

Université Mohamed Kheider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : Architecture
Réf :



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم: الهندسة المعمارية
المرجع:

Mémoire présenté en vue de l'obtention
Du diplôme de
Magister en : Architecture
Ecole doctorale d'architecture
Option : Ville et Architecture au Sahara

Intitulé

**Apport de l'intégration des panneaux photovoltaïques au bilan
énergétique d'une habitation bioclimatique.
Cas d'étude - logements collectif à Laghouat -**

Présenté par :

OULDZEMIRLI Mohamed Abdelmoumen

Soutenu publiquement le : 17 / 05 / 2017

Devant le jury composé de :

Pr. ZEMMOURI Nouredine	Professeur	Président	Université de Biskra
Dr. BENNABES Moussadek	Maitre de Conférences 'A'	Rapporteur	Université de Biskra
Pr. BRIMA Abdelhafid	Professeur	Examineur	Université de Biskra
Dr. DJELLOUL Amel	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra

Dédicace :

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :

À MES CHERS PARENTS,

À MA FEMME,

À TOUTE LA FAMILLE...

Remerciements :

Je remercie Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné son soutien durant les périodes les plus difficiles.

Mes remerciements particuliers s'adressent vivement à mon directeur de mémoire, monsieur le docteur **BENNABAS Moussadek** pour sa disponibilité, patience et encouragements ...

Je tiens également à exprimer mon immense gratitude envers tous mes enseignants de la post-graduation ; Pr **ZEMMOURI Nouredine**, Pr **FARHI Abdellah**, Pr **ALKAMA Djamel**, Pr **MAZOUZ Saïd**, Pr **HAMOUINE Abdelmadjid**, Pr **KHENFER Mohamed**, Dr **BENCHIKH Hamida**, Pr **BELAKHAL Azzedine**, Dr **BIARA Widad** et Dr **HOUDA Sadok**.

Je suis à la fois honoré et heureux que : Pr. **BRIMA Abdelhafid** (université de Biskra), Pr. **ZEMMOURI Nouredine** (université de Biskra), et Dr. **DJELLOUL Amel** (université de Biskra), aient accepté d'évaluer et d'examiner mon mémoire.

J'adresse aussi mes remerciements à tous les enseignants de l'université de Laghouat qui m'ont aidés pour la réalisation du présent travail, en particulier ; le doyen de la faculté de la technologie à l'université de Laghouat Pr **CHAKNANE Ali**, Mr **LAROUI Mohamed** ; Mr **DEHINA Karim**, comme je remercie aussi Pr **SEMMAR Djafer** et Mr **GUENNOUN Hocine** responsables du laboratoire du génie mécanique de l'université de SAAD Dahleb de Blida,

Sans oublier mes remerciements à monsieur **BELDJERDI Karim et son staff** de la direction générale SONEGGAZ, pour leur soutien pendant mes déplacements aux différentes filiales.

Mes gratitudes sont aussi destinées à tous ce qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Enfin, je tiens à rendre hommage aux enseignants qui ont marqué ma scolarité et mes études : M. **BELHADJ L'Hannachi**, M. **BENARFA Kamel**, M. **KEBAILI Nouredine**, M. **KROBBA Benharzallah**, M. **HADJOUJJA Mourad**, M. **MEZAOUEKH Lakhdar** ...!

ملخص :

العالم بأسره مجند لمواجهة المشاكل المرتبطة بالاستهلاك المفرط للطاقة و تلوث الغلاف الجوي , وهذا من خلال عقد العديد من الملتقيات و المؤتمرات العالمية , و اخرها الذي انعقد شهر نوفمبر من السنة الجارية 2016 بمدينة مراكش المغربية , و هذا من اجل تحسيس مختلف الدول عن مخاطر الافراط في استهلاك الطاقة و انه من الواجب الانقاص من طرح الغازات المسببة للتصحر و التلوث من خلال تطوير اليات جديدة لاستعمال مصادر طاقة بديلة و متجددة عوض استعمال مصادر الطاقة الحفرية.

قطاع يحتل المرتبة الاولى في استهلاك للطاقة , في الجزائر حوالي 42 بالمئة من استهلاك الطاقة بالمدن تعود لهذا القطاع . تصميم المباني عامة و السكنات خاصة له دور مهم في ترشيد استهلاك الطاقة لهذا يمكننا التدخل في هذا الباب من اجل الحد من هذا المشكل. العديد من الحلول ممكنة من اجل تحسين الوضعية الحرارية و الجودة الطاقوية للسكن. نذكر على سبيل المثال مبادئ التصميم البيومناخي كعزل المبنى حراريا من الخارج و توجيهه...الخ.

لهذا تطرقنا في بحثنا الحالي لاستهلاك الطاقة بالدرجة الاولى, و علاقته بتوفير الرفاهية الحرارية للفرد داخل المبنى, حالة الدراسة المختارة و التي اجرينا عليها المحاكاة هي سكن واحد من بناية متكونة من اربع طوابق لسكنات جماعية بمدينة الاغواط و التي تبعد حوالي 400 كلم جنوب العاصمة الجزائر و المعروفة بالمناخ الحار و الجاف. وقع اختيارنا على هذا السكن بالطابق الاخير للمبنى لامتلاكه لأكبر عدد ممكن من الواجهات نحو الخارج , ثلاث واجهات مع السقف.

العمل المقصود يتمثل في المحاكاة الحرارية المتغيرة من خلال استعمال برنامج Pleiades+comfie , و هذا عبر اربعة مراحل, الحالة الابتدائية التي تمثل المبنى بدون اي تدخلات, بعدها التحسين الاول اين ادرجنا نوافذ ثنائية التزجيج, ثانيا قمنا بعزل الجدران من الخارج و اخيرا اضفنا عزل السقف .

في الاخير تحصلنا على نتائج جد ايجابية في استهلاك الطاقة اللازمة للتدفئة و التبريد , حيث اقتربنا من قيمة المنازل منخفضة الاستهلاك حوالي 50 كيلواط ساعي للمترالمربع سنويا وهذا بعد ان اضفنا الالواح الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية و قمنا بمحاكاتها ببرنامج خاص PV sys.

الكلمات المفتاحية

الجودة الطاقوية, الطاقة البديلة , التنمية المستدامة , السلوك الحراري , التصميم البيومناخي , الرفاهية .

RESUME :

Aujourd'hui, le monde entier fait face aux problèmes énergétiques, aux pollutions atmosphériques, à travers les différents sommets mondiaux sur l'environnement, le dernier s'est tenu en Novembre 2016, à Marrakech, Maroc, la « COP 22 » (conference of *partie*), une conférence sur le climat et la préservation de l'environnement, ayant comme pour objectif la sensibilisation de tous les pays du monde à minimiser les émissions de gaz à effet de serre par le développement et l'utilisation d'énergies alternatives renouvelables au lieu d'énergies fossiles.

Le secteur de l'habitat est classé comme étant le plus énergivore des secteurs de la ville, en Algérie environ 42 % de la consommation énergétique globale revient au secteur résidentiel. La conception de l'habitat en général et des logements en particulier a un rôle très important dans la consommation énergétique. Par ce biais, on peut y intervenir pour minimiser la consommation d'énergie. Plusieurs solutions sont possibles, adoptées dans certains cas, peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration du comportement thermique et les performances énergétiques du bâtiment, en particulier, l'application des principes passifs « conception bioclimatique », comme l'ITE isolation thermique par l'extérieur, l'orientation, ...etc.

A cet effet le présent travail traite des consommations énergétiques, polluantes (d'origine fossile) vis à vis des demandes énergétiques nécessaires au confort thermique de l'être humain. Un travail de terrain est effectué sur le cas le plus défavorable d'un logement collectif situé à Laghouat, ville du centre d'Algérie, située à « 400 km au sud de la capitale Alger » connue pour son climat chaud et sec. Le travail en question, consiste en la **Simulation Thermique Dynamique** avec l'usage du logiciel *Pléiades + comfie*, en quatre étapes ; le cas initial, une première amélioration avec le double vitrage avec Argon, deuxièmement avec l'isolation extérieure des murs et enfin l'addition de l'isolation de la toiture. Vers la fin, on a abouti à des résultats très significatifs pour l'énergie nécessaire au chauffage et à la climatisation, se rapprochant substantiellement des valeurs BBC après l'intégration des panneaux photovoltaïque à travers la simulation avec le logiciel **PV sys**.

MOTS CLES :

Performances énergétiques, comportement thermique, énergies alternatives, développement durable, conception bioclimatique, confort, Pléiades + comfie.

Table des matières

-	Dédicaces et remerciement	I
-	Résumé	III
-	Table des matières	V
-	Liste des figures	XIV
-	Liste des tableaux	XVIII

Introduction générale

1.	Introduction	01
2.	Problématique	03
3.	Hypothèses	06
4.	Objectifs	06
5.	Structure du mémoire	07

Partie 01 :

CHAPITRE I : La conception bioclimatique :

1.	Introduction	09
2.	Qu'est-ce que la bioclimatique appliquée à l'architecture	10
2.1.	Définition des concepts liés à l'architecture bioclimatique	11
2.1.1.	Maisons bioclimatiques	11
2.1.2.	Maisons passives	12
2.1.3.	Les maisons « écologiques »	12
2.1.4.	Maisons climatiques	13
2.1.5.	Bâtiment à énergie positive (BEPOS) / Maisons positives	13
2.1.6.	Les maisons « zéro energy »	13
2.2.	Comparaison énergétique de différents types de maisons	14
3.	Les étapes de la démarche de conception climatique	14
3.1.	Analyse de l'environnement	15
3.2.	Matériaux et techniques de construction	16
3.3.	Compacité et orientation	16
3.4.	Aération des espaces intérieurs « Ventiler correctement »	16
3.5.	Isolation bien soignée	17

Table des matières

3 .6. Captage du rayonnement solaire	18
3 .7. L'éclairage efficace	18
4. Les stratégies de l'approche bioclimatique	19
4 .1. Confort en période froide (hiver)	19
4.1.1. Capter le soleil	19
4.1.2. Stocker la chaleur	20
4.1.2.1. Le gain direct	20
4.1.2.2. Le gain indirect	20
4.1.3. Répartition de la chaleur	20
4.1.4. Conservation de la chaleur	21
4 .2. Période chaude (été)	21
4.2.1- Protection du bâtiment « Minimiser les gains solaires »	22
4 .2.2. Dissipation des surchauffes	22
4.2.3. Refroidissement des locaux par ventilation	22
4 .2.4. Minimisation des apports internes	23
5. Les principaux dispositifs climatiques	23
5.1 - La serre ou véranda	23
5.2 - Espaces tampons non vitrés	24
5.3 - Murs capteurs et murs Trombes	24
5.4- les puits canadiens	25
5.5- Les façades doubles peau	26
6. Conclusion	27

CHAPITRE II : Amélioration du comportement énergétique du bâtiment :

1. Introduction	28
2. Performance set efficacité énergétiques	29
2.1. C'est quoi l'Efficacité énergétique ?	29
2.3. Nuance entre bilan énergétique et bilan thermique	29
2.3.1Le bilan énergétique	30
2.3. Objectifs de l'amélioration des performances énergétiques	30
2.4. Axes d'intervention pour améliorer les performances énergétiques	31
3. Critères d'une performance énergétiques	31
3.1. Coefficient de transmission thermique d'une paroi U	31
3.2. Coefficient de transmission thermique d'un matériau λ	32
3.3. Niveau d'isolation thermique globale K	32
3.4. Niveau de consommation annuelle d'énergie	32
4. Différents Label et certifications pour l'efficacité énergétique	33
4.1. Maison passive	33
4.2. BBC Effinergie	34
4.3. MINERGIE	35
4.4. HQE	37
4.5. LEED	38
4.6. BREEM	39
5. Réhabilitation & rénovation énergétique :	41
5.1 Exemple de projet de réhabilitation	41
6. Conclusion :	55

Table des matières

CHAPITRE III : Energies renouvelables pour l'habitat :

1. Introduction	56
2. Définition et historique	57
3. Situation des énergies renouvelables	58
3.1. Mondiale	58
3.2. En Algérie	59
3.3.A Laghouat	60
4. Différents types d'énergies renouvelables :	61
4.1. La bioénergie	61
4.2. L'énergie éolienne	62
4.3. L'énergie hydraulique	63
4.4. La géothermie	64
4.5. Le solaire	65
4.5.1. L'origine du rayonnement solaire	65
4.5.1.1. L'énergie solaire reçue sur Terre	65
4.5.1.2. L'utilisation du rayonnement solaire par l'homme	66
4.5.2. Les différents systèmes solaires	67
4.5.2.1. Le solaire passif	67
- Solaire thermique	68
- Pour l'eau chaude sanitaire	68
- Solaire thermodynamique	69
4.5.2.2. Le solaire actif	70
- Solaire photovoltaïque	70

Table des matières

4.5.3.la production d'électricité solaire photovoltaïque en Algérie	77
4.5.3.1 Projet SKTM	77
5. Conclusion	78

Partie 02 :

CHAPITRE IV : Méthodologie et présentation du cas d'étude :

1. Introduction	80
2. Présentation du cas d'étude	80
2.1 situation et caractéristiques climatiques	80
2.1.1 Classification du Climat en Algérie	80
2.2. Présentation de la wilaya de Laghouat	81
2.2.2 Situation géographique et astronomique de la wilaya	81
2.2.3 Caractéristiques du climat de la ville de Laghouat	81
2.2.4 Les données climatiques de la ville de Laghouat	82
2.2.4.1 Classification des différentes zones	82
2.2.4.2 Rayonnement solaire et durée d'insolation	83
2.2.4.3 Température	83
2.2.4.4 Précipitations	84
2.3.4. Humidité	84
2.3.5 Vents	85
3. Présentation du logement d'étude	86
3.1 Présentation du quartier	86
3.2 plan de masse	86
3.3 Quelques photos sur le quartier	87
3.4 Les plans des logements – bloc de rive –	88
3.5 Plan de la maison à étudiée	89

Table des matières

3.6 Description générale	89
3.7. Détails de construction de la maison d'étude	90
4. Méthodologie de recherche	91
4.1 Technique et méthode d'investigation	91
4.2. Présentation de la technique	91
4.2.1. Qu'est-ce qu'une STD ?	91
4.2.2. Les avantages de la STD	92
4.2.3. A quoi sert la STD ?	92
4.2.4. Quelques logiciels de la STD	92
4.3. Comparaison de validation entre TRNSYS et Pléiades	93
4.3.1. Validation du logiciel	94
5. Présentation du 1er logiciel de simulation	94
4.4.1 Pleiades+comfie 2.3	94
4.4.2 L'interface Pléiades+ Comfie	94
4.4.3 Avantage du Pleiades+comfie 2.3	95
4.4.4 Résultats générés par pléiades + comfie	97
6. Présentation du deuxième logiciel PVsys	98
4.5.1. Présentation	98
4.5.2. Pré-dimensionnement	99
4.5.3. Conception du projet	99
4.5.4. Situation géographique	99
4.5.5. Spécifications du système	100
7. Conclusion	101

CHAPITRE V : Simulation et interprétation des résultats :

1. Introduction	101
2. Déroulement de la première simulation Pléiades + comfie	102
2.1. Génération des données climatiques « Meteonorm »	102
2.2. Traitement des données climatiques « MeteoCalc »	103
2.3. Insertion de nouveaux matériaux et nouvelles compositions « Pléiades »	103
2.3.1. Caractéristique des matériaux utilisés	103
2.3.2. Caractéristique des compositions	106
2.4. Plan, données de construction et la 3D « Alcyone »	107
2.5. Simulation « Pléiades »	108
2.5.1. Principe de la simulation	108
2.5.2. Les entrées de la simulation « input »	110
2.5.2.1 Module bibliotherm	110
2.5.2.2 Module DH-Multi	110
2.5.2.3 Module InterComfie	111
3. Résultats de la première simulation	111
3.1. Cas initial	111
3.1.1. Avec consigne thermostat	111
3.1.2. Evaluation libre « le logement est servi à lui-même »	112
3.2. Première amélioration « DV argon 4/12/4 »	115
3.2.1. Avec consigne thermostat	115
3.3. Deuxième amélioration + ITE	117
3.3.1. Avec consigne thermostat	117
3.4. Troisième amélioration	119
3.4.1. Avec consigne thermostat	119

Table des matières

3.4.2. Evaluation libre « le logement est servi à lui-même »	120
- Intégration de la Ventilation Mécanique Contrôlée	123
- Tableau récapitulatif	124
- Indice de l'étiquette énergétique	124
4. Déroulement de la deuxième simulation PVsys	125
4.1. Choix du projet	126
4.2 Interface du logiciel PVsys	126
4.3. Etape de la simulation	127
4.3.1 Les données climatiques	127
4.3.2. L'orientation optimale	127
4.3.3. Utilisation journalière de l'électricité	128
4.3.4. Choix de différents composants du système solaire photovoltaïque	129
5. Résultats de la deuxième simulation	130
5.1. Bilan global	131
6. Conclusion	133
Conclusion générale	134
Bibliographie	
Annexe 01	
Annexe 02	

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX :

Chapitre introductif :

- **Figure 1** : Structure du mémoire 8

PARTIE 01

CHAPITRE I : la conception bioclimatique :

- **Figure 2** : exemple d'une maison bioclimatique près de Stavelot 11
- **Figure 3** : mélange de paille et de terre pour la constitution de murs 12
- **Figure 4** : exemples de bâtiments à énergie positive à Freiburg en Allemagne. 13
- **Figure 5** : comparaison à titre indicatif de quelque type des maisons. 14
- **Figure 6** : intégration du projet a son environnement. 15
- **Figure 7** : la répartition des pièces selon l'orientation. 16
- **Figure 8** : ventilation d'une habitation 16
- **Figure 9** : les défauts d'étanchéité des batiments sont des sources de courants d'air inconfortables 17
- **Figure 10** : principe du captage du soleil 18
- **Figure 11** : les principes du confort d'hiver 19
- **Figure 12** : des espaces largement ouverts au soleil 19
- **Figure 13** : classement des systèmes solaires passifs en gain direct 20
- **Figure 14** : différents modes de distribution de la chaleur 20
- **Figure 15** : une faible réduction de la vitesse du vent par un écran induit une forte réduction des infiltrations d'air 21
- **Figure 16** : les principes du confort d'été 21
- **Figure 17**: configuration hiver 22
- **Figure 18** : configuration été. 22
- **Figure 19** : fonctionnement de la véranda 23
- **Figure 20** : principe d'un espace tampon 24
- **Figure 21** : principe d'un mur trombe 25
- **Figure 22** : principe d'un mur capteur 25
- **Figure 23** : schéma de principe d'un puits canadien/provençal 26
- **Figure 24** : projet a une façade double peau 26
- **Figure 25** : schéma de principe d'une façade double peau 26

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX :

CHAPITRE II : amélioration du comportement énergétique du bâtiment :

- Figure 26: étiquette d'énergie	30
- Figure 27: Schématisation des principes de la conception d'une maison passive Passivhaus'2007	33
- Figure 28: Evolution du nombre de certifications par an en France	39
- Figure 29: situation de l'habitation	41
- Figure 30 : localisation du projet	42
- Figure 31: chaufferie collective	43
- Figure 32: bouche d'aération	43
- Figure 33: étiquette d'énergie du cas initial	44
- Figure 34 : différence de consommation entre les deux cas	51
- Figure 35 : étiquette énergétique du cas initial	54
- Figure 36 : étiquette énergétique du cas amélioré	54

CHAPITRE III : énergies renouvelables pour l'habitat :

- Figure 37 : les différents types d'énergies.	57
- Figure 38 : développement des énergies renouvelables	58
- Figure 39 : approvisionnement énergétiques mondiale.	58
- Figure 40 : Station de production photovoltaïque Ain Imelh Msila	59
- Figure 41 : photos dans le champ photovoltaïque Laghouat	60
- Figure 42 : photos dans le champ photovoltaïque Laghouat	60
- Figure 43 : le bois est la principale source des bioénergies.	61
- Figure 44 : L'utilisation énergie éolienne par l'homme est ancienne.	62
- Figure 45 : les principaux éléments de l'un de type d'une éolienne	62
- Figure 46 : L'utilisation de l'énergie éolienne en Algérie « Wilaya d'Adrar ».	62
- Figure 47 : schéma de principe d'une centrale hydroélectrique	63
- Figure 48 : source de l'énergie géothermique	64
- Figure 49 : schéma de principe d'un chauffage géothermique.	64
- Figure 50 : ce que reçoit la terre du soleil	65
- Figure 51 : énergies rayonnées par la terre	66

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX :

- Figure 52 : principes du solaire passif appliqué aux bâtiments	67
- Figure 53 : principe de fonctionnement d'un capteur solaire thermique	68
- Figure 54 : principes de fonctionnement d'une centrale thermodynamique.	69
- Figure 55 : Miroirs cylindro-paraboliques d'Andasol, Espagne	70
- Figure 56 : schéma du système photovoltaïque	71
- Figure 57 : fonctionnement d' un panneau solaire	72
- Figure 58 : composants d' un système solaire photovoltaïque	73
- Figure 59 : composition d' un module photovoltaïque	73
- Figure 60 : système de raccordement d' un onduleur	74
- Figure 61 : schéma de raccordement 12 volts sans onduleur	75

PARTIE 02

CHAPITRE 04 : méthodologie et présentation du cas d'étude :

- Figure 62 : carte géographique de l'Algérie	80
- Figure 63 : position de Laghouat par rapport à l'Algérie	81
- Figure 64 : Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel	81
- Figure 65 : irradiation directe journalière reçue	83
- Figure 66 : Irradiation du rayonnement	83
- Figure 67 : les températures moyennes de la wilaya de Laghouat en 2013	83
- Figure 68 : les précipitations annuelles de la wilaya de Laghouat	84
- Figure 69 : l'humidité annuelle de la wilaya de Laghouat en 2013	84
- Figure 70 : la vitesse du vent de la wilaya de Laghouat en 2013	85
- Figure 71 : Situation du quartier par rapport à la ville	86
- Plan 72 : plan de masse.	86
- Figure 73 : photo générale	87
- Figure 74 : photo sur le bloc de rive	87
- Figure 75 : photo sur le bloc d'angle	87
- Plan 76 : plan de rive-A/B- courant.	88
- Figure 77 : plan du bloc d'angle -C- courant	88
- Plan 78 : étage courant	89
- Figure 79 : structure en béton armé système poteau /poutre	90

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX :

- Figure 80 : détails constructif d'un mur en double cloison 15/5/10cm	90
- Figure 81 : paramètres de la STD.	92
- Figure 82. : Résultats de simulation	93
- Figure 83 : interface Alcyone	95
- Figure 84 : interface MeteoCalc	95
- Figure 85 : interface pléiades	96
- Figure 85 : interface PVsys	98
- Figure 86 : choix de l'orientation :	99

CHAPITRE 05 : simulation et interprétation des résultats :

- Figure 87 : génération du fichier climatique Laghouat avec meteonorm	102
- Figure 88 : traitement des données avec MeteoCalc	103
- Figure 89 : comparaison du besoin en chauffage et climatisation	105
- Figure 90 : plan du logement	107
- Figure 91 : récapitulatif des données de construction	107
- Figure 92 : 3D du logement	107
- Figure 93 : caractéristique du simple vitrage utilisé dans le cas initial	108
- Figure 94 : caractéristique la toiture saharienne	108
- Figure 95 : variation de température, journée représentative en période estivale	112
- Figure 96 : variation de température, journée représentative en période hivernale	112
- Figure 97 : variation de température journée la plus chaude	120
- Figure 98 : variation de température journée la plus froide	121
- Figure 99 : variation de température estivale après l'ajout de VMC	123
- Figure 100 : projection de l'amélioration sur l'étiquette énergétique.	124
- Figure 101 : désignation du type de projet	126
- Figure 102 : différentes étapes de la simulation	126
- Figure 103 : génération des données climatiques de la ville de Laghouat	127
- Figure 104 : orientation optimale des panneaux	127
- Figure 105 : scénario de consommation journalière	128
- Figure 106 : scénario de consommation horaire	128
- Figure 107 : configuration de différents composants du système	129

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX :

CHAPITRE 02 : amélioration du comportement énergétique du bâtiment :

- **Tableau 01** : comparaison entre différents Labels 40
- **Tableau 02** : Répartition des surfaces vitrées par orientation 47
- **Tableau 03** : énergie grise pour quelques matériaux d'isolation. 48
- **Tableau 04** : résultats des simulations 53

CHAPITRE 04 : méthodologie et présentation du cas d'étude :

- **Tableau 05** : programme surfacique 89
- **Tableau 06** : les indices du résultat. 97

CHAPITRE 05 : simulation et interprétation des résultats :

- **Tableau 07** : caractéristiques des matériaux composites utilisés 103
- **Tableau 08** : caractéristiques des isolants utilisés 104
- **Tableau 09** : caractéristiques des matériaux utilisés 104
- **Tableau 10** : récapitulatifs des résultats 105
- **Tableau 11** : caractéristique du mur intérieur 106
- **Tableau 12** : caractéristique du mur extérieur 106
- **Tableau 13** : caractéristique la toiture saharienne 106
- **Tableau 14** : caractéristique la toiture intermédiaire 106
- **Tableau 15** : caractéristique de la composition du mur proposé 109
- **Tableau 16** : caractéristique la toiture isolée proposée. 109
- **Tableau 17** : Besoin annuel du logement. Cas initial 111
- **Tableau 18** : Besoin annuel du logement. 1 ère cas d'amélioration 113
- **Tableau 19** : taux d'inconfort du cas initial 113
- **Tableau 20** : besoin de rafraîchissement mensuel du cas initial 114
- **Tableau 21** : besoin de chauffage mensuel du cas initial 114
- **Tableau 22** : Besoin annuel du logement. 1 ère cas d'amélioration 115
- **Tableau 23** : besoin unitaire et Taux d'amplification 115
- **Tableau 24** : besoin de rafraîchissement mensuel de la 1 ère amélioration 116
- **Tableau 25** : besoin de chauffage mensuel de la 1 ère amélioration 116

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX :

- Tableau 26 : Besoin annuel du logement. 1 ère cas d'amélioration.	117
- Tableau 27 : Besoin unitaire et amplification	117
- Tableau 28 : besoin de rafraichissement mensuel de la 2 amélioration	118
- Tableau 28 : besoin de chauffage mensuel de la 2 amélioration	118
- Tableau 30 : besoin annuel	119
- Tableau 31 : taux d'inconfort, moyen de surchauffe et amplification de T°	119
- Tableau 32 : besoin de rafraichissement mensuel de la 3 amélioration	122
- Tableau 32 : besoin de chauffage mensuel de la 3 amélioration	122
- Tableau 34 : taux d'inconfort, moyen de surchauffe	123
- Tableau 35 : récapitulatifs des résultats	124
- Tableau 36 : besoin journalier constant	125
- Tableau 37 : récapitulatif des résultats	131

INTRODUCTION

GENERALE:

Introduction générale

Depuis son existence, l'être humain cherchait des moyens et des solutions pour s'abriter, tout en s'adaptant aux conditions climatiques, pour survivre et pour vivre confortablement en concevant des abris avec la nature et l'environnement, en profitant de la nature pour se chauffer, pour s'aérer et même pour satisfaire ses besoins en matière d'énergie.

La fin du 18^{ème} siècle est caractérisée par une croissance de population mondiale sans précédent, même dans le monde rural. La révolution industrielle, est la cause, elle a bouleversé le monde en commençant par l'Europe dans un premier lieu en attirant une grande partie des populations vers les villes. Cette expatriation vers le monde urbain, dont le but était de chercher l'emploi et les meilleures conditions de vie, s'est passée à un rythme très accéléré. Ce qui a engendré des extensions incontrôlables des villes. Ces proliférations non maîtrisées avaient de lourds impacts sur l'environnement immédiat, sur l'atmosphère, et malheureusement des répercussions négatives.

Le discours contre le réchauffement climatique est aujourd'hui, plus que jamais, fait partie des grands débats internationaux, mais sans consensus général de remédiation bien que des initiatives locales se développent pour faire face. Dans le domaine du bâtiment et travaux publics cela se traduit par le développement des labels, certifications et des techniques de constructions peu consommatrices d'énergie et peu émissives des gazes à effet de serre, à titre indicatif l'architecture bioclimatique, Haute Qualité Environnementale ; Passive house, l'architecture verte, durable, écologique ...etc.

Notre pays a pris ces défis et commence à développer aussi des réglementations et des programmes contre la propagation de des pollutions dues à la consommation d'énergie d'origine fossile, connues par leurs émissions de gazes à effet de serre, et commençant par l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) **(1)**. Elle a pour mission principale la mise en œuvre de la politique nationale de maîtrise de l'énergie, et ce à travers la promotion de l'efficacité énergétique. **(2)** Une autre société par actions créée en 2002 par deux acteurs majeurs du secteur de l'énergie en Algérie à savoir les Groupes Sonatrach et Sonelgaz et le groupe, Semoulerie Industrielle de la Mitidja (SIM). Elle s'appelle New Energy Algérie, par abréviation NEAL, elle a pour but de La promotion

et le développement des énergies nouvelles et renouvelables. En janvier 2005 vient le rôle du Centre de Recherche et de Développement de l'Electricité et du Gaz (CREDEG), une filiale du groupe Sonelgaz. Parmi les missions du CREDEG est le développement et la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables (3).

Dernièrement, et exactement le 07 avril 2013 Sonelgaz a créé une nouvelle filiale qui s'appelle SKTM qui est une société par actions avec un capital souscrit en totalité par Sonelgaz et dont le siège social est situé à Ghardaïa. **Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida**, par abréviation SKTM, est une société de production d'électricité conventionnelle pour réseaux isolés du sud et des Energies Renouvelables pour le territoire national. (4)

L'Algérie s'engage avec détermination sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origine fossile.

La stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement prévoit le lancement de plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc d'ici 2020. D'autres projets d'une capacité de 200 MWc par an devraient être réalisés sur la période 2021-2030. (5)

L'énergie représente un enjeu économique, social, géographique à l'échelle planétaire. Le secteur du bâtiment est directement concerné par la nécessité de limiter la consommation énergétique. *Aujourd'hui, la réglementation thermique RT 2012 définit ses exigences autour de la consommation énergétique, l'efficacité énergétique (Bbiomax) et la température intérieure du bâtiment. La consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs est limitée à un maximum de 50 KWhep/m².an en moyenne.* (6)

(1) *crée par décret présidentiel en 1985, placé sous la tutelle du Ministère de l'Energie et des Mines*

(2) *<http://www.aprue.org.dz/>*

(3) *CREDEG - Portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES.html consulté le 20 /01/2016*

(4) *site internet : Portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES.html*

(5) *Programme national des énergies renouvelables - Portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES.html*

(6) *vers une réinterprétation de l'architecture bioclimatique vernaculaire pour répondre aux enjeux de l'architecture contemporaine Selma Benzarti DPEA 2014/2015*

Problématique

L'Algérie doit faire face à un problème énergétique croissant, lié à l'évolution de sa démographie. En effet, que ce soit dans le secteur du logement, le secteur tertiaire ou autre, les besoins en énergies « fossiles ou renouvelables » sont proportionnels à l'évolution de la population. Dans le domaine du bâtiment, le nombre de constructions sous forme de logements ou de bâtiments tertiaires est amené à augmenter considérablement. L'absence d'application de réglementation thermique alliée à des contraintes économiques et de coût de construction et des pratiques architecturales importées, a longtemps favorisé la réalisation de bâtiments totalement inadaptés aux climats. Le climat Saharien à titre d'exemple où on trouve L'ensemble de l'habitat construit depuis un siècle qui fait l'essentiel de la ville Saharienne aujourd'hui, semble tourner le dos aux principes lentement élaborés à travers les siècles. Partout le matériau de base utilisé est le parpaing, qui définit indiscutablement une perte de valeur iso thermique par rapport à la terre ou la pierre (6).

Aujourd'hui, l'habitat représente le plus grand consommateur d'énergie dans la ville contemporaine, par le nombre des logements et leurs utilisations, en ce moment la politique de l'habitat se situe à la première place des préoccupations de l'état algérien et prend une place prépondérante dans les orientations et les réformes, en particulier, le financement. Ceci, étant à cause de l'énorme demande du logement. A ce titre, le secteur résidentiel est considéré comme étant le secteur le plus énergivore, il présente 42% de la consommation énergétique finale (7).

De nos jours nous rencontrons plusieurs défis, dont le dénominateur commun est la surpopulation ou la croissance démographique accélérée, ce qui influe directement sur la demande par rapport à une offre limitée ; certaines études prédisent que la population arrive à neuf milliards habitants l'an 2040 et toute cette population consomme plus d'énergie, accélèrera la demande mondiale sur l'énergie ce qui polluera l'atmosphère en conséquence.

(6) Marc côte "La ville et le désert " Le Bas-Sahara Algérien. ISBN : 2-84586-733-6 Décembre 2005

(7) www.aprue.org.dz

Au-delà des disparités locales, une personne au XXI e siècle consomme en moyenne sept fois plus d'énergie que ses arrière-grands-parents. La consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour ses besoins alimentaires. À partir de 1850, la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale des besoins, mais aussi de l'offre avec l'utilisation du charbon.

On estime qu'en 1800, le milliard d'humains habitant alors la planète consommait 0,5 Gtep d'énergie primaire. En 1900, 1,7 milliard d'hommes consommaient le double, soit 1 Gtep et en 2000, 6 milliards d'humains consommaient 10 Gtep (10,5 Gtep en 2010). La consommation d'énergie a donc été multipliée par 10 entre 1900 et 2000 tandis que la population n'a été multipliée que par 3,5. (8)

Le deuxième défi qui contre l'être humain concerne l'origine de cette énergie qui dépend généralement aux combustibles fossiles, tel que le pétrole, le charbon et le gaz. Le problème se confond dans la consommation hâtée de cette source d'énergie, qui est une source ni durable, ni renouvelable qui disparaîtra un jour avec ce rythme de consommation.

Le troisième défi englobe les restes ou les déchets de la combustion de ces carburants fossiles, qui engendre des gazes à effet de serre, par l'augmentation du CO2 dans l'atmosphère étant la cause principale du réchauffement climatique, induisant les changements climatiques redoutables avec de lourdes conséquences sur les écosystèmes et sur l'environnement de l'être humain.

A cet effet le monde cherche des ressources alternatives pour la production d'une énergie saine, renouvelable, et respectueuse de l'environnement. Cette énergie dépend généralement des éléments de la nature telle que le soleil l'eau et les vents ... etc. à ce propos plusieurs congrès ont été réunis pour discuter la situation actuelle et de prévoir des issues et le dernier de ces congrès vient de s'achever à Paris le 30 Novembre 2015, avec des résultats conséquents en matière de respect de l'environnement, la diminution de la pollution et le développement des énergies douces.

(8) Livre : **vers une nouvelle révolution énergétique** sabine rabourdin édition : le cavalier bleu page 45.

Les énergies renouvelables sont d'actualité et très favorisées. Parmi ces énergies renouvelables, et celle qui est la plus développée, la plus populaire et la plus répandue est **l'énergie solaire**. De plus nous avons le choix entre deux systèmes d'utilisation tel que :

- **Utilisation indirecte** : comme le solaire thermique pour l'eau chaud sanitaire et pour le chauffage, et le solaire photovoltaïque pour la production de l'électricité « **système actif** », surtout que notre pays possède un grand potentiel de taux d'ensoleillement parmi les plus élevés au monde, allant de 1.700 kWh par mètre carré dans le Nord à 2.650 kWh dans le Sud. L'exploitation de cette énergie reste très timide

- **Utilisation directe** par l'intégration des principes de l'architecture bioclimatique qui est à elle seule permet de faire beaucoup d'économies vis-à-vis de l'énergie. « **Systèmes passif** »

Selon le U.S. Green Building (Conseil du bâtiment durable américain), un bâtiment écologique pourrait réduire jusqu'à 50% sa consommation d'énergie, réduire jusqu'à 39% ses émissions de CO₂, réduire de 40% sa consommation d'eau et réduire de 70% ses matières résiduelle solides. D'autre part, des études montrent clairement que la consommation d'énergie d'une maison s'effectue principalement pendant son utilisation plutôt que lors de sa construction. Il est donc possible de minimiser grandement l'empreinte écologique des bâtiments par une bonne planification au départ (9).

Ceci nous ramène à poser les questions fondamentales de recherche suivantes :

- Comment peut-on intervenir sur un logement, pour minimiser la consommation énergétique ?
- Comment diminuer les demande énergétique d'une habitation ?
- Comment alléger le bilan énergétique d'un logement ?
- Quelle solution proposons-nous, et Comment peut-on concevoir des habitations à la fois pratiques confortables et respectueuses de l'environnement ?

(9) Jean pierre des jardin département des sciences de la terre et de l'atmosphère USA

Hypothèse

Je vais répondre hypothétiquement sur les questions de recherche fondamentales. Et même pour les tester (confirmer ou infirmer) par la suite avec l'une des approches méthodologiques que nous allons mettre en exergue ultérieurement :

- L'application de ***l'approche bioclimatique*** en amont de la conception du projet, ou ***l'amélioration du comportement énergétique*** d'une habitation existante, peuvent permettre de diminuer la consommation de l'énergie et d'optimiser le bilan énergétique.

- Le recours aux énergies renouvelables telle que ***les panneaux photovoltaïques***, peut contribuer efficacement à alléger le bilan de consommation de l'énergie et à ***améliorer les performances énergétiques*** d'un logement. Autrement dit produire un logement à zéro énergie ou à énergie positive.

Objectifs

Les réserves en énergies fossiles dont nous disposons et les rythmes sans cesse croissant de consommation écourtent la durée de leur disponibilité, pour contribuer à la préservation de cette énergie, nous développons à travers cette étude, d'autres alternatives ayant pour objectifs ce qui suit :

- Production d'une habitation rationnelle et bioclimatique dans un premier temps,
- L'influence de l'intégration de l'énergie solaire active « les panneaux photovoltaïque » sur l'allègement du bilan énergétique dans le second temps,
- L'adaptabilité de cet énergie renouvelable avec le climat de la ville de Laghouat et connaître le rendement des panneaux avec ce gisement énergétique solaire conséquent,
- Développer les manières d'intégration architecturale de cette énergie dans le logement existant,
- Ressortir les résultats concrets sur le rendement énergétiques pour une éventuelle vulgarisation d'utilisation de l'énergie solaire ; informer et sensibiliser sur les avantages de cette énergie ; sur l'amortissement du cout à long terme et même sur les effets positive de cette énergie sur la santé de l'être humain, à travers un cadre de vie plus saine.

Structure du mémoire

Le présent travail comporte deux parties, la première partie reprend un développement théorique alors que l'autre, pratique sous forme d'analyse du cas d'étude et simulation, les deux parties banalisés d'une introduction générale et d'une conclusion générale.

La partie théorique comporte trois chapitres ; Le premier chapitre, intitulé : la **conception bioclimatique**, aborde le premier concept, sous forme de définition des principes de la conception bioclimatique et les différentes stratégies de l'approche. Le deuxième concerne **l'amélioration du comportement énergétique** d'un bâtiment ; là où sont élaboré un état de l'art sur les différents techniques et labels de l'efficacité et performances énergétiques du bâtiment, avec les exigences de chaque certification.

Le dernier chapitre théorique traite **des énergies renouvelables** ; dans ce chapitre, un passage sur les différentes énergies renouvelable et les progressions dans le domaine au fil du temps, un l'accent est mis beaucoup plus sur le solaire et surtout le solaire photovoltaïque, ce dernier constitue la partie la plus importante dans ce contexte.

En ce qui concerne la deuxième partie, qui est pratique, est composée de deux chapitres, le premier reprend **la méthodologie de la recherche adopté et présentation du cas d'étude**, ce chapitre présente les spécificités de la ville de Laghouat, surtout ces caractéristiques climatiques nécessaires pour ce genre de travaux, comme il s'agit aussi de la présentation des deux logiciels relatifs pour la simulation; **Pleiades+comfie** pour la simulation thermique et dynamique et la deuxième application **PVsys** pour la simulation du rendement des panneaux photovoltaïque.

Le deuxième chapitre pratique, consiste essentiellement, les différents modélisations et l'interprétation des résultats obtenues à travers les deux logiciels.

Une conclusion qui vient couronne la présente recherche avec des recommandations et des futurs axes de recherches qui ouvrent de nouveaux horizons dans ce domaine.

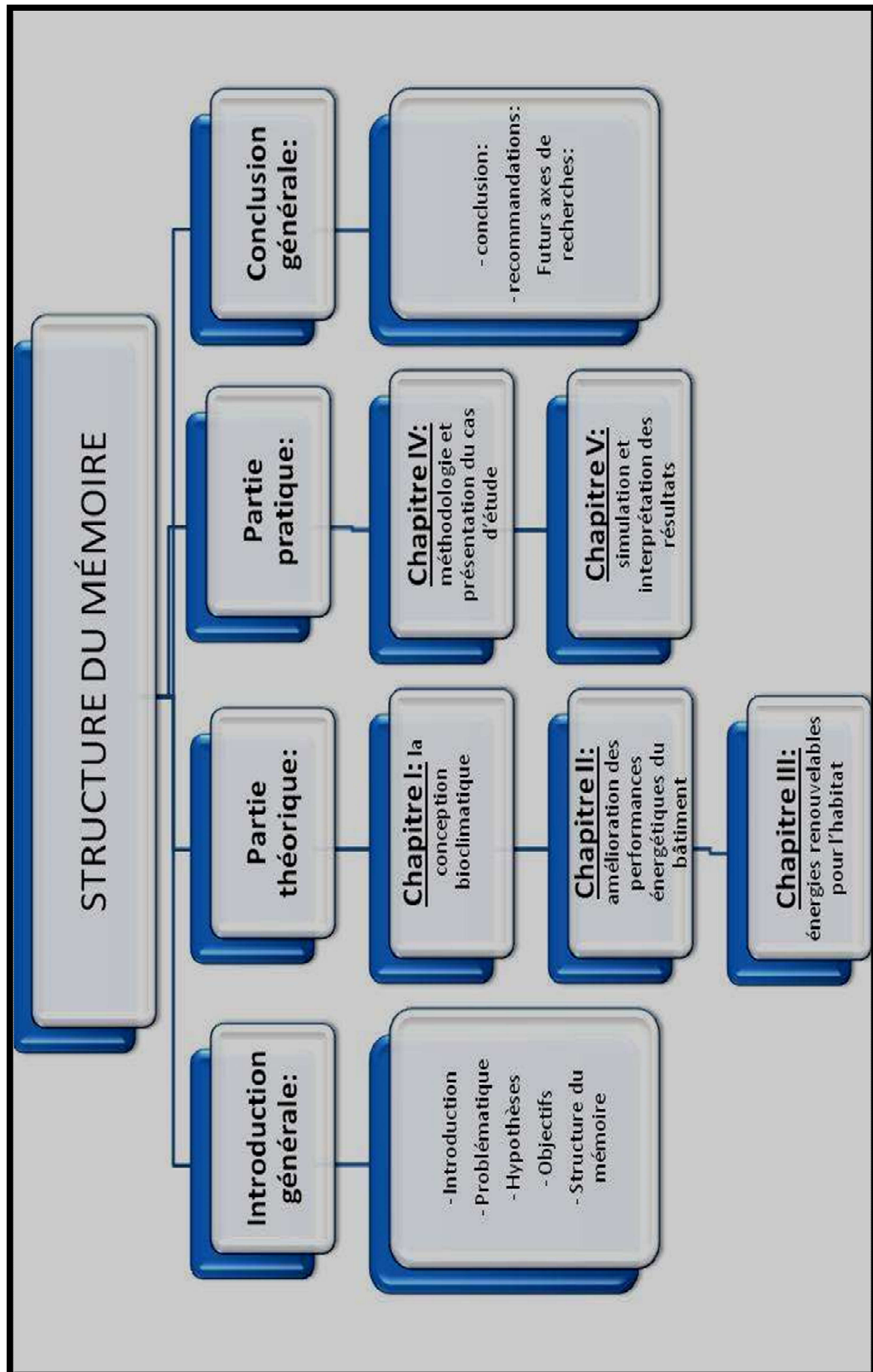


Figure 1 : structure du mémoire.

Source : auteur.

PARTIE 01:

CHAPITRE I:

Conception bioclimatique:

1. Introduction

Notre planète reçoit une énorme quantité d'énergie solaire, cette dernière représente une géante source d'énergie, la quantité reçue par la terre est l'équivalent de 10000 fois ce que l'homme d'aujourd'hui installe. Cette énergie est connue comme une source inépuisable saine ne pollue pas et disponible presque partout. Pour une habitation dite bioclimatique, cette source d'énergie peut offrir à ses occupants un confort adéquat et souhaitable.

Dans le présent chapitre nous voulons savoir les principes de l'architecture bioclimatique « passive » applicable aux bâtiments, pour les appliquer par la suite dans notre projet.

2. Qu'est-ce que la bioclimatique appliquée à l'architecture

Le concept « bioclimatique » fait référence à la bioclimatologie qui est une partie de l'écologie. Elle étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat d'où une définition générale de l'architecture bioclimatique se résumant à ceci : « *Cette expression vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière « naturelle » c'est à dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement. L'intérêt du Bioclimatique va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, ce qui fait un élément fondamental de l'art de construire* » (1)

La construction bioclimatique pourrait se définir comme une intégration entre le bâtiment (site, forme, matériaux, mise en œuvre,), le confort des occupants, et le respect de l'environnement. Ce type d'architecture permet au bâtiment d'optimiser la consommation de l'énergie, que ce soit pour le chauffage en période froide, la climatisation en période chaude, l'éclairage du bâtiment ... Il est donc bénéfique pour la qualité de vie de son occupant, de mettre en pratique des économies et surtout pour l'environnement, à cet effet penser bioclimatique signifie à réfléchir avec l'environnement plutôt que de s'opposer à lui et tout est dans les premières esquisses de la conception du bâtiment jusqu'à l'utilisation de l'habitation, en appliquant quelques principes de base : volume compacte, choix de l'orientation, isolation du bâtiment... etc.

(1) **ARNAULT LEROY** –cours master 1 équipements techniques et énergie www.ecoabita.com
LAVIGNE Pierre : « *Architecture climatique une contribution au développement durable Tome1 : bases physiques* » EDISUD 1994 p 13.

