertie thermique	44
15. Diffusivité thermique	45
16. L'effusivité thermique	45
17. Le déphasage thermique	46
Conclusion	46
Chapitre02 évaluation des apports thermique de la maison bioclimatique de la région de Bousmail.....	48
1. Introduction	50
2. Présentation DESIGN- BUILDER	50
4. Données générales du bâtiment de l'étude	52
4.1 .Brève présentation de centre de développement des énergies renouvelables/UDES dans lequel se trouve la maison étudiée	52
4.2 Description du bâtiment	52
5 .Simulation	56
5.1 Localisation géographique du site	55

Table des matières

5.2 Les outils de schématisation	55
5.3 Saisie des paramètres dans le modèle	56
6. présentation des résultats de la simulation	66
6.1. Confort thermique	64
6.2. Allure de la température dans chaque zone	65
6.3. L'allure de la température de l'air extérieure	67
6.4. Les apports solaires	69
7. étude expérimentale et validation du modèle	71
7.1. Mesure de la température	71
7.2 Analyse des résultats	724
Conclusion	75
Chapitre 03 optimisation énergétique de la maison solaire.....	78
1. Introduction	Error! Bookmark not defined.
2.1. Amélioration par l'implantation de la maison sur le terrain	78
2.1.1. Le schéma de la maison à plain-pied	78
2.1.2. Confort thermique dans la maison	80
2.1.3. Apports thermique au niveau du plancher	81
2.1.4. Puissance de climatisation dans la maison	81
2.2. Amélioration de la structure (toiture)	82
2.2.1. Schéma de la maison à plain-pied et structure amélioré	83
2.2.2. Confort thermique dans la maison	85
2.2.3. Apports thermiques au niveau de la toiture	86
2.2.4. Puissance de climatisation dans la maison	86
2.2.5. calcul de déphasage	87
2.3. Amélioration de l'ombrage au niveau des fenêtres	88
2.3.1. Le schéma de la maison à plain-pied et structure amélioré avec l'ombrage	88
2.3.2. Changements apportés au niveau des fenêtres	88
2.3.3. confort thermique	94
2.3.4. Apports thermiques solaires au niveau des fenêtres	94
2.3.5. Puissance de climatisation dans la maison	95
Conclusion	97
Conclusion générale	99
Bibliographies.....	100
Annexe.....	103

Résumé

Le présent travail consiste en une modélisation thermique d'une maison solaire (UDES-BOUSMAIL) par le logiciel de simulation énergétique (DESIGN-BUILDER) afin d'évaluer les différents apports thermiques durant la période estivale et de définir les faiblesses thermique de la maison, pour pouvoir apporter des solutions simples à intégrer au niveau de sa structure, dans le but de réduire ses apports et de minimiser ses besoins en climatisation.

Il a été constaté que la maison, bien qu'elle est dotée un système de domotique avec un système de commande intelligent pour la gestion des équipements domestiques, présente quelques faiblesses en terme de dimension énergétique. Nous avons ainsi diagnostiqué les trois points les plus pertinents à améliorer, et proposé une solution à chaque point. En effet, pour la premier point, nous avons noté que la structure de la maison comporte seulement une couche de polyuréthane, un excellent isolant thermique certes, mais qui est un matériau très léger avec une très faible inertie thermique. L'ajout d'un matériau lourd à la structure est plus que nécessaire afin d'augmenter l'inertie de la paroi et le temps de déphasage, menant à une nette amélioration du confort thermique d'été des habitants. Le deuxième point à améliorer est le fait que la maison soit édifée sur un nombre de piliers en béton de quelques dizaines de centimètres, au lieu d'être implantée directement sur terrain. Il serait plus judicieux de placer la maison sur terrain, afin de pouvoir bénéficier de la fraîcheur du sol qui se trouve à une température constante et plus basse que celle de l'air, car cette dernier est non seulement plus élevée en été mais également fluctuante durant l'année. Le troisième point consiste à améliorer l'ombrage pour minimiser les apports solaires à travers le vitrage et le mur de la façade sud, et ceci par la mise en place de persiennes et des protections solaires.

Abstract

The present work consists of a thermal modeling of a solar house (UDES-BOUSMAIL) by the energy simulation software (DESIGN-BUILDER) in order to evaluate the different thermal contributions during the summer period and to define the thermal weaknesses of the house. , and to offer solutions that are easy to integrate into its structure, with the aim of reducing its inputs and minimizing air conditioning needs.

It was noted that the building, although it is equipped with a home automation system with an intelligent control system for domestic equipment, has some weaknesses in terms of energy dimension. We have diagnosed the three most obvious points to improve, and proposed a solution for each point. Indeed, for the first point, we noted that the structure of the building has only a layer of polyurethane, an excellent thermal insulator of course, but at the same time very light with a very low thermal inertia. The addition of a heavy material to the structure is more than necessary in order to increase the inertia of the wall and the phase shift time, which will considerably improve the summer thermal comfort of the inhabitants. The second point is the fact that the house is built on a number of concrete pillars of a few tens of centimeters, instead of being located directly on the ground. It would be better to place the house at ground level, to benefit from the freshness of the ground, which is at a constant temperature, and lower than that of the air. This latter is not only higher in summer but also fluctuating during the year. The third point is to improve shading to minimize solar gain through the glazing and the wall of the south facade, and this by installing louvers and solar protection.

ملخص

يتكون العمل الحالي من نموذج حرارية لمنزل شمسي (UDES-BOUSMAIL) بواسطة برنامج محاكاة الطاقة (DESIGN-BUILDER) من أجل تقييم المساهمات الحرارية المختلفة خلال فترة الصيف وتحديد نقاط الضعف الحرارية للمنزل، وتقديم حلول سهلة الأندماج هيكلها، بهدف تقليل مدخلاتها وتقليل احتياجاتها لتكييف الهواء.

لوحظ أن المنزل، علما أنه ممتنأهجهز بنظام التشغيل لآليل للمنزل مع نظام تحكم ذكي للمعدات المنزلية، إلا أنه يعاني من بعض نقاط الضعف من حيث أبعاد الطاقة.

تحقيقاً لهذه الغاية، قمنا بتشخيص النقاط الثلاث الأكثر وضوحاً التي يجب تحسينها، واقتراحنا حلولاً لكل نقطة.

في الواقع، بالنسبة للنقطة الأولى، لاحظنا أنه يكالمنزل ليحتوي فقط على طبقة من البولي يوريثين، وهو عازل حراري ممتاز بالطبع، ولكنهمادة خفيفة جداً معممو لحراري منخفض جداً.

تعد إضافة مادة ثقيلة الهيكلنا أكثر من ضرورية من أجل زيادة الجمود في الجدران وقت تغيير الطور، مما سيحسن بشكل كبير الراحة الحرارية الصيفية للسكان.

النقطة الثانية هي حقيقة أن المنزل لم يبن على عدد من الأعمدة الخرسانية التي يبلغ ارتفاعها بضعة عشر اتماً سنتيمترات. سيكون من الأفضل وضع المنزل على مستوى الأرض، للاستفادة من منضارة الأرض التي تكون عند درجة حرارة ثابتة وأقل من درجة حرارة الهواء، والتيل تكوناً على الصيف فحسب، بانتقلباً أيضاً.

النقطة الثالثة هي تحسين التظليل لتقليل اكتساب الطاقة الشمسية من خلال التزجيج جدار الوجهة الجنوبية، وذلك عن طريق بيفتحات و حماية أفقية ورأسية من الشمس.

La liste des symboles

Variables (caractère usuels)	Description	L'unité
a	La diffusivité thermique	(m ² /s).
Λ	Est la conductivité thermique du matériau	(W m ⁻¹ K ⁻¹).
ρ	La masse volumique	(kg/m ³).
R	La résistance thermique	(m ² .K/W).
U	Coefficient de transmission thermique	(W/m ² K).
C_p	Sa capacité thermique massique à pression constante	(J kg ⁻¹ K ⁻¹).
E	L'effusivité thermique	(J K ⁻¹ m ⁻² s ^{-1/2}).
C	La capacité thermique massique du matériau	(J kg ⁻¹ K ⁻¹).
D	Le déphasage thermique en heure	(H).
C	Célérité	(m/s).
C	La chaleur spécifique	(Wh/kg. °C).
E	L'épaisseur en mètres	(m).
T	La période d'oscillation de température sur une durée 24h en heure.	(H).

La liste des abréviations

La liste des abréviations

Abréviation	Description
Bepos	Bâtiment à énergie positive.
CO₂	Gaz carbonique.
RT	Règlementation thermique.
VMC	Ventilation mécanique contrôlée.
PNME1	Programme national de Maîtrise de l'Énergie.
HPE	Un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique.
ECO-BAT	Ecologie de bâtiment.
PNME	Programme National de Maîtrise de l'Énergie.
FS	Facteur solaire.
HR	Humidité relative.
UDES	Unité de développement des équipements solaires.
URAER	Unité de recherche appliquée en énergies renouvelables
UR2	Filiale études et réalisation en énergies renouvelables.
URERMS	Unité de recherche en énergies renouvelables en milieu saharien.
SDB	Salle de Bain.
WC	Water closet.

La liste des figures

La liste des figures

Numérotation	Figure	page
Figure 1.1	Habitat collectif et semi collectif.	22
Figure 1.2	Habitat individuel.	22
Figure 1.3	La maison active.	23
Figure 1.4	Schéma de l'architecture bioclimatique.	25
Figure 1.5	Tour à vent.	26
Figure 1.6	Maison traditionnelle a patio.	26
Figure 1.7	Impact de trajectoire du soleil sur la surface.	27
Figure 1.8	Les différents types de protections solaires pour fenêtres.	28
Figure 1.9	Brise soleil vue de côté.	29
Figure 1.10	Brise soleil vue de face.	29
Figure 1.11	Principe de ventilation naturelle.	31
Figure 1.12	La ventilation mécanique.	32
Figure 1.13	Les ponts thermiques et leur isolation adéquate.	33
Figure 1.14	Les ponts thermiques et leur isolation adéquate par l'extérieur.	33
Figure 1.15	Les ponts thermiques et leur isolation adéquate par l'intérieure.	33
Figure 1.16	Classification du climat en Algérie.	36
Figure 1.17	Impact de type de vitrage sur le captage.	37
Figure 1.18	Impact de type de vitrage sur le captage (les gains solaires).	38
Figure 1.19	Effet de serre.	39
Figure 1.20	L'organisation intérieure.	40
Figure 1.21	Stratégie de rafraîchissement en été.	40
Figure 1.22	Comment en profitant des avancées de toit bâtiment pour capter ou protéger.	41
Figure 1.23	Les six paramètres thermiques qui définissent le confort thermique.	43

La liste des figures

Figure 2.1	Hiérarchie de construction.	51
Figure 2.2	Schéma graphique représentant les fonctionnalités simultanées qu'offrent DESIGN-BUILDER.	51
Figure 2.3	Emplacement d'UDES.	52
Figure 2.4	Plan architecturale de la maison solaire UDES.	53
Figure 2.5	Façade sud de la maison.	53
Figure 2.6	Façade nord de la maison.	54
Figure 2.7	Façade l'est de la maison.	54
Figure 2.8	Façade ouest de la maison.	54
Figure 2.9	Le modèle graphique de la maison solaire UDES.	56
Figure 2.10	Les différentes couches de la toiture.	60
Figure 2.11.a	Paramétrage des fenêtres.	61
Figure 2.11.b	Les différents paramètres d'ouverture interne et externe.	62
Figure 2.11.C	Paramétrage du fonctionnement de la climatisation.	63
Figure 2.12	Confort de la maison.	65
Figure 2.13	Profils de la température à l'intérieur de la maison. (Simulation).	66
Figure 2.14	Les températures maximales dans chaque pièce de la maison.	66
Figure 2.15	Profils de la température de l'air extérieure de la maison. (Simulation).	67
Figure 2.16	Le trajet de soleil.	68
Figure 2.17	Les apports solaires.	68
Figure 2.18	Les apports extérieures à travers de la maison.	69
Figure 2.19	Les composants de thermocouple.	70
Figure 2.20	Data loguer.	70
Figure 2.21	Adhésif utilisé pour la mise en place des thermocouples.	71
Figure 2.22	Les éponges isolant.	72
Figure 2.23	La température air extérieure (mesurée).	72
Figure 2.24	La température air extérieure (simulation).	73

La liste des figures


Figure 2.25	La température air intérieur (simulation).	73
Figure 2.26	La température air intérieur (mesurée).	74
Figure 2.27	La température de mur (simulation).	74
Figure 2.28	La température de mur (mesurée).	75
Figure 3.1	la première amélioration de la maison.	79
Figure 3.2	Les paramètres de construction planchée bas de maison.	79
Figure 3.3	Le confort dans la maison à plain-pied.	80
Figure 3.4	Apports thermiques au niveau du plancher bas.	81
Figure 3.5	Comparatif de la puissance de climatisation de la première amélioration.	82
Figure 3.6	Amélioration de la structure de la maison.	83
Figure 3.7	différentes couches de la toiture.	84
Figure 3.8	Image de toiture.	84
Figure 3.9	confort de la maison.	85
Figure 3.10	Apports thermiques au niveau de la toiture (1ere et 2eme amélioration).	86
Figure 3.11	Comparatif de puissance de climatisation en prenant compte les deux cas d'amélioration.	87
Figure 3.12	Amélioration de l'ombrage des fenêtres de la maison.	88
Figure 3.13	les ouvertures.	89
Figure 3.14	brise soleil.	90
Figure 3.15	Pare soleil latérale.	91
Figure 3.16	Les casquettes.	92

La liste des figures

Figure 3.17	Les stores.	92
Figure 3.18	Réduction de la taille des fenêtres de la façade sud de la maison.	93
Figure 3.19	confort de la maison .	94
Figure 3.20	Apports solaires par les fenêtres.	95
Figure 3. 21	Histogramme de puissance pour les trois améliorations.	95

La liste des tableaux :

Numérotation	Tableaux	page
Tableau 2.1	Paramètre climatique de la wilaya de Tipaza.	55
Tableau 2.2	Type de zone.	57
Tableau 2.3	Calcule de densité de la surface habitable de la maison.	58
Tableau 2.4	Calcule des différentes charges électriques.	58
Tableau 2.5	La composition des murs internes et externes.	59
Tableau 2.6	Les composants de construction (plancher et la toiture).	60
Tableau 2.7	Les différents types d'ouverture dans la maison.	61
Tableau 2.8	Les mesures des fenêtres sur les terrains.	62
Tableau 3.1	Différentes couches constituant la toiture.	83
Tableau 3.2	Représente tous les résultats d'amélioration.	96



***Introduction
générale***

Introduction générale :

Pendant cette dernière décennie, nous assistons en Algérie à une réalisation multiple et intense de projets de bâtiments à caractère public, qui ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire sur le plan thermique et énergétique. Les paramètres de la conception sont d'ordre fonctionnel et architectural et la dimension énergétique du projet n'est pas toujours considérée comme significative, ce qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores. La maîtrise des éléments passifs, contribuant au confort thermique, tels que l'isolation thermique, l'orientation des façades et des ouvertures, l'ombrage et l'utilisation d'un vitrage à hautes performances thermiques minimise sans aucun doute les apports thermiques dont souffrent les habitations à caractère public.

Un travail de mémoire a été effectué à cet effet, qui consiste en une modélisation thermique d'une maison solaire (UDES-BOUSMAIL) afin d'évaluer les différents apports thermiques durant la période estivale et de définir les faiblesses thermique de la maison, et de proposer des solutions simples à intégrer au niveau de sa structure, dans le but de réduire ses apports et de minimiser les besoins en climatisation.

La première partie de ce mémoire, purement théorique, consiste en la compréhension des concepts de base de l'habitat bioclimatique. Cette partie comporte un seul chapitre, qui résume tous ses concepts, et qui va essayer de répondre à des questions comme : c'est quoi une maison bioclimatique ou bien une maison passive/active, sur quelle architecture ce type d'habitat s'appuie, quelles sont ses composants, et quelle bénéfices elle peut nous apporter.

La deuxième partie, à la fois numérique et expérimentale, comporte deux chapitres :

Le deuxième chapitre consiste en une évaluation des apports thermiques d'une maison solaire situé à l'UDES (dans la région de Bouïsmail) par le logiciel de modélisation dédié à l'habitat : DESIGN-BUILDER. Ce chapitre comporte une partie validation du modèle par une étude expérimentale qui consiste en la mesure de la température à différentes positions (température de l'air de la chambre, du mur, du plafond, de l'air extérieur) et de les confronter au profile de température fourni par le modèle numérique.

Le troisième chapitre consiste à proposer des solutions aussi simples que possible dans le but de réduire la charge de ces apports sur la structure de la maison, d'améliorer le confort thermique et de minimiser les besoins en climatisation. Ce chapitre comporte également une partie interprétation et comparaison des résultats avant et après amélioration, dont le but est l'optimisation énergétique de la maison solaire.

On conclut ce mémoire par des conclusions et des recommandations architecturales et techniques pour l'évaluation, la minimisation et l'optimisation des besoins en climatisation de la maison solaire.

Chapitre 1

***ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE
SUR L'HABITAT
BIOCLIMATIQUE***

1.Introduction :

Pour une conception bioclimatique réussie, l'architecte cherche toujours à intégrer sa conception dans un environnement physique dans le but de minimiser l'utilisation de l'énergie que ce soit le chauffage en hiver pour chauffer, ou le refroidissement en été pour rafraîchir. L'habitat bioclimatique utilise le climat pour rapprocher au maximum ses occupants des conditions de confort, sous nos climats tempérés, les variations de l'ensoleillement, du vent et de températures requièrent la mise en œuvre de diverses stratégies adaptées aux différentes saisons. C'est à dire qu'en hiver, il importe de profiter des apports solaires et de se protéger du froid (stratégie du chaud) ; en été, il faut se préserver du soleil et parfois, ouvrir sa maison aux vents (stratégies du froid).

Dans ce chapitre nous allons présenter l'habitat bioclimatique, à savoir, sa définition, le type d'habitat, sa classification (architecture actif et passif), et nous démontrerons sur quoi cette architecture s'appuie, quelle sont ces composants, les bénéfiques qu'elle apporte. Finalement, on parlera également sur l'évolution de l'architecture bioclimatique, ces concepts (le soleil, la forme ...), et les stratégies qu'elle utilise (en été et en hiver) [1].

2-types d'habitats :

2.1. Habitat collectif :

C'est la superposition et la juxtaposition d'une habitation plus de 03 étages dont les accès sont desservis par des parties communes (cages d'escaliers communes).

2.2 Habitat semi-collectif :

C'est une forme du logement communautaire, on partage une partie du logement avec les autres, c'est une forme qui a une organisation proche à la fois de la maison individuelle et une certaine qualité spatiale de l'habitat collectif. Il se caractérise par : une hauteur maximale de trois étages, un accès individuel au logement en façade, espace privatif extérieur (terre ou jardin, préservée des vues depuis les étages supérieurs, son image en gradins ou en barre).

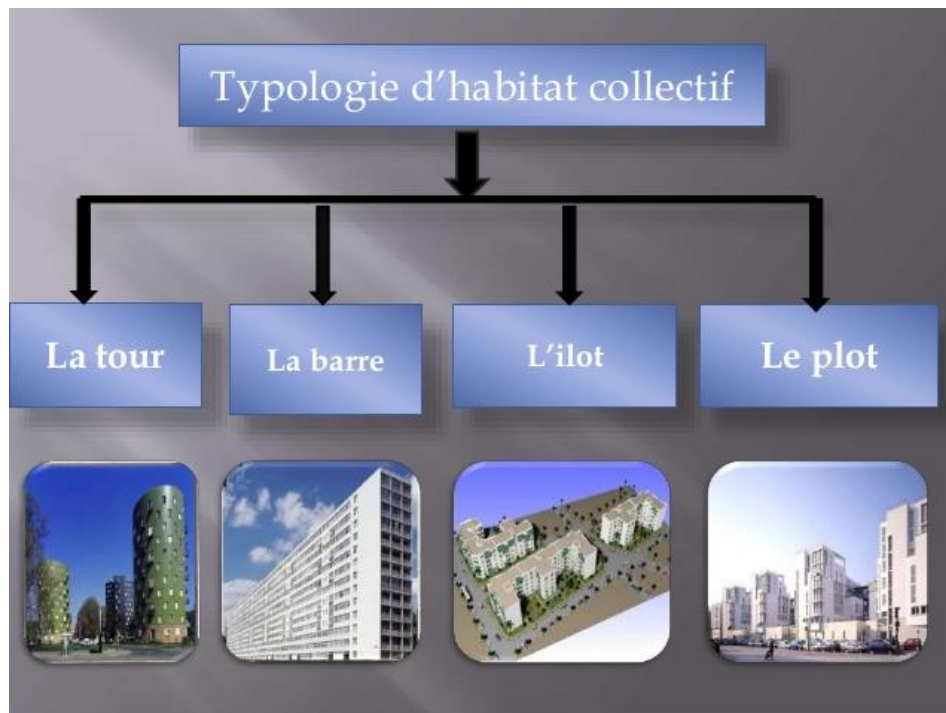


Figure 1.1 : habitat collectif et semi collectif.

Source : <https://image.slidesharecdn.com>

2.3. Habitat individuel :

En le caractérisant on peut dire que l'idéal de la plupart de nos concitoyens est d'habiter une grande maison facile à entretenir avec un vaste jardin. Un logement individuel est un logement unifamilial, implanté directement sur une parcelle de sol naturel qui constitue le prolongement direct et dans les habitats disponibles à titre privative [2].



Figure 1.2 : Habitat individuel.

Source : <https://media.ooreka.fr/public/image/maison-campagne-village-main-12572827.jpg>

2.4. La Maison Active :

Une maison active est une habitation qui produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Elle s'appuie sur les bases d'une maison passive.

Les propriétés de la maison active

Une maison active est un bâtiment passif équipé de moyens de productions d'énergies. Une habitation active est appelée aussi Bepos (bâtiment à énergie positive).

Pour produire plus d'énergie qu'elle n'en consomme, la première règle est de consommer peu d'énergie. La seconde est d'en produire. Donc pour être Bepos (bâtiment à énergie positive) [3].

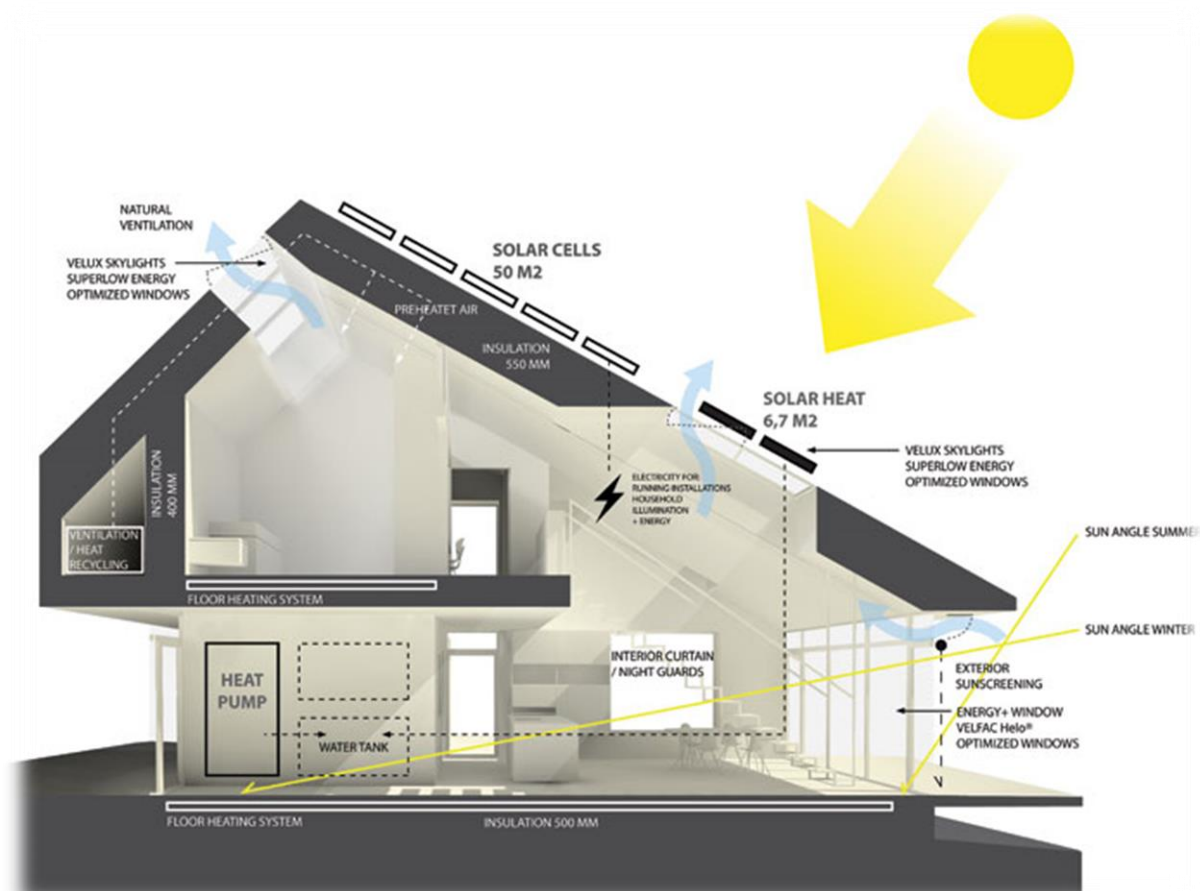


Figure1.3 : La maison active.

Source :<http://www.ecolopop.info/>

2.5. Maison passive :

La maison passive est une habitation qui sait optimiser les apports énergétiques solaires par le seul biais de ses composants (fenêtres, murs.) pour ensuite en bénéficier et tempérer les espaces intérieurs[4].

Ainsi, la maison passive est vraiment efficace énergétiquement, confortable, rentable et écologique. C'est une maison parfaitement étanche, avec un transfert thermique près du zéro, qui atteint et maintient l'équilibre thermique désiré par une consommation basse d'énergie. Cette maison peut être construite dans toutes zones/forme de relief, sans nécessiter des utilités (eau, énergie, gaz). La maison passive est l'avenir, le respect pour la nature et l'homme, c'est la maison qui ne pollue pas et ne consomme pas [5].

Les principaux avantages de la maison passive :

On peut décrire une maison passive comme une maison ayant les spécificités suivantes :

- Une consommation énergétique réduite : de par sa conception, la maison passive ne requiert que peu d'énergie. Les factures correspondantes sont donc considérablement diminuées.
- Un habitat respectueux de l'environnement : du fait de ses faibles besoins en chauffage et climatisation, la maison passive consomme moins d'énergie (fossile notamment) et produit moins de dioxyde de carbone,
- Une maison confortable thermiquement : une étanchéité et une isolation optimales permettent d'améliorer le confort thermique pour les résidents notamment en assurant une température de l'air uniforme à l'intérieur de chaque pièce, et proche le plus possible de la température du mur (température rayonnante).
- Qualité de l'air irréprochable pour le confort sanitaire, car un air trop chargé de CO₂ ou d'humidité procure un inconfort et des moisissures sur les murs, et s'avère parfois même dangereux pour des taux élevés de CO₂.
- un domicile protégé du gel : grâce à son isolation et son étanchéité, la maison passive est une construction dans laquelle on ne devrait avoir aucun risque d'explosion des canalisations d'eau à cause du gel [6].

3. L'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique est une discipline de l'architecture qui valorise l'environnement géographique et climatique d'un bâtiment, dans le respect des modes et rythmes de vie ainsi que de la santé des usagers du bâtiment.

L'architecture bioclimatique concerne tous les types de bâtiments, habitat, tertiaire et industriel. Elle a pour objectif de réduire au minimum les besoins énergétiques du cycle de vie d'un bâtiment (construction, exploitation, rénovation, déconstruction) sans créer de pression sur les ressources environnementales, afin de maintenir des températures

constantes et agréables, tout en contrôlant l'hygrométrie, la qualité de l'air et la lumière intérieures [7].

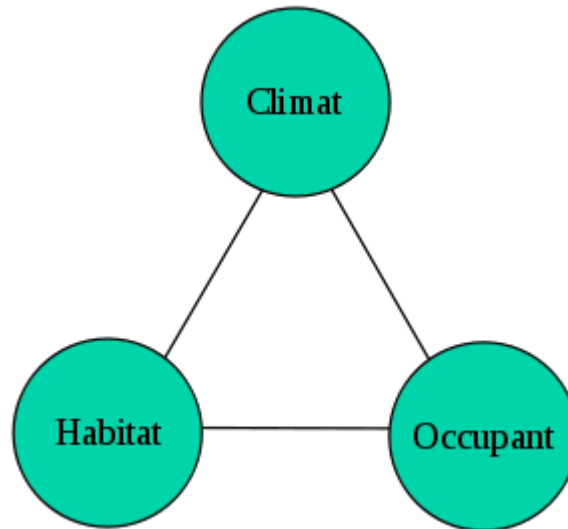


Figure 1. 4 : schéma de l'architecture bioclimatique.

