

MEMOIRE DE MASTER2

OPTION « ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE »

THEME:

Vérification de l'impact de l'isolation dans les performances énergétiques d'un logement HPE
"Cas des 80 logements de Ain Romana à Blida"

Réalisé par : **Mme. SAKKI HENIA**

Sous la direction de : **Mme. HADJ ARAB JAMILA** maître assistante Classe A, université Blida 1
Mme. MAACHI NADJI ISMAHEN maître assistante Classe A, université Blida

Jury : **Mr.**
Mr.

SOUTENU LE 21 JUIN 2016

RESUME

Le secteur résidentiel et tertiaire présente 34% de la consommation finale en ALGERIE, pour limiter et réduire ce taux, les paramètres de construction bioclimatique doivent être prise en compte dans la construction, d'autant plus que cette dernière décennie nous assistons en ALGERIE à une réalisation intense de bâtiments à usage d'habitat, qui ne sont soumis à aucune exigence réglementaire sur le plan thermique et énergétique. Les paramètres de conception sont d'abord d'ordre fonctionnel et architectural et la dimension de l'efficacité énergétique n'est pas considérée, ce qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores.

La conception et la réalisation de logements énergétiquement efficace s'impose donc comme une nécessité à la maîtrise des consommations énergétiques.

L'isolation a un rôle prépondérant dans la réduction des consommations en énergie, Ce travail est une contribution qui vise à démontrer son impact sur les performances énergétiques d'un logement HPE (haute performance énergétique) de AIN ROMNA.BLIDA

Mots clefs: *Isolation, Haute Performance Energétique (HPE), Efficacité Energétique , habitat.*

ABSTRACT

The residential and tertiary sector provides 34% of final consumption in Algeria, to limit and reduce this rate, bioclimatic construction parameters must be taken into account in the construction, especially since the last decade we have witnessed in Algeria to intense construction of buildings to housing use, which are not subject to any regulatory requirement on the thermal and energy plan. Design parameters are primarily functional and architectural order and dimension of energy efficiency is not considered leading to non comfortable and energy efficient buildings.

The design and implementation of energy efficient housing is therefore required as to require the mastery of energy consumption.

The insulation has a major role in reducing energy consumption, this work is a contribution that aims to demonstrate its impact on the energy performance of a housing HPE (high energy performance) of AIN ROMANA.BLIDA

Keywords: *Insulation, High Energy Performance (HPE), Efficiency*

REMERCIEMENTS

سيدنا

الصالحين. الله العالمين بنعمته
الأنبيا المرسلين اله صحبه أجمعين.

Je remercie dieu pour son aide dans l'accomplissement de ce travail, qui n'aurait certainement pas vu le jour sans l'encadrement de Mme HADJ ARAB JAMILA. Je la remercie d'avoir accepté de me suivre dans cette aventure et d'avoir cheminer comme elle l'a fait à mes cotés , mêlant confiance et exigence, dans une bienveillance qui m'a permis de surmonter les moments difficiles.

Je remercie également Mme MAACHI NADJI ISMAHAN pour sa disponibilité qu'il m'est impossible de transcrire en quelques lignes, à quel point son accompagnement m'a été précieux tant sur le plan scientifique qu'humain.

Je me tourne aussi évidemment vers Mme OUKACI SOUMIA qui m'a accompagnée dans les simulations avec le logiciel thermique, et Melle BOUNAIRA ASSIA pour ses précieux conseils et échanges.

Je tiens à remercier également ;

- Mr BENGUERGOURA LOTFI pour l'installation des logiciels
- Mr CHEIKH SAMIR
- Mme KAISS de l'OPGI de BLIDA
- Mr BOURAHLA chef de projet (HPE AIN ROMANA) au niveau de l'OPGI de BLIDA.
- Melle TALAOUBRID WASSILA chef de projet ECOBAT au niveau de l'APRUE .
- Mr SEMMAR du MASTER efficacité énergétique pour ses orientations.
- Mme BENKAHOUL LILA du MASTER architecture bioclimatique pour ses conseils.

Je remercie les membres de jury de bien vouloir évaluer mon travail.

Je remercie avec beaucoup d'affection mes parents pour leur soutien ,ainsi que mon frère AMINE et ma sœur LADMIA. Sans oublier mon beau-frère Abdelhakim, sa femme RATIBA ainsi que ma belle-sœur WAHIBA et son mari Abdellatif.

Mes remerciements les plus tendres vont à YACINE, OUSSAMA et AICHA : MERCI d'avoir accepté avec une telle compréhension que maman travaille ...autant. MERCI d'avoir transformé le changement de vie que tout cela sous entendait en un élan de partage et de construction commune. MERCI pour toutes ces joies apportées et qui m'ont permis d'avancer.

Enfin le registre des remerciements n'est certainement pas le bon, mais à ce niveau les mots me manquent,.. MERCI à SID AHMED, POUR TOUT : LE TEMPS ,LA DISPONIBILITE LE SOUTIEN, ET LE RESTE!

SOMMAIRE

1. Introduction générale.....	9
2. Cadre de la recherche.....	10
3. Problématique générale.....	11
4. Hypothèses de la recherche.....	11
5. Objectifs de la recherche.....	11
6. Approche méthodologique de la recherche.....	11
7. Structuration du mémoire.....	12
CHAPITRE I Etat des connaissances Performances énergétiques et isolation des bâtiments..	13
Introduction.....	14
I.1. La consommation énergétique en Algérie :	14
I.1.1. Par type d'énergie	15
• Produits pétroliers.....	15
• Gaz naturel	15
• Electricité.....	15
I.1.2. Par secteur d'activités	16
• Le secteur industriel	16
• Le secteur de transport	16
• Le secteur ménages et autres :	16
I.2. Stratégie nationale de la maîtrise d'énergie	17
I.3. Objectifs de la politique de maîtrise de l'énergie :	17
I.4. Programme Eco-Bât.....	19
I.5. Définition de l'Efficacité énergétique.....	20
I.6. Labels de performance énergétique	21
I.6.1. MINERGIE (Suisse) :	21
I.6.2. Labels français :	22
I.7. Principes de l'architecture bioclimatique :.....	23
I.7.1. Confort thermique.....	24
I.7.2. Notion de chaleur et de température :	25
I.7.3. Propriétés des éléments de la construction :	26
I.7.4. Caractéristiques des enveloppes des bâtiments.....	27
I.8. La réglementation thermique Algérienne	28
I.8.1. Définition de l'isolation	28
I.8.2. Définition des ponts thermiques.....	29

1.8.3.	Les types d'isolants.....	29
1.8.4.	La fonction des isolants	30
1.8.5.	Performances des isolants.....	30
1.8.6.	Mode de pose de l'isolation	31
	• L'isolation des murs par l'extérieur.....	31
	• L'isolation des murs par l'intérieur.....	34
	• L'isolation des murs par remplissage de la lame d'air.....	35
	CONCLUSION :	36
CHAPITRE II Présentation du cas d'étude et la méthodologie		37
II.	Introduction.....	38
II.1.	Présentation du site:	38
II.2.	Présentation du logement cas d'étude:	40
	II.2.1. Distribution intérieure.....	41
	II.2.2. Composition des parois	41
II.3.	Méthode de la recherche	42
	II.3.1. Calcul du bilan thermique	43
II.4.	Simulation thermique dynamique.....	46
	II.4.1. Présentation des logiciels :PLEIADES + COMFIE (version 2.3).....	46
	• Scenario de puissance dissipée;	54
	• Scenario d'occultation:.....	55
	• Scenario de ventilation:.....	56
	• Scenario de consigne de thermostat:.....	56
Conclusion		57
CHAPITRE III INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSIONS DES RESULTATS.....		58
III.	Introduction.....	58
III.1.	Étapes de la simulation	59
III.2.	Simulation du cas d'étude avec l'isolation des quatre parois	59
	• Evolution des besoins en chauffage :	59
	• Evolution des températures (sans la consigne de thermostat):	60
	• Evolution des températures (avec la consigne de thermostat):	60
III.3.	Synthèse chauffage et climatisation :	61
III.4.	Simulation du logement cas d'étude sans isolation	63
	III.4.1. Evolution des besoins en chauffage:	63
	III.4.2. Evolution des températures :	63

III.4.3.	Synthèse chauffage et climatisation:	64
III.4.4.	Comparateur des besoins en chauffage (séjour):	66
III.4.5.	Comparateur des besoins en chauffage:	67
III.5.	Hypothèse opérationnelle :	67
III.6.	Simulation du logement cas d'étude avec isolation au nord:	68
III.6.1.	Evolution des besoins en chauffage:	68
III.6.2.	Evolution des températures :	68
III.6.3.	Synthèse de chauffage et climatisation :	69
III.6.4.	Comparateur des besoins en chauffage et climatisation:	70
III.7.	Synthèse	71
III.7.1.	Comparateur des besoins de chauffage des 3 simulations:	71
III.7.2.	Comparateur de moyenne de surchauffe :	71
III.7.3.	Comparateur des besoins de climatisation des 3 simulations :	72
III.7.4.	Synthèse des besoins en chauffage et climatisation des 3 simulations	72
III.8.	Hypothèse opérationnelle:	73
III.9.	Simulation du logement cas d'étude avec intégration de la ventilation par échangeur air sol: 73	
III.9.1.	Critères de choix:	73
III.9.2.	La géothermie:	73
III.9.3.	Principes de l'échangeur air sol:	74
III.9.4.	Intégration de l'échangeur dans l'habitat collectif	75
III.9.5.	Dimensionnement de l'échangeur air sol:	75
•	Présentation du logiciel	75
III.10.	Synthèse	77
III.11.	Conclusion:	78
III.12.	Synthèse générale	79
III.13.	Synthèse des références énergétiques	79
CONCLUSION GENERALE		80
Bibliographie		82

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Bilan des émissions de GES par secteur, an 2012 (MEM, 2014).....	15
Figure 2 Répartition de la consommation du secteur tertiaire par types d'énergie (MEM, 2014)	16
Figure 3 Consommation finale par secteur d'activité (APRUE, 2009)	16
Figure 4 Schéma d'institutions de maîtrise d'énergie (Aprue, 2009)	18
Figure 5 La priorité dans le choix des investissements d'efficacité Energétique. Source (RUELLE, F.,)	20
Figure 6 Exigences des standards MINERGIE. Source (MINERGIE, 2012).....	21
Figure 7 Comparaison entre les indices de performance énergétique en kWh/m2.an(Source : Plate-forme Maison Passive, 2010).....	23
Figure 8 Illustration de quelques principes d'architecture bioclimatique(Implantation et organisation spatiale . SOURCE (Liebard & Herde)	24
Figure 9 Confort d'été et d'hiver (source: maison passive 2010)	25
Figure 10 Transfert de chaleur (source: propriétés des matériaux).....	26
Figure 11 Principe de l'isolation(source: proprietes des materiaux)	28
Figure 12 Situation des ponts thermiques (Source : www.effinergie.org).....	29
Figure 13 Exemples de matériaux d'isolation (source GIZ 2012).....	30
Figure 14 caractéristiques des isolants (source : propriétés des matériaux).....	31
Figure 15 Différents types de mode de pose (isolation écologique 2010)	32
Figure 16 techniques de réalisation de l'isolation par l'extérieur (SOURCE : neufert).....	33
Figure 17 Isolation de l'intérieur. SOURCE: neufert	35
Figure 18 l'isolation par remplissage de la lame d'air(source neufert).....	35
Figure 19 Données climatiques de la ville de Blida.....	39
Figure 20 Situation de Ain Romana	39
Figure 21 Plan de masse du projet de logements HPE de Ain Romana.....	40
Figure 22 Photos du projet de logements HPE de Ain Romana (SOURCE: auteur).....	40
Figure 23 Plan du logement cas d'étude	40
Figure 24 COUPE	41
Figure 25 Détails constructifs	42
Figure 26 Position de l'isolant(polystyrène épaisseur 5 cm)	42
Figure 27 Schématisation de la méthode de la recherche (SOURCE: auteur).....	43
Figure 28 résultats des calculs du bilan thermique(source auteur)	46
Figure 29 Fichier météorologique (SOURCE : auteur)	47
Figure 30 identification de la station(source :auteur).....	47
Figure 31 composition des murs extérieurs (source auteur)	48
Figure 32composition des planchers bas(source auteur).....	48
Figure 33 composition des planchers hauts(source auteur)	49
Figure 34 menuiseries et ouvrants (source auteur).....	49
Figure 35 composants constructifs sous ALCYONE(source auteur).....	50

Figure 36 Plan du logement cas d'étude sous ALCYONE (SOURCE: auteur)	50
Figure 37 Modélisation 3D du logement cas d'étude sous ALCYONE (SOURCE: auteur) ..	51
Figure 38: scenario d'occupation des chambres et séjour (source auteur)	52
Figure 39: scenario d'occupation de la cuisine (source auteur).....	52
Figure 40: scenario d'occupation du hall (source auteur).....	53
Figure 41: scenario d'occupation de la salle d'eau (source auteur)	53
Figure 43: scenario de puissance dissipée de la cuisine (source auteur).....	54
Figure 42: scenario de puissance dissipée du séjour et des chambres (source auteur)	54
Figure 45: scenario d'occultation des volets (source auteur).....	55
Figure 44 :scenario de puissance dissipée du hall (source auteur).....	55
Figure 46: scenario de ventilation (source auteur)	56
Figure 47 :scenario de consigne de thermostat (source auteur)	56
Figure 48 :évolution des besoins en chauffage (source auteur)	59
Figure 49: évolution des températures dans le logement isole des 4 parois (source auteur) ..	60
Figure 50: évolution des températures dans le logement isole des 4 parois avec consigne de thermostat (source auteur)	61
Figure 51: synthèse des besoins en chauffage (source auteur).....	61
Figure 52: synthèse des besoins en climatisation (source auteur).....	62
Figure 53 :évolution des besoins en chauffage (source auteur)	63
Figure 54 :évolution des températures (source auteur)	64
Figure 55: synthèse de chauffage (source auteur)	64
Figure 56: synthèse de climatisation (source auteur)	65
Figure 57 :comparateur des besoins en chauffage du séjour (source auteur).....	66
Figure 58 :comparateur des besoins en chauffage du logement cas d'étude (source auteur) ...	67
Figure 59: évolution des besoins en chauffage (source auteur)	68
Figure 60 : évolution des températures (source auteur)	68
Figure 61: synthèse de chauffage et climatisation (source auteur)	69
Figure 62: comparateur des besoins en chauffage (source auteur)	70
Figure 63: comparateur des besoins en climatisation (source auteur).....	70
Figure 64: comparateur des besoins en chauffage des 3 simulations (source auteur).....	71
Figure 65: comparateur de moyenne de surchauffe (source auteur)	71
Figure 66: comparateur des besoins de climatisation des 3 simulations (source auteur).....	72
Figure 67: synthèse des besoins en chauffage et climatisation des 3 simulations (source auteur).....	72
Figure 68: puits canadiens.....	74
Figure 69 : puits provençal.....	75
Figure 70: intégration de l'échangeur air sol dans l'habitat collectif (source cahier des charges AIN ROMANA).....	75
Figure 71: processus d'application du logiciel (source auteur)	76
Figure 72: processus d'application du logiciel (source auteur)	77
Figure 73 :synthèse de l'apport de l'échangeur (source auteur).....	77
Figure 74 : synthèse générale (source auteur)	79
Figure 75: synthèse référentiel énergétique (source auteur)	79

LISTE DES ACRONYMES

ADEME: agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

APRUE: agence pour la promotion de la rationalisation de l'utilisation de l'énergie

BBC: bâtiment à basse consommation

CIME: comité sectoriel de maîtrise de l'énergie

FNME: fond national de maîtrise d'énergie

GES: gaz à effet de serre

HPE: haute performance énergétique

MEM: ministère des énergies et des mines

OPGI: office publique de gestion immobilière

PNME: programme national de maîtrise d'énergie

THPE: très haute performance énergétique

1. Introduction générale

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs les plus dynamiques dans les pays émergents, résultat d'un rythme élevé de croissance de la population et d'urbanisation. La région méditerranéenne ne fait pas exception. La croissance de sa population est spectaculaire, passant de 285 millions d'habitants en 1970 à 465 millions en 2006. Cette augmentation est d'autant plus importante dans les pays du Sud de la méditerranée, où le rythme de croissance démographique est cinq fois plus élevé que dans les pays du Nord." *Dans la zone Sud, l'urbanisation s'est considérablement accélérée : d'ici à 2025, on estime en effet que les villes des PSM¹ devraient accueillir environ 100 millions d'habitants supplémentaires par rapport à 2000, dont une trentaine de millions sur les régions côtières*". (Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie 2010). Par conséquent, la demande de logements augmente considérablement et fait de la construction l'un des principaux moteurs de la croissance de ces pays.

Cependant, le scénario s'obscurcit lorsque l'on apprend que l'habitat représente 40% de l'énergie consommée dans les PSM. De plus, l'habitat traditionnel caractérisé par sa grande efficacité énergétique, a peu à peu été substitué par de l'habitat certes « moderne », mais dont la performance énergétique s'est avérée très mauvaise, puisque les professionnels ont construit en ignorant les conditions climatiques et le niveau de performance thermique requis.

Des objectifs en matière d'efficacité énergétique des bâtiments ont donc été annoncés, notamment à travers un ensemble de congrès et de réunions à l'échelle planétaire sur l'environnement et visent à réduire de 20% la consommation énergétique des bâtiments d'ici 2020 (BRUNDLAND GH 1988). Cette situation est inédite car les défis à relever le sont tout autant : il ne s'agit plus seulement de construire des bâtiments sobres en énergie mais bien d'agir sur le parc existant. Plusieurs solutions sont donc avancées pour répondre à ces préoccupations : la réduction des consommations énergétiques, le recours à des énergies propres, renouvelables et locales, l'amélioration du rendement des équipements énergétiques (chauffage, éclairage et climatisation, ...) et l'amélioration des performances de l'enveloppe des bâtiments.

Actuellement cette voie est principalement prise en charge par les paramètres de l'architecture bioclimatique.

¹ PSM: PAYS DU SUD DE LA MEDITERRANEE

2. Cadre de la recherche

L'habitat contemporain algérien ne répond pas aux exigences de confort thermique, ce constat est renforcé par la non prise en charge des le départ de plusieurs paramètres à savoir une conception architecturale qui s'adapte au climat . Pour faire face à la crise croissante du logement, on a dû trouver des solutions rapides et pas très coûteuses. Des modèles étrangers se sont généralisés sur tout le territoire algérien, inappropriés, au contexte climatique, social et culturel du pays .

Cette expérience est continue avec le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements. Ce programme pose la question d'intégration climatique. le même plan de masse de l'habitat collectif qui se répète à travers les cités algériennes, impliquant une consommation énergétique importante, due au recours aux équipements actifs énergivores. *"Cette consommation est apparue clairement au niveau du bilan énergétique national de l'année 2005. Elle qui montre que le secteur résidentiel et tertiaire consomme 34% de la consommation finale, le secteur résidentiel et tertiaire a connu une augmentation de 6.4 % passant de 12.011 millions de TEP² en 2004 à 12.776 millions de TEP en 2005. Cette énergie est utilisée pour différentes applications comme le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, la climatisation, l'éclairage et tous les équipements utilisant de l'électricité".* (Ministère des énergies et des mines: MEM 2014).

Cette situation exprime, que le domaine du bâtiment présente un véritable potentiel d'amélioration à la fois dans le domaine énergétique et environnemental car :

- Il constitue un gisement d'économie d'énergie important.
- Il évite de s'exposer aux différents problèmes (accès aux ressources, émissions de gaz à effet de serre, changement climatique).

Dans le présent constat, l'Algérie ne fait pas exception à la situation mondiale du point de vue consommation énergétique ,elle est signataire des protocoles pour la préservation des ressources ainsi que la réduction des GES³; et met en œuvre, dans le cadre du PNME2007-2011 (programme national de maîtrise de l'énergie), plusieurs programmes de maîtrise d'énergie (Eco lumière, prop air, top industrie, et al sol) dont un programme de réalisation de logements à haute performance énergétique (*HPE*), dénommé **ECO-BAT**. Ce programme est considéré comme une **opération pilote**, qui présente une opportunité de diffusion à l'échelle nationale des pratiques conceptuelles soucieuses en amont de la maîtrise des consommations d'énergie. Dans ce sens, une convention a été signée le 14 mai 2009 entre l'APRUE(agence pour la promotion de la rationalisation de l'énergie) et 11 OPGI(office publique de gestion immobilière) au siège du ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, définissant les conditions et les modalités d'intégration des mesures d'efficacité au niveau des 600 logements pilotes répartis sur onze wilayas (départements):Laghouat, Béchar, Blida, Tamanrasset, Alger (Hussein Dey), Djelfa, Sétif, Skikda, Mostaganem, Oran et El Oued. *"La réalisation de logements à haute performance énergétique permettra, selon le ministre de l'Habitat, de réduire la consommation d'énergie Des ménages de près de 40%"*(MEM).⁴

² TEP:TONNE EQUIVALENT DE PETROLE

³ GES: GAZ A EFFET DE SERRE

⁴ MEM:MINISTERE DES ENERGIES ET DES MINES

3. Problématique générale

La performance énergétique du bâtiment ne peut être assurée que par la considération des paramètres de la conception bioclimatique, et l'optimisation de l'isolation thermique. Dans ce cadre, et par le biais de cette recherche nous contribuons à une vérification de l'impact de l'isolation sur les performances énergétiques du bâtiment, et cela sur un logement des 80 logements HPE de Ain Romana à Blida.

Notre travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur l'impact de l'isolation (des parois) sur les performances énergétiques dans le bâtiment, et à travers laquelle nous essayerons de répondre aux préoccupations suivantes :

1-De quelle manière intervient l'isolation thermique dans l'amélioration des performances énergétiques de l'habitat ?

2_Quelle stratégie d'isolation est à préconiser ?

3-L'isolation thermique est-elle suffisante à elle seule pour garantir le confort dans les bâtiments été comme hiver?

4. Hypothèses de la recherche

- L'isolation a un impact sur les performances énergétiques des parois des bâtiments, en hiver.
- L'isolation a un impact différent sur les performances énergétiques des bâtiments été et hiver.
- L'isolation à elle seule ne peut garantir le confort des bâtiments en été.

5. Objectifs de la recherche

Notre objectif consiste à la vérification de l'impact de l'isolation thermique d'un bâtiment d'habitat collectif HPE situé à Ain Romana à Blida, par le bilan thermique (statique et dynamique) en fonction des conditions climatiques, et des caractéristiques des parois des bâtiments.

6. Approche méthodologique de la recherche

Notre recherche de vérification de l'impact de l'isolation se fera par :

- Le bilan thermique statique.
- La STD (la simulation thermique dynamique)
- L'évaluation par le référentiel énergétique

7. Structuration du mémoire

Dans le but de répondre à l'objectif assigné au préalable, l'étude concerne une partie introductive et trois chapitres.

Le Chapitre introductif étalera les préoccupations mondiales, face aux enjeux énergétiques ainsi que notre problématique générale. le premier chapitre est l'état de connaissances de notre recherche ou nous détaillerons le volet des bâtiments HPE (haute performance énergétique) en Algérie et les différentes notions et procédés de l'isolation ; thème de la vérification de notre recherche.

Le deuxième chapitre explorera notre cas d'étude, par la vérification du bilan thermique statique, la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel PLEAIDES ainsi que l'évaluation par le référentiel énergétique. Par la suite le troisième chapitre qui révélera les discussions et interprétations des résultats obtenus.

Partie introductive	introduction,problematique,hypotheses, objectifs , structuration du mémoire et sa méthodologie.
Chapitre I Performances énergétiques et isolation des bâtiments	performances énergétiques des bâtiments et isolation.
Chapitre II Présentation du cas d'étude et la méthodologie	présentation du cas d'étude et la méthodologie préconisée pour la recherche.
Chapitre III Résultats et interprétations	interprétations et discussions des résultats

CHAPITRE I **Etat des connaissances**
Performances énergétiques et isolation des bâtiments

Introduction

En quatre décennies d'indépendance, le Paysage urbain et architectural des agglomérations algériennes a connu un changement sans précédent ; Aucune ville, aucun village n'a échappé au modèle constructif de l'habitat collectif.