2.1. Définition des concepts liés à l'architecture bioclimatique

2.1.1. Maisons bioclimatiques

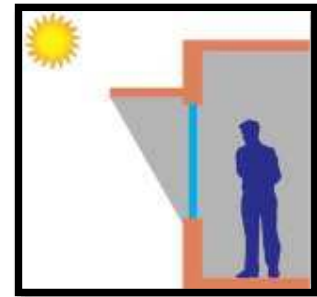
La maison bioclimatique est conçue pour capter l'énergie solaire, la stocker et la rediffuser à l'intérieur d'elle-même. C'est une maison dite « passive » car c'est le simple choix des matériaux de construction et une astucieuse disposition des pièces qui permet la captation d'énergie (*Figure I.2*) Ainsi grâce au soleil, nous pouvons chauffer en partie notre maison. Il reste ensuite à définir le chauffage d'appoint. (2)



*Figure I. 2 : exemple d'une maison bioclimatique près de Stavelot.
(Source : Passeurs d'Énergie asbl)*

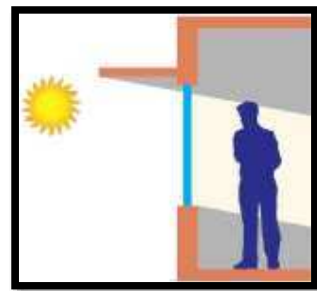
En été,

On essaiera de minimiser les apports internes en laissant la priorité à l'éclairage naturel par exemple.



En hiver,

Le soleil bas sur l'horizon frappera les ouvertures avec un faible rayon d'incidence, pénétrant plus facilement dans l'habitat.



(2) **Comment concevoir sa maison bioclimatique ?** Union Régionale des CAUE des Pays-de-la-Loire

2.1.2. Maisons passives

La maison passive a pour concept de minimiser les déperditions thermiques dans le bâtiment et d'utiliser de façon optimale l'énergie apportée par le soleil. Les besoins de chauffage doivent être minimisés sans pour autant utiliser l'énergie solaire à outrance. La maison est vivable et confortable en hiver tout comme en été. (3)

Maison dont la consommation énergétique globale est compensée par sa propre production. Une maison conventionnelle requiert environ 100 W/m² de puissance de chauffage en hiver. Une maison passive, grâce à la qualité de son enveloppe, n'en nécessitera que 10 W/m² (ces chiffres représentent simplement des ordres de grandeur).

2.1.3. Les maisons « écologiques »

Le terme « écologique » est assez général et ne semble pas relever d'une définition stricte, ni de recommandation de performances. Cette appellation peut regrouper différents concepts. Une des considérations clef d'une maison « écologique » est d'utiliser des matériaux respectueux de l'environnement. On entend par là des matériaux minimisant les impacts dus à leur fabrication, des matériaux recyclables, naturels, de production locale pour éviter l'énergie due à leur transport, etc. Leur utilisation rime avec un confort accru, en tous cas au moins en ce qui concerne la qualité de l'air intérieur (présence de polluants intérieurs en moindre quantité). (Figure I.3)

Par exemple : construire une maison en maçonnerie, a le même impact écologique que construire ± 10 maisons en bois. Les matériaux champions : bois, argile, liège, isolants en laines végétales ou animales ou recyclés tel que la cellulose (papier journal recyclé), le lin, le chanvre, la paille, le bois, les textiles recyclés, etc.



Figure I.3 : mélange de paille et de terre pour la constitution de murs.
(Source : auteur « Architerre 2013 »)

(3) ARNAULT LEROY –cours master 1 équipements techniques et énergie www.ecoabita.com

2.1.4. Maisons climatiques

La maison climatique ne retient que l'influence du climat (se protège passivement de ses inconvénients, valorise toujours passivement ses atouts). Donc ce type de maison se focalise sur l'isolation de la maison.

2.1.5. Bâtiment à énergie positive (BEPOS) / Maisons positives

Bâtiment dont la performance énergétique est telle qu'il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. La production de l'énergie pour les bâtiments BEPOS est généralement assurée par des panneaux solaires photovoltaïques raccordés directement au réseau électrique. (Figure I.4)



Figure I.4 exemples de bâtiments à énergie positive à Freiburg en Allemagne.
(Source : greenlineblog.com)

2.1.6. Les maisons « zero energy »

La maison « zero energy », ou « à énergie zéro » est une maison énergétiquement suffisante. Elle produit elle-même la totalité de l'énergie dont elle a besoin. Une distinction doit être apportée entre le concept de maison énergétiquement « suffisante » et celui de maison énergétiquement « autonome » ou « indépendante ».

En effet, la maison « énergétiquement suffisante » produira, sur une année complète, une quantité d'énergie équivalente (à peu de choses près) à la quantité d'énergie consommée.

2.2. Comparaison énergétique de différents types de maisons

La Figure ci-dessous illustre la comparaison énergétique de 4 types de logements différents. (Figure I.5)

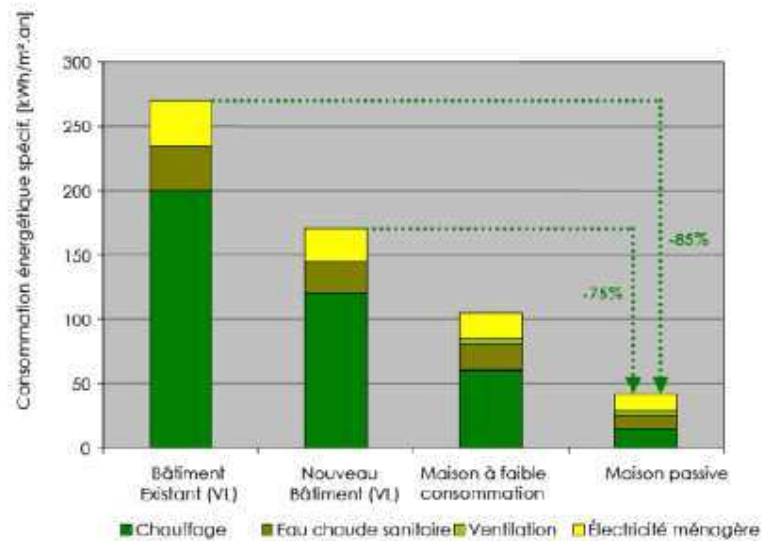


Figure I.5 : comparaison à titre indicatif de quelque type des maisons.
(Source : Plate-forme Maison Passive ASBL)

« Les standards de la maison passive offrent donc une manière intéressante de réduire au minimum la demande énergétique des nouveaux bâtiments, répondant ainsi à l'objectif de durabilité tout en améliorant le confort des occupants. Sur cette base, il est possible de satisfaire la demande énergétique restante uniquement à partir de sources d'énergie renouvelables » (4).

3. Les étapes de la démarche de conception climatique

Conception climatique, c'est une technique qui relie en mieux l'être humain avec son environnement en s'appuyant sur une démarche durable ; renouvelable et respectueuse de l'environnement.

Une conception bien intégrée avec son environnement peut satisfaire à ses demandes en réduisant, optimisant ou même annulant les consommations énergétiques consacré au chauffage, à l'éclairage ou pour la climatisation.

(3) **ADELIN GUERRIAT**, *La maison passive – Introduction pour les architectes et les futurs maîtres d'ouvrage* (2005), 38

3.1. Analyse de l'environnement

Bien analyser et prendre en considération le site d'implantation, l'environnement immédiat et le microclimat (soleil, vent, végétation), à travers une analyse environnementale du site d'intervention avant les premières esquisses est primordial, déterminer les directions des vents dominants et les vents chauds, les façades les plus ensoleillées, la topographie du site, l'ensoleillement et tous composants du site qui peuvent influencer sur le confort intérieur et sur la consommation de l'énergie.

(Figure I.6)

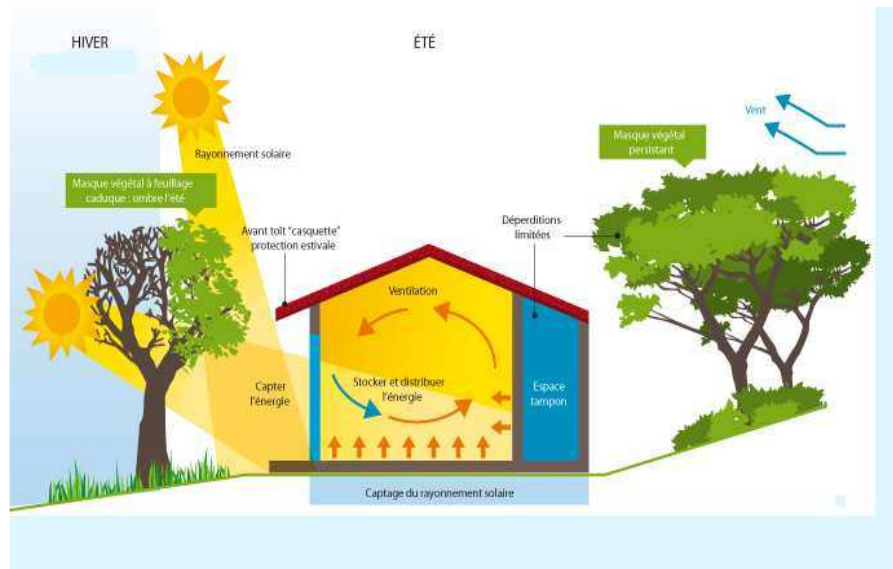


Figure I.6 : intégration du projet à son environnement.
(Source : <http://mamaisonbioclimatique.blogspot.com/p/une-maison-bioclimatique-cest-quoi.html>)

3.2. Matériaux et techniques de construction

Les matériaux de construction se divisent entre ceux qui peuvent stocker de la chaleur, ceux qui ralentissent les transferts de chaleur appelés isolants et toutes les combinaisons qui existent entre ces deux types de matériaux : - ceux qui stockent l'énergie sont la terre (adobe, pisé ou terre crue), la pierre, la brique, le béton. Ils ont de « l'inertie ». Pour exprimer leur potentiel, il faut les isoler par l'extérieur. - les isolants ralentissent les transferts de chaleur. Ce sont la laine de verre, la laine de roche, la fibre de bois, le polystyrène, la ouate de cellulose, la paille... - d'autres isolent en même temps qu'ils stockent et éventuellement participent à la structure : le brique mono mur, le béton cellulaire, le bois massif...

3.3. Compacité et orientation

Une composition volumétrique bien réfléchi d'une habitation offre une bonne compacité ; cette dernière minimise les surfaces des parois en contact avec l'extérieur et même avec le sol, donc peu de déperdition à travers les murs et l'enveloppe de l'habitation et par conséquent consomme moins d'énergies malgré des coûts d'investissement plus élevés. (Figure I.7)

Répartir les différentes pièces selon les orientations des façades, en matière d'orientation et d'architecture, le travail du concepteur doit consister à combiner au mieux les apports du soleil d'hiver et protections contre l'ensoleillement en été et en mi-saison. La figure 9 montre un exemple de distribution des espaces par rapport à l'orientation.

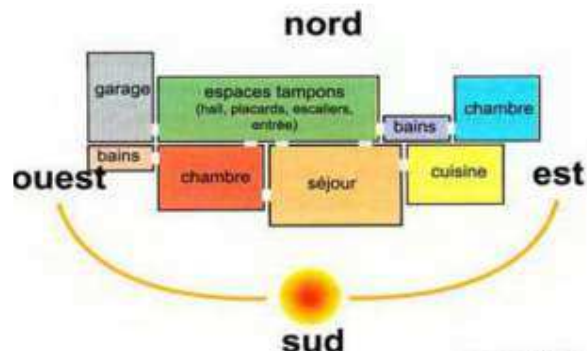


Figure I.7 : la répartition des pièces selon l'orientation.
(Source : <http://mamaisonbioclimatique.blogspot.com/p/une-maison-bioclimatique-cest-quoi.html>)

3.4. Aération des espaces intérieurs « Ventiler correctement »

L'architecture bioclimatique exige une organisation par l'intérieur de manière à assurer un bon taux de renouvellement d'air quel que soit le type, ventilation naturelle ou une ventilation mécanique contrôlée, simple ou double flux. Cette ventilation a un grand rôle surtout dans la période estivale pour rafraichir et renouveler l'air intérieur pour minimiser le besoin en climatisation. (Figure I.8)

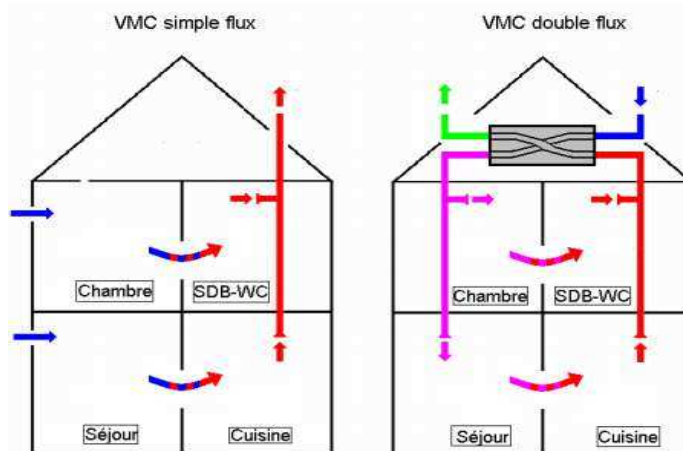


Figure I.8 : ventilation d'une habitation.
(Source Maison passive : une nouvelle (r)évolution dans l'art de construire
HELIASOL pour conférence 06/02/2014)

3 .5. Isolation bien soignée

Toujours L'isolation joue un rôle bénéfique : en hiver, elle minimise la déperdition de la chaleur du logement vers l'extérieur. En été, au contraire, elle rafraîchit l'habitat en limitant les pénétrations de chaleur. L'isolation évite également les condensations et cette désagréable impression de "mur froid" qui oblige à surchauffer les lieux pour conserver un niveau de confort suffisant. Lors de la construction ou de travaux de rénovation d'une maison, les travaux d'isolation doivent porter en priorité sur la toiture ou les combles (présente 35 % des déperditions en moyenne). Les premiers centimètres d'isolant sont toujours les plus efficaces. Les épaisseurs optimales sont fonction du climat et de la nature de l'isolant. En première approche et pour de la laine minérale, elles se situent à 10 cm pour les murs extérieurs, à 20 cm pour le toit et à 12 cm pour un sol sur cave. (5) la figure ci-dessous représente les défauts d'étanchéité dans un enveloppe d'une habitation. (Figure I.9)

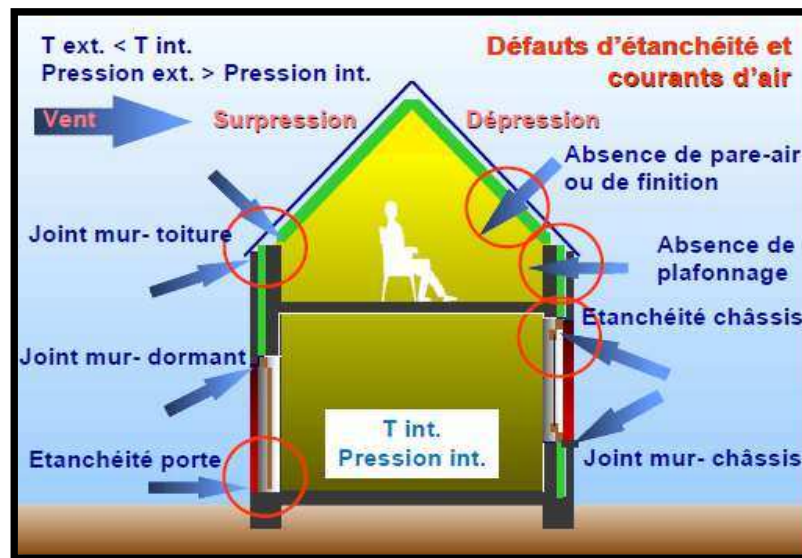


figure I.9 :les défauts d'étanchéité des batiments sont des sources de courants d'air inconfortables.

Source : *traité architecture et urbanisme bioclimatique*

(5) Site Internet "**Architecture et énergies renouvelables**" réalisé par l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) et l'Ordre des Architectes du Languedoc-Roussillon

3.6. Captage du rayonnement solaire

La pénétration des rayons solaires à travers le vitrage des ouvertures d'une habitation peut récupérer plusieurs centaines de KWh par an, donc nous pouvons profiter de ce gain de l'énergie solaire pour alimenter le besoin de la maison en chauffage, à cet effet l'architecture bioclimatique nous permet d'optimiser cette part d'apport gratuit en manipulant sur l'orientation des façades, type du vitrage et l'inertie thermique des murs.

L'architecture bioclimatique nous offre pas mal de dispositifs pour le captage du soleil tel que les serres, vérandas, murs capteurs et murs trombes orientés plein sud. Mais attention, pour que ces grandes baies, véranda par exemple, ne surchauffent pas la maison en été, il faut penser à protéger ces baies du soleil haut d'été. (Figure I.10)

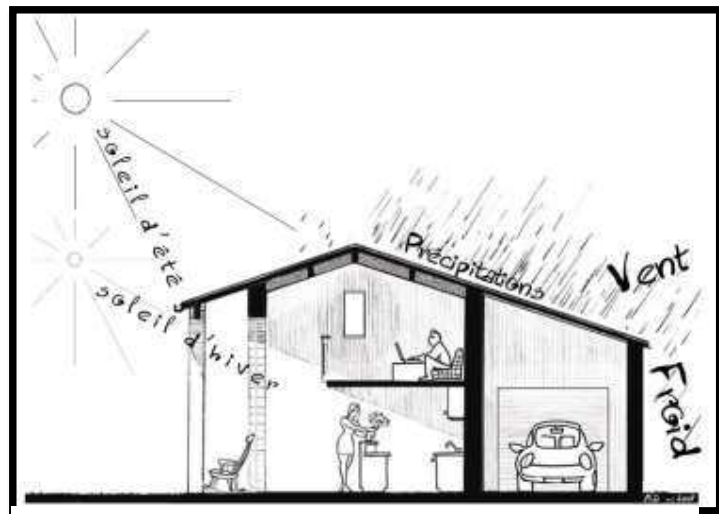


Figure I.10 : principe du captage du soleil
(Source : site d'internet <http://www.architecterc.com/page5.php>)

3.7. L'éclairage efficace :

Pour la lumière, l'architecture bioclimatique favorise l'éclairage naturel, il faut cependant veiller aux risques d'éblouissement ou des risques de surchauffe et l'optimisation des apports d'éclairage naturel, réduit votre consommation électrique d'éclairage, également de ce fait il est considéré comme point essentiel de la conception bioclimatique.

4. Les stratégies de l'approche bioclimatique :

Les principes d'utilisation de l'énergie solaire passive et de la prise en compte du climat dans la conception d'un bâtiment doivent être intégrés dans un processus logique.

4.1. Confort en période froide (hiver)

L'énergie solaire peut jouer un important rôle dans le chauffage d'une habitation. Pour atteindre ce but, il faut respecter les quatre principes de cette stratégie :

(Figure I.11)

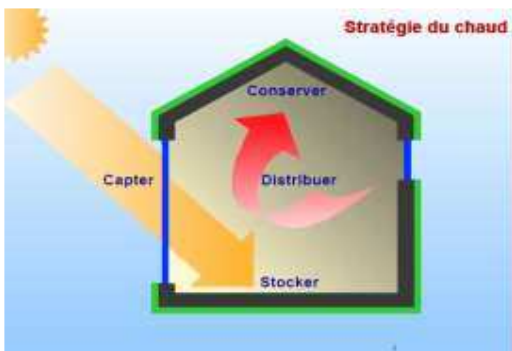


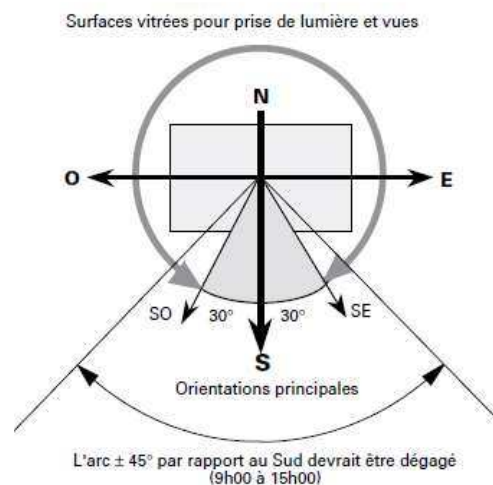
figure I.11: les principes du confort d'hiver
Source : traité architecture et urbanisme bioclimatique



Figure I. 12 : des espaces largement ouverts au soleil
Source : traité architecture et urbanisme bioclimatique

4.1.1. Capter le soleil

L'enveloppe du bâtiment a un rôle de capteur, mais aussi de cumulateur d'énergie calorifique. Comme dans une serre, les rayons du soleil sont captés grâce aux surfaces vitrées. Ceux-ci atteignent les murs, le mobilier et les sols qui sont réchauffés en fonction de leurs couleurs ou de leurs albédos. Cet échauffement provoque une réémission des rayons mais dans une plus grande longueur d'onde, l'infrarouge, que le verre ne laisse plus passer. La chaleur est emprisonnée et redistribuée dans la maison. (6)



(6) Architecture climatique équilibrée édition -PACER- page 80

4.1.2. Stocker la chaleur

L'énergie captée est stockée pour une utilisation ultérieure. Selon l'assemblage entre le système de captage et l'espace à chauffer il existe généralement deux types de gains :

IV.1.2.1. Le gain direct

Le système de captage est lié directement à l'espace à chauffer qui stocke lui-même la chaleur en surplus. Cette chaleur emmagasinée est représentée principalement par les parois et les fenêtres. (*Figure I.13*)

IV.1.2.2. Le gain indirect

Le système de captage est lié indirectement à l'espace à chauffer, l'énergie captée transite par le stock, dans ce cas il existe différents dispositifs tel que les serres, les espaces tampons ...etc. voici schéma qui représente le phénomène.

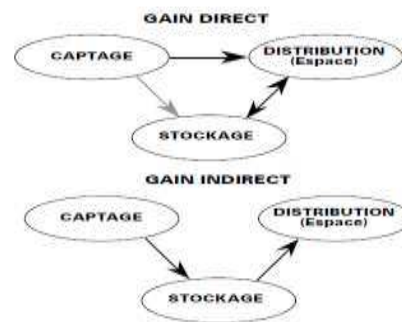


Figure I.13 : Classement des systèmes solaires passifs en gain direct, liaison directe entre le capteur et l'espace et gain indirect, liaison indirecte entre le capteur et l'espace, l'énergie transitant par le stock.

Source : *architecture climatique équilibrée édition -PACER-*

4.1.3. Répartition de la chaleur

La chaleur distribuée est retenue dans le bâtiment. Idéalement un bâtiment solaire passif devrait distribuer la chaleur directement aux zones où elle sera utilisée, sans nécessiter un système de distribution. Ceci n'est pas toujours possible : dans une zone au Nord du bâtiment, la chaleur devra souvent y être amenée. La distribution de la chaleur nécessite souvent un déplacement dans l'espace (distribution) et dans le temps (Déphasage). (7) (*Figure I.14*)

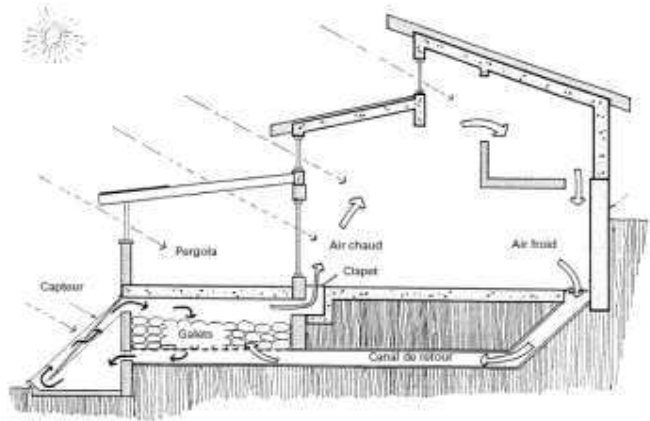


Figure I.14 : Différents modes de distribution de la chaleur.

(Source : *architecture climatique équilibrée édition -PACER- page 83*)

(7) *Guide de l'auto éco construction page 04. ADEME, AREL, Agence de l'eau Rhin-Meuse 2006*

4.1.4. Conservation de la chaleur

La chaleur captée et stockée est distribuée aux parties du bâtiment qui requièrent du chauffage. Il n'est pas possible, de compenser une perte importante de chaleur par une augmentation des gains solaires. L'enveloppe des bâtiments sera donc nécessairement bien isolée et « étanche » à l'air. Si l'on peut s'inspirer des techniques de l'architecture traditionnelle (vernaculaire) pour résoudre les problèmes de conservation de la chaleur, de nouvelles techniques de construction (double mur, isolation, verres avec couches à faible émissivité, etc.) permettent de se libérer de certaines techniques anciennes très contraignantes (espaces tampons, formes compactes, isolations nocturnes des fenêtres). La figure ci-dessous montre l'importance d'un arbre dans la réduction de la vitesse du vent. (Figure I.15)

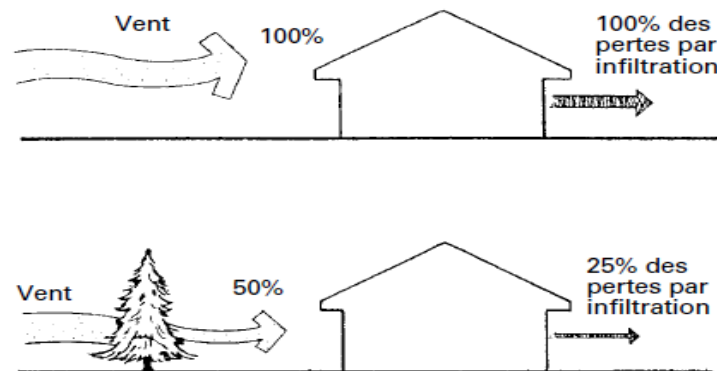


Figure I.15: Une faible réduction de la vitesse du vent par un écran induit une forte réduction des infiltrations d'air.

Source: N. Lechner *Heating cooling lighting, Design methods for architects* John Wiley & Sons. New York 1991

4.2. Période chaude (été)

Durant la période chaude, la stratégie est appelée stratégie du froid, elle consiste à protéger le bâtiment du rayonnement solaire, conserver de la fraîcheur à l'extérieur, refroidir naturellement et principalement par la végétation et l'eau, et minimiser les déperditions à travers les parois. (Figure I.16)

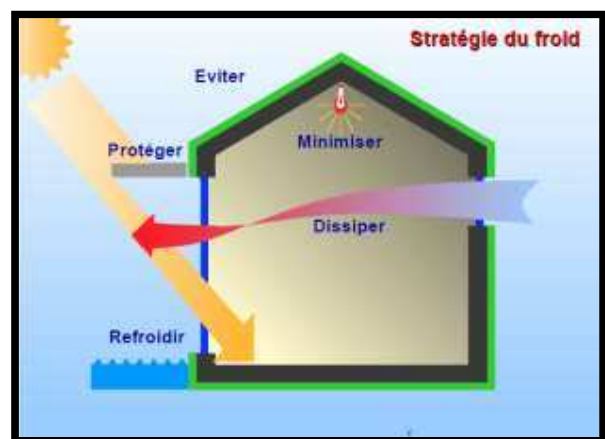


figure I.16: les principes du confort d'été.

Source : traité architecture et urbanisme bioclimatique

4.2.1- Protection du bâtiment Minimiser les gains solaires

Pour exploiter la chaleur du soleil en hiver tout en évitant les surchauffes en été, des masques et des protections solaires sont indispensables. Ces derniers augmentent le pouvoir isolant des fenêtres et contrôlent l'éblouissement. Ils peuvent être fixes, comme les porches et auvents, ou amovibles comme les stores et persiennes. La végétation à feuilles caduques fournit des zones d'ombrage et forme un écran face au vent. (8) les figure ci-dessous, 19 et 20 montre l'impact des protections solaire. (Figure I.17, 18)

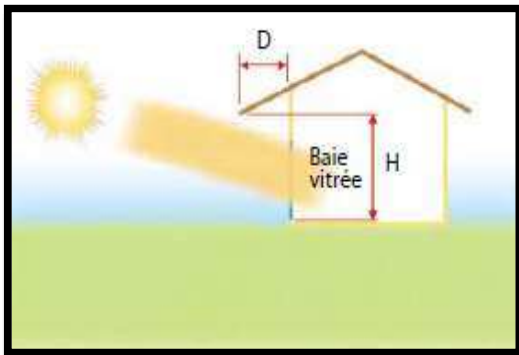


figure I.17 : Configuration HIVER.

Source www.ideesmaison.com
Guide de l'auto éco constructeur

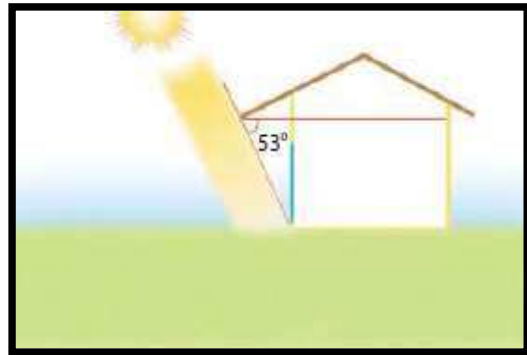


figure I.18 : Configuration ÉTÉ.

Source www.ideesmaison.com
Guide de l'auto éco constructeur

4.2.2. Dissipation des surchauffes

La dissipation des surchauffes peut être réalisée grâce à la ventilation naturelle, en exploitant les gradients de température, par le biais d'exutoires, produisant un « effet de cheminée ». La pression du vent de la canalisation des flux d'air peut également être mises à profit pour évacuer l'air surchauffé du bâtiment.

4.2.3. Refroidissement des locaux par ventilation

Le refroidissement des locaux peut facilement être assuré par des moyens naturels. Une première solution consiste à favoriser la ventilation (surtout nocturne, afin de déstocker la chaleur emmagasinée la journée) ou à augmenter la vitesse de l'air par des dispositifs naturels tels que des plans d'eau, des fontaines, de la végétation, etc.

(8) Guide de l'auto éco constructeur page 08. ADEME, AREL, Agence de l'eau Rhin-Meuse 2006

4.2.4. Minimisation des apports internes

C'est d'éviter un plus de surchauffes, qui est provoqué principalement par l'utilisation d'équipements dégageant la chaleur dans leurs fonctionnements et par exemple : l'éclairage artificiel, les équipements électriques, ainsi que le taux d'occupation du logement... etc. Il y a certaines sources de surchauffe qui peuvent être minimisé par de simples solutions, comme le recours à l'éclairage naturel.

5. Les principaux dispositifs climatiques

5.1 - La serre ou véranda

Il faut réfléchir au positionnement de la véranda dès la conception de la maison. Elle doit être orientée au sud pour profiter en maximum du rayonnement solaire. Elle forme un espace tampon qui a pour but de capter la chaleur et par la suite, la distribuer en hiver. Elle participe activement au confort d'hiver et réduit les consommations d'énergie liées au chauffage. En été et pour éviter les surchauffes il faut mettre des brises soleil afin de limiter leur exposition au soleil, ou carrément ouvrir la véranda !

En hiver, le rayonnement solaire est capté par la surface vitrée, l'air de la véranda est alors réchauffé et sa température devient supérieure à celle de la maison. Par ouverture des fenêtres ou des portes reliant l'intérieur et la véranda, un courant d'air est créé et réchauffé au fur et à mesure l'air de la maison par convection. Les murs entre la maison et la véranda jouent également un rôle d'accumulateurs de chaleur et la restituent en diffère. Ces murs doivent être pleins et épais afin d'avoir une capacité thermique suffisante. (9)

(Figure I.19)

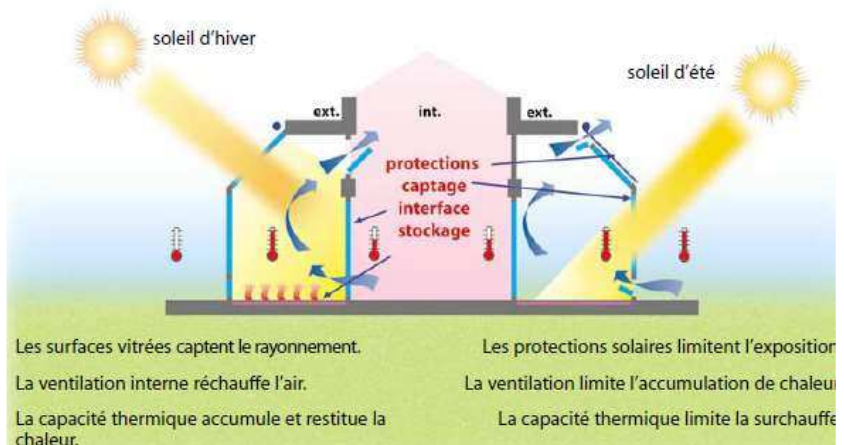


Figure I.19: Fonctionnement de la véranda

Source "Concevoir avec le climat la maison individuelle" UCL - Architecture et climat – 1998

Guide de l'auto éco constructeur

5.2 - Espaces tampons non vitrés :

C'est des espaces tampons ou intermédiaire entre l'autre espace, sont très efficaces lorsqu'ils sont situés au nord du bâtiment, ou ils jouent le rôle d'isolant entre l'extérieur et les pièces à vivre qui ont besoin d'être chauffées, les espaces tampons sont généralement comme le garage, la buanderie, cellier... etc.

Intégrer des zones tampons chez soi permet de maintenir un bon confort thermique dans les parties intérieures et chauffées de la maison, sans que cela n'implique une dépense d'énergie. En effet, ces espaces font, soit office de barrière entre l'intérieur et l'extérieur, soit permettent de tirer parti de l'environnement. Les zones tampons sont ainsi des pièces non chauffées, situées entre l'intérieur chauffé et l'extérieur de la maison. (Figure I.20)

En clair, comme son nom l'indique, cet espace fait tampon entre l'intérieur et l'extérieur. Ainsi, sur la face nord de la maison, il s'agira de bloquer le froid extérieur, alors qu'au sud, la zone tampon tire parti de la chaleur du soleil (10).

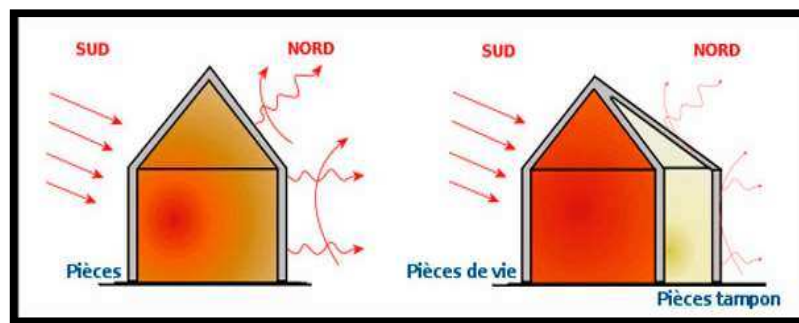


Figure I.20: principe d'un espace tampon
Source : http://www.ecoconstruction-limousin.com/IMG/jpg/bioclim_02.jpg

5.3 - Murs capteurs et murs Trombes

Ces deux systèmes permettent de valoriser le rayonnement solaire en associant deux propriétés physique :

- L'effet de serre à travers le vitrage
- L'Inertie du mur

(9) guide de l'auto éco constructeur page 07. ADEME, AREL, Agence de l'eau Rhin-Meuse 2006.

5.3.1 Principe du mur capteur

Le rayonnement solaire est valorisé par l'effet de serre en disposant un vitrage devant un mur en béton. L'énergie solaire est transmise par conduction à travers le mur puis par rayonnement à l'air de la pièce. Cette transmission se fait avec un déphasage pouvant atteindre 11 heures dans le cas d'un mur béton de 40 cm. Ce déphasage permet de chauffer la pièce au moment où il n'y a plus de soleil. En raison des pertes, le mur capteur ne restitue pas la nuit toute l'énergie reçue durant la journée. Afin de limiter les pertes, il faut prévoir une isolation nocturne ou mettre en œuvre un double vitrage.

Pour favoriser l'absorption de la chaleur, on applique une peinture sombre sur la surface extérieure du mur, marron par exemple. En l'absence de rayonnement solaire le flux convectif s'inverse pouvant provoquer un refroidissement accéléré de la pièce. Pour éviter cela, il est alors nécessaire de disposer des clapets à fermeture manuelle ou automatique. (Figure I.22, 21)

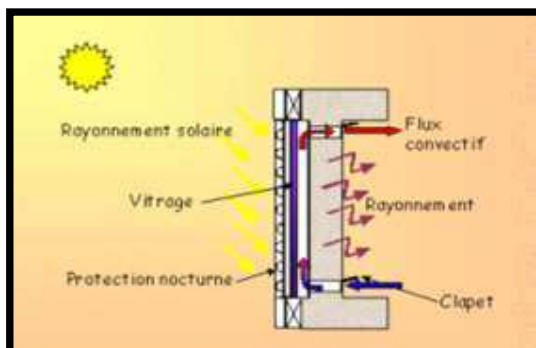


Figure I.21 : schéma de principe d'un mur trombe

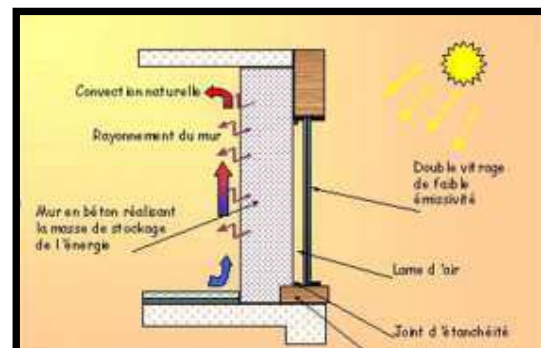


Figure I.22 : schéma de principe d'un mur capteur

5.4- les puits canadiens

C'est un système de ventilation qui préchauffe ou rafraîchit l'air neuf des bâtiments en utilisant l'inertie thermique du sol. Ce principe consiste à faire transiter l'air neuf par le sol afin de le réchauffer en hiver et de le rafraîchir en été. En effet, la température du sol est relativement constante dans le temps. Ainsi, en été, l'air extérieur profite de la fraîcheur du sol pour baisser en température et arriver dans le bâtiment à une température située entre 15 et 20°C (Figure I.23). (12)

(10) <http://www.frequenceterre.com/2014/09/12/des-zones-tampon-pour-une-construction-bioclimatique/> consulté le 06 /12/2015.

(11) <https://michaelpatucca.wordpress.com/2012/05/28/murs-trombe-ademe/> consulté le 06 /12/2015

(12) Guide éco construire 3ème édition page 26 en 2010

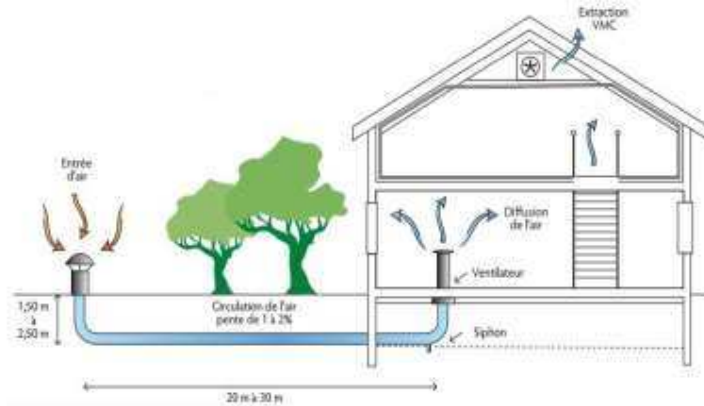


Figure I.23 : Schéma de principe d'un puits canadien/provençal
Source : Guide éco construire 3ème édition

5.5- Les façades doubles peau

Une façade double peau se compose d'une paroi entièrement plus massive. Elle-même composée de parois vitrées et de parois opaques capables d'accumuler la chaleur. Son principe est le même que celui de la serre, à ceci près qu'elle ne propose pas d'espace habitable. (Figure I.24)

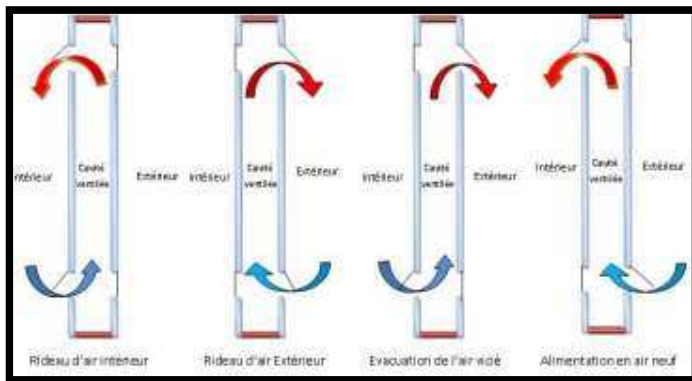


Figure I.24: Schéma de principe d'une façade double peau
Source : <http://www.cobse.fr/images/SchemaVentil.jpg>



Figure I.25 : projet à une façade double peau
Source : http://www.lemoniteur.fr/media/IMAGE/2012/05/14/IMAGE_20120514_17583443.jpg

6. Conclusion :

Pour un projet de construction ou de rénovation, la bioclimatique doit être pensée dès le début du projet et ne doit pas constituer une contrainte mais un plus pour s'intégrer convenablement dans son environnement et pour tirer profit de toutes les potentialités et des ressources climatiques disponibles tout en se protégeant si cela s'avère nécessaire, il faut faire de telle sorte à profiter des ressources naturelles pour le réchauffement et l'éclairage des pièces. Il faut que le terrain se prête à une réalisation de ce type en fonction des caractéristiques topographiques, microclimatiques, hydrographiques et de la végétation. Une isolation performante et une bonne inertie sont préconisées pour que la maison soit réellement économe.

CHAPITRE II:

Amélioration du comportement
énergétique d'une habitation:

1. Introduction

L'amélioration du comportement énergétique d'une maison consiste principalement à minimiser les consommations de l'énergie, et les émissions de gaz à effet de serre qui polluent davantage notre environnement, tout ça à travers l'application des solutions, et des principes bien connues et bien déterminés. Ces solutions et ces principes font parties du présent chapitre qui constitue un cumul d'informations sur l'état de l'art en matière de recherches récentes dans le domaine des nouvelles constructions, les différents labels internationaux et leurs exigences pour des nouvelles constructions, ou même pour la réhabilitation énergétique des anciennes constructions.

2. Performances et efficacité énergétiques

2.1. C'est quoi l'Efficacité énergétique ?

L'*efficacité énergétique* est le rapport entre ce que produit le dispositif ou le système, et ce qu'il absorbe comme énergie. Elle est d'autant meilleure que le système énergétique utilise le moins d'énergie possible pour une meilleure rentabilité, que cela soit le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage et toute sorte de besoin énergétique. Consommer moins et mieux pour le même confort thermique, tel est l'objectif de tout concept d'**efficacité énergétique**.

2.2. 1Efficacité énergétique, Performance énergétique

Deux types d'efficacité énergétique sont à distinguer. L'efficacité énergétique passive, obtenue par le bâti, son inertie et la qualité de l'isolation thermique de l'enveloppe ainsi que sa protection solaire en été. Et l'efficacité énergétique active, qui intègre une domotique, une GTB (gestion technique du bâtiment), soit un système de contrôle en continu de la *performance énergétique* globale du bâtiment eu égard au confort à assurer ajuster uniquement quand les usagers le nécessitent. Autant la notion d'efficacité énergétique est inhérente à un équipement ou un système technique qui consomme et produit de l'énergie. Autant la construction, elle est liée à la notion plus globale de "performance énergétique". ⁽¹⁾

2.3. Nuance entre bilan énergétique et bilan thermique

Le bilan énergétique permet une connaissance avec précision de la quantité d'énergie totale nécessaire et consommée par un équipement. Le bilan thermique est une partie du bilan énergétique. Le bilan thermique permet de connaître la consommation d'énergie pour assurer un confort thermique adéquat. Il permet d'établir aussi, l'efficacité de l'enveloppe thermique, comme il peut faire ressortir ses défauts.

Sur la base d'un bilan thermique, on peut améliorer l'enveloppe du bâtiment, le système de chauffage, etc....

(1) http://www.xpair.com/lexique/definition/efficacite_energetique.html

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

2.3.1 Le bilan énergétique

Le bilan énergétique de tout objet immobilier reflète la consommation énergétique de celui-ci (maisons individuelles et habitat collectifs), bâtiments administratifs et scolaires...etc. Le bilan énergétique permet d'établir le certificat énergétique des bâtiments.

Il montre d'une part l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment et d'autre part, la quantité d'énergie nécessaire à un bâtiment pour leur fonctionnement standard.

Ceci n'est non nullement valable pour des bâtiments existants, mais aussi pour les nouvelles constructions. Le besoin énergétique défini est visualisé sur le classement allant de A à G (de « très efficace énergétiquement » à « peu efficace énergétiquement ») d'une étiquette énergie (Figure I.28).