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_bioclimatique

4. L'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique s'appuie sur les concepts suivants :

- Un choix de matériaux appropriés
- Une bonne étanchéité à l'air (isolation) et une bonne aération
- Une orientation combinant un maximum d'apports solaires et une exposition aux vents minimum (ouvertures face sud, pas ou peu d'ouvertures face nord, etc.).
- Une conception du bâtiment adaptée aux besoins saisonniers (chaleur en hiver, fraîcheur en été) [8].
- La couleur : pour que le mur puisse transformer la lumière en chaleur il faut qu'il l'absorbe. La couleur joue alors un grand rôle : s'il est blanc, il réfléchira la chaleur sans chauffer. Au contraire, une paroi sans inertie qui est noire va rapidement devenir brûlante, ce qui n'est pas non plus le but recherché. La couleur des pièces n'est pas uniquement un choix esthétique.

5. Les Composants de la conception bioclimatique :

Parmi ces composants on cite :

- Les exigences climatiques.
- Le confort thermique.
- Les solutions adaptées extraites d'habitats vernaculaires.
- Le microclimat : trajectoire du soleil, du vent et de la pluie.
- Travailler avec les éléments, tels que les systèmes passifs et actifs [9].

6. Les bénéfices de la conception bioclimatique :

- La réduction de la consommation des ressources naturelles : les réparations et les rénovations peuvent réduire la facture énergétique de 30 à 50 % dans la plupart des bâtiments résidentiels et commerciaux. Cela peut grimper jusqu'à 80 % si l'on y associe les principes de la conception bioclimatique.
- La tendance est au « vert » : Il y a une demande croissante pour des maisons et des bureaux aérés et confortables, à proximité d'espaces verts, de parcs et de plantations. Des études menées aux États-Unis, au Canada et en Europe de l'Ouest montrent que les gens sont prêts à payer plus pour des maisons et des bâtiments plus respectueux de l'environnement.
- Faciliter la gestion de l'environnement qui utilise diverses sources d'énergie renouvelables en particulier, et qui est équipé d'un réseau de plomberie permettant la réutilisation des eaux grises, tout en réduisant les besoins en eau à travers un aménagement intelligent des jardins.

7. Évolution de l'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique n'est pas une invention du 20^{ème} siècle, mais c'est une architecture qui est utilisée depuis très longtemps mais qui fut occultée et abandonnée lors de l'arrivée des techniques (climatisation, ou chaudière, ...) permettant de supprimer les contraintes climatiques [10].



Figure 1.5 : Tour à vent.

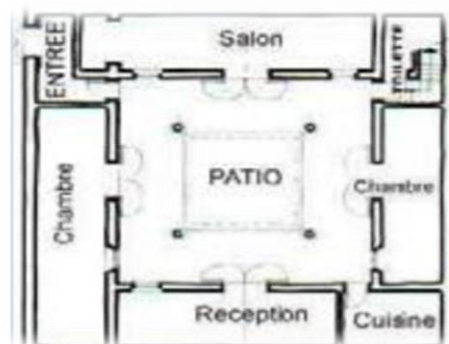


Figure 1.6 : Maison traditionnelle a patio.

Source : http://docplayer.fr/docs-images/51/16342673/images/page_5.jpg

8. Les concepts de l'architecture bioclimatique :

8.1. Le soleil :

Il envoie vers la Terre en constance une quantité d'énergie qui correspond à environ 700 W/m^2 (pour une surface horizontale, en France). Le but du bio climatisme est d'utiliser cette énergie gratuite pour répondre aux besoins de chaleur de l'habitation.

8.1.1. La trajectoire du soleil :

La trajectoire du soleil change tout au long de l'année. En hiver, il se lève au sud-est et termine sa course très tôt au sud-ouest après un parcours très bas sur l'horizon. En été, il fait presque un tour complet, du nord-est au nord-ouest, et il monte très haut dans le ciel.

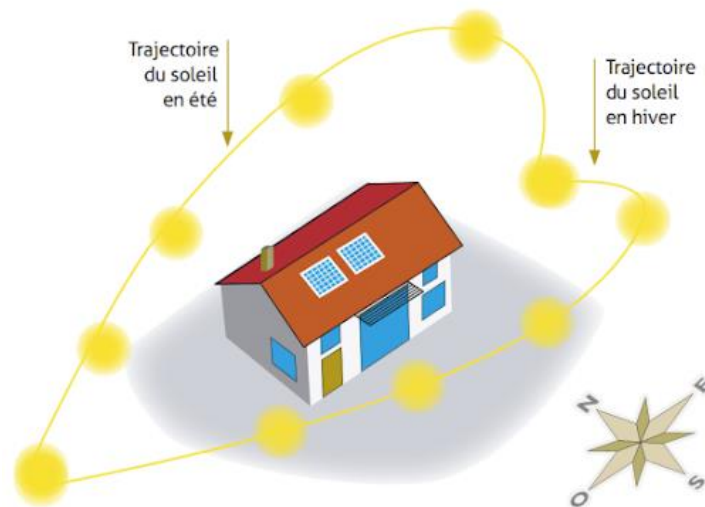


Figure 1.7 : Impact de trajectoire du soleil sur la surface.

Source : <https://lh3.googleusercontent.com/>

8.2. La forme :

Le volume du bâtiment détermine ses déperditions thermiques. La forme la plus efficace est un rectangle légèrement allongé est-ouest. C'est en hiver que l'on a besoin de se chauffer, et aussi du soleil. Il faut avoir la surface sud la plus grande possible. Mais pas trop grande car de l'autre côté se trouve le nord, toujours dans l'ombre et le froid. L'ouest et l'est n'apportent rien en hiver et sont la cause des surchauffes en été, ces deux parois doivent donc être les plus petits possibles.

- Plus le volume est compact et moins il y aura de surfaces exposées aux intempéries, et donc aux déperditions.
- Plus la forme est simple et moins il y aura de turbulences créées par le vent qui génèrent elles aussi des déperditions de chaleur importantes.
- Le volume devrait également tendre à réduire la taille de la face nord du bâtiment, soit en faisant descendre le toit plus bas, soit en enterrant une partie des pièces au nord.

8.2.1. La toiture :

La toiture prend en considération deux paramètres qui sont : la pluviométrie et les vents dominants. Sa position et sa pente doit être optimisées pour avoir une diminution des

nuisances causé par le vent tout en protégeant efficacement de la pluie. L'idéal est une toiture à faible pente, végétalisée [11].

8.3. OUVERTURES :

Pour les bâtiments bioclimatiques, l'orientation et l'emplacement des fenêtres et des baies doivent être choisis de sorte à limiter les apports de chaleur dus au rayonnement solaire. Il s'agit de définir alors une véritable stratégie de protection solaire comprenant, en fonction des orientations et des usages du bâtiment, des protections végétales et architecturales (protections fixes et/ou mobiles, extérieures et/ou intérieures). Cette stratégie de conception des baies qui fait partie intégrante de sa conception architecturale bien au-delà des dimensions thermiques doit en outre permettre simultanément de maximiser l'éclairage naturel et de favoriser la ventilation naturelle. Par ailleurs la surface vitrée d'un bâtiment et le type de menuiseries doivent aussi tenir compte du besoin d'intimité des usagers, de la vue sur l'extérieur et autre paramètre d'usage.

Pour les bâtiments climatisés, les principes de protection solaire sont les mêmes que pour les bâtiments bioclimatiques. La contrainte liée à la ventilation naturelle est alors moins prioritaire sauf si le bâtiment est à la recherche d'un fonctionnement «mixte» : alternativement climatisé ou ventilé suivant les saisons. Dans tous les cas, il est important de veiller à limiter les infiltrations d'air extérieur en premier lieu grâce à une bonne étanchéité à l'air des menuiseries [12].

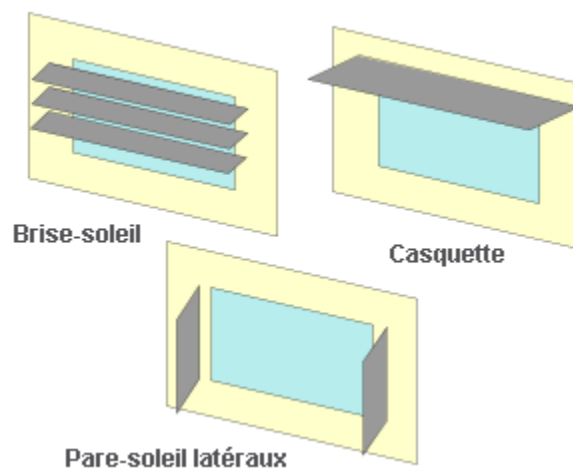


Figure 1.8 : Les différents types de protections solaires pour fenêtres.

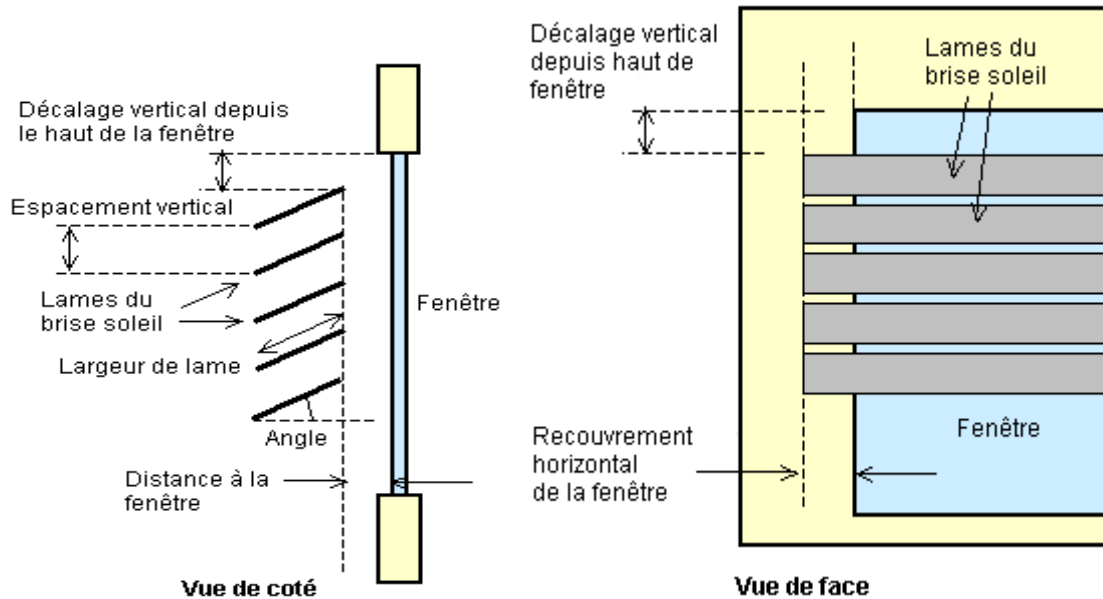


Figure 1.9 : Brise soleil vue de côté. Figure 1.10 : Brise soleil vue de face.

Source : Help de Design-Builder.

9. Les bases de l'architecture bioclimatique :

9.1. L'isolation thermique :

9.1.1. Définition :

Un isolant thermique est un matériau qui permet d'empêcher la chaleur ou le froid de s'échapper d'une enceinte close. Son contraire est un conducteur thermique. L'isolation thermique permet de minimiser la consommation d'énergie nécessaire à maintenir la température requise.

Les isolants thermiques sont essentiellement caractérisés par leur résistance thermique et leur inertie thermique. Ils permettent d'éviter les déperditions ainsi que le phénomène de pont thermique et de condensation.

Un isolant thermique est un matériau ayant une faible conductivité thermique [13].

9.1.2. Les caractéristiques d'isolant thermique

Ces trois modes de transfert de chaleur entrent en jeu dans la thermique du bâtiment. La conduction thermique est en revanche prépondérante dans le transfert de chaleur à travers une paroi. Trois paramètres permettent de caractériser un matériau et une paroi isolante :

➤ Conductivité thermique

Le principal paramètre permettant de caractériser la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur est la conductivité thermique (λ), en W/m.K. C'est une caractéristique intrinsèque au matériau. Une faible conductivité thermique implique une faible transmission de chaleur et donc une forte isolation thermique. On appelle isolant tout matériau possédant une conductivité thermique inférieure à 0,065 W/m.K.

➤ **Résistance thermique :**

Afin de quantifier la résistance au flux de chaleur pour une épaisseur de matériau donnée, on utilise la résistance thermique (R), exprimée en $m^2.K/W$. Ce critère mesure la performance d'un isolant pour une épaisseur donnée. La résistance thermique : Est reliée à la conductivité thermique λ et l'épaisseur e par la relation : $R = e / \lambda$. Plus cette résistance est importante, plus les pertes de chaleur à travers une paroi seront faibles.

➤ **Coefficient de transmission thermique :**

d'une paroi (U) Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est noté "U" (ou anciennement "k") et caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi. Le coefficient de transmission thermique s'exprime en W/m^2K est l'inverse de la résistance thermique totale (RT) de la paroi [14].

9.1.3. Le rôle de l'isolation :

On peut dire qu'une paroi est bien isolée si elle :

- Réduire les déperditions de chaleur en saison froide et la pénétration de chaleur en saison chaude pendant la journée.
- Évite la condensation dans les parois et sur les parois, grâce au maintien de températures pas trop basses [15].

9.2 La ventilation :

La ventilation dans le bâtiment permet le renouvellement et l'assainissement de l'air intérieur d'un local ou d'une construction. Le but est d'apporter suffisamment d'air frais ou d'air neuf hygiénique nécessaire aux individus et indispensable à la respiration du bâti. Deux types de ventilation existent : la ventilation naturelle et la ventilation mécanique.

9.2.1. La ventilation naturelle :

La ventilation naturelle fonctionne par le phénomène de convection naturelle due aux différences de températures qui ont pour effet de provoquer un tirage de l'air du bas vers le haut (air extérieur froid). Cette ventilation naturelle est possible en hiver, mais en été les flux d'air peuvent s'inverser et nous pouvons assister à un contre-tirage [16].

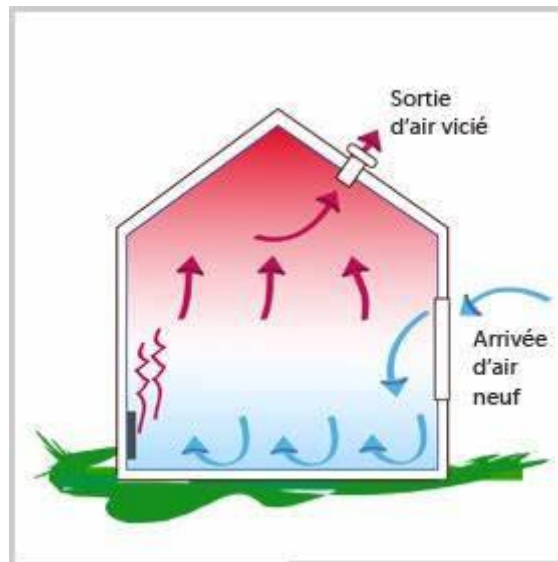


Figure1. 11 : Principe de ventilation naturelle.
Source : <https://tse1.mm.bing.net>

9.2.2. La ventilation mécanique :

VMC est l'abréviation de 'ventilation mécanique contrôlée'. C'est un ensemble de dispositifs mécaniques qui doivent assurer le renouvellement de l'air à l'intérieur des pièces humides ou marquées olfactivement comme :

- les toilettes
- la salle de bains
- cuisine

La VMC est intégrée au bâtiment et fonctionne avec une centrale de ventilation qui force l'extraction de l'air et assure la qualité de l'air intérieur [17].

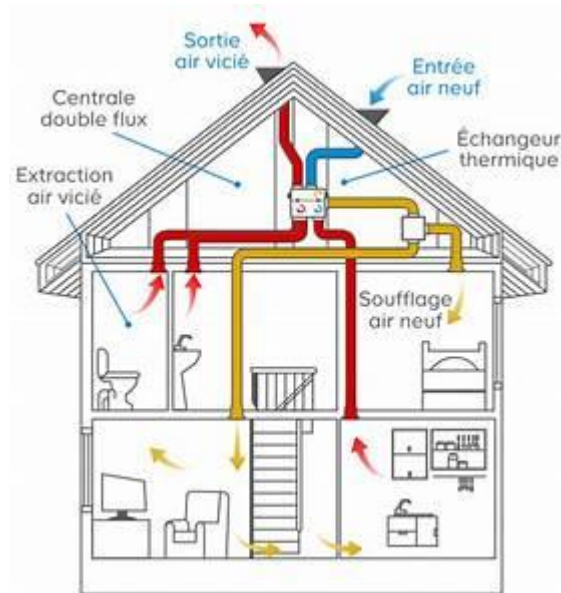


Figure 1.12 : La ventilation mécanique.

Source : <https://tse3.mm.bing.net/>

9.3. Les ponts thermiques :

Toute discontinuité dans la couche isolante, tout endroit où la résistance thermique présente une faiblesse est considérée comme pont thermique. Au voisinage d'un pont thermique. Les lignes de flux se resserrent : plus la chaleur se passe par unité de surface, plus les isothermes se déforment en s'écartant les unes des autres. Ces ponts ne causent pas seulement des pertes de chaleur inutiles, mais peuvent être sources de dégâts :

9.3.1. Comment éviter les ponts thermiques :

L'isolation extérieure est la meilleure solution pour éviter les ponts thermiques se pendant elle peut aussi présenter de nombreux autres avantages :

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

9.3.2. Type des ponts thermiques :

Les figures ci-dessous illustrent les ponts thermiques les plus courants résultant d'une mise en œuvre inadéquate de l'isolation lors de la construction ou d'une rénovation antérieure. Des pistes de résolution sont indiquées lorsque leur mise en œuvre est praticable ou «relativement facile» [18]:

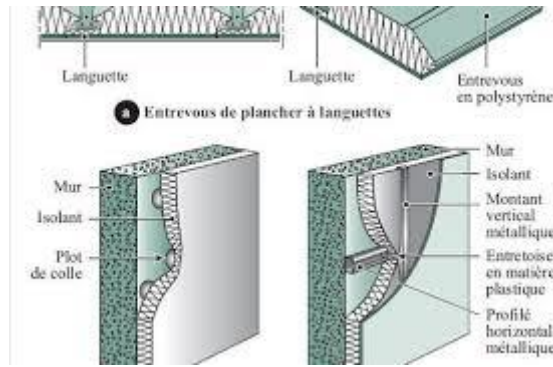


Figure1. 13 : les ponts thermiques et leur isolation adéquate.

Source : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>

Mur plein isolé par l'extérieur :

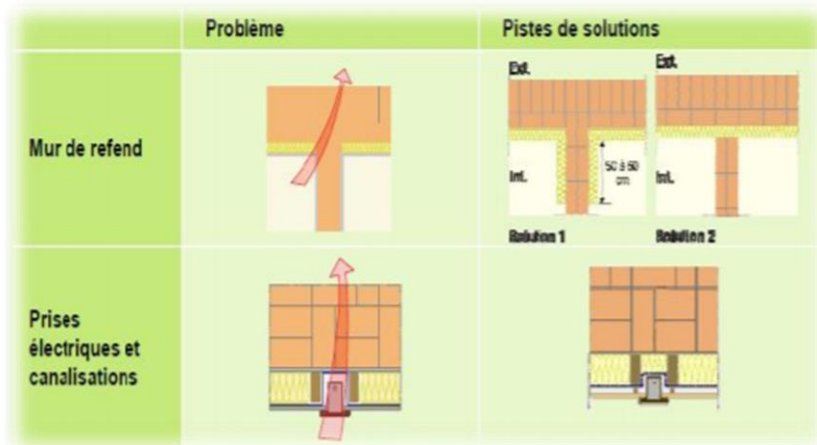


Figure1. 14 : les ponts thermiques et leur isolation adéquate par l'extérieur.

Mur plein isolé par l'intérieur :

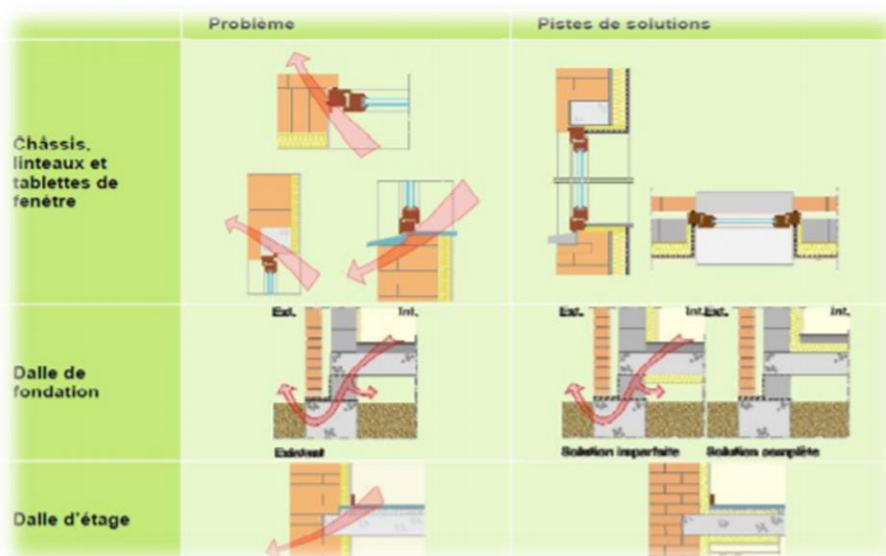


Figure 1.15 : les ponts thermique et leur isolation adéquate par l'intérieure.

Source : « Nicolas Morel et Edgard Gnansounou, p54 »

9.4. L'étanchéité à l'air :

9.4.1. Définition :

La perméabilité à l'air est définie par la capacité d'un matériau à laisser passer l'air, autrement dit dans une maison, à avoir des fuites (d'air). On l'exprime en $m^3 / (m^2 \cdot h)$ ou en vol/h . Si l'on voit souvent l'air comme un vecteur thermique, il faut avant tout le voir comme un vecteur d'humidité et dans le bâtiment, un trop fort taux d'humidité n'apporte que des inconvénients. On pourrait aller jusqu'à dire, que l'étanchéité à l'air est le point névralgique d'une maison. En effet, elle dépend de nombreux facteurs, dont notamment la qualité de la construction et peut avoir de nombreuses conséquences aussi bien au niveau de la ventilation, du chauffage, de l'isolation ou du confort notamment [19].

9.5. L'énergie solaire :

9.5.1. L'énergie solaire passive

Elle remplace avantageusement les énergies conventionnelles utilisées pour chauffer ou refroidir les bâtiments. L'énergie solaire passive, capable de fonctionner seule sans apport d'énergie extérieure, elle utilise l'architecture des bâtiments, l'orientation des murs, toits et fenêtres pour capter les rayons du soleil [20].

10. LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DES BATIMENT EN ALGERIE :

L'Algérie met en œuvre, dans le cadre du programme national de Maîtrise de l'Énergie (PNME1) 2007-2011, un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique (HPE), dénommé ECO-BAT. Ce programme est concédé comme une opération pilote, qui présente une opportunité de diffusion à l'échelle nationale des pratiques conceptuelles, soucieuses en amont de la maîtrise des consommations d'énergie.

Dans ce stade, la nécessité de développement d'une méthode de conception, permettant l'intégration harmonieuse des bâtiments aux déférentes conditions climatiques des régions, tout en assurant leur performance énergétique et leur confort thermique [21].

11. Climat :

11.1. Définition :

Le climat est l'une des principales données de la morphologie des systèmes architecturaux et urbains (DUPLAY, 1982)

Il est le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs, incluant la température, la vapeur d'eau, le vent, les radiations solaire et les précipitations dans un endroit particulier et à travers une période de temps.

Le climat est défini comme une généralisation des conditions « temps » de jour en jour et à travers toute l'année. (KENDREW, 1957)

Le climat : comme phénomène physique, est le résultat d'un grand nombre d'éléments qui se combine entre eux.

À cet effet, il est reconnu qu'une bonne connaissance des phénomènes climatologiques, ses variables, ainsi que leur utilisation de manière judicieuse, pourraient être d'un grand apport aux conditions de confort en générale, et particulièrement le confort des espaces intérieurs [22].

11.2. Eléments utiles du climat :

On peut distinguer un ensemble d'éléments, et de facteurs climatiques rapportés en catégorie (REMADE ,1993) [23] :

- Facteurs énergétiques : rayonnement, lumière, et température
- Facteur hydrologique : précipitations, et hygrométrie.
- Facteurs mécaniques : vents, et enneigements.

Le climat d'une région donnée est déterminé par les régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons. Les principaux éléments climatiques à considérer dans la conception urbaine en générale et lors de la conception d'un bâtiment en particulier, et qui influent sur le confort humain sont :

- Le soleil (radiations)
- La température
- L'humidité
- Le vent
- Les précipitations (pluies, neiges.) [24].

Étant donné que les conditions climatiques peuvent varier d'une journée à une autre ou d'une année à une autre ; il est nécessaire de tenir compte des variations à partir de ces moyennes pour une vision plus claire et plus réaliste.

11.3. 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.

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

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.

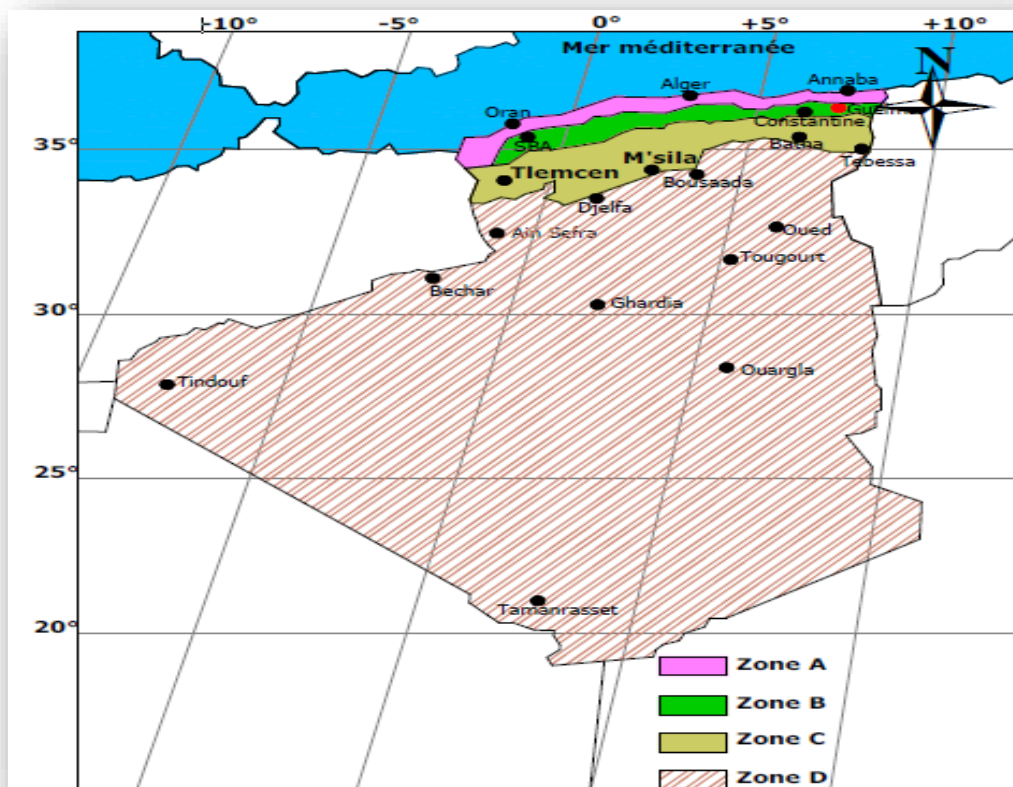


Figure 1.16 : Classification du climat en Algérie.

Source : MAZOUZ. Said, *Éléments de conception architecturale*, Alger : Edition O.P.U, Juillet 2004.

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.

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.

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 avec les vents intenses [25].

12. Les stratégies de conception :

12.1. Les stratégies de chauffage (hiver) :

En hiver, il s'agit de capter la chaleur du soleil grâce aux vitrages, à des vérandas, et à des murs capteurs. Ceux-ci stockent la chaleur dans la maçonnerie lourde durant leur exposition en journée, et la restituent pendant la nuit. Elle est conservée grâce aux capacités de stockage des matériaux, à leur étanchéité et leurs vertus isolantes. La conception intérieure des espaces joue également un rôle primordial pour une bonne isolation thermique. Ainsi, des " zones tampon "doivent être aménagées côté nord, afin de réduire l'impact du froid. Des pièces peu utilisées comme la salle de bains, le garage, la buanderie, les escaliers, les couloirs, etc. constituent des zones tampons idéales. L'investissement économique d'une construction bioclimatique est très limité, et rapidement compensé par les économies réalisées sur la facture énergétique : jusqu'à 40%. Une énergie d'appoint est cependant nécessaire, particulièrement pour les journées non ensoleillées. Celui-ci présente le fonctionnement de la conception bioclimatique qui est en hiver, et permet de récupérer des calories et donc de diminuer sensiblement les besoins de chauffage.