Ce phénomène est caractérisé par une forte demande, où la quantité a pris le dessus sur la qualité." *Ce type d'habitat collectif provoque entre autres le problème d'intégration climatique qui implique une consommation considérable d'énergie. Le souci de construire rapidement et en grande quantité a favorisé ce type d'habitat* "(Moudjari 2013), en plus très peu de tentative réfléchie pour adapter ce genre de construction aux conditions climatiques des régions; où la même organisation et le même plan de masse se trouve répété à travers les cités Algériennes. Ce type d'habitat collectif est caractérisé par :

- L'éclatement des tissus urbains, qui augmente ainsi les surfaces de contact avec l'extérieur(problème de déperditions en hiver et de surchauffe en été).
- La forme dispersée, exposant ses baies aux conditions climatiques ,alors qu'elles peuvent être modérées par la création de microclimats agréables .
- Une orientation arbitraire des bâtiments .
- Le type de construction extraverti permet à l'espace de s'ouvrir sur l'extérieur par de Larges fenêtres qui seront protégées uniquement par des persiennes en bois ou des stores, Cette protection serait plus efficace si elle était dotée d'éléments d'ombrage.
- Le même types (et dimensions) d'ouvertures à l'est ,à l'ouest, au sud ,et au nord sans réflexion sur les protections solaires.
- L'usage des matériaux non adaptés aux exigences climatiques, tel que les parois minces en béton et les parois en bloc de ciment...
- Les transformations réalisées par les propriétaires qui accentuent le problème de déperditions thermiques (balcon et terrasse).

Et pour assurer le bien-être et son confort thermique , l'utilisateur aura recours aux appareils mécaniques de chauffage et de climatisation qui aboutissent à des consommations énergétiques exagérées (constatées dans les factures d'électricité et de gaz des citoyens de l'habitat collectif) et dans les différents bilans énergétiques faits par le ministère des énergies et des mines (MEM).

I.1. La consommation énergétique en Algérie :

« La consommation énergétique finale en Algérie a enregistré un taux de croissance moyen annuel de l'ordre de 5.68% entre 2000 et 2005 ce taux de croissance a triplé entre 2007 et

2012 pour atteindre 17.23% ; du 17 million de TEP en 2007 à 31.65 million de TEP en 2012 » [MEM, 2014] .

La forte demande de consommation énergétique en Algérie est due principalement à l'augmentation du niveau de vie de la population et du confort qui en découle, ainsi qu'à la croissance des activités industrielles.

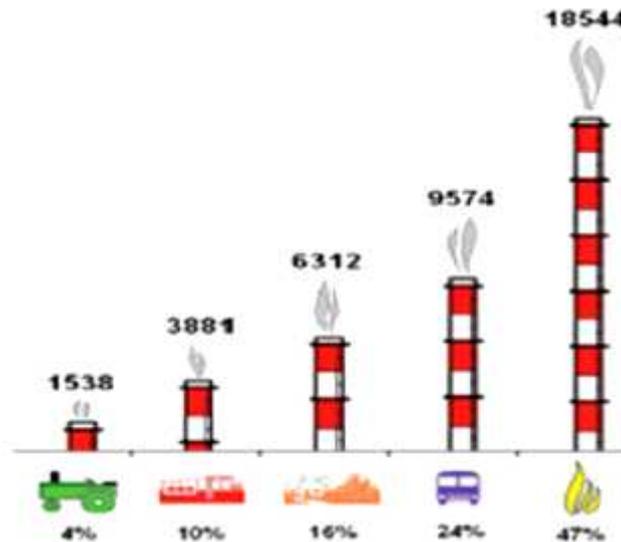


Figure 1 Bilan des émissions de GES par secteur, an 2012 (MEM, 2014)

I.1.1. Par type d'énergie

La consommation finale par type d'énergie est répartie comme suit (MEM, 2011)

- **Produits pétroliers**

La consommation finale de ce produit a augmenté de 7.9 million de TEP en 2005 à 12.3 Millions de TEP en 2010. Ce produit est utilisé dans des usages multiples et différents et presque dans tous les secteurs d'activités (la production de chaleur pour l'industrie, le chauffage pour les ménages, le tertiaire et le transport...).

- **Gaz naturel**

La consommation finale du gaz naturel a connu un taux de croissance annuel moyen (TCAM) de 6.14% entre 2000 et 2005, ce TCAM est élevé jusqu'à 12.42% entre 2005 et 2010 ce qui est exprimé par l'augmentation de 4.9 million de TEP en 2005 à 8 million de TEP en 2010.

- **Electricité**

La consommation finale d'électricité a augmenté de 2.1 million de TEP en 2005 à 8.6 millions de TEP en 2010. La consommation de l'électricité en Algérie a été en forte progression, notamment dans le secteur résidentiel, à cause de la croissance démographique élevée, l'amélioration du niveau de vie, et le phénomène de l'urbanisation qui est de plus en plus important.

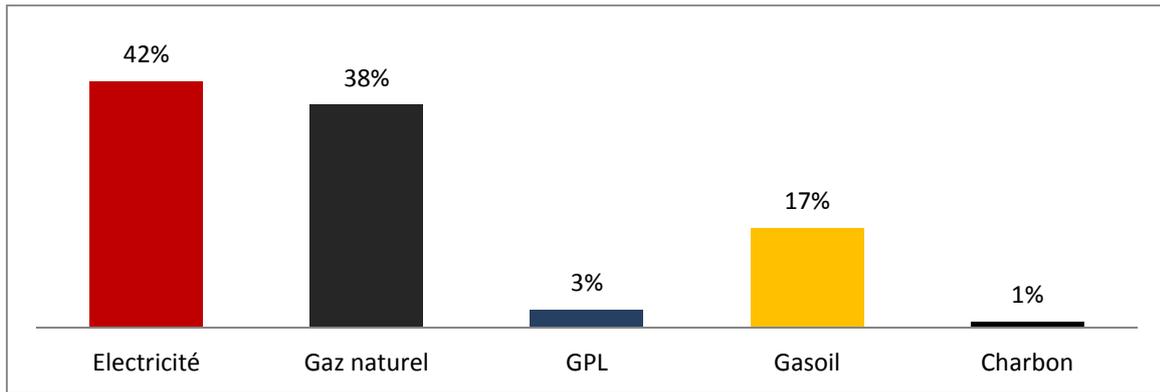


Figure 2 Répartition de la consommation du secteur tertiaire par types d'énergie (MEM, 2014)

I.1.2. Par secteur d'activités

La consommation énergétique par secteur d'activité est donnée comme suit (MEM, 2011) :

- **Le secteur industriel**

La consommation énergétique de ce secteur a un taux de croissance annuel moyen de 5.86% entre 2000 et 2005 pour atteindre 3.2 million de TEP qui est augmenté à 8.0 million de TEP en 2010.

- **Le secteur de transport**

Le taux de croissance annuel moyen de la consommation finale de ce secteur entre 2000 et 2005 est de 4.49% pour atteindre 5.5 million TEP. En 2010 la consommation est élevée jusqu'à 11.2 million TEP.

- **Le secteur ménages et autres :**

La consommation énergétique est augmentée de 31.4% entre 2000 et 2005 pour atteindre 7 million TEP. Cette consommation a atteint 12.4 million TEP en 2010. Ce qui est expliqué par les efforts d'électrification et amélioration du confort des ménages en matière d'équipement et d'appareils.

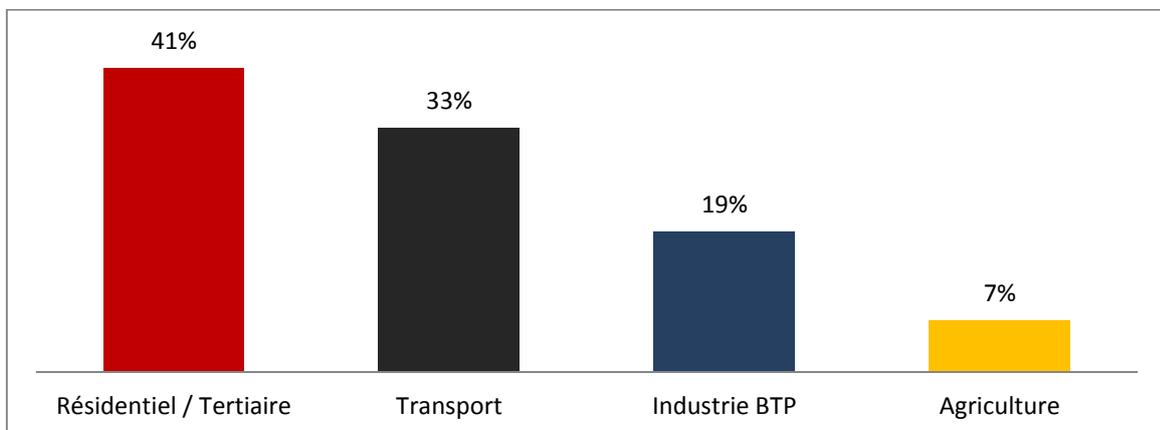


Figure 3 Consommation finale par secteur d'activité (APRUE, 2009)

Il apparait clairement que, **la part la plus importante de la consommation a été enregistré Dans le secteur des ménages et autre qui représente 40% de la consommation finale globale.** Ainsi, la consommation électrique dans le secteur résidentiel a atteint 807 KTEP, elle représente 38% de la consommation totale d'électricité. En conséquent, ce Secteur a un effet de 16% dans les émissions des gaz à effet de serre globale.

Donc, **le secteur des ménages et autres constitue une priorité dans L'élaboration de la stratégie et des programmes de maitrise d'énergie.** Et notons la part du type de logement collectif dans la répartition de la consommation énergétique.

I.2. Stratégie nationale de la maitrise d'énergie

L'Algérie dispose, sur le plan législatif et réglementaire, d' un arsenal juridique important en matière de rationalisation de l'utilisation de l'énergie :

- La loi N° 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maitrise de l'énergie.
- La loi 04-09 du 14 Août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.
- Le décret exécutif 04-149 du 19 Mai 2004 fixant les modalités d'élaboration du
- Programme national de maitrise de l'énergie.

En effet, la maitrise d'énergie couvre l'ensemble des mesures et des actions mises en œuvre en point de vue utilisation rationnelle de l'énergie et du développement des Énergies renouvelables. Elle répond aux soucis suivants (APRUE, 2009) :

- La préservation des ressources nationales d'hydrocarbures.
- La préservation des capacités de financement du pays utilisable dans d'autres Domaines que le secteur énergétique.
- La protection de l'environnement

I.3. Objectifs de la politique de maitrise de l'énergie :

Ils sont multiples et diversifiés. Ils visent essentiellement la conservation de l'énergie, l'augmentation de la durée de vie de nos réserves d'hydrocarbures, la préservation de la capacité financière du pays et des retombées bénéfiques sur l'environnement. Quant à l'introduction des énergies renouvelables, elle aura pour retombées :

- Une plus grande exploitation du potentiel existant.
- Une meilleure contribution à la réduction du CO2.
- Une réduction dans l'exploitation des énergies fossiles dans le bilan énergétique national.

Les différents textes réglementaires adoptés au cours des dernières années « *traduisent la volonté de l'état de faire des énergies renouvelables des énergies d'avenir pour le pays, en favorisant une contribution plus conséquente de leur part dans le bilan énergétique*

national. Et pour cela un dispositif d'instruments a été mis en place pour atteindre les objectifs de maîtrise d'énergie » (APRUE2011).

➤ **L'Agence nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) :**

L'APRUE représente l'élément central des instruments, elle est chargée de missions d'information, de communication et de formation en direction de tous les acteurs publics impliqués dans la maîtrise de l'énergie.

➤ **Le Comité Sectoriel de la Maitrise de l'énergie (CIME) :**

La CIME est un organisme consultatif, elle est chargée d'organiser la concertation et le développement du partenariat public/privé. Aussi, elle émet des avis sur toutes les

Questions relatives aux domaines de la maîtrise de l'énergie, sur les travaux d'élaboration, de mise en œuvre et de suivi du programme nationale de maîtrise de l'énergie (PNME).

➤ **Le Fond National de Maitrise de l'énergie (FNME) :**

Le FNME est un instrument public spécifique d'incitation financière de la politique de maîtrise de l'énergie. Il doit favoriser la continuité des moyens de cette politique.

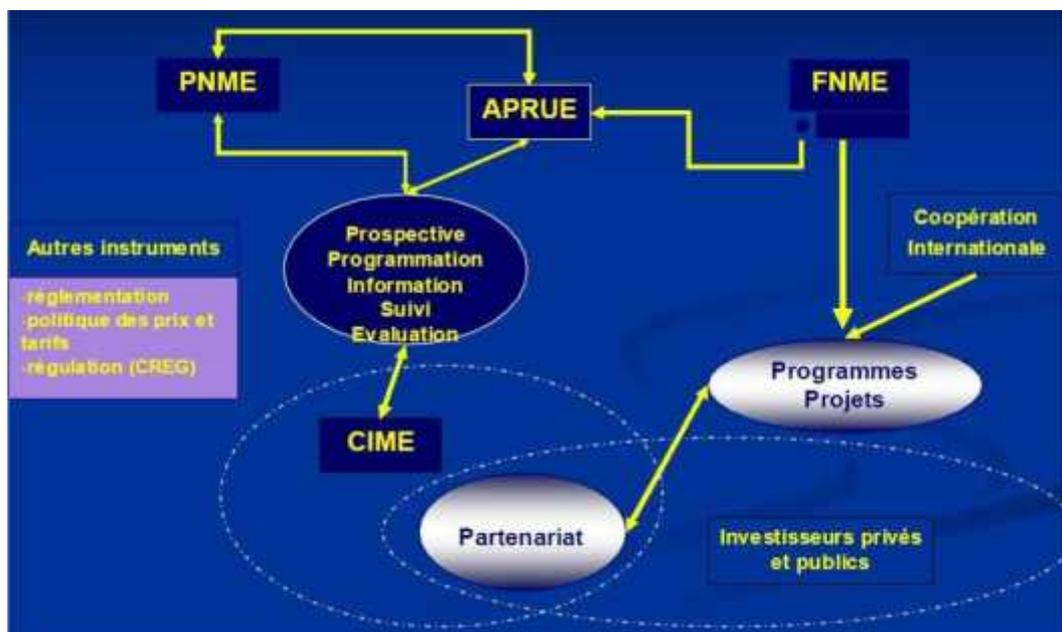


Figure 4 Schéma d'institutions de maîtrise d'énergie (Aprue, 2009)

➤ **Le Programme Nationale de Maitrise de l'Energie (PNME) :**

Le PNME constitue le cadre de mise en œuvre de la maîtrise de l'énergie au niveau national en étroite collaboration avec l'ADEME et met en place le programma ECOBAT.

I.4. Programme Eco-Bât

Ce programme qui a vu le jour grâce à l'étroite collaboration avec l'ADEME (agence française de l'environnement et de la maîtrise d'énergie), qui vise à apporter le soutien financier et technique nécessaire à la réalisation de logements assurant une optimisation du confort intérieur en réduisant la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation. Dans ce cadre, il est prévu la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique répartis sur l'ensemble des zones climatiques, dans le cadre d'un partenariat entre l'APRUE et onze Offices de gestion et de promotion immobilière (OPGI).

L'objectif est de réaliser :

- Une action démonstrative prouvant la faisabilité de l'introduction de l'efficacité énergétique en Algérie.
- De contribuer à la généralisation des bonnes pratiques dans la conception architecturale de l'habitat.
- Favoriser la mise en application des normes réglementaires. Contrairement au rôle complémentaire de la plus part des programmes précédents, le programme Eco-Bât vise les objectifs suivants (APRUE, 2009) :
 - L'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique de 40% pour le chauffage et la climatisation.
 - La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique.
 - La réalisation d'une action démonstrative, preuve de la faisabilité des projets à haute performance énergétique en Algérie.
 - La provocation d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale

Le programme Eco-Bât est important parce qu'il consiste à concevoir des bâtiments performants en matière d'énergie. Ainsi, Le secteur résidentiel apparaît donc bien comme une cible prioritaire pour la maîtrise de l'énergie parce qu'il est le plus consommateur.

Le projet a pour objectif de montrer la faisabilité technique et économique d'améliorations énergétiques dans l'habitat. Parmi les mesures d'efficacité énergétiques utilisées dans ce projet pilote, il ya :

- L'Utilisation des matériaux locaux, BTS (Béton de Terre Stabilisé).
- L'Isolation
- Le Double vitrage.
- L'eau chaude solaire.
- Le Plancher solaire direct (PSD) : 8 m² de capteurs solaires plans.
- Le Rafraîchissement par ventilation nocturne.(APRUE, 2009)

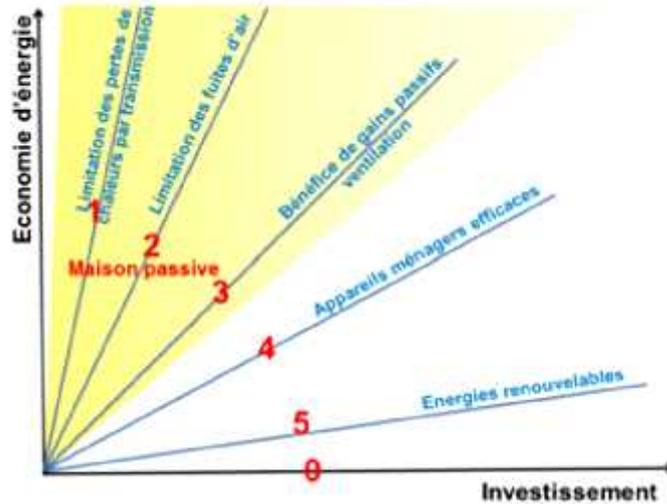


Figure 5 La priorité dans le choix des investissements d'efficacité Energétique. Source (RUELLE, F.,)

Lors d'un choix d'investissement, il apparaît clairement sur cette figure que le poste prioritaire doit être dédié à l'isolation (limitation des pertes de chaleur par Transmission et les ponts thermiques). Viennent ensuite l'étanchéité (limitation des fuites d'air), le bénéfice des gains passifs et la ventilation (la conception architecturale adéquate du bâtiment). Les mesures d'efficacité suivantes concernent les appareils ménagers efficaces (ou « à haute performance énergétique ») et les énergies renouvelables.

A cet égard, il apparaît bien que le secteur du bâtiment présente un fort potentiel d'amélioration D'efficacité énergétique.

I.5. Définition de l'Efficacité énergétique

"L'expression « maîtrise d'énergie » apparaît au début des années quatre-vingt, substituée par l'expression « efficacité énergétique » à la fin de ces années même : une vision encore plus globale, intégrant ainsi la rationalisation dans la consommation des ressources énergétiques primaires. Actuellement, une expression récente de l'union européenne vise à englober toutes les précédentes en adjoignant le développement des énergies renouvelables, c'est « l'énergie intelligente »"(James w 2008).

Le terme « Efficacité énergétique » regroupe donc tout ce qu'on appelle économies d'énergie ou maîtrise de l'énergie. En outre, il consiste à réduire les consommations d'énergie et entraîne la diminution des coûts environnementaux, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie tout en permettant d'augmenter la qualité de vie de tous les habitants de la planète et celle des générations futures. Pourquoi les bâtiments existants sont-ils si « énergivores » ?

Selon "les amis de la terre"; « la plus grande partie des logements a été construite à une période pendant laquelle le coût de l'énergie était très bas, et le souci de l'environnement inexistant ».

Développer cependant une politique d'efficacité énergétique dans le secteur de l'habitat pourrait engendrer des retombées positives au niveau social; Elle permettrait de réduire la facture énergétique des ménages, d'augmenter leur pouvoir d'achat et de contribuer à la hausse de leur consommation et à la dynamisation de l'activité économique nationale. Ainsi, une politique d'efficacité énergétique dans l'habitat protégerait le consommateur, en lui apprenant à maîtriser sa consommation d'énergie. La mise en place d'une telle politique serait également gage de création d'emplois, par le développement de nouvelles filières liées à l'efficacité énergétique : en effet, de nouveaux marchés se développeraient, tels que celui des énergies renouvelables, des nouveaux matériaux de construction performants ou des équipements énergétiquement efficaces.

Constatant ces enjeux, une grande mobilisation a vu le jour sous plusieurs formes, dans le but d'informer, d'alerter et de prévenir la population mondiale sur l'importance de la performance énergétique des bâtiments, Et plusieurs alternatives ont été avancées dans la quête des moins énergivores possible.