Ainsi on peut obtenir une évaluation objective de l'état énergétique et de l'efficacité de notre bâtiment (Figure II.26). (2)

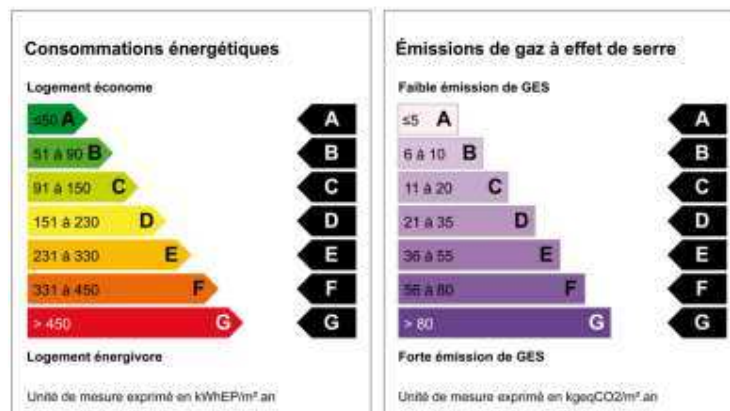


Figure 26 : étiquette d'énergie.
(Source : <http://www.kelplanete.com/wp-content/uploads/2014/02/C3%A9tiquettes-DPE.jpg>)

2.4. Objectifs de l'amélioration des performances énergétiques

L'amélioration des performances énergétique, vise plusieurs bienfaits, entre autres pour objectifs de :

- Diminuer le gaspillage énergétique.
- Diminuer la dépendance énergétique.
- Limiter les pollutions engendrées par les gazes à effet de serre tel que le CO2

(2) Site internet batitherm: <http://www.batitherm.ch/bilan-energetique.html>

2.5. Axes d'intervention pour améliorer les performances énergétiques

Diverses actions d'amélioration du bilan énergétique, réparties entre axes passifs et actifs, sont présentées de façon indépendante, en fonction des niveaux de consommations des équipements. Les actions concernent :

- **Axes passifs :**
 - **L'enveloppe du bâtiment** : tous constituants du bâtiment ; murs, toiture et fenêtres,
 - **La production de l'énergie** : les panneaux solaires et thermiques
 - **La régulation** : réglage des programmes de chauffage, de ventilation et d'ECS, Gestion technique du bâtiment,
 - **La ventilation** : système de coupure, récupération d'énergie, asservissement,
 - **Favoriser l'éclairage naturel** : à travers les fenêtres et les baies.
- **Axes actifs :**
 - **L'éclairage économe** : ampoules basses consommations, détecteurs, remplacement des tubes fluorescents, automatismes,
 - **Les équipements qui optimisent la consommation de L'énergie** chaudière, récupérateur d'énergie,
 - **La production de l'énergie** : les panneaux photovoltaïques... etc.

3. Critères d'une performance énergétiques

3.1 Coefficient de transmission thermique d'une paroi U

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est la quantité de chaleur traversant cette 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 la paroi.

Le coefficient de transmission thermique est l'inverse de la résistance thermique totale (RT) de la paroi. $U = 1 / RT$

U s'exprime en **W/m²K**

Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée.

3.2. Coefficient de transmission thermique d'un matériau λ

Le coefficient de transmission thermique d'un matériau est la quantité de chaleur qui traverse en 1 seconde un matériau d'1 mètre d'épaisseur et d'1 m² de surface pour une différence de température d'1°C entre ses deux faces. Le coefficient Lambda s'exprime en W/mK. Plus sa valeur est faible et plus le matériau est isolant. Chaque matériau homogène possède son propre λ . Exemples de λ : Acier 50 W/m, Béton caverneux 1,35 W/Mk, Bois tendre (sapin) 0,12 W/Mk, Laine minérale 0,040 à 0,032 W/Mk

3.3. Niveau d'isolation thermique globale K

Le coefficient K définit le niveau d'isolation thermique globale d'un bâtiment. Plus il est bas, plus la perte d'énergie d'un bâtiment par les murs extérieurs, toits, sols et fenêtres est faible. Il est déterminé par les caractéristiques d'isolation (U) des surfaces homogènes de déperdition et leur surface propre (m²) et la compacité du bâtiment.

3.4. Niveau de consommation annuelle d'énergie E

La méthode de calcul du niveau E est pour l'instant divisée en deux sous-méthodes : une méthode pour le résidentiel et une autre pour les bâtiments de bureaux et scolaires. Dans ces grandes lignes, le calcul du niveau E intègre, conformément aux impositions de la Directive européenne, les éléments suivants :

- Le site et l'implantation du bâtiment : (compacité, orientation,).
- Les caractéristiques de l'enveloppe et les subdivisions internes (coefficient U et niveau global d'isolation K) ainsi que l'étanchéité à l'air du bâtiment.
- Les équipements de chauffage, de refroidissement et pour le secteur résidentiel, les équipements d'approvisionnement en eau chaude sanitaire.
- La ventilation.
- Le confort intérieur.
- Pour le secteur non résidentiel, l'éclairage naturel et les installations d'éclairage
- Les systèmes solaires passifs et les protections solaires.

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

D'autres éléments peuvent être pris en compte :

- Les systèmes solaires actifs et les autres systèmes faisant appel aux énergies renouvelables pour le chauffage et la production d'électricité ;
- Les systèmes de chauffage et de refroidissement collectifs ou urbains ;⁽³⁾

4. Différents Labels et certifications pour l'efficacité énergétique

4.1. Maison passive (Allemande)

Une maison passive est une habitation qui optimise les apports énergétiques solaires pour avoir des espaces intérieurs tempérés. Elle répond à certains critères : le label Passivhaus, qui est délivré par le PassivHaus Institut (PHI) fondé par le Dr. Wolfgang Feist en 1996.

4.1.1 Définition du Label

Le label Passivhaus est une norme énergétique (allemande) qui concerne tous les types de bâtiment, ainsi qu'une appellation utilisée pour certains types de maisons. Très développé beaucoup plus en Allemagne, en Belgique, en Suisse et en Autriche, il devient peu à peu une norme primordiale pour la construction de bâtiments neufs, de maisons individuelles ou de bâtiments collectifs. Ses principes fondamentaux peuvent être simplifiés en trois principaux principes dans la construction : l'isolation thermique totale, l'étanchéité à l'air parfaite et la ventilation du bâtiment. Le concept de « maison passive » correspond à une habitation à très basse consommation énergétique, ne nécessitant pas de système de chauffage conventionnel, à l'opposé des constructions dites « conventionnelles » (Figure II.27).

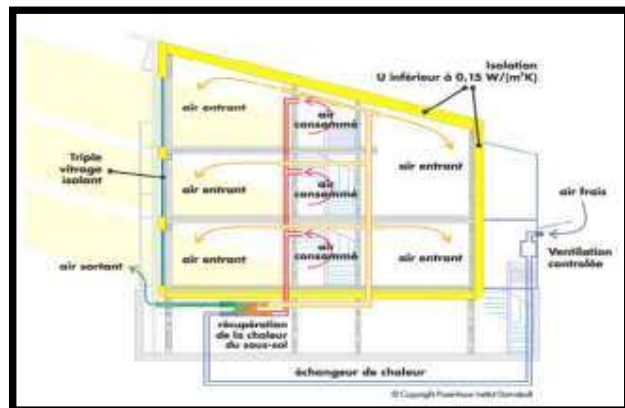


Figure II.27 : Schématisation des principes de la conception d'une maison passive [Passivhaus'2007].
(Source : Passif House Institut)

(3) <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16751>

4.1.2 Objectifs à atteindre

Ce label se développe selon 4 axes :

1. une très bonne isolation (entre 25 et 40 cm d'isolant dans les murs et les toits, souvent triple vitrage) ;
2. la réalisation d'une très bonne étanchéité à l'air, afin de garantir un fonctionnement optimum de l'isolation et de la ventilation ;
3. un système de ventilation mécanique à échangeur de chaleur (double flux) récupérant la chaleur de l'air vicié évacué vers l'extérieur ;
4. une conception bioclimatique : calcul des apports solaires gratuits, contrôle de la surchauffe, compacité volumétrique, orientation des espaces et des ouvertures, étude de l'environnement (ombrage des bâtiments voisins, de la végétation, etc.).

Le besoin net en chauffage de la maison devra être inférieur à 15 kWh/m² par an.

4.2. BBC- Effinergie (française)

4.2.1. Définition du Label

Effinergie est un label français qui présente l'un des niveaux de performance du label Haut Performance Energétique, il a été lancé en 2007 par des fondateurs d'Effinergie qui sont : région Languedoc Roussillon, CEFIIM, région Franche-Comté, Ajena, région Alsace, Rhônalpennergie-Environnement, Collectif isolons la terre contre le CO₂, groupe Banque Populaire, CDC et CSTB

Afin d'obtenir ce label, la consommation d'énergie dans le cas de logements neufs, ne doit pas dépasser les 50 kWh/m².an et quant aux cas de bâtiments résidentiels existants, le label prévoit 80 kWh/m².an

L'association Effinergie a pour objectif de démontrer qu'il n'est pas nécessaire de faire appel à des équipements exceptionnels et coûteux pour réaliser un bâtiment « basse consommation ». Il est possible d'atteindre les performances par « l'addition harmonieuse et intelligente d'une bonne conception et d'équipements largement diffusés sur le marché ». ⁽⁴⁾

(4) THÈSE de doctorat Développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie ; par : Nazila Kahina Hannachi-Belkadi en 2010.

4.2.2 Principes d'un bâtiment basse consommation

Un BBC fait appel à plusieurs technologies dont la combinaison permet d'obtenir une performance énergétique globale particulièrement élevée.

- **Une ventilation améliorée** : Une ventilation double flux est présente dans 45 % des bâtiments neufs, et une ventilation hydro b dans plus de 60 % des bâtiments de logements en réhabilitation.

- **Une très forte utilisation des énergies renouvelables** : dans le neuf, 90 % des bâtiments résidentiels ont recours au solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire, et 45 % des bâtiments tertiaires ont recours au photovoltaïque

- **une forte étanchéité à l'air** : Dans le neuf, tous bâtiments confondus, la perméabilité à l'air moyenne est de 1 m³/h/m².

- **une enveloppe très performante** : Une isolation thermique renforcée des toitures et des parois et, de plus en plus, une isolation par l'extérieur (plus de 60 % de l'ensemble des bâtiments – neuf et réhabilitation) permettent d'obtenir un Ubat moyen de 0,41 dans le neuf, et de 0,57 en réhabilitation.

- **Un mode de chauffage performant et adapté aux besoins** : En installant des pompes à chaleur (40 % de l'ensemble des bâtiments tertiaires neufs), des chaudières gaz à condensation (70 % des bâtiments de logements collectifs en réhabilitation), ou des chaudières bois (de 15 à 25 % des bâtiments tertiaires, suivant leur destination).

- **Un recours éventuel au triple vitrage** : 14 % des bâtiments neufs (en zone H1 et H2, soit l'essentiel du territoire en métropole). ⁽⁵⁾

4.3. MINERGIE (Suisse)

« Le label Minergie a vu le jour en 1998 et signifie : confort, meilleure qualité de vie et faible consommation d'énergie. Pour mettre en place une construction Minergie, il faut que le maître d'ouvrage, l'architecte et l'ingénieur travaillent ensemble, de manière à obtenir une optimisation globale pour un meilleur confort et une moindre consommation d'énergie. » ⁽⁶⁾

(5) Bâtiment basse consommation un bilan énergétique positif ADEME 2011

(6) MARC TILLMANN | Directeur de l'Agence MINERGIE romande.

4.3.1. Définition du Label

Minergie est un label de qualité destiné aux bâtiments neufs et aux bâtiments anciens qui ont été modernisés. Le label englobe toutes les catégories de bâtiments. Les avantages du standard de construction sont :

- Le confort thermique.
- La conservation de la valeur du bien.
- Des coûts énergétiques moindres.

Minergie est une marque déposée de l'association Minergie, porté par les cantons, la Confédération, des établissements scolaires, des associations, des entreprises et des particulières. ⁽⁷⁾

4.3.2. Standards énergétiques du bâtiment

MINERGIE :

En Suisse s'est imposé le standard MINERGIE pour caractériser les constructions optimisées sur le plan énergétique et offrant un grand confort. Il est plus sévère que les valeurs limites définies par la loi, et s'appuie sur une longue expérience portant sur plus de 25'000 bâtiments ayant reçu le label MINERGIE.

MINERGIE-P :

Par rapport au standard MINERGIE, le standard MINERGIE-P pose des exigences beaucoup plus élevées concernant l'enveloppe du bâtiment et l'étanchéité à l'air. Il faut aussi respecter certaines règles concernant le choix des appareils afin de diminuer la consommation de courant.

MINERGIE-A

Le standard MINERGIE-A exige, outre une bonne enveloppe du bâtiment, que le bilan énergétique annuel entre production et consommation soit nul. Par exemple, le bâtiment comprend une installation solaire permettant de produire du courant. Ce standard comporte également des exigences concernant l'énergie grise et le courant électrique consommé dans le ménage. ⁽⁸⁾

(7) Le label de qualité destiné aux bâtiments neufs et modernisés édition MINERGIE ; page 03

(8) Guide pratique pour l'achat et la construction d'immeubles Suisse Énergie, Office fédéral de l'énergie OFEN ; page : 13/14.

4.4. Haut Qualité Environnementale (Française)

L'association "HQE" a donné deux définitions de la qualité environnementale des bâtiments : l'une formelle, servant en quelque sorte de socle ; l'autre exigeentielle, tournée vers l'action :

4.4.1 définition du Label

La qualité environnementale d'un bâtiment correspond aux caractéristiques de celui-ci, de ses équipements et du reste de la parcelle, qui lui confèrent une aptitude à satisfaire les besoins de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et la création d'un environnement sain et confortable.

La définition exigeentielle de la qualité environnementale est le grand apport de l'association "HQE". Elle constitue une utile **clarification** et une mise en ordre opérationnelle des exigences intitulées "**cibles**".

4.4.2 Les 14 cibles retenues sont classées selon **2 "domaines"** et **4 "familles"**

Domaine I : maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur

Première famille : les cibles de l'**écoconstruction**

Les cibles de cette famille correspondent à la volonté de maîtriser les effets dus à l'existence même du bâtiment, depuis sa programmation jusqu'à la fin de sa vie.

- 1° — relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat
- 2° — choix intégré des procédés et produits de construction
- 3° — chantier à faibles nuisances

Deuxième famille : les cibles de l'**éco-gestion**

Les cibles de cette famille correspondent à la volonté de maîtriser les effets dus à l'exploitation du bâtiment.

- 4° — gestion de l'énergie
- 5° — gestion de l'eau
- 6° — gestion des déchets d'activités
- 7° — gestion de l'entretien et de la maintenance

Domaine II : création d'un environnement intérieur satisfaisant

Troisième famille : les cibles du **confort**

- 8° — confort hygrothermique
- 9° — confort acoustique
- 10° — confort visuel
- 11° — confort olfactif

Quatrième famille : les cibles de **santé**

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

12° — conditions sanitaires des espaces

13° — qualité de l'air

14° — qualité de l'eau

4.5. LEED (USA)

LEED « *Leadership in Energy and Environmental Design* » est une certification apparue en 1998 aux Etats-Unis ; elle regroupe principalement sept catégories :

- Aménagement écologique des sites,
- Gestion de l'eau,
- Énergie et atmosphère,
- Matériaux et ressources,
- Qualité environnementale intérieur,
- Innovation en design et région prioritaire.

Ces deux dernières catégories concernent les technologies innovantes employées et la situation géographique du projet susceptible d'être favorisée. Les cinq premières catégories renvoient à la qualité environnementale du bâtiment et exigent la validation de prérequis obligatoire. Un certain nombre de crédits optionnels, ainsi qu'une pondération spécifique sont alloués à chaque catégorie permettant au projet candidat de cumuler des points, et pour avoir le certificat il faut cumuler 40 points et plus. ⁽⁹⁾

Certification LEED pour les nouvelles constructions et pour la rénovation énergétique est classée en quatre échelles :

- Certifié 40–49 points
- Silver 50–59 points
- Gold 60–79 points
- Platinum 80 points et plus

4.6. BREEAM (Bretagne)

« Building Research Establishment Environmental Assessment Method » est une méthode d'évaluation des performances environnementales des bâtiments pour la conception, la construction et le fonctionnement de bâtiments écologiques, développée par le BRE (Building Research Establishment), un établissement privé britannique (Figure II.29).

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

Seul le référentiel « BREEAM International » est utilisé en France parmi les différentes versions existantes du BREEAM.

Un premier processus de certification se déroule lors des phases de programmation et de conception. La certification BREEAM recouvre quant à elle 10 catégories :

- Management,
- Santé et bien-être,
- Energie,
- Transport,
- Eau,
- Matériaux,
- Déchets,
- Etudes de site et écologie,
- Pollution et Innovation.

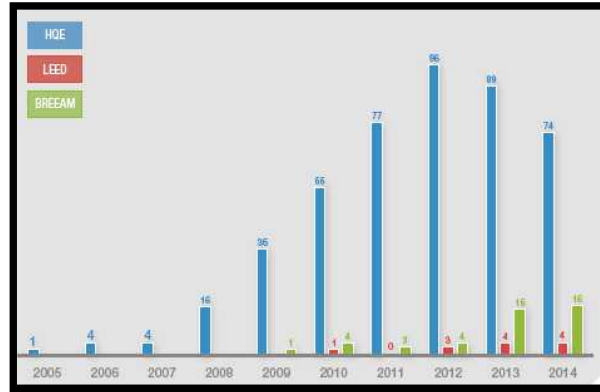


Figure II.28 : Evolution du nombre de certifications par an en France
(Source : Baromètre de la Certification Environnementale Édition 2015
Une étude réalisée par Green Soluce, en partenariat avec France GBC)

La certification BREEAM, apparue plus récemment connaît néanmoins une augmentation sensible.

Au niveau mondial, c'est la certification LEED qui est la plus diffusée dans le monde avec environ 51700 projets⁽¹⁰⁾

Au niveau Européen, c'est la certification HQE qui domine le marché avec environ 44 millions de m² certifiés, devant BREEAM⁽¹¹⁾

4.7. Triple certification en France

Challenger, siège social de Bouygues Construction (Guyancourt, Yvelines), vient d'obtenir la triple certification HQE®, LEED® et BREEAM®. Cette triple certification, aux niveaux les plus élevés pour chacune, est une première mondiale, et confirme le très haut niveau de qualité environnementale de ce bâtiment entièrement rénové.

(9) Le baromètre de la certification environnementale 2014 édition Green Soluce page 02.

(10) USGBC: <http://www.usgbc.org/articles/infographic-leed-world>.

(11) Sustainable building Alliance, données des certificateurs en date du 21/11/2014 : <http://www.sballiance.org/our-work/news/overview-of-breeam-hqe-dgnb-certified-buildings-in-m%C2%B2/>.

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

Après rénovation, Challenger est désormais un bâtiment à énergie positive. Cette performance a été atteinte en mettant en œuvre :

- Une réduction significative de la consommation d'énergie, notamment par le remplacement des 24 000 m² de façade double vitrage par une paroi double peau ventilée intégrant un store automatisé. De plus, comme dans un éco quartier, Challenger est équipé d'un réseau d'eau thermique qui optimise les consommations de chauffage et de climatisation grâce à une redistribution des calories entre les différents bâtiments du site.

- Une production d'énergies sur le site, par l'installation de 25 000 m² de panneaux photovoltaïques, de 300 m² de panneaux solaires hybrides thermiques/photovoltaïques, de 75 sondes et d'un doublet géothermiques

- De nombreuses innovations, développées par les équipes Recherche et Développement de Bouygues Construction en partenariat avec des industriels : un nouveau système de climatisation, un éclairage individuel à LEDs, un système d'individualisation des panneaux photovoltaïques, des panneaux solaires hybrides produisant à la fois de l'eau chaude et de l'électricité, un pilotage individualisé des stores, etc. (12)

Tableau récapitulatif de comparaison entre les différents labels

Chacun de ces labels ou déclinaisons de la réglementation est défini par des critères précis évoqués dans le tableau *I.1*:

	RT 2005	HPE 2005	THPE 2005	EFFINERGIE	MINERGIE	MINERGIE P	PASSIV HAUS
Consommation maximale	85-110	76-100	70-88	40-50	42	30	30
Etiquette DPE - Hors électricité	C	B-C	B	A	A	A	A
Etiquette DPE - Avec Electricité	D-E	D	D	C	C	B	B
Prise en compte d'une part d'EnR	Facultatif	Facultatif	Facultatif	-	OUI	OUI	NON
Mise en place d'une VMC double flux	Facultatif	Facultatif	Facultatif	OUI	OUI	OUI	OUI
Type bâtiment concerné	Tout bâtiment	Tout bâtiment	Tout bâtiment	logements collectifs / individuels	Tout bâtiment	Tout bâtiment	Tout bâtiment

Tableau I.1 : comparaison entre différents Labels

(12) YVES GABRIEL, P-DG de Bouygues Construction. Communiqué de presse Lundi 2 février 2015.

5. La rénovation énergétique des bâtiments existants

La rénovation énergétique des bâtiments existants est l'un des moyens les plus prometteurs de réduire les émissions diffuses de gaz à effet de serre, puisque les émissions du secteur résidentiel et tertiaire représentent une large part des émissions nationales et internationales. De plus, toutes les installations de production d'énergie présentent des inconvénients pour l'environnement, et la démarche d'économie d'énergie est l'une des réponses les plus pertinentes à plusieurs questions d'environnement.

5.1. Projet de rénovation énergétique d'un immeuble collectif de logements sociaux à Issoire ⁽¹³⁾

5.1.1. Diagnostic et présentation

5.1.1.1. Fiche technique

- Année de construction : 1965.
- 24 logements.
- R + 3 (+ sous-sol semi-enterré) SHON : 2171 m², SHAB : 1915,7 m².
- Orientation est/ouest.
- Chaufferie collective à la résidence sans sous-station dans le bâtiment.



Figure II.29 : situation de l'habitation
(Source : Google earth)

(13) les informations de cet exemple sont principalement d'une étude qui été faite à l'école national supérieur d'architecture de Lyon en 2009 par les deux Doctorants : **Christelle JULIAND - Gil ODOUL**.

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation



5.2.1.2. Localisation du projet

Le bâtiment étudié fait partie de la " Cité Auvergne ", un ensemble de bâtiments collectifs résidentiels et tertiaires qui occupe 4 ha au sud de la ville d'Issoire.



Figure II.30: localisation du projet

5.2.1.3. Système de chauffage du bâtiment

L'ensemble des 14 logements présents sur le site est chauffé par une chaufferie collective qui comprend trois chaudières alimentées au gaz de ville (P totale 2050k.). Les chaudières sont régulées par une sonde de température extérieure. Une des chaudières gaz a été remplacée en 2009, suite à une panne (Figure II.31).



Figure II.31: chaufferie collective

5.2.1.4. Système de ventilation ; naturel

La ventilation est de type naturel non contrôlée. Les arrivées d'air sont positionnées derrière le radiateur de la cuisine, en partie basse de la pièce contenant les WC et en partie basse de la salle de bain : ces grilles sont bouchées par les occupants. Les extractions sont situées en partie haute de ces mêmes pièces sur des gaines verticales avec exutoire en toiture terrasse (Figure II.32).



Figure II.32 : bouche d'aération)

5.2.1.5. Bilan énergétique et environnemental global

Les consommations d'énergie pour le chauffage (consommations représentatives sur les périodes de chauffe 2007/2008 et 2008/2009) et pour l'eau chaude sanitaire (estimation BAOTribu) nous indiquent le classement dans l'étiquette du DPE des logements du bâtiment étudié : Etiquette énergie niveau E : Cep (Chauff+ECS) = 261 kWh/m².an, Emissions de GES niveau E : 42 kgéqCO₂/m².an. (Figure II.33).

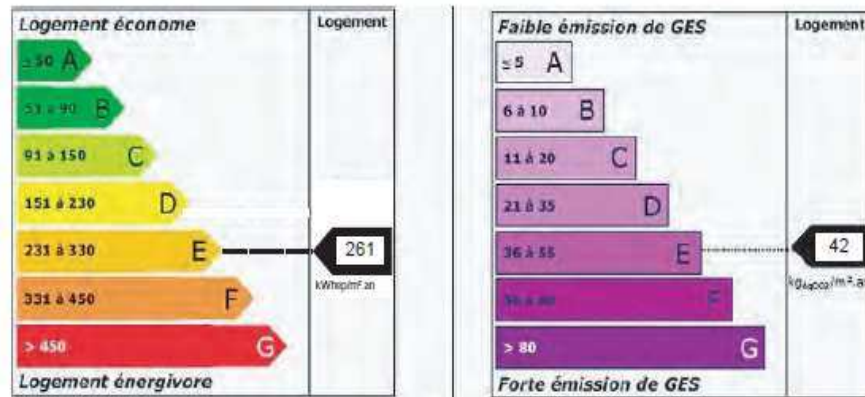


Figure II.33 : étiquette d'énergie du cas initial)

5.2.1.6. Point fort et point faible dans le projet

Les points faibles

- Bâtiment orienté (est/ouest), séjours orientés à l'est,
- Bâtiment non isolé thermiquement, sauf en terrasse (faiblement)
- Absence de V.M.C. (ventilation mécanique contrôlée),
- Mauvais confort phonique entre logements,
- Ponts thermiques entre dalles (chaudes) et murs de façades (froids),
- Cuisines très exiguës (largeur 2 m),
- Pas d'espace privatif extérieur,
- Eloignement des stationnements situés à l'opposé de la façade d'entrée,
- Peu d'arbres sur le site,

Les points forts

- Compacité,
- Logements traversant,

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

- Pas d'ouvertures au Nord
- Faibles masques
- Bâtiment conçu avec une grande simplicité, donc n'offrant pas de résistance majeure à la réhabilitation,
- Chaufferie collective au gaz de ville,

5.3. Définition des objectifs à atteindre

5.3.1 Performance énergétique

La performance énergétique d'un bâtiment est aujourd'hui définie dans la réglementation thermique française concernant l'existant, par des labels de " Haute performance énergétique ". L'arrêté du 29/09/09 relatif au label de " haute performance énergétique rénovation " définit deux niveaux de performance, dont les critères dans l'habitat sont :

- **HPE rénovation**

Cep (chauffage, refroidissement, ECS, ventilation, éclairage, auxiliaires) $< \text{ou} = 150^*$ kWhep/m²SHON.an (*180 sur site d'étude)

La température intérieure conventionnelle du bâtiment respecte la réglementation thermique globale (arrêté du 13/06/08)

- **BBC rénovation (Bâtiments Basse Consommation)**

Cep (chauffage, refroidissement, ECS, ventilation, éclairage, auxiliaires) $< \text{ou} = 80^{**}$ kWhep/m²SHON.an (**96 sur site d'étude)

La température intérieure conventionnelle du bâtiment respecte la réglementation thermique globale.

- De plus le label BBC-EFFINERGIE rénovation implique les critères supplémentaires suivants :

- Pour un bâtiment de logements équipé d'une production locale d'électricité, et d'une production d'eau chaude sanitaire totalement ou partiellement par électricité, la consommation conventionnelle totale d'énergie du bâtiment avant déduction de la production locale d'électricité, n'excède pas $80^{**} + 35$ kWhep/m²SHON.an (131 sur notre site).

- Le coefficient $U_{\text{bât}}$ n'excède pas $U_{\text{bâtmax}} - 30\%$ (défini par l'arrêté du 13 juin 2008)

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

- La mesure de la perméabilité à l'air est obligatoire. Elle doit être inférieure ou égale à la valeur utilisée dans le calcul de consommation.

Dans ce cas ; ils ont visé le niveau **BBC-EFFINERGIE** pour le projet de rénovation.

5.3.2. Améliorations techniques et confort des logements

Après qu'ils ont croisé les données du diagnostic technique avec les doléances des occupants, ils ont déterminé les travaux à entreprendre dans les logements. Ces travaux sont classés par ordre de priorités :

Priorités 1 :

- Améliorer la qualité des sols existants.
- Améliorer les éléments sanitaires et ponctuellement la distribution des réseaux.

Priorités 2 :

- Améliorer la distribution intérieure.
- Rafrâichir l'ensemble des murs et plafonds.

Priorités 3 :

- Aménager des prolongements extérieurs pour les séjours.
- Améliorer les espaces extérieurs par des aménagements sensibles et des plantations d'arbres.

5.3.3. Architecture et façades

Nous savons qu'en matière de cadre de vie, la qualité du bâti influe sur le comportement de ses occupants. L'objectif est de revaloriser l'identité du bâtiment en travaillant sur les matériaux, les couleurs, les ordonnancements... autant de leviers investissant l'immeuble d'une nouvelle image capable de donner aux occupants le sentiment réel qu'ils vivent dans une résidence.

5.4. Projet architectural

5.4.1. Insertion du projet dans son environnement immédiat

a. Requalification des espaces extérieurs

Le projet repense totalement l'occupation du sol en pied et en périphérie du bâtiment, suivant une nouvelle organisation qui permet aux occupants de l'immeuble de s'approprier et de faire vivre ces espaces désormais dévolus à des fonctions sociales, économiques et de loisir. Les interventions se déclinent comme suit :

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

- Création d'un mail piéton (arbres de diamètre 160 mm) distribuant les entrées d'immeubles (façade ouest) et d'un réseau de cheminements distribuant les jardins potagers

- Extension des halls d'immeubles et aménagement d'un local vélo dédié à chaque entrée,

- Aménagement d'une aire de jeux à la vue des séjours (façade est),

- Aménagement de jardins potagers équipés d'abris de jardins individuels groupés quatre par quatre avec stockage de l'eau de pluie en extérieur, délimitations par des arbres fruitiers. L'aménagement de ces jardins potagers et de leurs abords permet de réduire de 70% la surface d'espaces verts à entretenir et de diminuer de 30% la surface imperméabilisée.

- Plantations d'arbustes décoratifs en pied d'immeuble (façades est et ouest),

- Plantation d'un mail d'arbres feuillus à haute tige devant la façade ouest (protection solaire), et d'arbres fruitiers en limite entre les potagers et l'aire de jeux (côté est), de taille correcte,

Orientation des baies	Est	Sud	Ouest
% de surface vitrée par rapport à la surface vitrée totale	61 %	4 %	35 %

Tableau II.2 : Répartition des surfaces vitrées par orientation.

b. Approche passive et conception /architecture bioclimatique

Le bâtiment bénéficie d'une inertie lourde, qui sera conservée, valorisée dans le projet par un choix d'isolation par l'extérieur, permettant en hiver de limiter les déperditions de chaleur des parois et en été de limiter leur surchauffe, et de les rafraîchir la nuit avec du night cooling (Tableau II.1).

Le bâtiment orienté Est/Ouest ne comporte pas d'ouvertures sur le pignon nord, et du fait de la taille du pignon peu de surface vitrée au sud. L'orientation n'est pas favorable à la valorisation des apports solaires provenant du sud, mais les séjours côté Est bénéficient de plusieurs porte-fenêtre. La proportion élevée de surfaces vitrées à l'est et à l'ouest nécessite de veiller à limiter les surchauffes en été.

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

La répartition des pièces de vie des logements dispose les cuisines, sanitaires et une partie des chambres côté Ouest, tandis que les séjours et autres chambres sont côté Est : la pièce de vie principale bénéficie des apports solaires du matin et est protégée de la surchauffe d'une orientation ouest. Toutes les baies vitrées sont équipées de protections solaires : des volets roulants PVC en bon état, ce qui permet de limiter la surchauffe estivale.

5.4.2. Procédés et produits de construction ; matériaux de construction

Dans une alternance de matières fibres-ciment / bois naturel et de couleurs, les habillages de façades protègent l'isolation extérieure. Les vêtements utilisés en façades sont composées à 60% de RPE, 30% de bardage bois d'origine locale (importante filière bois en Auvergne) et à 10% de panneaux fibres-ciment de type Eternit. Nous avons d'abord souhaité utiliser un panneau de la marque James Hardie car il propose une gamme de couleurs très étendue.

Concernant l'énergie grise des systèmes d'isolation mis en œuvre, il existe de nombreuses bases de données ou logiciels permettant de l'évaluer, certaines sources étant encore en cours d'évolution.

Il est cependant clair que les isolants d'origine minérale ou industrielle couramment utilisés ont des consommations d'énergie nécessaire à leur fabrication plus importante que certains isolants d'origine végétale (*Tableau II.2*) :

Le projet implique une isolation des façades par l'extérieur avec des panneaux de polystyrène.

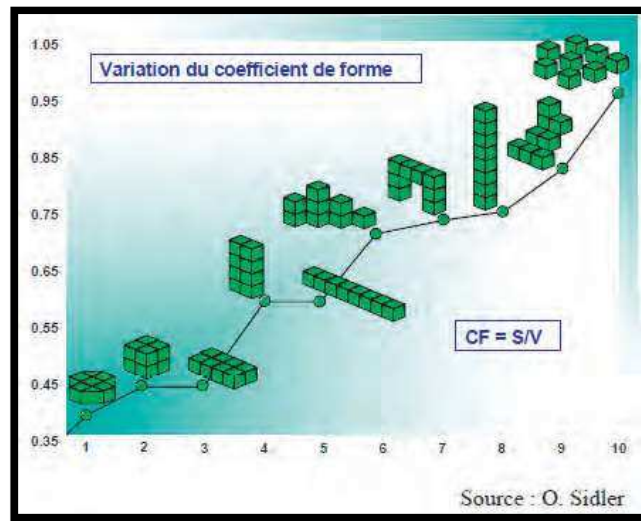
Matériau	Energie grise (en kWh/m ³ ,
Polyuréthane	1000 à 1200
Polystyrène expansé	450
Laine de verre	250
Bois feutré	12.5
Ouate cellulose	6

Tableau II.3 : énergie grise pour quelques matériaux d'isolation.

5.4.3. Maîtrise des flux ; maitrise des déperditions thermiques

5.4.3.1 Compacité

On peut distinguer le bâtiment complet de forme extérieure rectangulaire, du volume chauffé en forme de 3 U alignés (les escaliers intérieurs étant non chauffés). Le coefficient de forme extérieure est de 0,47, valeur optimisée. Le coefficient de forme du volume chauffé est de 0,59 (rapport de la somme des surfaces de parois déperditives au volume chauffé), ce qui est une valeur proche des bâtiments très compacts avec une limitation de surface développée vers l'extérieur. Le bâtiment privilégie les parois mitoyennes entre logements.



L'indice de compacité du volume chauffé est de 1,48 (rapport de la somme des surfaces de parois déperditives sur la surface dans œuvre du volume chauffé). Cette valeur traduit une compacité qui pourrait être améliorée, si les escaliers non chauffés étaient extérieurs : l'indice de compacité du bâtiment serait alors de 1,23.

Cependant la forme compacte de l'extérieur du bâtiment ne sera pas changée. La forme de l'enveloppe chauffée (trois U en plan accolés) n'est pas la plus favorable à la compacité, mais dans le cas d'un projet de rénovation pour lequel les murs porteurs sont conservés, ils ont choisi de ne pas modifier la forme des communs.

5.4.3.2 Surface de baies

Le rapport de la surface vitrée en tableau à la surface habitable est de 21%, rapport performant afin de limiter les déperditions thermiques tout en valorisant l'éclairage naturel (source : tribu).

5.4.3.3 Energies et fluides

Les déperditions thermiques de l'enveloppe du bâtiment existant

Ils ont tout d'abord calculé l'indice de déperditions $U_{bât}$ et l'indice d'isolation ($U_{bât} / \text{Surface dans œuvre SDO}$) du bâtiment existant.

Pour cela ils ont utilisé la boîte à outil de TRIBU en y intégrant la valeur des déperditions par les ponts thermiques (source " règles TH-U pour les bâtiments existants ", catalogue des coefficients linéiques de déperditions pour les bâtiments construits après 1948,).

Bâtiment existant :

$$U_{bât} = 2,2 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$I_{isol} = 3,3 \text{ W/m}^2\text{SDO}$$

Ces valeurs traduisent une faible ou inexistante isolation suivant les parois (à titre de comparaison dans le neuf, les objectifs du référentiel GL Habitat 2009 sont pour un niveau THPE : $U_{bât} < 0,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$ - $I_{isol} < 0,8 \text{ W/m}^2.\text{K}$, et pour un niveau Bâtiments basse consommation $U_{bât} < 0,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$ - $I_{isol} < 0,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$).

Les consommations d'énergie

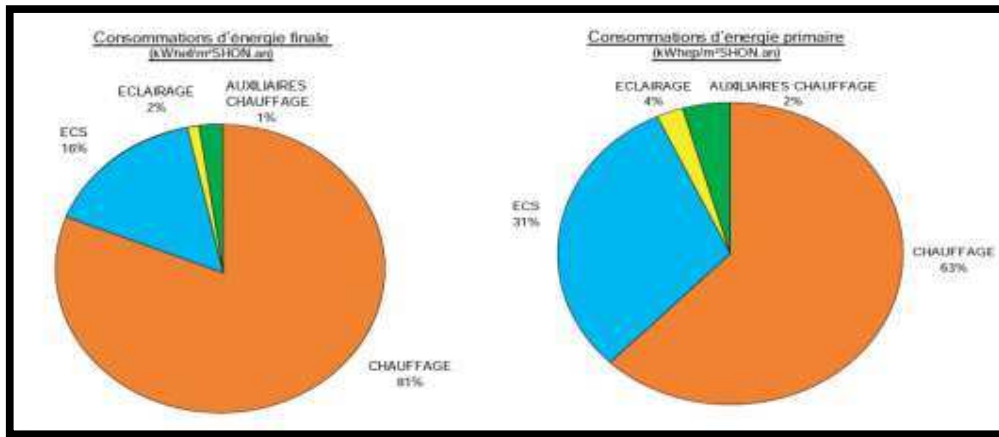


Figure II.34: différence de consommation entre les deux cas

Ils ont évalué les consommations d'énergie du bâtiment pour les usages de consommations définis dans la réglementation thermique : chauffage, refroidissement, ECS, ventilation et auxiliaires, éclairage.

Ils ont estimé donc les consommations totales d'énergie primaire du bâtiment pour les usages réglementaires à

Cep = 247 kWh/m².an

La répartition des consommations par usages nous indique que le chauffage est le premier poste de déperditions, le deuxième étant l'ECS dont l'énergie électrique impacte fortement le bilan global.

Le bâtiment existant a donc une consommation globale d'énergie 2,5 fois supérieure au niveau BBC-Effinergie Rénovation : Cep < ou = 96 kWh/m².an (zone H1c). (Ou 131 kWh/m².an si production locale d'électricité).

AMELIORATIONS

5.5. Simulation thermique dynamique : Pleiades+comfie

La réalisation de simulations thermiques dynamiques avec le logiciel Pleiades+comfie a permis d'observer les variations des besoins de chauffage suivant les choix d'isolation d'enveloppe. Les besoins de chauffage du bâtiment existant simulés sont de : 97 kWh/m².an.

Les consommations de chauffage indiquent donc un rendement de génération, distribution, émission et régulation de 63 % (principalement dû à l'âge des chaudières de plus de 30 ans). Afin de diminuer les besoins de chauffage du bâtiment existant, nous avons envisagé plusieurs bouquets de travaux :

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

Simulation 1 :

- Isolation thermique par l'extérieur des murs (ITE pose de vêtements sur les quatre façades en protection de l'isolation par l'extérieur) : 18 cm d'épaisseur de panneaux de polystyrène expansé, $R_{\text{thisolant}} = 4,6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, avec traitement des ponts thermiques acrotère et plancher bas

- Isolation de la toiture : 15 cm d'épaisseur de panneaux de Polyuréthane, $R_{\text{thisolant}} = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

- Isolation en sous-face des planchers sur sous-sol (espace ventilé dans pièces de séchoirs, avec faible vitrage sur grillage pour ouvertures) : 12 cm de ouate de cellulose + sous-couche acoustique sous revêtements de sols : $R_{\text{thisolant}} = 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

- Isolation des murs des logements donnant sur les communs non chauffés : 11 cm de ouate de cellulose, $R_{\text{thisolant}} = 2,44 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Simulation 2 :

Solution 1 + Traitement des ponts thermiques en appuis, linteaux et tableaux des fenêtres

Simulation 3 :

Solution 2 + Utilisation des conduits collectifs pour installation d'une VMC simple flux auto réglable (0,6 vol/h). Le débit simulé implique une étanchéité à l'air traitée.

Simulation 4 :

Solution 2 + Utilisation des conduits collectifs pour installation d'une VMC avec des entrées d'air et des bouches d'extraction hygrorégulables, afin d'assurer un renouvellement d'air (0,4 vol/h) et de limiter l'inconfort actuel des occupants (entrées d'air neuf bouchées). Le débit simulé implique une étanchéité à l'air traitée.

- Les variations induites sur les besoins de chauffage sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Isolation et ventilation	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3	Simulation 4
Besoins chauffage (kWhep/m ² SHON.an)	62,6	57	40,6	31
Consommations (rendement 63%, kWhep/m ² SHON.an)	99	90	64	48,7
Gains sur les besoins de chauffage du bâtiment existant	35 %	41 %	58 %	68 %

Tableau II.4 : résultats des simulations

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

On observe que le traitement des ponts thermiques en appui, linteau et tableau a un impact non négligeable sur la diminution des besoins de chauffage. L'amélioration du système de ventilation est aussi nécessaire, on s'orientera donc vers le bouquet de travaux n°4 pour le projet,

Cependant l'ajout d'un système de ventilation de type VMC sur les conduits collectifs (3 moteurs pour 6 conduits) induit des consommations d'électricité à prendre en compte dans le bilan : 12 kWh/m².an. Nous restons ainsi avec un débit de renouvellement d'air inférieur à 1,3 m³/h.m².

Les déperditions thermiques de l'enveloppe du projet

Evaluation de la performance thermique de l'enveloppe du bâtiment isolé suivant la simulation n°4 avec traitement des ponts thermiques :

Ubât = 0,63 W/m². K isol = 0,93 W/m²SDO

D'après le graphique de Tribu pour les bâtiments neufs reliant l'indice de compacité et l'indice d'isolation suivant l'Ubât, la performance de l'enveloppe du bâtiment correspond à la RT2005, donc l'enveloppe du projet peut permettre d'atteindre le niveau BBC-Effinergie rénovation.

Ces travaux d'isolation de l'enveloppe et d'amélioration de la ventilation ont conduits à étudier le système de chauffage.

Chapitre II : amélioration du comportement énergétique d'une habitation

5.6. Comparaison entre le cas initial et le cas amélioré :

1- Etiquette du bâtiment existant (en KWh/m².an)

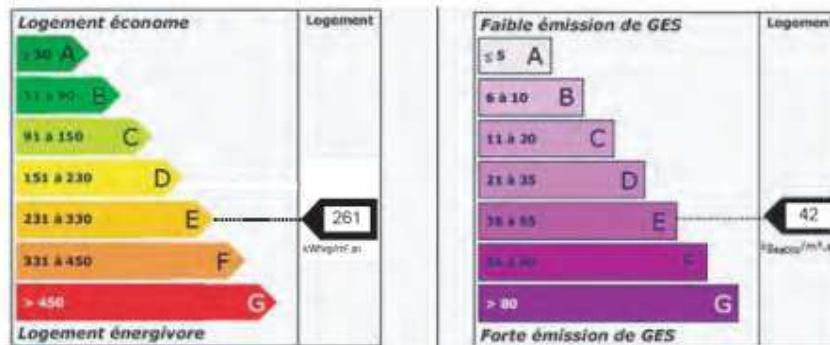
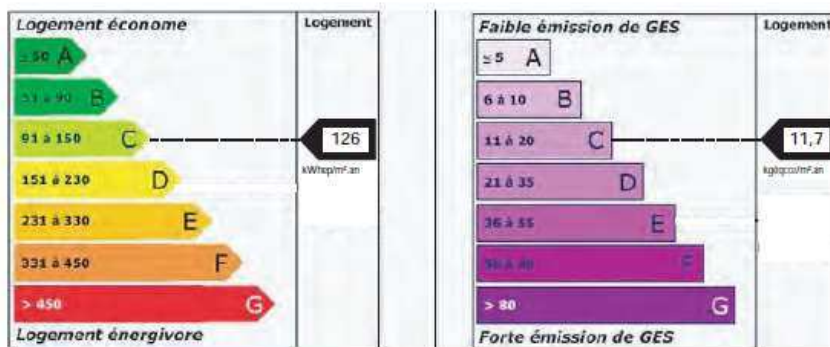


Figure II.35: étiquette énergétique du cas initial

2- Etiquette du bâtiment Après travaux (en KWh/m².an)



Étiquette DPE du bâtiment rénové (par m²SHAB)

Figure II.36: étiquette énergétique du cas amélioré

Dans le cas initial, nous voyons que le projet a été classé dans la catégorie E de 230 à 330 avec une très grande émission de gaz à effet de serre,

Après les améliorations effectuées, on voit un allègement du bilan énergétique, et le niveau classement du projet qui passe à la catégorie C.

6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons analysé les différents labels et certifications connus à l'échelle mondiale, et l'usage de chacun d'eux, ainsi que leurs avantages et leurs limites, pour ressortir pour notre cas d'étude, un label qui s'adapte le mieux, dans son forme d'énergie propre, disponible et inépuisable, de favoriser les apports solaires pour l'éclairage naturel en hiver, et pour une isolation bien soignée de la construction. S'avère pour le moment, le BBC avec l'un des paramètres les plus déterminants est l'ITE, isolation thermique par l'extérieur, ce label est le plus important et le plus efficace, que nous avons choisis pour notre cas pour réaliser les différentes améliorations envisagées.

CHAPITRE III:

Les énergies renouvelables pour
l'habitat:

1. Introduction

« S'il me fallait ne garder qu'un seul mot à propos de l'énergie, je dirais : diversité. »

Jean-Marie Chevalier, professeur à l'université Paris-Dauphine (Confrontations Europe, 27 mai 2010)

L'énergie fait partie de notre quotidien, même là où on ne l'imagine pas, nous l'utilisons chaque jour souvent sans nous y en rendre compte ; dans l'agriculture, pour se déplacer et pour l'utiliser dans le bâtiment. Pour se chauffer ; s'éclairer et faire fonctionner toutes les machines et appareils qui meublent notre vie quotidienne ; tous cela consomme de l'énergie. Le poids de l'énergie dans la vie de l'être humain approuve pourquoi elle est nécessaire dans le développement économique d'un pays.

La question de l'énergie est au centre de plusieurs problèmes surtout dans la vision du développement durable, qui touche différents niveaux, et à plusieurs échelles ; à la biodiversité ; aux sols...etc. Les recettes annuelles des pétroliers sont d'environ de 300 à 1000 milliards de dollars par an, avec un chiffre inimaginable qui correspond à la masse du pétrole importée, et qui est d'environ de 2.5 tonnes par habitant (1).

(1) Livre : **les énergies** Comprendre les enjeux - édition Quae « Paul Mathis » page 14

2. Définition et historique

Définition :

Les énergies renouvelables sont des énergies primaires inépuisables à très long terme. Elles sont issues directement de phénomènes naturels, réguliers ou constants (vent, soleil, marées). Les énergies renouvelables ne produisent pas de déchets. Elles ne mettent pas en danger la biosphère et sont donc à recommander (*Figure III.37*).