12.1.1. Accentuation des apports solaires captés par le vitrage :

La transmission énergétique totale, et donc les gains solaires au travers d'un élément transparent, c'est le rapport de l'angle d'incidence des rayons du soleil avec le vitrage. Les paramètres importants sont par conséquent :

- La latitude et la saison (pour la position du soleil)
- L'orientation et l'inclinaison de la paroi (pour la géométrie du bâtiment et les propriétés du vitrage utilisé)

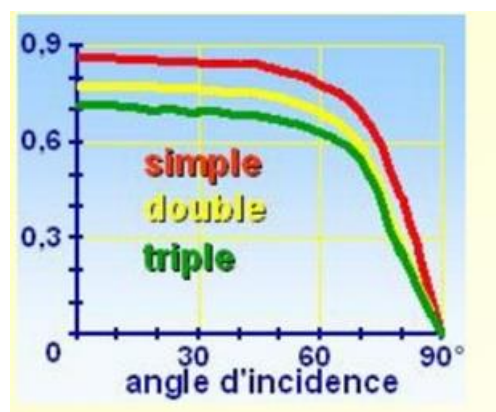


Figure1. 17 : Impact de type de vitrage sur le captage.

Source : <https://image.slidesharecdn.com>

Le soleil peut contribuer au réchauffement des bâtiments en hiver, par effet de serre au droit des parois vitrées ou au réchauffement des parois opaques. Pour autant, les gains solaires ne sont pas toujours utiles car en été, il convient de s'en protéger. Par ailleurs, dans certains types de bâtiments (écoles, bureaux, etc.), la chaleur interne produite est tellement importante, qu'un apport solaire supplémentaire ne pourrait entraîner qu'une surchauffe [26].

➤ **Facteur solaire FS :**

La figure ci-dessus synthétise les caractéristiques du facteur solaire FS pour trois types de vitrage : simple vitrage, double vitrage, double vitrage basse émissivité. Les valeurs indiquées ne sont représentatives que d'un angle d'incidence donné. Pour un simple vitrage clair : 84 % de l'énergie incidente sont transmis directement ; 8 % sont réfléchis et 8 % sont absorbés, dont 6 réémis vers l'extérieur et 2 vers l'intérieur. Le facteur solaire correspond à la somme des fractions transmises directement et réémises à l'intérieur, soit 86 %.

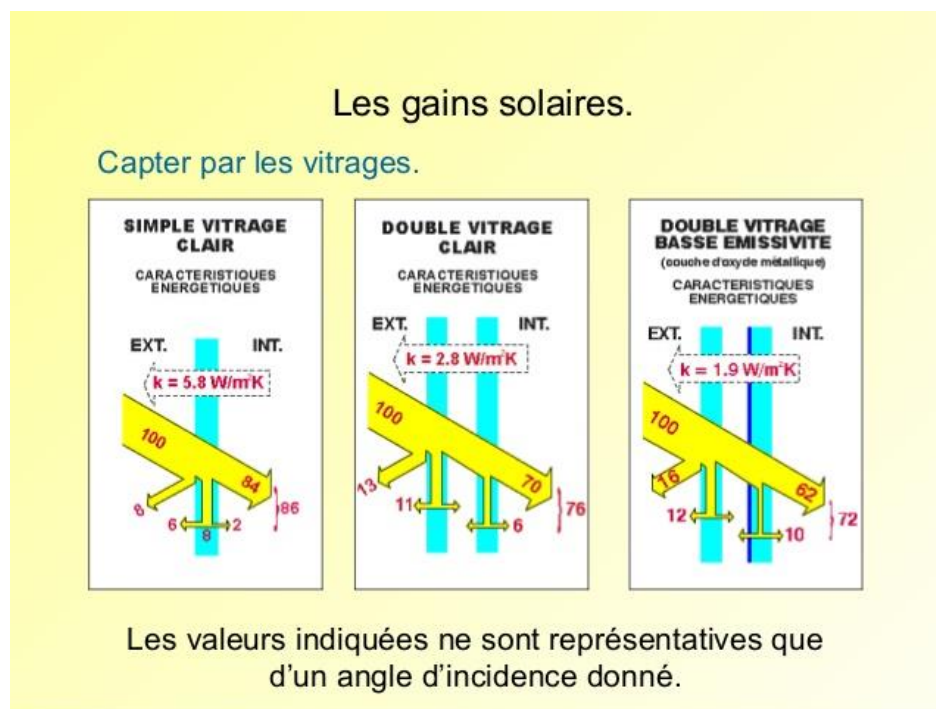


Figure 1.18 : Impact de type de vitrage sur le captage (les gains solaires).

Source : <https://image.slidesharecdn.com>

➤ **L'effet de serre :**

Le soleil envoie une énergie sous forme de rayons infrarouges mais principalement de lumière. Lorsque celle-ci est bloquée par une surface opaque, elle se transforme en chaleur et la surface opaque se réchauffe. La surface va remettre cette énergie sous forme d'infrarouges, invisibles, mais sensibles sous forme de chaleur. Le verre est transparent pour la lumière mais bloque les infrarouges si l'on met une vitre devant notre surface opaque. L'ensemble des deux va toujours capter l'énergie solaire et la réémettre en infrarouge.

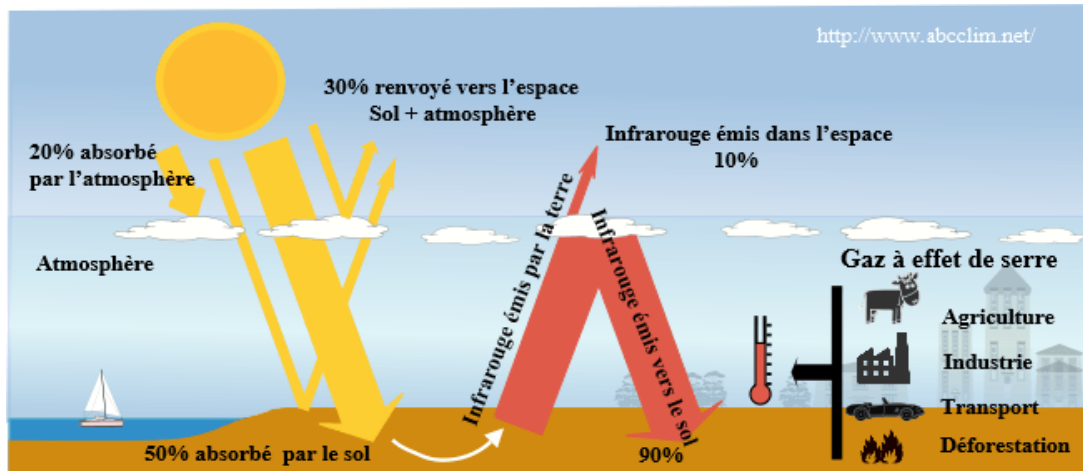


Figure1.19 : Effet de serre.
Source : <https://www.abcclim.net>

Sauf que le verre bloque les infrarouges et les réémet systématiquement dans toutes les directions, y compris vers la plaque. Celle-ci reçoit donc plus de rayonnement à la fois de la lumière du soleil mais aussi des infrarouges du verre. En conséquence, la température de la plaque augmente ; c'est l'effet de serre.

➤ L'orientation des bâtiments :

L'orientation d'un logement est désignée par celle de sa façade principale, en général celle qui comporte la plus grande surface de vitrage. L'orientation sud est privilégiée [27]

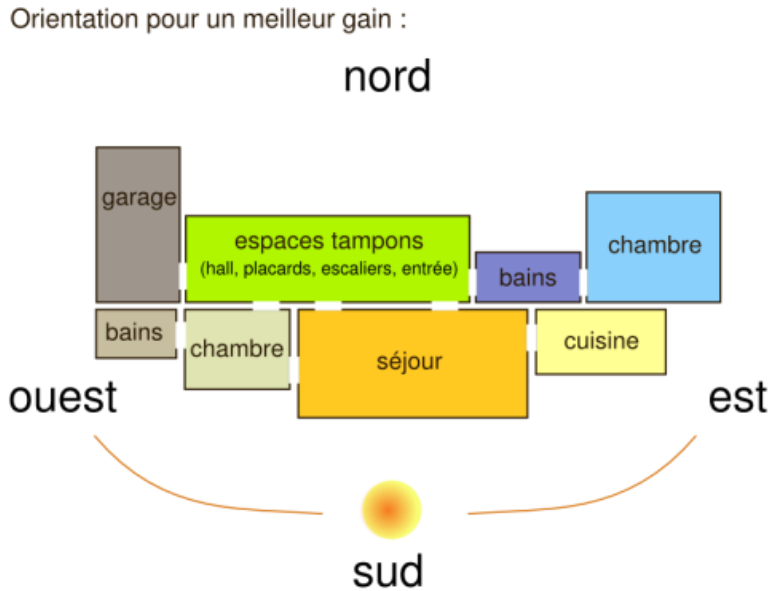
- En hiver : c'est la façade qui reçoit le plus fort ensoleillement.
- En été : c'est celle qui reçoit le plus faible ensoleillement, hormis les orientations proches du nord. Elle est de plus efficacement mise à l'ombre grâce à des pare-soleil horizontaux.

➤ Orientation de plan intérieur :

L'orientation est déterminée principalement par ces ouvertures ; la quantité d'énergie solaire totale et les horaires de l'ensoleillement direct sont les deux paramètres à prendre en compte. Les proportions qui suivent sont à adapter en fonction de chaque programme de logement :

- Le côté sud d'un bâtiment est un bon emplacement pour les pièces occupées en permanence pendant le jour.
- Les chambres seront utilement ouvertes entre le sud et l'est ; il convient particulièrement d'éviter l'ouverture ouest qui provoque des surchauffes tard dans la soirée en été.
- L'emplacement de la cuisine est plus délicat : Des dégagements de chaleur important peuvent s'y produire, rendant les apports solaires superflus ; se pondant la lumière naturelle et préférable dans cette espace.

- Les locaux à faibles besoins thermique et lumineux seront rejetés vers le nord ; buanderie, entrée, escalier intérieur, etc. ;
- Les espaces non « habitables » dont l'utilisation dépend des conditions météorologiques (serres, terrasse, cuisine d'été, pergola, etc.) peuvent sensiblement modifier ces proportions.



Source ADEME

Figure 1.20 : L'organisation intérieure.
Source : <https://files.forumconstruire.com>

12. 2. Les stratégies de rafraîchissement (été) :

12.2.1. Protéger les bâtiments des apports solaires :

Protéger le bâtiment, et particulièrement ses ouvertures, de l'ensoleillement direct afin de limiter les gains directs revient à ériger des écrans, extérieurs si possible, qui le mette à l'ombre.

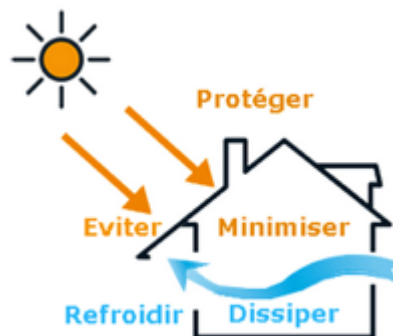


Figure1.21 : Stratégie de rafraîchissement en été.
Source : <https://www.alec-grenoble.org>

Ces écrans peuvent être :

- Permanents.
- Amovibles.
- Saisonniers (végétation).

12.2.2. Le toit :

Le bioclimatique veut dire avoir chaud en hiver mais ça ne veut pas dire «chaud en été». Le bâtiment est conçu comme un gros capteur solaire pour l'hiver avec des vitrages verticaux au sud. Cela contribue à protéger des surchauffes car en été une grande partie des rayons du soleil sont réfléchis parce que leur angle d'incidence est trop élevé.

Malgré tout la quantité d'énergie captée est trop importante, il faut donc s'en protéger par des avancées de toit. Avec une juste proportion, elles permettront de laisser entrer largement le soleil d'hiver, et de laisser dehors celui d'été.

Ces protections sont dites "passives", car elles fonctionnent sans efforts et sans surveillance. Plus le soleil est haut, plus il fait chaud, et plus elles protègent le bâtiment. Aussi, le bâtiment est à l'ombre mais il n'est pas dans le noir [28].

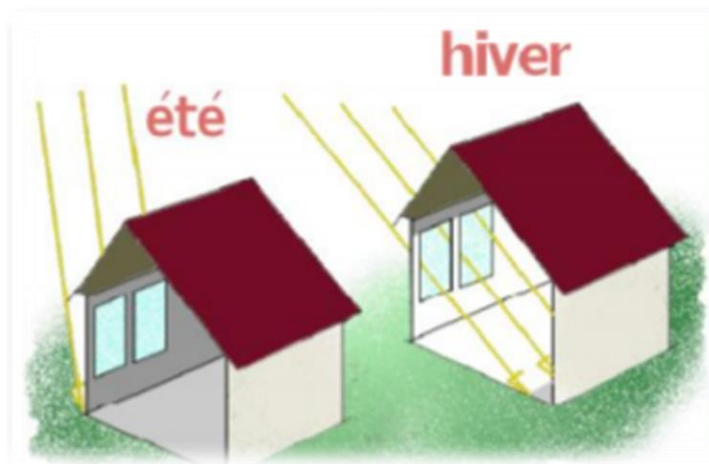


Figure1.22 : Comment en profitant des avancées de toit bâtiment pour capter ou protéger.
Source : (Medelckhdald. Page39)

13. Le confort thermique :

Le confort dans une habitation dépend du maintien de la température intérieure souhaitée quelle que soit la saison. Les conditions de réussite du confort d'hiver comme d'été sont : isolation de très forte résistance thermique de toutes les parois (y compris les fenêtres) + ventilation adaptée à la saison + occultations extérieures + inertie thermique du bâtiment [29]

Peut être défini comme une sensation complexe produite par un système de facteurs physiques, psychologiques, physiologiques, conduisant l'individu à exprimer le bien être de son état.

Ainsi définie, la sensation du confort thermique reste liée à l'individu acquérant alors un caractère personnel. Dans une même ambiance thermique, plusieurs individus peuvent donner plusieurs expressions différentes de leur sensation du confort [30].

13.1. Les clés du confort thermique :

À l'intérieur de la maison, notre confort thermique dépend essentiellement de trois éléments : la température, les mouvements d'air et l'hygrométrie. Revue de détail.

➤ La température ambiante :

Sans courant d'air et avec une hygrométrie d'environ 50%, la perception que l'on a de la température ambiante correspond à une moyenne entre la température rayonnante (pour 57%), la température de l'air (pour 42%) et la température de contact direct (avec les objets, pour 1%). Dans ce calcul, le rayonnement (échange thermique entre le corps et les murs) joue bien un rôle prépondérant.

➤ La température de l'air

Nous la ressentons grâce aux échanges thermiques par convection avec notre peau, soit entre l'air ambiant et le corps. Le transfert est d'autant plus intense que la vitesse de l'air est importante et que l'écart de température entre l'air et le corps est grand.

➤ La température des parois (radiante) :

Que ce soit murs, sols, plafonds (ou objets et meubles), elle nous atteint par rayonnement infrarouge. Par exemple aux abords d'une fenêtre simple vitrage glacée qui capte notre chaleur, ou près d'un radiateur chaud qui crée un halo de chaleur dans une pièce froide.

➤ La vitesse de l'air :

Elle influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s.

On définit une température de confort ressentie (appelée aussi "température opérative" ou "température résultante sèche") [31] :

$$T^{\circ}\text{opérative} = (T^{\circ}\text{air} + T^{\circ}\text{parois}) / 2$$

➤ L'humidité relative de l'air (HR) :

C'est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température t_a et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.

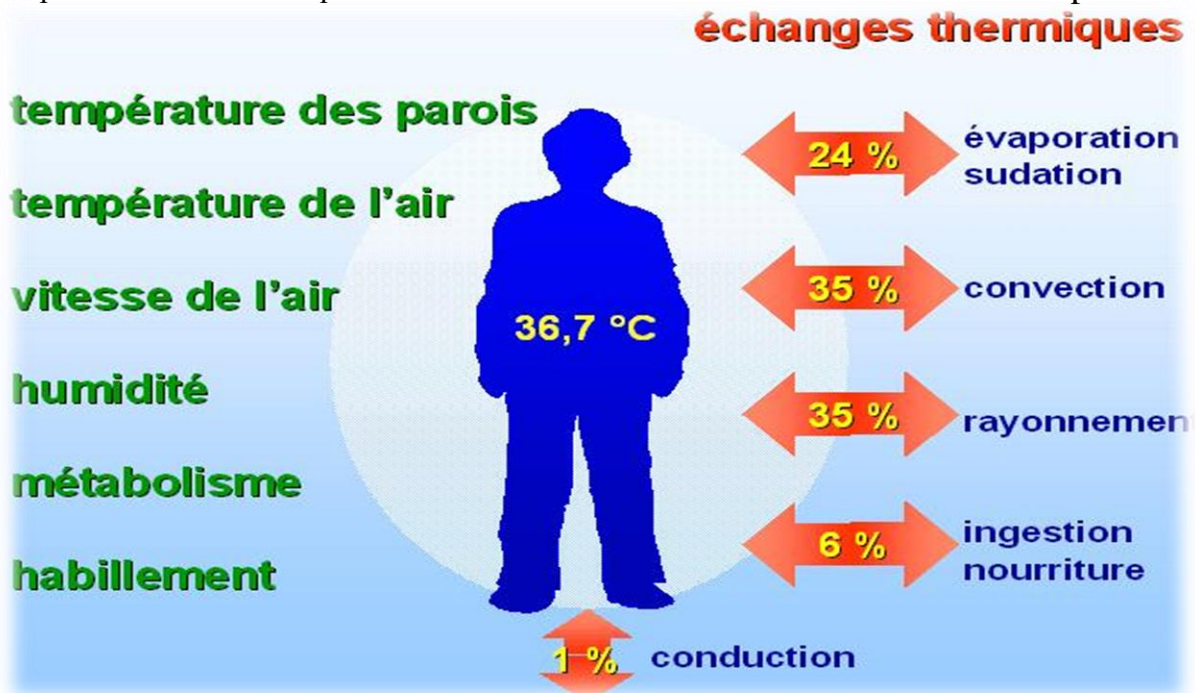


Figure 1. 23 : Les six paramètres thermiques qui définissent le confort thermique.
Source : <https://labo-energetic.eu/en/labo/images/thermo02.jpg>

14. L'inertie thermique :

Elle peut être définie comme la capacité physique d'un élément à conserver, stocker puis restituer la chaleur. Pour un immeuble, l'inertie thermique est sa capacité à accumuler la chaleur pour maintenir la température à l'intérieur. Cette diffusion est particulièrement importante pour garantir le confort de votre maison. Ainsi, on dit qu'une maison à une bonne inertie lorsqu'elle reste naturellement chaude après avoir été chauffée ou, à l'inverse, conserver la fraîcheur à l'intérieur en été. L'inertie thermique limite les variations rapides de température dans un logement. Plus les matériaux utilisés ont une inertie thermique haute, plus le bâtiment sera capable d'amortir les changements de température extérieure [32].

➤ L'inertie par transmission

Ce premier type fait intervenir le captage de l'énergie solaire par le matériel de construction qui va ensuite la rediffuser directement à l'intérieur de la maison.

➤ L'inertie par absorption

L'inertie par absorption quant à elle est le captage de la chaleur solaire pour la stocker avant de la rediffuser. Elle fait intervenir un coefficient déterminant la possibilité et la rapidité pour le matériel de stocker cette chaleur acquise par la façade extérieure puis de la solder à l'intérieur de la maison à une température ambiante. C'est le coefficient d'effusivité.

14.1. Les effets de l'inertie thermique dans le cas d'une maison construite en bois :

Logiquement, les variations de température et du temps influent sur les parois extérieures de votre maison. De ce fait, la température intérieure suivra aussi ce cours mais paradoxalement grâce à cette inertie thermique favorisée par le bois.

Ainsi, pendant les saisons chaudes et lors des canicules, il fera frais à l'intérieur des maisons en bois. Et pendant les hivers, le froid sera atténué. Il y a donc une atténuation des températures.

Ces effets cités ci-dessus sont notamment retardés par un phénomène dit déphasage thermique.

En gros, en dehors de la géothermie, l'utilisation du bois pour la construction d'une maison est un moyen de climatisation écologique et bénéfique [33].

14.2. Le fonctionnement de l'inertie thermique :

Comment fonctionne cette inertie et comment l'optimiser ?

La capacité physique d'un matériau à conserver la chaleur dépend de deux principaux facteurs : La diffusivité et l'effusivité.

La diffusivité thermique va impacter la vitesse à laquelle le matériau va perdre la chaleur accumulée. En fonction des températures avec lesquelles il est en contact, il va plus ou moins rapidement libérer son stock thermique.

L'effusivité concerne directement les échanges entre le matériau et l'extérieur. C'est la capacité d'absorber les températures.

Ainsi, les meilleurs matériaux de construction possèdent une faible diffusivité et une haute effusivité : ils ne perdent pas rapidement l'énergie mais peuvent en stocker une grande quantité.

Les matériaux de construction avec les meilleures inerties thermiques sont, dans l'ordre :

- Le béton
- la pierre
- la terre cuite
- le bois

C'est pourquoi ils sont largement utilisés dans des pays aux variations de température importantes tels que les pays nordiques ou les pays du sud [34].

15. Diffusivité thermique :

La diffusivité thermique est une grandeur physique qui caractérise la capacité d'un matériau continu à transmettre un signal de température d'un point à un autre de ce matériau [35].

La diffusivité thermique, exprimée en m^2/s dans le Système international, est souvent désignée par les lettres grecques κ ou α :

$$\text{Où} \quad a = \frac{\lambda}{\rho \, c_p}$$

λ : est la conductivité thermique du matériau (en $W \, m^{-1} \, K^{-1}$ dans le Système international),

ρ :sa masse volumique (kg/m^3).

C_p :sa capacité thermique massique à pression constante ($J \, kg^{-1} \, K^{-1}$).

La diffusivité thermique est une grandeur intensive. Elle caractérise l'efficacité du transfert thermique par conduction. Elle peut être mesurée en utilisant la technique Laser Flash [36].

16. L'effusivité thermique :

Elle indique la capacité des matériaux à absorber (ou restituer) plus ou moins rapidement un apport de chaleur. L'effusivité caractérise la sensation de chaud ou de froid que donne un matériau. Si la valeur d'effusivité est élevée, le matériau absorbe rapidement beaucoup d'énergie sans se réchauffer notablement en surface (métal, pierre, faïence...). A l'inverse une valeur d'effusivité faible indique que le matériau se réchauffe rapidement en surface en absorbant peu de chaleur (isolant, bois...). La valeur E exprime combien de kilojoules ont pénétré sur 1 m^2 de surface de matériau, 1 seconde après qu'elle est été mise en contact avec une autre surface de 1 m^2 plus chaude qu'elle de 1 °C. Tout comme la diffusivité, elle utilise la capacité thermique et la conductivité thermique du matériau pour son calcul [37]

Elle s'exprime donc en : $J \, K^{-1} \, m^{-2} \, s^{-1/2}$. Alternativement, elle peut être exprimée en $W \, K^{-1} \, m^{-2} \, s^{1/2}$.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$E = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot C_p}$$

λ : la conductivité thermique du matériau (en $W \, m^{-1} \, K^{-1}$).

ρ : la masse volumique du matériau (en $kg \, m^{-3}$).

C_p : capacité thermique massique du matériau (en $J \, kg^{-1} \, K^{-1}$).

(L'utilisation de la capacité thermique volumique exprimée en joules par mètre cube-kelvin, produit de la masse volumique ρ et de la capacité thermique massique c , permet éventuellement de simplifier cette équation). L'Effusivité thermique et la diffusivité thermique sont les grandeurs essentielles pour quantifier l'inertie thermique [38].

17. Le déphasage thermique :

Pour la paroi extérieure d'un bâtiment, le déphasage thermique, est égal à l'intervalle de temps entre le moment où, la température à l'extérieur atteint son maximum, et le moment où, la température à l'intérieur du bâtiment atteint son maximum. Cette grandeur caractérise la capacité d'un matériau à retarder les variations de température.

Pour calculer le temps de déphasage d'un quelconque matériau, « D » en heures, il faudrait connaître :

- La masse volumique « p » en kg/m³
- La conductivité thermique "λ" en W/m. °C
- La chaleur spécifique « Cp » en Wh/kg. °C
- L'épaisseur « e » en m.
- La célérité C [39].
- La période d'oscillation de la température (période entre la température maximale et minimale) sur une durée 24h « T » en h.

L'équation qui définit le temps de déphasage est présentée comme suit :

$$D = \frac{\text{épaisseur } e}{\text{célérité } C}$$

$$\text{célérité} = \frac{2\pi}{T} \sqrt{\frac{\lambda}{Cp * \rho}} = \frac{\lambda}{Cp * \rho}$$

Conclusion :

On peut conclure à partir de ce chapitre que l'habitat bioclimatique utilise l'aspect climatique environnant afin de réduire la consommation énergétique de ce dernier par le choix des matériaux, l'orientation et en divisant les deux périodes estivale et hivernale :

Hiver : on recherche à exploiter la chaleur de l'ensoleillement pour la stocker et éviter sa perte vers l'extérieur.

Été : on recherche le rafraichissement (par le sol), de renforcer la structure de l'habitation (augmentation de l'inertie) et de se protéger des apports solaires (augmentation de l'ombrage) pour éviter la surchauffe, et c'est les points que nous allons explorer en détail dans les prochains chapitres.

Chapitre 2

EVALUATION DES APPORTS
THERMIQUES D'UNE MAISON
BIOCLIMATIQUE A UDES LA
REGION DE BOUSMAIL

1. Introduction :

Le but de ce chapitre est de faire une étude thermique de la maison solaire durant la saison d'été (juillet, août, septembre). Le logiciel DESIGN- BUILDER est utilisé pour modéliser énergétiquement la maison, de calculer les différents apports thermiques, et de définir les conditions de confort thermique offerts au niveau de la maison à partir des conditions d'opération de la maison (les données météorologiques du site, l'orientation de la maison, les différents composants de la maison).

La modélisation s'est basée également sur des hypothèses de fonctionnement des différents équipements constituant la maison, à savoir ; le régime de fonctionnement des équipements pendant 24h, et leurs puissances respectives. Le planning de fonctionnement de ses derniers est présenté comme suit :

- ✓ La maison occupe deux personnes avec une densité de 0,04 personnes/m² (2 personnes qui y habitent) qui quittent l'habitation à 7 :00 du matin et qu'ils y retournent à 17 :00.
- ✓ Fonctionnement du climatiseur vers 19 :00 jusqu'à 06 :00 du matin.
- ✓ Fonctionnement des équipements électroménagers dans la maison (réfrigérateur (10h), machine à laver (3h), cuisinière (2h), éclairage 4h).

2. Présentation DESIGN- BUILDER :

DESIGN- BUILDER est un logiciel de modélisation thermique de bâtiments. Il permet la saisie graphique d'un modèle et la gestion de ses bases de données (matériaux, vitres, plannings d'activité, etc.). Il gère aussi de façon transparente la liaison au moteur jusqu'à la restitution des résultats sous forme graphique ou tableau.

Design-Builder est une interface graphique offrant de nombreuses fonctionnalités non disponibles simultanément dans les logiciels existants :

- Calcul de la consommation énergétique d'un bâtiment.
- Choix des options de façades en fonction de leur échauffement et de leur aspect visuel.
- Simulation thermique des bâtiments ventilés naturellement.
- Modélisation des systèmes de contrôle d'éclairage et calcul des économies électriques en lumière du jour.
- Visualisation des plans d'implantation du site et des ombres portées par le soleil dans la journée.
- Calcul du dimensionnement des équipements de chauffage, de conditionnement d'air et de refroidissement.
- Support de communication lors des réunions de conception du bâtiment.

La simulation sur DESIGN- BUILDER est divisée en trois étapes :

- Description du bâtiment et des données météorologiques.
- Calcul énergétique par EnergyPlus.
- Exploitation des résultats.

Les modèles de DESIGN- BUILDER sont hiérarchisés : [40]

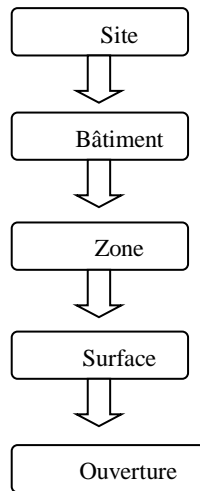


Figure 2.1 : Hiérarchie de construction.