I.6. Labels de performance énergétique

Les labels sont des indicateurs en termes de confort, de performance énergétique et de respect de l'environnement, afin de réaliser des bâtiments à faibles consommation d'énergie. Ils s'appuient sur des référentiels et sont soumis à des procédures d'audit et d'évaluation. Les principaux labels européens sont les suivants :

I.6.1. MINERGIE (Suisse) :

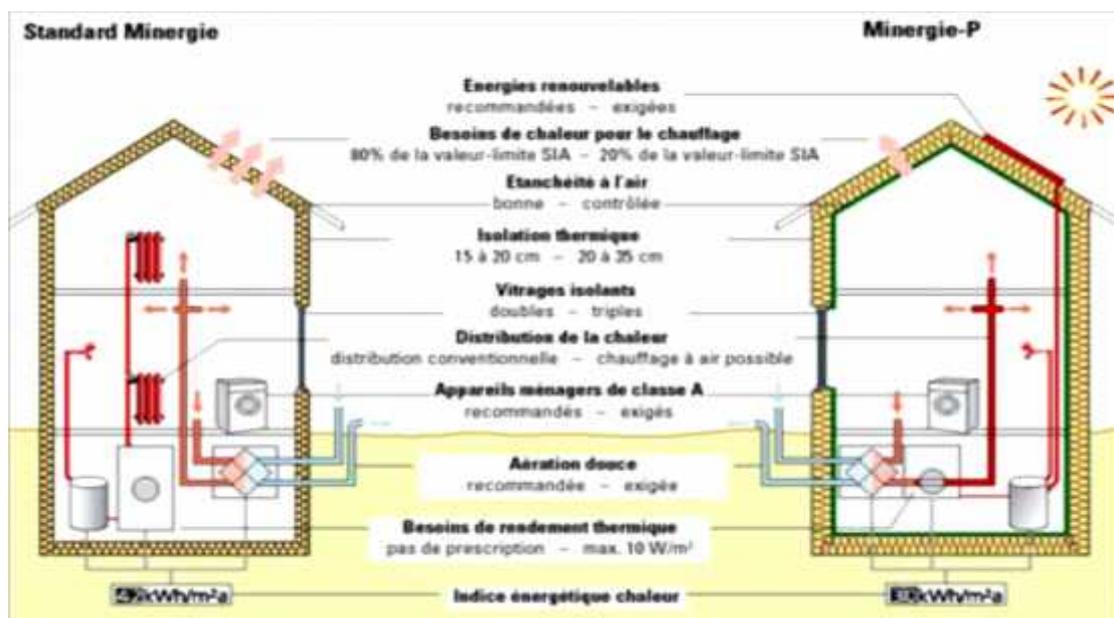


Figure 6 Exigences des standards MINERGIE. Source (MINERGIE, 2012)

I.6.2. Labels français :

- **Le label HPE 2005 (Haute Performance Énergétique):** l'HPE associée à la réglementation thermique 2005, mais il est plus exigeants que ce dernier, ce label comporte deux niveau de performance [MAES P. 2010, p.22]:
- **Le label HPE 2005 (Haute Performance Énergétique):** concerne les bâtiments dont les consommations énergétiques conventionnelles sont au moins inférieures de 10 % à la consommation conventionnelle de référence dans la RT 2005.
- **Le label THPE 2005 (Très Haute Performance Énergétique):** concerne les bâtiments dont les consommations énergétiques conventionnelles sont au moins inférieures de 20 % à la consommation conventionnelle de référence dans la RT 2005.
- **Le label HPE EnR 2005 (Haute Performance Energétique Energies Renouvelables 2005) :** outre au respect des exigences du label HPE ce label exige le recours aux énergies renouvelables dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation biomasse ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables.
- **Le label THPE EnR 2005 (Très Haute Performance Energétique Energies Renouvelables) :** concerne les bâtiments dont les consommations énergétiques conventionnelles sont au moins inférieures de 30 % à la consommation conventionnelle de référence dans la RT 2005. Les constructions concernées devront également utiliser des énergies renouvelables comme la biomasse, le solaire thermique ou photovoltaïque et les pompes à chaleur très performantes. Ainsi qu'une isolation des parois par l'extérieur.
- **Le label BBC 2005 (Bâtiment Basse Consommation) ou EFFINERGIE :** ce label exige que la consommation énergétique des bâtiments résidentiels doit être au maximum 50 kWh/m².an en fonction de la zone climatique et de l'altitude. Mais pour les bâtiments non résidentiels la consommation conventionnelle d'énergie doit être inférieure d'au moins 50 % à la consommation conventionnelle de référence selon la RT 2005.(citation Villiers 2007)

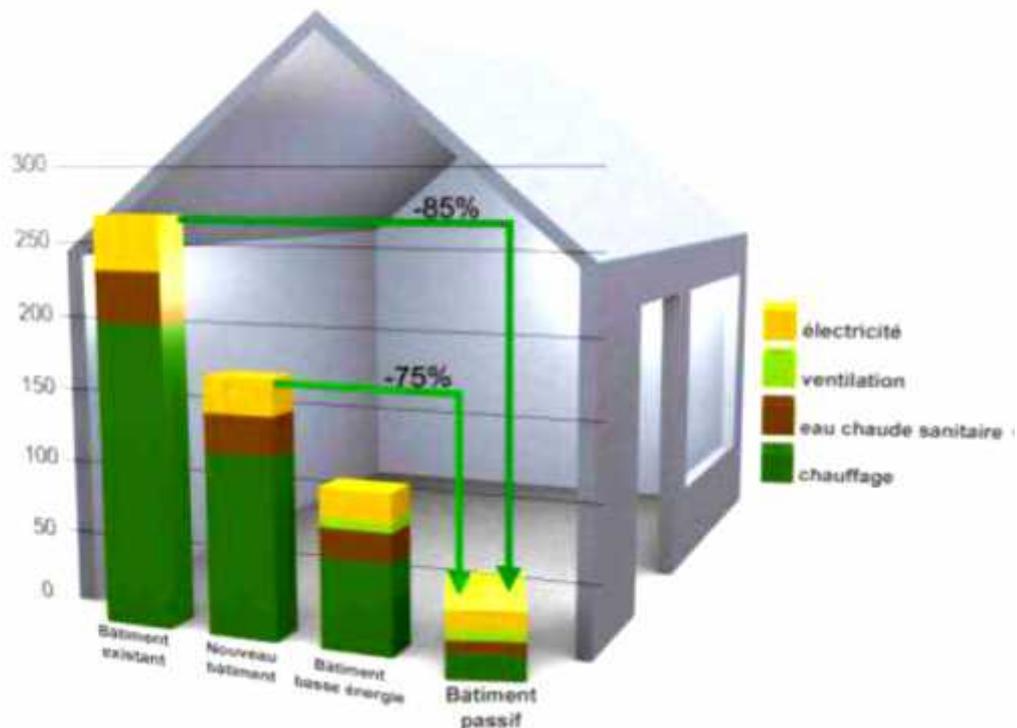


Figure 7 Comparaison entre les indices de performance énergétique en kWh/m².an (Source : Plate-forme Maison Passive, 2010)

- **Définition du bâtiment HPE :**

Le bâtiment HPE est une construction qui intègre la dimension bioclimatique en minimisant sa consommation énergétique. (APRUE 2011)

L'architecture bioclimatique cherche la meilleure adéquation entre le bâtiment, le climat et ses occupants. Le bâtiment bioclimatique tire parti du climat; afin de rapprocher ses occupants des conditions de confort avec des températures agréables, une humidité contrôlée, un éclairage naturel, et permet de réduire les besoins énergétiques (chauffage ou climatisation).

I.7. Principes de l'architecture bioclimatique :

S'inscrivant dans une démarche de développement durable, l'architecture bioclimatique se base sur les principes suivants (Liebard et Herde) :

- Minimisation des **pertes énergétiques** en s'adaptant au climat environnant.
 1. Compacité du volume et orientation favorable aux gains gratuits de soleil.
 2. Isolation performante pour conserver la chaleur
 3. Ventilation
- Privilégier les **apports thermiques** naturels et gratuits en hiver
 1. Ouvertures et vitrages sur les façades exposées au soleil
 2. Stockage de la chaleur dans la maçonnerie lourde
 3. Installations solaires pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

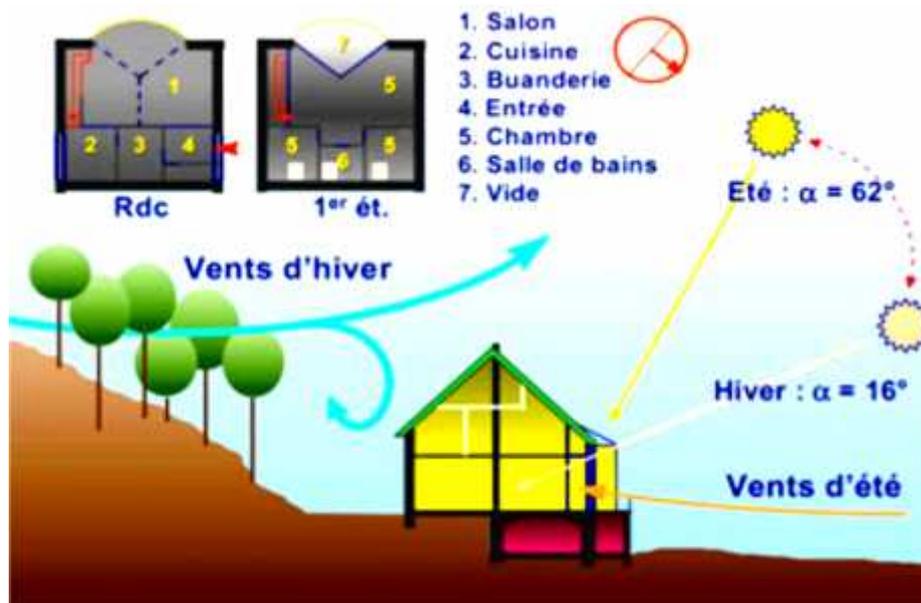


Figure 8 Illustration de quelques principes d'architecture bioclimatique(Implantation et organisation spatiale .
SOURCE (Liebard & Herde)

I.7.1. Confort thermique

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

Le confort thermique peut être défini comme étant l'état d'esprit qui exprime la satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Selon certains chercheurs, « *Le confort thermique est le bilan équilibré entre les échanges thermiques du corps humain et de l'ambiance environnante* » [B. GIVONI 1978, M. EVANS 1980, S. SZOCOLAY 1980] il est d'abord un phénomène physique soumis à un faible part de subjectivité, il peut être défini comme une sensation complexe produite par un système de facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, conduisant l'individu à exprimer le bien être de son état.

L'équilibre du corps humain dépend :

- Des facteurs **d'ordre individuel** [activités – acclimatation –le vêtement....]
- Des facteurs **de l'environnement** [la température d'air - le rayonnement - l'humidité - le mouvement de l'aire]

La prise en compte de l'environnement relatif à l'individu nécessite la connaissance précise de quatre paramètres micro climatiques importants :

- température de l'air
- température radiante moyenne
- humidité de l'air
- vitesse de l'air.



Figure 9 Confort d'été et d'hiver (source: maison passive 2010)

- **Le confort d'hiver :**

En matière de confort d'hiver, l'amélioration énergétique des bâtiments va conduire à favoriser la collecte d'apports solaires gratuits ainsi qu'une pénétration du rayonnement solaire maximale, qui à cette période contribue à améliorer le confort visuel en cette saison, où la lumière naturelle est moins abondante et plus recherchée qu'en été.

- **Le confort d'été :**

La question spécifique du confort d'été doit quant à elle trouver une réponse dans le contrôle des apports solaires, la réduction des apports internes, la mise en œuvre d'une inertie importante et l'évacuation de la chaleur des structures pendant la nuit.

D'après Donald Watson et Roger Camous, (article science et vie 2002) « *la manière la plus simple et la plus efficace d'assurer le confort d'été est de limiter les effets de la principale source de surchauffe en abritant le bâtiment du soleil, ou tout en moins en réduisant les surfaces de l'enveloppe exposées au soleil d'été.* »

En matière de confort d'été, on va donc chercher à protéger le logement des surchauffes en améliorant tout à la fois son isolation, la qualité de ses vitrages et de ses protections solaires, mais également sa ventilation et le renouvellement d'air des pièces qui le composent.

Toutes ces recommandations concernant le confort d'été et le confort d'hiver ont une relation directe avec quelques propriétés des matériaux de construction, offrant si présents un confort des espaces habités.

I.7.2. Notion de chaleur et de température :

L'échange de chaleur dans le bâtiment s'effectue selon les quatre modes qui se produisent au niveau de l'enveloppe : La conduction, la convection, le rayonnement et l'évaporation ou condensation.

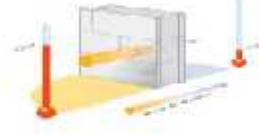
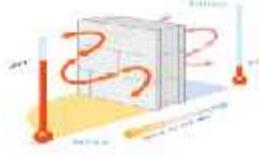
Mode de transmission	Détails
<p>La conduction</p> 	<p>C'est la transmission d'énergie ou de chaleur par la matière même de la paroi (sa partie solide). Une paroi conduit plus ou moins bien la chaleur selon sa résistance thermique¹⁷.</p>
<p>La convection</p> 	<p>Au niveau d'une paroi, c'est le mouvement de l'air provoqué quand la température de ce dernier est différente de celle de la paroi. Le local chauffé cède de la chaleur à la paroi par convection.</p>
<p>Le rayonnement</p> 	<p>Le rayonnement se manifeste quand des corps chauds émettent des rayons porteurs d'énergie qui sont absorbés par d'autres corps et alors transformés en chaleur.</p> <p>Au niveau d'une paroi, le rayonnement se traduit par celui des émetteurs de chaleur cédant leur chaleur à la paroi.</p>

Figure 10 Transfert de chaleur (source: propriétés des matériaux)

I.7.3. Propriétés des éléments de la construction :

Les éléments de la construction interviennent directement dans le régime du processus d'échange thermique entre l'ambiance intérieure et celle de l'extérieure. La quantité du flux de chaleur qui passe à travers une paroi dépend de plusieurs propriétés thermiques et qui influent sur le degré de confort intérieur :

- **La résistance thermique:**

La résistance thermique d'un matériau traduit sa capacité à résister à la transmission de chaleur. Elle dépend de l'épaisseur du matériau (e , en Mètre) et de sa conductivité thermique (λ) : $R = e / \lambda$. Elle est désignée par le coefficient R et exprimée en $m^2.K/W$.

La résistance thermique totale d'une paroi est égale à la somme des

Résistances thermiques de chacune des couches de matériau qui la Constitue : $R_{\text{paroi}} = R_{\text{matériau1}} + R_{\text{matériau2}} + \dots$

- **La conductance thermique** (ou facteur de transmission):

Ce coefficient indique la propriété d'une paroi qui conduit la chaleur sur une surface

(Mur ou toiture) unitaire et une unité de différence de température de l'air de part et d'autre de la paroi. Plus le coefficient est grand plus la chaleur transmise est grande.

$$K = \lambda / e = 1 / R$$

- **L'inertie thermique (déphasage):**

L'inertie thermique est une grandeur qui caractérise le retard et l'amortissement que subit une onde thermique avant d'atteindre l'intérieur. Elle est souvent représentée par la capacité thermique des matériaux constituant la paroi. L'inertie d'un matériau mesure sa capacité à accumuler de la chaleur et à différer la restitution après un certain temps (c'est le temps de déphasage.) . Il n'existe pas de formule exacte pour l'estimation du déphasage car l'écoulement de la chaleur à travers une paroi ne dépend pas seulement des propriétés thermo physiques des matériaux, mais aussi des caractéristiques de la surface de la paroi.(citation: propriétés des matériaux)

- **Diffusivité thermique**

C'est l'aptitude d'un matériau à transmettre rapidement une variation de température. Elle croît avec la conductivité et décroît avec la capacité thermique. Plus la diffusivité est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau.

I.7.4. Caractéristiques des enveloppes des bâtiments

L'enveloppe joue un rôle de filtre thermique qui permet de créer un microclimat à l'intérieur du bâtiment, indépendant des fluctuations météorologiques extérieures. La composition de l'enveloppe est un élément déterminant des caractéristiques de ce filtre. Elle doit être considérée comme le souci principal dans une opération de réhabilitation thermique d'un logement. C'est l'élément à appréhender en premier.

Outre la réduction des besoins énergétiques, une bonne isolation contribuera à un meilleur confort pour les usagers. D'après Orselli dans les bâtiments existants, le plus gros potentiel d'économies d'énergie réside dans l'enveloppe qui doit être isolée adéquatement de façon la plus étanche possible afin de minimiser les pertes thermiques par transmission et les fuites d'air ainsi que les gains en période de surchauffe.

Cependant, la plus part des matériaux structuraux ne sont pas suffisamment isolants pour assurer le chauffage économique d'un bâtiment dans un climat froid ou garantir la fraîcheur nécessaire dans un climat chaud. *« On doit donc intégrer à l'enveloppe des matériaux dont la fonction sera spécifiquement l'isolation thermique. Cette dernière, en réduisant les pertes et les gains de chaleur minimise les besoins en énergie. Elle jouera son rôle dès que la température extérieure se trouve en dehors de la zone de confort c'est à dire dès qu'il sera nécessaire de chauffer ou de climatiser l'intérieur. Par conséquent, l'isolation est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies d'énergie. »* (Anatomie de l'enveloppe des bâtiments)

Les recommandations et réglementations thermiques préconisent une isolation thermique renforcée des parois opaques des bâtiments.

I.8. La réglementation thermique Algérienne

En Algérie, la réglementation thermique de 1997 des bâtiments à usage d'habitation a été conçue pour réduire la consommation de chauffage de l'ordre de 25%. Une réflexion est engagée actuellement pour porter ce niveau d'économie à plus de 40%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été menées sur des logements types. Il ressort de l'étude qu'en agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation d'été. Une nouvelle Réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants :

Réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux

Coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif.

Sous le titre de Réglementation thermique des bâtiments d'habitation : DTR

C 3-2. Les règles de calcul des déperditions calorifiques, DTR C 3-2 définissent les performances thermiques minimales mais comprennent aussi des conventions de calcul ainsi que des conventions de calcul pour le dimensionnement des installations de chauffage. La réglementation Algérienne s'inspire en grande partie de la réglementation française, par contre les méthodes de calcul utilisées sont plus simples, elle autorise, tout du moins dans certaines limites, le calcul informatisé des besoins de chauffage.

I.8.1. Définition de l'isolation

On appelle isolation thermique l'ensemble des dispositions réduisant l'échange de chaleur entre des locaux et l'air extérieur ou entre des locaux à température différente, la suppression des ponts thermiques. Dans les bâtiments d'habitat l'isolation thermique est importante pour : la santé des habitants, et la réduction de consommation énergétique en minimisant les ponts thermiques.

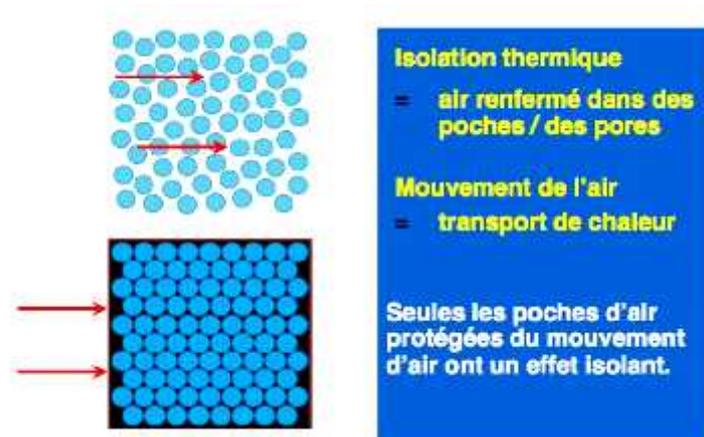


Figure 11 Principe de l'isolation (source: propriétés des matériaux)

I.8.2. Définition des ponts thermiques

Les ponts thermiques sont les déperditions provoquées par des liaisons d'éléments constructifs entre eux (dalle, mur, menuiserie, poutres...). Ces pertes de chaleur (ou de fraîcheur en été) s'ajoutent aux déperditions dites surfaciques. Les ponts thermiques sont caractérisés dans la plupart des cas par une valeur linéique désignée par la lettre Σ et exprimée en Watt par mètre linéaire et par degré ($W/m.K$). Certains ponts thermiques dits ponctuels, comme les poteaux, ont une valeur unitaire nommée X qui est exprimée en W/K . Les ponts thermiques structurels sont des déperditions liées à des procédés d'accroche des isolants ou de leur parement. Cette problématique concerne également les techniques de construction en ossature bois. Il s'agit principalement d'équerres, de chevilles, de rails, de pièces de bois, dont la présence à travers l'isolant en dégrade très fortement la performance dans certains cas.



Figure 12 Situation des ponts thermiques (Source : www.effenergie.org)

I.8.3. Les types d'isolants

Plusieurs familles d'isolants coexistent sur le marché. Le classement peut se faire suivant le mode d'isolation :

- **Isolation par emprisonnement d'air :**

Ces isolants piègent l'air dans les petites cavités qui se trouvent entre leurs fibres. Or l'air immobile est un excellent isolant avec un coefficient de conductivité thermique très faible. A savoir tous les isolants à base de fibres :

- Minérales (laines de verre, laines de roche,...)
- Animales (laines de mouton, plumes de canard,...)
- Végétales (fibres de bois, ouate de cellulose, chanvre, lin,...)



Figure 13 Exemples de matériaux d'isolation (source GIZ 2012)

I.8.4. La fonction des isolants

Lorsque l'on chauffe l'air d'une habitation non isolée, les parois ne s'échauffent pas. Les calories qui atteignent ces dernières par convection et rayonnement passent au travers par conduction, et s'en échappent, à nouveau par convection et rayonnement, avant d'avoir eu le temps de l'échauffer. Ce n'est pas le froid qui entre, mais la chaleur qui sort. **Le rôle de l'isolation est d'interposer entre l'intérieur et l'extérieur une Barrière au passage des calories au moyen de matériaux ayant une capacité de conduction la plus faible possible Le plus mauvais conducteur de la chaleur est le vide, qui ne permet plus que des échanges par rayonnement. Mais le « vide » est rempli d'air, et la paroi chaude de la lame d'air échange ses calories avec la paroi froide par convection. Pour que l'air conserve ses qualités d'isolation, il doit être immobile. Cette immobilité s'obtient en l'enfermant dans des alvéoles les plus petites possible afin de fragmenter, et de freiner par friction les mouvements de convection**.(NEUFFERT 1971).

Un isolant de qualité est donc un matériau de très faible densité comportant un très grand nombre de cellules contenant un maximum d'air.

I.8.5. Performances des isolants

- **En hiver:**

C'est la conductivité, notée λ (), de l'isolant qui va être déterminante. Plus la conductivité est faible, plus l'isolant est performant. C'est en jouant sur son épaisseur que l'on déterminera la résistance thermique (R) de la paroi.

- **En été:**

Le choix d'un bon isolant contre le chaud est primordial dans les régions où les températures dépassent régulièrement les 30°C en été. Il est donc très important de choisir un matériau capable de créer un grand déphasage et ainsi, de limiter les surchauffes dans l'habitat. Le déphasage est le temps que va mettre la « chaleur » pour pénétrer à l'intérieur de l'habitat via les parois. Pour cela il faut choisir un isolant avec une forte capacité thermique. Dans les régions chaudes, un complexe mur ou toiture ayant un déphasage d'environ 12h suffit à tempérer l'intérieur du logement sans avoir recours à la climatisation. Avec un tel déphasage, la chaleur n'arrive qu'en fin de journée dans l'habitat ce qui permet de refroidir plus rapidement les pièces pendant la nuit avec les fenêtres ouvertes.(NEUFFERT 1971)

Isolant	densité (masse volumique)	épaisseur mini conseillée	confort hiver obtenu	confort été obtenu
Ouate de cellulose	55 kg/m ³	25 cm	16/20	13/20
Laine de roche en vrac	25 kg/m ³	36 cm	20/20	13/20
Perlite expansée	90 kg/m ³	25 cm	15/20	13/20
Polystyrène expansé	18 kg/m ³	35 cm	20/20	13/20
Laine verre ou roche en rouleau	18 kg/m ³	42 cm	20/20	13/20
Laine verre ou roche semi-lourde	70 kg/m ³	21 cm	18/20	13/20
Laine de chanvre en rouleau	25 kg/m ³	32 cm	20/20	13/20
Polystyrène extrudé	35 kg/m ³	25 cm	20/20	13/20
Laine de bois	150 kg/m ³	18 cm	13/20	20/20
Laine de roche pour sol	130 kg/m ³	19 cm	15/20	13/20
Polyurethane	35 kg/m ³	26 cm	20/20	13/20

Figure 14 caractéristiques des isolants (source : propriétés des matériaux)

I.8.6. Mode de pose de l'isolation

Il existe plusieurs types d'isolation thermique de l'existant :

- l'isolation par l'extérieur
- l'isolation intérieure avec rupteurs de ponts thermiques.
- l'isolation réservée pour les réhabilitations lourdes ou les constructions neuves, qu'on appelle l'isolation répartie. Ces trois types d'isolation seront détaillés dans ce qui suit:

- **L'isolation des murs par l'extérieur**

Elle consiste à envelopper le bâtiment d'un manteau isolant. Dans l'existant, une isolation par l'extérieur peut être envisagée lors d'une rénovation complète ou un ravalement de façade. Cette technique d'isolation permet d'économiser 10 à 20% de la consommation totale d'énergie. Elle permet aussi de bénéficier de la capacité thermique de la paroi et de limiter les risques de surchauffe en été.

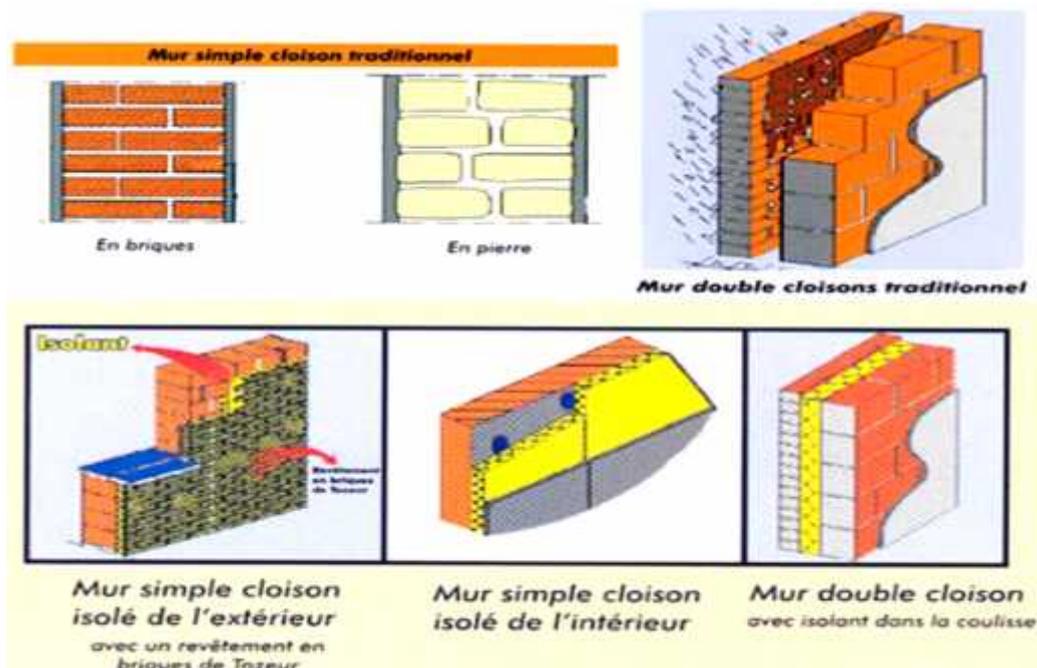


Figure 15 Différents types de mode de pose (isolation écologique 2010)

- **Avantages et inconvénients de l'isolation par l'extérieur :**

L'isolation extérieure augmente la performance thermique globale du bâtiment, elle permet la réduction significative des consommations de chauffage ou de climatisation, modernise l'aspect des façades et n'oblige pas les habitants à quitter le logement pendant les travaux et de surcroît améliore leur confort. Néanmoins le coût de cette technique est plus élevé que celui de l'isolation par l'intérieur. (mur manteau 2006)

Dans certains cas, pour la protection d'un patrimoine, l'isolation extérieure ne peut être réalisée et l'isolation intérieure est plus envisageable.