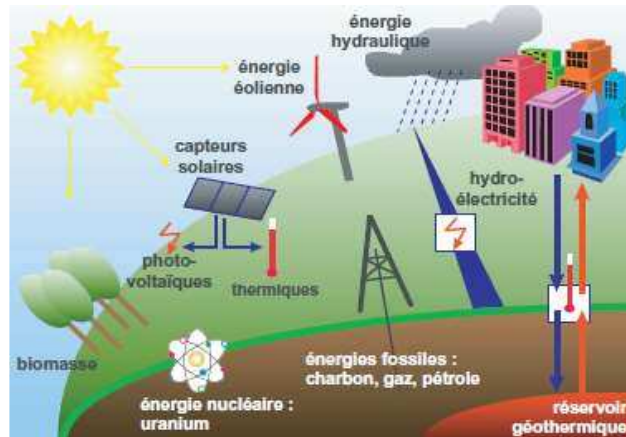


Figure III.37 : les différents types d'énergies dans le monde sont toute issue du soleil.

Source : livre traité architecture et urbanisme bioclimatique.

- **Energie renouvelable** : énergie produite à partir d'une source qui, contrairement aux énergies fossiles, se régénère au moins au même rythme que celui auquel on l'utilise. Ex : le vent, les marées, le soleil, ...

Historique

L'homme a appris à utiliser les énergies contenues dans la nature (les vents : énergie éolienne et les cours d'eau : énergie hydraulique).

L'homme utilise la force créée par les courants des rivières ou des chutes d'eau pour faire tourner la roue d'un moulin. Aujourd'hui on utilise cette force pour faire tourner les turbines des centrales hydro-électriques qui produisent de l'électricité.

La principale machine utilisant la force du courant comme source d'énergie durant l'Antiquité est la noria. Il s'agit d'une grande roue à ailettes installée sur un cours d'eau et actionnée par le courant.

Les énergies renouvelables sont d'actualité, et s'inscrivent dans les démarches du développement durable et de préservations de l'environnement. De nos jours le monde est engagé dans ce domaine. Aujourd'hui on sait utiliser la chaleur du soleil pour créer de l'électricité. Les panneaux solaires captent cette énergie et la transforment en électricité « panneaux photovoltaïques » en chaleur (solaire thermique ». (Figure II.38)

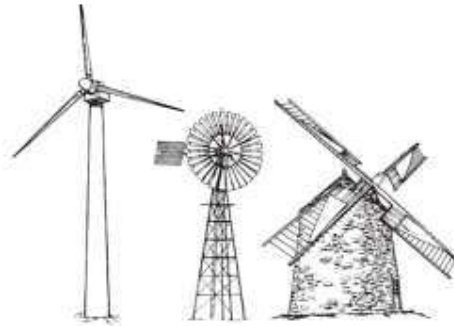


Figure II.38: développement des énergies renouvelables

3. Situation des énergies renouvelables et non renouvelables

3.1. Situation mondiale

La consommation d'énergie finale dans le monde est en hausse continue, en 2009 était de près de 8,4 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (Key World Energy Statistics 2011, AIE). Elle a augmenté de plus de 40% entre 1990 et 2008. Les autres estimations placent la consommation mondiale d'énergie à 12,2 milliards de tep « tonne équivalent pétrole ».

La consommation énergétique mondiale va exploser : on estime que les besoins énergétiques mondiaux vont représenter de 570 à 600 exa-joules par an en 2020. (Figure II.39)

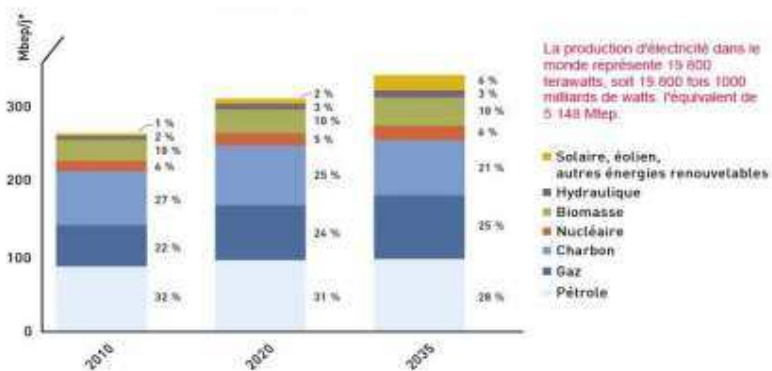


Figure II.39 : approvisionnement énergétiques mondiale.
 (Source : <http://www.planetoscope.com/Source-d-energie/229-consommation-mondiale-d-energie-en-tep.html>) consoglob

Selon une étude de l'AIE (Agence Internationale de l'Energie) la génération d'électricité provenant des énergies **renouvelables** représentera 25% du consommation électrique totale en 2018. La croissance de la production atteindra 4% entre 2012 et 2018 à 685TW/h soit +6% par an. Elle a déjà progressé de 8.5% en 2012. Les **énergies renouvelables**, l'hydroélectricité en tête de file, sont 8% du mix électrique (contre 2% à 4% entre 2006 et 2011). L'étude de l'AIE prévu une augmentation de cette part à 11% en 2018. (2)

3.2. Situation énergétique en Algérie

L'Algérie ambitionne de doubler sa capacité d'énergie renouvelable, passant de 12 GW actuellement à 25 GW d'ici 2030. Avec la baisse que connaît le prix des panneaux solaires photovoltaïques (3), l'énergie solaire en Algérie devient un secteur de plus en plus concurrentiel.

L'intérêt pour les énergies renouvelables s'est vu renforcé par une consommation intérieure en rapide expansion. Les générateurs au gaz produisent 98 % de l'électricité de l'Algérie et les prix de l'énergie sont gelés depuis 2005. Selon l'agence américaine Energy Information Administration, la consommation annuelle d'électricité a augmenté d'environ 10 % pendant 3 ans jusqu'à 2012, année pendant laquelle les autorités ont été obligées d'imposer des coupures afin de rationner la consommation d'électricité (*Figure II.40*). (4)



Figure II.40 :
Station de production photovoltaïque Ain Imelh Msila

(2) <http://www.planetoscope.com/Source-d-energie/229-consommation-mondiale-d-energie-en-tep.html>

(3) (environ 40 % depuis 2008 selon Nouredine Yassaa, directeur du Centre de développement des énergies renouvelables d'Algérie)

(4) L'Algérie accroît ses objectifs en matière d'énergie renouvelable (document OGB).html consulté le Mercredi, 9 Décembre 2015

3.3. Situation des énergies renouvelables à Laghouat

A Laghouat, SDC (5) Sonelgaz installe 3 postes transformateurs qui sont reçus du GRTE Hassi R'mel, ces postes alimentent la ville de Laghouat et quelques communes limitrophes, ils sont de puissance globale 110 MVA, c'est la puissance installée. La plus grande puissance consommée a été enregistrée durant la période estivale et exactement le 28 juin 2015 à 14 h, là où presque tous les climatiseurs sont allumés, cette puissance correspond à 85% de la puissance installée.

La majorité de cette puissance est consommée par le secteur résidentiel sauf 8 MVA qui est consommée par la zone industrielle. (6)

La wilaya de Laghouat a été touchée par le programme national des énergies renouvelables **SKTM « Shariket Kahraba wa Takat Moutajadida »**, par l'installation d'un champ de production de l'électricité par des panneaux photovoltaïques dans la commune d'ELKHENEG d'une puissance de 60 mégawatts crête, avec 8080 panneaux avec une puissance de 250 Wc de chacun, cette puissance totale sera injectée dans le réseau public **GRTE « gestion du réseau et transport d'électricité »** (Figure II.41,42).



Figure III.41,42 : photos dans le champ photovoltaïque ELKHENEGUE Laghouat Janvier 2016

(5) Sonelgaz Distribution Centre

(6) visite SDC SONELGAZ Laghouat le 22/11/2015

4. Différents types d'énergies renouvelables

Les **énergies renouvelables** sont d'origine inépuisables. Certaines, comme le vent, l'eau et le soleil, sont utilisées depuis des milliers d'années. D'autres doivent être exploitées de façon rationnelle si on ne veut pas qu'elles s'épuisent, comme le bois par exemple (*Figure II.41*). Parmi ces types d'énergies renouvelables :

4.1. La bioénergie

Le terme bioénergie désigne l'énergie issue de toute matière organique renouvelable. Des produits très divers peuvent être utilisés, notamment les résidus de la foresterie, les copeaux, les cultures, les déjections animales et autres sources de déchets organiques. La bioénergie utilise plusieurs types de procédés différents. La biomasse peut être brûlée directement pour produire de la chaleur et/ou alimenter la production d'électricité. Elle peut subir un processus pour produire un carburant liquide comme le biodiesel. Comme elle peut subir un procédé de gazéification ou un procédé de digestion anaérobique pour produire des gaz qui peuvent être stockés puis utilisés pour chauffer, pour la cuisson et même pour la production d'électricité. L'énergie de la biomasse couvre un large éventail de technologies, depuis les applications primitives (par exemple, la production traditionnelle de charbon de bois et les fours à bois) jusqu'aux procédés bioénergétiques avancés, qu'on désigne souvent collectivement par l'expression « biomasse moderne ». (7)



Figure III.43 : le bois est la principale source des bioénergies.

(Source : [https://www.aau.at/wp-](https://www.aau.at/wp-content/uploads/2015/11/Biomasse_Alberto-Masnovi_Fotolia.jpg)

content/uploads/2015/11/Biomasse_Alberto-Masnovi_Fotolia.jpg

(7) **Note de recherche** « L'investissement dans les énergies renouvelables crée des emplois ». *Union Européenne 2012*

4.2. L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est l'énergie qu'on peut avoir par l'intermédiaire du vent avec un système d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou un moulin à vent. L'énergie éolienne est l'une des énergies renouvelables inépuisable et non polluante, elle tire son nom d'Éole (en grec ancien Αἴολος, Aiolos), le nom donné au dieu du vent dans la Grèce antique. L'énergie éolienne peut être utilisée de deux manières :

- La première est de Conserver cette énergie comme énergie mécanique : le vent est utilisé pour pomper de l'eau (pour l'irrigation, abreuver le bétail...etc.) ou pour faire tourner la meule d'un moulin (*Figure II.44*).



Figure III.44 L'utilisation énergie éolienne par l'homme est ancienne.
Source : ADEME.

- La deuxième manière est de la transformer en énergie électrique : par le couplage l'éolienne avec un générateur électrique pour la fabrication du courant continu ou alternatif. Le générateur est relié à un réseau électrique ou bien fonctionne de manière autonome avec un générateur d'appoint (par exemple un groupe électrogène) et/ou un parc de batteries ou un autre dispositif de stockage d'énergie (*Figure II.45*).



Figure III.45 les principaux éléments de l'un de type d'une éolienne :
Source : Association Canadienne de l'Énergie Éolienne



Figure III.46 L'utilisation de l'énergie éolienne en Algérie
« Wilaya d'Adrar ».
Source : auteur AVRIL 2015.

4.3. L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est également appelée « houille blanche ». Elle n'est pas dépendante aux conditions météorologiques. C'est une énergie qui n'engendre aucune pollution lors de la production.

La production de l'électricité avec cette technique peut être avec multiple choix, je cite les deux principaux, qui sont :

- Les turbines hydrauliques sont utilisées dans les installations hydroélectriques pour entraîner les générateurs qui produisent le courant électrique. Le barrage s'oppose à l'écoulement naturel de l'eau, sauf en cas de forts débits, qu'il laisse alors passer. De grandes quantités d'eau s'accumulent et forment un lac de retenue (Figure II.47).

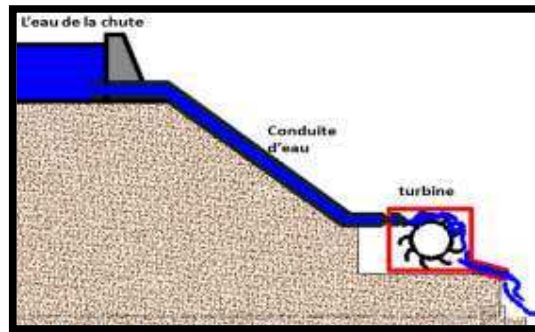


Figure III.47 schéma de principe d'une centrale hydroélectrique
Source : auteur.

- Et on peut réaliser des petites turbines dans nos maisons, elle est uniquement utilisée pour fournir l'électricité nécessaire à la consommation du foyer. Un bassin d'eau est situé en amont de la maison ; il constitue notre réservoir d'énergie : l'eau descend du réservoir vers la turbine qui fournit alors de l'électricité, puis elle est remontée au réservoir initial grâce à un système de pompe actionné par l'éolienne. (8)

L'énergie **marémotrice** est aussi considérée comme énergie renouvelable hydraulique ; elle est issue des mouvements de l'eau créée par les marées, causées par l'effet conjugué des forces de gravitation de la Lune et du Soleil et récupérées en mer par des turbines marémotrices. L'énergie marémotrice n'est pas neuve, les premiers moulins à marée ont été construits au Moyen Âge en Bretagne.



(8) JEAN JACQUOT Energies renouvelables pour l'habitat 2001

4.4. La géothermie

La chaleur interne de la terre est aussi une énergie considérée comme renouvelable et exploitable. Au centre de la Terre, les roches sont en fusion, il s'agit du magma. On se sert de la vapeur ou de l'eau capturée entre les roches et chauffée par la chaleur de la Terre pour produire de l'électricité et du chauffage. Cette énergie est appelée géothermique.

La chaleur de la Terre est produite par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croûte terrestre : c'est l'énergie nucléaire produite par la désintégration de l'uranium, du thorium et du potassium (Figure III.48). (9)

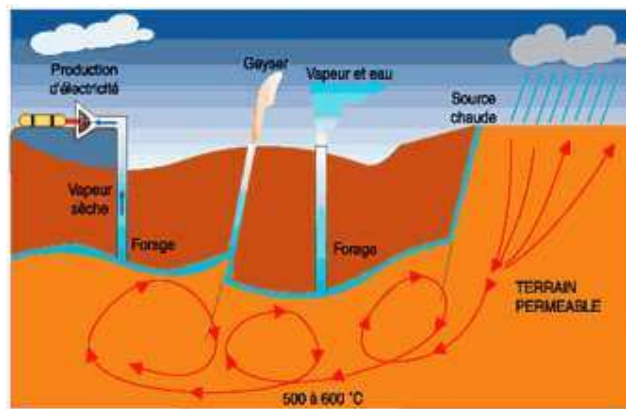


Figure III.48: source de l'énergie géothermique.
Source : <http://e.maxicours.com/img/4/2/8/0/428072.jpg>

Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie profonde ne dépend pas des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent) (Figure III.49).

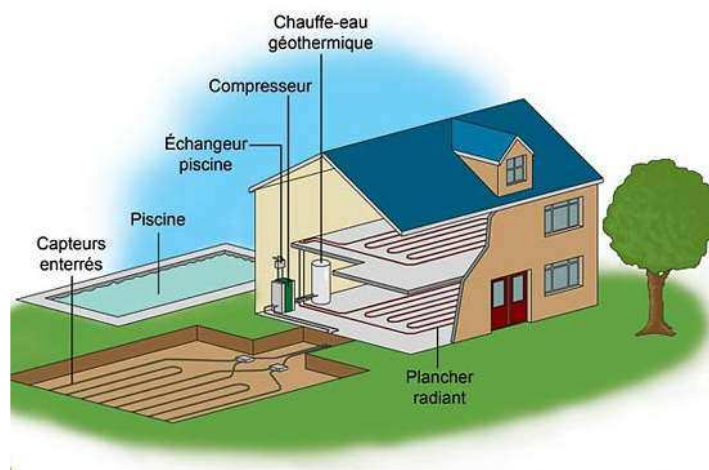


Figure III.49 : schéma de principe d'un chauffage géothermique.
Source : http://www.aucoeurdumonde.ca/media/effic_energe/eoothermie_620.jpg

(9) <http://www.legrenelle-environnement.fr> Virginie Peeters, février 2010

4.5. Le Solaire

4.5.1. L'origine du rayonnement solaire

4.5.1.1. L'énergie solaire reçue sur Terre :

Le rayonnement solaire est un rayonnement électromagnétique composé essentiellement :

- De **lumière visible** de longueur d'onde comprise entre 400nm et 800 nm ;
- De **rayonnement infrarouge** (IR) de longueur d'onde inférieure à 400 nm ;
- De **rayonnement ultraviolet** (UV) de longueur d'onde supérieure à 800nm.

Sur Terre, l'atmosphère (via le dioxyde de carbone, l'ozone, la vapeur d'eau...) absorbe en grande partie les IR et les UV et un peu la lumière visible. Ainsi plus l'épaisseur d'atmosphère traversée est importante, plus la quantité d'énergie solaire reçue par le sol est faible. (Figure III.50). (10)

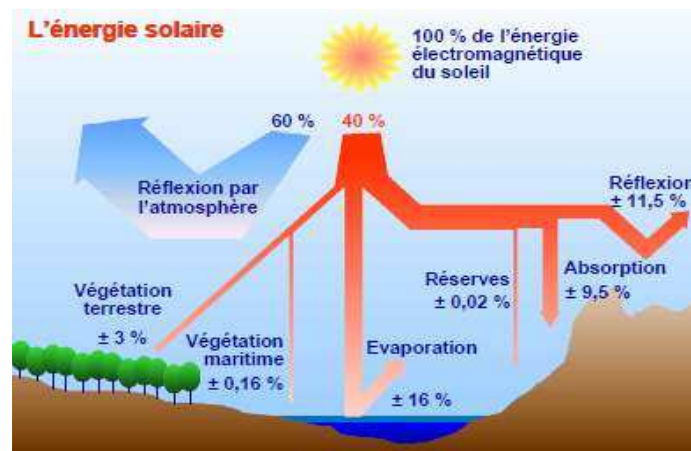


Figure III.50: ce que reçoit la terre du soleil
Source : livre traité architecture et urbanisme bioclimatique.

Globalement, l'énergie reçue est néanmoins considérable (1million de Téra wattheures). Elle est de l'ordre de 10 000 fois la consommation énergétique annuelle de la population mondiale. La puissance maximale moyenne délivrée sur Terre par mètre carré est d'environ 1 000 Watts. (11)

(10) http://www.inrp.fr/lamap/?Page_Id=16&Action=2&Element_Id=380&DomainScienceType_Id=7 « L'énergie solaire » David Wilge bus.

(11) **Adopter le solaire** thermique et photovoltaïque DUNOD page 15. COT :AR8/680.

4.5.1.2. L'utilisation du rayonnement solaire par l'homme

L'énergie solaire est l'une des premières énergies utilisées par l'homme (après l'énergie musculaire). Elle est à l'origine de la formation des **réserves d'énergies fossiles** (charbon, pétrole, gaz naturel) et des **flux d'énergie renouvelable** (bois, vent, énergie hydraulique). En effet, le vent est créé par des différences de températures (et de pression), dont le rayonnement solaire est à l'origine. Ce rayonnement est également responsable de l'évaporation de l'eau qui retombe sous forme de pluie et entraîne les roues des moulins ; et il est essentiel aux organismes vivants qui sont à l'origine du charbon, du pétrole et du gaz naturel (Figure III.51).

Plus récemment **les centrales solaires, le four solaire, les chauffe-eau solaires, le chauffage solaire**, les photopiles ou **cellules photovoltaïques** ont relancé l'intérêt pour une utilisation directe du rayonnement solaire. (12)

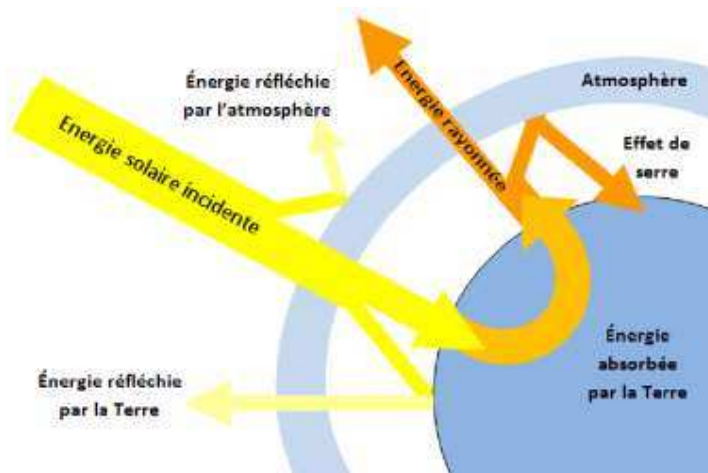


Figure III.51 : énergies rayonnées par la terre
Source : http://raymond.rodriquez1.free.fr/Documents/Terre-ext/energie_terre.gif.

(12) DAVID WILGENBUS <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11176/le-rayonnement-solaire-et-son-utilisation-par-lhomme>.

4.5.2. Les différents systèmes solaires

Il y a une façon passive et une façon active d'utiliser l'énergie solaire. Les deux techniques sont engendrées à travers des ressources renouvelables et inépuisables, chaque système à ces propres principes :

4.5.2.1. Le solaire passif

L'énergie solaire passive indique l'ensemble des techniques où les rayons solaires absorbés peuvent être utilisée sur place, sans être transférée au moyen d'un caloporteur (air ou eau). Elle est directement liée aux techniques de construction qui minimisent la consommation d'énergie pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage. Elle concerne une conception bioclimatique du bâtiment et la mise en place de composants de construction permettant de valoriser le rayonnement solaire, à la fois pour l'éclairage naturel et le chauffage des espaces habitables et même l'énergie solaire passive peut aider pour arriver à un confort adéquat ressenti par les habitants.

Les maisons solaires passives, sont d'abord des bâtiments très bien isolés, pour lesquels les pertes de chaleur sont réduites au plus bas niveau possible. Dans les cas les plus poussés, elles n'ont pas besoin d'un système de chauffage. Ces maisons exploitent d'abord les apports solaires mais font aussi appel à des principes tels que :

- **L'éclairage naturel.**
- **Fenêtres éco énergétiques.**
- **Mur Trombe.**
- **Masses thermiques** (Figure III.50).

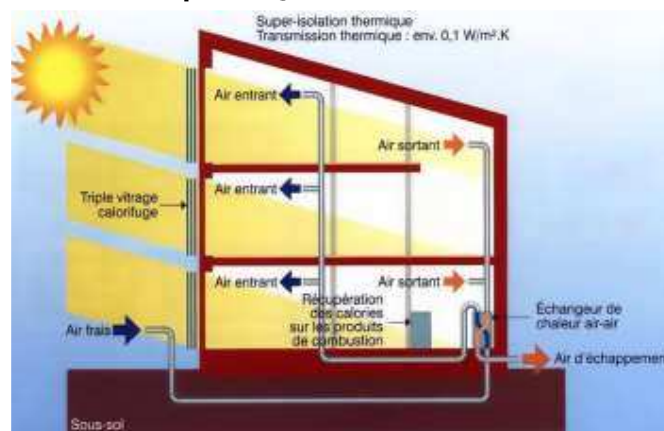


Figure III.52 : principes du solaire passif appliqué aux bâtiments

Source : <http://www.constructeurfacile.com/wp-content/uploads/2013/06/constructeur-maison-passive.jpg>

NB : Ces principes sont bien détaillés dans le premier chapitre.

- Solaire thermique

L'énergie solaire thermique est la transformation instantanée de l'énergie des rayons solaires en énergie thermique. Cette transformation peut être utilisée directement, comme par exemple le chauffage de l'eau sanitaire à l'aide des capteurs solaires, ou indirectement dans le cas de la production de l'électricité dans une centrale thermodynamique solaire. (13)

L'énergie solaire nous apporte la lumière et la chaleur, mais est aussi l'origine de la photosynthèse des plantes, du cycle de l'eau, et des vents. Les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) que nous utilisons abondamment ont également pour origine l'énergie de photosynthèse accumulée durant des millions d'années.

Gratuite et immédiatement disponible ; l'énergie issue du soleil peut être utilisée pour de nombreuses applications en substitution des énergies traditionnelles aux réserves limitées. On fait généralement la distinction entre les deux usages du solaire : Le solaire **thermique** productrice de chaleur, et le solaire **photovoltaïque** ou **thermodynamique**, qui produit de l'électricité. (14)

- Pour l'eau chaude sanitaire

Le mot thermique vient du grec *thermos*, qui signifie « chaleur ». Il est évident que le soleil sert depuis toujours à l'homme pour se chauffer, sans utiliser aucun « artifice » (orientation adéquate des maisons dans l'Antiquité etc.). Mais on va découvrir qu'il est possible de chauffer ou de brûler diverses matières en focalisant sur elles les rayons du soleil, par l'intermédiaire de miroir(s) concave(s) ou de lentille(s).

Il faut noter que deux phénomènes physiques doivent être pris en compte quand on veut utiliser l'énergie solaire sous forme thermique :

a) La couleur noire absorbe la lumière (énergie transformée sous forme de chaleur), tandis que le blanc la réfléchit.

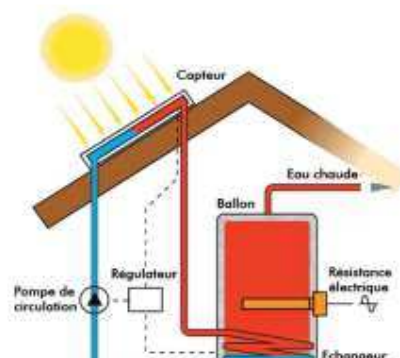


Figure III.53 : principe de fonctionnement d'un capteur solaire thermique

Source : <http://0602.nccdn.net//000/000/083/a99/solaire-thermique2.jpg>

(13) Dr **ABDERRAHMANE HAMIDAT** Le solaire thermique en Algérie : Histoire et perspectives.

(14) livre : **Adopter le solaire** thermique et photovoltaïque DUNOD page 12. COT :AR8/680.

b) « L'effet de serre » fait que si on expose une pièce ou une boîte vitrée aux rayons du soleil, ceux-ci pénètrent à l'intérieur ; mais la chaleur rayonnante émise en conséquence par l'air de la boîte et les parois (les infrarouges) ne peut traverser les vitres vers l'extérieur (car le verre est transparent au rayonnement solaire – courte longueur d'onde – mais opaque au rayonnement infrarouge – grande longueur d'onde) et s'accumule à l'intérieur.

- Solaire thermodynamique

L'immense gisement d'énergie d'origine solaire a été mis en évidence. Celui-ci peut être exploité via la conversion photovoltaïque pour une conversion directe du rayonnement en électricité. Cependant, lorsqu'une centrale de grande puissance est envisagée, l'énergie solaire peut- être utilisée pour chauffer un fluide, lequel parcourra un cycle thermodynamique, ce type de centrale est également appelé centrale hélio-thermodynamique pour désigner l'origine solaire hélios=solaire de la source. **(Figure III.54).**

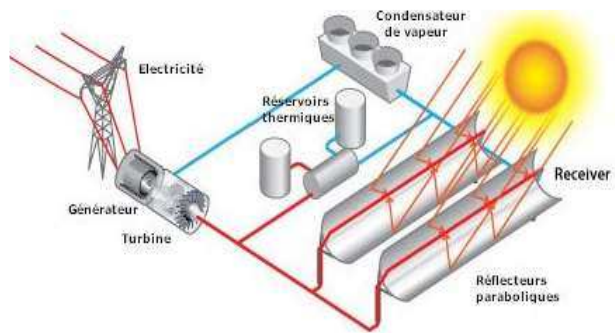


Figure III.54 : principes de fonctionnement d'une centrale thermodynamique
 Source : <http://tpe-si-2011.e-monsite.com/medias/images/fonctionnement-parabolic-troughs.jpg>

Afin d'atteindre un rendement intéressant pour la conversion thermodynamique, il est important de produire un fluide à haute température et donc de concentrer l'énergie fournie par les rayons du soleil. Différentes centrales seront donc rencontrées en pratique en fonction des méthodes utilisées pour la captation et concentration de cette énergie renouvelable. **(Figure III.55).** (16)



Figure III.55 : Miroirs cylindro-paraboliques d'Andasol, Espagne
 Source : http://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/centrale_andasol_en_espagne.jpg

4.5.2.2. Le solaire actif

Les systèmes de chauffage solaire actif emploient des capteurs solaires et une source d'électricité supplémentaire pour actionner des pompes ou des ventilateurs qui distribuent l'énergie solaire. L'élément central du capteur est un absorbeur foncé qui convertit l'énergie solaire en chaleur (UV en Infrarouge), Celle-ci est acheminée vers un autre endroit, où elle sera utilisée immédiatement ou stockée en vue d'un usage ultérieur. Le transfert de la chaleur s'effectue au moyen d'un fluide caloporteur, qui est de l'eau, de l'antigel ou de l'air. (13)

- Solaire photovoltaïque

Qu'est-ce que l'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'énergie récupérée et transformée directement en électricité à partir de la lumière du soleil par des panneaux photovoltaïques. Elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur d'un photon en électron. Outre les avantages liés au faible coût de maintenance des systèmes photovoltaïques, cette énergie répond parfaitement aux besoins des sites isolés et dont le raccordement au réseau électrique est trop onéreux.

L'énergie solaire photovoltaïque est une source d'énergie non polluante. Modulaires, ses composants se prêtent bien à une utilisation innovante et esthétique en architecture.

La stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement prévoit le lancement de plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc d'ici 2020. D'autres projets d'une capacité de 200 MWc par an devraient être réalisés sur la période 2021-2030. (17)

Le photovoltaïque est une énergie renouvelable issue du soleil. Il utilise directement le rayonnement solaire pour transformer la lumière en courant électrique grâce à l'effet photovoltaïque. L'électricité est produite à partir de la lumière du jour et pas seulement par 'exposition au soleil.

(15) **PIERRE AMET** Projet Serre solaire active et passive de culture potagère pour usage en zone de montagne

(16) Production d'énergie électrique à partir des ressources renouvelables **édition : Lavoisier 2012.**

(17) **Site du ministère de l'énergie** : <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=le-programme-des-energies-renouvelables-et-de-l-efficacite-energetique>

La lumière est transformée en électricité au moyen de modules photovoltaïques composés de plusieurs cellules solaires reliées entre elle. L'électricité produite correspond à un courant continu, comme celui des batteries. Pour l'utiliser en secteur ou pour alimenter des appareils fonctionnant en courant alternatif, il doit être converti en courant alternatif à l'aide d'un convertisseur appelé aussi onduleur. C'est le cas pour les installations photovoltaïques raccordées au réseau du bâtiment

Les modules photovoltaïques doivent être associés à d'autres composants afin de garantir une alimentation électrique fiable (*Figure III.56*). (18)

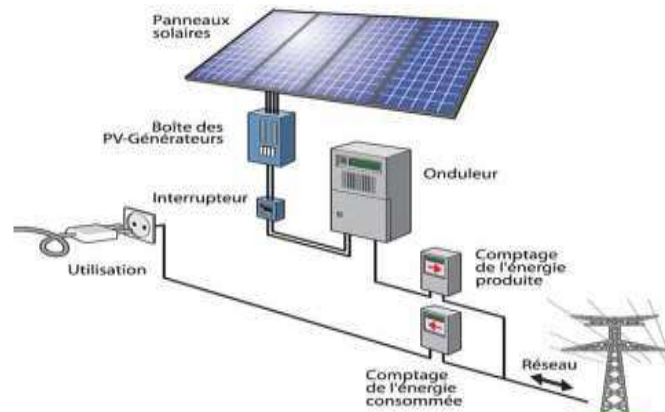


Figure III.56 : schéma du système photovoltaïque

Source : <http://www.solen-economies-energie.fr/SOLEN/projet/sites/default/files/schema-photoboltaire.jpg>

L'impact de cette technologie sur l'environnement est minime. Elle ne génère aucune nuisance : ni gaz à effet de serre ni déchet. La majeure partie de cet impact est due à la consommation d'énergie et à l'utilisation de produits chimiques toxiques durant la phase de fabrication des panneaux.

Le terme photovoltaïque

Il est composé d'un mot grec signifiant « lumière » et du nom du physicien Alessandro Volta (17456-1829). De façon générale, le photovoltaïque désigne aujourd'hui la transformation de lumière du soleil en énergie électrique au moyen de cellules solaire.

(18) livre installation solaires photovoltaïque édition le moniteur

Mais c'est le savant Français Antoine Becquerel qui le premier, en 1839, mit en évidence cette conversion particulière de l'énergie, la variation de la conductivité d'un matériau sous effet de la lumière.

Trois étapes physiques traduisent le phénomène de la conversion photovoltaïque :

- L'absorption de la lumière dans le matériau ;
- Le transfert d'énergie des photons aux charges électriques ;
- La collecte des charges

Il est donc clair qu'un matériau doit avoir des propriétés optique et électrique spécifique pour permettre la conversion photovoltaïque.

Fonctionnement « L'effet photovoltaïque »

C'est un phénomène physique propre à certain matériau qui s'appelle matériaux semi-conducteurs comme, Silicium (SI), tellure de cadmium(CDTe), matériau à base de cuivre ... etc. Ces matériaux sont capables de capter l'énergie solaire (photons) pour la convertir en énergie électrique. (Figure III.57).

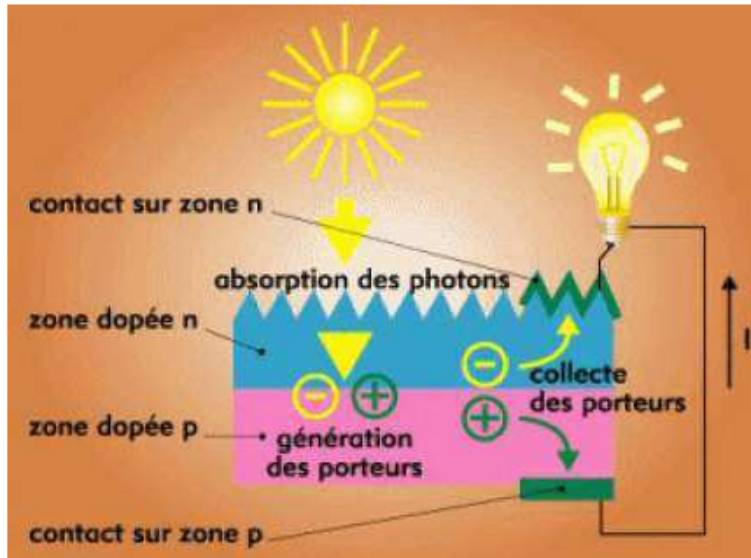


Figure III.57 : fonctionnement d'un panneau solaire

Source : Les énergies renouvelables de la préhistoire à nos jours

<http://www.lycee-jeanmonnet.org/mont-blanc2010/experiences/saussure-capteursolaire.pdf>

Composant du système photovoltaïque

Le système solaire fournit généralement une tension nominale de 12V en courant continu (CC) qui peut être adapté en fonction de son utilisation, (12VCC, 24VCC, 220VCA ou 110 VCA). Un système solaire photovoltaïque est composé de 5 éléments principaux (Figure III.58):

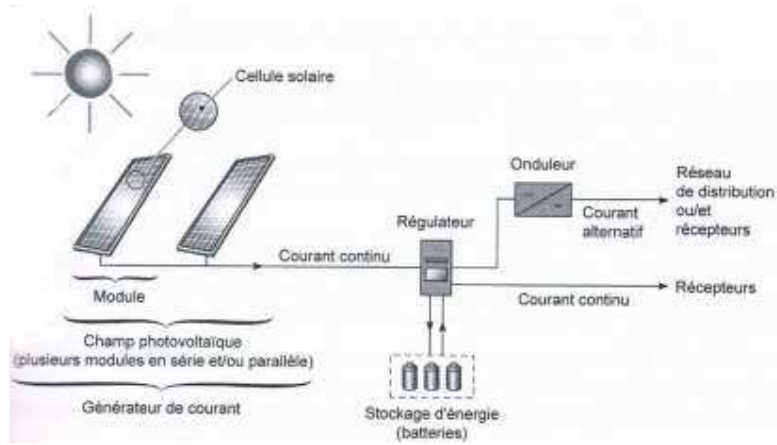


Figure III.58 : composants d' un système solaire photovoltaïque
 Source : livre utilisation de l'énergie solaire chapitre 03 page 51

1) Le panneau ou le module photovoltaïque

Le module est constitué d'un ensemble de cellules solaires reliées entre elles électriquement pour générer un courant continu d'une puissance électrique suffisante pour la plupart des applications domestique et industrielles (Figure III.59)

La puissance crête (Wc), obtenue sous un éclairage maximal est proportionnelle à la surface du module.

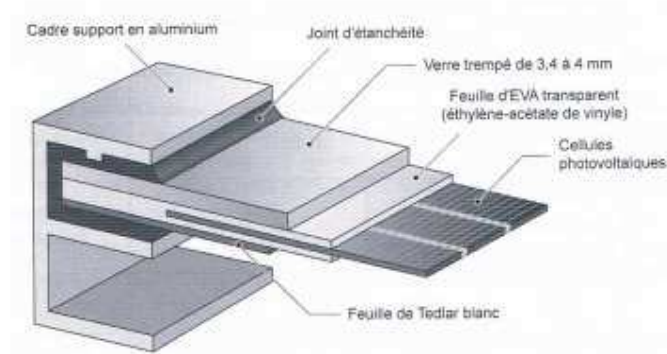


Figure III.59 : composition d' un module photovoltaïque
 Source : livre utilisation de l'énergie solaire chapitre 03 page 60

2) le régulateur de charges

Est l'élément central d'un système photovoltaïque autonome : il contrôle les flux d'énergie. Il doit protéger la batterie contre les surchauffes (solaire) et décharges profondes (utilisateurs). Il doit également assurer la surveillance et la sécurité d'installation (surcharge, alarmes, fusibles, inversion de polarité). Dans les systèmes plus élaborés, il peut aussi commander le recharge par d'autre sources d'énergie (génératrice d'appoint, éolienne, hydraulique). (19)

3) Onduleur

Un onduleur (ou convertisseur) est un dispositif permettant de transformer la tension continue issue des modules photovoltaïques ou des batteries en tension alternative qui est réinjectée soit dans le réseau, soit dans un site isolé afin de couvrir ses besoins. En quelques sortes, il permet de rendre utilisable l'électricité produite par les modules ou pour les batteries en respectant les caractéristiques techniques des appareils électrique ou du réseau. (Figure III.60).

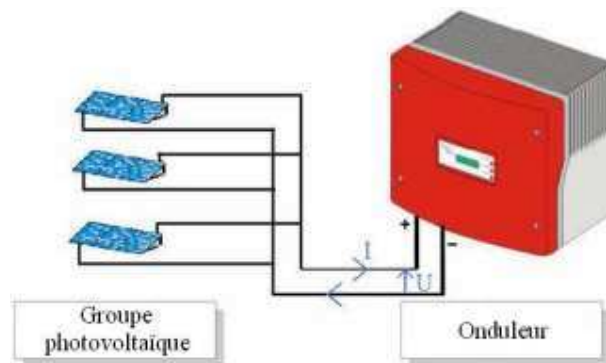


Figure III.60 : système de raccordement d' un onduleur

Source : <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/cours-photovoltaique-2011/images/puissance-entre-onduleur.jpg>

4) stockage de l'énergie

Le stockage de l'énergie est toujours assuré par des batteries, on les trouve dans la majorité des systèmes photovoltaïque ; ces batteries ont pour objectifs de fournir de l'énergie à tout moment. Quel que soit les séquences d'ensoleillement. Il permet de subvenir aux besoins énergétiques nocturnes ou de couvrir les périodes de faible rendement en cas de nombreuses journées nuageuses ou ciel couvert.

(19) Energie solaire photovoltaïque « le manuel professionnel » édition DUNOD page 108

Les batteries utilisées dans le système solaire autonome sont en général de type plomb-acide. Les batteries au cadmium nickel ne sont plus rarement utilisées car leur prix est très élevé (Figure III.61).

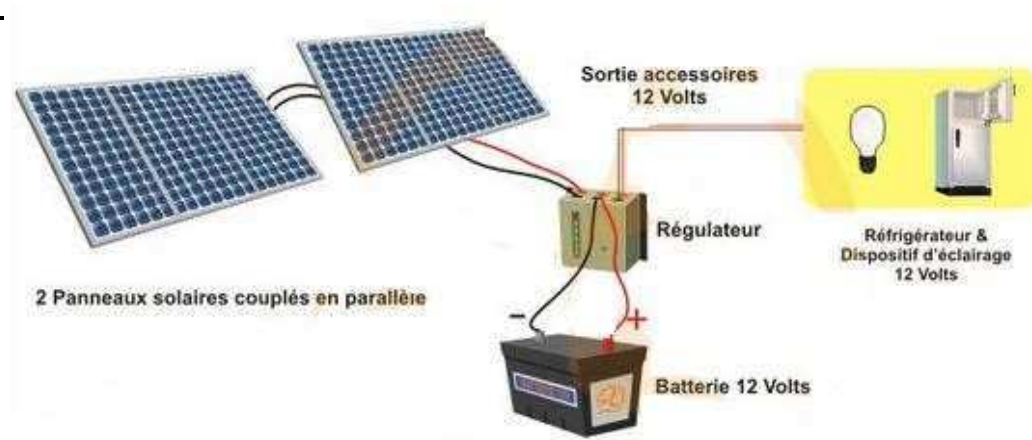


Figure III.61 : schéma de raccordement 12 volts sans onduleur
Source : <http://www.energiesdouce.com/>

5) Autres composants

Il existe beaucoup d'accessoires tels que :

- Protection contre la foudre
- Fusibles et disjoncteurs
- Interrupteur programmable
- ...etc.

Intégration architecturale des panneaux solaire

- E
- n



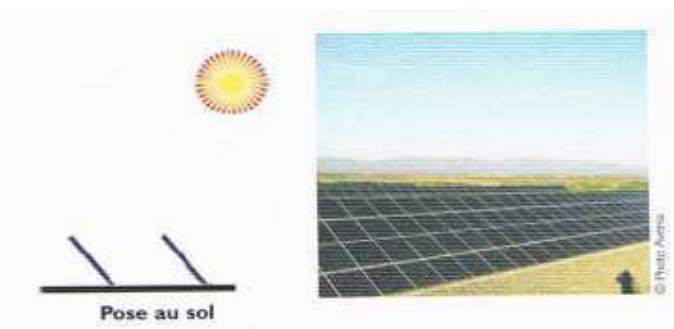
re



- En façade



toiture terrasse



- Au sol

5. La production d'électricité solaire photovoltaïque en Algérie

- Projet SKTM

L'Algérie s'engage avec détermination sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origine fossile.

Ce choix stratégique est motivé par l'immense potentiel en énergie solaire. Cette énergie constitue l'axe majeur du programme qui consacre au solaire thermique et au solaire photovoltaïque une part essentielle. Le solaire devrait atteindre d'ici 2030 plus de 37% de la production nationale d'électricité.

Malgré un potentiel assez faible, le programme n'exclut pas l'éolien qui constitue le second axe de développement et dont la part devrait avoisiner les 3% de la production d'électricité en 2030.

L'Algérie prévoit également l'installation de quelques unités de taille expérimentale afin de tester les différentes technologies en matière de biomasse, de géothermie et de dessalement des eaux saumâtres par les différentes filières d'énergie renouvelable.

Le programme des EnR est défini ainsi pour les différentes phases :

- En 2013, il est prévu l'installation d'une puissance totale de l'ordre de 110 MW ;
- À l'horizon 2015, une puissance totale de près de 650 MW serait installée ;
- D'ici 2020, il est attendu l'installation d'une puissance totale d'environ 2 600 MW pour le marché national et une possibilité d'exportation de l'ordre de 2 000 MW ;
- D'ici 2030, il est prévu l'installation d'une puissance de près de 12000 MW pour le marché national ainsi qu'une possibilité d'exportation allant jusqu'à 10 000 MW.

6. Conclusion

Les énergies renouvelables sont des ressources énergétiques d'actualités qui utilisent les éléments naturels propres et renouvelables et par conséquence ne polluent pas. Dans le but de réduction des consommations sans cesse croissants et la surexploitation des ressources fossiles polluants. Qui mettent en péril les besoins des générations futures en dangers, Ces ressources ne sont ni renouvelables ni durables ; épuisables et génèrent des gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone « CO₂ », qui est à l'origine des réchauffement climatiques et des risques sur la santé de l'être humain.

Les énergies d'origine solaire, photovoltaïque ou thermique, sont trop favorisés et très conseillés pour alimenter en énergie, des bâtiments à basse consommation ou les maisons à énergie positive, mais avant d'intégrer ces solutions nous devons intervenir sur la construction pour la rendre in-énergivore, donc économe en matière d'énergie.

PARTIE 02:

CHAPITRE IV:

Méthodologie et présentation du cas
d'étude:

1. Introduction

Avant d'entamer n'importe quelle étude ou investigation, il est nécessaire de définir et connaître la zone d'étude et l'aire d'intervention. Dans ce chapitre nous allons présenter la ville de Laghouat, du point de vu, essentiellement caractéristiques climatique avec un enchainement descriptif, autant que possible, et par la suite nous décrivons le cas d'étude « le logement ».

2. Présentation du cas d'étude

2.1 situation et caractéristiques climatiques

2.1.1 Classification du Climat en Algérie

L'Algérie est le premier pays en Afrique dont la superficie, qui est de 2381741 km² avec une vaste étendue territoriale. Plus de 85% de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant de la mer au Sahara. En Algérie on distingue quatre zones principales la figure 56 montre la situation de de Laghouat par rapport au pays.

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



Figure IV.62 : carte d'Algérie pour démontrer la Situation géographique de la ville de Laghouat (Source :)

2.2. Présentation de la wilaya de Laghouat

2.2.1 Situation géographique et astronomique de la wilaya

Laghouat se situe au cœur du pays à 400 km au sud de la capitale Alger, la wilaya s'étend sur une superficie de 25 000 km² et compte 484 252 habitants. Région agro-pastorale de l'Algérie, elle possède également le plus grand gisement de gaz naturel d'Afrique avec une réserve estimée à plusieurs milliards de mètres cubes. Elle est située entre latitude : 33-46N, longitude : 002-56E,

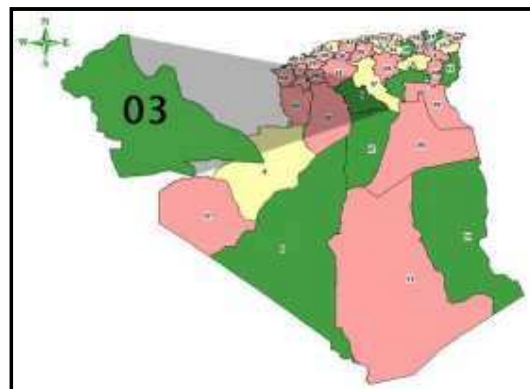


Figure IV.63 : position de Laghouat par rapport à l'Algérie

La commune de Laghouat se situe dans le côté nord sur le pied de la chaîne montagneuse du l'atlas saharien, elle s'étend sur le plateau saharien a une moyenne hauteur de 760 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La wilaya de Laghouat se situe au sud, elle est limitée géographiquement par la wilaya de :

- Tiaret au Nord ;
- Djelfa à l'Est ;
- Ghardaïa au Sud ;
- Bayadh à l'Ouest.