En résumé, l'utilisation du logiciel de DESIGN- BUILDER est donnée par la figure ci-dessous :

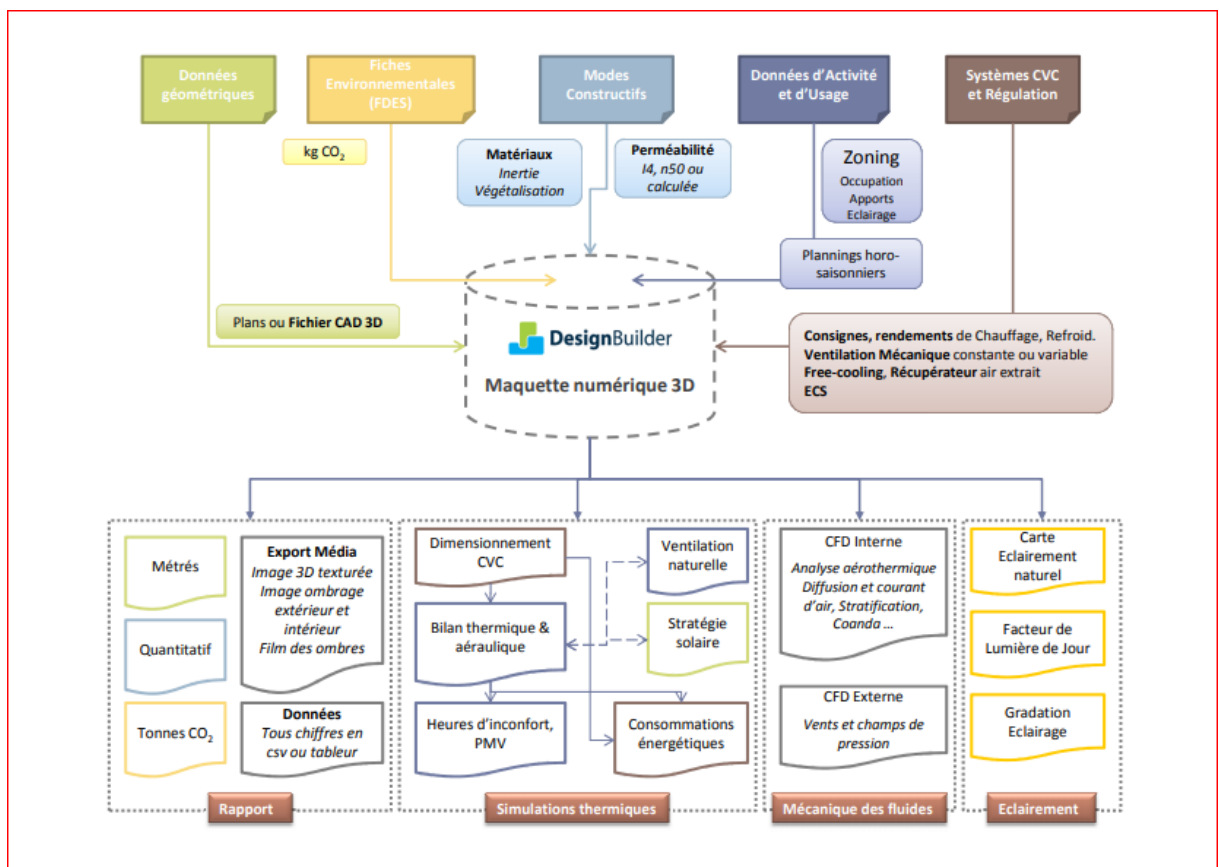


Figure 2.2: Schéma graphique représentant les fonctionnalités simultanées qu'offrent DESIGN- BUILDER. Source : <https://batisim.net/designbuilder.html>

4. Données générales du bâtiment de l'étude :

4.1.Brève présentation de centre de développement des énergies renouvelables/ UDES dans lequel se trouve la maison étudiée :

Le centre de développement des énergies renouvelables (CDER) est un établissement public à caractère scientifique et technologique, considéré comme un pôle scientifique qui élabore des programmes de recherche des systèmes énergétiques dans les différents spécialités (solaire, thermique, éolien, géothermique) et participe au niveau national .Il contient de trois unités et filiale :

- Unités de développement des équipements solaire (UDES), à Tipaza
- Unité de recherche appliquée en énergies renouvelables (URAER), à Ghardaïa
- Filiale études et réalisation en énergies renouvelables (ER2), à Bouzaréaha
- Unité de recherche en énergies renouvelables en milieu saharien (URERMS), à Adrar

UDES : Cette unité se situe à Bous-Ismaïl-la wilaya de Tipaza, elle a plusieurs tâches de travaille au niveau national et internationale comme la réalisation des travaux de conception et le dimensionnement pour la production électricité, le froid et les traitements d'eaux, également établir les études et les recherches technico-économiques [41].



Figure 2.3 : emplacement de l'UDES

4.2 Description du bâtiment :

L'habitation s'étend sur une surface de 57,21 m² dont 51,25 m² habitable (chambre, salon, et cuisine, un vide sanitaire et parc de batterie.) Les murs sont en panneau sandwich en polyuréthane (40mm), le revêtement extérieur est fait en bois (5mm) une lame d'air de (35mm) sépare les deux surfaces (bois/panneaux). Les fenêtres de l'habitation sont en PVC simple vitrage. La maison comporte aussi un regroupement de deux combles placés sur 12 cubes en béton (400*400mm), également une zone fermée comme un premier étage (200mm). La toiture de la maison est en zinc sous forme d'un triangle avec un angle de 45°et un emplacement de (200mm). Cette maison est alimentée par un champ photovoltaïque qui occupe environ 75% de la surface exposé plein sud et un chauffe-eau solaire individuel.

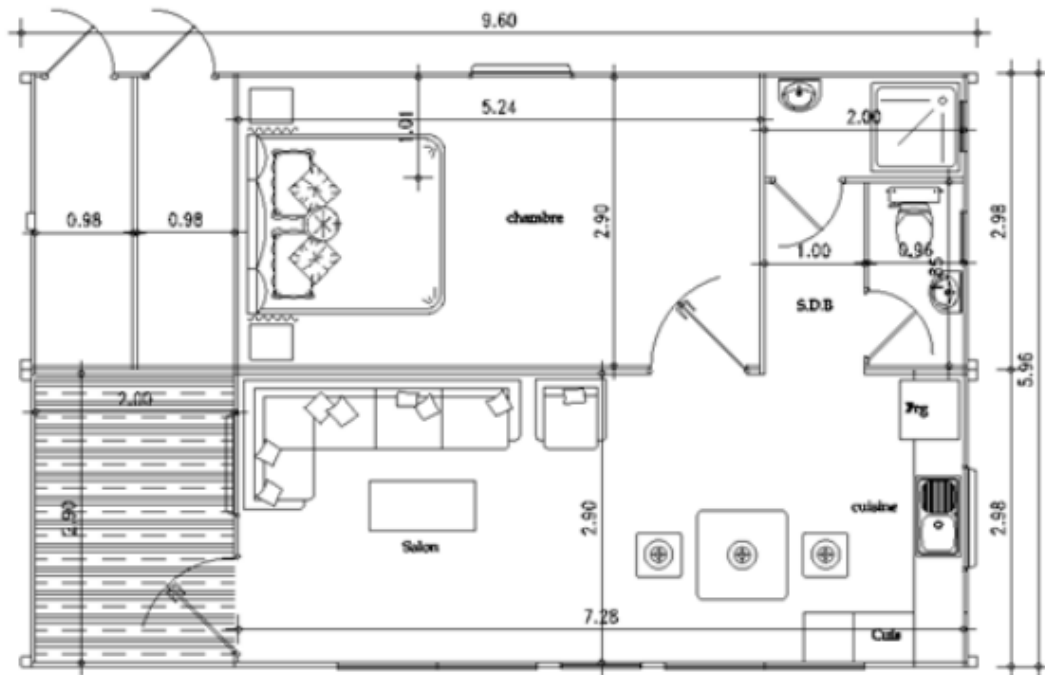


Figure 2.4 : Plan architecturale de la maison solaire UDES.

- **Façade sud de la maison :**



Figure 2.5 : Façade sud de la maison.

- **Façade nord de la maison :**



Figure 2.6 : Façade nord de la maison.

- **Façade l'est de la maison :**



Figure 2.7 : Façade l'est de la maison.

- **Façade ouest de la maison :**



Figure 2.8 : Façade ouest de la maison.

5 .Simulation :

5.1 Localisation géographique du site :

Bou-Ismaïl, par sa situation géographique, située entre le rivage de la méditerranée et le plateau s'étend jusqu'à la vallée de la Mitidja, est dominée par une montagne majestueuse à l'Est (le mont du Chenoua culminant à 800 mètres). Son climat doux et tempéré durant l'été et l'hiver, ses sources et sa végétation verdoyante, ont été toujours pour ses visiteurs ou voyageurs, un havre de paix, riche par les couleurs de ses paysages.

Prédéfnition	TIPAZA /BOUSMAIL											
Altitude (m) :	51m											
Latitude (°) :	36.64											
Longitude(°) :	51											
Température mensuelles :												
Mois	janv	février	mars	avril	mai	juin	Juillet	Aout	sept	Nov	déc	
Tmoy(°)	14°	14°	17°	14°	24°	29°	34°	34°	29°	18°	15°	
Données météo horaire												
Température sèche max été (°c)												40,50
Température sèche min été (°c)												25

Tableaux 2.1 : Paramètre climatique de la wilaya de Tipaza

5 .2 Les outils de schématisation :

À l'aide d'une interface 3D autorisant la manipulation et la duplication, tout d'abord on commence la schématisation par les blocs de composants sur notre terrain afin de placer notre structure de maison, ensuite un bloc de surface qui représente la structure de la maison et un premier étage vide et fermé , et finalement la construction de la toiture. L'arborescence de la schématisation est présentée comme suit :

<ul style="list-style-type: none"> □ Bâtiment <ul style="list-style-type: none"> ○ Bloc 1 : <ul style="list-style-type: none"> - Zone 1 : Chambre - Zone 2 : Parc de batterie - Zone 3 : Salon et cuisine
--

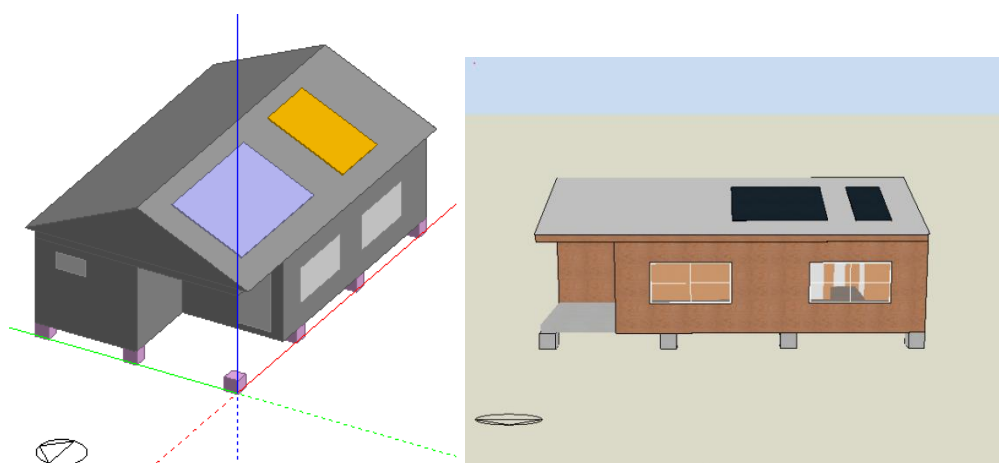


Figure 2.9 : Le modèle graphique de la maison solaire UDES.

5.3 Saisie des paramètres dans le modèle :

5.3.1 Activité :

Les données de l'onglet Activité nous permettent de définir l'activité (usage) des zones, les informations concernent :

➤ **type de zone :**

Le type de zone peut être défini au niveau bloc ou zone depuis l'onglet Activité, le type est l'une des possibilités suivantes :

- 1- Standard : lieu considéré comme occupé, chauffé ou rafraîchi.
- 2- Semi-extérieur non conditionné : est une zone non occupée du bâtiment qui n'est jamais chauffée ni rafraîchie.
- 3- Cavité : la zone est une cavité telle les espaces vitrés d'une double façade ou un mur Trombe.
- 4- Plenum : la zone est un plenum qui est inoccupé, n'a pas de chauffage, de climatisation ni de ventilation mécanique.

Notre cas sera résumé dans le tableau suivant :

Les zones	Type de zones
Bloc 1	Standard (considéré comme une zone occupée).
Bloc 2	Plenum (considéré comme un espace de câblage).
Toiture	Plenum (considéré comme un espace inoccupé).

Tableaux 2.2 : type de zone.

➤ **occupation :**

Les données d'occupation définissent le nombre de personnes présentes dans la maison et les heures d'occupation. Le bâtiment à modéliser est habité par un couple. Il est occupé tous les jours selon le planning suivant :

Planning de l'occupation

Schedule :Compact ,Pl	
an occupation ,	
Fraction,	
Through:31Dec,	
For:Weekdays,	
Until: 07:00,	1,
Until: 17:00,	0,
Until: 24:00,	1,
For:Weekend,	
Until: 07:00,	1,
Until:17:00,	0,
Until:24:00,	1,
For:AllOtherDays ,	
Until: 07:00	1,
Until: 17:00	0,
Until: 24:00	1,

➤ **La densité :**

Définie le nombre de personne par unité de surface au sol. Il est usuellement plus commode de charger cette donnée à partir de la prédéfinition d'activité. Elle est répartie selon la relation suivante :

$$\text{Densité} = \text{nombre de personne} / \text{la surface habitable}$$

Salle	Superficie (m ²)	Nombre de personne	Densité (p/m ²)
Chambre	15,19	2	0,19
Parc de batterie	5,68	0	0
Salon et cuisine	21,69	2	0,09
SDB	2,26	1	0,44
WC	1,85	1	0,54
Zone 1(bloc 2)	57,21	0	0

Tableau 2.3 : Calcul de densité de la surface habitable de la maison.

➤ **Les apports divers au niveau de la cuisine :**

Les apports thermiques dues aux équipements à l'intérieur de la cuisine sont estimés au niveau maximal de consommation d'énergie du aux équipements de cuisine par unité de surface au sol. L'apport énergétique est pondéré en une valeur moyenne entre les différents équipements (en W/m²), et elle est ensuite saisie dans leur planning.

Les équipements utilisés par cette maison est la marque (Brand) pour la cuisinière, réfrigérateur et la machine à laver. L'Estimation de la puissance des différentes sources d'énergie et leur temps de fonctionnement est résumé dans le tableau suivant :

Équipements	Nombre	Puissance (w)	Temps de fonctionnement (h)	(kJ/h)
Réfrigérateur	1	400	8	14400
cuisinière	1	1400	2	10080
Machine à laver	1	400	1,5	2160
Lampe	5	10	4	72

Tableau 2.4 : Calcule des différentes charges électriques.

Planning de la cuisine :

<p>Schedule :Compact ,Plan occupation , Fraction, Through:31Dec, For:Weekdays, Until: 18:00, 1, Until: 20:00, 0, Until: 24:00, 0, For:Weekend, Until: 18:00, 1, Until:20:00, 0, Until:24:00, 0, For:AllOtherDays , Until: 18:00 1, Until: 20:00 0, Until: 24:00 0,</p>

5.3.2 Composition de la structure de la maison :

Les éléments, définissant la construction, sont composés de couches superposés de matériaux. Ces matériaux sont caractérisés par leurs propriétés générales ; conductivité thermique, chaleur Spécifique et volume massique.

➤ Murs :

Les murs externes et internes sont constitués des couches selon le tableau suivant :

Composants	Couches	Épaisseur (m)	Conductivité (W/m.K)	Chaleur spécifique (J/kg)	Masse volumique (kg/m ³)
Murs externes	Bois	0,005	0,1700	2120,00	650
	Air	0,035	0,0262	1005,00	21,1
	polyuréthane	0,0400	0,0260	1590,00	35,00
Cloisons	polyuréthane	0,0400	0,0260	1590,00	35,00

Tableau 2.5 : La composition des murs internes et externes.

➤ Toit, plancher :

Le plancher et la toiture sont constitués des couches selon le tableau suivant :

Composants	Couches	Épaisseur	Conductivité	Chaleur	Masse
------------	---------	-----------	--------------	---------	-------

Chapitre02 Evaluation des apports thermiques d'une maison bioclimatique de la région de Bousmail

		(m)	(W/m.K)	spécifique (J/kg)	volumique (kg/m ³)
Toit	Clay tile	0,0250	400	800	2000
	Air gap	0,0200	0,04	840	30
	Roofingfelt	0,0050	0,19	837	690
Plancher	Polyuréthane	0,0400	0,0260	1590,00	35,00
	Plastic floorcouvring	0,004	0,25	1400	1700

Tableau 2.6 : Les composants de construction (plancher et la toiture).

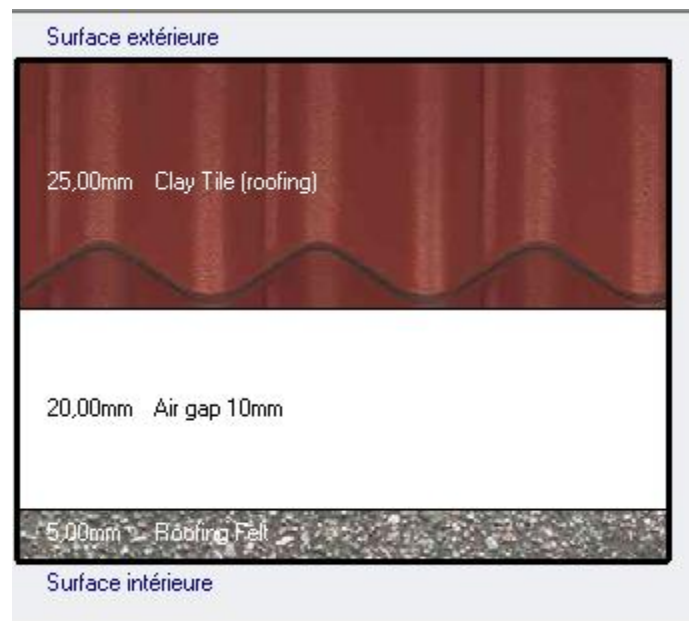


Figure 2.10 : Les différentes couches de la toiture.

➤ Etanchéité de l'air :

L'étanchéité à l'air du bâtiment caractérise la sensibilité du bâtiment vis-à-vis des infiltrations ou fuites d'air parasites passant par l'enveloppe du bâtiment.

Planning de l'étanchéité d'air :

Schedule :Compa
ct ,
On ,
Any Number,
Through :12/31,F
or: All
Days,Untill:
24 :00 , 1 ;

➤ 5.3.3

Les ouvertures, les portes et les fenêtres, comportent tous des cadres et des vitrages.

Chapitre02 Evaluation des apports thermiques d'une maison bioclimatique de la région de Bousmail

Ouvertures	Types
Fenêtres extérieur	Generic PYRB clear 3 mm
Porte	Polyuréthane
Aération	Grille, Small, light start

Tableau 2.7 : Les différents types d'ouverture dans la maison.

La saisie des ouvertures est le plus riche et le plus complexe des éléments du bâti en RT2012. L'écran offre la possibilité de paramétrer des fenêtres externes (c'est à dire placées sur des murs), des fenêtres internes (placées sur des cloisons) et des fenêtres de toiture pour des baies insérées en toiture terrasse ou inclinée.

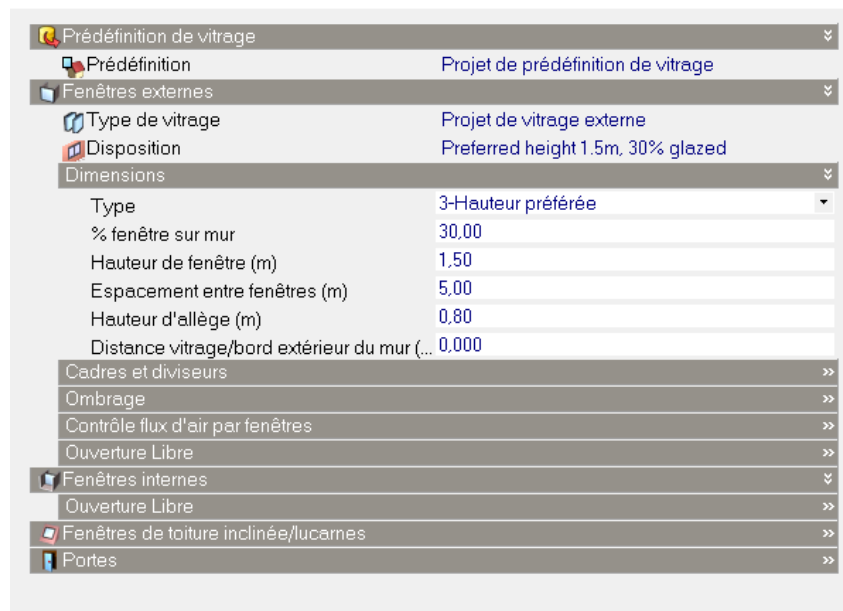


Figure 2.11.a : Paramétrage des fenêtres.

Cette figure montre les mesures internes et externes des ouvertures et ces différents paramètres

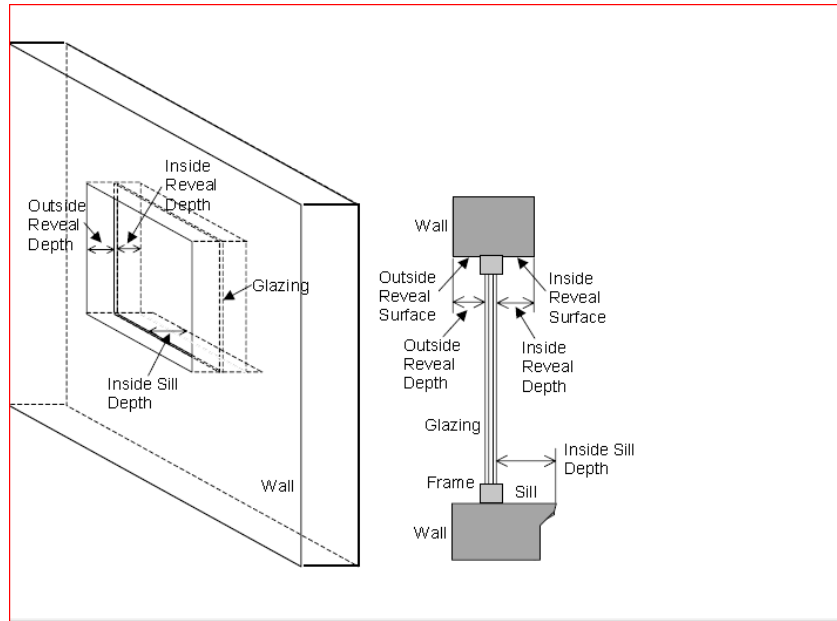


Figure 2.11.b : Les différents paramètres d'ouverture interne et externe.

➤ **Les mesures des fenêtres sur terrain :**

Les fenêtres sont placées à l'extérieur le tableau suivant montre les dimensions des fenêtres :

Façade	Nombre	Cadre (m)		Vitrage(m)	
		Hauteur	Largeur	Hauteur	Largeur
Sud	2	1,04	2,03	0,80	1,80
Nord	1	0,85	1,02	0,65	0,8
L'est	2	0,55	0,43	0,25	0,09
	1	0,85	1,02	0,63	0,80
L'ouest	1	0,85	0,81	0,63	0,62

Tableau 2.8 : Les mesures des fenêtres sur les terrains.

5 .3.4. Climatisation :

Le facteur de dimensionnement pour la conception de la climatisation est un facteur de sécurité qui permet de multiplier les charges de climatisation calculées dans chaque zone, afin de déterminer une capacité d'équipement de climatisation maximale recommandée.

Cette dernière prend en compte la climatisation supplémentaire nécessaire au refroidissement du bâtiment avec une durée de pré-refroidissement pour assurer les conditions de confort dans la maison.

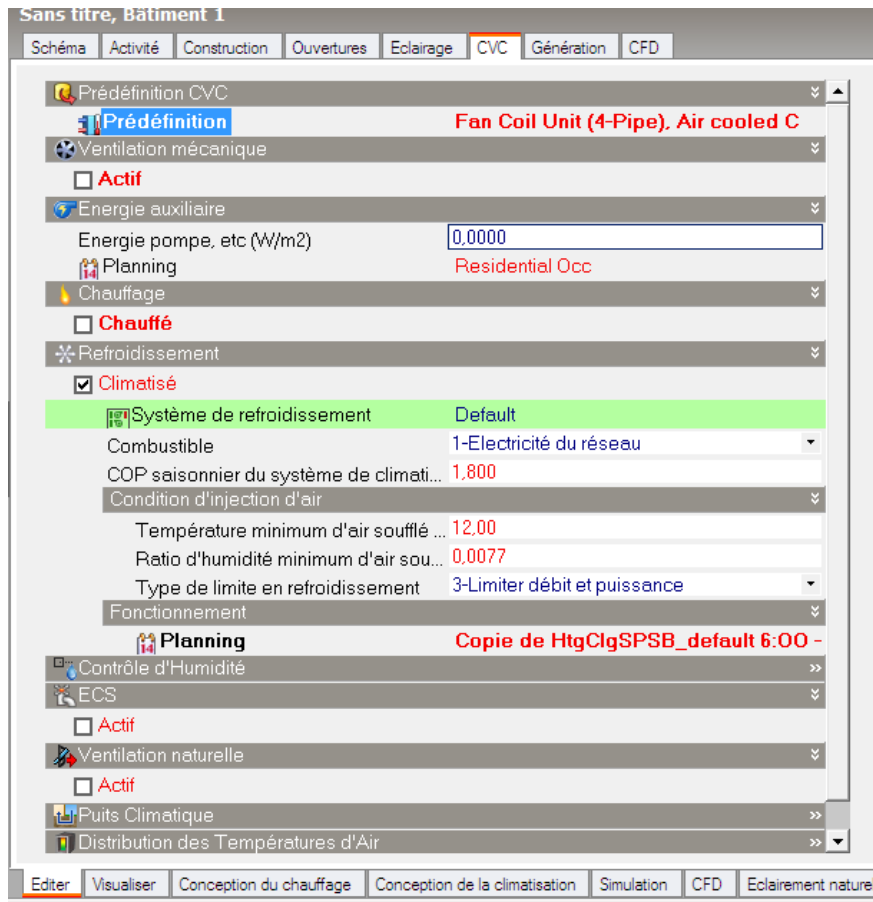


Figure 2.11.C : Paramétrage du fonctionnement de la climatisation.

Planning climatisation :

```

schedule :compact,
HtgClgSPSB-defaut,
Fraction,
Through:31Dec,
For:Weekdays,
SummerDesignDay,
Until:06:00, 1,
Until:19:00, 0,
Until:24:00, 1,
For:WinterDesignday,
Until: 24:00, 0.5,
For:AllOtherDays,
Until: 24:00, 0.5,
    
```

5.3.5 Éclairage :

Le besoin de lumière pour notre bien-être et notre sécurité demandent de respecter des règles pratiques dans le choix des équipements d'éclairage et de leur arrangement dans notre habitat.

Planning éclairage :

Schedule:compact, plan eclairage , Fraction, Through:31Dec, For:Weekdays, Until: 06:00, 0, Until: 07:00, 1, Until: 18:00, 0, Until: 23:00, 1, Until: 24:00, 0, For:Weekends, Until:06:00, 0, Until: 07:00, 1, Until: 18:00, 0, Until: 23:00, 1, Until: 24:00, 0, For:AllOtherDays, Until: 18:00, 0,
--

6. Présentation des résultats de la simulation :

Dans cette partie, les résultats détaillés de la simulation seront présentés et une analyse thermique est effectuée afin de bien faire ressortir l'impact de chaque partie d'un bâtiment sur le besoin en climatisation et les apports internes et externes.

6.1. Confort thermique :

Cette partie consiste à simuler l'allure de la température au niveau de notre maison. Les valeurs des températures qui régissent le confort de l'habitat qui consiste en trois températures : température de l'air, température radiante, température opératif, à titre de rappel :

- Température d'air : c'est la température ambiante de l'air à l'intérieur de la maison.
- Température radiante : c'est la température des murs intérieurs.
- Température opérative : c'est la température ressentie par l'habitant.