- **Technique de réalisation de l'isolation extérieure**

Les solutions techniques de l'isolation extérieure sont les suivantes :

- a. **L'enduit mince sur isolant :**

Le système se compose de l'isolant collé sur le mur à l'extérieur de l'habitation, généralement du polystyrène expansé et d'un enduit spécifique armé d'un tissu de fibres de verre et de l'enduit de finition. Il est composé de liants organiques qui forment une pellicule d'une épaisseur de 3 à 5 mm et se pose en 2 couches entre lesquelles une armature sous forme d'un treillis en fibre de verre est insérée, recouvertes d'une couche de finition. L'isolant est collé ou fixé mécaniquement si le support ne permet pas le collage.

b. L'enduit hydraulique sur isolant :

La technique est proche de la précédente. L'enduit mince est remplacé par un enduit hydraulique (mortier) généralement projeté (Fig. 16.). C'est un enduit à base de sable, de ciment ou de chaux comprenant un peu de résine, qui forme une pellicule d'une épaisseur de 15 à 20 mm.

c. Les vêtements :

Elles sont constituées d'éléments préfabriqués en usine comprenant un isolant et une plaque de parement (Fig. 16.). L'isolant le plus utilisé est le polystyrène expansé moulé. Le parement peut être constitué de divers matériaux tels que la tôle d'acier, la tôle d'aluminium, le polyester armé ou le PVC. Les ossatures sur lesquelles sont posées les vêtements, sont fixées au mur.

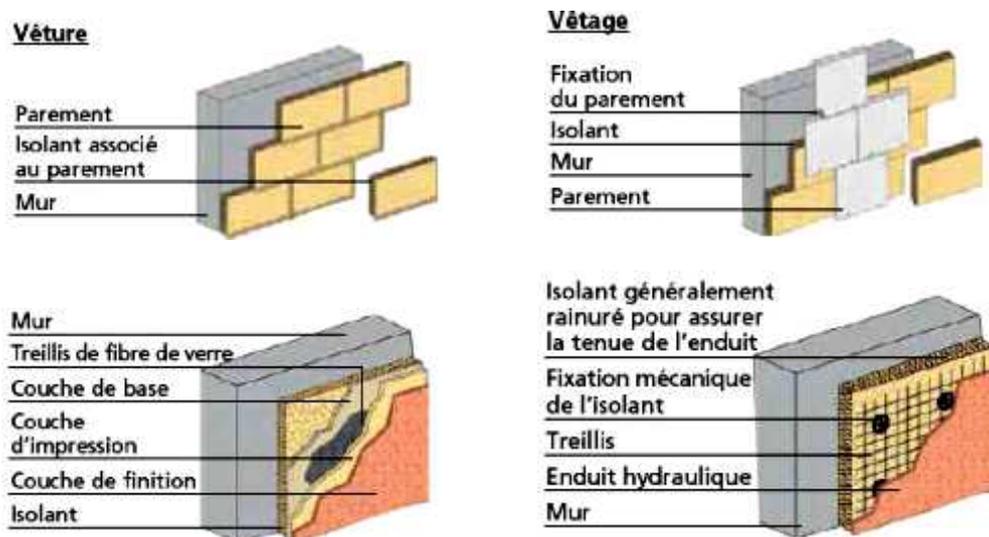


Figure 16 techniques de réalisation de l'isolation par l'extérieur (SOURCE : neufert)

d. Les vêtages :

Dans le cas des vêtages, l'isolant est collé ou fixé mécaniquement sur le mur (Fig.16). Le revêtement quant à lui (pierre, carreaux de céramique, panneaux de bardage) est fixé au mur à travers l'isolant par des chevilles. Un espace d'air n'est pas impératif.

e. Les enduits isolants :

Ils sont constitués de mortiers auxquels sont incorporées des particules de matériaux isolants (billes de polystyrène expansé, vermiculite exfoliée, etc.). Généralement appliqués en trois couches, ces enduits ne permettent pas d'obtenir des résistances thermiques équivalentes à celles atteintes par les autres procédés. Ils sont réservés aux parois déjà isolées auxquelles on souhaite apporter un complément d'isolation.

• **L'isolation des murs par l'intérieur**

Elle est intéressante lorsque le ravalement extérieur est en bon état. Pour envisager l'isolation par l'intérieur, il faut absolument s'assurer que :

- Le mur de parement extérieur doit être en bon état et capable de supporter les intempéries puisqu'il n'y a plus l'influence du climat interne.
- Le mur porteur intérieur est sec et protégé des infiltrations.
- Une inertie suffisante

• **Avantages et inconvénients de l'isolation par l'intérieur :**

L'isolation intérieure réduit l'inertie thermique, c'est pourquoi elle doit être reconstituée : utilisation de MCP (Matériaux à changement de Phase) incorporés dans les plaques de plâtre ou les planchers, en veillant à ce que la température de transition leur permette d'être réellement efficaces. De plus, la correction des ponts thermiques doit être assurée.

• **Technique de réalisation de l'isolation intérieure:**

Plusieurs techniques de ce genre d'isolation ont été utilisées dont :

- a. L'isolant est derrière une contre-cloison maçonnée ou sur ossature :
- b. L'isolant est le plus souvent collé ou fixé mécaniquement au support. La contre-cloison est en briques plâtrières ou en carreaux de plâtre ou encore en plaques de plâtre vissées sur des ossatures (. Fig17)

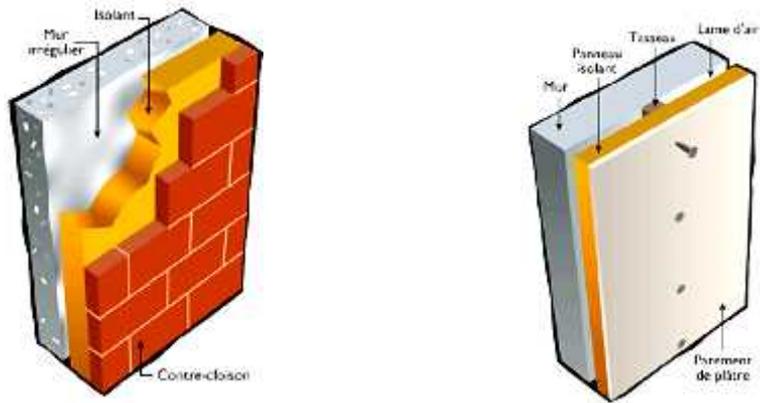


Figure 17 Isolation de l'intérieur. SOURCE: neufert

c. Les panneaux composites ou complexes de doublage :

Ils se composent d'un panneau isolant en polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polyuréthane ou laine minérale, revêtu d'un parement en plâtre. Les panneaux sont fixés contre le mur, par collage ou par vissage sur tasseaux.

- **L'isolation des murs par remplissage de la lame d'air**

L'isolant dans ce cas est placé dans la masse du mur extérieur, dans la lame d'air, surtout quand il s'agit d'un mur en maçonnerie creuse.

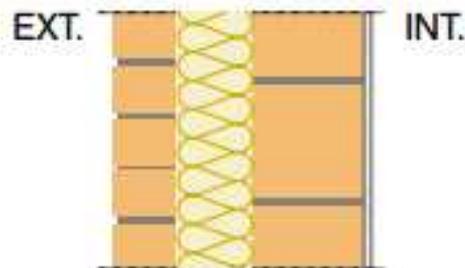


Figure 18 l'isolation par remplissage de la lame d'air(source neufert)

- **Avantages et inconvénients de l'isolation par remplissage de la lame d'air:**

Avantages	inconvénients
-----------	---------------

<ul style="list-style-type: none"> • Finition intérieure et extérieure conservée. • pas d'encombrement • technique simple et cout moindre 	<ul style="list-style-type: none"> • épaisseur de l'isolant limitée. • risque d'accentuation des ponts thermiques
--	---

- **L'isolation des planchers :**

L'appréciation de la qualité thermique d'un plancher, pour aider à déterminer le choix en termes d'isolation, se fonde sur des critères indissociables :

- la constitution du plancher.
- la nature des liaisons entre plancher et parois verticales adjacentes.
- la présence et la nature d'un éventuel volume d'air sous le plancher.

En rénovation, il est souvent difficile d'isoler le sol d'un logement, la présence d'un vide-sanitaire ou d'une cave peut cependant permettre la mise en place en dessous de la dalle d'une isolation. L'isolation des planchers c'est 5 à 10% d'énergie non consommée.

**L'isolation des plafonds, des caves ou des sols permet d'économiser 5-10% de la consommation totale* .(André 1986)*

CONCLUSION :

A travers ce chapitre il était question de clarifier théoriquement quelques notions sur les bâtiments HPE ainsi leurs performances énergétiques ,et des notions sur l'isolation ainsi que les différents matériaux et modes de pose; car les déperditions de par les parois et l'importance d'isoler les enveloppes des bâtiments n'est plus à démontrer, inscrite dans une logique plus globale de l'architecture bioclimatique..

**L'isolation thermique dans le bâtiment est un paramètre très important dans l'économie énergétique, vu que le bâtiment représente le quart des émissions de gaz à effet de serre *(ADEME édition 2014). Une bonne isolation permet une économie d'énergie de près de 40%. C'est ce que nous vérifierons dans la partie pratique de la recherche au niveau du chapitre 2 avec :*

1-Bilan thermique statique du logement cas d'étude.

2-Simulation thermique dynamique avec les logiciels.

CHAPITRE II la méthodologie

Présentation du cas d'étude et

II. Introduction

Le site et l'environnement proche d'un bâtiment vont influencer son type de construction. L'architecte soucieux d'une bonne insertion et intégration, cherchera en effet à exploiter le potentiel du site, à contourner ses contraintes défavorables, et à accorder les ambiances de et hors de son bâtiment au "microclimat" du lieu.

Le microclimat est l'ensemble des conditions de température, d'humidité, de vent particulier à un espace homogène de faible étendue à la surface du sol, l'orientation de la construction joue un rôle important dans le bilan énergétique de celle-ci. Le coût de climatisation en été ou de chauffage en hiver, peut être réduit en étudiant correctement le site. L'orientation, La végétation, la géologie et la topographie jouent chacun son rôle en créant un microclimat unique pour chaque site.

La méthode adoptée pour notre recherche est la suivante:

1- Le calcul du bilan thermique statique qui :

- Vérifie la conformité du logement cas d'étude avec le DTR C3-2.
- Calcule les déperditions calorifiques.

2-La simulation thermique dynamique permet justement l'intégration des éléments du site et climat et les caractéristiques des parois pour étudier le comportement du bâtiment, c'est un outil d'étude et de vérification, qui permet d'apprécier les performances de celui-ci avant même sa mise en œuvre. Elle permet en somme:

- L'étude de l'évolution des températures au sein des espaces.
- L'identification des besoins en chauffages et climatisation.
- L'identification du taux d'inconfort.
- L'estimation de la puissance de chauffage.

3-L'évaluation par le référentiel énergétique: qui compare plusieurs consommations annuelles par mètre carré entre elle.

II.1. Présentation du site:

Le logement HPE objet de notre étude se situe à AIN ROMANA plus précisément à BORDJ EL AMIR, dans la ville de BLIDA, l'assiette de l'opération a une superficie de 9200m², et est limitée par:

- Au nord :une route et un terrain non construit
- A l'est: une route.
- A l'ouest :une voie de desserte et des habitations individuelles.
- Au sud :une route et de l'habitat semi collectif.

Il est à noter par ailleurs que les côtes sud, sud-ouest, et ouest du site sont entourés par les montagnes de Tamezguida.

Latitude : 36° ,Longitude : 2 ° Altitude : 260m :

Classification de la ville de Blida selon la classification thermique du DTR(3-2) des communes de L'ALGERIE :

09	Toutes les communes	B
----	---------------------	---

Caractéristiques météorologiques de la ville :

a- Période hivernale :

Caractéristiques climatiques moyennes par zone	Caractéristiques climatiques du mois le plus froid: Janvier							
	T _{max}	T _{min}	T _{max}	T _{min}	T _{max}	Ecart diurne	V Variabl.	T _{étiage}
ZONE B								
< 500 m	10	5	15	1	20	10	4	2
500 - 1000 m	8	4	12	0	17	8	4	1
> 1000 m	5,5	2	9	-2	14	7	4	-1

b- Période estivale :

Caractéristiques climatiques moyennes par zone	Caractéristiques climatiques du mois le plus chaud: Juillet							
	T _{max}	T _{min}	T _{max}	T _{min}	T _{max}	Ecart diurne	V Variabl.	T _{étiage}
ZONE B								
< 500 m	26,5	14	19	15	41,5	15	7,5	27,5
500 - 1000 m	26,5	14	10	15	40	15	5	27
> 1000 m	24	12	18	12	38	14	5	25

Figure 19 Données climatiques de la ville de Blida

L'atlas Tellien protège la ville des vents secs du sud en provenance des hauts plateaux. Cette protection permet à la région de bénéficier d'un climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.(fig. 18)

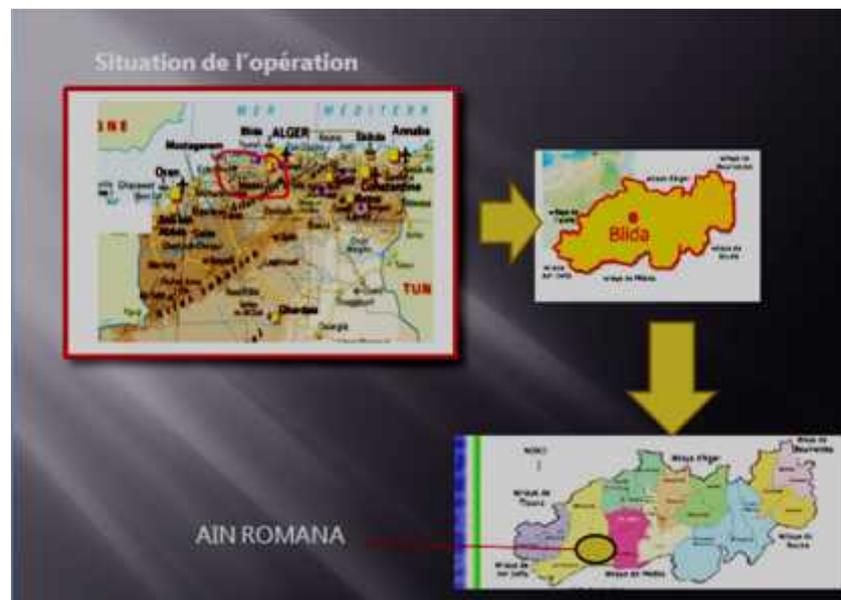


Figure 20 Situation de Ain Romana



Figure 21 Plan de masse du projet de logements HPE de Ain Romana



Figure 22 Photos du projet de logements HPE de Ain Romana (SOURCE: auteur)

II.2. Présentation du logement cas d'étude:

Les logements sont de type F3 d'une surface de 77 M2 habitable. Chaque unité comporte 2 chambres, un séjour, une cuisine, une salle de bains (salle d'eau +toilette) et un hall.

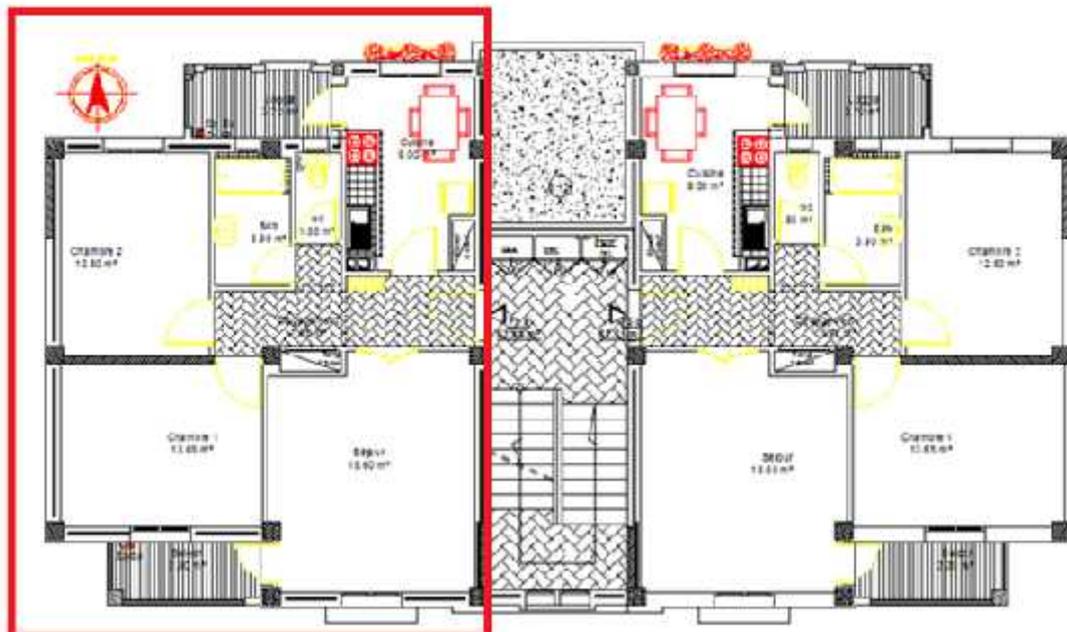


Figure 23 Plan du logement cas d'étude

II.2.1. Distribution interieure

Désignation	Surface théorique	Surface réelle
Séjour	19 m ²	19 m ²
Chambre 01	13 m ²	13.9 m ²
Chambre 02	12 m ²	12.35 m ²
Cuisine	10 m ²	10 m ²
Salle d'eau	3.5 m ²	3.75 m ²
WC	1.5 m ²	1.5 m ²
Couloir	7 m ²	7.35 m ²
Rangement	1 m ²	1 m ²
Surface Habitable	67 m ²	69 m ²
Séchoir	4.2 m ²	4.2 m ²
Loggia	4 m ²	4 m ²
TOTAL	75.2 m²	77.07 m²

II.2.2. Composition des parois

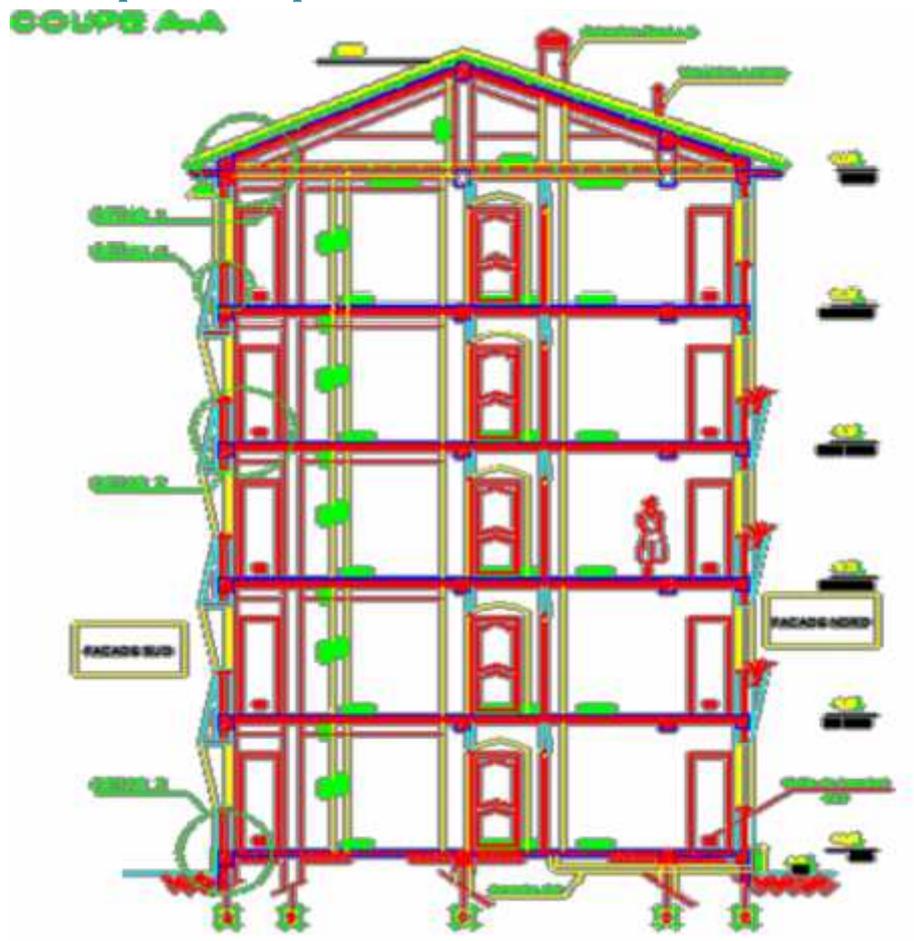


Figure 24 COUPE

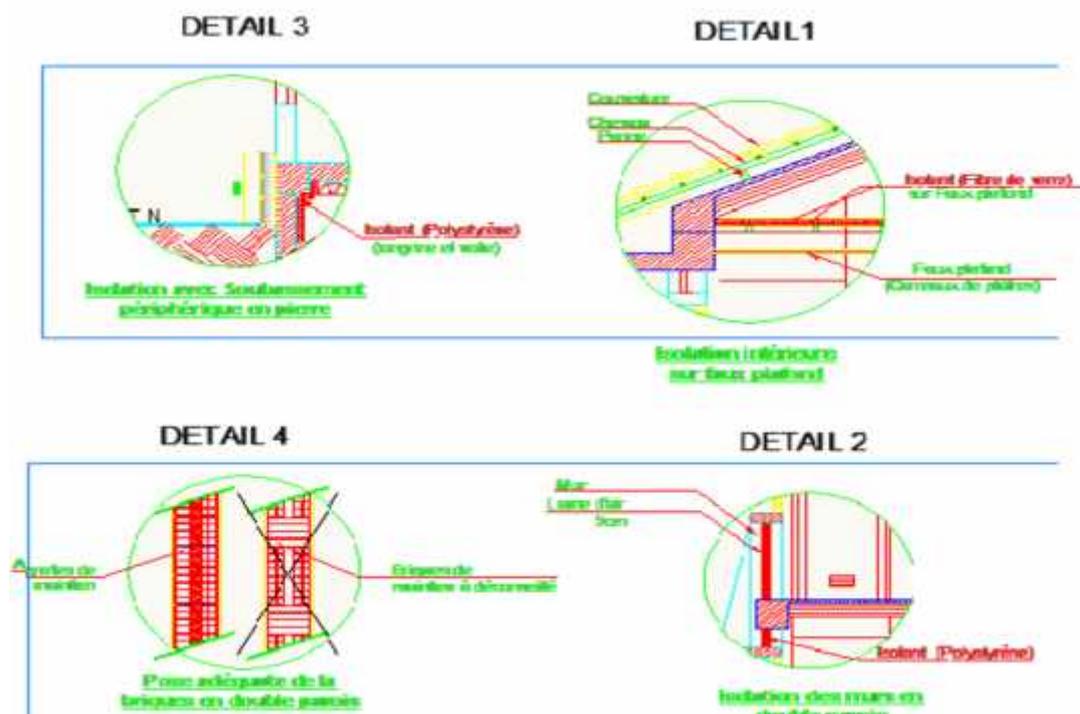


Figure 25 Détails constructifs

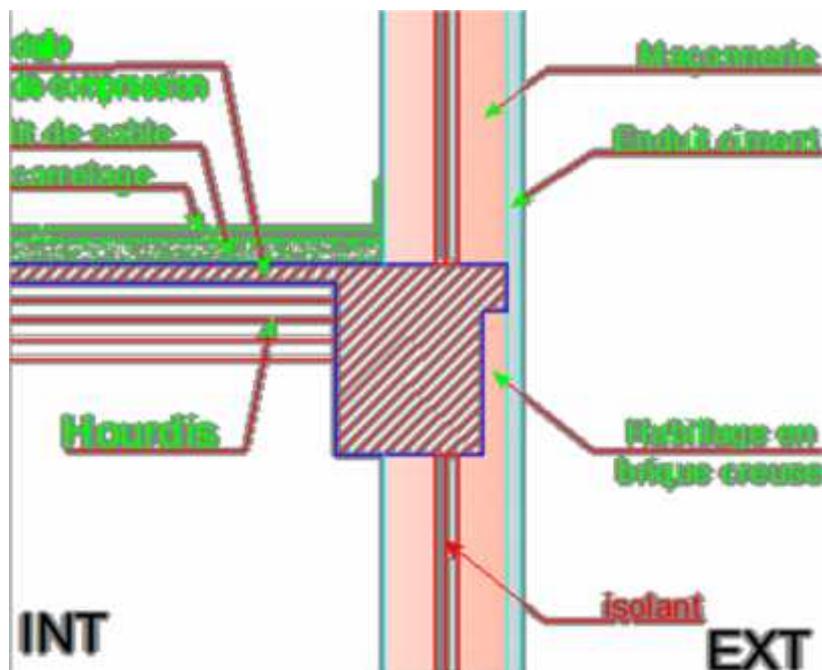


Figure 26 Position de l'isolant(polystyrène épaisseur 5 cm)

II.3. Méthode de la recherche

Afin d'atteindre les objectifs de notre recherche, on doit identifier les besoins à travers le calcul du bilan thermique, dans cette étape d'étude on va vérifier la conformité du bâtiment

par rapport à la réglementation thermique des bâtiments d'habitation (DTR C3-2) et calculer les déperditions calorifiques, dans un deuxième temps nous procéderons à la simulation thermique dynamique pour voir le comportement du logement cas d'étude.