2.2.2 Caractéristiques du climat de la ville de Laghouat

Le climat qui règne est de type présaharien. Il se caractérise par une faible pluviométrie l'hiver très froid et l'été très chaud. Les écarts de température restent des plus significatifs. Les vents dominants sont orientés à l'ouest et au sud-ouest. Le Sirocco est plus fréquent dans les Hauts plateaux. Le maximum de fréquence sur l'atlas_saharien a eu lieu généralement en juin et juillet. Le nombre de jours de sirocco est de 7 jours à Laghouat (Figure IV.64).

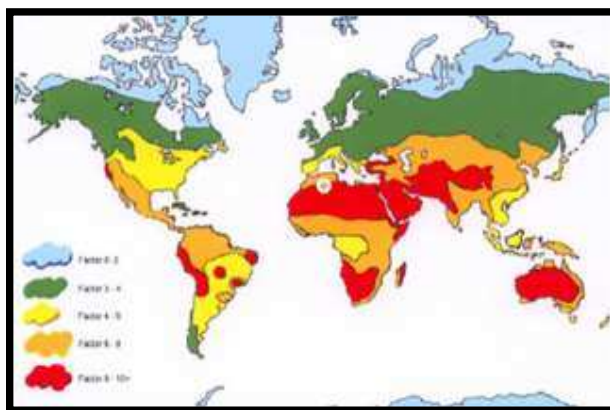


Figure IV.64 : Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel
Source : [en ligne] URL : http://anjoumadagascar.free.fr/projet_solaire.ht

Découlant du relief, le climat est de type continental au Nord-ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches. Dans la région des hauts plateaux, le climat est de type saharien et aride. La pluviométrie varie entre 150 mm au Centre et 50 mm au Sud. Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable. (1)

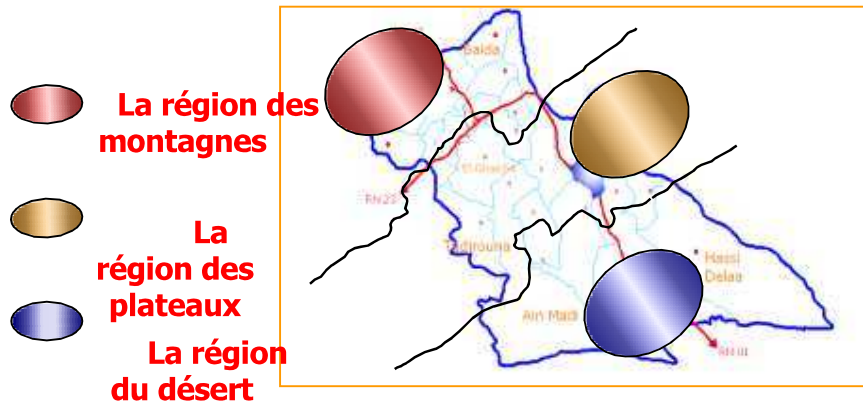
2.2.3 Les données climatiques de la ville de Laghouat

La wilaya de Laghouat se distingue par la diversité des régions géographiques :

-les montagnes : Aflou, et ces environs.

-les plateaux : Sidi Makhloof, Laghouat, Mékhareg

-le désert : Hassi R'mel, Hassi Delà ... ce qui lui donne une diversité de climat



2.2.3.1 Classification des différentes zones

- La zone de l'Atlas Saharien caractérisée par des altitudes allant de 1.000 à 1.700 m avec des pentes de 12,5 à 25%. Cette zone au Nord-Ouest de la Wilaya (régions d'Aflou et Brida). Elle est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de 47.095 Ha, de nappes alfatières couvrant une superficie de 315.125 Ha ainsi que de pacages et parcours d'une superficie de 1.531.766 Ha.

- La zone des Hauts Plateaux et de Plateaux Sahariens caractérisée par des altitudes allant de 700 à 1.000 m et des pentes de 0 à 3 %. Cette zone est constituée de vastes étendues steppiques d'une superficie de 1.900.000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées. (Figure IV.65).

(1) **Annuaire Statistique** de la Wilaya de Laghouat Edition 2004 page 5.

2.2.3.2 Rayonnement solaire et durée d'insolation

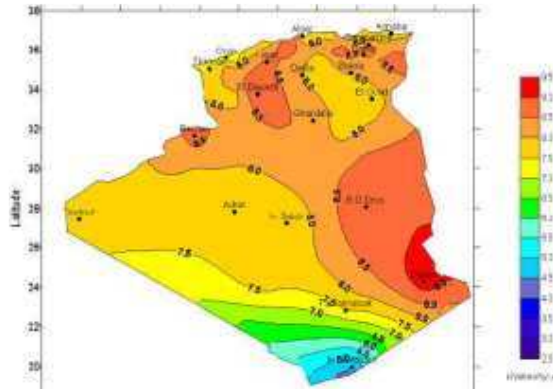


Figure IV. 65 : Algérie : irradiation directe journalière reçue sur un plan horizontal en mois de Juillet.
 Source : Unifrance, 2010, p1.

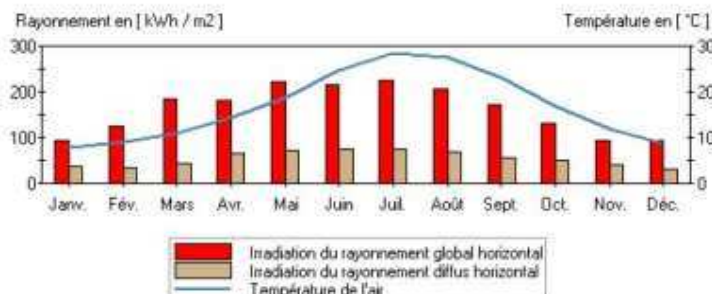


Figure IV. 66 : Irradiation du rayonnement.
 Source : METEONORM Version 5.1

2.2.3.3 Température

La région est soumise à des conditions climatique de type saharien se caractérisant par de fortes fluctuations entre l'hiver et l'été, le maxima de température avoisine 38 C° en période estivale, l'hiver est très rigoureux, la température descend jusqu'à 2,38C° en moi de décembre (**Figure IV.67**).

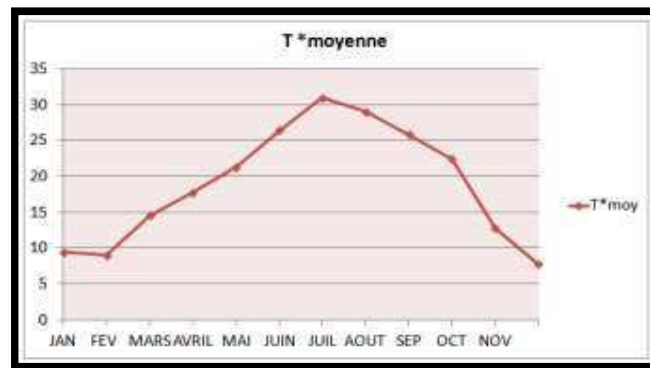


Figure IV.67 : les températures moyennes de la wilaya de Laghouat en 2013
 Source : station météorologique

2.2.3.4 Précipitations

Selon le graff, on remarque tout d'abord la rareté des précipitations annuelles (167 mm) puis saisonnières et mensuelles.

Le mois le plus arrosé est Septembre avec 23 mm et le mois le plus sec est Juillet avec 5mm, On remarque aussi qu'en plus de la rareté des précipitations, leur répartition est irrégulière durant l'année (*Figure IV.68*).

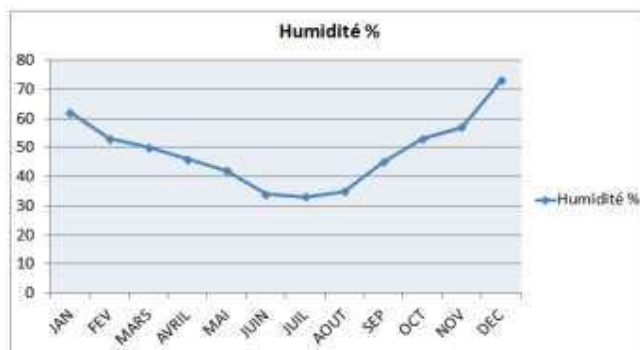


Figure IV.68 : les précipitations annuelles de la wilaya de Laghouat
Source : station météorologique

2.2.3.5 Humidité

La station météorologique de la ville de Laghouat enregistre, le plus haut taux d'humidité (93%) pendant le mois décembre, et le plus bas (15%) pendant le mois de juillet. On constate aussi que l'air est sec (au-dessous de 50%) pendant les mois, avril, mai, juin, juillet, août, octobre, et septembre (*Figure IV.69*).

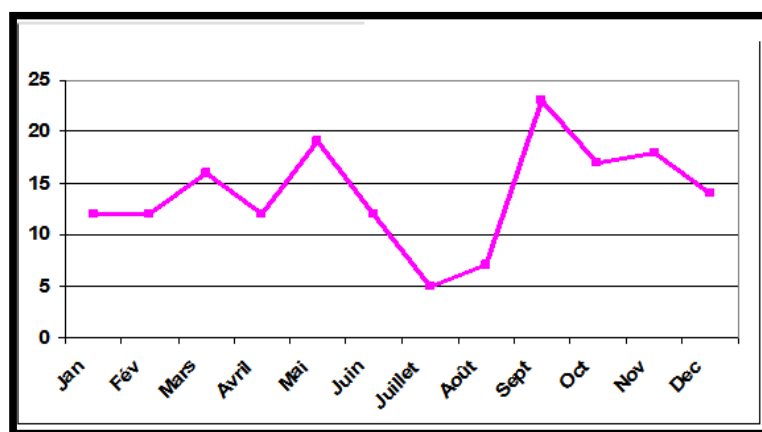


Figure IV.69 : l'humidité annuelle de la wilaya de Laghouat en 2013
Source : station météorologique

2.2.4.6 Vents

Les Vents Dominant sont de direction Ouest ; le SIRICO 1souffle 65-70 jours par an à partir de mois du Mai, il est fréquent du côté Nord et Ouest, généralement en Juillet sur les hautes terres du Nord et de l'Ouest, Ainsi que dans les mois de Juin et Juillet sur les basses terres._Le Chehili venant du Sud, ces vents sont souvent violents et leur vitesse varie de 15 à 30M/S soit 58 à 108 Km/h et de direction Sud-ouest fréquence 687 heures/mois. le Sahraoui vient du Nord-Ouest /Sud-est au printemps, tandis que le Bahri de direction Est-Ouest se manifeste d'Août à Octobre, à partir de Septembre, le vent de l'Est (Bahri) chargé d'humidité favorise la maturité des datte (*Figure IV.70*).

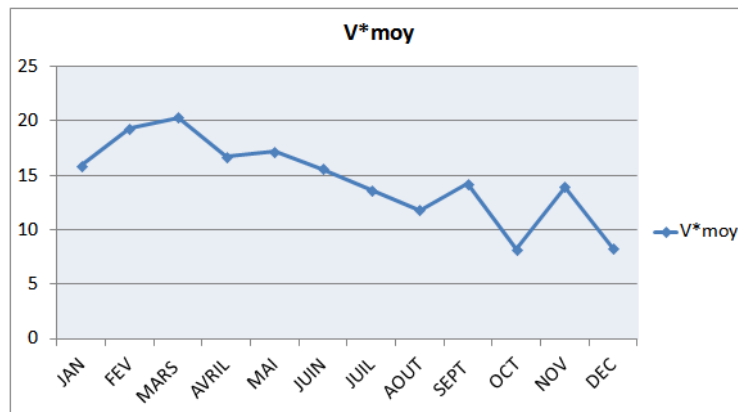


Figure IV.70 : la vitesse du vent de la wilaya de Laghouat en 2013

Source : station météorologique

3. Présentation du logement d'étude

3.1 Présentation du quartier

Le quartier Elmoustakbal est situé en face de l'université de Laghouat pas loin de la RN01 et le centre-ville, il est construit récemment, en 2010, par le Bureau d'étude AURES - Laghouat - (*Figure IV.71*).

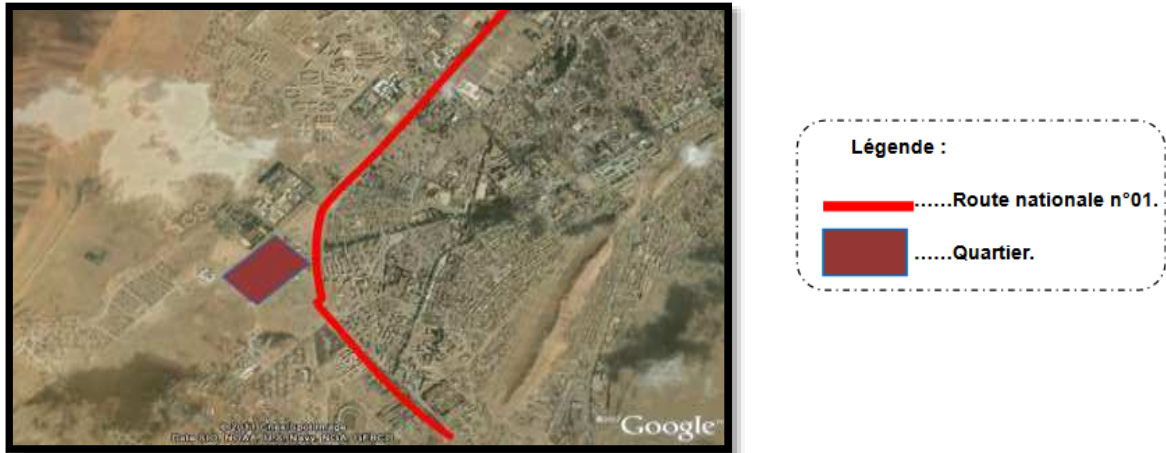
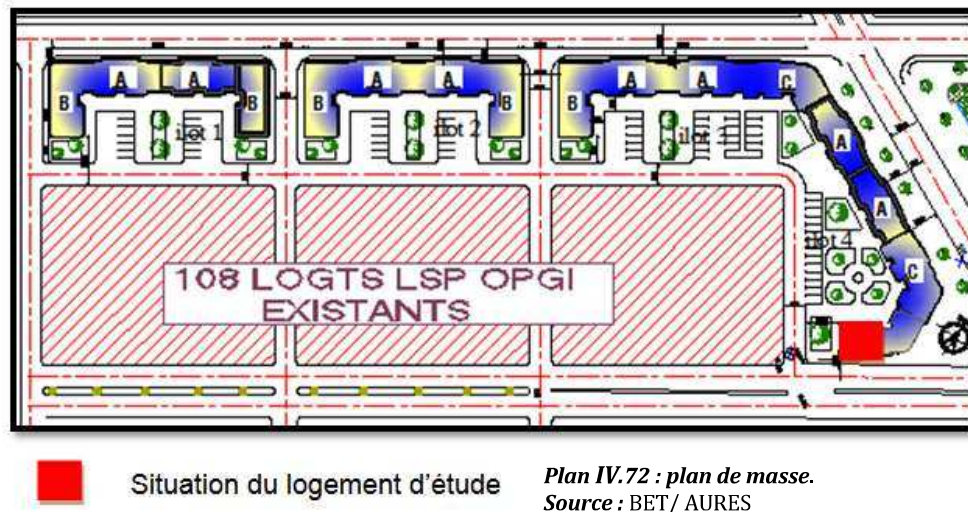


Figure IV.71 : Situation du quartier par rapport à la ville.
Source : Google/Earth

3.2 plan de masse

Le quartier dénombre 108 logements collectifs participatifs mixtes, (le commerce en RDC). Les logements sont distribués sur 16 blocs (*Figure IV.72*).



3.3 Quelques photos sur le quartier

Le présent projet fait partie de l'extension de la ville vers le sud-ouest de la ville de Laghouat. (Figure IV.73, 74 ,75).



Figure IV.73 : photo générale.
Source : auteur 2015

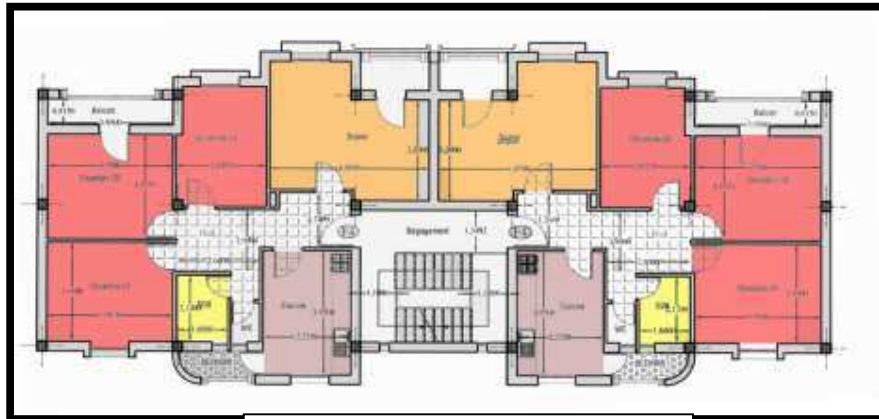


Figure IV.74 : photo sur le bloc de rive.
Source : auteur 2015

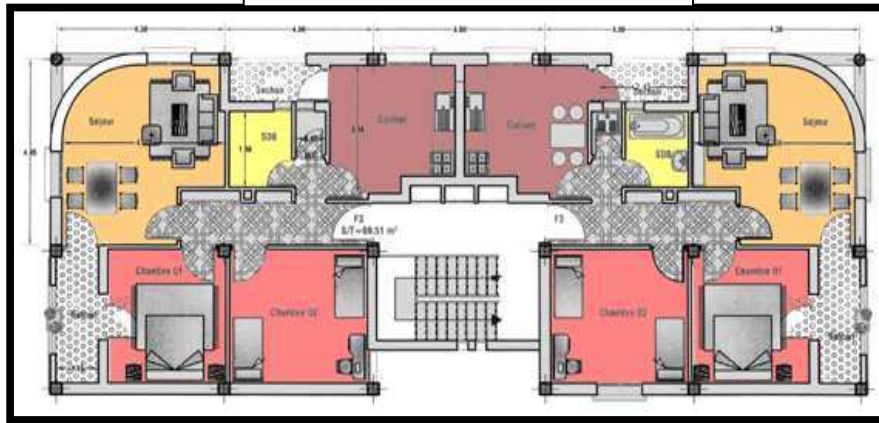


Figure IV.75 : photo sur le bloc d'angle.
Source : auteur 2015

3.4 Les plans des logements – bloc de rive –



Plan IV.76 : plan de rive-A/B- courant.
Source : BET AURES



Les plans des logements – bloc d'angle « C » –

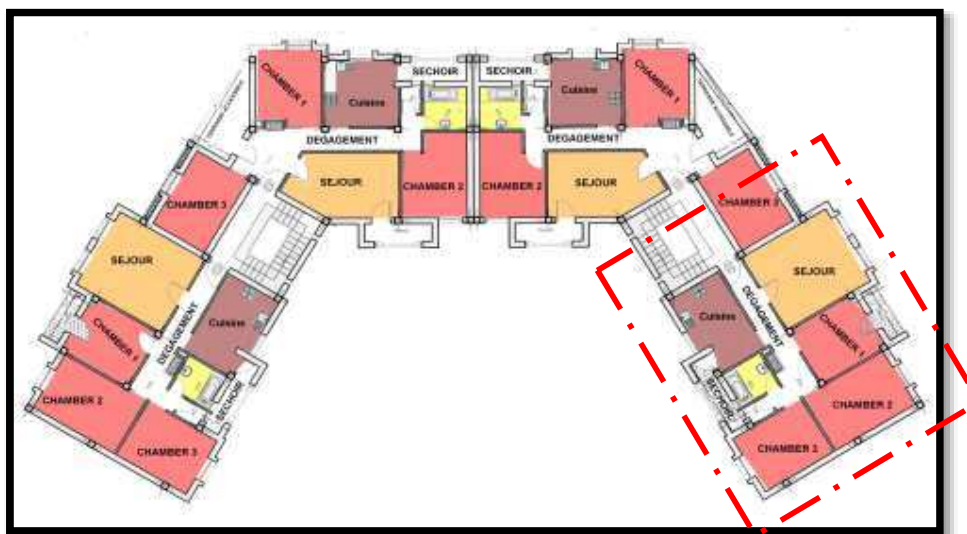


Figure IV.77 : plan du bloc d'angle -C- courant.
Source : BET AURES

3.5 Plan de la maison à étudiée

La maison à étudiée est située dans le bloc d'angle -C-, la maison choisie est la plus défavorable parce qu'elle est située dans le dernier étage et dans le bloc d'angle donc beaucoup de surfaces qui donnent sur l'extérieur. Et par conséquent beaucoup de déperditions. (Figure IV.78).

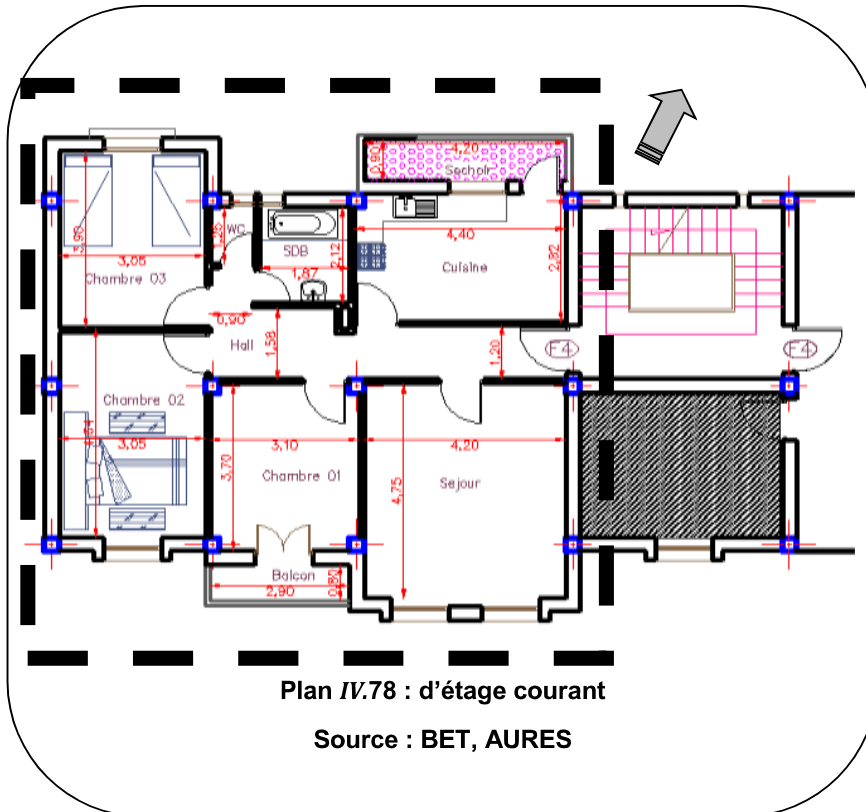


TABLEAU DE SURFACE	
HABITABLE SURFACE	83,39 m ²
DEGAGEMENT	10,48 m ²
W C	01,25 m ²
S D B	03,96 m ²
CUISINE	11,88 m ²
CHAMBRE 03	12,04 m ²
CHAMBRE 02	12,35 m ²
CHAMBRE 01	11,47 m ²
SEJOUR	19,95 m ²
Désignation	Surface(m ²)

Tableau IV.05 : programme surfacique

3.6. Description générale

- Gabarit : R+4 ;
- Logement F4 ;
- La surface habitable est environ de 90 m² ;
- La majorité des espaces à vivre sont orientés Sud-est,
- Le logement possède trois façades vers l'extérieur ;
- La cuisine et le sanitaire sont orientés Nord-ouest ;
- Deux logements par palier ;

3.6 Détails de construction de la maison d'étude

La maison est construite selon les normes de construction algériennes en vigueurs, avec un système constructif courant, une structure porteuse en béton armé « poteau- poutre », un plancher courant en corps creux ; Et des murs en doubles cloison non isolés (voire détails ci-dessous *(Figure IV.79 et 80).*) :



*Figure IV.79 : structure en béton armé système poteau /poutre avec dalle en corps creux.
Source : auteur*



*Figure IV.80 : détails constructif d'un mur en double cloison 15/5/10cm.
Source : auteur*

4. Méthodologie de recherche

4.1 Technique et méthode d'investigation

Pour la présente recherche, et pour confirmer ou infirmer les hypothèses posées au début de ce mémoire, nous voulons déterminer le niveau de consommation d'énergie pour cette maison, cette consommation concerne beaucoup plus le besoin d'énergie en chauffage pour la période hivernale, et le besoin d'énergie pour la climatisation pour l'été, sous des conditions bien précises (le climat, les composants de l'enveloppe, les scénarios d'occupation ...etc.).

A cet effet nous adoptons la simulation comme technique de recherche pour tester ce logement, pour obtenir nos besoins tout en essayant de simuler le cas réel, après nous allons améliorer les composants de l'enveloppe de la maison, y compris la toiture, (isolation du mur et du type de vitrage) et à la fin nous essayons d'intégrer des panneaux photovoltaïques pour la production de l'électricité tout en allégeant notre bilan énergétique.

Pour cela nous adoptons à deux logiciels le premier pour la Simulation Thermique Dynamique qui est **Pleiades+comfie 2.3** et **PVsys** qui concerne les panneaux photovoltaïques.

4.2 Présentation de la technique

4.2.1 Qu'est-ce qu'une STD ?

Simulation Thermique + Dynamique C'est un outil de conception permettant de juger le comportement d'un bâtiment en simulant sur une année les phénomènes thermiques auxquels il est soumis

- 1- **Calculs thermiques effectués au pas horaire**
- 2- **Découpage du bâtiment en zones thermiquement homogènes « Zonage »** : Etape fondamentale qui détermine la précision de la simulation et demande un pressenti du comportement du bâtiment tout on tient compte les différentes orientations, les différentes utilisations des pièces (pièces de vie, salles d'eau, les scénarios d'occupation les puissances dissipé ...etc.

4.2.2 Les avantages de la STD

La simulation thermique et dynamique sert à :

- Permet d'aider aux dimensionnements des équipements techniques: installations de chauffage, de rafraîchissement.

- Permet de prendre en compte l'inertie du bâtiment de manière dynamique (déphasage des restitutions de chaleur)

- Permet de parfaitement intégrer les apports solaires et les apports internes

- Permet d'étudier finement le comportement des équipements techniques surtout quand leurs performances dépendent des conditions météo.

4.2.3.A quoi sert la STD ?

L'objectif principal est de faire évoluer le projet très en amont dans sa conception pour qu'il soit très performant, ou bien même pour améliorer les performances énergétiques d'un bâtiment ancien avec des arguments chiffrés.

(Figure IV.81).

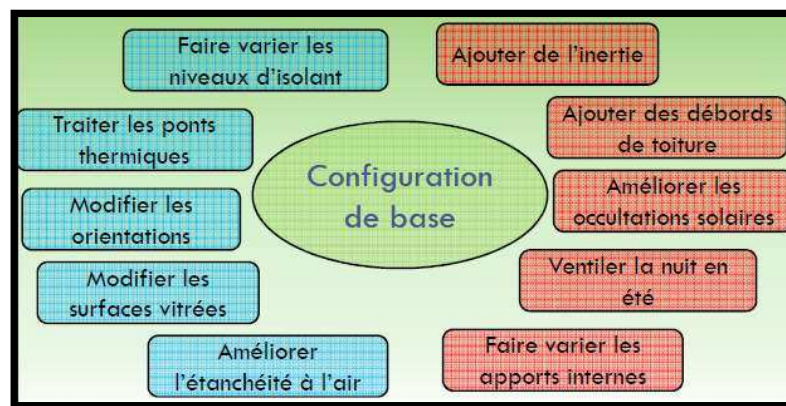


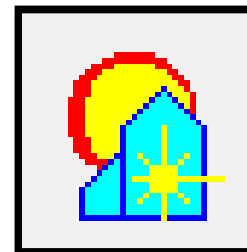
Figure IV.81 : paramètres de la STD.

Source : Amoes l'énergie positive 23 Mars 2012

4.2.4 Quelques logiciels de la STD

- **Pleiades+comfie**

- Leader sur le marché français, bien adapté aux simulations « classiques » (besoins de chauffage, confort d'été)
- Permet de faire des STD assez rapidement
- Intègre un moteur de calcul Th-BCE (Calcul RT 2012)
- Intègre un outil pour estimer l'énergie grise du bâtiment



- **TRNSYS**

- Logiciel international, programmation en open source
- Approche très scientifique
- Grande flexibilité d'utilisation
- Interface peu intuitive
- Travail plus long et plus laborieux



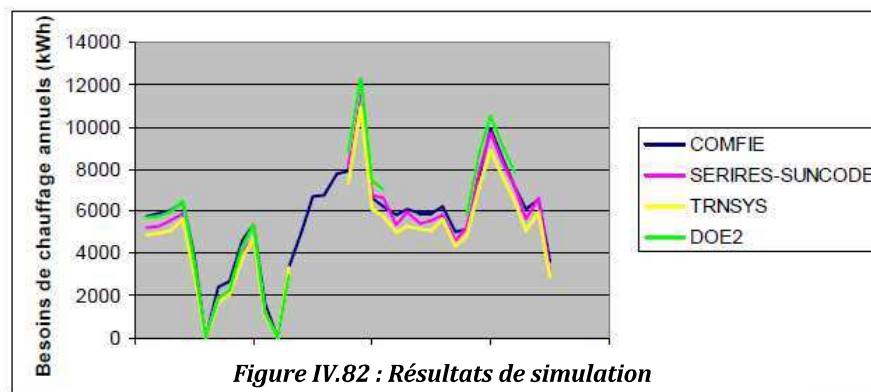
- **Design Builder**

- Prise en main assez facile, mais logiciel très fermé
- Virtual Environnement: très complet bien adapté aux études énergétiques complète, beaucoup de modules
- ESP-r: logiciel gratuit et assez complet
- TAS: logiciel assez flexible mais



4.3 Comparaison entre TRNSYS et Pléiades

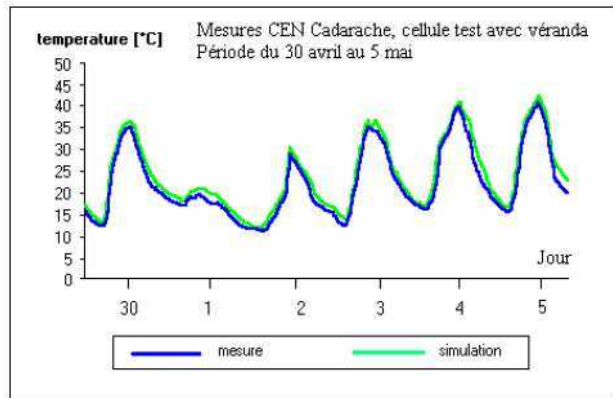
Les résultats comparatifs concernant les besoins de chauffage annuels sont les suivants :



Les écarts entre les logiciels restent relativement faibles : en moyenne 10% par rapport à DEO-2 et SERIRES, 16% par rapport à TRNSYS, il faut noter que les écarts les plus importants en valeur relative correspondent aux plus faibles besoins. D'autre part la sensibilité aux différents paramètres est assez proche (à noter que certains logiciels ne calculent pas tous les cas). **(Figure IV.82)**.

4.3.1 Validation du logiciel

Exemple de résultat sur une cellule test du CEN de Cadarache avec une véranda accolée : la comparaison montre que la simulation suit assez bien les mesures, avec une légère surestimation des températures (Peuportier, 1993).



4.4. Présentation du premier logiciel de simulation

4.4.1 Pleiades+comfie 2.3

Le logiciel Pléiades + Comfie est développé par le Centre d'énergétique de l'Ecole des Mines de Paris, il intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux. Le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon un scénario horaire pour une semaine type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations).

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

4.4.2 L'interface Pléiades+ Comfie

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

Les zones peuvent être à évolution libre (température flottante), ou bien thermostatées (avec une consigne de chauffage et une consigne de climatisation hebdomadaire et horaire). Dans ce dernier cas les puissances de chauffe et de rafraîchissement nécessaires pour maintenir la température souhaitée sont calculées à chaque pas de la simulation. Pour chaque zone, il est aussi possible de définir la

puissance de l'équipement de chauffage et de refroidissement, et même pour la puissance dissipée par les équipements à l'intérieur de l'espace.

4.4.3 Avantage du Pleiades+comfie 2.3

PLEIADES apporte aux différents modules de calcul une interface efficace, ergonomique et sécurisée, accélérant considérablement la saisie d'un projet et l'étude de ses variantes. PLEIADES permet la saisie des bibliothèques, la description détaillée du bâtiment, le lancement des calculs et l'analyse des résultats.

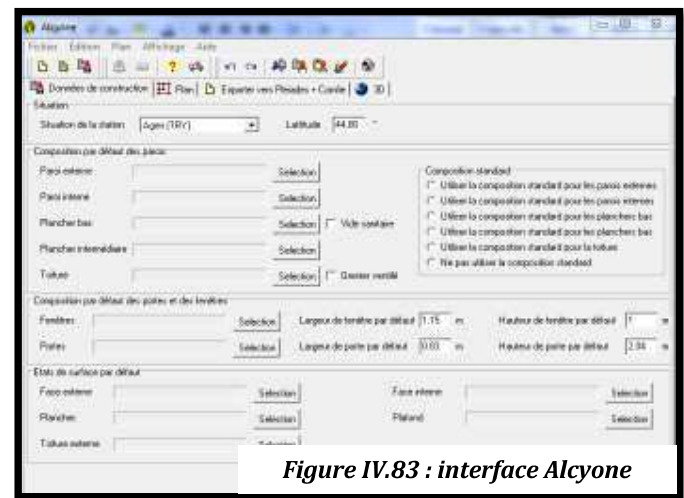
Selon le module de calcul utilisé, PLEIADES peut servir pour :

- la conception bioclimatique et l'analyse du confort thermique (moteur COMFIE de simulation thermique dynamique) avec calcul des besoins et des consommations énergétiques et indicateurs de confort

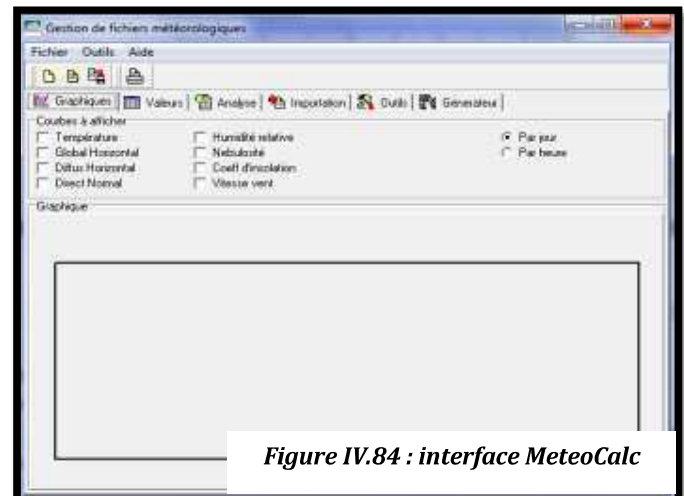
- Le dimensionnement des systèmes de chauffage ou de climatisation

PLEIADES+COMFIE ; comporte 3 étapes de simulation qui facilitent grandement son utilisation :

1- **ALCYONE**: l'interface de saisie et de visualisation 3D du bâtiment. (*Figure IV.83*).



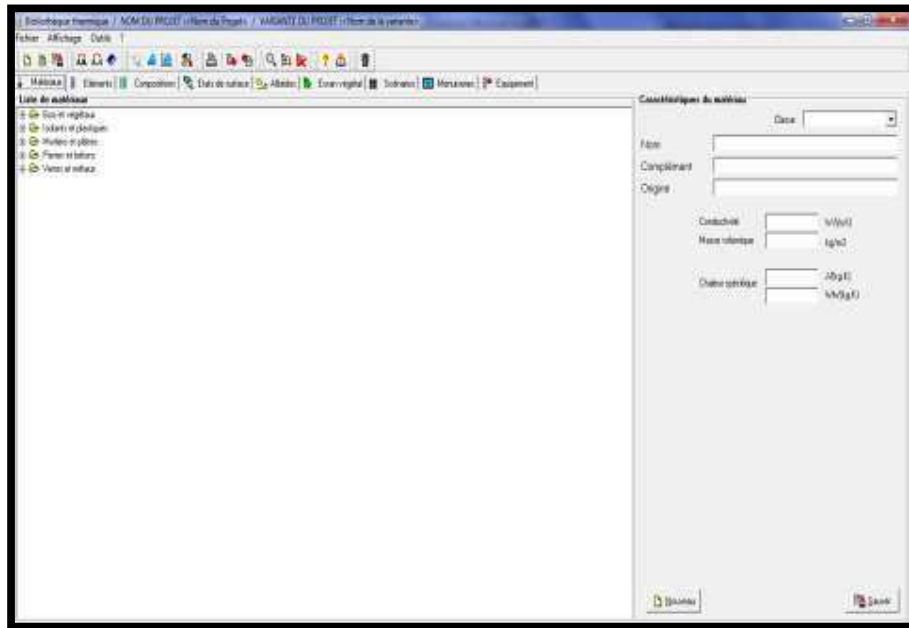
2- **METEOCALC** : Pléiades intègre l'utilitaire MeteoCalc qui permet d'importer des fichiers de données horaires ou d'en générer à partir de valeurs mensuelles sans avoir à se préoccuper de la structure du fichier. (*Figure IV.84*).



3- PLEIADES

Dispose de vastes bibliothèques entièrement personnalisables comprenant :

- Des matériaux, des éléments constructifs (blocs, panneaux...) et des compositions de parois
- Des menuiseries
- Des scénarios de fonctionnement du bâtiment (température, ventilation, éclairage etc.)
- Des scénarios environnementaux (albédos, écrans végétaux)
- Des états de surface (absorption du rayonnement solaire et émission infrarouge) sur les deux faces de toutes les parois du bâtiment
- Des équipements de chauffage, de rafraîchissement, de ventilation
- Des modules photovoltaïques pour les dernières versions.
- Des fichiers de données météorologiques (*Figure IV.85*).



*Figure IV.85 : interface
Pleiades*

4.4.4 Résultats générés par Pleiades + comfie

Pleiades+comfie calcule à la fin de chaque simulation cinq indices permettant d'estimer rapidement le confort et l'efficacité énergétique dans chaque zone du bâtiment étudiés. (Tableau IV,5)

	l'indice ...	caractérise .la capacité du bâtiment à
Confort	Moyenne Surchauffe Max	à éviter des surchauffes
	Amplification de T°Ext	à amortir les écarts de température
	Taux d'Inconfort	à assurer une ambiance interne confortable
Performances énergétiques	Besoins Chauff+Froid	à minimiser les besoins en énergie
	Part de besoins nets	à récupérer les apports internes ou solaires

TABLEAU IV.6 : les indices du résultat.

Source : manuel Pleiades+comfie.

Afin de faciliter la mémorisation de ces indices et l'analyse rapide entre variante d'un projet, c'est toujours la valeur la plus basse qui est la plus performante : il est ainsi facile de retenir que si tous les indices sont à 0 le bâtiment (idéal) n'a pas besoin d'énergie et est climatiquement parfait.

Ces valeurs et indices sont toujours calculés sur la totalité de la période d'analyse. Ainsi pour une simulation sur un fichier SRY, il n'y a pas deux calculs d'indices (un pour la saison de chauffe, un pour l'été), mais un seul calcul pour l'ensemble de la période.

4.5 Présentation du deuxième logiciel PVsys

4.5.1 Présentation

PV SYST est un logiciel de dimensionnement de panneaux solaires permettant d'obtenir diverse informations telles que la production d'énergie, l'irradiation et le coût de l'installation, la surface nécessaire et la production annuelle d'énergie. Un mode avancé permet d'obtenir beaucoup plus d'informations pour une étude très complète.

Le logiciel comprend principalement deux modes de fonctionnement. Le premier est une application de pré dimensionnement assez simple à prendre en main et accessible au néophyte. Le deuxième permet une étude beaucoup plus approfondie et prend en compte beaucoup plus de paramètres. De plus il se base sur du matériel concret pour ses calculs, contrairement au premier mode qui effectue ses calculs pour un cas très général.

Pour chacun des deux modes, le principe est le même : on donne la localisation géographique de l'installation, puis on entre les données concernant l'installation. Vient ensuite une partie résultats où l'on choisit les données qui nous intéressent.

Ce logiciel est donc accessible aux confirmés comme au néophyte. Dans cette documentation ne seront pas traitées les parties « installation de pompage » et les aspects financiers. **(Figure IV.86).**



Figure IV.86 : interface PVsys.

Source : manuel PVsys.

4.5.2 Pré-dimensionnement

Pour une étude rapide et simple : on donne une location et un système puis le logiciel calcul quelques paramètres de pré dimensionnement ainsi qu'un graphe de production énergétique annuelle, un graphe d'irradiation par mois, un tableau récapitulatif et une étude de coût.

4.5.3 Conception du projet

Pour une étude plus approfondie avec de nombreux paramètres à prendre en compte notamment les ombres proches et lointaines. On dispose aussi de plus de choix au niveau de l'orientation des panneaux avec le choix par exemple de panneaux "tracking" qui suivent la course du soleil. Les calculs sont basés sur des systèmes réels commercialisés que l'on choisira parmi une vaste liste. On génère ensuite une simulation qui nous fournis un large choix de résultats et de graphe personnalisables.

4.5.4 Situation géographique

On donne d'abord un nom au projet, puis on choisit un pays et une ville. On peut aussi créer sa propre ville

4.5.5 Spécifications du système

On commence par entrer les spécifications générales du panneau solaire, dans le cadre "array specification" : soit sa taille, sa puissance nominale ou sa production d'énergie annuelle. En cliquant sur "plus!" dans le cadre "more détails" on peut ajouter des détails : la position de panneaux protégés dans un boîtier les uns par rapport aux autres sur un sol plat "Sheds disposition" ou sur un mur vertical "sun shield disposition". (2) (Figure IV.86).

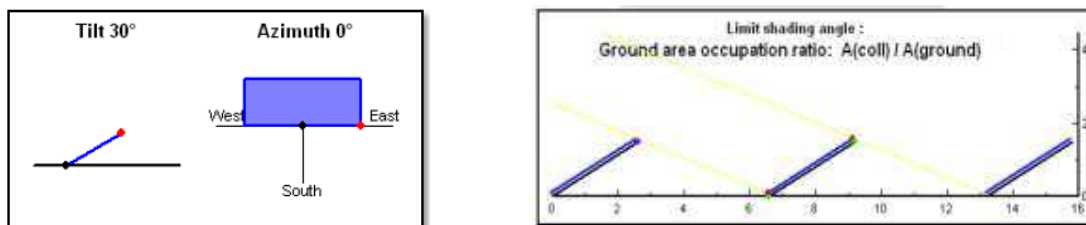


Figure IV.86 : CHOIX DE L'ORIENTATION.

Source : manuel PVsys.

(2) Documentation pour l'utilisation du logiciel PVsys V5. Damien MAZILLE et Vincent BOITIER

5. Conclusion

Cette étape est primordiale, elle nous a servi comme initiation à la simulation, Le climat de la ville de Laghouat est classé comme climat sec et chaud, un climat nommé présaharien, grand écart de fluctuation journalière et même saisonnière, ça influe sur la dégradation des matériaux par ce changement de phase. Pour cela nous devons choisir un matériau adaptable avec ces condition climatiques agressives, et de préférence l'un des matériaux locaux.

On a fait une petite recherche, état de l'art, pour justifier l'utilisation des logiciels et surtout **Pleiades+comfie**, et donc nous avons mentionné une validation, pour approuvé la fiabilité de pléiade à travers une première comparaison de la simulation avec les mesures réelles, et une autre comparaison de la simulation avec d'autres logiciels tel que TRNsys, là où ils ont démontré qu'il n'y a pas une grande différence entre la réalité et la simulation avec Pléiade.

Pour le deuxième, c'est un logiciel de renommé international, très connu, fiable et utilisé dans pas mal de publication. PVSyst est un logiciel d'étude et de simulation des systèmes photovoltaïques. il a été conçu par des enseignant en énergétique, au sein de l'Université de Genève, Suisse, donc il est considéré comme logiciel de recherche.

CHAPITRE V:

Simulation et interprétation des
résultats:

1. Introduction

Dans cette partie nous arrivons à finaliser notre travail par un processus de simulation à l'aide de deux logiciels, le premier **Pleiades+comfie**, son application porte sur les principes de l'architecture bioclimatique, notamment l'amélioration de l'enveloppe pour une meilleure isolation thermique.

Le deuxième logiciel, Photovoltaic system « **PVsys** » ayant comme processus, le dimensionnement des panneaux photovoltaïques en général, et dans notre cas prévoir le de ces panneaux dans le contexte relatif à la ville de Laghouat, et en conséquence avoir une estimation de surface de panneaux suffisante pour un pourcentage de consommation relatif à notre cas. L'objectif final de ce travail est pour confirmer ou infirmer les hypothèses posées auparavant.

2. A- Déroulement de la première simulation Pléiades + comfie

Mon travail se divise en cinq étapes et chaque pour arriver à la simulation :

- Génération des données climatiques
- Traitement des données climatiques
- Insertion de nouveaux matériaux et nouvelles compositions
- Plan, données de construction et la 3D
- Simulation ...