Chapitre02 Evaluation des apports thermiques d'une maison bioclimatique de la région de Bousmail

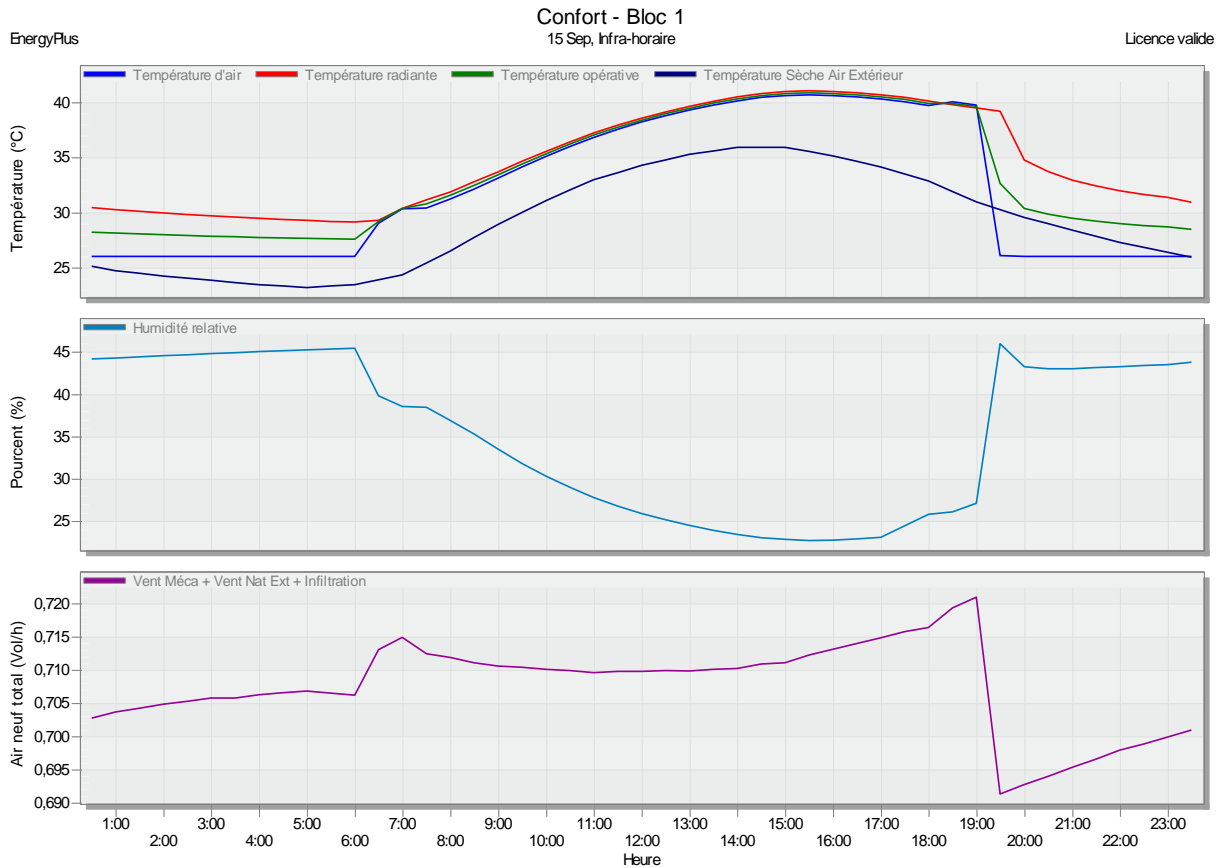


Figure 2.12 : Confort de la maison.

Nous pouvons observer sur la courbe suivante (correspondant à la simulation pour la journée du 15 septembre), que les températures varient entre 25°C et 40°C.

Cependant le soir, et au moment de démarrage de la climatisation, la température de l'air diminue brusquement, mais les températures radiantes restent légèrement supérieur à la température de consigne supérieure (26°C), générant ainsi un inconfort chez l'habitant, car la température du mur est supérieur par apport de l'air de la chambre, générant ainsi un transfert de chaleur par rayonnement à partir du mur vers les personnes.

6.2. Allure de la température dans chaque zone :

Cette partie consiste à simuler la variation de température au niveau de la maison (la chambre, cuisine et salon, salle de bain (SDB), WC).

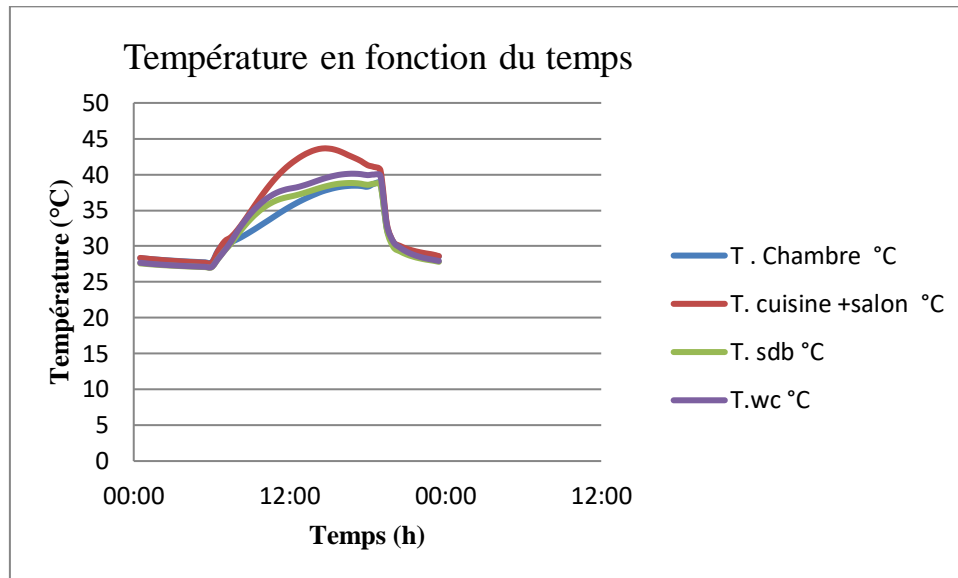


Figure 2.13 : Profils de la température à l'intérieur de la maison. (Simulation).

Cette courbe montre l'allure des températures au niveau de chaque pièce de maison chambre, cuisine et salon, SDB, WC.

On remarque que la variation de la température dans la chambre SDB et des WC qui se situe à la façade nord et ouest de la maison varie entre 28°C et 40°C, par contre dans la façade sud de la maison là où se situe le salon et la cuisine la température est légèrement plus importante (28°C jusqu'à 44°C).

D'après les résultats obtenus, on peut noter que la façade sud de la maison affecte plus significativement le confort d'occupant.

La figure suivante montre les températures maximales intérieures dans la maison :

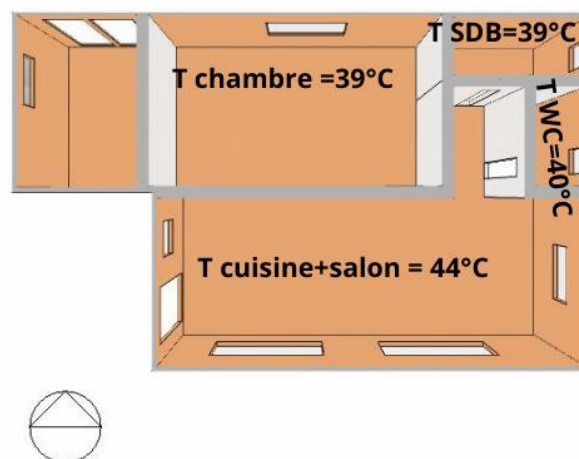


Figure 2.14 : Les températures maximales dans chaque pièce de la maison.

6.3. L'allure de la température de l'air extérieur :

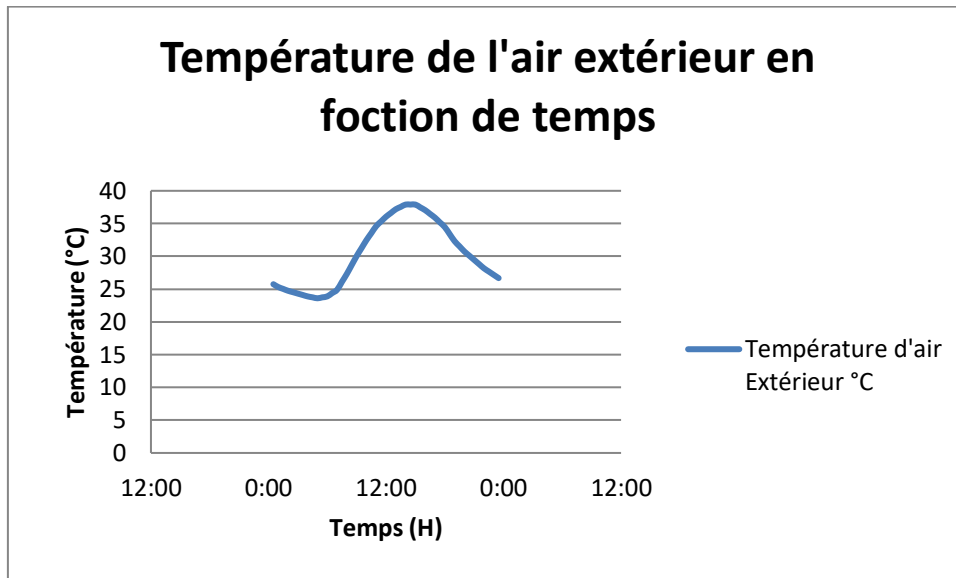


Figure 2.15 : Profiles de la température de l'air extérieur de la maison. (Simulation).

Cette courbe montre l'allure de température de l'air intérieur. On remarque que la variation de la température varie entre (25°C et 38°C). D'après les résultats obtenus de simulation on peut dire que la température d'air intérieur supérieur que la température extérieure.

6.4. Les apports solaires :

Les apports solaires représentent l'énergie entrante par l'ensoleillement direct via les murs, planchers, vitrages en contact avec l'extérieur.

La figure suivante monte le trajet de soleil autour de notre maison, Les trajets solaires affichés permettent de visualiser les positions du soleil au long de la journée

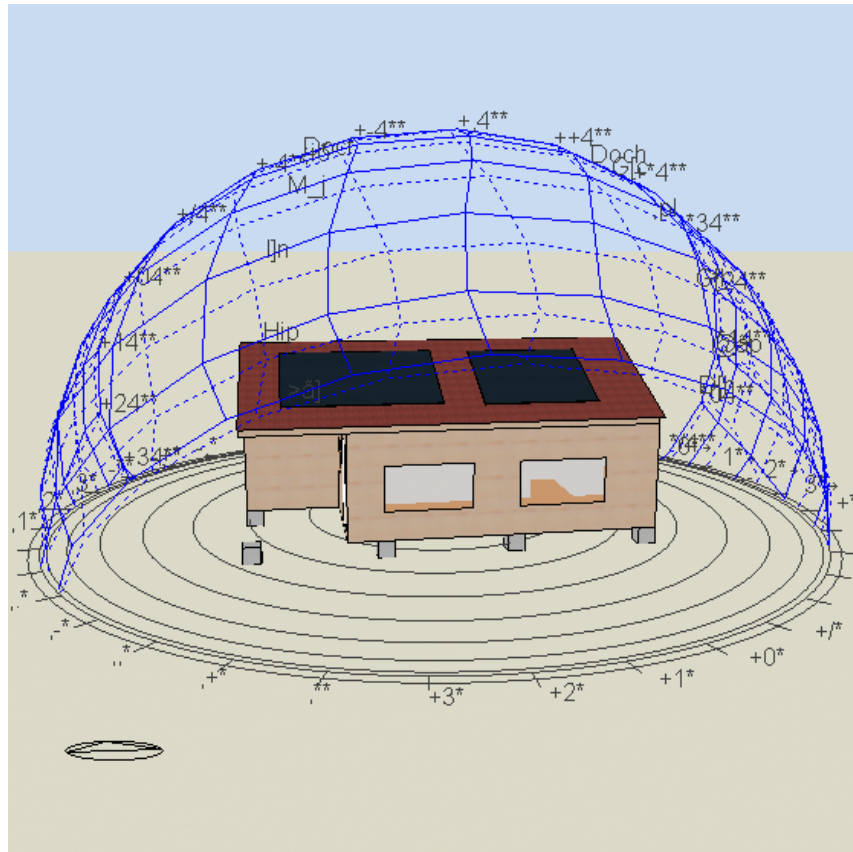


Figure 2.16 : Le trajet de soleil.

La figure suivante montre les différents apports thermiques extérieurs sur la maison :

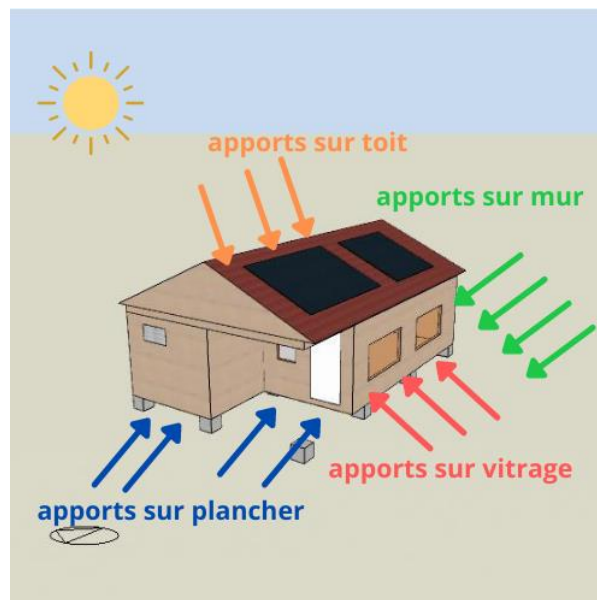


Figure 2.17 : Les apports extérieurs à travers de la maison.

Cette courbe montrant l'impact du changement des apports solaire au niveau de fenêtres, planchers, murs

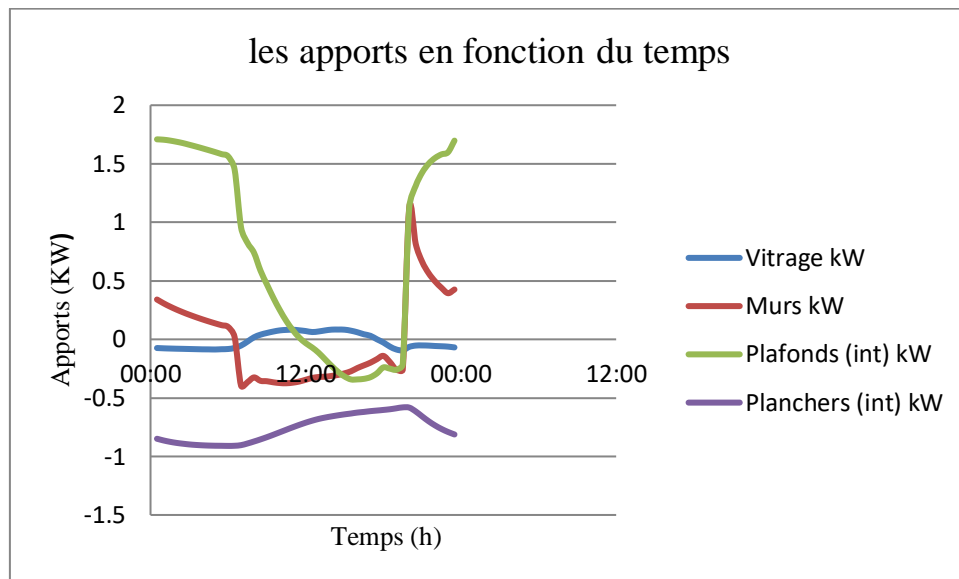


Figure 2.18 : Les apports solaires.

Cette courbe présente les variations des apports thermiques de la maison au niveau des murs, plafond, vitrage et plancher. On remarque que les apports par les murs varient entre (-0,3 et 1,3 KW) et le plafond varie entre (-0,3 et 1,7).

Par contre au niveau du plancher les apports varient entre (-0.5 et -1) et vers le vitrage entre (-0.1 et 0.4).

D'après les résultats obtenus on constate que durant la journée spécialement dans les heures d'ensoleillement, les apports sur le mur et plafond augmentent très fortement, car la constitution de la paroi (construction le polyuréthane comme une matière principale) au niveau des murs et du toit en zinc ont une faible inertie thermique.

7. Etude expérimentale et validation du modèle :

Les résultats expérimentaux ont pour but la validation des valeurs de la modélisation numérique de la maison réelle et de consolider les résultats numériques après amélioration de la maison réelle. En effet, la validation du modèle permet de conforter les résultats numériques avec les données expérimentales. Les paramètres de la validation sont : la température de l'air intérieure, la température radiante (des parois) intérieure et la température de l'air extérieure.

7.1. Mesure de la température :

Notre expérience de mesure des températures avec utilisation des thermocouples et un data-logueur mobile pendant la saison d'été (la première semaine de juillet 2021) à Tipasa à 5 :30 jusqu'à 19:30 .

7.1.1 Équipements d'équitation des données :

✓ Les thermocouples :

Un thermocouple utilise principalement l'effet Seebeck par le phénomène thermoélectrique. Si on groupe à une extrémité deux fils métalliques de natures différentes et que l'on élève la température de cette extrémité, il apparaît une tension aux bornes de deux files restées libres. Il est possible de déterminer la température de l'extrémité chauffée à partir de la mesure de tension [42]. On met cet appareil avec le mur pour voir sa température.

Les composants de thermocouple :

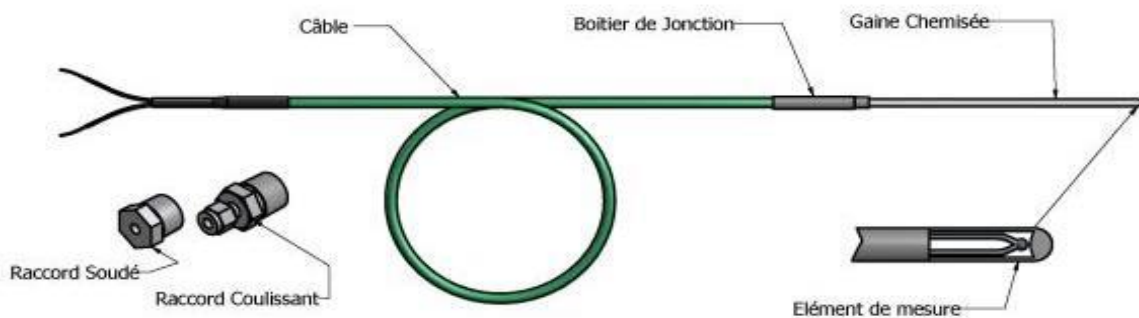


Figure 2.19 : Les composants de thermocouple.

✓ datalogger :

Le datalogger 'humidité et température' avec ou sans écran permet de mesurer et d'enregistrer l'humidité relative et la température dans une gamme de mesure de -20 à 85°C et de 0 à 100% HR.



Figure 2.20 : Data loguer

✓ **Adhésif :**

C'est un ruban adhésif en aluminium.



Figure 2.21 : Adhésif utilisé pour la mise en place des thermocouples.

✓ **Les éponges isolant :**

Ce sont des éponges à base de polyuréthane qui sont collés à l'aide d'un scotch pour isoler thermiquement le thermocouple de l'air extérieur, et donner une température correcte.



Figure 2.22 : Les éponges isolant.

7.1.2 Les procédures :

Cette procédure se fait par 3 étapes :

1/ le montage des fils de thermocouple.

2/la mise en place des thermocouples en quatre endroit différents :

- ✓ 1^{er} fil : mesure la température de l'air intérieur de la maison.
- ✓ 2^{ème} fil : mesure la température de l'air extérieur de la maison.
- ✓ 3^{ème} fil : mesure la température de mur sud de la maison.
- ✓ 4^{ème} fil : mesure la température de plafond de la maison.

3/le lancement de mesure se fait tout une semaine de mois de juillet (1^{er} juillet jusqu'au 6).

La mesure de la température et paise pendant la journée du 05/06/2021, une journée ensoleillée et claire, avec une température de l'air extérieure très proche de celle proposé par la base de donnée métrologique du logiciel.

7.2 .Analyse des résultats:

Les résultats obtenus à partir de notre expérimentation durant la 1 ère semaine du juillet sont présentés en confrontation aux résultats de simulation :

✓ Comparaison de température de l'air extérieure :

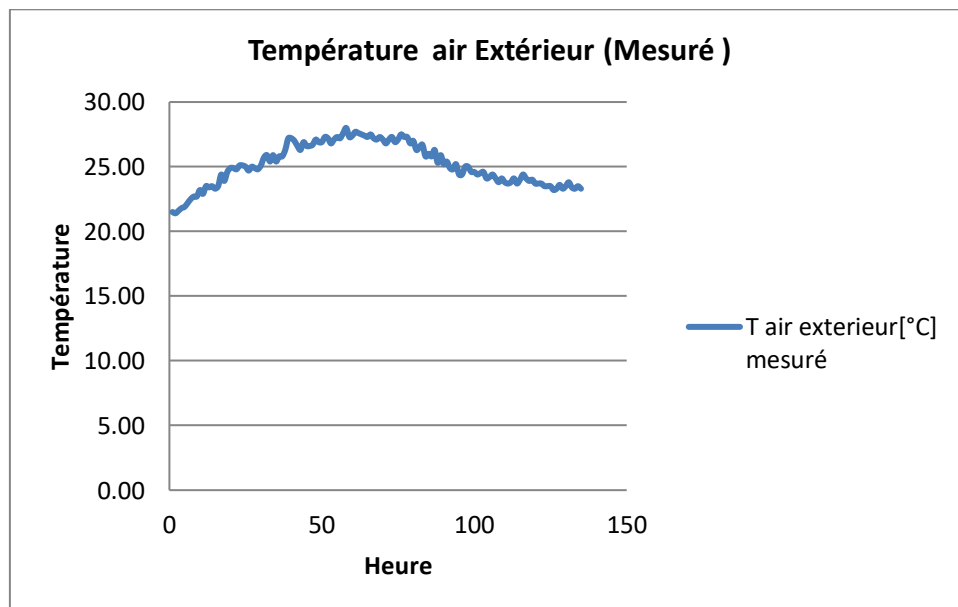


Figure 2.23 : Température de l'air extérieure (mesuré).

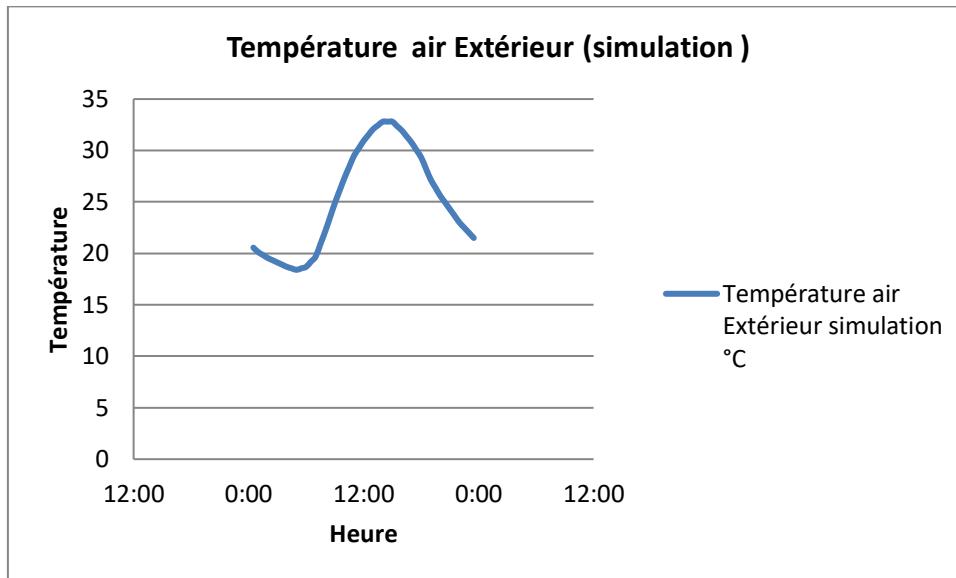


Figure 2.24 : Température de l'air extérieure (Simulation).

✓ **Comparaison de température de l'air intérieur :**

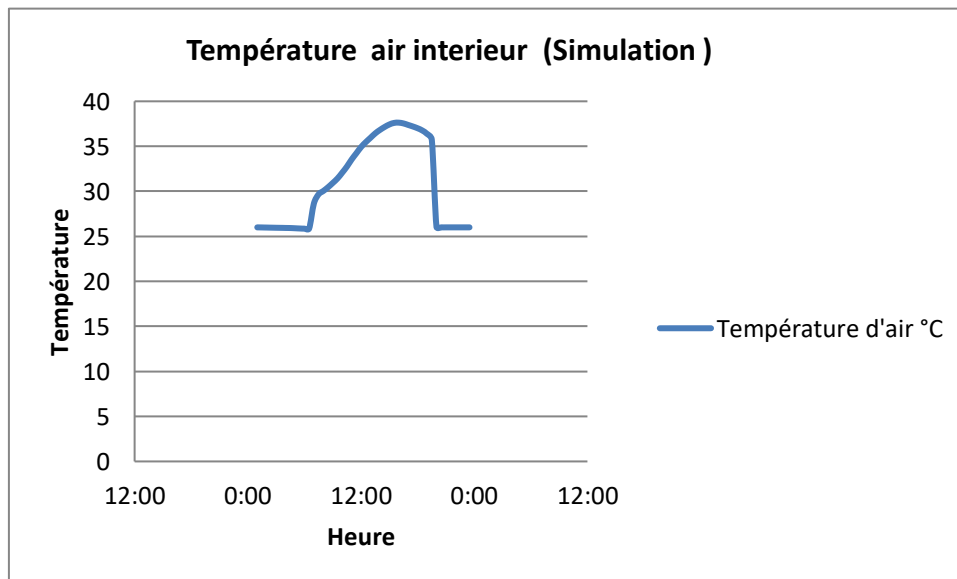


Figure 2.25 : Température de l'air intérieure (Simulation).

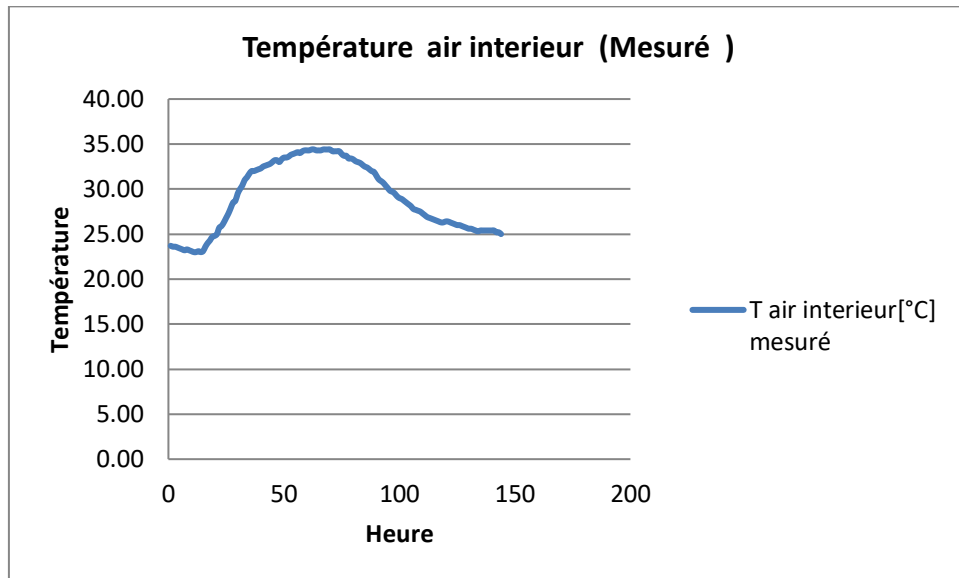


Figure 2.26 : Température de l'air intérieure (mesuré).

✓ **Comparaison de température de mur :**

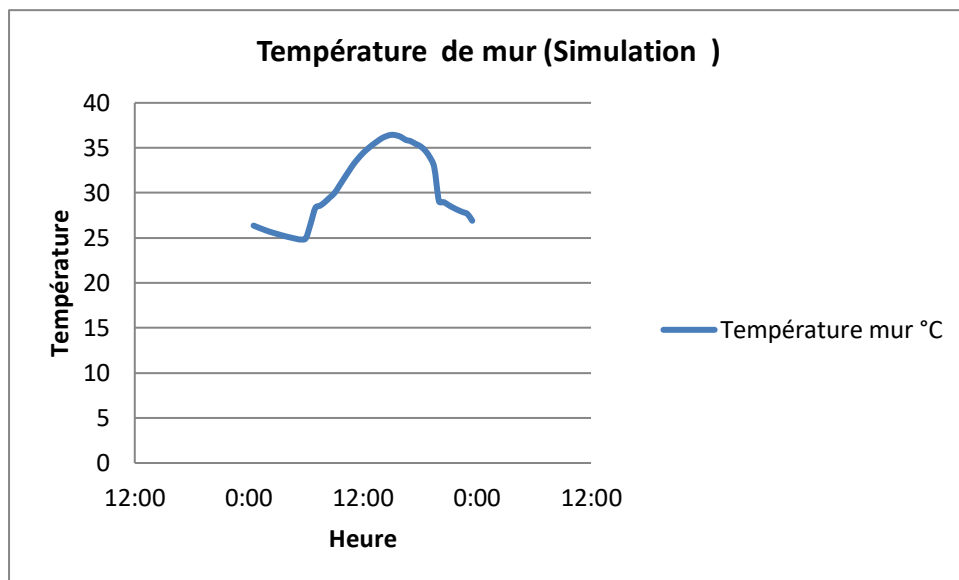


Figure 2.27 : Température de mur (simulation).

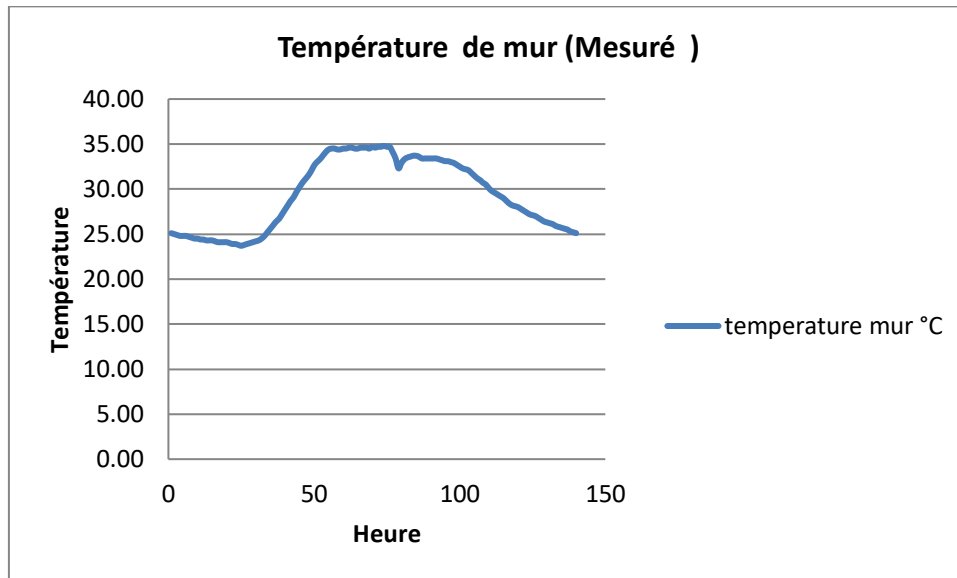


Figure 2.28 : Température de mur (mesuré).