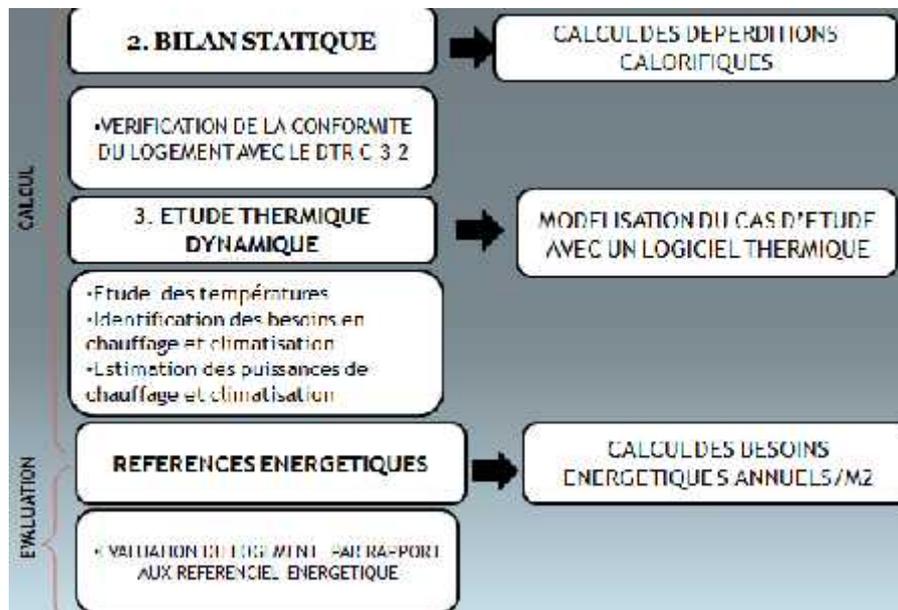


Figure 27 Schématisation de la méthode de la recherche (SOURCE: auteur)

II.3.1. Calcul du bilan thermique

L'exigence réglementaire, sur laquelle s'appuie le (DTR C3-2) consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser appelé déperditions de référence. Nous procédons au calcul de celles-ci avec l'isolation puis sans isolation, pour le logement du 3^{ème} étage.

- **Bilan des déperditions thermiques**

calcul des bilans thermiques pour un logement intermédiaire d'après le **DTR** (document technique réglementaire C32) chauffage pour un logement du 3^{ème} étage.

- **Calcul des déperditions de référence:**

$$DT \leq 1.05 D \text{ réf (W/C)} \rightarrow \text{à vérifier}$$

$$D \text{ réf} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5$$

Dont : a }
 b }
 c } = coefficients liés à la zone B
 d }
 e }

S₁ }
 S₂ } Surfaces planchers
 S₃ → surface Murs
 S₄ → surface Portes
 S₅ → surface Fenêtres

$$a = 0.9$$

$$b = 2.4$$

$$c = 1.2$$

$$d = 3.5$$

$$e = 4.5$$

$S_1 = S_2 = 0$ car notre logement est dans le 3^{ème} étage entre le 2^{ème} et le 4^{ème} (étage intermédiaire.)

Calcul de S_3 (Murs)

$$p = 33.3 \text{ m}$$

$$ST = P \times h(sp) = 33.3 \times 2.86$$

$$St = 95,32$$

$$S_3 \text{ Mur} = ST - S_4 - S_5 = 82,4 \text{ m}^2$$

$$S_3 = 82,4 \text{ m}^2$$

Calcul de S_4 (portes)

$$S_4 = 2,17 + 3,52$$

$$S \text{ portes(extérieurs)} = S_4 = 5,69 \text{ m}^2$$

$$D_{ref} = 1,2 \times 82,4 + 3,5 \times 5,69 + 4,5 \times 7,22 = 135,2$$

$$D_{ref} = 135,2$$

Calcul de S_5 (fenêtre)

$$S_5 = 7,22 \text{ m}^2$$

Calcul des déperditions de transmission pour vérifier **DT 1,05* 135,2**

$$DT \quad 141,5$$

$$DT = D_s(\text{surfaiques}) + D_{li}(\text{lineiques})$$

$$D_{li} = 20\% D_s$$

Calcul de D_s

$$D_s = D_{mur} + D_{toiture} + D_{fen\hat{e}tre} + D_{porte} + D_{sol}$$

$$D_{fen\hat{e}tre} = K_{fen\hat{e}tre} \times S_f \longrightarrow \text{DTRC 32 tableau 1.5}$$

$$D_f = 3,8 \times 7,22 = 27,4 \text{ w}^\circ/\text{C}^\circ$$

$$D_p = K_p \times S_p \longrightarrow \text{DTRC 32 tableau 1.5}$$

$$D_p = 3,5 \times 5,69 = 19,9 \text{ W}^\circ/\text{C}^\circ$$

$$D_{mur} = K_{mur} \times S_{mur}$$

$$K_{mur} ?$$

Calcul de K_{mur} (avec isolation)

$$K = \frac{1}{R}$$

Calcul de la résistance : $R_{mur} = R = R_{enduit} + R_{brique} + R_{isolation} + R_{brique} + R_{enduit}$

$$\text{enduit de ciment} \longrightarrow 1,15 \text{ cm}$$

$$\text{brique} \longrightarrow 15 \text{ cm}$$

$$\text{isolation} \longrightarrow 5 \text{ cm}$$

$$\text{brique} \longrightarrow 10 \text{ cm}$$

$$\text{enduit de plâtre} \longrightarrow 2 \text{ cm}$$

$$R_{\text{enduit}} = \frac{e}{\lambda} = 0,02/1,15 = 0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^\circ/\text{W}$$

$$R_{\text{brique}} \longrightarrow 15 \text{ cm} \longrightarrow R = 0,3 \text{ (d'après le DTRC 3 -2)}$$

$$R_{\text{isolant}} = 0,05/0,04 = 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^\circ/\text{W}$$

$$R_{\text{brique}} \longrightarrow 10 \text{ cm} \longrightarrow R = 0,2 \text{ (d'après le DTRC 3 -2)}$$

$$R = 2,58 + \left(\frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}} \right) = 2,58 + 0,17 = 2,75$$

$$K = \frac{1}{R} = 0,35$$

$$D_{\text{mur}} = K_{\text{mur}} \times S_{\text{mur}} = 0,35 \times 82,8 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{\text{fe}} = 27,4 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{\text{p}} = 19,9 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{\text{s}} = 28,8 + 27,4 + 19,9 = 76,1 \text{ W/C}^\circ$$

$$DL = 20 \% D_{\text{s}} = 15,2$$

$$DT = D_{\text{s}} + DL = 15,22 + 76,1$$

$$DT = 91,33 \text{ W/C}^\circ$$

DT 1,05 (D_{ref})

DT 141,5 \longrightarrow Resultat vérifié

CONCLUSION:

D'après les résultats obtenus après la vérification des déperditions du logement par rapport aux déperditions de référence de celui ci on constate que:

cette étude nous a permis de vérifier la conformité de notre logement cas d'étude avec le DTR C3-2. Nous vérifions donc les calculs ci dessous la conformité de notre logement cas d'étude sans isolation avec le DTR C3-2.

Calcul de K_{mur} (sans isolation)

$$K = 1/R$$

$$R_{\text{mur}} = R = R_{\text{enduit}} + R_{\text{brique}} + R_{\text{lâme d'air}} + R_{\text{brique}} + R_{\text{enduit}}$$

$$R_{\text{mur}} = 0,02 + 0,3 + 0,2 + 0,1 + 0,02 R_{\text{mur}} = 0,64$$

$$\text{donc } K = 1/R = 1,56$$

$$D_{\text{mur}} = K \times S_{\text{mur}}$$

$$D_{\text{mur}} = 1,56 \times 82,4 = 128,7 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{\text{fenêtre}} = 27,4 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{\text{porte}} = 19 \text{ W/C}^\circ$$

$$D_{\text{s}} = 176 \text{ W/C}^\circ$$

$$DL = 20\% D_{\text{s}} = 35,2 \text{ W/C}^\circ \text{ Donc } DT = D_{\text{s}} + DL = 35,2 + 176 = 211,2 \text{ W/C}^\circ$$

DT > 1,05 (D_{ref}) Résultat non conforme au DTR .

LOGEMENT	AVEC ISOLATION	SANS ISOLATION
VERIFICATION DE LA CONFORMITE	DT \leq 1.05° DREF 91.33 \leq 141.5 RESULTAT VERIFIE	DT $>$ 1.05° DREF 211.2 $>$ 141.5 RESULTAT NON VERIFIE
DEPERDITIONS	91.33W/C°	211.2W/C°

Figure 28 résultats des calculs du bilan thermique(source auteur)

Conclusion :

L'impact de l'isolation est prouvé par le bilan thermique statique.

II.4. Simulation thermique dynamique

II.4.1. Présentation des logiciels :PLEIADES + COMFIE (version 2.3)

- **Pléiades**: est le module de préparation de la saisie grâce à des bibliothèques d'éléments de compositions et des vitrages.
- **Comfie** :il calcule les flux thermiques: à partir du descriptif du bâtiment, son environnement et ses occupants.
- **Alcyone**:est un module de saisie graphique, qui permet de dessiner le bâtiment à partir de plan 2D, et de le découper en zones thermiques.
- **Meteonorm**:il permet l'accès à des données météorologiques pour n'importe quel endroit dans le monde.

II.4.2. Processus d'application des logiciels

- **Création d'un fichier météorologique :**

sous logiciel météo norme version 5.1x :

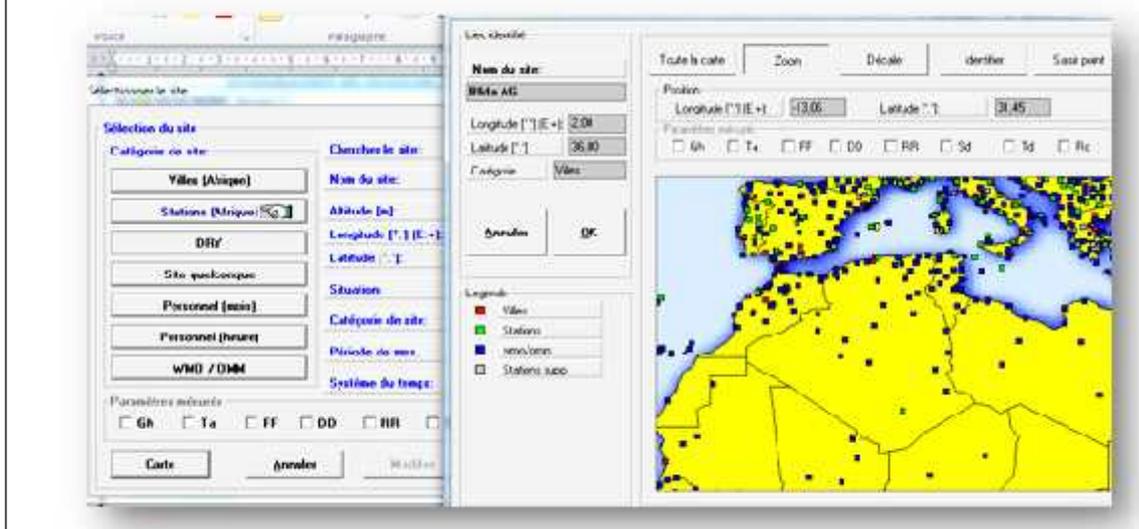


Figure 29 Fichier météorologique (SOURCE : auteur)

- **Identification de la station météorologique :**

Cette étape permet d'utiliser les paramètres météorologiques du site d'étude.

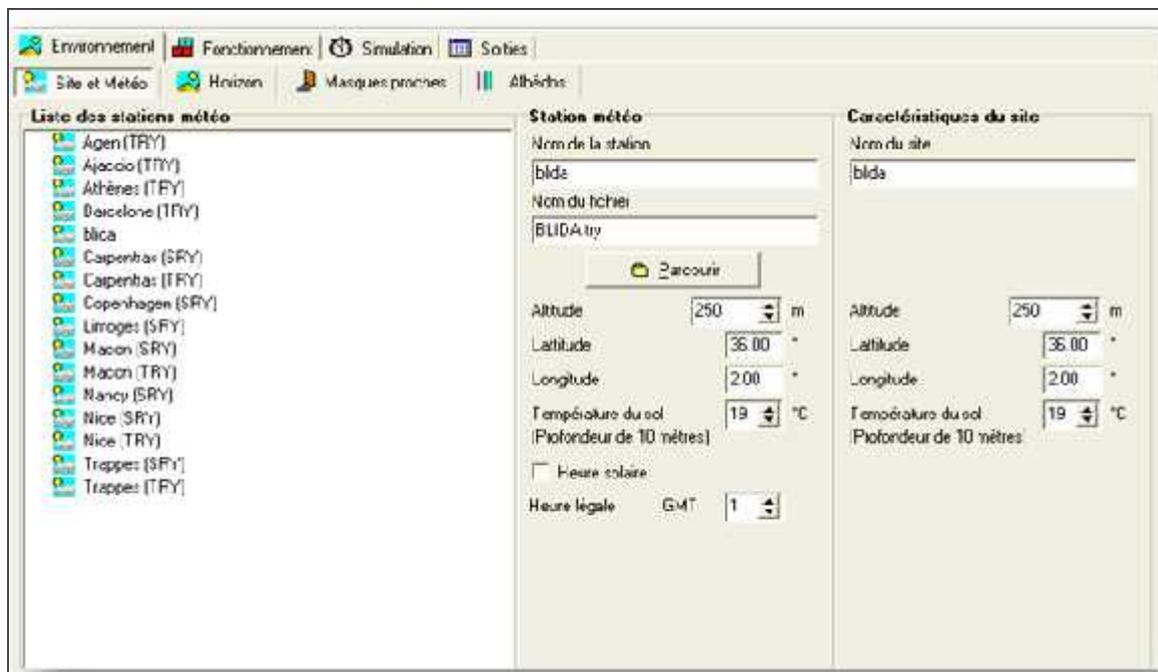


Figure 30 identification de la station(source :auteur)

- **Sous PLEIADES**
- Composition des murs extérieurs et intérieurs.

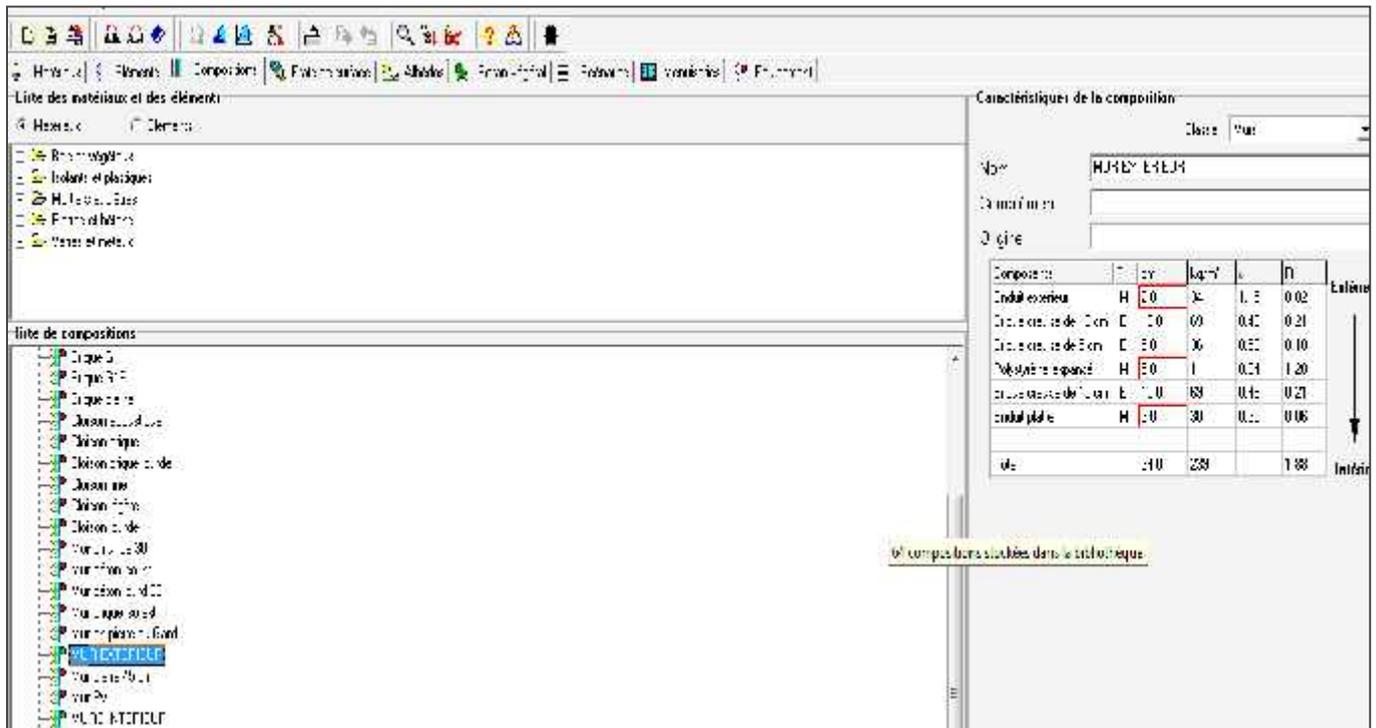


Figure 31 composition des murs extérieurs (source auteur)

- Composition des planchers haut et bas du logement cas d'etude.

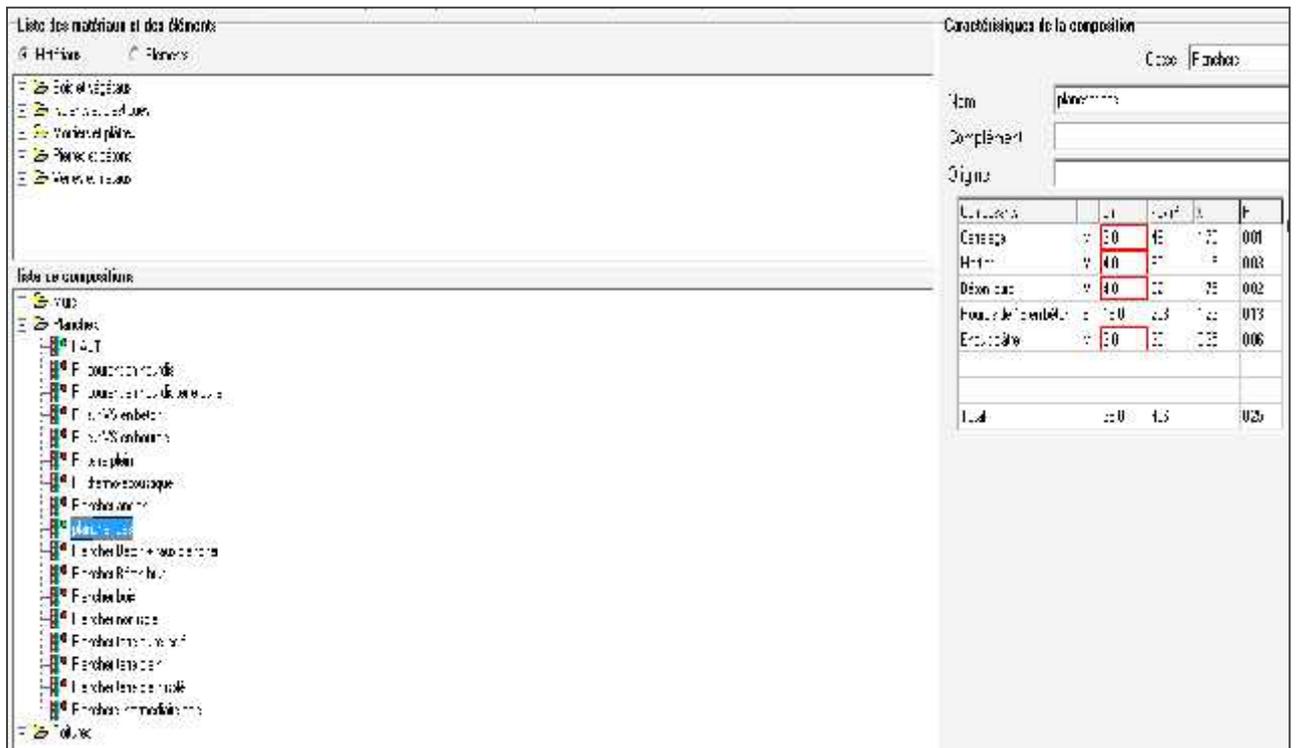


Figure 32 composition des planchers bas (source auteur)

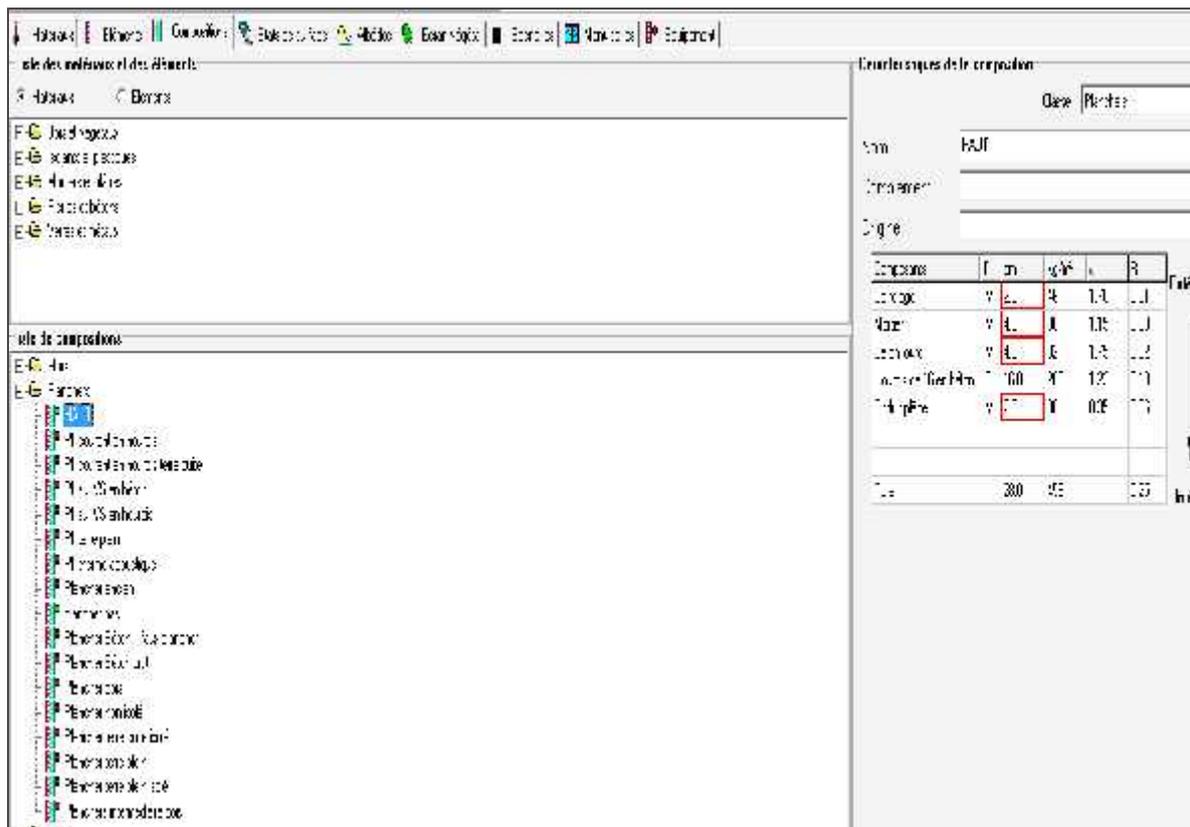


Figure 33 composition des planchers hauts(source auteur)

- **Menuiseries et ouvrants**

Toutes les fenêtres du logement sont en en PVC double vitrage,les portes quand à elles sont isoplans simple ou double battant.