2.1. Génération des données climatiques « Meteonorm »

Pour les données climatiques acceptées par le logiciel Pleiades+comfie il faut générer des données de valeurs horaires ; à cet effet on a utilisé *Meteonorm version 5.1*, le logiciel fait des interpolations entres des autres stations limitrophes tel que Djelfa Ghardaïa Tiaret... etc. (figure V.87)



Mois	H_Gh	H_Dh
Janv.	94	38
Fév.	124	33
Mars	185	44
Avr.	181	66
Mai	223	72
Juin	215	75
Juil.	224	72
Août	206	68
Sept.	171	55
Oct.	132	51
Nov.	95	40
Déc.	94	31
Année	1943	645

Figure V.87 : génération du fichier climatique Laghouat avec meteonorm

Source : auteur à travers Meteonorm 5.1

2.2. Traitement des données climatiques « MeteoCalc »

Après meteonorm nous sommes obligé de passer par MeteoCalc pour traiter ces données et les rendre en format « Test Reference Years» TRY. (Figure V.88)

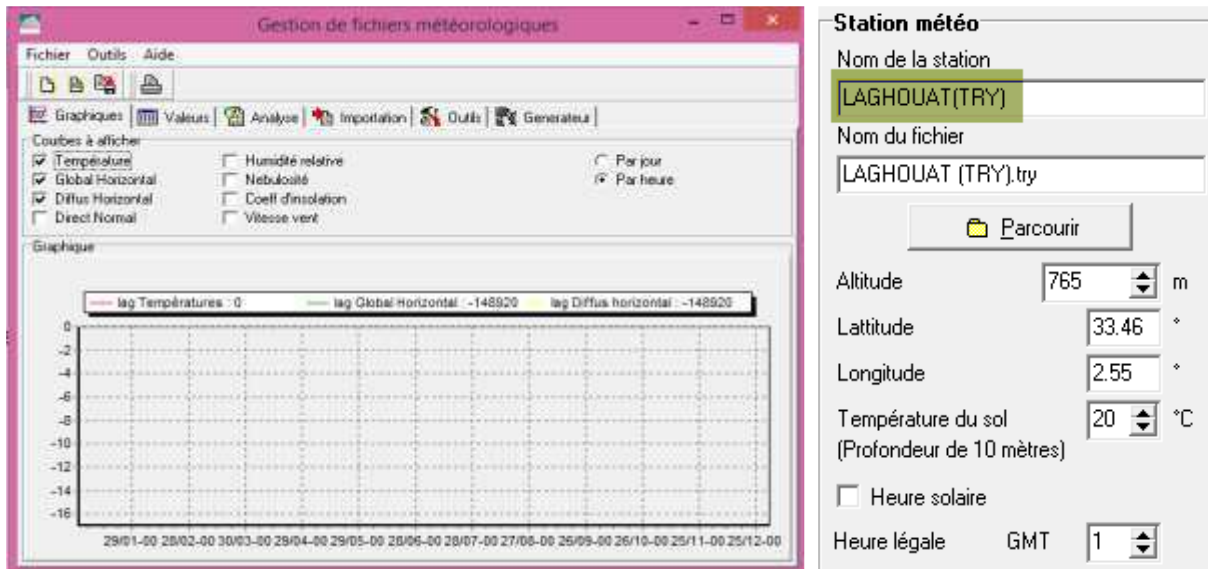
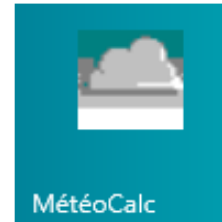


Figure V.88 : traitement des données avec MeteoCalc
 Source : auteur à travers MeteoCalc 2.3

2.3. Insertion de nouveaux matériaux et nouvelles compositions « Pléiades »

On a utilisé trois types de matériaux, matériaux composés (tableau 07), les isolants (tableau08) et d'autre matériaux (tableau 09) :

2.3.1. Caractéristique des matériaux utilisés

Matériaux Composés

Composition	R (M ² .k)/w	Coeff U W/ (m ² . K)	Conductivité λ w / . K	M vol Kg/m3	Épaisseur	Ch spé Wh/(kg.k)
Hourdis de 16 en béton	0.13	7.69	1.23	1300	16	0.180
Brique de 10	0.21	4.76	0.48	690	10	0.250
Brique de 15	0.31	3.23	0.48	690	15	0.250

Tableau V.07 : caractéristiques des matériaux composés utilisés

Isolants :

Composition	R (m ² . k) /w	Coeff U W/ (m ² . K)	Conductivité λ w / . K	M vol Kg/m ³	Épaisseur	Ch spé Wh/(kg. k)
Polystyrène extrudé	4.14	0.24	0.029	35	12	0.33
Laine de mouton	3.75	0.25	0.04	20	15	0.33
Lame d'aire	0.15	6.67	0.33	1	5	0.340

Matériaux:

Tableau V.08 : caractéristiques des isolants utilisés

Matériau	R (m ² . k) /w	Coeff U W/ (m ² . K)	Conductivité λ w / . K	M vol Kg/m ³	Épaisseur	Ch spé Wh/ (kg. k)
Adobe	0.38	2.63	0.530	2000	20	900
Mortier batard	0.03	33.33	1.15	1900	4	1080
Platre courant	0.03	33.33	0.35	800	1	800
Sable de dune	0.1	10	0.4	1700	5	828
Béton lourd (*)	0.02	50	1.750	2300	4	920

Tableau V.09 : caractéristiques des matériaux utilisés

(*) béton lourd est dosé de 350 kg/m³

2.3.2 Justification du choix des matériaux

Le choix de ces matériaux de construction est basé sur plusieurs critères, tel que la disponibilité sur le marché algérien et le cout de ces matériaux (Polystérène extrudé, la brique de terre cuite, laine du mouton ...etc.

Pour le choix de l'adobe comme matériaux de construction écologique est basé sur une étude qui été faite par Mme BELHATEM Ilham (*), les essais ont été réalisés en trois régions de l'Algérie, Alger Adrar er Constantine. Les diagrammes comparatifs ci-dessous montre l'impact du matériau sur le besoin en climatisation et en chauffage et le taux d'inconfort : **(figure V.89)**.

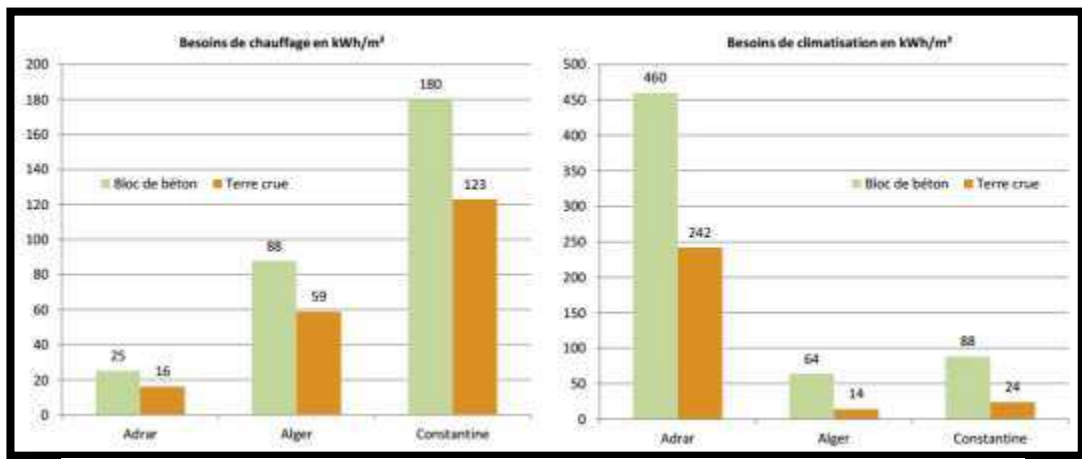


Figure 89 : comparaison du besoin en chauffage et climatisation entre les trois villes
 Source : ARCHITERRE 2015 FESTIVAL CULTUREL INTERNATIONAL DE PROMOTION DES ARCHITECTURES DE TERRE par BELHATEM Ilham.

2.3.3 Taux d'inconfort en %

Le box en bloc de béton ciment est 1,5 plus énergivore en chauffage que le box en terre et 2 à 4 fois pour la climatisation. La climatisation installée dans le box en bloc de béton entraîne des besoins colossaux. L'inertie thermique de la terre crue est ici pleinement exploitée. A Constantine, les besoins de chauffage importants sont dus aux hivers froids comparé à Alger **(Tableau V.10)**.

	Alger	Adrar	Constantine
Box terre crue	28,15 %	62,56 %	24,42 %
Box parpaing	32,51 %	65,40 %	28,91 %

Tableau V.10 : le taux d'inconfort pour les trois cas d'études

(*) en 2015 dans leur intervention lors du festival international pour la promotion des architectures de terre ARCHITERRE 2015, qui aura lieu à l'EPAU d'Alger, là où elle a démontré par expérimentation la différence entre le béton de ciment « parpaing » et le béton de terre « adobe »

2.3.4. Caractéristique des compositions

- Murs :

Caractéristiques de la composition

Classe: Murs

Nom: MUR INT DE 10 cm

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Plâtre courant	M	1.0	8	0.35	0.03	Extérieur
BRIQUE DE 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Plâtre courant	M	1.0	8	0.35	0.03	
Total		12.0	85		0.27	Intérieur

Tableau V.11 : caractéristique du mur intérieur

Le mur extérieur est composé de double cloison de brique de terre cuite creux avec une lame d'aire de 5 cm (Tableau V.12).

Un mur intérieur est de 10 cm en brique de terre cuite creux utilisé dans les séparations à intérieur du logement.

(Tableau V.11).

Caractéristiques de la composition

Classe: Murs

Nom: MUR EXT DE 30 cm

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Enduit extérieur	M	1.0	17	1.15	0.01	Extérieur
BRIQUE DE 15 cm	E	15.0	104	0.40	0.31	
LAME D'AIRE DE 5 cm	E	5.0	0	0.33	0.15	
BRIQUE DE 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21	
Plâtre courant	M	1.0	8	0.35	0.03	
Total		32.0	198		0.71	

Tableau V.12 : caractéristique du mur extérieur

Caractéristiques de la composition

Classe: Toitures

Nom: TOITURE A ETANCHEITE SAHARIENNE

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
MORTIER BATARD	M	4.0	76	1.15	0.03	Extérieur
SABLE DE DUNE	M	6.0	79	0.60	0.10	
MORTIER BATARD	M	4.0	76	1.15	0.03	
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02	
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13	
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04	
Total		35.3	540		0.35	Intérieur

Tableau V.13 : caractéristique la toiture saharienne

Le plancher intermédiaire du bloc « C » est une dalle à corps creux 16+4 (Tableau V.14).

-Toitures et Plancher intermédiaire

La toiture à étanchéité saharienne est caractérisée par la couche de sable de dune pour constituer la forme de pente qui sert à évacuer les eaux pluviales cette couche est protégé avec du mortier batard.

Caractéristiques de la composition

Classe: Planchers

Nom: TOITURE INTERMEDIAIRE 16+4

Complément:

Origine: AUTEUR

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01	Extérieur
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02	
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02	
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13	
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04	
Total		25.3	396		0.22	

Tableau V.14 : caractéristique la toiture intermédiaire

2.4. Plan, données de construction et la 3D « *Alcyone* »

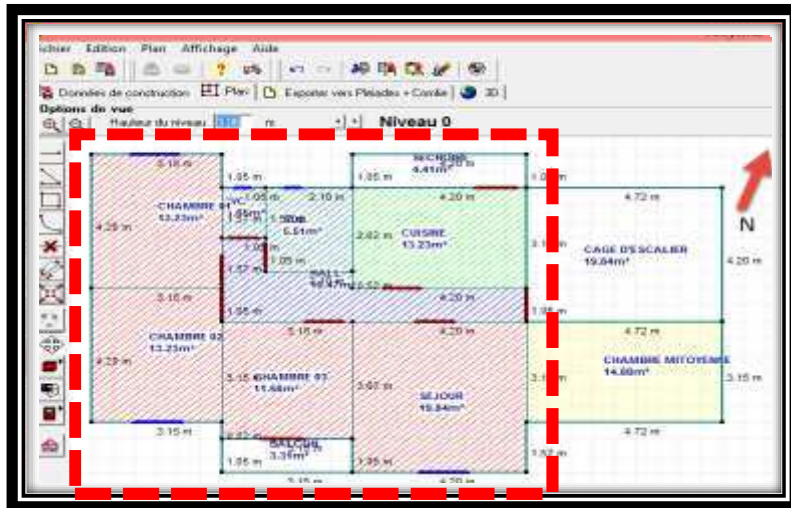


Figure V.90 : plan du logement

Le plan représenté à gauche est le plan du dernier étage dans le bloc d'angle, nous voyons deux balcons qui sont considéré comme extérieur et en jaune une chambre mitoyenne de l'autre logement considérés comme intérieur. (Figure V.90).

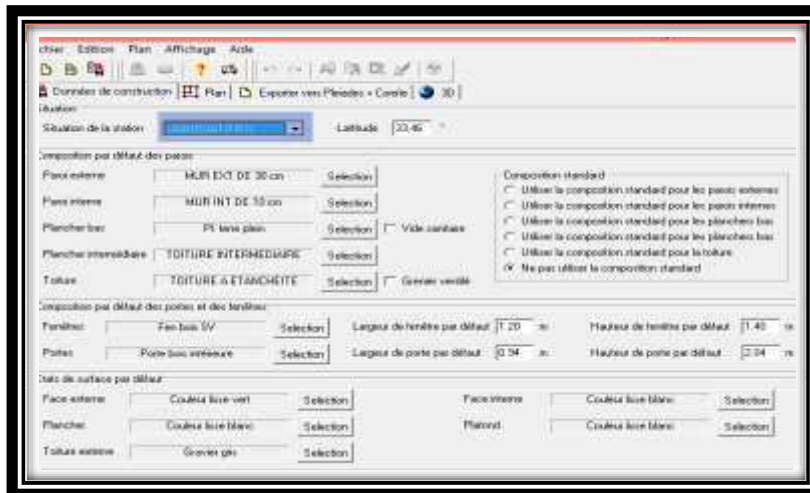


Figure V.91 : récapitulatif de données de construction

Tous les détails de construction sont mentionnés dans la page précédente. Sont reprise dans la page des données de construction (Figure V.91).

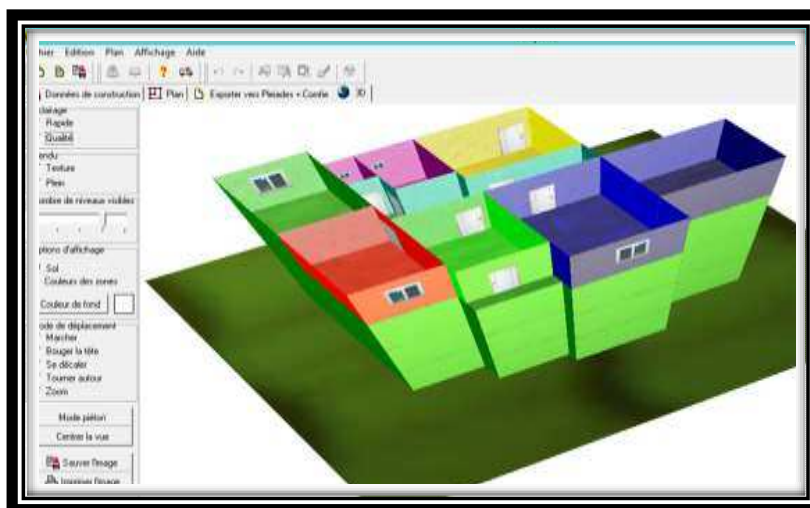


Figure V.92 : 3D du logement

La chambre du logement mitoyen est considérée comme zone thermique intérieure, les balcons sont considérés comme des zone non thermique extérieures. Cette représentation représente bien la disposition en (Figure V.92).

2.5. Simulation « Pléiades »

2.5.1. Principe de la simulation

Le travail de simulation se déroule en 2 parties :

- 1- Simulation du cas initial,
- 2- Et les améliorations.

Dans le cas initial, on fait la simulation du logement tel qu'il est et faire ressortir les besoins en climatisation et en chauffage annuels, ainsi que les températures intérieures du logement. Les étapes des améliorations se font comme suit :

- **Amélioration n° 01** : on interviendra sur la qualité du vitrage là où on modifie le type de la fenêtre, du simple vitrage en bois à double vitrage en bois 4 /12/4.

Caractéristiques du vitrage	
Classe	Fenêtres
Nom	Fen bois SV
Complément	Simple vitrage non classée huisserie bois
Origine	Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat"+ règles TH-
Nombre de vitrages	1 vitrage
Changer les caractéristiques	
Facteur solaire moyen 0.63	
Coef U moyen 4.36 W/(m2.K)	
% de vitrage 70 %	
Vitrage	
Facteur solaire	0.90
Coef U Vitrage	4.95 W/(m2.K)
Cadre	
Coef U Opaque	3.00 W/(m2.K)



Cas initial

Figure V.93 : caractéristique du simple vitrage utilisé dans le cas initial



1ere amélioration

Caractéristiques du vitrage	
Classe	Fenêtres
Nom	Fen bois DV EKO Argon 4.12.4
Complément	Double vitrage 4 + 4 mm huisserie bois
Origine	St GOBAIN - PLANITHERM SOLAR
Nombre de vitrages	2 Vitrages
Changer les caractéristiques	
Facteur solaire moyen 0.53	
Coef U moyen 1.70 W/(m2.K)	
% de vitrage 70 %	
Vitrage	
Facteur solaire	0.75
Coef U Vitrage	1.40 W/(m2.K)
Cadre	
Coef U Opaque	2.40 W/(m2.K)

Figure V.94 : caractéristique la toiture saharienne

4/12/4 : 4 mm de verre, 12 mm de lame d'air plus 4 mm de verre.

- **Amélioration n° 02** proposition d'une composition écologique du mur

Dans cette étape on applique l'Isolation Thermique par l'Extérieur « ITE ». Le rôle principal de cette isolation est de limiter la propagation ou les déperditions à travers les ponts thermiques, et en utilisant un matériau écologique qui a une forte inertie thermique. Le tableau ci-dessous représente la composition de l'isolation par l'extérieure avec l'adobe comme matériau écologique. (Tableau V.15)

Caractéristiques de la composition

Classe: Murs

Nom: **MUR ECOLOGIQUE A INERTIE**

Complément:

Origine: AUTEUR

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Enduit extérieur	M	1.0	17	1.15	0.01
Laine de mouton	M	15.0	3	0.04	3.75
Adobe	M	20.0	400	0.53	0.38
Plâtre courant	M	1.0	8	0.35	0.03
Total		37.0	428		4.17

Extérieur ↓ Intérieur

Tableau V.15 : caractéristique de la composition du mur proposé

- **Amélioration n° 03** L'ajout de l'isolation de la toiture

Le logement d'étude se situe dans le dernier étage, donc les déperditions à travers la toiture sont énormes ; pour cela la dernière étape d'amélioration sera l'amélioration de l'étanchéité de la toiture externe. (Tableau V.16)

Caractéristiques de la composition

Classe: Toitures

Nom: **TOITURE A ISOLATION PERFORMANTE**

Complément:

Origine:

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Mortier	M	4.0	80	1.15	0.03
Polystyrène extrudé	M	12.0	4	0.03	4.14
Béton lourd	M	4.0	92	1.75	0.02
Hourdis de 16 en béton	E	16.0	208	1.23	0.13
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04
Total		37.3	394		4.36

Extérieur ↓ Intérieur

Tableau V.16 : caractéristique la toiture isolée proposée.

2.5.2. Les entrées de la simulation « input »

2.5.2.1 Module bibliotherm

- Etat des surfaces

C'est le choix de couleurs et de texture des murs extérieurs et de toiture.

- Albédo

C'est l'état du sol extérieur.

- Scénarios

Tous ce qui concerne les scénarios de fonctionnement du logement :

- Scénario de ventilation : (ventilation d'été et ventilation d'hiver),
- Scénario de d'occultation : (volet d'été et volet d'hiver),
- Scénario d'occupation : dans notre cas on a six personnes qui occupent le logement, (*)
- Scénario de consigne thermostat : les températures de confort de base d'été et d'hiver (**)
- Scénario de puissance dissipé : due à la chaleur engendrée par les occupants et les équipements

NB : tous les détails des scénarios sont mentionnés dans le rapport de simulation en annexe 01.

2.5.2.2 Module DH-Multi

Cet onglet concerne l'étape de vérification du récapitulatif de tous les caractéristiques du logement :

Caractéristiques des parois, pièces et contacts, listes des parois, composants importés et les masques intégrés.

(*) selon monographie Laghouat 2014 TOL a dépassé six personnes par logement,

(**) selon DTR C 3-2,

2.5.2.3 Module InterComfie

Trois onglets dans cette étape :

- Environnement

Site et météo, l'horizon et les masques proches

- Fonctionnement

C'est l'application des scénarios sur les différents espaces

- La sortie « output »



3. Résultats de la première simulation

3.1. Cas initial

3.1.1. Avec consigne thermostat

- Besoin annuel et puissance en chauffage et climatisation

Zones:	Besoins Ch:	Besoins Clim:	Puiss. Chauff:	Puiss. Clim:
Année				
SEJOUR+CHAMBRE 03+CHAMBRE 02+CHAMBRE 01	9384 kWh	3668 kWh	5313 W	4187 W
CHAMBRE MITOYENNE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
SDB+WC	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
CUISINE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
Total	9384 kWh	3668 kWh	5313 W	4187 W

Tableau V.17 : Besoin annuel du logement. Cas initial

Le besoin du logement en chauffage est de **9384 kWh**, ce besoin est annuel avec une puissance de **5313 w** de chauffage. Pour la climatisation, cela nécessite **3668 KWH** avec une puissance de **4187 w**, ce qui signifie que le besoin en chauffage est d'environ de trois fois le besoin de la climatisation, dans ce cas nous pensons que le logement est mal isolé et donc il y a beaucoup de déperdition à travers l'enveloppe. (Tableau V.17)

3.1.2. Evaluation libre « le logement servis à lui-même »

- Journée la plus chaude

Pour les zones thermiques « le graphe en rouge » nous voyons que la température varie en fonction de la température extérieure mai avec des valeurs minimales du **31.67 °C** à 3 h du matin jusqu'à **35.39 °C**. (Figure V.95)

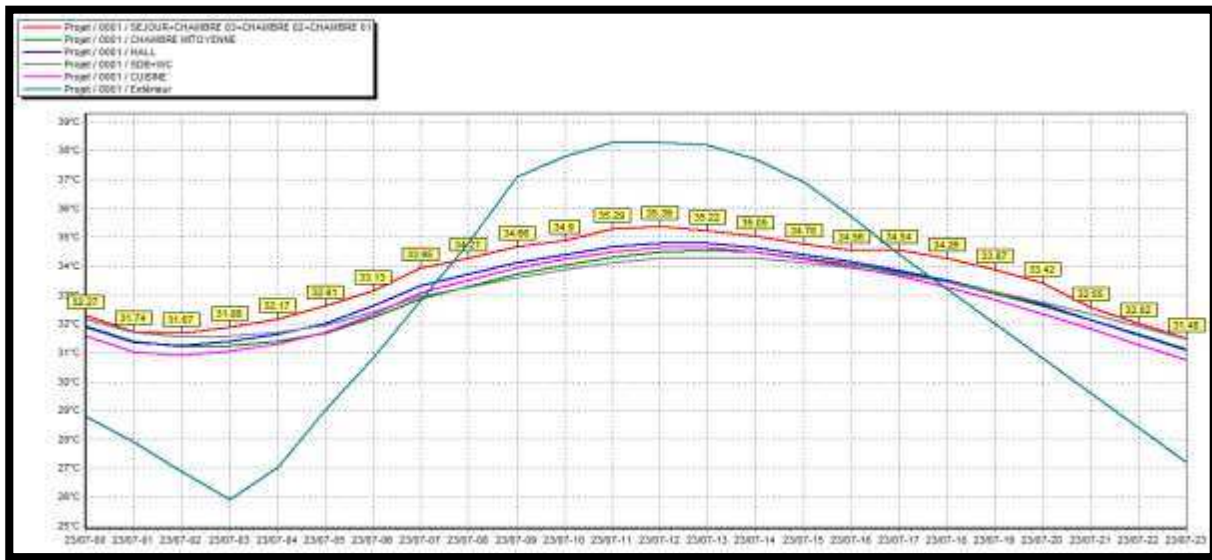


Figure V.95 : variation de température, journée représentative en période estivale

- Journée la plus froide

Ce qui est remarquable ici c'est qu'il n'y a pas de différence entre la température intérieure et extérieure et donc ce qui traduit que le mur est mal isolé et il n'y a pas d'inertie thermique pour les matériaux utilisés donc le matériau ne stock pas de la chaleur (Figure V.96)

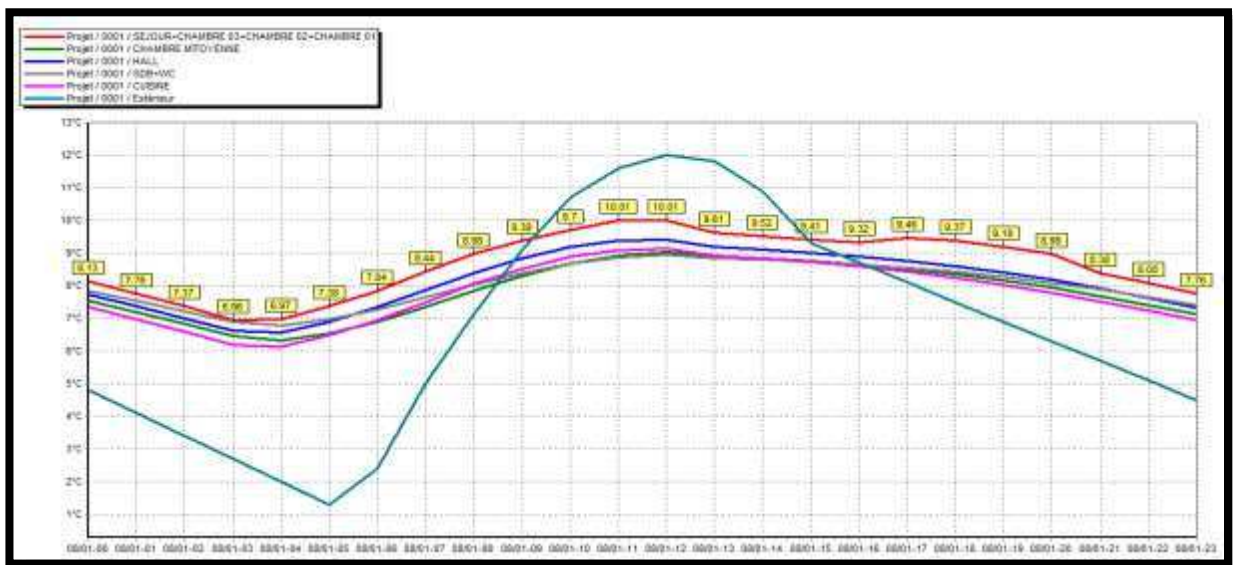


Figure V.96 : variation de température, journée représentative en période hivernale

- Températures moyennes annuelles

T° Min	T° Moyenne	T° Max
18.00 °C	21.75 °C	25.00 °C
6.91 °C	18.91 °C	31.71 °C
12.06 °C	20.12 °C	28.69 °C
9.62 °C	19.46 °C	30.17 °C
7.27 °C	18.93 °C	31.54 °C

Tableau V.18 : Besoin annuel du logement. 1 ère cas d'amélioration.

Les températures intérieures ne sont pas loin des températures de confort, nous remarquons cela surtout dans les zones considérées comme thermique, chambres et séjours, ce qui est remarquable ici c'est bien l'influence des zones thermiques sur le Hall parce qu'ils l'entourent, donc par ventilation intérieur il existe un échange entre les zones thermiques et l'espace central qui est le Hall. (Tableau V.18)

- Taux d'inconfort, besoin unitaire

Cas initial	Besoin Unitaire KWH/m3	Amplification de T° ext	Taux d'inconfort %	Moy de Surchauffe
total	73.69	17.81	22.02	45.14

Tableau V.19 : taux d'inconfort du cas initial

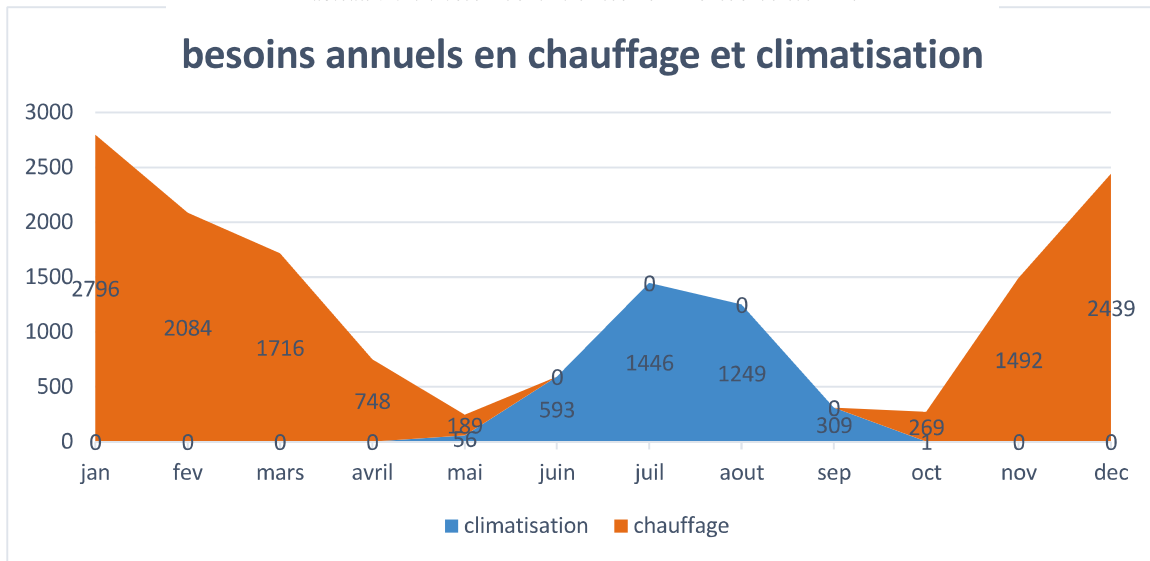
Le besoin unitaire pour le cas initial est de **73.69%**, un chiffre très considérable. Et même pour les autres valeurs qui concernent le taux d'inconfort **22.02 %**, cela qui signifie que **22 %** du temps total d'occupation, environ de cinq heures et demis par jour, en état d'inconfort, même pour le moyen de surchauffe et le un taux d'amplification aussi élevé environ de **17%**. (Tableau V.19)

- Besoin mensuel

Besoins mensuels de rafraichissement (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Total	0	0	0	0	56	593	1446	1249	309	1	0	0

Tableau V.20 : besoin de rafraichissement mensuel du cas initial



Besoins mensuels de chauffage (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Total	2796	2084	1716	748	189	0	0	0	0	269	1492	2439

D'après le diagr:

Tableau V.21 : besoin de chauffage mensuel du cas initial

Laghouat :

- La période de climatisation est de mai jusqu'à septembre, et les journées les plus chaudes sont en moi de juillet,
- D'autre part la période de chauffage est plus longue que la période de climatisation ; et cela se traduit par le besoin en chauffage qui est plus considérable que pour la climatisation, par exemple le max de consommation pour le chauffage est de **2796 KWH** le mois de Janvier, et le besoin max de climatisation est d'environ de **1446 KWH** en Juillet, presque la moitié.
- Et pour le mois de mai on voie quelques journées chaudes là où on est besoin de la climatisation.

3.2. Première amélioration « Double Vitrage avec le gaz *argon* 4/12/4 »

3.2.1. Avec consigne thermostat « avec chauff et clim »

Besoin annuel et de puissance en chauffage et climatisation

Dans la première intervention d'amélioration nous remarquons que l'intégration du double vitrage dans la composition de l'enveloppe a un effet, qui se traduit par un gain de **110 kwh/m².an** pour la climatisation et **426 kwh/m².an** pour le chauffage, mais cela reste une diminution très timide. (*Tableau V.22*)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
Année				
SEJOUR+CHAMBRE 03+CHAMBRE 02+CHAMBRE 01	8958 kWh	3558 kWh	5313 W	4087 W
CHAMBRE MITOYENNE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
SDB+WC	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
CUISINE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
Total	8958 kWh	3558 kWh	5313 W	4087 W

Tableau V.22 : Besoin annuel du logement. 1 ère cas d'amélioration.

- Taux d'inconfort, besoin unitaire

Cas 1 ère amélioration	Besoin Unitaire KWH/m3	Amplification de T° ext	Taux d'inconfort %	Moy de Surchauffe
total	70.67	17.67	22.35	44.09

Tableau V.23 : besoin unitaire et Taux d'amplification

On peut conclure que le double vitrage au niveau de fenêtre, comme isolation a un impact beaucoup plus considérable durant la période hivernale que pendant la période estivale.

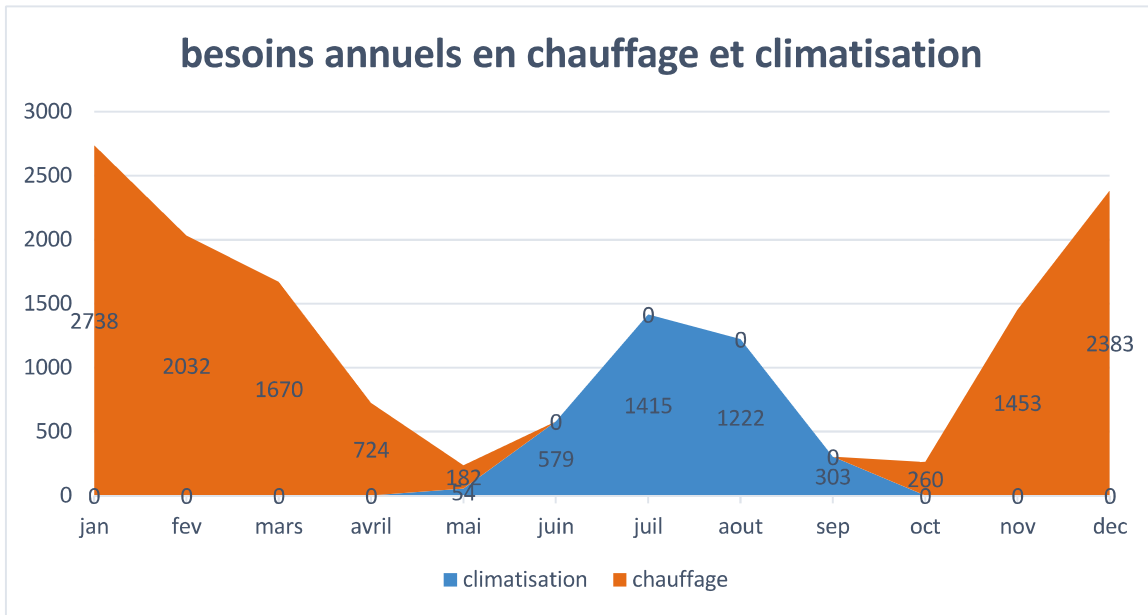
Par rapport au cas initial, nous avons eu une diminution de **3 KWH/m3** pour le besoin volumique unitaire.

- Besoin mensuel

Besoins mensuels de rafraîchissement (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Total	0	0	0	0	54	579	1415	1222	303	0	0	0

Tableau V.24 : besoin de rafraîchissement mensuel de la 1 ère amélioration



Besoins mensuels de chauffage (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Total	2738	2032	1670	724	182	0	0	0	0	260	1453	2383

Tableau V.25 : : besoin de chauffage mensuel de la 1 ère amélioration

- A travers l'ajout du double vitrage, on a pu arriver à éliminer la climatisation pour le mois d'octobre,
- Pour ce cas nous voyons une diminution du besoin, en matière d'utilisation.

3.3. Deuxième amélioration + ITE

3.2.1. Avec consigne thermostat « avec chauff et clim »

- Besoin annuel et de puissance en chauffage et climatisation

Ici nous remarquons la chute du besoin qui se traduit par l'impact de l'isolation par l'extérieur avec l'adobe comme matériau de remplissage (*Tableau V.26*)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
Année				
SEJOUR+CHAMBRE 03+CHAMBRE 02+CHAMBRE 01	6309 kWh	2887 kWh	5313 W	3166 W
CHAMBRE MITOYENNE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
SDB+WC	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
CUISINE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
Total	6309 kWh	2887 kWh	5313 W	3166 W

Tableau V.26 : Besoin annuel du logement. 1 ère cas d'amélioration.

- Taux d'inconfort, besoin unitaire

Cas 2eme amélioration	Besoin Unitaire KWH/m3	Amplification de T° ext	Taux d'inconfort %	Moy de Surchauffe
total	51.91	15.41	24.10	37.17

Tableau V.27 : Besoin unitaire et amplification

Pour le besoin volumique unitaire, l'isolation a un effet important et nous voyons entre le cas avant qui correspond à l'amélioration du double vitrage, ce besoin était **70.67 KWH/m3** et dans ce cas on a eu **51.92 KWH/m3**, donc une diminution remarquable. (*Tableau V.27*)

Par rapport au cas initial, on remarque une amélioration en ce qui concerne l'amplification de Température extérieure.

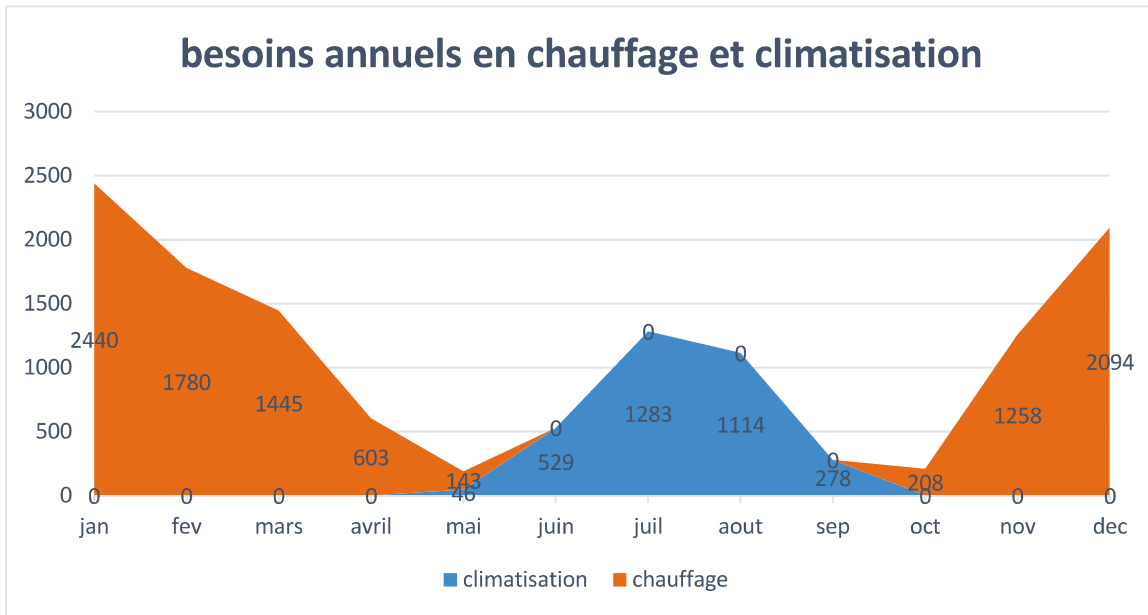
Et on remarque aussi que le taux d'inconfort augmente aussi ce qui se traduit par la minimisation de la consommation de l'énergie mais pas avec un confort souhaité.

- **Besoin mensuel**

Besoins mensuels de rafraichissement (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Total	0	0	0	0	46	529	1283	1114	278	0	0	0

Tableau V.28 : besoin de rafraichissement mensuel de la 2 amélioration



Besoins mensuels de chauffage (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Total	2440	1780	1445	603	143	0	0	0	0	208	1258	2094

- Tableau V.29 : besoin de chauffage mensuel de la 2 amélioration

D'après le diagramme on constate que pour notre logement et le climat de Laghouat :

- Etape par étape vers la diminution du besoin en chauffage et en climatisation. Et il s'avère que le besoin en chauffage est plus considérable que le besoin en climatisation.

3.4. Troisième amélioration renforcement de l'isolation de la toiture

3.4.1. Avec consigne thermostat « avec chauff et clim »

- Besoin annuel du besoin et de puissance en chauffage et climatisation

Une diminution très remarquable dans ce cas, ça qui approuve l'utilité de l'isolation et surtout l'isolation de la toiture, une diminution d'environ un tiers du cas initial. Ce qui est intéressant c'est que l'isolation par l'extérieur à un effet plus considérable en hiver que l'été, une diminution de plus de **7200 KWH** en hiver qui présente plus que la moitié de la consommation, et même pour l'été avec une diminution moins importante par rapport à l'hiver de **3668 KWH** dans le cas initial à **1859 KWH** après les trois améliorations. (Tableau V.30)

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.
Année				
SEJOUR+CHAMBRE 03+CHAMBRE 02+CHAMBRE 01	2109 kWh	1859 kWh	3642 W	1935 W
CHAMBRE MITOYENNE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
HALL	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
SDB+WC	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
CUISINE	0 kWh	0 kWh	0 W	-0 W
Total	2109 kWh	1859 kWh	3642 W	1935 W

Tableau V.30 : besoin annuel

- Taux d'inconfort, besoin unitaire

Cas 3 eme amélioration	Besoin Unitaire KWH/m3	Amplification de T° ext	Taux d'inconfort %	Moy de Surchauffe
total	22.40	9.39	28.05	35.24

- Tableau V.31 : taux d'inconfort, moyen de surchauffe et amplification de T° extérieure

Par rapport au cas initial, un besoin de **73 KWH/m3**, ici on arrive à **22 KWH/m3** et donc environ de deux tiers de gain, mais le problème posé ici concerne le taux d'inconfort qui était de **22.02 %**, et devient après, environ de **28.05%**, donc il augmente étape après l'autre, nous essayons de trouver une réponse dans la suite.

3.4.2. Evaluation libre « le logement est servi à lui-même »

Courbes de températures « journée représentative »

- Journée la plus chaude

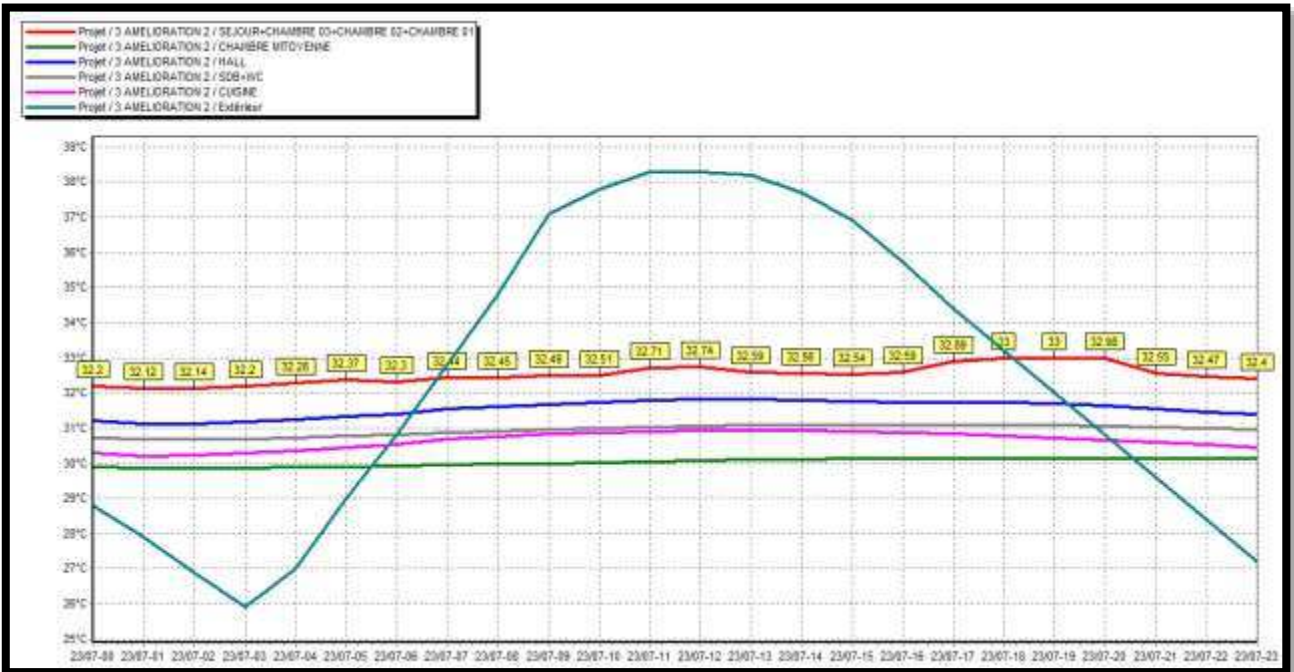


Figure V.97 : variation de température dans la journée la plus chaude après les trois améliorations

À ce stade nous rencontrons un grand problème qui est engendré par l'isolation oui c'est une solution passive mais il faut isoler avec soin, à cet effet nous voyons que l'isolation intensif a un grand avantage pour la consommation énergétique donc beaucoup plus pour la période hivernale et en même temps un grand inconvénient dans la période estivale là où nous aurons une grande surchauffe avec des températures intérieures presque stable, **32°C** « effet de thermos » ; et donc dans ce cas on doit appliquer des solutions tel que la ventilation mécanique contrôlé VMC pour la période estivale. (Figure V.97)

-Journée la plus froide

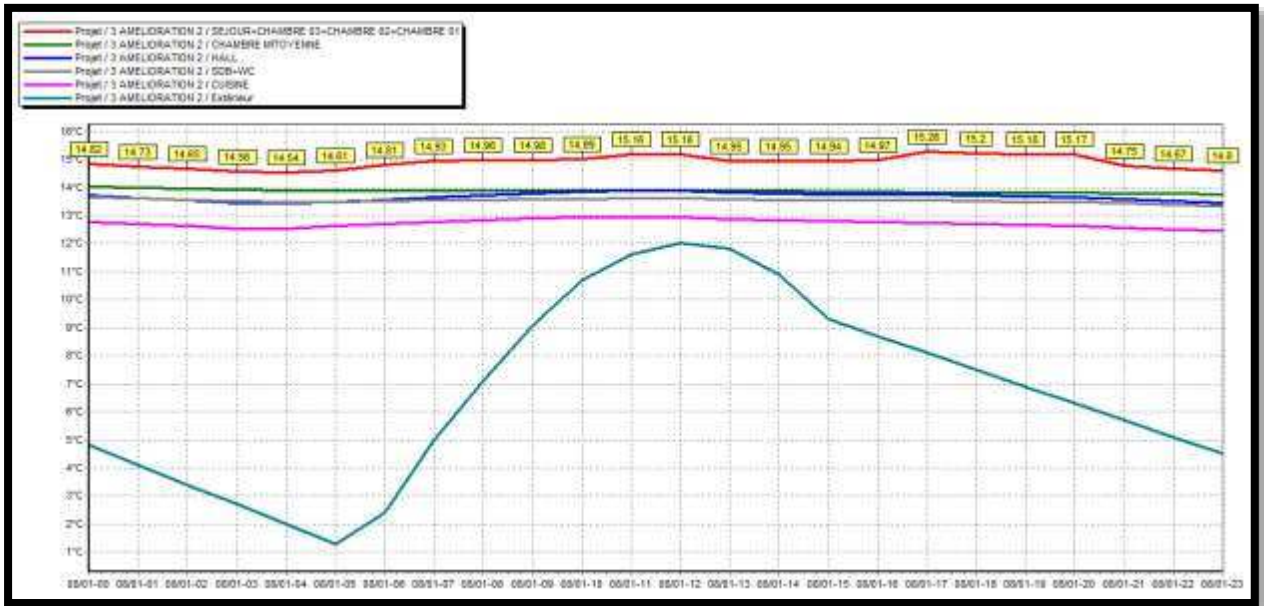


Figure V.98 : variation de température dans la journée la plus froide après les trois améliorations

Ici nous arrivons presque à la température de confort, constante sans aucun moyen actif. Environ de 14 à 15 °C une valeur qui se rapproche beaucoup de la température souhaitée par les usagers. (Figure V.98)

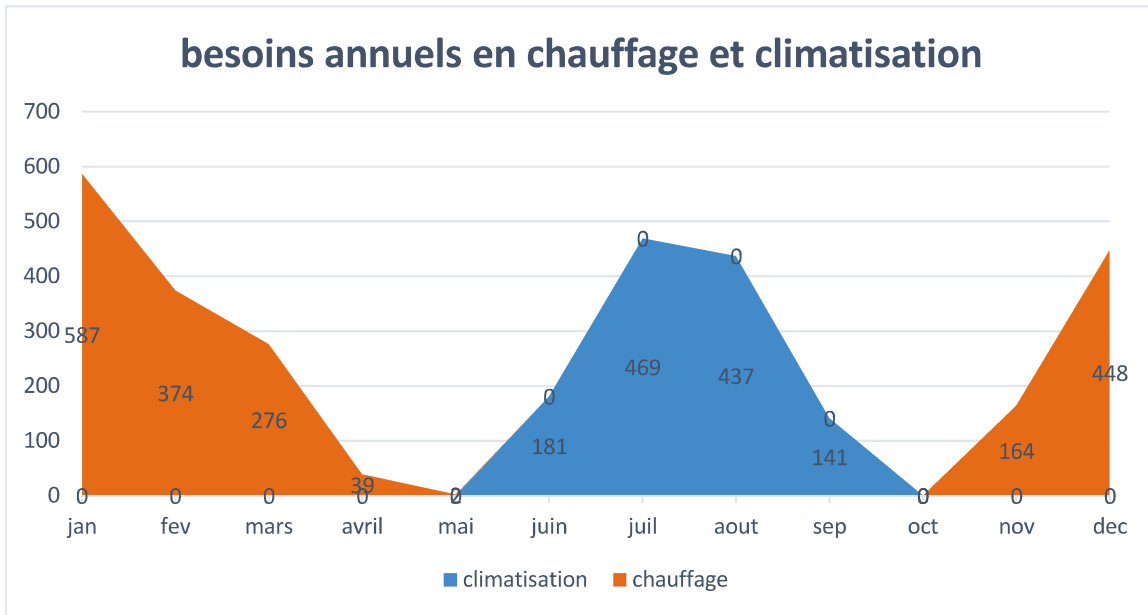
Et donc par conséquent on peut dire que nous sommes arrivés à minimiser la consommation de l'énergie pour le besoin en chauffage et climatisation en assurant un confort thermique intérieur acceptable, et qui assure une bonne sensation.