On note une bonne concordance entre les résultats numériques et expérimentaux, confirmant ainsi la validité de notre modèle, ceci nous permet de paramétrer le modèle afin d'améliorer les caractéristiques de la maison (3 améliorations).

Conclusion :

Dans la fin de ce chapitre on constate que durant la période où l'on climatise (de 18:00 à 06:00), les trois températures présentent une différence de 6°C entre la température de l'air et la température de mur ($T = 32$, $T = 26$) ce que ce traduit par un inconfort thermique ressentie par l'habitant, car la température du mur est supérieure par apport de l'air de la chambre, générant ainsi un transfert de chaleur par rayonnement à partir du mur vers les personnes. L'idéal est d'avoir une température du mur qui est la plus proche possible de la température de l'air (26°C), afin de minimiser ce rayonnement 'mur-personne' néfaste au confort, et ceci ne peut être atteint que par l'augmentation de l'inertie thermique de la structure de notre maison.

Chapitre 3

Optimisation énergétique de la maison
solaire.

1. Introduction

Il a été constaté que la maison, bien qu'elle est dotée d'un système de domotique avec un système de commande intelligent pour la gestion des équipements domestiques, présente quelques faiblesses en termes de dimension énergétique. Nous avons ainsi diagnostiqué les trois points les plus pertinents à améliorer, et proposer une solution à chaque point.

Les solutions passives proposées serviront pour la réhabilitation des constructions existantes et pour les futures constructions, Ces solutions passent par trois étapes d'amélioration, à savoir :

- Amélioration par l'implantation de la maison sur le terrain.
- Amélioration de la structure (toiture, mur).
- Amélioration de l'ombrage au niveau des fenêtres.

La comparaison concernera trois paramètres pour chaque amélioration, à savoir :

- Apports thermiques.
- Confort thermique.
- Puissance thermique nécessaire du système frigorifique.

2.1. Amélioration par l'implantation de la maison sur le terrain :

La mise en place de la maison solaire sur des pieds en béton laisse une grande partie de la surface du plancher extérieure en contact avec l'air extérieur. La température de l'air étant sujette à des variations importantes pendant le jour (températures très élevées) et la nuit (températures relativement basses), ceci engendrera une augmentation importante des apports thermiques à travers le plancher.

La mise en place de la maison à plain-pied avec un plancher extérieur en contact avec le sol va permettre d'éliminer ses apports thermiques, et bien au contraire, favoriser des déperditions à travers, car le sol se trouve à une température relativement stable qui avoisine la température de consigne de confort d'été (24°C) et ne varie que peu pendant l'année (21 à 23 °C).

2.1.1. Le schéma de la maison à plain-pied :

Tout d'abord on commence la schématisation par enlever les blocs de composants sur notre terrain afin de placer maison sur une dalle de béton.

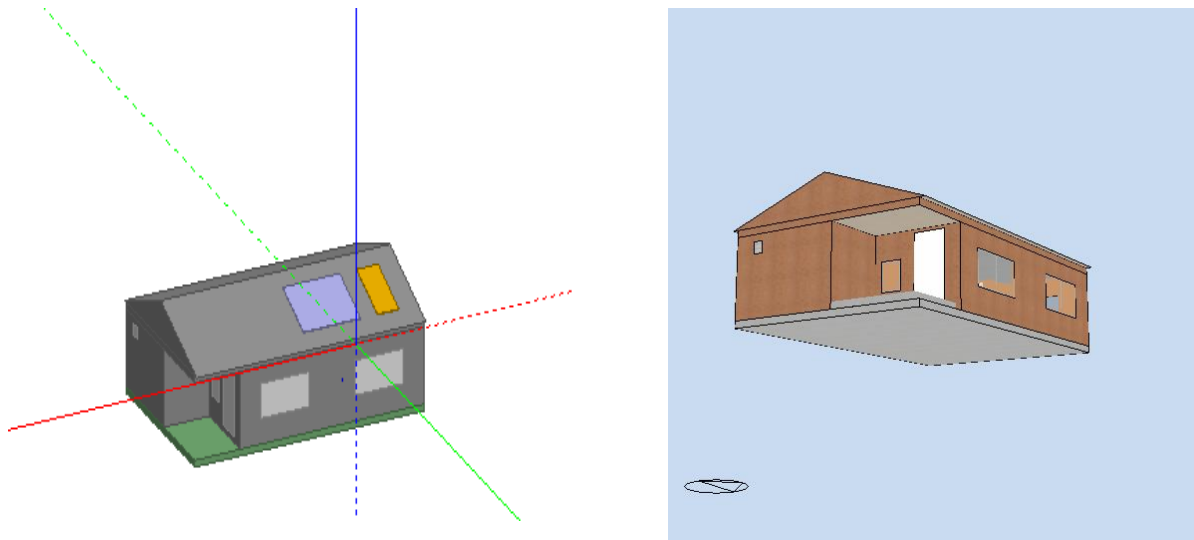


Figure 3.1 : La première amélioration de la maison.

Source : Design-Builder.

➤ La construction de plancher bas sur terrain :

La construction de notre dalle est composé de béton avec une épaisseur de 10 cm, la figure ce dessus montre la construction de plancher et différente paramètres comme la couleur, région, nombre de couches.

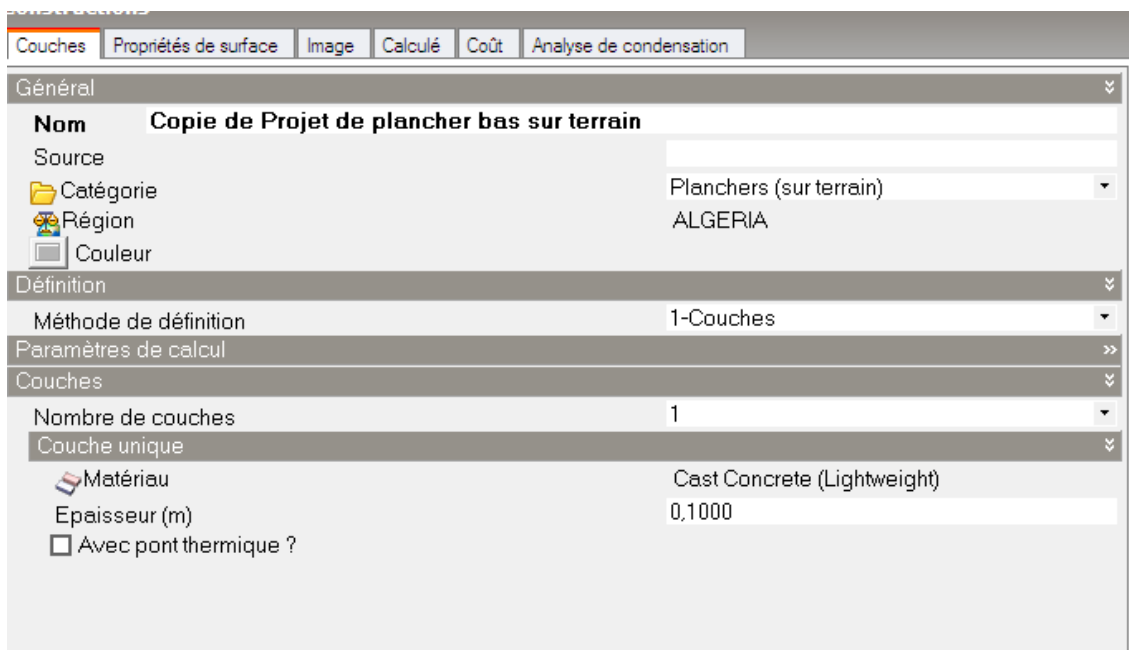


Figure 3.2. : Les paramètres de construction planchée bas de maison.

Source : Design-Builder.

2.1.2. Confort thermique dans la maison :

La figure 3.3 illustre l'allure des températures de confort à l'intérieur de la maison (température intérieure de l'air, température ressentie, et la température rayonnante), pour le cas de la simulation de la maison mise à ras du sol, ou le plancher extérieur est en contact direct avec le sol du terrain. On constate que les trois (3) températures affiche un profil avec des valeurs largement inférieures au profil de la température extérieure de l'air et relativement stable tout au long de la période pendant laquelle la climatisation est éteinte. À titre d'exemple, à la température maximale de l'air extérieure de 37.9°C à 15h, la température ressentie par l'habitant est de 31.6°C ce qui représente une différence de 6.3°C de confort gagné.

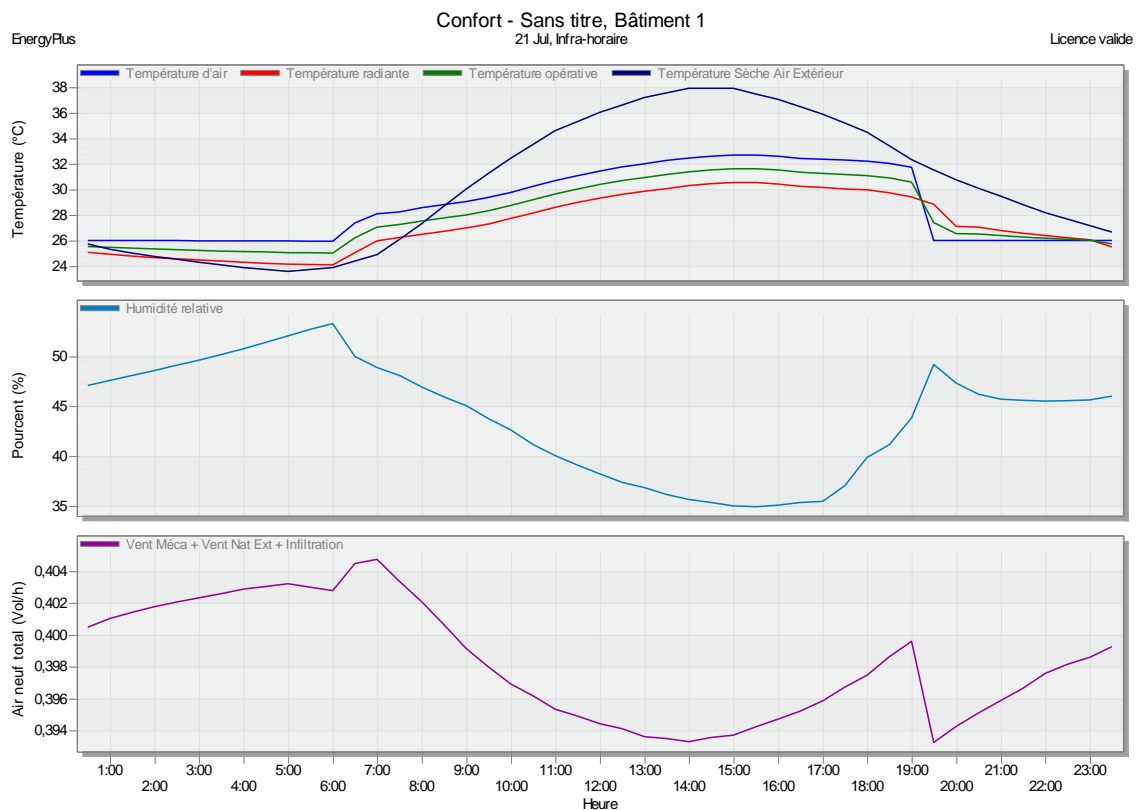


Figure 3.3 : Le confort dans la maison à plain-pied. Source : Design-Builder.

En comparant l'aspect du confort par rapport à la maison réelle (maison mise sur des piliers en béton), on constate que l'habitant est dans une situation d'inconfort si la climatisation n'est pas allumée. En effet, sur la figure suivante, qui représente les températures de confort à l'intérieur de la maison (température intérieure de l'air, température ressentie, et la température rayonnante), pour le cas de la simulation de la maison mise sur les piliers (figure 2.12), on constate que les trois (3) températures sont sur tout le profil en dessus de la température extérieure de l'air, engendrant ainsi 'l'effet fournaise'. Les trois températures à midi avoisinent la température de l'air et même plus (42°C à midi), et restent élevés toute l'après-midi (avant le démarrage de la climatisation), malgré la diminution de la température extérieure de l'air, affichant ainsi des températures proches de 38°C pour une température extérieure de 34.5°C, soit plus basse de 3.5°C.

2.1.3. Apports thermique au niveau du plancher :

Afin de bénéficier de la fraîcheur du sol pendant l'été, il a été utile de mettre en place par simulation notre maison en contact direct avec le sol, dans le but de quantifier l'effet et le gain thermique effectué par rapport à la configuration de la maison réelle (surélevé sur des piliers en béton). L'effet se fait ressentir intuitivement sur les apports thermiques au niveau du plancher bas de la maison comme illustré sur la figure 3.4. On note que la couche de polyuréthane constituant le plancher bas a été remplacée par une couche de béton, ayant une conductivité thermique plus basse et une densité plus élevée que le polyuréthane, dans le but d'augmenter le transfert de chaleur de la maison vers le sol (rafraîchissement géothermique) et d'augmenter le déphasage (meilleur confort).

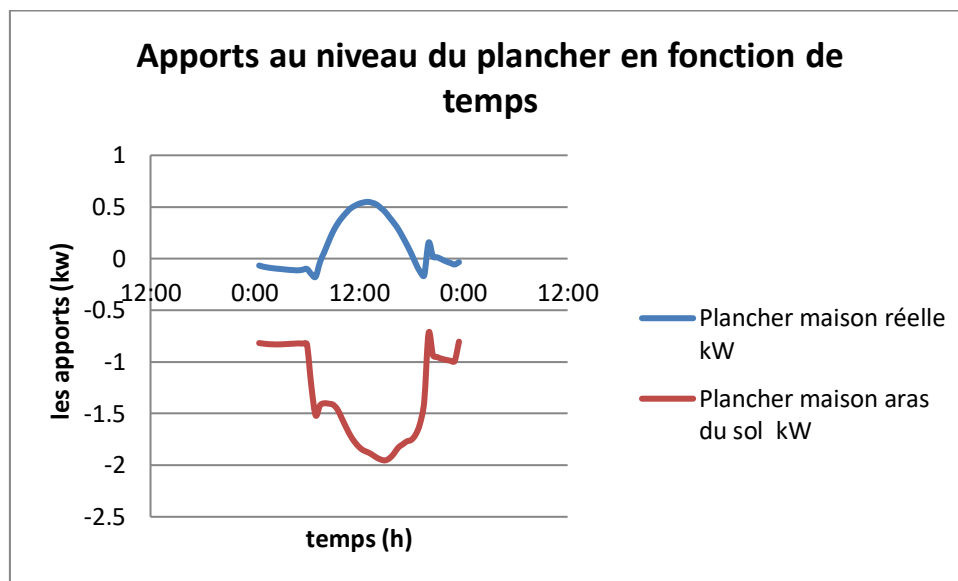


Figure 3.4 : Apports thermiques au niveau du plancher bas.

On remarque que les apports thermiques au niveau du plancher bas sont très élevés avant l'amélioration, définissant un pic de 0,6 kW aux alentours de midi. Suite à l'amélioration, les apports se sont transformés en grandes majorités en déperditions, avec des valeurs totalement négatives qui varient entre -0,9 et -1,9 KW. Le déphasage dans ce cas est clair, défini avec un maximum de -0,9 KW autour de 19,30 et un minimum de -1,9 KW autour de 14,30, temps pendant lequel les autres apports thermiques de la maison sont proches de leur valeurs maximales.

2.1.4. Puissance de climatisation dans la maison :

L'histogramme suivant illustre les valeurs des puissances frigorifiques nécessaires pour chaque compartiment de la maison, pour les deux cas de figures, à savoir, la maison réelle et la maison plain-pied :

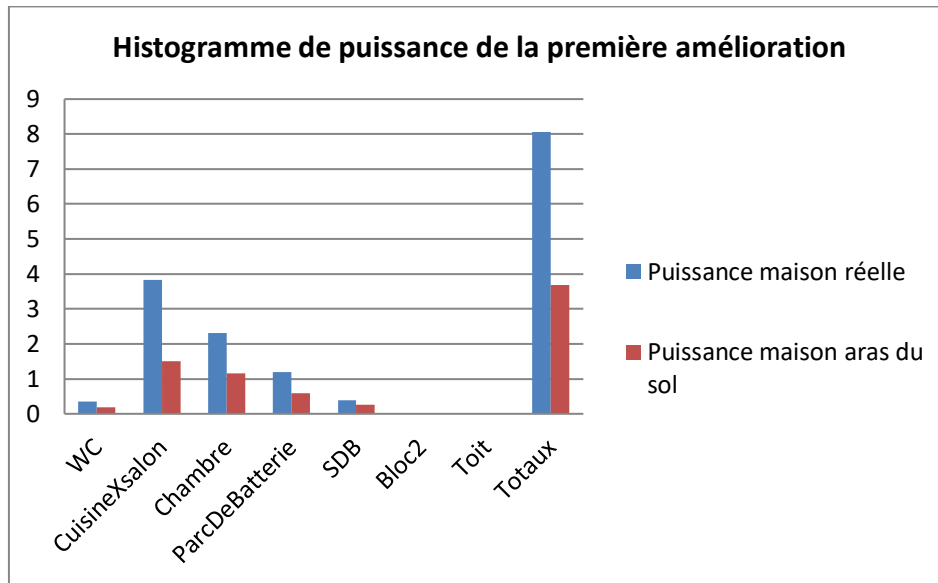


Figure 3.5 : Comparatif de la puissance de climatisation de la première amélioration.

Nous remarquons qu'après l'application sur le changement au niveau du plancher bas, la puissance frigorifique totale de la maison diminue de 4.3 kW (8 kW vers 3.7kW), ce qui représente une diminution de 45 % par rapport à la maison réelle.

À partir de ces résultats de la première amélioration nous pouvons attester le rôle d'un plancher bas en contact direct avec le sol dans le rafraichissement de la structure de la maison. En effet, le sol étant à une température stable durant presque la totalité de l'année, cette dernière est souvent plus basse que la température de l'air extérieur, et plus basse que la température de consigne de l'air intérieur. Les apports thermiques au niveau d'un plancher extérieur pour une maison surélevée sont donc devenus des déperditions thermiques contribuant au rafraichissement de la maison. Nous pouvons conclure que le plancher bas de la maison en contact avec le sol joue un rôle très important sur la réduction des apports thermiques totaux de la maison et la réduction de la puissance frigorifique.

2.2. Amélioration de la structure (toiture) :

Une maison efficace thermiquement doit avoir une structure ayant deux qualités :

- ✓ une isolation thermique efficace.
- ✓ une inertie thermique élevée.

La maison solaire est une maison dotée d'une structure légère constituée essentiellement d'une isolation en polyuréthane, qui est un excellent matériau en terme d'isolation, mais possédant une très faible inertie thermique due à sa faible densité, et j'aout d'un matériau à force inertie thermique est nécessaire pour augmenter le déphasage et le confort. Afin de remédier à ce problème, nous avons opté à l'ajout d'une couche de béton coulé au niveau de la toiture et des murs.

2.2.1. Schéma de la maison à plain-pied et structure amélioré :

Tout d'abord, la simulation avec une amélioration de la structure s'opère sur la maison qui a déjà été sujette à la première amélioration (la maison plain-pied), et elle est caractérisée par

l'ajout d'un matériau lourd au niveau de la toiture. L'ajout d'un matériau lourd à notre structure est plus que nécessaire afin d'augmenter l'inertie et la valeur du temps de déphasage, améliorant considérablement le confort thermique d'été.

Il est à noter la toiture est constituée initialement d'une couche de polyuréthane de 4 cm et d'une couche mince zinc de 0.5 cm.

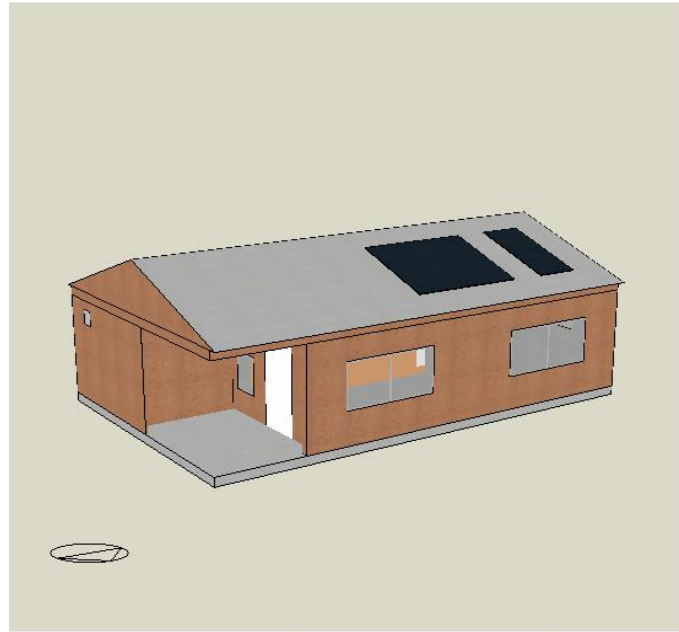


Figure 3.6 : Amélioration de la structure de la maison.
Source : Design-Builder.

➤ La construction de la toiture :

➤ Toiture :

La toiture est constituée des couches selon le tableau suivant :

composants	Couches	Épaisseur (m)	Conductivité (w/kj)	Chaleur spécifique (j/kg)	Masse volumique (kg/m ³)
Toiture	polyuréthane	0,0400	0,0260	1590,00	35,00
	béton coulé	0,200	0.3800	1000,00	2500,00

Tableau 3.1 : Différentes couches constituant la toiture.

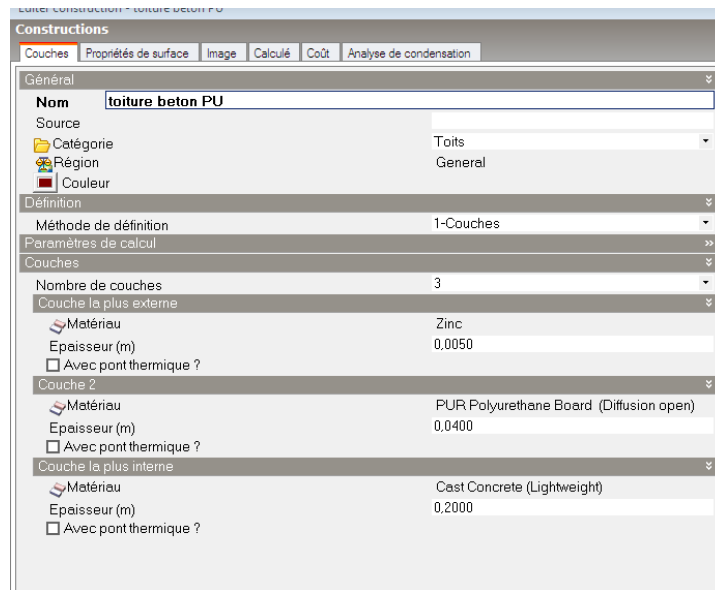


Figure 3.7 : Différentes couches de la toiture.
Source : Design-Builder.

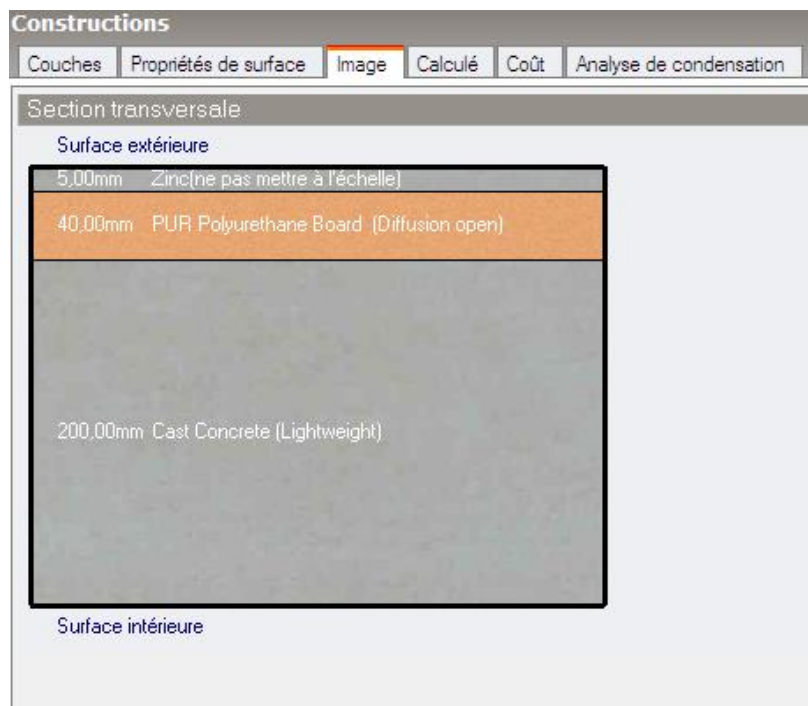


Figure 3.8 : Image de toiture.
Source : Design-Builder.

2.2.2. Confort thermique dans la maison :

Nous pouvons observer sur la courbe de la figure 3.11 (correspondant à la simulation pour la journée du 21 juillet), que les températures de l'air, du mur et radiante sont légèrement plus basses que celles de la maison réelle. On note pendant la journée une diminution de 2°C par rapport à la maison sur terrain, comme illustré par la courbe 3.3). Cependant le soir, et au moment de démarrage de la climatisation, la température de l'air intérieure approche la température de consigne de la climatisation.

Résultat de confort :

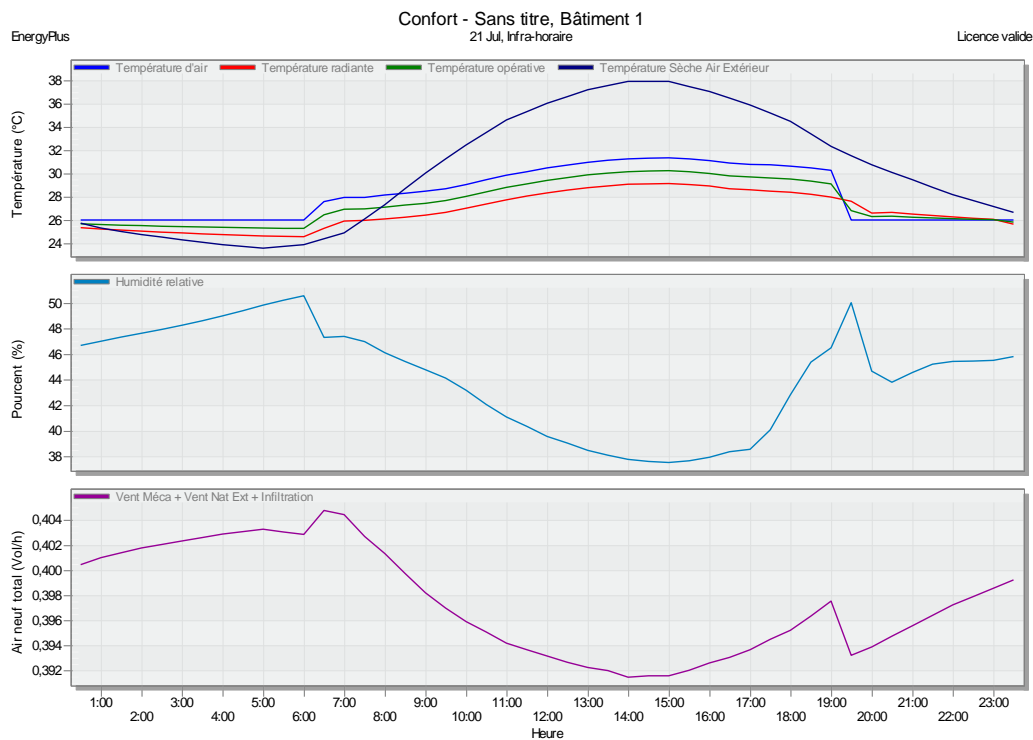


Figure 3.9 : Confort de la maison.

Nous pouvons observer sur la courbe suivante (correspondant à la simulation pour la journée du 21 juillet), que les températures diminuent avec 2°C par rapport de la première amélioration. Cependant le soir, et au moment de démarrage de la climatisation, la température de l'air approche vers la température de réglage de la climatisation.