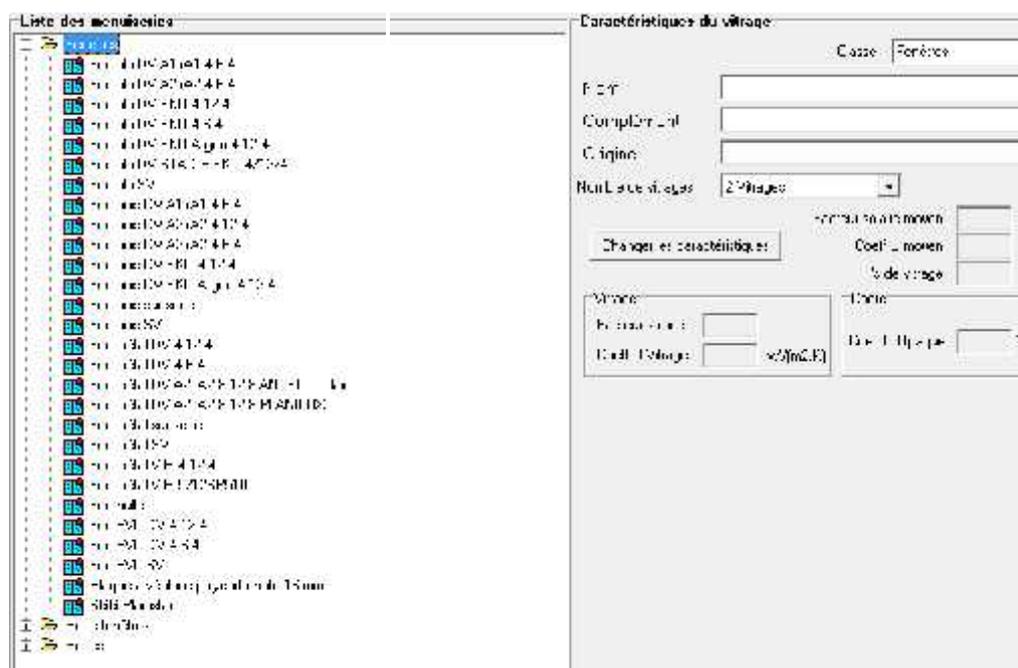


Figure 34 menuiseries et ouvrants (source auteur)

- **Sous ALCYONE**

Définition des paramètres constitutifs.

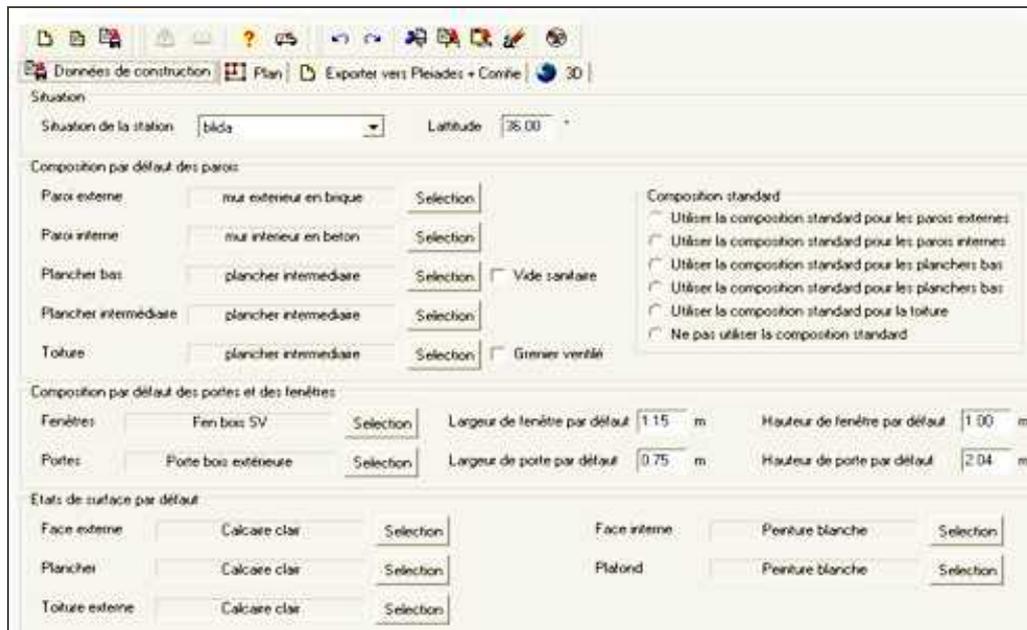


Figure 35 composants constructifs sous ALCYONE(source auteur)

- **Dessin du plan sous ALCYONE :**

- Caractéristiques des murs.
- Caractéristiques des ouvrants.
- Identification des pièces.
- Identification des zones.

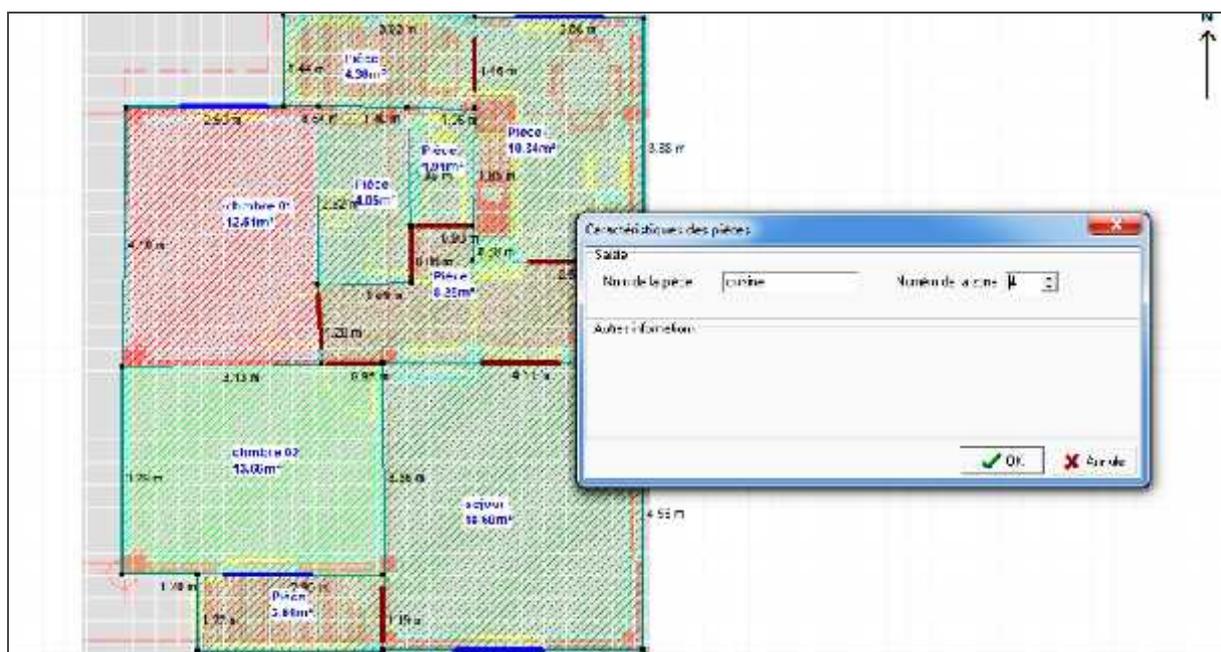


Figure 36 Plan du logement cas d'étude sous ALCYONE (SOURCE: auteur)

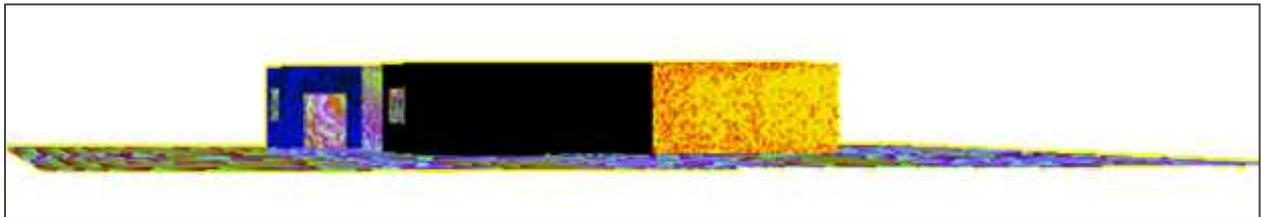
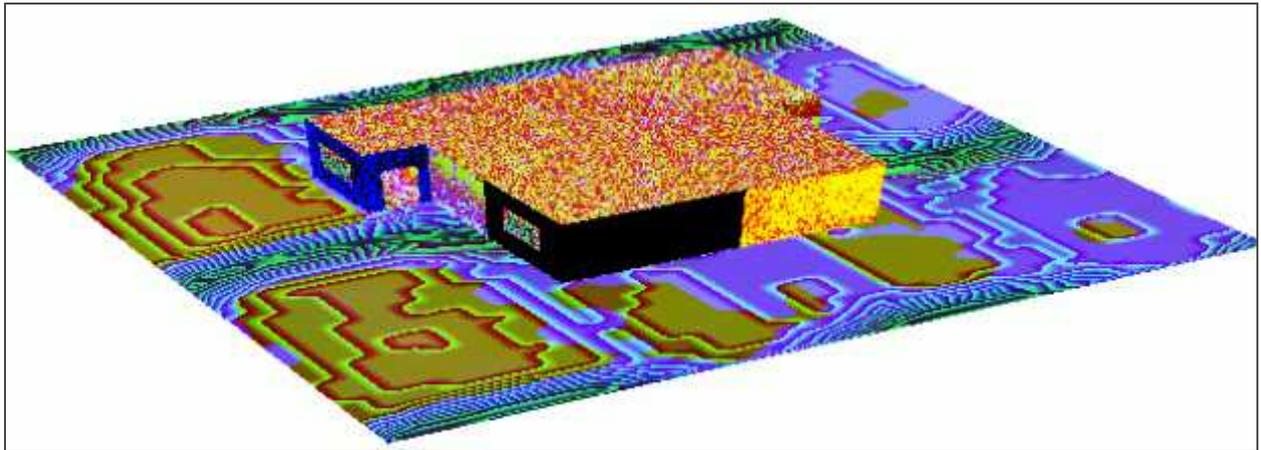


Figure 37 Modélisation 3D du logement cas d'étude sous ALCYONE (SOURCE: auteur)

- **Exporter vers PLEIADES :**

Dans le cadre de cette étude des scénarios de fonctionnement vont être utilisés, afin d'identifier les besoins en chauffage et climatisation, ainsi que l'évolution des températures du logement cas d'étude. Ces scénarios sont les suivants:

Scénario d'occupation

Scénario de puissance dissipée

Scénario d'occultation

Scénario de ventilation

Scénario de consigne thermostat

- **Scénario d'occupation**

Il permet de déterminer le taux de fréquentation des utilisateurs (pour notre cas nous avons choisi un TOL⁵ de 6) , des espaces heure par heure .

⁵ TOL: taux d'occupation du logement (référence: cahier des charges de l'APRUE)

Scenario d'occupation:sejour +chambres

h	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	100	100	100	100	100	100	100
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	100	100	100	100	100	100	100
9 H	33	33	33	33	100	100	100
10 H	33	33	33	33	50	50	50
11 H	33	33	33	33	50	50	50
12 H	33	33	33	33	100	100	100
13 H	33	33	33	33	100	100	100
14 H	33	33	33	33	100	100	100
15 H	33	33	33	33	100	100	100
16 H	33	33	33	33	100	100	100
17 H	33	33	33	33	100	100	100
18 H	100	100	100	100	100	100	100
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	100	100	100	100	100	100	100

Figure 38: scenario d'occupation des chambres et séjour (source auteur)

Scénario d'occupation de la cuisine

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

Figure 39: scenario d'occupation de la cuisine (source auteur)

Scénario d'occupation du hall

Liste des scénarios		N°	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
1	% de ventilation	1 H	0	0	0	0	0	0	0
2	% d'occultation	2 H	0	0	0	0	0	0	0
3	% d'occupation	3 H	0	0	0	0	0	0	0
4	Famille standard	4 H	J	-	L	L	U	U	U
5	occupation de la cuisine zone 02	5 H	J	-	L	L	U	U	U
6	Consigne de thermostat	6 H	J	-	L	L	U	U	U
7	Passance désinée	7 H	J	-	L	L	U	U	U
8		8 H	1	-	1	1	0	0	0
9		9 H	1	1	1	1	1	1	1
10		10 H	1	1	1	1	1	1	1
11		11 H	1	1	1	1	1	1	1
12		12 H	1	1	1	1	1	1	1
13		13 H	1	1	1	1	1	1	1
14		14 H	1	1	1	1	1	1	1
15		15 H	1	1	1	1	1	1	1
16		16 H	1	1	1	1	1	1	1
17		17 H	1	1	1	1	1	1	1
18		18 H	1	1	1	1	1	1	1
19		19 H	1	1	1	1	1	1	1
20		20 H	1	1	1	1	1	1	1
21		21 H	1	1	1	1	1	1	1
22		22 H	1	1	1	1	1	1	1
23		23 H	1	1	1	1	1	1	1
24		24 H	1	1	1	1	1	1	1

Caractéristiques du programme
 Classe: % d'occupation
 Nom: occupation de 06 personnes
 Complément: occupation du sel
 Source:
 Nombre maximum d'occupants: 6.00 Occupants

Figure 40: scénario d'occupation du hall (source auteur)

Scénario d'occupation de la salle d'eau

Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
1	% de ventilation	1 H	0	0	0	0	0	0	0
2	% d'occultation	2 H	0	0	0	0	0	0	0
3	% d'occupation	3 H	0	0	0	0	0	0	0
4	Famille standard	4 H	0	0	0	0	0	0	0
5	occupation salle d'eau	5 H	0	0	0	0	0	0	0
6	occupation de 06 personnes hall	6 H	0	0	0	0	0	0	0
7	occupation de la cuisine zone 02	7 H	0	0	0	0	0	0	0
8	occupation zone 01	8 H	0	0	0	0	0	0	0
9	Consigne de thermostat	9 H	0	0	0	0	0	0	0
10		10 H	100	100	100	100	0	0	100
11		11 H	16	16	16	16	66	66	16
12		12 H	16	16	16	16	16	16	16
13		13 H	0	0	0	0	0	0	0
14		14 H	0	0	0	0	0	0	0
15		15 H	0	0	0	0	0	0	0
16		16 H	0	0	0	0	0	0	0
17		17 H	16	16	16	16	0	0	16
18		18 H	16	16	16	16	0	0	16
19		19 H	100	100	100	100	0	0	100
20		20 H	0	0	0	0	100	100	0
21		21 H	0	0	0	0	60	60	0
22		22 H	0	0	0	0	0	0	0
23		23 H	0	0	0	0	0	0	0
24		24 H	0	0	0	0	0	0	0

Caractéristiques du programme
 Classe: % d'occupation
 Nom: occupation de la salle d'eau
 Complément:
 Source:
 Nombre maximum d'occupants: 6.00 Occupants

Figure 41: scénario d'occupation de la salle d'eau (source auteur)

- **Scenario de puissance dissipée;**

Ce scenario permet de determiner la chaleur emise par les appareils electriques dans les zones thermiques de notre logement cas d'etude dans le but d'aprecier leurs apports internes.

Scenario de puissance dissipée du sejour et chambres:

- 6 lampes (33 watts pour chaque espace).
- TV+ demo onduleur (100+100 watts) .
- Pc (100 watts).

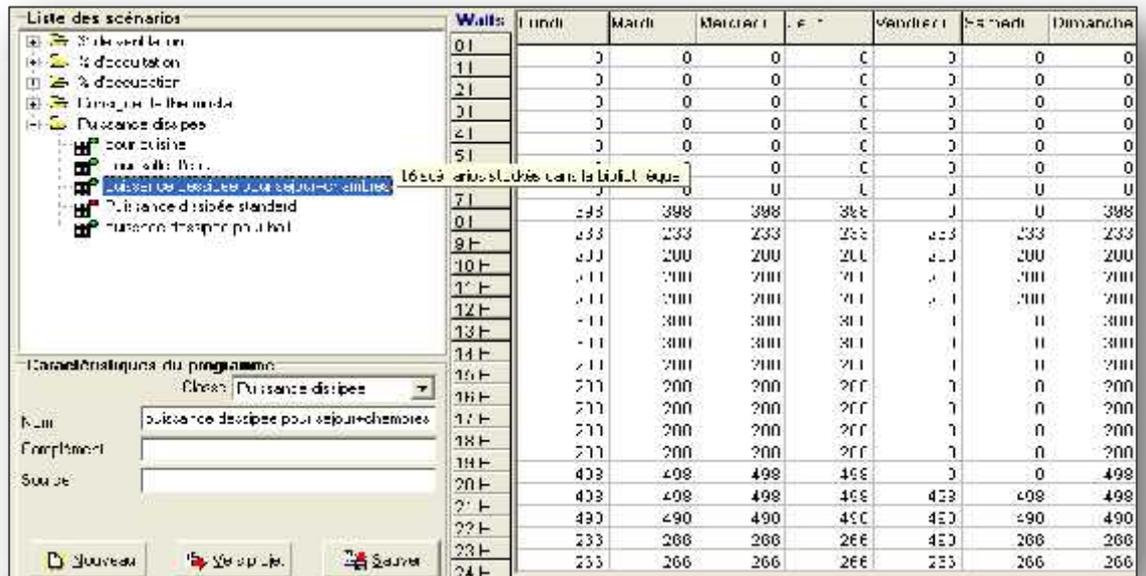


Figure 42: scenario de puissance dissipée du séjour et des chambres (source auteur)

Scenario de puissance dissipée de la cuisine:

- Lampe de 33 watts
- Réfrigérateur : 77 watts.
- Four a gaz :300watt

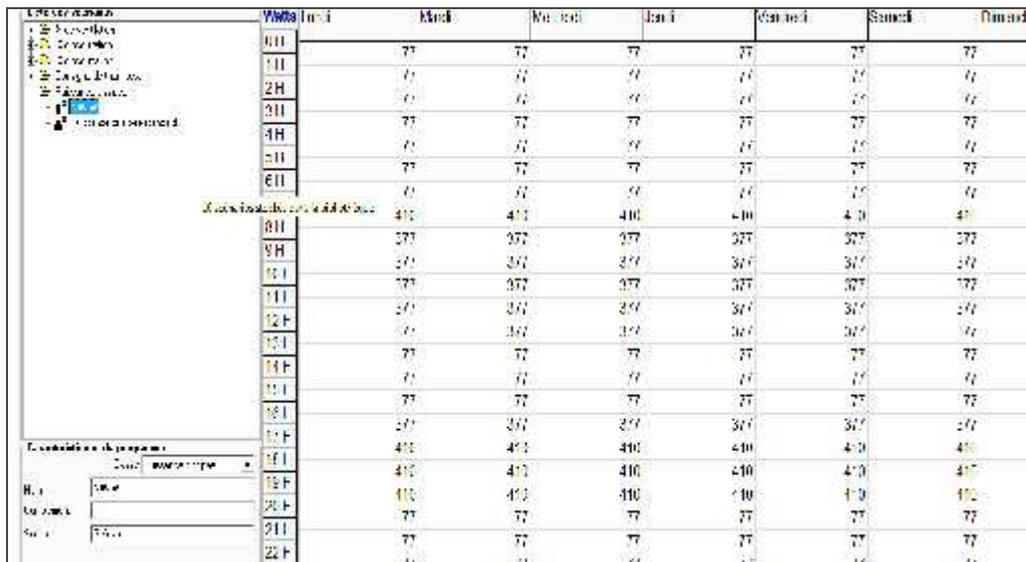


Figure 43: scenario de puissance dissipée de la cuisine (source auteur)

Scenario de puissance dissipée du hall:

4 lampes de 33 watts

Liste des scénarios		Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
%									
%		0 H							
%		1 H	0	0	0	C	0	0	
%		2 H	0	0	0	C	0	0	
%		3 H	0	0	0	C	0	0	
%		4 H	0	0	0	C	0	0	
%		5 H	0	0	0	C	0	0	
%		6 H	0	0	0	C	0	0	
%		7 H	0	0	0	C	0	0	
%		8 H	0	0	0	C	0	0	
%		9 H	0	0	0	C	0	0	
%		10 H	0	0	0	C	0	0	
%		11 H	0	0	0	C	0	0	
%		12 H	0	0	0	C	0	0	
%		13 H	0	0	0	C	0	0	
%		14 H	0	0	0	C	0	0	
%		15 H	0	0	0	C	0	0	
%		16 H	0	0	0	C	0	0	
%		17 H	0	0	0	C	0	0	
%		18 H	102	102	102	102	0	0	102
%		19 H	102	102	102	102	0	0	102
%		20 H	102	102	102	102	102	102	102
%		21 H	102	102	102	102	102	102	102
%		22 H	132	132	132	132	132	132	132
%		23 H	0	0	0	C	0	0	
%		24 H	0	0	0	C	0	0	

Figure 44 :scenario de puissance dissipée du hall (source auteur)

- **Scenario d'occultation:**

Ce scenario gere la frequence d'ouverture des volets de chaque fenetre du logement. on propose le parametre de volet d'hiver .(dans le logiciel)

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

Figure 45: scenario d'occultation des volets (source auteur)

- **Scenario de ventilation:**

On propose un taux de renouvellement standard de 0.6 du volume habitable.

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

Figure 46: scenario de ventilation (source auteur)

Afin de déterminer les besoins en chauffage, on doit intégrer la consigne de thermostat, la zone de confort est fixée à 20°, et ça permet de déclencher le chauffage automatiquement si la température descend en dessous de la température déterminée au préalable.