- **Besoin mensuel**

Besoins mensuels de rafraichissement (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
<i>Total</i>	0	0	0	0	0	181	469	437	141	0	0	0

Tableau V.32 : besoin de rafraichissement mensuel de la 3 amélioration



Besoins mensuels de chauffage (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
<i>Total</i>	587	374	276	39	2	0	0	0	0	0	164	448

Tableau V.33 : besoin de chauffage mensuel de la 3 amélioration.

- L'isolation de la toiture a un effet très remarquable et nous arrivons ici à éliminer la consommation pour la climatisation pour le mois de Mai et le chauffage pour le mois d'Octobre, et en plus alléger profondément le besoin pour les autres mois.
- Le gain de minimisation vis-à-vis le besoin en chauffage est plus considérable que celle pour la climatisation, c'est le rôle de l'isolation.

Intégration de la Ventilation Mécanique Contrôlée

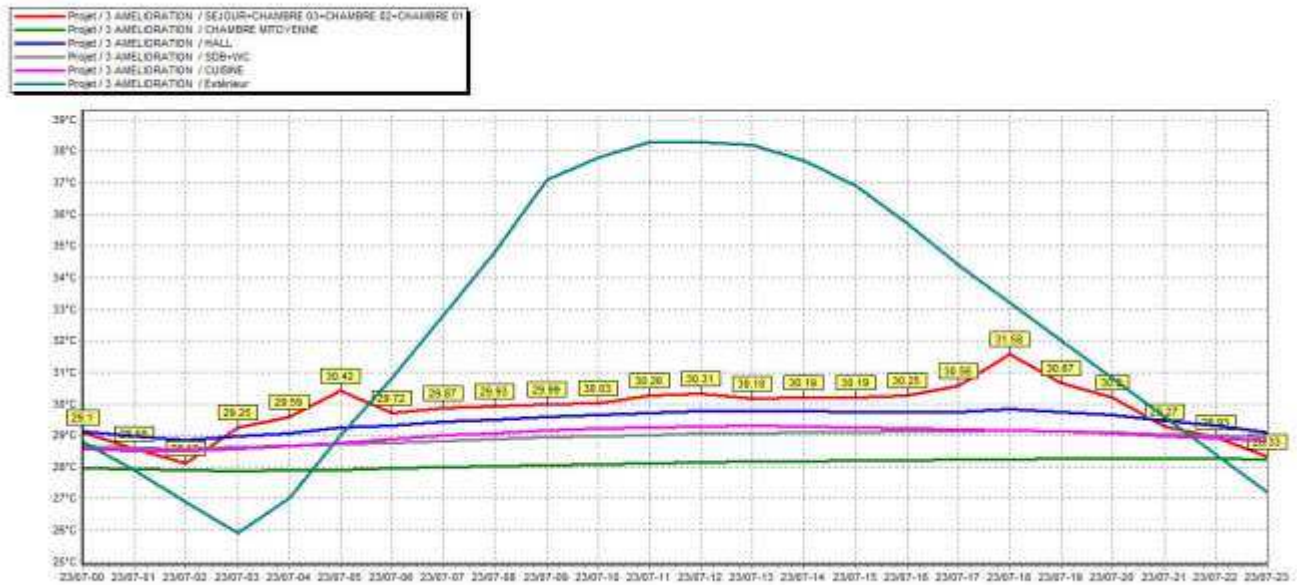


Figure V.99 : variation de température estivale pour deux journées représentatives après l'ajout de VMC

Après l'intégration de la ventilation mécanique contrôlée nous voyons qu'il y a une amélioration nette vers la température de confort, durant la 3^{ème} amélioration nous avons eu une température qui est presque stable, à environ de 32°C, par contre dans ce cas elle est moins de 31°C et elle varie entre 31°C et 27°C qui est la température du consigne thermostat « la température demandée » (Figure V.99)

- Taux d'inconfort, besoin unitaire

Cas 4 ^{eme} amélioration + VMC	Taux d'inconfort %	Moy de Surchauffe
total	12.23	21.61

Tableau V.34 : taux d'inconfort, moyen de surchauffe

A ce stade nous pouvons dire que nous sommes arrivés à un taux d'inconfort très favorable pour l'être humain.

Une très faible amplification de température extérieure 7.51 % par rapport à 17.81 % pour le cas initial, et donc un indice qui montre que notre logement est bien isolé, avec un moyen de surchauffe faible.

- **Tableau récapitulatif**

Saison	Consommation / puissance	cas n° 01: cas initial	cas n° 02: + DV 4*12*4	cas n° 03: DV + ITE	cas n° 04: DV + ITE + iso de la toiture
Eté	besoin en clim kWh	3668	3558	2887	1959
	Puissance du clim w	4187	4987	2887	1859
Hiver	besoin en chauff kWh	9384	8958	6309	2109
	Puissance du chauff w	5313	5313	5313	3642
résultats annuels	besoin total kWh	13052	12516	9196	4068
	indice de performance énergétique (kWh/m²/an)	13052 / 90.23m² = 162.77	12516 / 90.23m² = 156.83	9196 / 90.23m² = 120.03	4068 / 90.23m² = 63.2

Tableau V.35 : récapitulatifs des résultats

Avec les trois améliorations nous pouvons donc alléger la facture de l'électricité

63.2 KWH/M²/an est un résultat très intéressant qui est très proche au **Bâtiment Basse Consommation « BBC »** (*Tableau V.35*), et pour l'indice de l'étiquette énergétique nous nous déplaçons de la classe D à la classe B directement et donc nous nous rapprochons aussi de la case du logement économe. (*Figure V.100*)

- **Indice de l'étiquette énergétique**

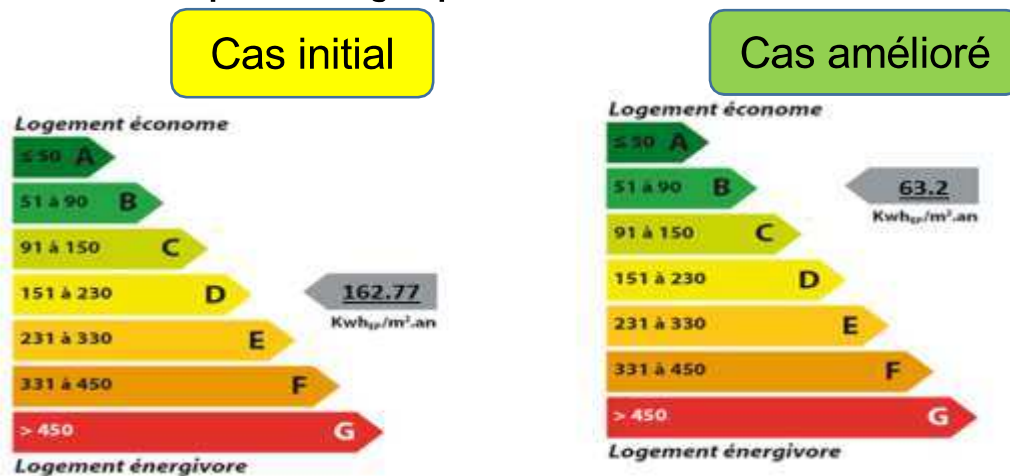
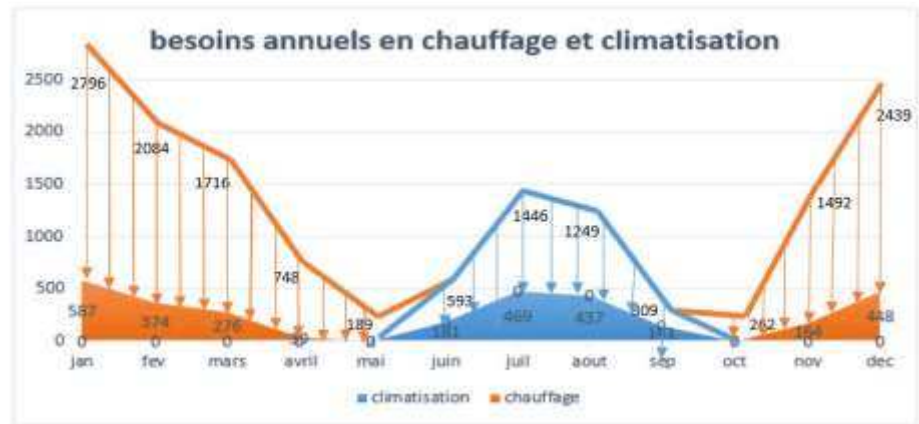


Figure V.100 : projection de l'amélioration sur l'étiquette énergétique.

Comparaison entre le cas initial et le cas le plus amélioré :

Nous voyons ici une chute de consommation entre les deux cas,



4. Déroulement de la deuxième simulation PVsys

Dans la partie précédente de simulation, nous sommes arrivés à diminuer le besoin en électricité d'environ le un tiers de **162.77** à **63.2 KWH/m² .an**.

La prochaine étape de simulation nous permettra de ressortir la surface, le nombre des panneaux et la puissance de champ photovoltaïque nécessaire pour rendre le logement un bâtiment basse consommation **BBC « 50 KWH/M².an »**.

- La surface du logement 90 m²,

	Nombre	Puissance	Utilisation	Energie
Lamps (LED or fluo)	10	40 W/lampe	4 h/jour	1600 Wh/jour
TV / PC / Mobile	1	100 W/app	4 h/jour	400 Wh/jour
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/jour	600 Wh/jour
Stand-by consumers			24 h/jour	24 Wh/jour
Energie journalière totale				2624 Wh/jour

Tableau V.36 : besoin journalier constant

Alors nous allons faire le calcul du dimensionnement des panneaux selon la différence entre : **63.2 KWH/m² .an** et **50 KWH/M².an**. (Tableau V.35)

Nous proposons ce tableau ci-dessus qui concerne le scénario d'utilisation journalier qui est considéré comme constant

Et le besoin total journalier constant est d'environ de 2.624 KWH

4.1. Choix du projet

Pour notre cas d'étude, le réseau des panneaux photovoltaïques n'est pas connecté au réseau public « stand alone » (*Figure V.101*)



Figure V.101 : désignation du type de projet

4.2. Interface du logiciel PVsyst

Nous devons passer par huit étapes pour arriver à la simulation donc pour les résultats. (*Figure V.102*)

- Données climatiques
- Orientation des panneaux
- Système
- L'horizon
- Masques solaires
- Besoins d'utilisation
- Les pertes
- Et simulation...



Figure V.102 : différentes étapes de la simulation

4.3. Etape de la simulation

4.3.1 Les données climatiques

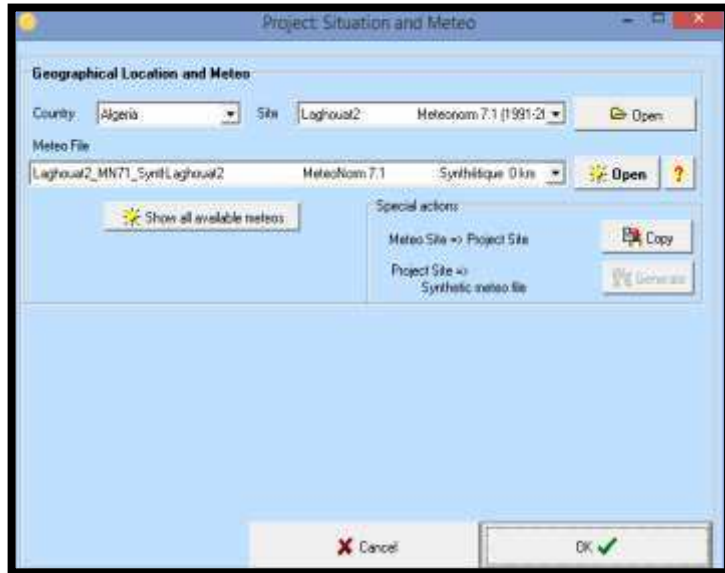


Figure V.103 : génération des données climatiques de la ville de Laghouat

Le Meteonorm 7.1 est le générateur intégré des données climatiques pour le PVsyst. Il fonctionne avec internet et avec interpolation de plusieurs station météorologique, pour le cas de Laghouat le **Meteonorm 7.1** engendre ces données avec l'interpolation de six station, Djelfa, Ghardaïa, Tiaret, El Bayadh, Ain safra et Biskra. (Figure V.103)

4.3.2 L'orientation optimale

Le logiciel et selon les données climatiques et géographique de la zone d'étude « Laghouat » nous propose des orientations optimales cela dépend à la période ; hivernale, estivale ou annuelle.

(Figure V.104)

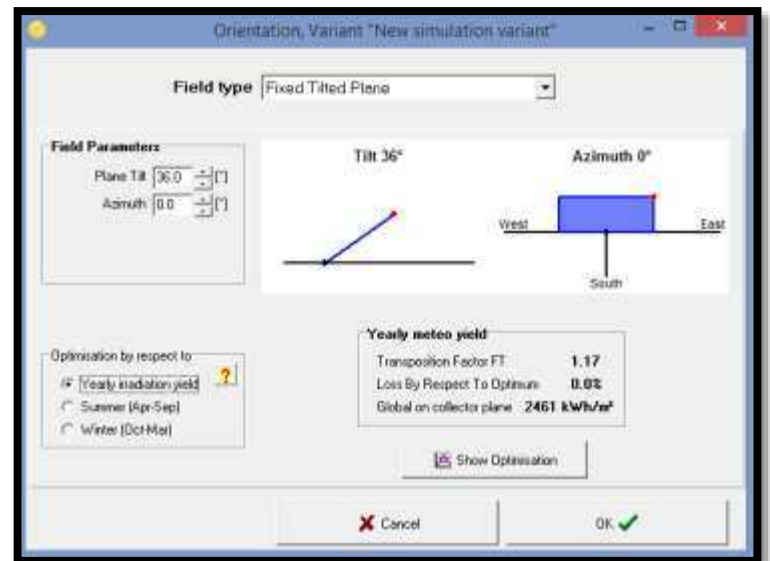


Figure V.104 : orientation optimale des panneaux

4.3.3 Utilisation journalière de l'électricité

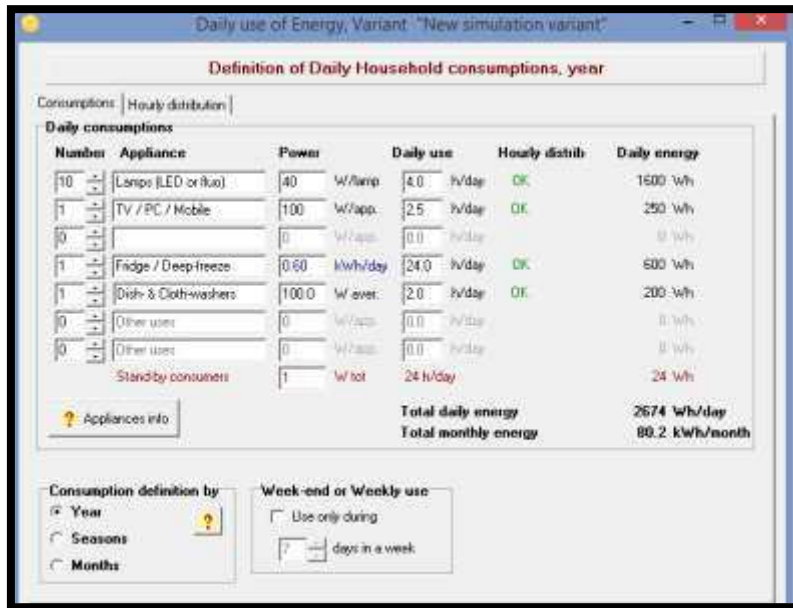


Figure V.105 : scénario de consommation journalière

PVsyst nous propose des équipements pour faciliter la détermination de la consommation de différents équipements, les lampes, TV, réfrigérateur, machine à laver ... etc. et on peut même ajouter d'autre équipements. (Figure V.105)

L'affectation de l'équipement sera à travers des scénarios d'utilisation ; le nombre, la puissance, l'utilisation journalière et même la distribution horaire journalière

Distribution horaire du fonctionnement de différent équipement (Figure V.106)

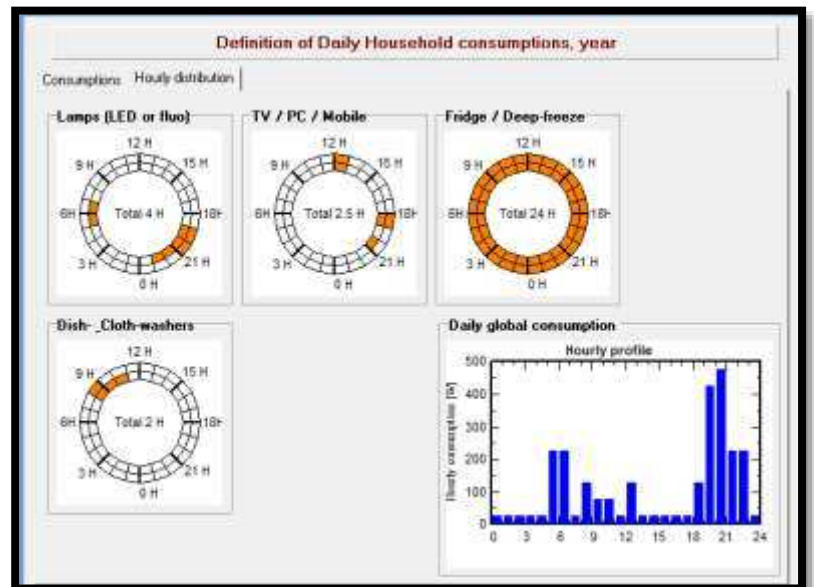


Figure V.106 : scénario de consommation horaire

4.3.4 Choix de différents composants du système solaire photovoltaïque

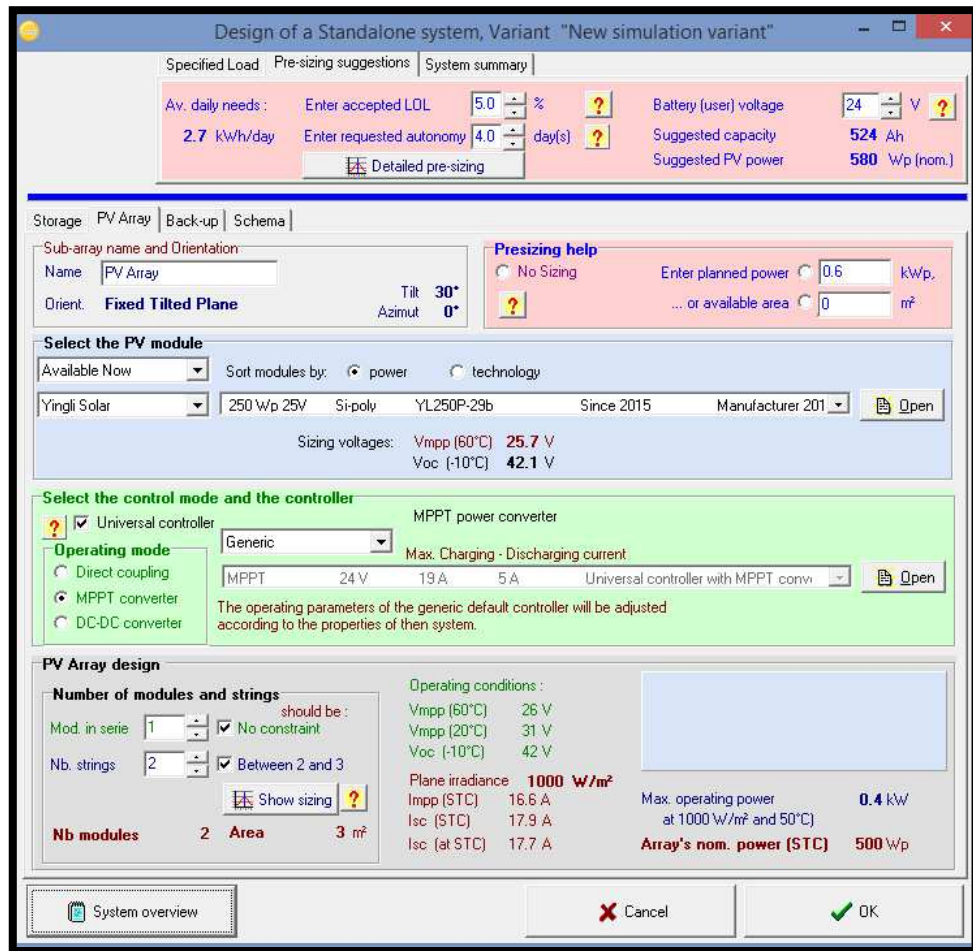


Figure V.107 : configuration de différents composants du système.

Cette étape concerne tout le détail de fonctionnement et surtout un détail technique ; Panneaux « PV array » puissance, marque et conception ; Controller mode et type, l'autonomie du système selon le choix des batteries « Daily needs » dans notre cas on a choisis une autonomie de quatre jours. (Figure V.107)

5. Résultats de la deuxième simulation

Les tableaux ci-dessus montrent les résultats de la simulation :

Projet :	LAGHOUAT			
Site géographique	Laghouat2	Pays	Algeria	
Situation	Latitude	33.8°N	Longitude	2.9°E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	765 m
	Albédo	0.20		
Données météo:	Laghouat2	MeteoNorm 7.1 - Synthétique		
Paramètres de simulation				
Orientation plan capteurs	Inclinaison	30°	Azimut	0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus	Perez, Meteonorm
Caractéristiques du champ de capteurs				
Module PV	Si-poly	Modèle	YL250P-29b	
<small>Original PVSyst database</small>		Fabricant	Yingli Solar	
Nombre de modules PV		En série	1 modules	
Nombre total de modules PV		Nbre modules	2	
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	500 Wc	
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	27 V	
Surface totale		Surface modules	3.2 m²	
		En parallèle	2 chaînes	
		Puissance unitaire	250 Wc	
		Aux cond. de fonct.	447 Wc (50°C)	
		I mpp	17 A	
		Surface cellule	2.9 m²	
Paramètres du système	Type de système	Système isolé avec batteries		
Batterie	Modèle	Solar PV 8G22NF		
	Fabricant	Deka		
Caractéristiques du banc de batteries	Tension	24 V	Capacité nominale 517 Ah	
	Nombre d'unités	2 en série x 11 en parallèle		
	Température	Fixée (20°C)		
Controller	Modèle	Universal controller with MPPT convertor		
	Technologie	MPPT convertor	Coeff. de temp. -5.0 mV/°C/elem.	
Convertisseur	Efficacité maxi et EURO	97.0/95.0 %		
Battery management control	Threshold commands as	SOC calculation		
	Charge	SOC = 0.90/0.75	i.e. approx. 31.0/25.1 V	
	Décharge	SOC = 0.20/0.45	i.e. approx. 22.5/24.4 V	
Besoins de l'utilisateur :	Consomm. domestique	Constants sur l'année		
	moyenne	2.6 kWh/Jour		

Bilan général des résultats

New simulation variant
Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Janvier	109.6	173.8	75.30	0.000	5.56	75.78	81.34	0.932
Février	120.2	164.3	70.07	0.000	12.38	61.09	73.47	0.831
Mars	183.4	218.9	89.56	0.005	0.00	81.34	81.34	1.000
Avril	206.6	213.2	86.95	2.435	0.00	78.72	78.72	1.000
Mai	236.4	218.9	87.32	0.565	0.00	81.34	81.34	1.000
Juin	244.6	216.2	83.72	1.170	0.00	78.72	78.72	1.000
Juillet	250.5	228.2	85.73	0.000	0.00	81.34	81.34	1.000
Août	225.2	224.9	85.25	0.005	0.00	81.34	81.34	1.000
Septembre	174.8	195.5	77.34	0.003	2.79	75.93	78.72	0.965
Octobre	147.9	194.9	78.65	0.000	5.88	75.46	81.34	0.928
Novembre	114.1	173.6	73.44	0.002	11.63	67.09	78.72	0.852
Décembre	98.2	161.8	70.32	0.000	16.82	64.52	81.34	0.793
Année	2111.4	2384.3	963.64	4.184	55.07	902.69	957.76	0.943

Légendes:	GlobHor	Irradiation globale horizontale	E Miss	Energie manquante
	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages	E User	Energie fournie à l'utilisateur
	E Avail	Energie solaire disponible	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
	EUnused	Energie inutilisée (batterie chargée)	SolFrac	Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

Tableau V.37 : RECAPITULATIF DES RESULTATS

Nous constatons à travers ce tableau que notre système est autonome dans la majorité des mois sauf, les mois janvier, février, novembre et décembre, à cause du type du ciel (**E Miss**).

On peut même classer notre champ comme efficace, parce qu'on a un excellent taux de rendement d'environ de **94,3 %**, sauf quelques anomalies pour la batterie en période estivale ;(**EUnused**).

Si on compare entre l'énergie solaire disponible « **E Avail** » et l'énergie fournie à l'utilisateur « **E User** », nous remarquons qu'il y'a une surproduction en période hivernal plus que pour la période estivale, qui se traduit par l'impact négatif de la température élevée sur le rendement des panneaux ; sauf le mois de Janvier là où on vécut une petite desatisfaction du besoin des utilisateur, cela peut se traduit par le mois le plus froid et le plus nuageux à Laghouat, par exemple si on compare entre le mois de Janvier – **0.48 kWh** par rapport à Avril une surproduction de **8,23 KWH**.

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons eu une idée générale sur l'influence de chaque étape d'amélioration en particulier la consommation ou le besoin en énergie pour la climatisation et le chauffage ; des informations sur le taux d'inconfort ; ainsi que sur l'influence de l'isolation thermique par l'extérieur sur le confort thermique intérieur et sans oublier les amplifications de températures extérieures.

Nous avons projeté les résultats sur l'étiquette énergétique pour voir le développement et l'utilité de toutes les améliorations et nous sommes arrivés à un déplacement de la classe « **D** » à la classe « **B** ». ce qui est très satisfaisant et malgré cela nous avons essayé d'introduire les panneaux photovoltaïques pour alléger le bilan énergétique .Tout ça dans la deuxième partie du chapitre, où nous avons estimé le nombre de panneaux nécessaire pour alimenter le logement en énergie solaire photovoltaïque, une énergie gratuite et saine, et nous arrivons à dire que nous sommes arrivés à un bâtiment basse consommation, **50 KWH/m².an** avec l'ajout de **3.2 m²** de panneaux photovoltaïques intégrées entre brise soleil et garde-corps dans les balcons.

Ce qui n'est pas négligeable, que tout en ayant une possibilité d'augmenter cette surface, on minimise plus de consommation, et donc allant vers le bâtiment à zéro consommation d'énergie.

CONCLUSION

GÉNÉRALE:

1. CONCLUSION GENERALE

La conception de l'habitat en général et des logements en particulier a un rôle très important dans la consommation énergétique. Par ce biais, on peut y intervenir pour minimiser la consommation d'énergie.

Plusieurs solutions sont possibles, adoptées dans certains cas, peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration du comportement thermique et les performances énergétiques du bâtiment, en particulier, l'application des principes passifs « conception bioclimatique », comme l'ITE isolation thermique par l'extérieur, l'orientation, la ventilation naturelle, favorisation des gains de lumière...etc.

Le présent travail traite la problématique de la consommation énergétique spécialement dans le logement collectif dans le climat de la ville de Laghouat, climat saharien chaud et sec, à travers cette étude on a testé l'impact de l'un des principes de l'architecture bioclimatique, qui est l'isolation, ce principe est connu comme le principe le plus influent pour minimiser les déperditions, et par conséquent protéger la maison contre la chaleur extérieure en été et la fraîcheur en hiver, et donc minimiser la consommation de l'énergie qui concerne le besoin de la maison pour le chauffage et la climatisation.

Après qu'on a constitué un background théorique qui m'ont aidé de choisir l'application de l'isolation thermique comme solution, celle-ci se déroulant en trois étapes, pour distinguer l'influence de chacune, en premier lieu nous avons changé le type de vitrage en double vitrage avec argon, en deuxième étape vient l'isolation thermique par l'extérieure et là où nous avons choisi une composition

écologique en utilisant des matériaux locaux, disponible sur site « la région » et écologique, tel que l'adobe comme matériaux écologique qui possède une inertie thermique intéressante et à la fin on a renforcé l'isolation de la toiture du logement. Nous avons testé ces étapes via la **Simulation Thermique Dynamique** avec le logiciel *Pleiades+comfie*, et on a abouti à des résultats très significatives qui se rapprochent du tiers de la consommation du cas initial donc **du 162.77 kWh/m².an** qui correspond la classe D de l'étiquette énergétique à **63.2 kWh/m².an** après les trois améliorations donc on se retrouve à la classe B, qui se rapproche au **Bâtiment Basse Consommation**.

Dans la deuxième partie, nous avons voulu arriver à la valeur du BBC « **50 KWH/m².an** », à cet effet on a adopté pour des panneaux solaires pour la production de l'électricité, là où nous avons trouvé qu'une surface de 3,2 m² de panneaux photovoltaïques suffit pour obtenir la consommation référence du bâtiment basse consommation.

2. RECOMMANDATIONS

Notre pays l'Algérie doit prendre le défi de l'exploitation du grand gisement solaire dont elle se dispose par le développement des techniques utilisant l'énergie solaire tout en s'adaptant avec le climat de chaque région, pour limiter et minimiser la consommation croissante de notre ressource pétrolière et gazifière, lutter contre ce défi sera pour objectif d'engendrer une révolution énergétique propre appelée aussi douce ou solaire, par la densification et l'encouragement de l'utilisation de cette source d'énergie, qui est gratuite, saine et durable.

Cet encouragement sera à différentes échelles, des centrales ou champs de production de l'électricité par des panneaux photovoltaïque, ou même à l'échelle d'une maison pour la consommation individuelle.

Voilà c'est le moment que notre état prenne en considération le risque de la pollution atmosphérique et les risques engendrés par l'utilisation de cette source qui épuisable, polluante et chère.

Pourquoi nous ne pouvons pas élaborer un label ou certification propre à notre pays et à notre climat de chaque région et l'exécuter à tout niveau ?

Pourquoi pas une Nouvelle réglementation destinée aux bureaux d'étude pour exiger l'utilisation des matériaux locaux écologique et oblige même les demandeurs du permis de construire de prendre en considération la touche de l'efficacité énergétique ? d'intégrer des énergies renouvelables « panneaux photovoltaïque » pour la production de l'électricité ou même le solaire thermique pour le chauffage ou bien pour le besoin en matière d'eau chaude sanitaire.

Donc nous devons prendre tout ça en considération pour changer nos rythmes de vie et notre culture vers le mieux pour vivre dans un environnement sain.

3. FUTURE AXES DE RECHERCHES

Cette étude de recherche nous ouvre de multiples axes futurs de recherche et nombreuses perspectives dans le thème de l'architecture ou même dans la problématique de l'efficacité énergétique :

- Intégrer d'autres principe de l'architecture bioclimatiques, l'orientation ; augmenter la taille des fenêtres, intégrer d'autre dispositifs comme le mur trombe, des puits canadiens ...etc.
- Tester l'isolation thermique par l'extérieur dans un autre équipement de bureau par exemple.
- Essayer de faire une étude comparative entre plusieurs équipements et évaluer l'efficacité et l'impact sur chaque projet ou dans multiples région et donc différentes zones climatiques.
- Essayer une autre composition de matériaux ...etc.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

Ouvrages :

- **ALAIN Liébard**
Architecture solaire
Edition Eyrolles observ'er

- **ALAIN châtelet, Pierre Fernandez, Pierre Lavigne**
Architecture climatique
Edition Edi Sud

- **ALAIN Liébard ANDRE De Herde**
Livre traite architecture et urbanisme bioclimatique
Edition :

- **Architecture climatique équilibrée**
Edition Pacer.

- **BRUCE Anderson**
Solar building architecture
Edition : The Mit Press

- **Bruno PEUPORTIER**
Eco conception des bâtiments et des quartiers
Edition : mine paris Tech

- **BERNARD BAUDOUIN**
Construire une maison écologique
Edition AMBRE

- **CLAUDE- ALAIN Roulet**
Energétique du bâtiment
Presse polytechnique romandes

- **DUNOD. Mohamed Amjahdi, Jean Lemal**
Adopter le solaire thermique et photovoltaïque
Edition :

- **Dominique de SAUZA**
L'habitat durable

BIBLIOGRAPHIE :

- **EYROLLES ARMANDE Dutreix**
Bio climatisme et performances énergétiques des bâtiments
Edition : Avril 2010.

- **Energie solaire photovoltaïque « le manuel professionnel »**
Edition : dunod.

- **Jean jacquot**
Énergies renouvelables pour l'habitat
2001.

- **JEAN Hetzel Novembre 2007.**
Bâtiment HQE et développement durable.
Edition AFNOR.

- **Installation solaires photovoltaïque**
Edition : le moniteur.

- **Guide de l'auto Eco construction.**
Edition : Ademe, arel, agence de l'eau Rhin Meuse 2006.

- **Louis PAUL HAYOUN, AURIAN ARRIGONI**
Installation photovoltaïque
Edition: Eyrolles

- **Lavigne pierre.**
Architecture climatique une contribution au développement durable
Edition : sud 1994

- **MAZRIA, Edouard**
Le guide de l'énergie solaire passive.
Editions Parenthèses, 1980

- **Michel Platzer**
Mesure de la qualité environnementale du bâtiment
Edition : le moniteur Sept 2009

- **Office des publications universitaire**
ATLAS Solaire de l'Algérie
TOME 3/ VOL 02

BIBLIOGRAPHIE :

- **Pierre L. DEBO M**
Les économies d'énergie
Edition : Eyrolles

- **PATRICK Piro, Jean- Pierre Ménard, Alain Liébard,**
Le grand livre de l'habitat solaire
Edition : observ'er, le moniteur

- **Pierre – gilles Belin**
L'habitat bio économique
Edition Eyrolles mars 2008
- **Production d'énergie électrique à partir des ressources renouvelables**
Edition : Lavoisier 2012.

- **Paul Mathis**
Les énergies comprendre les enjeux
Edition : Quae.

- **RALPH M, LEBENS**
Habitat solaire passif méthode de conception et de calcul
Edition : le moniteur. Aout 2011

- **Samuel Courgey, Jean-Pierre Oliva**
La conception bioclimatique des maisons confortables et économes
Edition : terre vivante.

- **Système photovoltaïques raccordés au réseau**
Edition : ADEME version 2007.
Edition : PC Nov. 2010

- **S. BELAKHOWSKY**
Déperditions calorifiques et isolation thermique des habitations
Edition :1V technique

BIBLIOGRAPHIE :

Articles :

- *Efficacité énergétique des logements à haute performance énergétique, 'HPE' :*
Application au site de Béchar :
S. Sami-Mécheri, D. Semmar et A. Hamid.
- *Simulation du comportement énergétiques bâtiments résidentiels au sud algérien :*
DJELLOUL, B. DRAOUI.N. MOUMMI.
- *COMFIE, Logiciel pour la conception bioclimatique Ecole des Mines :*
Bruno PEUPORTIER,
- *Vers une réinterprétation des techniques bioclimatiques vernaculaires pour répondre aux enjeux de l'architecture contemporaine :* DPEA 2014/2015.
Selma BENZARTI
- *Le solaire thermique en Algérie : histoire et perspectives.* **Dr Abderrahmane hamidat**
- *Une étude sur le comportement thermique des matériaux traditionnel, qui été faite dans leur intervention lors du festival international pour la promotion des architectures de terre*
ARCHITERRE, EPAU d'Alger, 2015. **BELHATEM Ilham**

Thèses :

- Thèse développement d'une méthodologie d'assistance au commissionnement des bâtiments à faible consommation d'énergie ;
Par : **nazila Kahina hannachi-belkadi en 2010.**
- Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiment à énergie positive, spécialité énergétique 2008 école nationale supérieure des mines de paris
Par : **Stéphane THIERS.**
- Vers une nouvelle méthodologie de conception des bâtiments basée sur leurs performances bioclimatiques, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
Par : **Lou CHESNE 2012**

BIBLIOGRAPHIE :

Revues :

- Courrier du Savoir.
- Revue des Energies Renouvelables

Guides :

- Guide de l'écoconstruction 3eme Edition 2010
- Comment concevoir sa maison bioclimatique ?
- Réussir une rénovation performante Édition : mai 2012
- Manuel Pleiades+comfie.
- Manuel PVsys.
- Documentation pour l'utilisation du logiciel PVsys V5. **Damien MAZILLE et Vincent BOITIER**
- Guide solaire passif école polytechnique de Lausanne. 1985

Site d'internet :

- <http://www.lycee-jeanmonnet.org/mont-blanc2010/experiences/saussure-capteursolaire.pdf>
- <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=le-programme-des-energies-renouvelables-et-de-l-efficacite-energetique>
- [http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11176/le-rayonnement-solaire-et-son-utilisation-par-lhomme.par:david Wilken's](http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11176/le-rayonnement-solaire-et-son-utilisation-par-lhomme.par:david%20Wilken's)
- <http://www.planetoscope.com/source-d-energie/229-consommation-mondiale-d-energie-en-tep-.html>
- <http://www.planetoscope.com/source-d-energie/229-consommation-mondiale-d-energie-en-tep-.html>
- L'Algérie accroît ses objectifs en matière d'énergie renouvelable (document ogb).html consulte le mercredi, 9 décembre 2015
- http://www.inrp.fr/lamap/?page_id=16&action=2&element_id=380&domainsciencetype_id=7) « l'énergie solaire » David Wilge bus
- Site internet "architecture et énergies renouvelables" réalisé par l'agence méditerranéenne de l'environnement (ame) et l'ordre des architectes du Languedoc-Roussillon
- <http://www.aprue.org.dz/>
- Credeg - portail algérien des énergies renouvelables.html consulte le 20 /01/2016
- Portail algérien des énergies renouvelables.html
- <https://michaelpatucca.wordpress.com/2012/05/28/murs-trombe-ademe/>
- Google/Earth
- www.ideesmaison.com

ANNEXE01:

Rapport du logiciel **Pléiades +
comfie :**

Rapport de simulation du cas initial « Pleiades+comfie » :

Projet

Etude thermique du projet
Analyse thermique par simulation dynamique

CAS INITIAL

Etude réalisée par :

Organisme :

Personne : **OULDZEMIRLI Mohamed Abdelmoumen**

Adresse :

03000 Laghouat

Tél. : 0772080992

Fax. :

E-Mail : moumenarchi@gmail.com

- 22/02/2016

A) Base du projet : Projet / 1**1) Descriptif****Site**

Nom: LAGHOUAT(TRY)

Altitude: 765m Longitude: 2.55° Latitude: 33.46°

Station météorologique

Nom: LAGHOUAT(TRY)

Nom du fichier: LAGHOUAT (TRY).try

Altitude: 765m Longitude: 2.55° Latitude: 33.46°

Température minimale : -1.7°C Température maximale : 39.7°C

Ligne d'horizon

Nombre de points: 0

Scénarios d'occupation (% occupation)**Nom : Famille Laghouatienne****6 Occupants**

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	100	100	100	100	100	100	100
1- 2h	100	100	100	100	100	100	100
2- 3h	100	100	100	100	100	100	100
3- 4h	100	100	100	100	100	100	100
4- 5h	100	100	100	100	100	100	100
5- 6h	100	100	100	100	100	100	100
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	50	50	50	50	100	100	50
8- 9h	50	50	50	50	100	100	50
9-10h	50	50	50	50	100	100	50
10-11h	50	50	50	50	50	0	50
11-12h	50	50	50	50	50	0	50
12-13h	100	100	100	100	100	0	100
13-14h	100	100	100	100	100	0	100
14-15h	50	50	50	50	50	0	50
15-16h	50	50	50	50	50	0	50
16-17h	50	50	50	50	50	50	50
17-18h	66	66	66	66	66	100	66
18-19h	66	66	66	66	66	100	66
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Scénarios de débit de ventilation (% du débit maximum)**Nom : Ventilation d'été****Débit d'air maximum : 0.6 Volume/heure**

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	100	100	100	100	100	100	100
1- 2h	100	100	100	100	100	100	100
2- 3h	100	100	100	100	100	100	100
3- 4h	100	100	100	100	100	100	100
4- 5h	100	100	100	100	100	100	100
5- 6h	100	100	100	100	100	100	100
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	0	0	0	0	0	0	0
8- 9h	0	0	0	0	0	0	0
9-10h	0	0	0	0	0	0	0
10-11h	0	0	0	0	0	0	0
11-12h	0	0	0	0	0	0	0
12-13h	0	0	0	0	0	0	0
13-14h	0	0	0	0	0	0	0
14-15h	0	0	0	0	0	0	0
15-16h	0	0	0	0	0	0	0
16-17h	0	0	0	0	0	0	0
17-18h	0	0	0	0	0	0	0
18-19h	0	0	0	0	0	0	0
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Nom : Ventilation d'hiver**Débit d'air maximum : 0.6 Volume/heure**

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	100	100	100	100	100	100	100
1- 2h	100	100	100	100	100	100	100
2- 3h	100	100	100	100	100	100	100
3- 4h	100	100	100	100	100	100	100
4- 5h	100	100	100	100	100	100	100
5- 6h	100	100	100	100	100	100	100
6- 7h	100	100	100	100	100	100	100
7- 8h	100	100	100	100	100	100	100
8- 9h	100	100	100	100	100	100	100
9-10h	100	100	100	100	100	100	100
10-11h	100	100	100	100	100	100	100
11-12h	100	100	100	100	100	100	100
12-13h	100	100	100	100	100	100	100
13-14h	100	100	100	100	100	100	100
14-15h	100	100	100	100	100	100	100
15-16h	100	100	100	100	100	100	100

16-17h	100	100	100	100	100	100	100
17-18h	100	100	100	100	100	100	100
18-19h	100	100	100	100	100	100	100
19-20h	100	100	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	100	100	100
21-22h	100	100	100	100	100	100	100
22-23h	100	100	100	100	100	100	100
23-24h	100	100	100	100	100	100	100

Scénarios de puissance dissipée par les appareils (Watts)