2.2.3. Apports thermiques au niveau de la toiture :

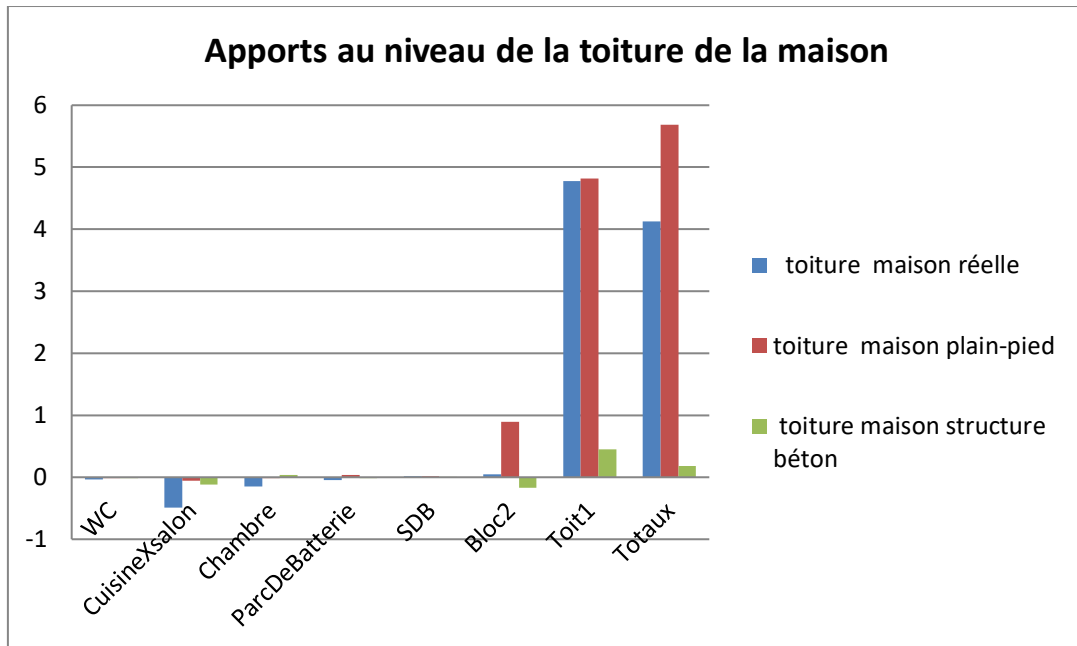


Figure 3.10 : Apports thermiques au niveau de la toiture (1ere et 2eme amélioration).

Cette courbe montre les valeurs des apports thermiques au niveau de la toiture, pour le cas de la maison réelle en confrontation avec les deux améliorations effectués, à savoir la mise en place sur terrain de la maison, et l'ajout d'une couche de béton à la structure.

On note que les apports au niveau de la toiture sont du même ordre pour une maison réelle. Cependant, on note une diminution conséquente jusqu'à 0.45 KW de ses apports dès qu'on a ajouté l'inertie du béton au niveau de la structure, ce qui se traduit par une amélioration de 75 %.

2.2.4. Puissance de climatisation dans la maison :

L'histogramme suivant illustre les valeurs des puissances frigorifiques nécessaires pour chaque compartiment de la maison, pour les trois cas de figures, à savoir, la maison réelle, la maison plain-pied et la maison avec structure rénovée :

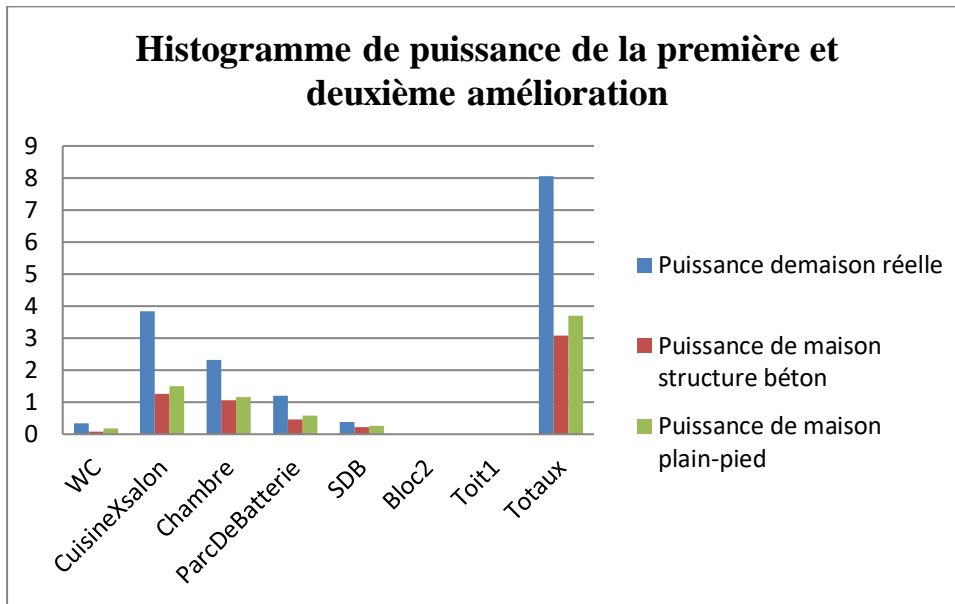


Figure 3.11 : Comparatif de puissance de climatisation en prenant compte les deux cas d'amélioration.

La colonne en bleu est celle la puissance de la maison réelle, la colonne rouge est la puissance de la maison en structure en béton et la colonne verte représente la maison plain-pied.

Nous remarquons qu'après rénovation de la structure, que la puissance frigorifique totale de la maison diminue de 0.7 kW (3.7 kW à 3 kW), ce qui représente une diminution de 19 % par rapport à la maison plain-pied, et de 62.5 % par rapport à la maison réelle.

La rénovation de la structure du bâtiment par l'ajout d'une couche de béton d'une inertie thermique élevée a permis donc une réduction des apports thermiques au niveau de la toiture, une réduction de la température de l'air intérieur hors climatisation, une augmentation du déphasage et la réduction de la puissance frigorifique.

2.2.5 Calcul du déphasage :

Sachant que la période d'oscillation de température sur la durée de 24h égale 10h (Annexes)

- **Les propriétés de polyuréthane :**

$$D = 1\text{H } 5 \text{ min}$$

- **Les propriétés d'air :**

$$D = 45 \text{ min}$$

- **Les propriétés de bois :**

$$D = 1\text{H } 20 \text{ min}$$

- **Les propriétés de béton coulé :**

$$D = 135\text{min}$$

2.3. Amélioration de l'ombrage au niveau des fenêtres :

Les apports solaires à travers les vitrages au niveau des façades est, ouest et sud sont importantes, car la maison est exposée durant toute la journée au soleil et affectent sérieusement le bilan thermique sur la maison, comme il a été bien détaillé dans le chapitre précédent (page26). Ces apports peuvent sérieusement être réduits en intervenant directement sur la structure de la maison par la pose de pare-soleil, de la brise soleil et des casquettes et des stores intérieurs pour traiter les fenêtres, pour augmenter l'ombrage sur les murs.

2.3.1. Le schéma de la maison à plain-pied et structure amélioré avec l'ombrage :

Tout d'abord on commence le réglage des paramètres des ouvertures

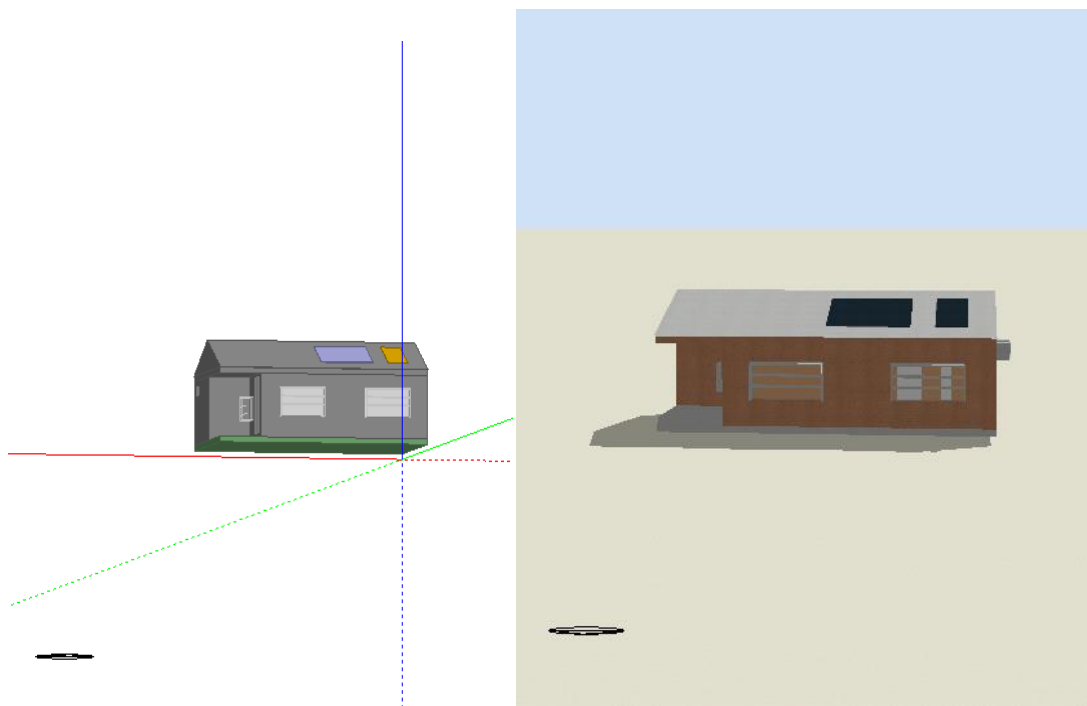


Figure3.12 : Amélioration de l'ombrage des fenêtres de la maison.
Source : Design-Builder.

2.3.2. Changements apportés au niveau des fenêtres :

Afin de permettre une réduction des apports solaires à travers les fenêtres de la maison, et surtout sur les fenêtres de la façade sud, on a opté pour :

- a. L'intégration de plusieurs types de protections solaires pour générer le maximum d'ombrage sur les fenêtres, à savoir :
 - Brise soleil.

- Pare soleil latérale
- Casquettes.
- Stores.

b. Diminution de la taille des fenêtres de la façade sud de la maison.

2.3.2.1. Intégration des protections solaires :

Le schéma suivant illustre l'interface de commande de tout ce qui concerne les options de réglage des ouvertures de la maison (fenêtres, cadre, vitrage et protections solaires).

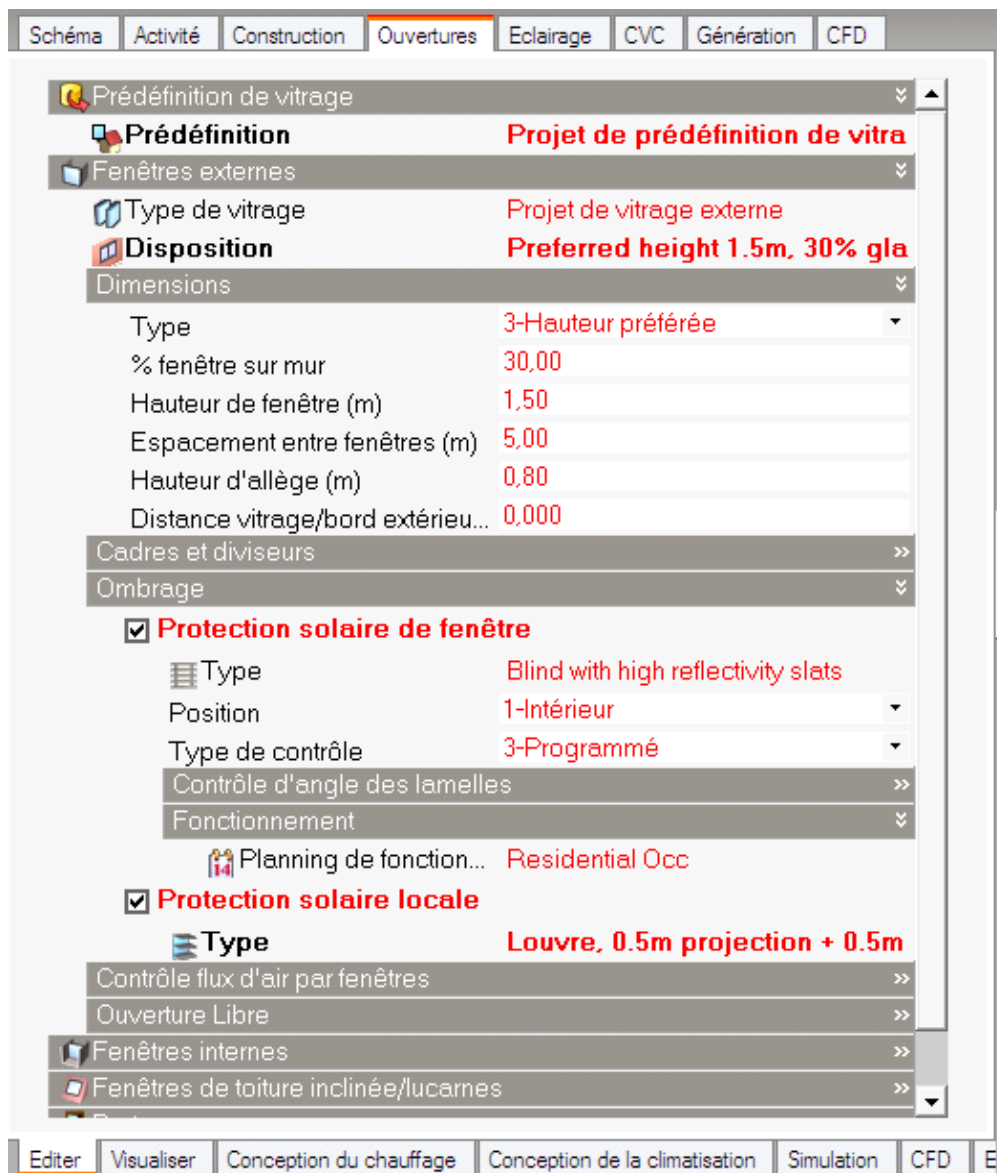


Figure3.13 : Les ouvertures.
Source : Design-Builder.

➤ Brise soleil :

Les brise-soleil sont composés généralement de lames en aluminium disposées sur un châssis [43].

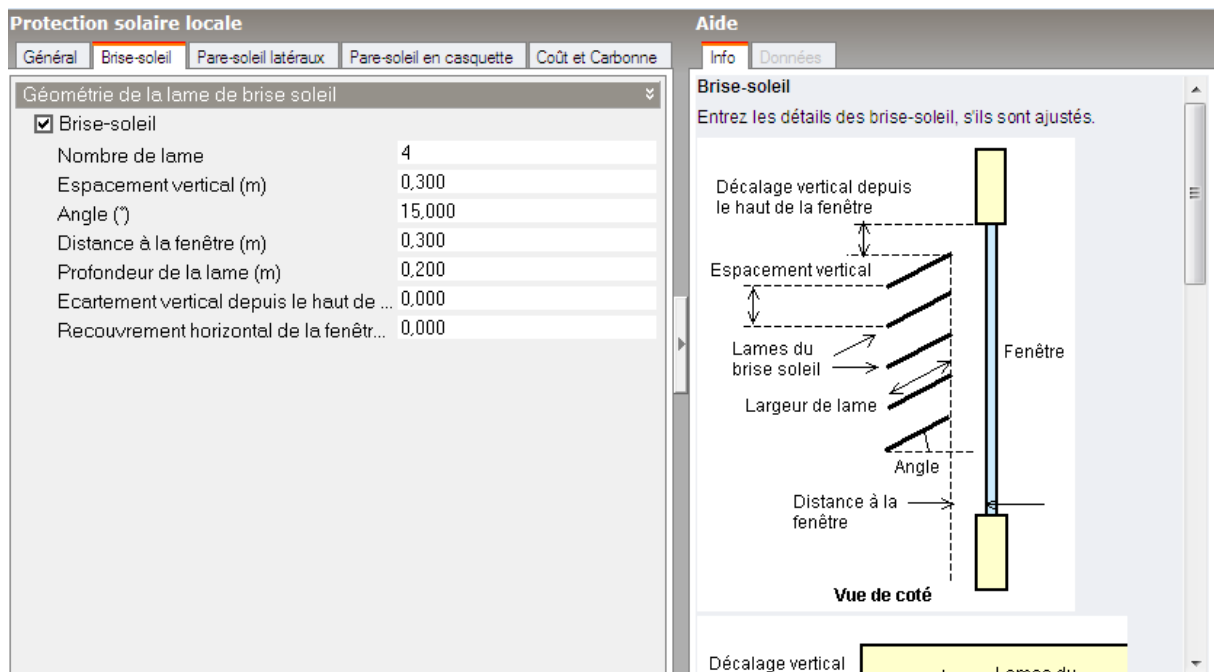
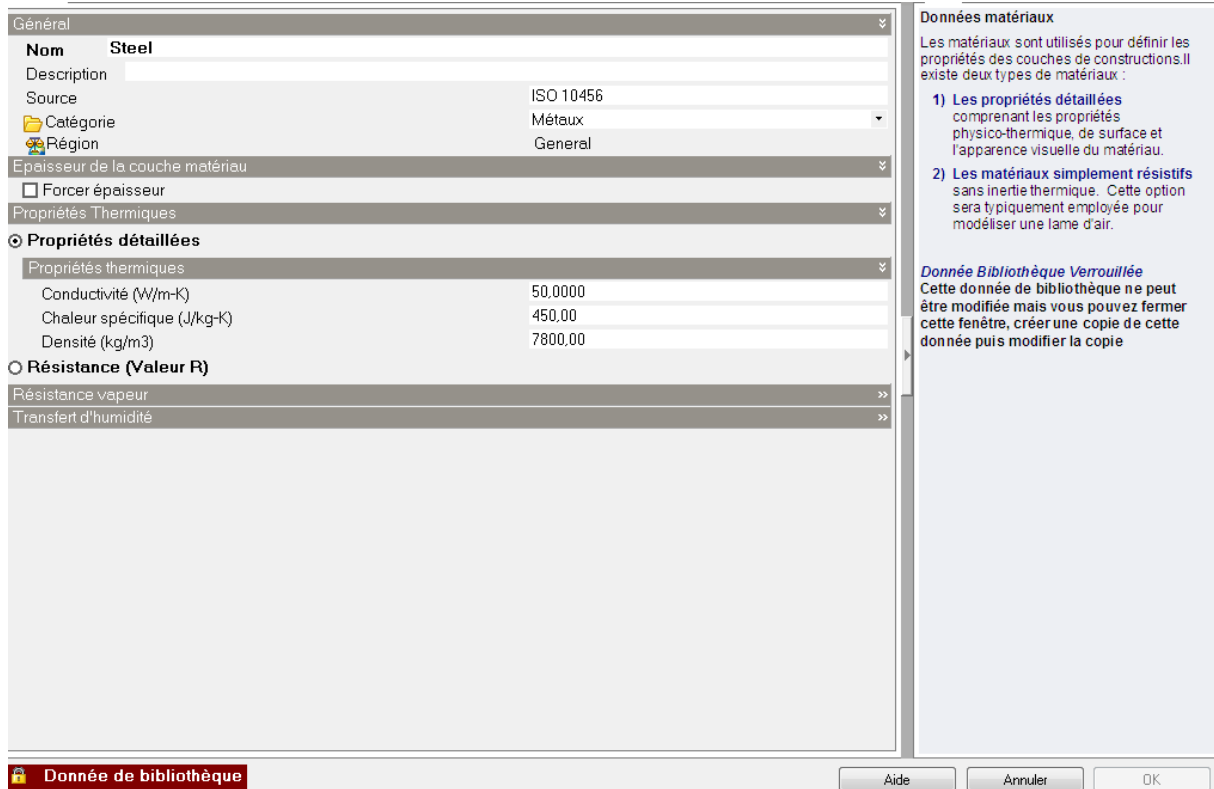


Figure 3.14: Brise soleil.
 Source : Design-Builder.

➤ Pare soleil latérale :

Le pare-soleil est le plus souvent ajouré. Il est généralement constitué en bois, métal ou béton. Il est fixe, ou orientable ou amovible [44].

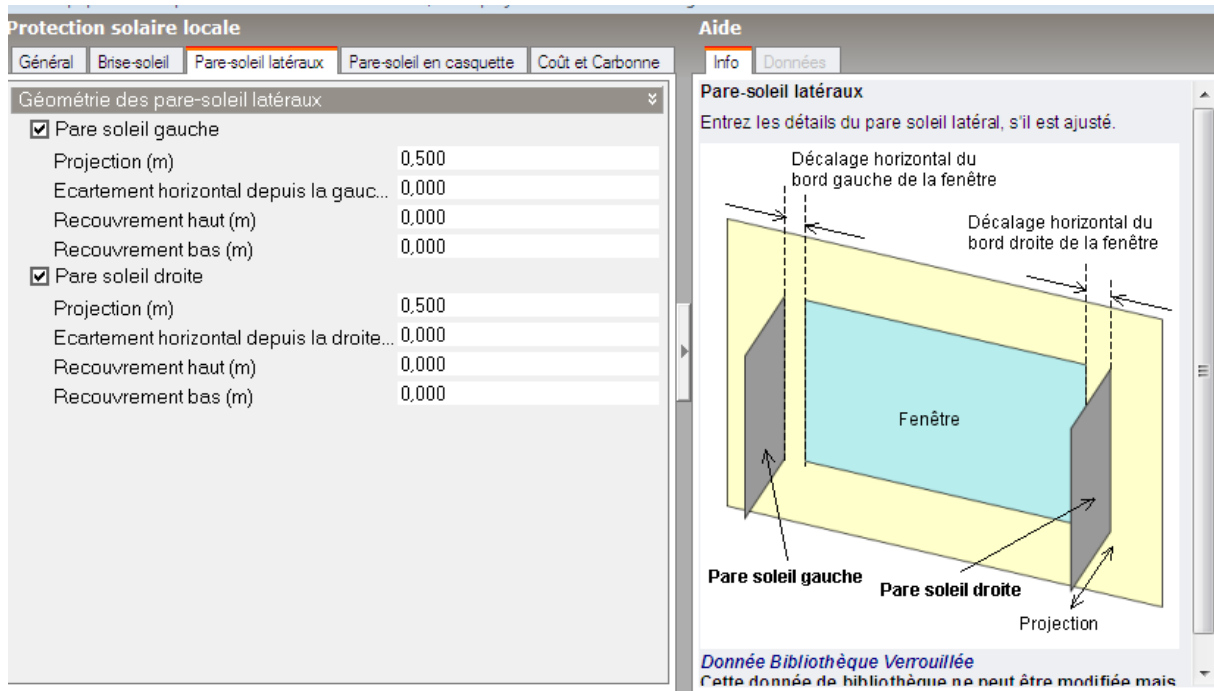


Figure 3.15 : Pare soleil latérale.

Source : Design-Builder.

➤ Les casquettes :

Cette « casquette » permet de chauffer la maison l'hiver sur la façade sud et l'été de faire de l'ombre dans la pièce pour avoir de la fraîcheur [45].

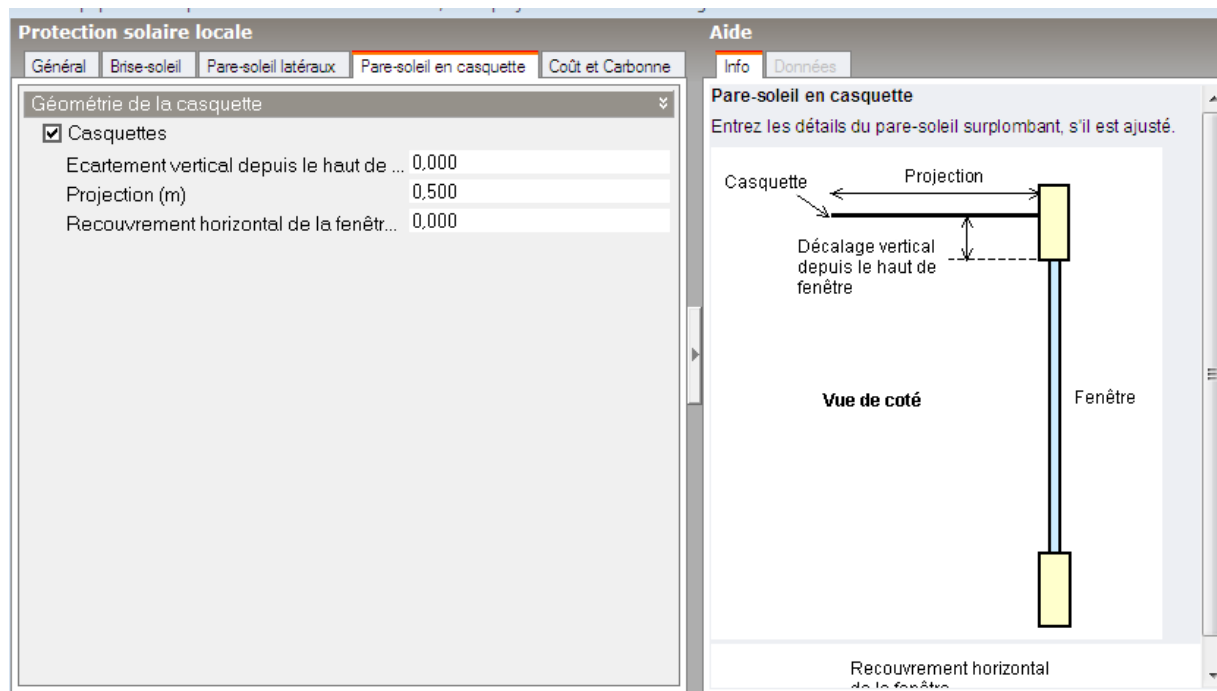


Figure 3.16 : Les casquettes.
Source : Design-Builder.

➤ Les stores :

Les stores vénitiens extérieurs sont composés de lamelles généralement en aluminium. L'ensemble du store peut être remonté et les lamelles peuvent être orientées grâce à un système de câbles ou de chaînes [46].

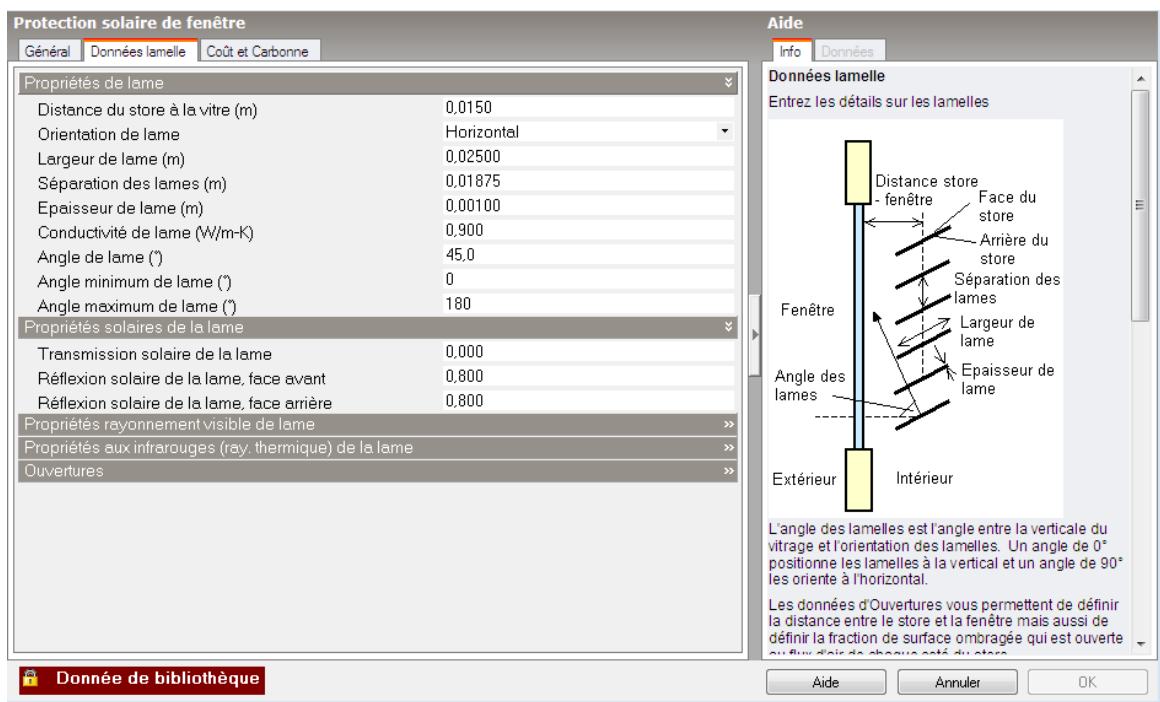


Figure 3.17: Les stores.
Source : Design-Builder.

2.3.2.2. Diminution de la taille des fenêtres de façade sud :

Afin de réduire encore d'avantage les apports solaires au niveau des fenêtres, on a opté pour une réduction légère (environ de 30%) de la taille des fenêtres de la façade sud de la maison. Ces derniers étant les plus exposés à l'ensoleillement par rapports aux autres fenêtres.