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

Figure 47 :scenario de consigne de thermostat (source auteur)

Conclusion

Dans ce chapitre il était question de présenter le logement cas d'étude, ainsi que la méthode préconisée pour la recherche. Notre recherche de vérification de l'impact de l'isolation sur les performances énergétiques d'un logement HPE (haute performance énergétique) de AIN ROMANA comporte deux étapes :

-Le bilan thermique statique pour s'assurer de la conformité du bâtiment par rapport au DTR C3-2 ,en calculant ses déperditions calorifiques. Le calcul des déperditions a été fait pour le logement cas d'étude avec l'isolation et sans l'isolation; les résultats prouvent la conformité du logement isole par rapport au DTR C-3-2, alors que le logement non isole n'est pas conforme

- Le recours à la simulation dynamique à l'aide du logiciel PLEIADES +COMFIE met à notre disposition plusieurs applications: le calcul annuel des besoins en chauffage et climatisation, les différents taux d'inconfort dans tous les espaces du logement, les puissances de chauffage ainsi que l'évolution des températures de chaque espace. Apres intégration de tous les scenarios ,compositions des parois , planchers, états de surface, menuiseries. La simulation est lancée .C'est ce qu'on étudiera dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III

INTERPRETATIONS ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

III. Introduction

Les résultats de la simulation seront exposés dans ce chapitre pour discussions et analyse. La simulation thermique dynamique permet d'appréhender le comportement thermique du

bâtiment cas d'étude et d'en apprécier l'impact de l'isolation sur les performances énergétiques de celui ci.

III.1. Etapes de la simulation

Pour la vérification de l'impact de l'isolation avec les simulations du logiciel, nous avons procédé comme pour le bilan statique c'est a dire :

- Etude thermique du logement cas d'étude avec isolation.
- Etude thermique du logement cas d'étude sans isolation.

A la suite des résultats obtenus ,nous proposons des solutions .

En résumé ,les étapes de la simulation suivront cet ordre:

Vérification

- Simulation du logement cas d'étude avec les quatre parois isolées (état de fait).
- Simulation du logement cas d'étude sans isolation.
- Simulation du logement cas d'étude avec isolation au nord.

Proposition

- Simulation du logement cas d'étude avec l'intégration de la ventilation par échangeur air sol.
- Synthèse générale et référentiel énergétique.

III.2. Simulation du cas d'étude avec l'isolation des quatre parois

- Evolution des besoins en chauffage :

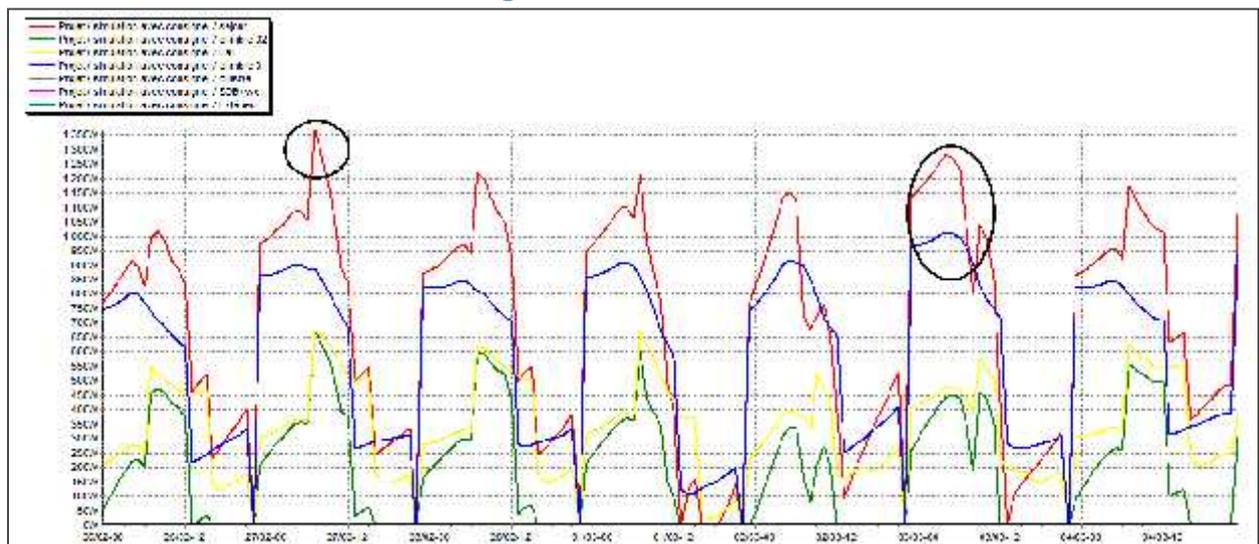


Figure 48 : évolution des besoins en chauffage (source auteur)

Interprétation :

Pour les besoins en chauffage notons des besoins de **1011kwh** de moyenne pour le séjour et les **900kwh** pour la chambre1 qui est orientée plein nord.

- Evolution des températures (sans la consigne de thermostat):

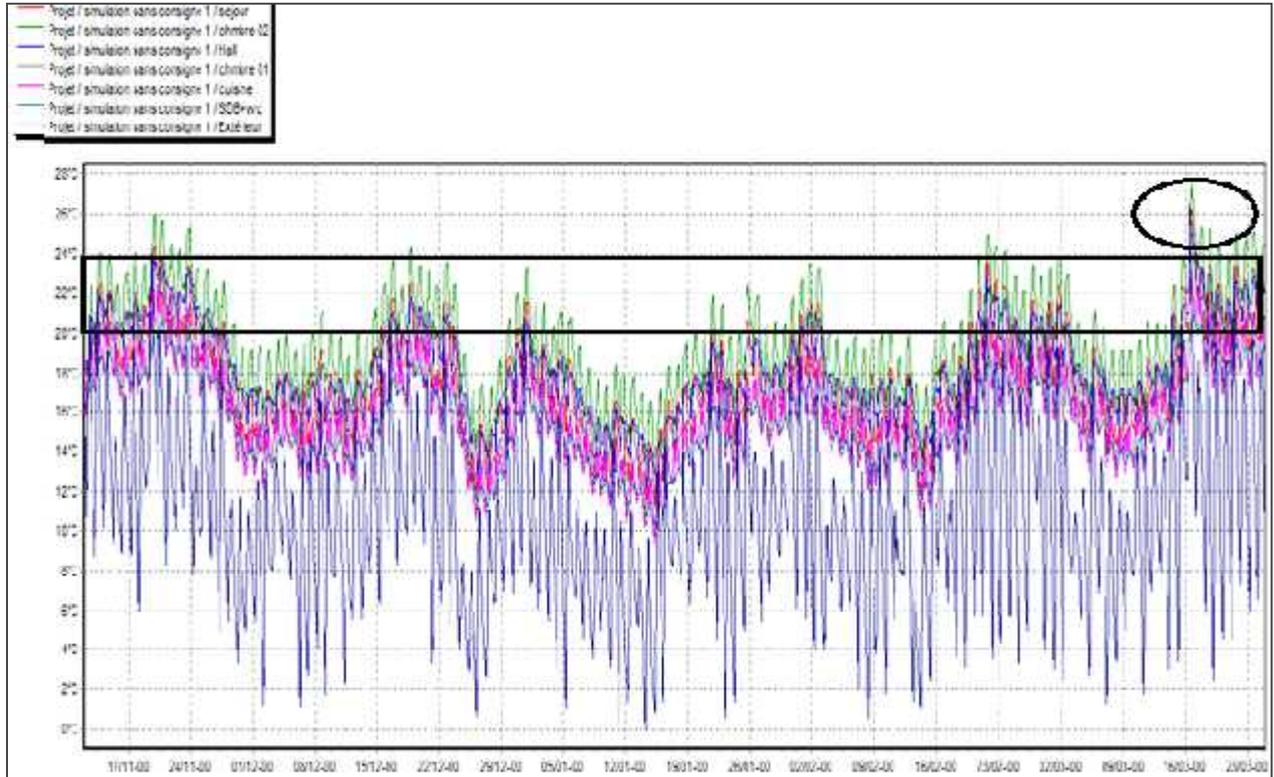


Figure 49: évolution des températures dans le logement isolé des 4 parois (source auteur)

Interprétation:

Pour cette visualisation graphique de la période hivernale qui s'étend de la 48ème semaine jusqu'à la 15ème, nous constatons qu'avec une température extérieure avoisinant les 4° et 6° les températures à l'intérieur du logement cas d'étude vont de 16° à 26°, avec celles de la zone de confort de 18° et 22°. Il faut souligner à ce stade l'apport en gains de l'orientation sud de la zone de confort. (aspect passif)

- Evolution des températures (avec la consigne de thermostat):

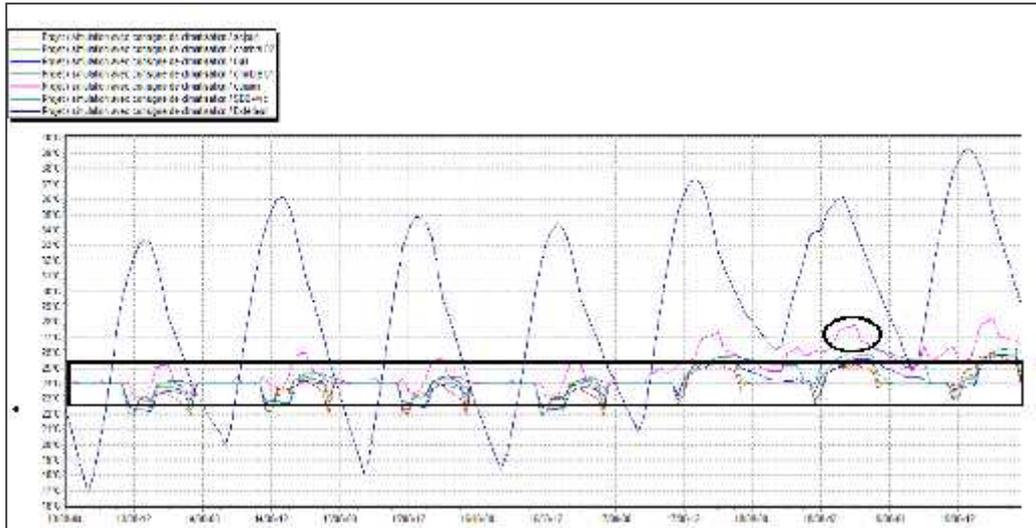


Figure 50: évolution des températures dans le logement isolé des 4 parois avec consigne de thermostat (source auteur)

Interprétation:

En intégrant la consigne de thermostat de chauffage à 20° la zone de confort est située entre 19° et 22 °qui est appréciable pour l'hiver. Mais notons comme même l'amplification de température dans la chambre 2 qui a l'orientation ouest, qui peut présenter un inconfort en été. la cuisine enregistre un pic de 27° qui est orienté nord du entre autres aux apports internes de cet espace , le séjour quand à lui affiche un pic de 26° accentue par son orientation plein sud, et son ouverture vers l'ouest.

III.3. Synthèse chauffage et climatisation :

Zones	Evénement	Evénement	Période 1	Période 2	T° Min	T° Max	T° Moy
chambre	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	21°C	20°C
chambre	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	21°C	20°C
salon	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	21°C	20°C
chambre	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	21°C	20°C
chambre	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	21°C	20°C
chambre	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	21°C	20°C
total	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	21°C	20°C

Zones	Evénement	Hauteur de l'événement	Evénement	Evénement	Evénement
chambre	12.22 kWh	1.100°C	1.100°C	1.100°C	1.100°C
chambre	12.22 kWh	1.100°C	1.100°C	1.100°C	1.100°C
salon	12.22 kWh	1.100°C	1.100°C	1.100°C	1.100°C
chambre	12.22 kWh	1.100°C	1.100°C	1.100°C	1.100°C
chambre	12.22 kWh	1.100°C	1.100°C	1.100°C	1.100°C
chambre	12.22 kWh	1.100°C	1.100°C	1.100°C	1.100°C

Figure 51: synthèse des besoins en chauffage (source auteur)

Zone	Energie Ch.	Energie Dim.	Fuss. Chauffage	Puiss. Dim.
Année				
séjour	0kWh	1789kWh	0W	1703W
chambre 02	0kWh	1301kWh	0W	1254W
Ha	0kWh	1000kWh	0W	753W
chambre 01	0kWh	1425kWh	0W	1449W
cuisine	0kWh	1480kWh	0W	303W
SDE-43	0kWh	381kWh	0W	55W
Total	0kWh	8076kWh	0W	6364W

Figure 52: synthèse des besoins en climatisation (source auteur)

Interprétation:

Avec des besoins de chaleur de **2727kwh C.A.D 35 kWh/m2**, la consommation en chauffage est appréciable. Notons la part de besoins attribuée au séjour **1011 kWh** (par rapport aux autres espaces) qui jouit certes de l'orientation sud, et qui est expliquée par le fait qu'il dispose de **deux ouvertures vers l'extérieur dont une vers l'ouest, une paroi donnant sur un local non chauffé qui est la cage d'escalier, ainsi qu'une plus grande surface à chauffer(19M2)**. La chambre 1 affiche des besoins en chauffage de **1094 kWh** qui est expliquée par son **orientation plein nord**. Ce qui peut être problématique est la consommation de l'électricité de la climatisation car les besoins du logement en matière de rafraîchissement sont de l'ordre de **8076 kWh**.

III.4. Simulation du logement cas d'étude sans isolation

III.4.1. Evolution des besoins en chauffage:

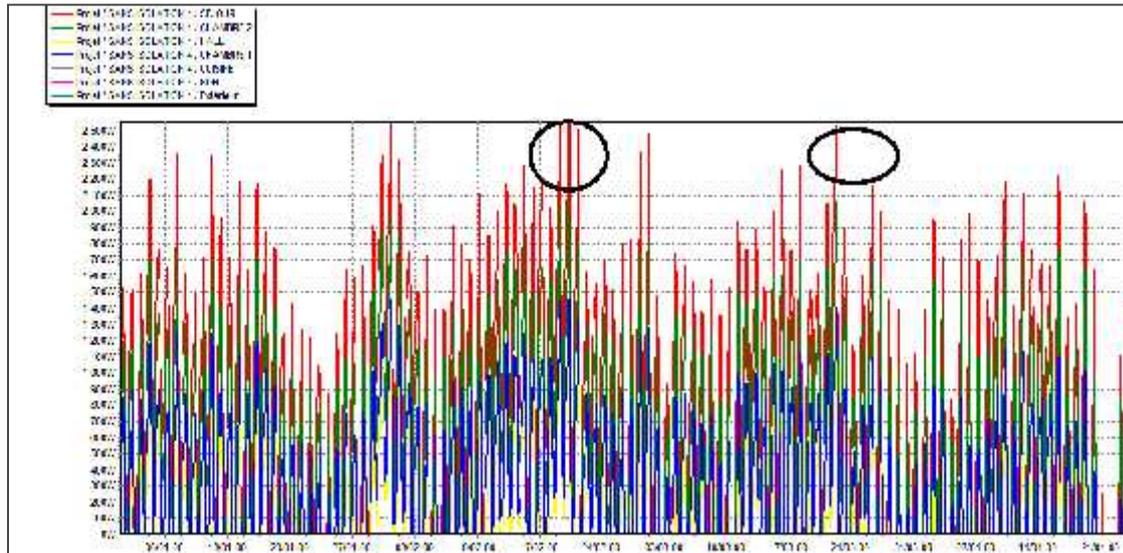


Figure 53 : évolution des besoins en chauffage (source auteur)

Interprétation:

En enlevant l'isolation nous remarquons l'amplification de l'inconfort et les besoins en chauffage pour chaque espace dans le logement cas d'étude en hiver; avec des pics concernant le séjour avec des besoins de **2287 kWh** dans le logement non isolé par rapport au logement isolé qui étaient de l'ordre de **1011 kWh**, les comparant avec les besoins de la chambre 2 qui étaient dans le logement isolé de l'ordre de **1094kwh** en enlevant l'isolation ils sont de **1637kwh**. Cette augmentation par rapport aux autres espaces, est expliquée par la surface à chauffer du séjour, ses deux ouvrants vers l'extérieur et la paroi qui donne sur un local non chauffé (cage d'escalier).

III.4.2. Evolution des températures :

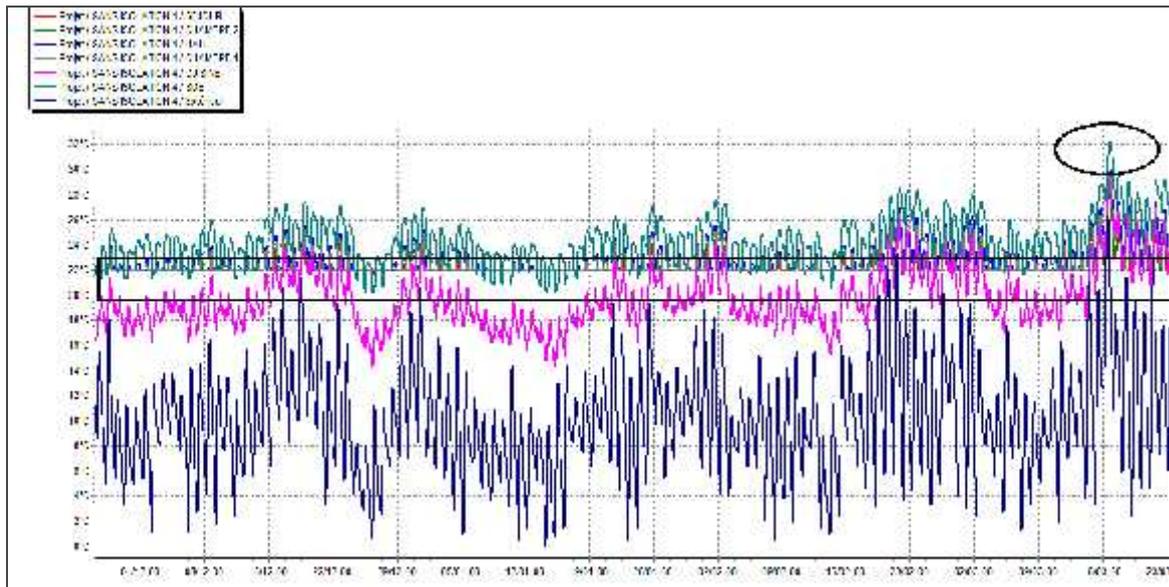


Figure 54 :évolution des températures (source auteur)

Interprétation :

Sans isolation les espaces de vie du logement ne sont plus dans la zone de confort de 20° à 24°. notons l'amplification de la température dans la chambre 2 du à son orientation au sud .

III.4.3. Synthèse chauffage et climatisation:

Projet sélectionné : **Projet / SANS ISOLATION**

Zones	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Puiss. Chauf.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Année							
SEJOUR	2287kwh	0kwh	2552W	0W	21.62 °C	22.30 °C	
CHAMBRE 2	1637kwh	0kwh	2095W	0W	22.80 °C	22.37 °C	
HALL	561kwh	0kwh	1239W	0W	22.80 °C	22.83 °C	
CHAMBRE 1	922kwh	0kwh	1458W	0W	21.93 °C	22.58 °C	
CUISINE	0kwh	0kwh	0W	0W	14.36 °C	19.82 °C	
SDB	81kwh	0kwh	0W	0W	20.0 °C	24.42 °C	
Total	5407kwh	0kwh	7385W	0W			
Zones	Besoins Chauffage Prod.	Moyenne Surchauffe Max	Amplification de l'Ext	Taux d'inconfort	Part de besoin nets		
SEJOUR	26.89 kWh/m3	9.23 (1/10°C)	6.66 %	0.28 %			
CHAMBRE 2	22.45 kWh/m3	9.04 (1/10°C)	8.14 %	0.32 %			
HALL	11.53 kWh/m3	16.68 (1/10°C)	16.72 %	1.44 %			
CHAMBRE 1	18.98 kWh/m3	14.97 (1/10°C)	13.12 %	0.49 %			
CUISINE	0.00 kWh/m3	11.84 (1/10°C)	34.08 %	0.42 %			
SDB	0.00 kWh/m3	22.34 (1/10°C)	36.47 %	10.15 %			

Figure 55: synthèse de chauffage (source auteur)

Interprétation :

Les besoins de chauffage fourni par le tableau de synthèse montre l'impact de l'isolation. Ces derniers se verront doubler avoisinant les **5407kwh**. Et qui est disons le est un minimum car le bâtiment jouit de l'orientation sud véritable allié bioclimatique.les besoins en chauffage du

logement non isolé ont augmenté de près de **49.5%** par rapport au logement isolé des quatre parois.

Zone	Requie (°)	Requie (h)	Pres. (W/m²)	Pres. (W)	Vir	Program	Temps
ANNE	17.0h	381 kWh	0.0	381.0	0.00%	22.75°C	36%
CHAMBRE 2	17.0h	277 kWh	0.0	277.0	0.00%	22.75°C	50%
4.1	17.0h	169 kWh	0.0	169.0	0.00%	22.75°C	32%
CHAMBRE 1	17.0h	172 kWh	0.0	172.0	0.00%	22.75°C	30%
CUISINE	17.0h	193 kWh	0.0	193.0	0.00%	22.75°C	29%
EDB	17.0h	77 kWh	0.0	77.0	0.00%	22.75°C	30%
Total	17.0h	1095 kWh	0.0	1095.0	0.00%		

Zone	Besoins (kWh-100)	Besoins (kWh-100)	Profilage (°C)	Coût (€)	Part (€)	Part (€)
CHAMBRE 2	25.86 kWh/m²	100.00%	18.57%	19%	0.00%	0.00%
4.1	31.7 kWh/m²	100.00%	17.6%	211%	0.00%	0.00%
CHAMBRE 1	38.4 kWh/m²	100.00%	18.0%	20%	0.00%	0.00%
CUISINE	44.1 kWh/m²	100.00%	20.6%	7%	0.00%	0.00%
EDB	62.9 kWh/m²	100.00%	20.0%	186%	0.00%	0.00%

Figure 56: synthèse de climatisation (source auteur)

Interprétation:

Les besoins de climatisation du logement sans isolation ont augmenté de **28%** par rapport au logement isolé des quatre parois, affichant des valeurs de **10954 kWh**. le séjour enregistre quand à lui des besoins de **2611kwh** d'où une augmentation de **40%** par rapport à ses besoins en climatisation dans le logement isolé des 4 parois .La chambre 2 affiche une augmentation de **29%** de besoins en climatisation dans le logement sans isolation par rapport au logement isolé des 4 parois avec **2176 kWh**.

III.4.4. Comparateur des besoins en chauffage (séjour):

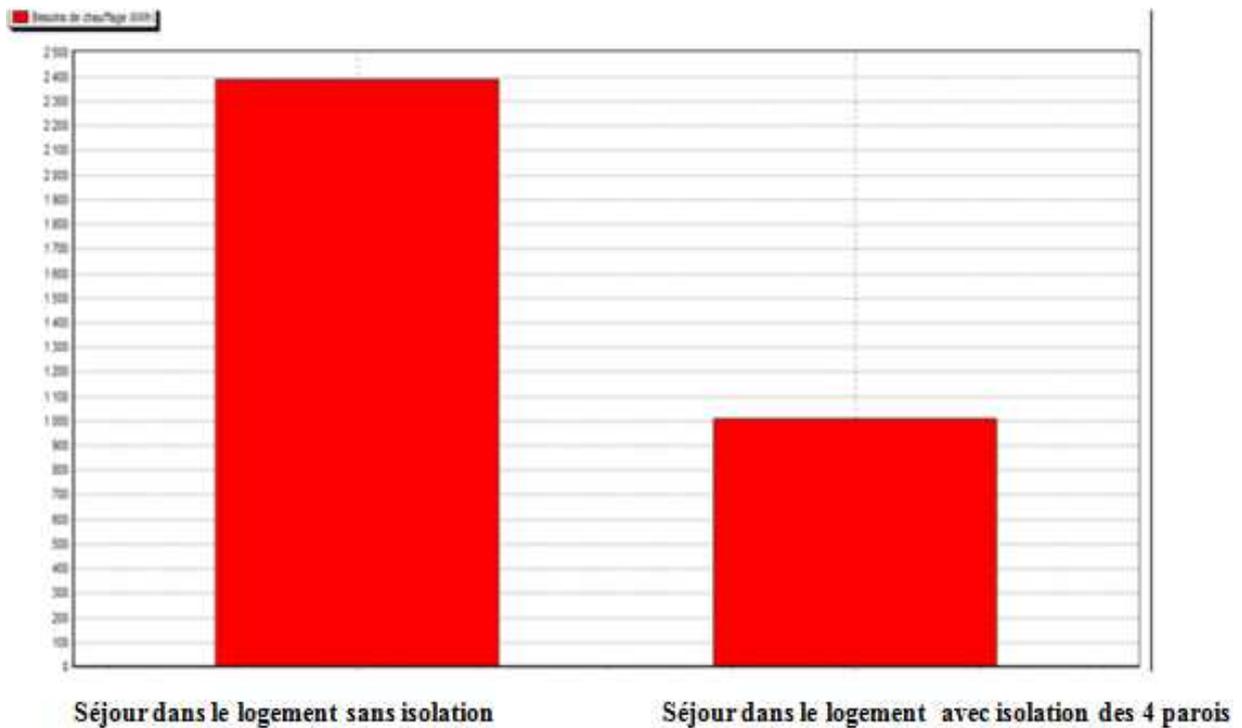


Figure 57 :comparateur des besoins en chauffage du séjour (source auteur)

Interprétation :

Les besoins en chauffage du séjour ont augmente de **1011 kWh** pour le logement isole des 4 parois à **2287 kWh** dans celui sans isolation ,d'ou une augmentation de **56%**.