Nom : puissance dissipée par ZONE THERMIQUE

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	0	0	0	0	0	0	0
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	0	0	0	0	0	0	0
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	0	0	0	0	0	0	0
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0
6- 7h	0	0	0	0	0	0	0
7- 8h	0	0	0	0	0	0	0
8- 9h	120	120	120	120	0	120	120
9-10h	120	120	120	120	120	120	120
10-11h	120	120	120	120	120	0	120
11-12h	120	120	120	120	120	0	120
12-13h	120	120	120	120	120	0	120
13-14h	120	120	120	120	120	0	120
14-15h	120	120	120	120	120	0	120
15-16h	120	120	120	120	120	0	120
16-17h	120	120	120	120	120	0	120
17-18h	120	120	120	120	120	320	120
18-19h	540	540	540	540	540	300	540
19-20h	540	540	540	540	540	300	540
20-21h	540	540	540	540	540	300	540
21-22h	540	540	540	540	540	300	540
22-23h	0	0	0	0	0	0	0
23-24h	0	0	0	0	0	0	0

Scénarios d'occultations des vitrages (% d'occultation)

Nom : Volet d'été

Resistance thermique additionnelle : 1.00 W/K

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	0	0	0	0	0	0	0
1- 2h	0	0	0	0	0	0	0
2- 3h	0	0	0	0	0	0	0
3- 4h	0	0	0	0	0	0	0
4- 5h	0	0	0	0	0	0	0
5- 6h	0	0	0	0	0	0	0

6- 7h	0	0	0	0	0	0	0
7- 8h	95	95	95	95	95	95	95
8- 9h	95	95	95	95	95	95	95
9-10h	95	95	95	95	95	95	95
10-11h	95	95	95	95	95	95	95
11-12h	95	95	95	95	95	95	95
12-13h	95	95	95	95	95	95	95
13-14h	95	95	95	95	95	95	95
14-15h	95	95	95	95	95	95	95
15-16h	95	95	95	95	95	95	95
16-17h	95	95	95	95	95	95	95
17-18h	95	95	95	95	95	95	95
18-19h	95	95	95	95	95	95	95
19-20h	0	0	0	0	0	0	0
20-21h	0	0	0	0	0	0	0
21-22h	0	0	0	0	0	0	0
22-23h	0	0	0	0	0	0	0
23-24h	0	0	0	0	0	0	0

Nom : Volet d'hiver

Resistance thermique additionelle : 1.00 W/K

Heure	Lund	Mard	Merc	Jeud	Vend	Same	Dima
0- 1h	95	95	95	95	95	95	95
1- 2h	95	95	95	95	95	95	95
2- 3h	95	95	95	95	95	95	95
3- 4h	95	95	95	95	95	95	95
4- 5h	95	95	95	95	95	95	95
5- 6h	95	95	95	95	95	95	95
6- 7h	95	95	95	95	95	95	95
7- 8h	0	0	0	0	0	0	0
8- 9h	0	0	0	0	0	0	0
9-10h	0	0	0	0	0	0	0
10-11h	0	0	0	0	0	0	0
11-12h	0	0	0	0	0	0	0
12-13h	0	0	0	0	0	0	0
13-14h	0	0	0	0	0	0	0
14-15h	0	0	0	0	0	0	0
15-16h	0	0	0	0	0	0	0
16-17h	0	0	0	0	0	0	0
17-18h	0	0	0	0	0	0	0
18-19h	95	95	95	95	95	95	95
19-20h	95	95	95	95	95	95	95
20-21h	95	95	95	95	95	95	95
21-22h	95	95	95	95	95	95	95
22-23h	95	95	95	95	95	95	95
23-24h	95	95	95	95	95	95	95

Compositions de paroi

- Conductivité : λ	$W/(m.K)$
- Masse volumique : MV	kg/m^3
- Chaleur spécifique : CS	$J/(kg.K)$
- Coefficient U : U	$W/(m^2.K)$
- Résistance : R	$(m^2.K)/W$

	λ	MV	CS	U	R	
Nom : Pl. terre plein						
20.00 cm de Béton lourd	1.75	2300	920			
4.00 cm de Polystyrène expansé	0.04	25	1380			
5.00 cm de Mortier	1.15	2000	840			
2.00 cm de Carrelage	1.70	2300	700			
Total				0.84	1.20	
Nom : Toit terrasse non isolée						
5.00 cm de Béton lourd	1.75	2300	920			
Total				35.00	0.03	
Nom : MUR EXT DE 30 cm						
1.00 cm de Enduit extérieur	1.15	1700	1000			
15.00 cm de BRIQUE DE 15 cm		0.48	690	0.250	3.23	0.31
5.00 cm de LAME D'AIRE DE 5 cm		0.33	1	0.340	6.67	0.15
10.00 cm de BRIQUE DE 10 cm		0.48	690	0.250	4.76	0.21
1.00 cm de Plâtre courant	0.35	800	800			
Total				1.41	0.71	
Nom : MUR INT DE 10 cm						
1.00 cm de Plâtre courant	0.35	800	800			
10.00 cm de BRIQUE DE 10 cm		0.48	690	0.250	4.76	0.21
1.00 cm de Plâtre courant	0.35	800	800			
Total				3.74	0.27	
Nom : TOITURE INTERMEDIAIRE 16+4						
2.00 cm de Carrelage	1.70	2300	700			
2.00 cm de Mortier	1.15	2000	840			
4.00 cm de Béton lourd	1.75	2300	920			
16.00 cm de Hourdis de 16 en bét	1.23	1300	0.180	7.69	0.13	
1.30 cm de Placoplatre BA 13	0.32	790	0.222	25.00	0.04	
Total				4.50	0.22	

Scénarios de coefficients d'albedos

Nom : Rue goudronnée

Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Portes et fenêtres

Nom : Porte bois intérieure

nombre de vitrages : 0

Coeff U moyen : 5.00 W/(m2.K) Facteur solaire moyen : 0.00

Pourcentage de vitrage : 0 %

Coeff U de la partie vitrée : 3.50 W/(m2.K) Coeff U de la partie non vitrée : 5.00 W/(m2.K)

Facteur solaire du vitrage : 0.00 pour un angle de 0°

Nom : Fen alu DV EKO Argon 4.12.4

nombre de vitrages : 2

Coeff U moyen : 1.88 W/(m2.K) Facteur solaire moyen : 0.53

Pourcentage de vitrage : 70 %

Coeff U de la partie vitrée : 1.40 W/(m2.K) Coeff U de la partie non vitrée : 3.00 W/(m2.K)

Facteur solaire du vitrage : 0.75 pour un angle de 0°

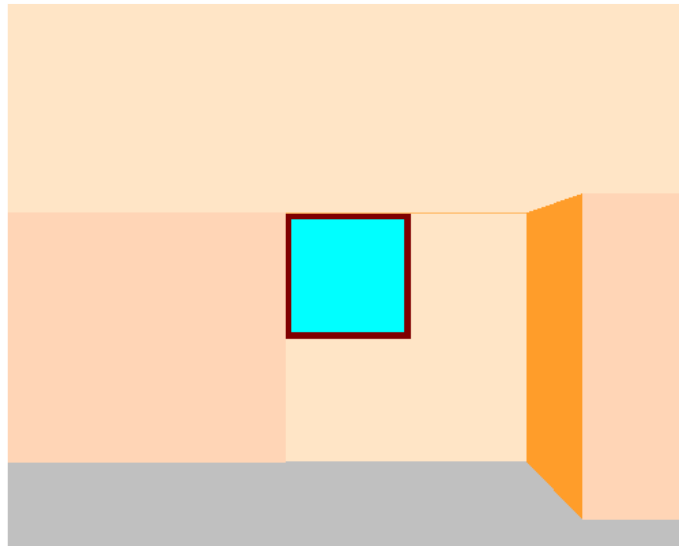
Masques intégrés à la construction

Masque intégré : Masque 1

Avancée gauche :	-0.00 m	Avancée droite :	0.00 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	-1.54 m	Distance droite :	0.00 m	Distance haute :	0.00 m

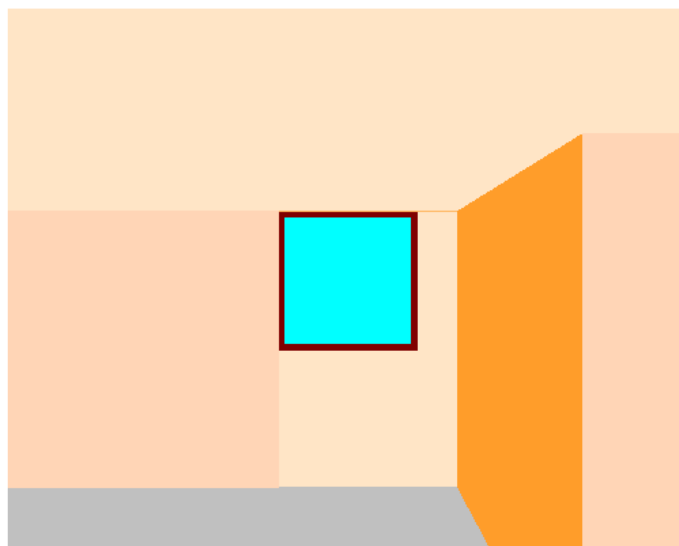
Masque intégré : Masque 2

Avancée gauche :	0.00 m	Avancée droite :	0.52 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	0.00 m	Distance droite :	0.95 m	Distance haute :	0.00 m



Masque intégré : Masque 3

Avancée gauche :	0.00 m	Avancée droite :	1.05 m	Avancée haute :	0.00 m
Distance gauche :	0.00 m	Distance droite :	0.30 m	Distance haute :	0.00 m



Etats de surface

Nom: Couleur lisse blanc		
Emissivité : 0.85	Absorptivité : 0.25	
Nom: Couleur lisse vert		
Emissivité : 0.90	Absorptivité : 0.50	
Nom: Gravier gris		
Emissivité : 0.95	Absorptivité : 0.85	

Description du Bâtiment**- Sommaire des zones et des pièces**

Zone 2 : SEJOUR+CHAMBRE 03+CHAMBRE 02+CHAMBRE 01
2.1 SEJOUR - 1
2.2 CHAMBRE 03 - 2
2.3 CHAMBRE 02 - 3
2.4 CHAMBRE 01 - 6
Zone 3 : CUISINE
3.1 CUISINE - 7
Zone 4 : HALL
4.1 HALL - 5
Zone 5 : SDB+WC
5.1 SDB - 8
5.2 WC - 9
Zone 6 : CHAMBRE MITOYENNE
6.1 CHAMBRE MITOYENNE - 4

- Description**Zone 2 : SEJOUR+CHAMBRE 03+CHAMBRE 02+CHAMBRE 01****Occupation : Famille Laghouatienne**

Ventilation Externe : Ventilation d'été

Gains de chaleur internes : puissance dissipée par ZONE THERMIQUE

2.1

SEJOUR - 1

Volume : 60.73 m3

Plancher 1/1

Surface : 19.84 m2 Hauteur : 4.45 m Largeur : 4.45 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol

Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers SEJOUR - 1

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 1/2

Surface : 19.84 m2 Hauteur : 4.45 m Largeur : 4.45 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers SEJOUR - 1
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 1/3

Surface : 12.85 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers SEJOUR - 1
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

1.68 m² de Fen alu DV EKO Argon 4.12.4 masqué par Masque 1

Paroi 1/4

Surface : 4.80 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.57 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers SEJOUR - 1
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

Paroi 1/5

Surface : 9.64 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 4/6
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE MITOYENNE - 4

vers SEJOUR - 1

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 1/6

Surface : 12.85 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/4
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers SEJOUR - 1
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

1.92 m² de Porte bois intérieure

Paroi 1/7

Surface : 11.23 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.67 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 2/4
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 03 - 2 vers SEJOUR

- 1

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 1/8

Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers SEJOUR - 1
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

2.2 CHAMBRE 03 - 2

Volume : 35.42 m3

Plancher 2/1

Surface : 11.58 m2 Hauteur : 3.40 m Largeur : 3.40 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinasion : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers CHAMBRE 03 - 2
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 2/2

Surface : 11.58 m2 Hauteur : 3.40 m Largeur : 3.40 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinasion : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers CHAMBRE 03 -

2

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 2/3

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE 03 -

2

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

2.04 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 2/4

Surface : 11.23 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.67 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 1/7
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 03 - 2 vers SEJOUR

- 1

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 2/5

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m

2
 lisse blanc

Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/3
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CHAMBRE 03 -

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur
 1.92 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 2/6

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 3/4
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 03 - 2 vers

CHAMBRE 02 - 3

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Paroi 2/7

Surface : 1.59 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 0.52 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE 03 -

2
 lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

2.3 **CHAMBRE 02 - 3**

Volume : 40.48 m3

Plancher 3/1

Surface : 13.23 m2 Hauteur : 3.64 m Largeur : 3.64 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers CHAMBRE 02 - 3
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 3/2

Surface : 13.23 m2 Hauteur : 3.64 m Largeur : 3.64 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers CHAMBRE 02 -

3
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 3/3

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur

3

Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE 02 -

lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

1.68 m2 de Fen alu DV EKO Argon 4.12.4 masqué par Masque 2

Paroi 3/4

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m

Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 2/6

Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 03 - 2 vers

CHAMBRE 02 - 3

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Paroi 3/5

Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/12

Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 02 - 3 vers HALL -

5

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

1.92 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 3/6

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m

Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 6/3

Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 02 - 3 vers

CHAMBRE 01 - 6

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Paroi 3/7

Surface : 12.85 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur

Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE 02 -

3

lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

2.4

CHAMBRE 01 - 6

Volume : 40.48 m3

Plancher 6/1

Surface : 13.23 m2 Hauteur : 3.64 m Largeur : 3.64 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers CHAMBRE 01 - 6
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 6/2

Surface : 13.23 m² Hauteur : 3.64 m Largeur : 3.64 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers CHAMBRE 01 -

6

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 6/3

Surface : 9.64 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 3/6
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 02 - 3 vers

CHAMBRE 01 - 6

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Paroi 6/4

Surface : 4.80 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.57 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/11
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CHAMBRE 01 -

6

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

1.92 m² de Porte bois intérieure

Paroi 6/5

Surface : 4.80 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.57 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 9/6
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de WC - 9 vers CHAMBRE 01 - 6
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 6/6

Surface : 3.21 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE 01 -

6

lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Paroi 6/7

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE 01 -

6

lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

1.68 m2 de Fen alu DV EKO Argon 4.12.4

Paroi 6/8

Surface : 12.85 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE 01 -

6

lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Zone 3 : CUISINE

3.1

CUISINE - 7

Volume : 40.48 m3

Plancher 7/1

Surface : 13.23 m2 Hauteur : 3.64 m Largeur : 3.64 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 7/2

Surface : 13.23 m2 Hauteur : 3.64 m Largeur : 3.64 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 7/3

Surface : 12.85 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/6
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

1.92 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 7/4

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

Paroi 7/5

Surface : 12.85 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

2.04 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 7/6

Surface : 8.02 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 2.62 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 8/4
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de SDB - 8 vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 7/7

Surface : 1.59 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 0.52 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/7
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Zone 4 : HALL

4.1 HALL - 5

Volume : 32.05 m3

Plancher 5/1

Surface : 10.47 m2 Hauteur : 3.24 m Largeur : 3.24 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers HALL - 5
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 5/2

Surface : 10.47 m2 Hauteur : 3.24 m Largeur : 3.24 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers HALL - 5

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 5/3

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 2/5
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CHAMBRE 03 -

2

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur
 1.92 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 5/4

Surface : 12.85 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 1/6
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers SEJOUR - 1
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

1.92 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 5/5

Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers HALL - 5
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

1.92 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 5/6

Surface : 12.85 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.20 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 7/3
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

1.92 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 5/7

Surface : 1.59 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 0.52 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 7/7
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CUISINE - 7
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 5/8

Surface : 6.43 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 2.10 m

	Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 ° Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 8/3 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers SDB - 8 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur
lisse blanc	
	Paroi 5/9 Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 ° Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 8/7 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers SDB - 8 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur
lisse blanc	1.51 m2 de Porte bois intérieure
	Paroi 5/10 Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 ° Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 9/3 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers WC - 9 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur
lisse blanc	1.51 m2 de Porte bois intérieure
	Paroi 5/11 Surface : 4.80 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.57 m Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 ° Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 6/4 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers CHAMBRE 01 -
6	
lisse blanc	Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur 1.92 m2 de Porte bois intérieure
	Paroi 5/12 Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 ° Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 3/5 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE 02 - 3 vers HALL -
5	
lisse blanc	Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur 1.92 m2 de Porte bois intérieure

Zone 5 : SDB+WC

5.1

SDB - 8

Volume : 16.87 m3

Plancher 8/1

Surface : 5.51 m2 Hauteur : 2.35 m Largeur : 2.35 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 180 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol

Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers SDB - 8

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 8/2

Surface : 5.51 m2 Hauteur : 2.35 m Largeur : 2.35 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinaison : 0 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur

Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers SDB - 8

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 8/3

Surface : 6.43 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 2.10 m

Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/8

Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers SDB - 8

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 8/4

Surface : 8.02 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 2.62 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 7/6

Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de SDB - 8 vers CUISINE - 7

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 8/5

Surface : 6.43 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 2.10 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur

Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers SDB - 8

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

0.16 m2 de Fen alu DV EKO Argon 4.12.4

Paroi 8/6

Surface : 4.80 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.57 m

Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinaison : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 9/4

Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de WC - 9 vers SDB - 8

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 8/7

Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/9
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers SDB - 8
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

1.51 m2 de Porte bois intérieure

5.2

WC - 9

Volume : 5.06 m3

Plancher 9/1

Surface : 1.65 m2 Hauteur : 1.29 m Largeur : 1.29 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinasion : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers WC - 9
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 9/2

Surface : 1.65 m2 Hauteur : 1.29 m Largeur : 1.29 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinasion : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers WC - 9
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 9/3

Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 5/10
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de HALL - 5 vers WC - 9
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

1.51 m2 de Porte bois intérieure

Paroi 9/4

Surface : 4.80 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.57 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 8/6
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de WC - 9 vers SDB - 8
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Paroi 9/5

Surface : 3.21 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.05 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinasion : 90 °

Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers WC - 9
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur
 lisse vert

0.16 m2 de Fen alu DV EKO Argon 4.12.4 masqué par Masque 3

Paroi 9/6

Surface : 4.80 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 1.57 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 80 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 6/5
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de WC - 9 vers CHAMBRE 01 - 6
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse blanc

Zone 6 : CHAMBRE MITOYENNE

6.1 CHAMBRE MITOYENNE - 4

Volume : 45.54 m3

Plancher 4/1

Surface : 14.88 m2 Hauteur : 3.86 m Largeur : 3.86 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinasion : 180 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Sol
 Composition : Pl. terre plein Définie de Sol vers CHAMBRE MITOYENNE - 4
 Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Défaut

Toiture 4/2

Surface : 14.88 m2 Hauteur : 3.86 m Largeur : 3.86 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 0 ° Inclinasion : 0 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : Toit terrasse non isolée Définie de Extérieur vers CHAMBRE

MITOYENNE - 4

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Gravier gris

Paroi 4/3

Surface : 14.44 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.72 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -10 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE

MITOYENNE - 4

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

lisse vert

Paroi 4/4

Surface : 9.64 m2 Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinasion : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE

MITOYENNE - 4

lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Paroi 4/5

Surface : 14.44 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 4.72 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : 170 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Extérieur
 Composition : MUR EXT DE 30 cm Définie de Extérieur vers CHAMBRE

MITOYENNE - 4

lisse vert

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

Paroi 4/6

Surface : 9.64 m² Hauteur : 3.06 m Largeur : 3.15 m
 Pont thermique : Défaut Orientation : -100 ° Inclinaison : 90 °
 Exposition au vent : Normale En liaison avec : Paroi 1/5
 Composition : MUR INT DE 10 cm Définie de CHAMBRE MITOYENNE - 4

vers SEJOUR - 1

lisse blanc

Etat de surface interne : Couleur lisse blanc Etat de surface externe : Couleur

2) Synthèse des résultats

Simulation de la semaine n°1 à la semaine n°52

Zones	Besoins Ch KWh	Besoins Clim kWh	Puiss. Chauff W	Puiss. Clim W
SEJOUR+CHAMBRE	9384	3668	5313	4187
CHAMBRE MITOYEN	0	0	0	0
HALL	0	0	0	0
SDB+WC	0	0	0	0
CUISINE	0	0	0	0
Total	9384 kWh	3668 kWh		

Zones	T° Min (°C)	T° Moyenne (°C)	T° Max (°C)
SEJOUR+CHAMBRE	18.00 °C	21.75 °C	25.00 °C
CHAMBRE MITOYEN	6.91 °C	18.91 °C	31.71 °C
HALL	12.06 °C	20.12 °C	28.69 °C
SDB+WC	9.62 °C	19.46 °C	30.17 °C
CUISINE	7.27 °C	18.93 °C	31.54 °C

Température minimale (°C)

	Janv.	Févr.	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
Octo	Nove	Dece							
SEJOUR+CHAMBRE	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	20.42	23.95	24.17	20.02
18.00	18.00	18.00							
CHAMBRE MITOYEN	6.91	7.63	8.47	12.25	12.57	18.84	23.24	23.53	
18.30	13.48	8.80	7.73						
HALL		12.06	12.48	12.94	15.21	15.33	19.95	23.90	24.10
19.60	15.92	13.09	12.44						
SDB+WC		9.62	10.30	10.86	13.94	14.09	19.64	23.78	23.99
19.32	14.92	11.13	10.21						
CUISINE		7.27	7.87	8.74	12.56	12.85	18.95	23.25	23.62
18.58	13.83	9.10	7.98						
Extérieur		-1.50	-1.70	-0.70	2.30	4.90	11.50	14.40	15.80
11.00	5.60	0.70	-1.50						

Température moyenne (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
Octo	Nove	Dece							
SEJOUR+CHAMBRE	19.48	19.62	19.80	20.48	22.23	24.25	24.98	24.98	
24.14	21.36	19.91	18.95						
CHAMBRE MITOYEN	11.26	12.36	13.74	16.91	20.38	25.18	28.35	28.00	
24.51	19.14	14.61	11.49						
HALL		14.77	15.49	16.36	18.45	21.16	24.76	26.87	26.67
24.33	20.09	16.89	14.71						
SDB+WC		12.85	13.78	14.92	17.63	20.69	24.97	27.64	27.37
24.44	19.58	15.68	12.96						
CUISINE		11.33	12.44	13.81	16.94	20.40	25.15	28.28	27.93
24.46	19.15	14.66	11.58						
Extérieur		8.67	10.12	11.94	15.41	20.22	25.47	29.29	28.71
23.91	18.10	12.59	9.28						

Température maximale (°C)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
Octo	Nove	Dece							
SEJOUR+CHAMBRE	21.00	21.00	21.34	24.55	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
25.00	25.00	22.08	21.00						
CHAMBRE MITOYEN	16.78	16.82	18.67	23.24	27.38	30.85	31.71	31.71	
30.65	25.04	20.22	15.59						
HALL		18.08	18.36	19.43	23.27	26.17	28.20	28.69	28.68
28.09	24.74	20.63	17.60						
SDB+WC		16.87	17.24	18.69	22.93	26.57	29.43	30.17	30.14
29.32	24.58	20.15	16.16						
CUISINE		16.44	16.74	18.55	23.07	27.25	30.69	31.54	31.53
30.50	24.84	20.11	15.50						
Extérieur		20.80	21.70	25.80	28.70	33.70	38.80	39.70	39.30
37.30	30.40	26.50	21.30						

Besoins de chauffage (kWh)

	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
Octo									
Nove									
Dece									
SEJOUR+CHAMBRE	2070	1582	1396	690	270	2	0	0	0
5	329	1188	1822						
CHAMBRE MITOYEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HALL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SDB+WC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUISINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2070	1582	1396	690	270	2	0	0	0
5	329	1188	1822						

Besoins de rafraichissement (kwh)

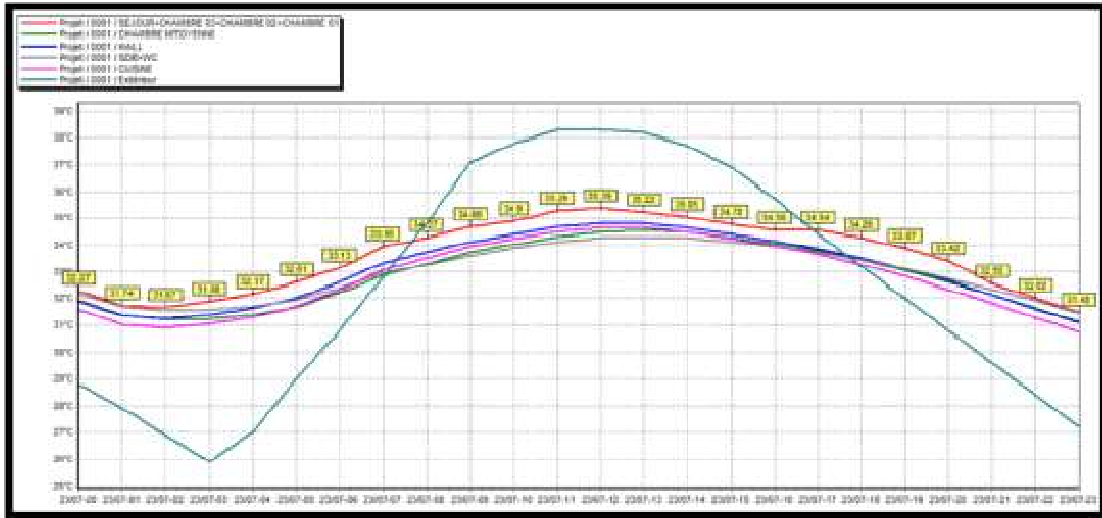
	Janv	Févr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
Octo									
Nove									
Dece									
SEJOUR+CHAMBRE	0	0	0	0	0	100	608	1337	1216
384	14	0	0	0	0	0	0	0	0
CHAMBRE MITOYEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HALL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SDB+WC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CUISINE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	100	608	1337	1216
384	14	0	0	0	0	0	0	0	0

3) Indices

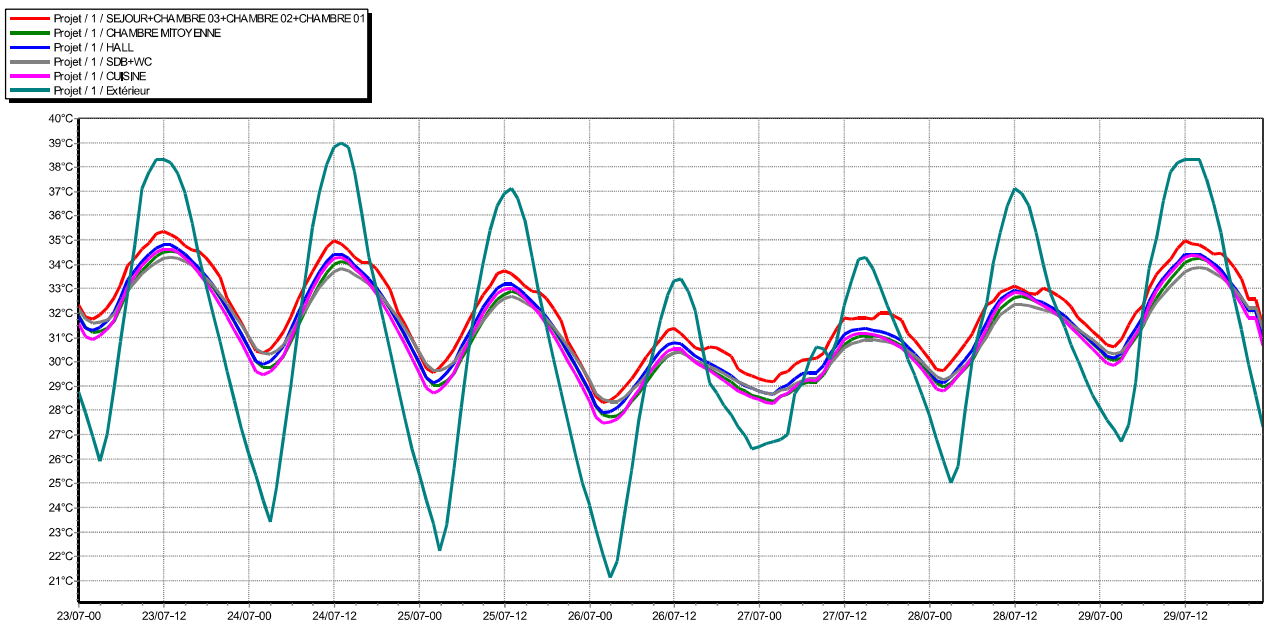
Zones	Besoins Chauff+Froid	Moyenne Surchauffe max	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de Besoins Nets
SEJOUR+CHAMBRE	0.00	45.89	32.25	21.45	0.00
CHAMBRE MITOYEN	0.00	41.50	30.53	0.00	0.00
HALL	0.00	42.07	31.57	0.00	0.00
SDB+WC	0.00	40.35	25.48	0.00	0.00
CUISINE	0.00	41.31	33.37	0.00	0.00

4) Graphiques

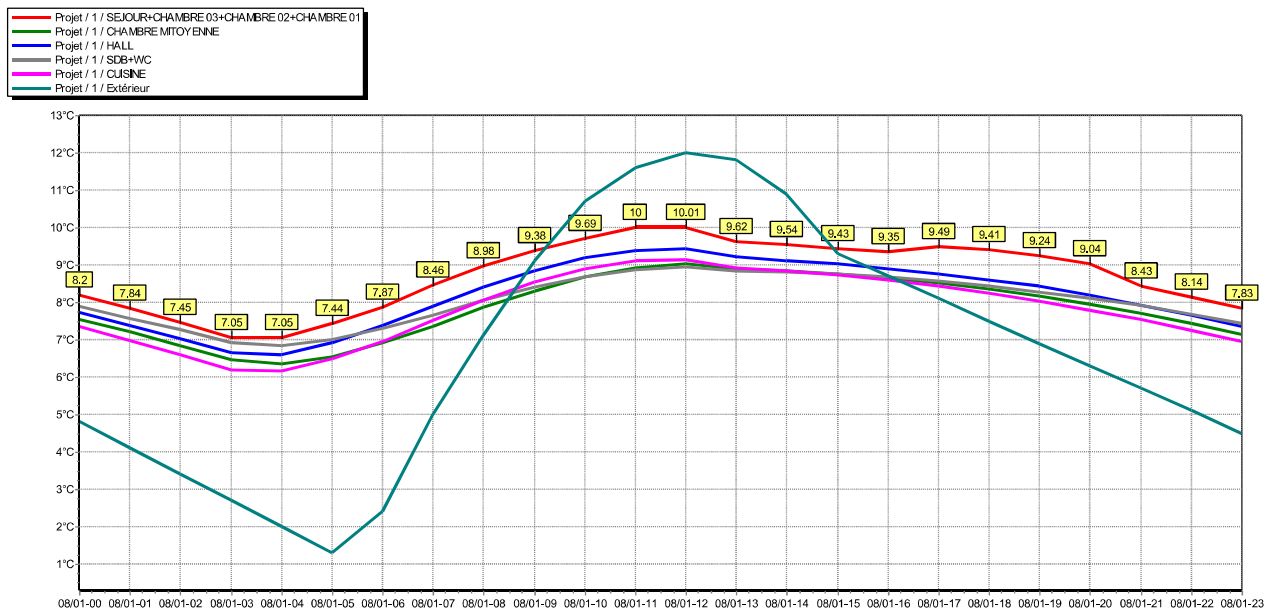
Température depuis Lundi 23 Juillet durant 1 jour



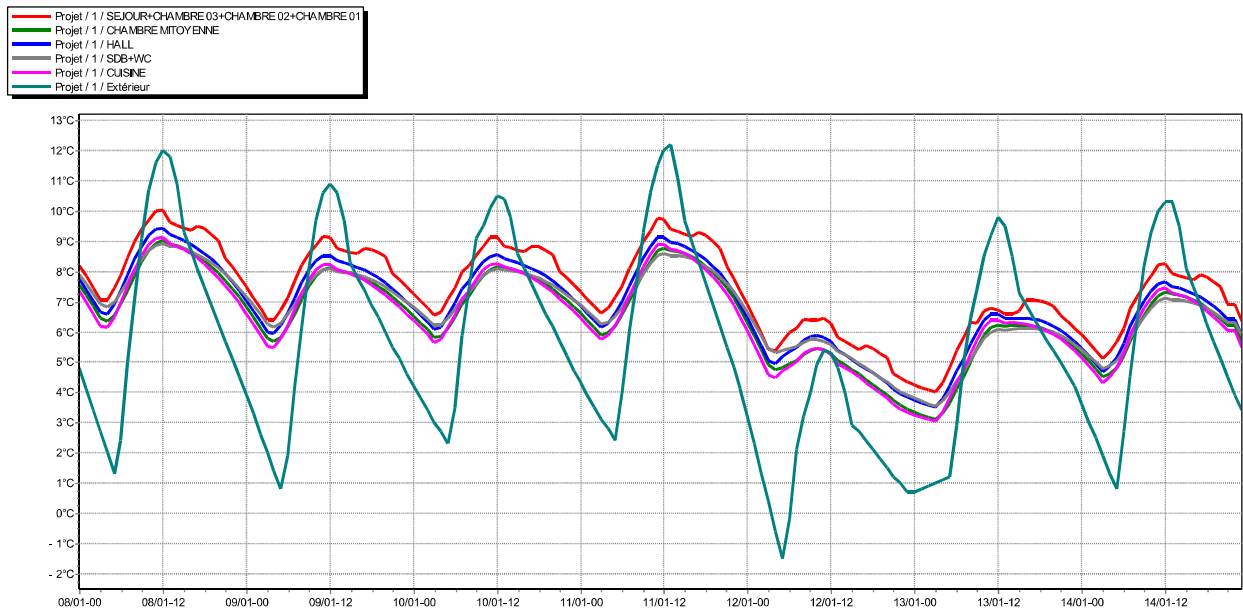
Température depuis Lundi 23 Juillet durant 7 jours



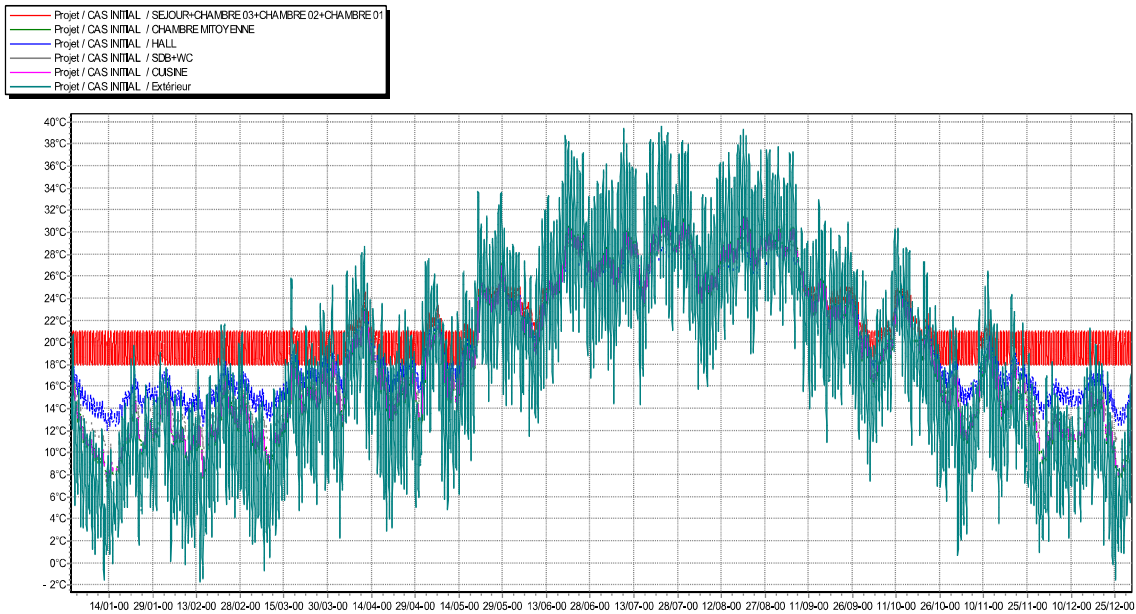
Température depuis Lundi 8 Janvier durant 1 jour



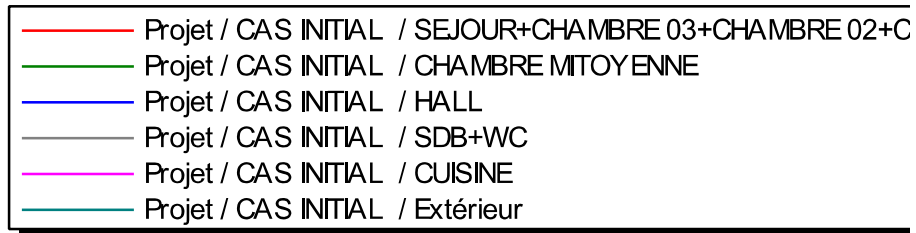
Température depuis Lundi 8 Janvier durant 7 jours



Température depuis Lundi 1 Janvier durant 364 jours



Température depuis Lundi 8 Janvier durant 1 jour



ANNEXE 02:

Rapport du logiciel PVsys :

Système isolé avec batteries: Paramètres de simulation

Projet : LAGHOUAT

Site géographique Laghouat2 Pays **Algeria**

Situation
 Temps défini comme Latitude 33.8°N Longitude 2.9°E
 Temps légal Fus. horaire TU+1 Altitude 765 m
 Albédo 0.20

Données météo: Laghouat2 MeteoNorm 7.1 - Synthétique

Variante de simulation : New simulation variant

Date de la simulation 24/02/16 à 00h07

Paramètres de simulation

Orientation plan capteurs Inclinaison 30° Azimut 0°

Modèles utilisés Transposition Perez Diffus Perez, Meteonorm

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV Si-poly Modèle **YL250P-29b**
Original PVsyst database Fabricant Yingli Solar
 Nombre de modules PV En série 1 modules En parallèle 2 chaînes
 Nombre total de modules PV Nbre modules 2 Puissance unitaire 250 Wc
 Puissance globale du champ Nominale (STC) **500 Wc** Aux cond. de fonct. 447 Wc (50°C)
 Caractéristiques de fonct. du champ (50°C) U mpp 27 V I mpp 17 A
 Surface totale Surface modules **3.2 m²** Surface cellule 2.9 m²

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (vent) 0.0 W/m²K / m/s
 Perte ohmique de câblage Rés. globale champ 27 mOhm Frac. pertes 1.5 % aux STC
 Perte diode série Chute de tension 0.7 V Frac. pertes 2.3 % aux STC
 LID - "light Induced degradation" Frac. pertes 1.3 %
 Perte de qualité module Frac. pertes -0.8 %
 Perte de "mismatch" modules Frac. pertes 1.0 % au MPP
 Effet d'incidence

0°	20°	40°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.00	1.00	1.00	0.96	0.88	0.80	0.67	0.43	0.00

Paramètres du système

Type de système **Système isolé avec batteries**

Batterie Modèle **Solar PV 8G22NF**
 Fabricant Deka
 Caractéristiques du banc de batteries Tension 24 V Capacité nominale 517 Ah
 Nombre d'unités 2 en série x 11 en parallèle
 Température Fixée (20°C)
Controller Modèle Universal controller with MPPT converter
 Technologie MPPT converter Coeff. de temp. -5.0 mV/°C/elem.
 Convertisseur Efficacité maxi et EURO 97.0/95.0 %
 Battery management control Treshold commands as SOC calculation
 Charge SOC = 0.90/0.75 i.e. approx. 31.0/25.1 V
 Décharge SOC = 0.20/0.45 i.e. approx. 22.5/24.4 V

Besoins de l'utilisateur : Consomm. domestique moyenne Constants sur l'année
 2.6 kWh/Jour

Système isolé avec batteries: Besoins de l'utilisateur

Projet : LAGHOUAT

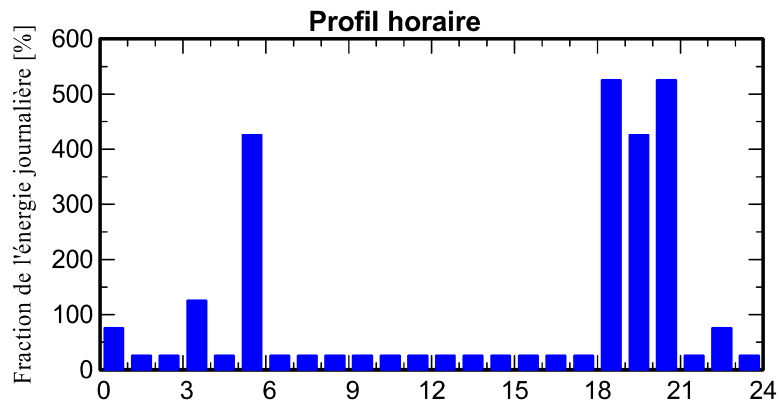
Variante de simulation : New simulation variant

Principaux paramètres système	Type de système	Isolé avec batteries		
Orientation plan capteurs	inclinaison	30°	azimut	0°
Modules PV	Modèle	YL250P-29b	Pnom	250 Wc
Champ PV	Nombre de modules	2	Pnom total	500 Wc
Batterie	Modèle	Solar PV 8G22NF	Technologie	cellée, Gel
batteries	Nombre d'unités	22	Tension / Capacité	24 V / 517 Ah
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année		global 958 kWh/an

Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 2.6 kWh/jr

Valeurs annuelles

	Nombre	Puissance	Utilisation	Energie
Lamps (LED or fluo)	10	40 W/lampe	4 h/jour	1600 Wh/jour
TV / PC / Mobile	1	100 W/app	4 h/jour	400 Wh/jour
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/jour	600 Wh/jour
Stand-by consumers			24 h/jour	24 Wh/jour
Energie journalière totale				2624 Wh/jour



Système isolé avec batteries: Résultats principaux

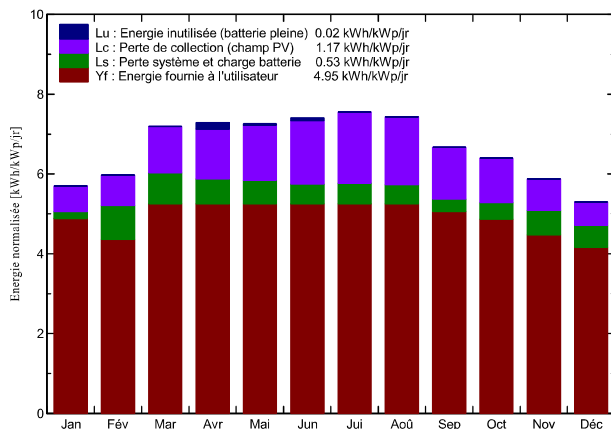
Projet : LAGHOUAT

Variante de simulation : New simulation variant

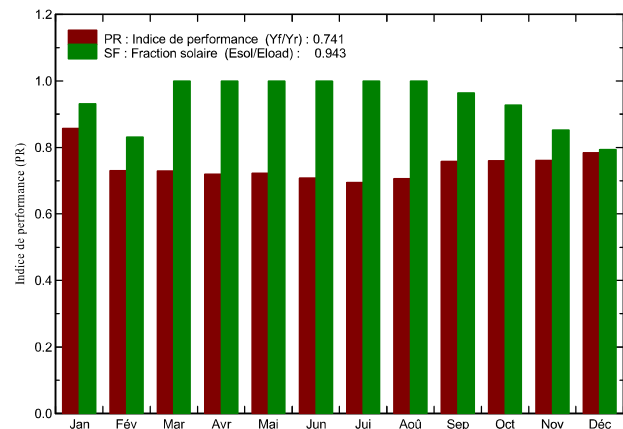
Principaux paramètres système	Type de système	Isolé avec batteries		
Orientation plan capteurs	inclinaison	30°	azimut	0°
Modules PV	Modèle	YL250P-29b	Pnom	250 Wc
Champ PV	Nombre de modules	2	Pnom total	500 Wc
Batterie	Modèle	Solar PV 8G22NF	Technologie	cellée, Gel
batteries	Nombre d'unités	22	Tension / Capacité	24 V / 517 Ah
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année		global 958 kWh/an

Principaux résultats de la simulation				
Production du système	Energie disponible	963.6 kWh/an	Productible	1927 kWh/kWc/an
	Energie utilisée	902.7 kWh/an	En excès (inutilisée)	4.2 kWh/an
	Indice de performance (PR)	74.1 %	Fraction solaire (SF)	94.3 %
Besoins non satisfaits	Fraction du temps	6.4 %	Energie manquante	55.1 kWh/an

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 500 Wc



Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF)



New simulation variant Bilans et résultats principaux

	GlobHor	GlobEff	E Avail	EUnused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Janvier	109.6	173.8	75.30	0.000	5.56	75.78	81.34	0.932
Février	120.2	164.3	70.07	0.000	12.38	61.09	73.47	0.831
Mars	183.4	218.9	89.56	0.005	0.00	81.34	81.34	1.000
Avril	206.6	213.2	86.95	2.435	0.00	78.72	78.72	1.000
Mai	236.4	218.9	87.32	0.565	0.00	81.34	81.34	1.000
Juin	244.6	216.2	83.72	1.170	0.00	78.72	78.72	1.000
Juillet	250.5	228.2	85.73	0.000	0.00	81.34	81.34	1.000
Août	225.2	224.9	85.25	0.005	0.00	81.34	81.34	1.000
Septembre	174.8	195.5	77.34	0.003	2.79	75.93	78.72	0.965
Octobre	147.9	194.9	78.65	0.000	5.88	75.46	81.34	0.928
Novembre	114.1	173.6	73.44	0.002	11.63	67.09	78.72	0.852
Décembre	98.2	161.8	70.32	0.000	16.82	64.52	81.34	0.793
Année	2111.4	2384.3	963.64	4.184	55.07	902.69	957.76	0.943

Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale E Miss Energie manquante
 GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages E User Energie fournie à l'utilisateur
 E Avail Energie solaire disponible E Load Besoin d'énergie de l'utilisateur
 EUnused Energie inutilisée (batterie chargée) SolFrac Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

Système isolé avec batteries: Diagramme des pertes

Projet : LAGHOUAT

Variante de simulation : New simulation variant

Principaux paramètres système	Type de système	Isolé avec batteries		
Orientation plan capteurs	inclinaison	30°	azimut	0°
Modules PV	Modèle	YL250P-29b	Pnom	250 Wc
Champ PV	Nombre de modules	2	Pnom total	500 Wc
Batterie	Modèle	Solar PV 8G22NF	Technologie	cellée, Gel
batteries	Nombre d'unités	22	Tension / Capacité	24 V / 517 Ah
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	global	958 kWh/an

Diagramme des pertes sur l'année entière