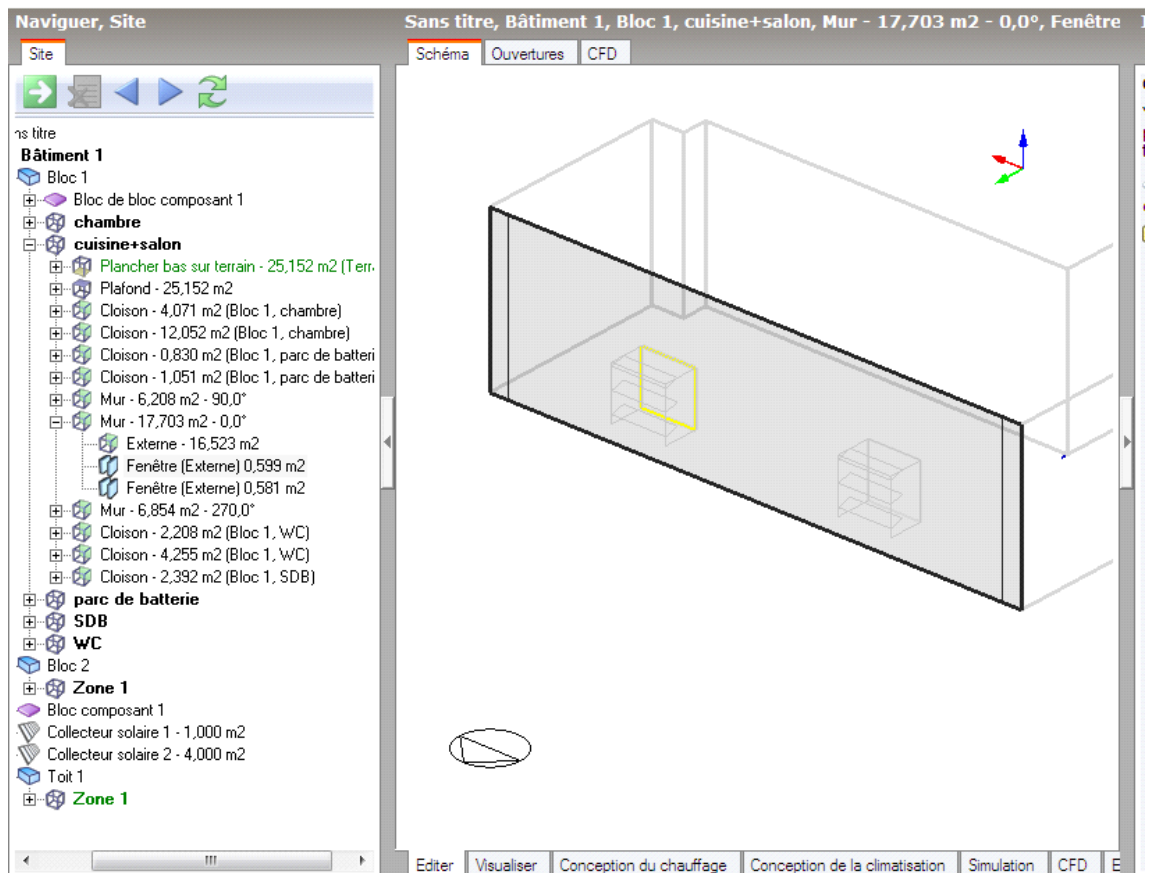
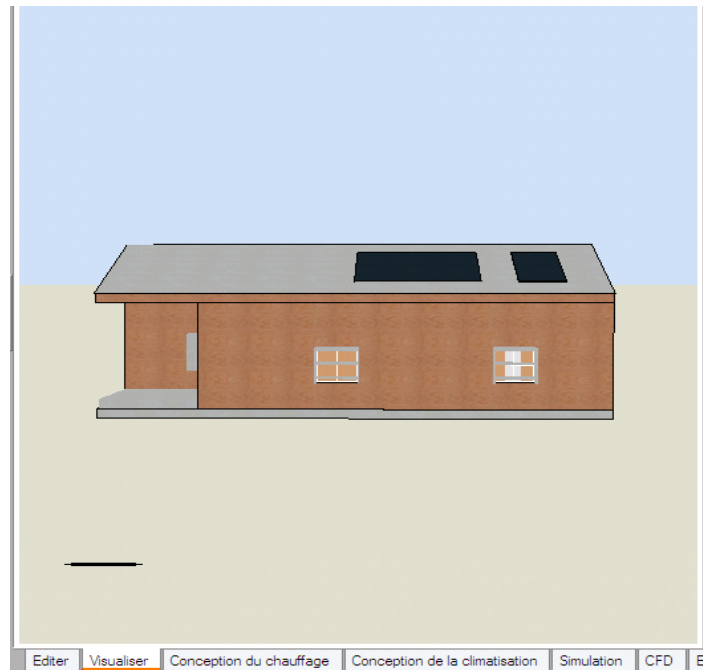


Figure 3.18 : Réduction de la taille des fenêtres de la façade sud de la maison.

Source : Design-Builder.

2.3.3. confort thermique:

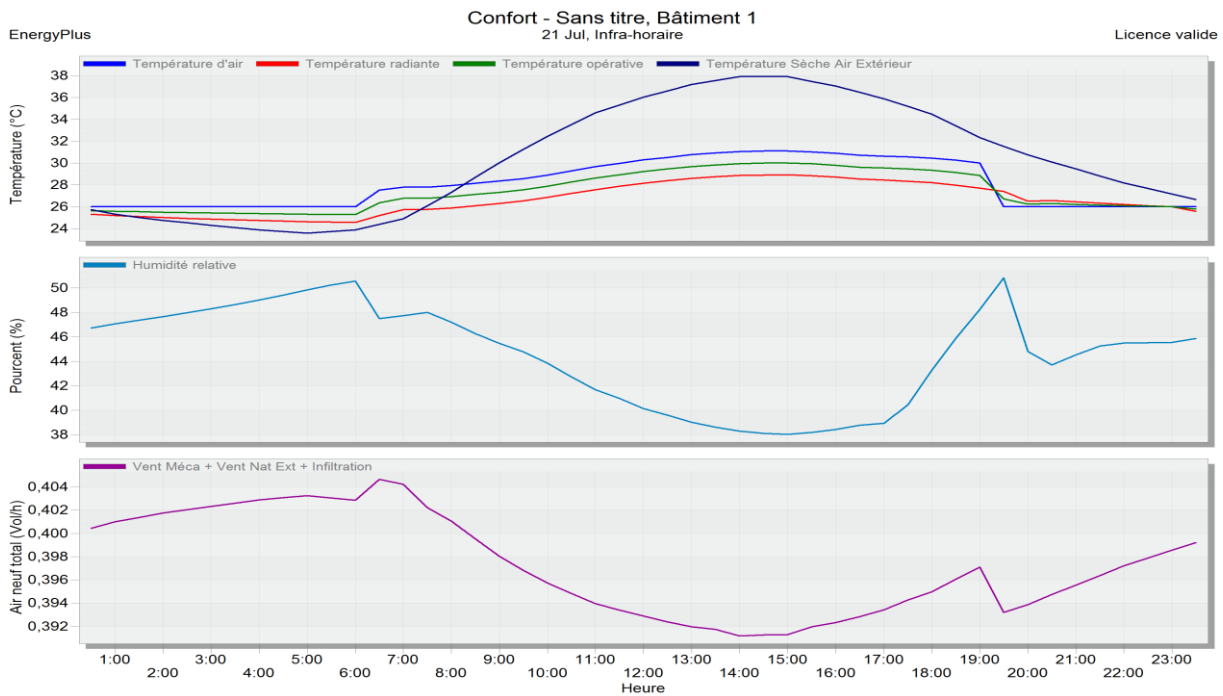


Figure3.19 : Confort de la maison .

Nous pouvons observer sur la courbe suivante (correspondant à la simulation pour la journée du 21 juillet), que les températures diminuent avec 1°C par apport de la deuxième amélioration

Cependant le soir, et au moment de démarrage de la climatisation, la température de l'air approche vers la température de réglage de la climatisation.

2.3.4. Apports thermiques solaires au niveau des fenêtres :

La courbe suivante montre les valeurs des apports thermiques au niveau de la fenêtre, pour le cas de la maison réelle en confrontation avec les deux améliorations effectués, à savoir la maison avec fenêtre comportant les 3 types de protection solaire, et avec la même fenêtre que cette dernière mais à une taille réduite.

On note que les apports au niveau des fenêtres sont à leur maximum pour une maison réelle avec un pic de 0.6 KW à 15.30. Ce pic descend à 0.48 KW dès qu'on a ajouté la protection solaire au niveau des deux fenêtres sud présentant une amélioration de 20 % par rapport à la maison réelle, et à 0.25 KW pour des fenêtres avec protection de plus petite taille présentant une amélioration de 58 % par rapport à la maison réelle. Ceci va améliorer significativement la puissance totale de climatisation comme il sera montré dans le prochain paragraphe.

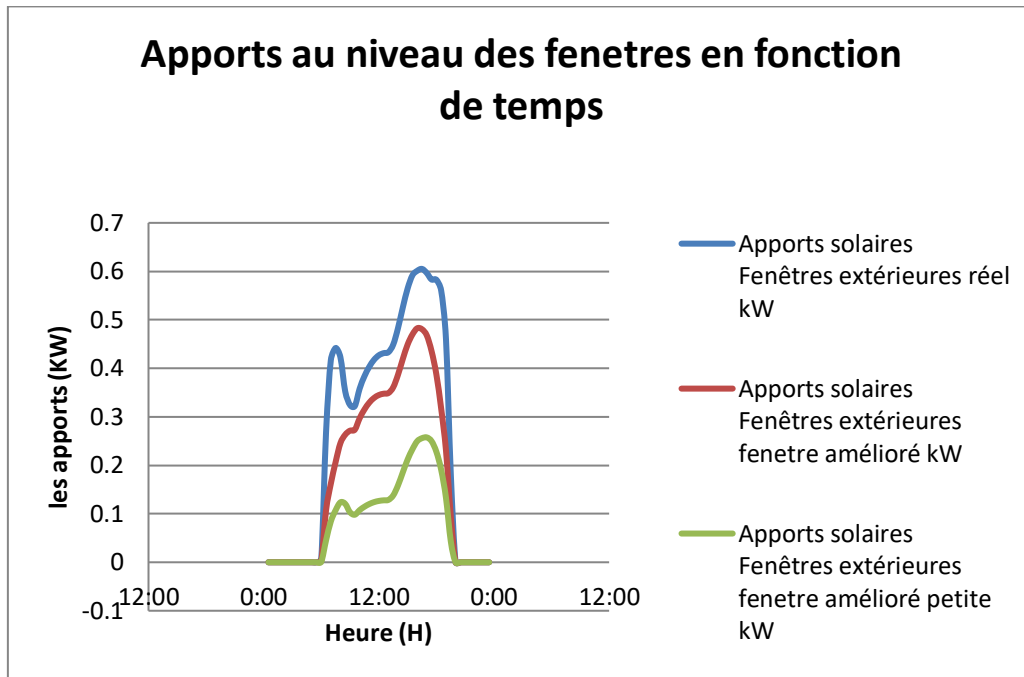


Figure 3.20 : Apports solaires par les fenêtres.

2.3.5. Puissance de climatisation dans la maison:

L'histogramme suivant illustre les valeurs des puissances frigorifiques nécessaires pour chaque compartiment de la maison, pour les quatre cas de figures, à savoir, la maison réelle, la maison plain-pied et la maison avec structure rénovée et la maison avec fenêtres optimisés :

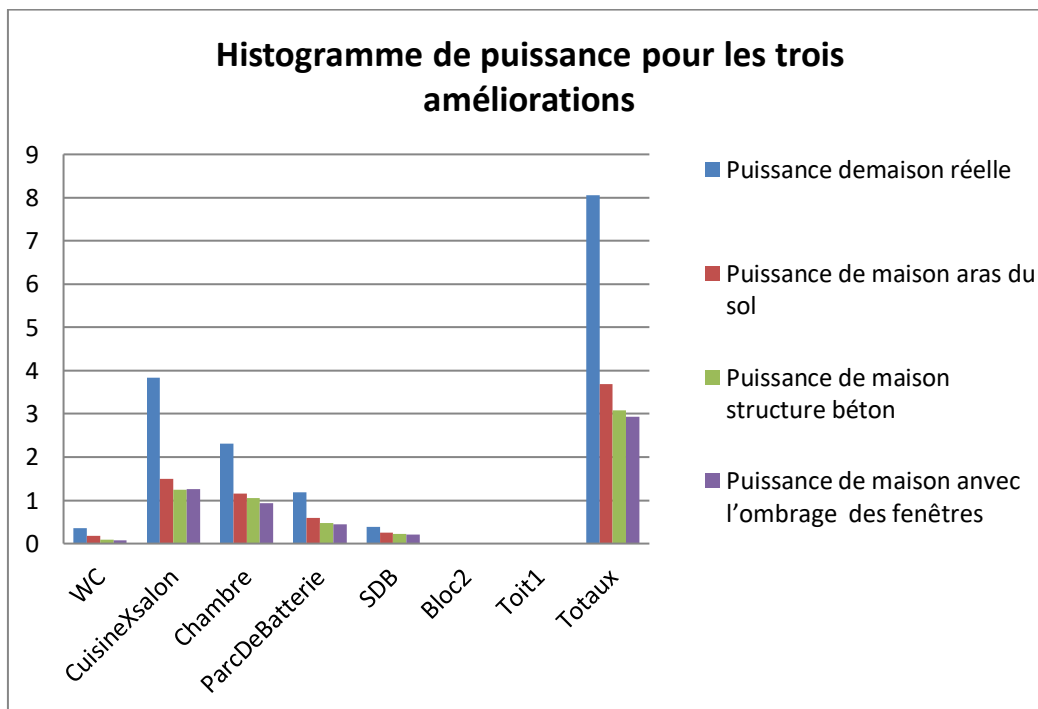


Figure 3.21: Histogramme de puissance pour les trois améliorations.

La colonne en bleu est celle la puissance de la maison réelle, la colonne rouge est la puissance de la maison en structure en béton, la colonne verte représente la maison plain-pied et la colonne mauve représente la maison avec fenêtres optimisées.

Nous remarquons qu'après intégration des protections solaires, la puissance frigorifique totale de la maison ne diminue que légèrement de 0.15 kW (3.08 kW à 2.93 kW), ce qui représente une diminution de 5 % par rapport à la maison en structure en béton (qui a déjà subi les deux dernières améliorations). En réduisant la taille des fenêtres le gain est légèrement plus important. En effet, on a réussi à réduire la puissance totale de 0.5 KW (3.08 kW à 2.58 kW), soit une réduction de 16.5 % par rapport à la maison en structure en béton.

L'optimisation des fenêtres de la maison par l'ajout de protections solaires et une diminution de la taille des fenêtres sud a permis donc une réduction des apports thermiques solaires au niveau des fenêtres, et la réduction de la puissance frigorifique totale.

On resume tout les resultats obtenus de la simulation dans le tableau suivant :


	Maison réelle	Maison sur terrain (plancher bas)	Maison avec structure renforcé (toiture)	Maison avec fenêtres réduites
Apports thermiques (KW)	X	1	0.45	0.25
Confort thermique (°C)	42	31.6	29	28
Puissance climatisation (KW)	8.1	3.7	3.08	2.58

Tableaux3.2:Représente tous les résultats d'amélioration.

Conclusion :

L'intégration des améliorations effectuées au niveau de la maison solaire a permis non seulement d'accroître les déperditions au niveau du plancher, ce qui a donné une baisse de la charge thermique sur la maison et une réduction des besoins en climatisation, mais également une amélioration significative du confort de l'habitant par l'augmentation de déphasage thermique ainsi que la réduction de la température intérieure de l'air à des niveaux de températures qui sont au largement au-dessus de la température de l'air extérieur. En effet, pour ce qui est de la maison réelle, la température ressentie de l'habitant était en dessous de la

température de l'air extérieure lorsque la climatisation est éteinte, et cette dernière présentait également un besoin en climatisation largement important.



***Conclusion
générale***

Conclusion générale :

Le but de ce travail consiste à proposer des solutions aussi simples que possible dans le but de réduire les apports thermiques d'une structure d'une maison solaire située à l'UDES BouIsmaïl, ainsi que d'améliorer le confort thermique des habitants et de minimiser les besoins en climatisation.

Les solutions proposées concernent :

- la mise en place de la maison en contact avec le sol : ceci a permis une réduction significative des apports thermiques au niveau du plancher, ce qui a engendré une réduction de la puissance de 45%.
- La rénovation de la structure du bâtiment par l'ajout d'une couche de béton d'une inertie thermique élevée : ceci a permis une réduction des apports thermiques au niveau de la toiture de 90%, et un déphasage de 2.7 h, ce qui a engendré une réduction de la puissance de 45%.
- L'optimisation des fenêtres de la maison par l'ajout de protections solaires et une diminution de la taille des fenêtres sud a permis une réduction des apports thermiques solaires au niveau des fenêtres de 58%, et donc la réduction de la puissance frigorifique totale de 79 %.

Référence :

- [1] MR.ZAOUIA KHALED, MR.KAOUD HOUSSEM, logement individuel et conception bioclimatique cas d'étude Oum elbouaghi, UNIV L'ARBI BEN MHIDI- OUM BOUAGHI, master en architecture 2014-2015, (P 36.p8-9).
- [2] MR.ZAOUIA KHALED, MR.KAOUD HOUSSEM, logement individuel et conception bioclimatique cas d'étude Oum elbouaghi, UNIV L'ARBI BEN MHIDI- OUM BOUAGHI, master en architecture 2014-2015, (P 36.p8-9)
- [3] <https://monhabitatproactif.com/maison-passive-vs-maison-active-definitions-differences/>
- [4] <https://archicaro.pagesperso-orange.fr/MP%20saison.htm>
- [5] <https://www.dornaecohouse.fr/fr/technologie/le-concept-de-maison-passive/>
- [6] <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/eco-travaux/maison-passive>
- [7] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Architecture-bioclimatique.htm>
- [8] Bioclimatichousing book, page3
- [9] W. Weber, p26
- [10] Atba –Stéphane Fuchs architecte et collaborateurs - novembre 2007
- [11] <http://www.energie2.arch.ucl.ac.be/>
- [12] THIERRY JOFFROY, ARNOUD MISSE, ROBERT CELAIRE, LALAINA RAKOTOMALALA, architecture bioclimatique et efficacité énergétiques des bâtiments au Sénégal, HAL Id : hal-020225559, Submitted on feb 2019
- [13] Le toit. Les formes de toits. La maison de A à Z. page 59 PDF
- [14] Le toit. Les formes de toits. La maison de A à Z. page 59 PDF
- [15] cour M. Mazouz post graduation
- [16] COMBES CYRIL. 2008. Vers de nouvelles enveloppes. Séminaire FINC-AV. Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Toulouse. 2008 page 15
- [17] <https://www.guide-artisan.fr/actualites/chauffagiste/climatisation-ventilation/vmc-quest-ce-que-cest>
- [18] Nicolas Morel et Edgard Gnansounou, p54
- [19] <https://conseils-thermiques.org/contenu/etancheiteair.php>
- [20] <http://dSPACE.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/934/1/HADJ-BELKACEMI-Mohammed.pdf>
- [21] S.SEMAH, N.ZEMMOURI, B.DJEBRI, la conception bioclimatique en Algérie 4ème conférence internationale des énergies renouvelables (CDER – 2016)
- [22] GIVONI. B – L'Homme, L'Architecture et le Climat édition : Le Moniteur, Paris 1978 page.39
- [23] REMADE, 1993 In BELKACEM SEGUIROU. Effet d'un groupement sur l'écoulement de l'air et le confort des piétons dans les espaces extérieurs- thèse de magistère. Université de Biskra, 2003.
- [24] GIVONI. B L'Homme, L'Architecture et le Climat édition : Le Moniteur, Paris 1978 p.21
- [25] MAZOUZ. Said, *Eléments de conception architecturale*, Alger: Edition O.P.U, Juillet 2004, p176-177
- [26] Atba –Stéphane Fuchs architecte et collaborateurs - novembre 2007
- [27] Agence française pour la maîtrise de l'énergie, Soleil et architecture. Page16
- [28] Medelckchdald, p25.
- [29] <https://www.toutsurlisolation.com/une-isolation-thermique-ete-commehiver>
- [30] <http://documentation.2ieedu.org/cdi2ie/opaccss/docnum.php?explnumid=682page67>
- [31] <https://www.systemed.fr/isolation-interieure/3-cles-confort-thermique,2442.html>
- [32] <https://www.ctendance.fr/energie/inertie-thermique/>
- [33] <https://www.maisonenergiesrenouvelables.fr/energies/economie-denergie/isolation/la-maison-en-bois-et-linertie-thermique/>
- [34] Catégories : [Isolation](#) / par [Eric lebon](#) mai 9, 2017

Bibliographie

- [35] <https://www.build-green.fr/confort-thermique-diffusivite-effusivite-les-grandes-oublies/>
- [36] [Mesure de la diffusivité thermique par la méthode flash](#) » [archive], sur techniques-ingenieur.fr (consulté le 30 mai 2017)
- [37] <https://www.ecobati.com/fr/a-propos/services/conseils/lexique/effusivite-thermique>
- [38] Jean-Claude Krapez, *Mesure de l'effusivité thermique*, Éditions Techniques de l'ingénieur ([présentation en ligne](#) [archive])
- [39] <https://www.forums.futura-sciences.com/habitat-bioclimatique-isolation-chauffage/885334-dephasage-thermique-levons-malentendus.html>
- [40] NOTAHINJANAHARY FARANY HOBY NARINDRAIAVOSOA , UNIV d'antananarivo, master physique application option énergétique , 2018 ,p22
- [41] judes.cder.dz
- [42] MESURE de TEMPERATURE par THERMOCOUPLE - Lucile Daret - Elodie Collombat Elèves de 1ère Sciences et Techniques de Laboratoire
- [43] <https://energieplus-lesite.be/techniques/enveloppe7/composants-de-l-enveloppe/protections-solaires/protections-exterieures/> [44] <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Brise-soleil/fr-fr/>
- [45] <http://www.ma-maison-environnementale.fr>
- [46] https://energieplus-lesite.be/techniques/enveloppe7/composants-de-l-enveloppe/protections-solaires/protections-exterieures/#Les_brise-soleil

Annexes :

Annexes 3 :

1. Calcul du déphasage :

Sachant que la période d'oscillation de température sur la durée de 24h égale 10h

➤ **Les propriétés de polyuréthane :**

$$\text{la conductivité thermique : } \lambda = 0,026 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K}$$

$$\text{la masse volumique : } \rho = 35 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{la capacité thermique massique } c = 1590 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$D = \frac{0,04}{6,28 * \frac{6,835 * 10^{-4}}{36000 * 9,33 * 10^{-3}}}$$

➤ **Les propriétés d'air :**

$$\text{la conductivité thermique : } \lambda = 0,026 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K}$$

$$\text{la masse volumique : } \rho = 21,1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{la capacité thermique massique } c = 1005 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$D = \frac{0,035}{6,28 * \frac{1,111 * 10^{-3}}{36000 * 9,33 * 10^{-3}}}$$

Annexe

➤ Les propriétés de bois :

$$\text{la conductivité thermique : } \lambda = 0,170 \frac{W}{m} \cdot K$$

$$\text{la masse volumique : } \rho = 650 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\text{la capacité thermique massique } c = 2120 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$D = \frac{0,005}{6,28 * \frac{3,512 * 10^{-4}}{36000 * 9,33 * 10^{-3}}}$$

$$D = 30 \text{ min}$$

$$\text{le déphasage totale} = D. \text{Polyuréthane} + D. \text{air} + D. \text{bois}$$

➤ Les propriétés de béton coulé :

$$\text{➤ } D = \text{épaisseur} / \text{célérité}$$

$$\text{➤ Celerité} = \frac{2 \pi}{T \sqrt{\pi/T}} \sqrt{a}$$

$$\text{➤ } a = \frac{\lambda}{\rho * c}$$

$$\text{la conductivité thermique : } \lambda = 0,3800 \frac{W}{m} \cdot K$$

$$\text{la masse volumique : } \rho = 2500 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\text{la capacité thermique massique } c = 1000 \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$D = \frac{0,200}{6,28 * \frac{3,89 * 10^{-4}}{36000 * 9,33 * 10^{-3}}}$$

2. Intégration des protections solaires :

➤ brise soleil

Annexe

La position de la protection peut être :



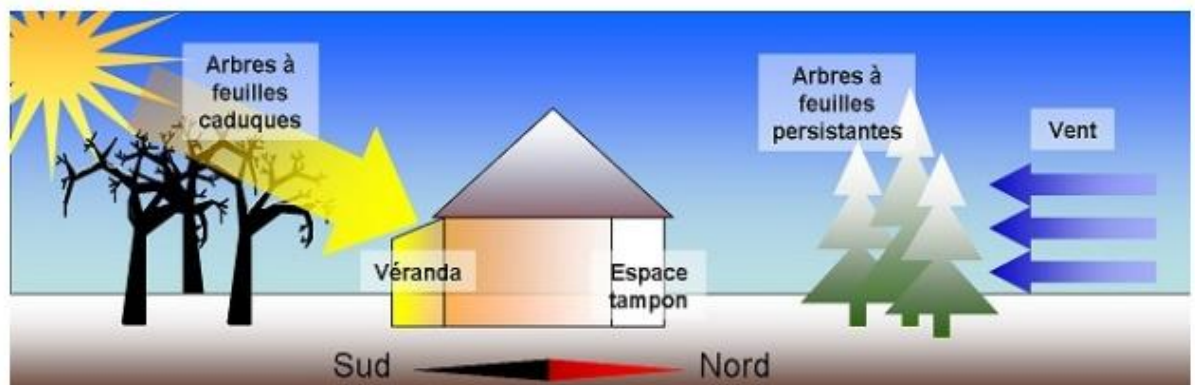
- Horizontale, perpendiculaire au plan de la fenêtre, pour les fenêtres orientées au sud,
- verticale, perpendiculaire au plan de la fenêtre pour les fenêtres orientées à l'est ou à l'ouest,
- parallèle au plan de la fenêtre, soit directement devant la fenêtre (on peut parler dans ce cas de claustra), soit écartée de celle-ci.

La combinaison des possibilités précédentes est envisageable. [43]

➤ casquette

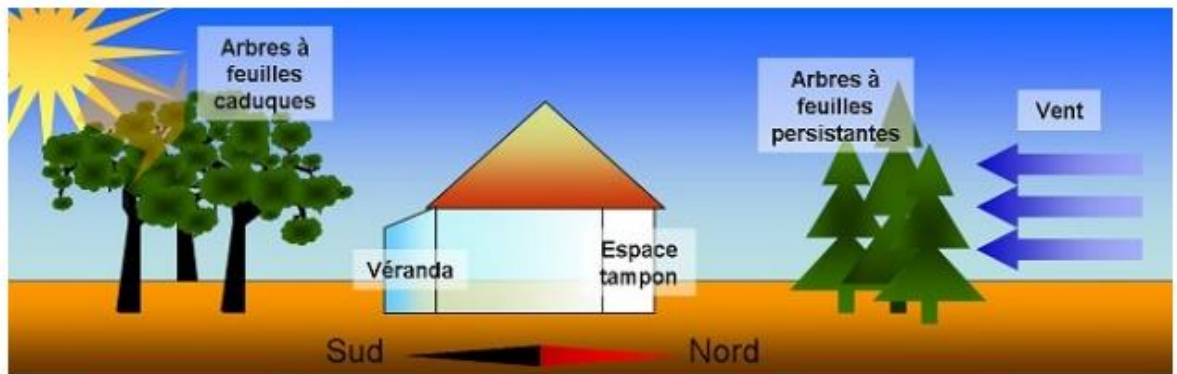
Une casquette « naturelle » qui tire parti des arbres à feuilles caduques

En hiver :



Les arbres à feuilles caduques sont recommandés pour protéger la façade sud de cette maison. Leur avantage est de perdre leurs feuilles en hiver, laissant pénétrer la lumière et la chaleur dans la maison, et de permettre un ombrage en été afin de limiter l'apport de chaleur.

En été :



L'idéal est d'en faire la façade principale de la maison car c'est elle qui reçoit le plus d'énergie solaire. Vous pouvez y implanter une grande surface vitrée, type véranda, afin de profiter de la lumière naturelle et du soleil hivernal. [45]

➤ Les stores

Comment choisir un store de fenêtre extérieur ?

2 concepts, 2 présentations :

Deux concepts de stores de fenêtre extérieurs

- les stores verticaux, qui descendent parallèlement à la fenêtre. Il en existe deux types : les stores à conducteur et les stores à coulisse.
- les stores à projection, aussi appelés stores à l'italienne, qui s'écartent de la fenêtre grâce à des bras. Ils ne peuvent devenir verticaux que lorsqu'ils sont totalement déroulés.

Les stores à projection permettent un meilleur réglage de la lumière et de la vue à l'intérieur du logement.

Deux types de présentation des stores de fenêtre extérieurs :

- les stores de fenêtre coffres : qui protègent intégralement la toile
- les stores de fenêtre classiques : ils peuvent être posés à l'intérieur de la fenêtre, dans l'embrasure, celle-ci protégeant en grande partie la toile [46].