III.4.5. Comparateur des besoins en chauffage:

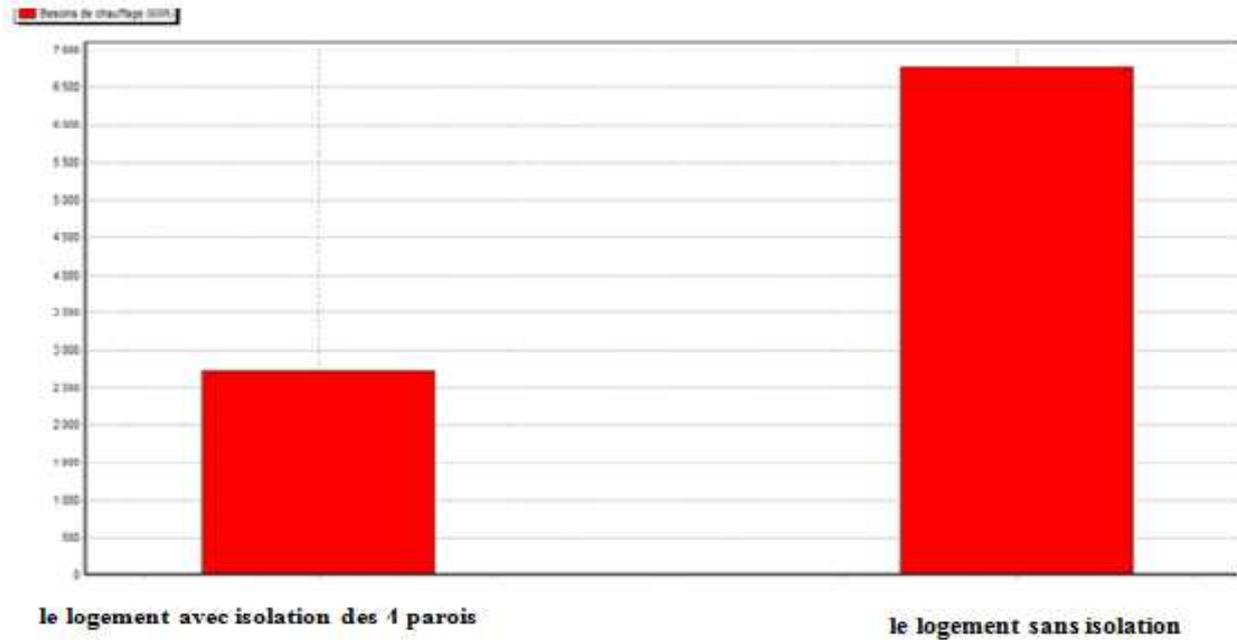


Figure 58 :comparateur des besoins en chauffage du logement cas d'étude (source auteur)

Interprétation

L'apport de l'isolation dans la réduction des besoins de chauffage est vérifié ,mais il reste cet inconfort d'été qui est problématique.

III.5. Hypothèse opérationnelle :

Suite aux résultats obtenus dus à la surchauffe des zones thermiques du logement cas d'étude, nous pouvons émettre l' hypothèse suivante:

- L'isolation au nord (paroi défavorable) est efficace été comme hiver.

III.6. Simulation du logement cas d'étude avec isolation au nord:

III.6.1. Evolution des besoins en chauffage:

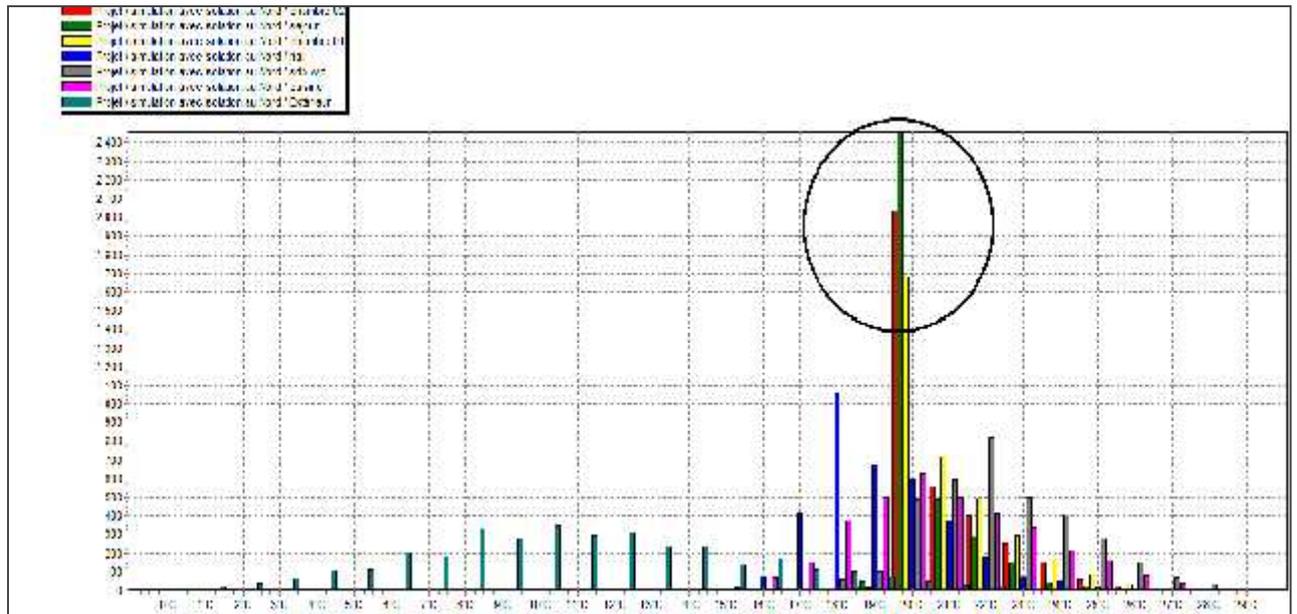


Figure 59: évolution des besoins en chauffage (source auteur)

Interprétation:

Notons l'amplification des besoins en chauffage pour tous les espaces du logement surtout pour le séjour qui passe de **1011kwh** dans le logement isole des 4 parois à plus de **1950kwh** pour les raisons déjà cites auparavant.(orientation et caractéristiques des parois)

III.6.2. Evolution des températures :

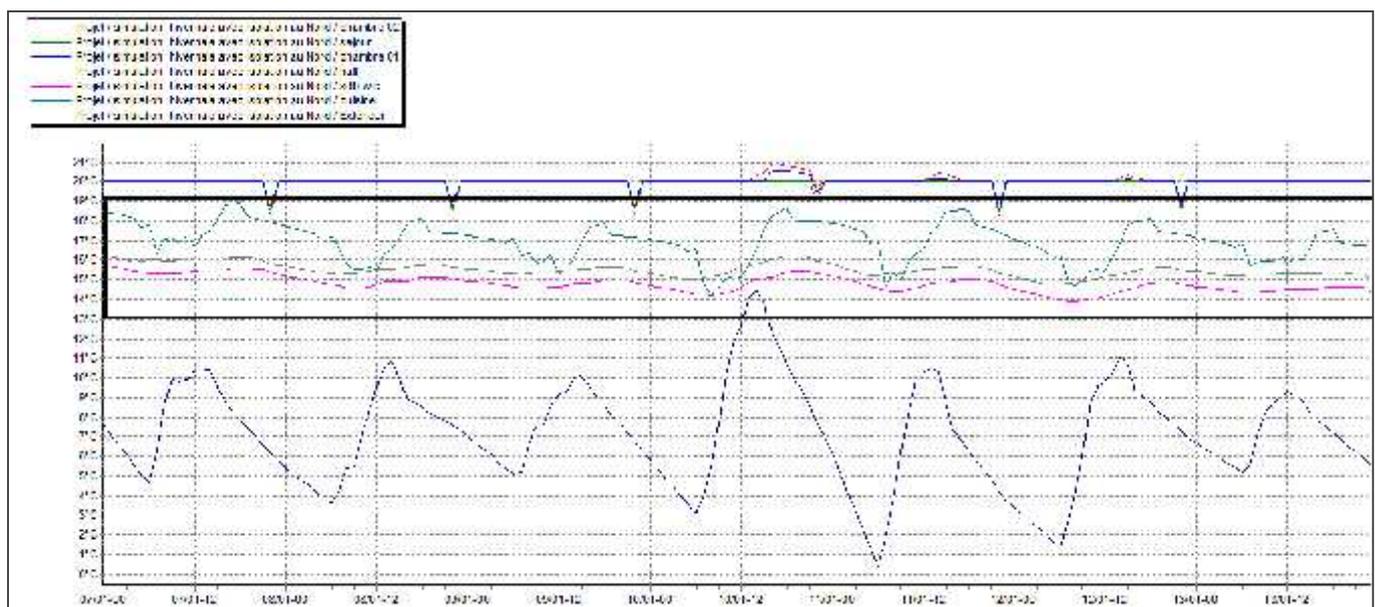


Figure 60 : évolution des températures (source auteur)

Interprétation:

D'après la visualisation graphique ,nous notons que toutes les températures des espaces du logement sont en dessous de la zone de confort , ils sont entre 13° et 19° . sauf la chambre 1 qui affiche une température de 20 ° et cela pour toute la semaine la plus froide de l'année, rappelons qu'elle dispose de l'orientation nord.(paroi isolée).

III.6.3. Synthèse de chauffage et climatisation :

Zone	Besoins Ch.	Besoins Dim.	Puiss. Chauffage	Puiss. Clim.	CO2eq	CO2eq
Année						
chambre 02	1823 kWh	0 kWh	2000 W	0 W	17.415	2794.5
sejour	1911 kWh	0 kWh	2000 W	0 W	17.070	2800.0
chambre 01	1231 kWh	0 kWh	1500 W	0 W	11.510	2170.0
hall	1014 kWh	0 kWh	1500 W	0 W	10.710	1750.0
sdb wc	662 kWh	0 kWh	1500 W	0 W	11.510	1610.0
cuisine	1473 kWh	0 kWh	1500 W	0 W	11.510	1610.0
Total	8484 kWh	0 kWh	6750 W	0 W		

Zone	Besoins Chauffage	Moyenne Surchauffe Max	Amplitude de l'air	Temps de confort	Parten
chambre 02	12.50 kWh/m3	3.00 (1/10°)	11.00 K	0.00 h	0.00 %
sejour	16.41 kWh/m3	3.00 (1/10°)	11.00 K	0.00 h	0.00 %
chambre 01	10.91 kWh/m3	3.00 (1/10°)	11.00 K	0.00 h	0.00 %
hall	10.14 kWh/m3	3.00 (1/10°)	11.00 K	0.00 h	0.00 %
sdb wc	6.62 kWh/m3	3.00 (1/10°)	11.00 K	0.00 h	0.00 %
cuisine	14.73 kWh/m3	3.00 (1/10°)	11.00 K	0.00 h	0.00 %

Zone	Besoins Ch.	Besoins Dim.	Puiss. Chauffage
Année			
chambre 02	0 kWh	1890 kWh	0 W
sejour	0 kWh	2214 kWh	0 W
chambre 01	0 kWh	1231 kWh	0 W
hall	0 kWh	1014 kWh	0 W
sdb wc	0 kWh	662 kWh	0 W
cuisine	0 kWh	1473 kWh	0 W
Total	0 kWh	8484 kWh	0 W

Zone	Besoins Chauffage	Moyenne Surchauffe Max
chambre 02	16.59 kWh/m3	3.00 (1/10°)
sejour	16.66 kWh/m3	3.00 (1/10°)
chambre 01	16.21 kWh/m3	3.00 (1/10°)
hall	17.00 kWh/m3	3.00 (1/10°)
sdb wc	21.80 kWh/m3	3.00 (1/10°)
cuisine	19.40 kWh/m3	3.00 (1/10°)

Figure 61: synthèse de chauffage et climatisation (source auteur)

Interprétation :

Les besoins en chauffage ont doublé par rapport aux besoins du logement isolé des 4 parois, passant de **2727 kWh** à **4140kwh**, une augmentation de **34%**. Notons la réduction des besoins de la chambre 1 avec l'orientation nord et donc paroi isolée, de **1000kwh** dans le logement sans isolation à **790 kWh** dans le logement isolé au nord, une réduction de **21%**.

III.6.4. Comparateur des besoins en chauffage et climatisation:

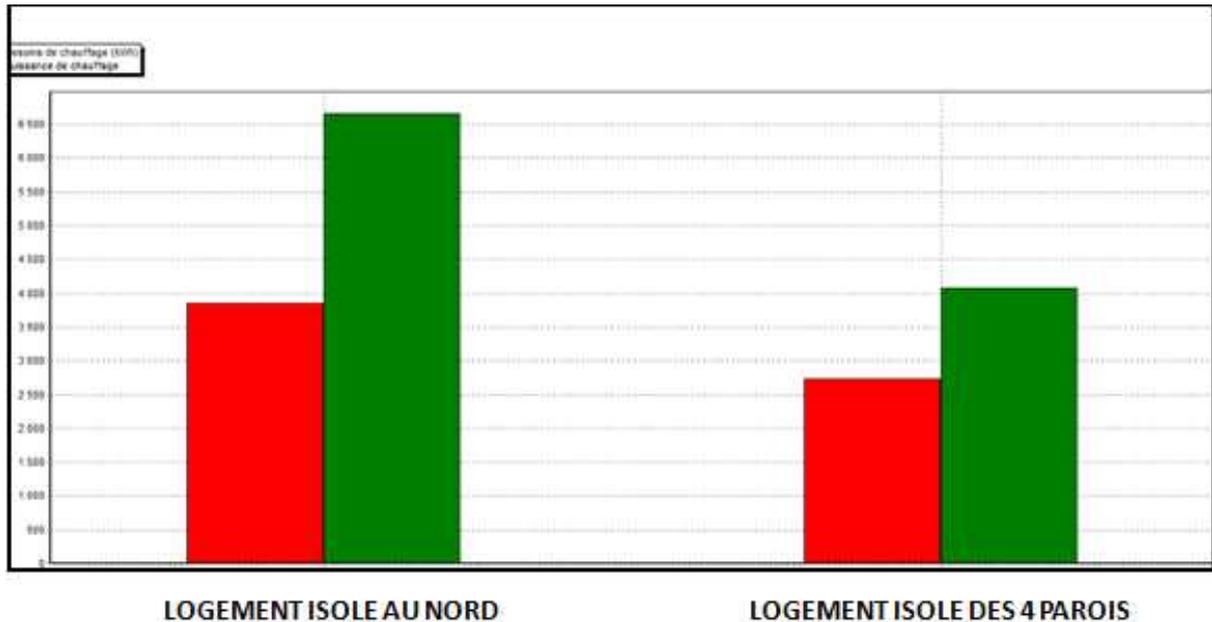


Figure 62: comparateur des besoins en chauffage (source auteur)

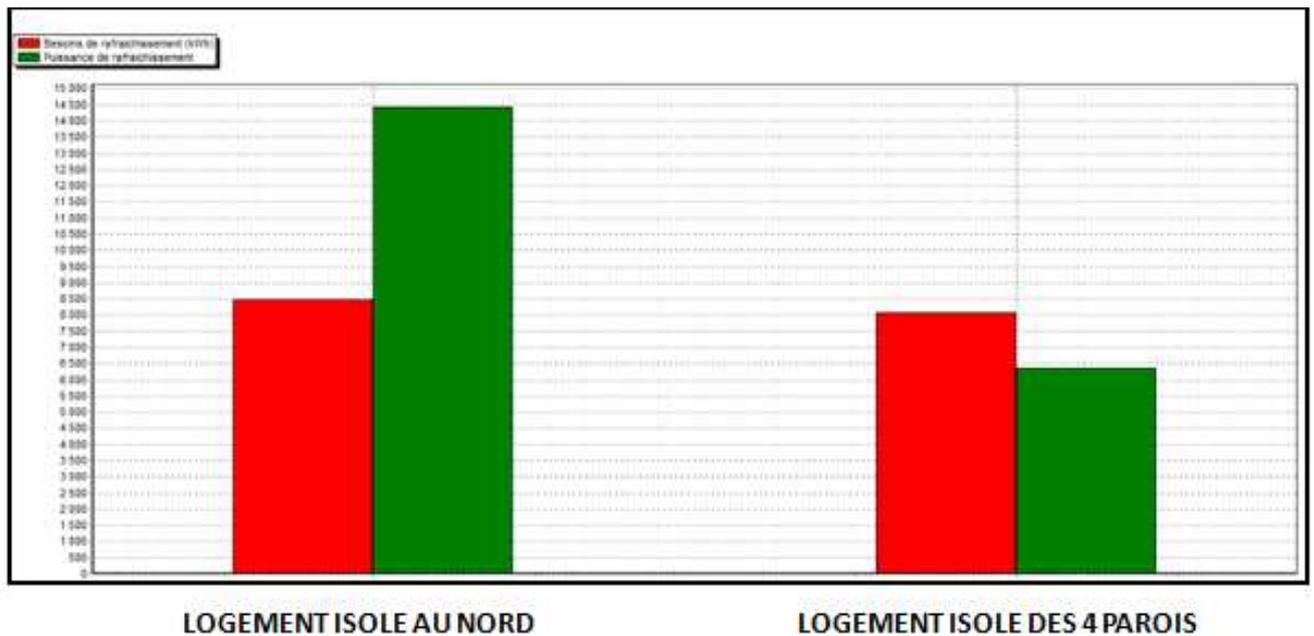


Figure 63: comparateur des besoins en climatisation (source auteur)

Interprétation :

Les besoins en chauffage dans le logement isole au nord ont augmente de **34%** par rapport au logement isole des 4 parois. Les besoins de rafraîchissement ont à eux aussi augmente de près de **44%**.

III.7. Synthèse

III.7.1. Comparsateur des besoins de chauffage des 3 simulations:

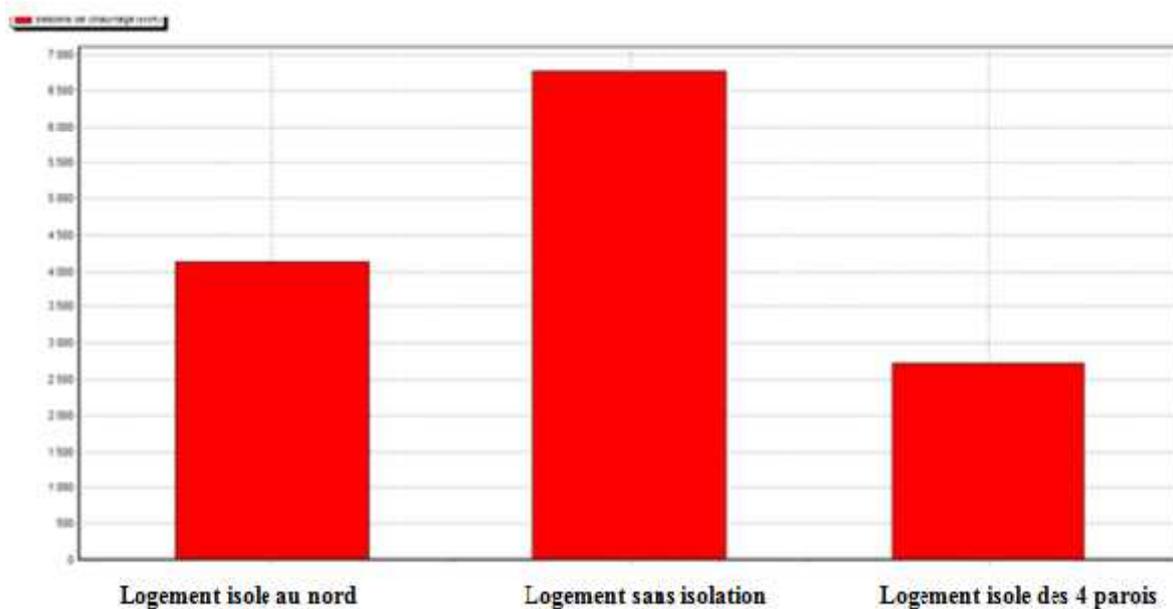


Figure 64: comparsateur des besoins en chauffage des 3 simulations (source auteur)

III.7.2. Comparsateur de moyenne de surchauffe :

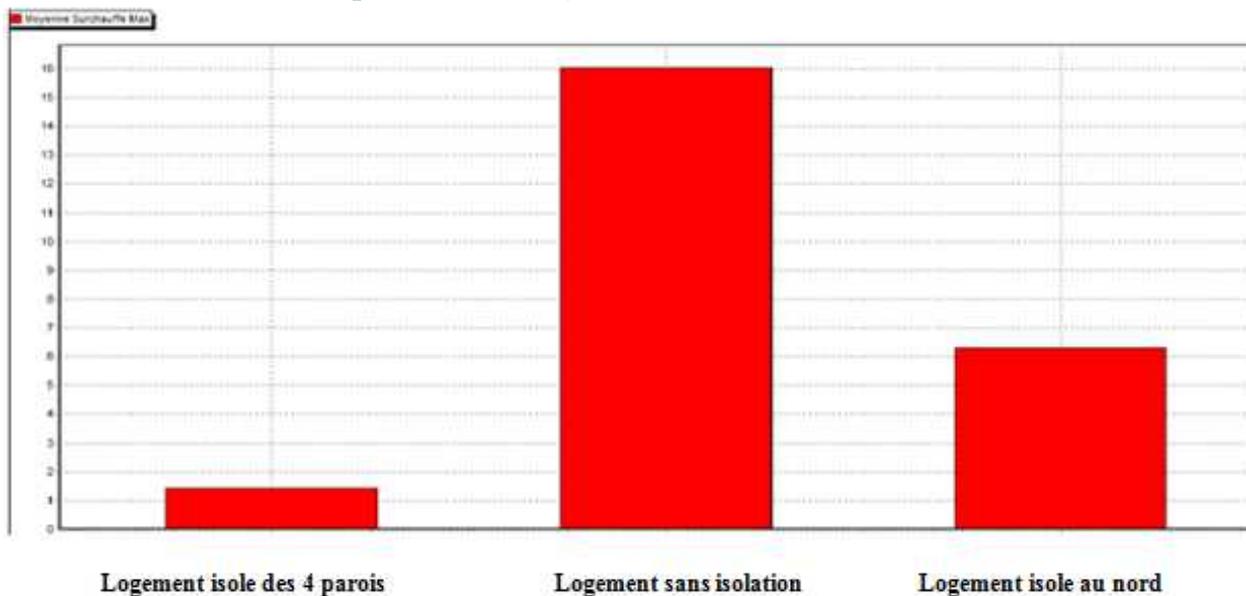


Figure 65: comparsateur de moyenne de surchauffe (source auteur)

Interprétation :

La moyenne de surchauffe dans le logement isole des 4 parois (1.2) présente une réduction de **90%** par rapport au logement sans isolation, et **40%** par rapport au logement isole au nord.

III.7.3. Comparateur des besoins de climatisation des 3 simulations :

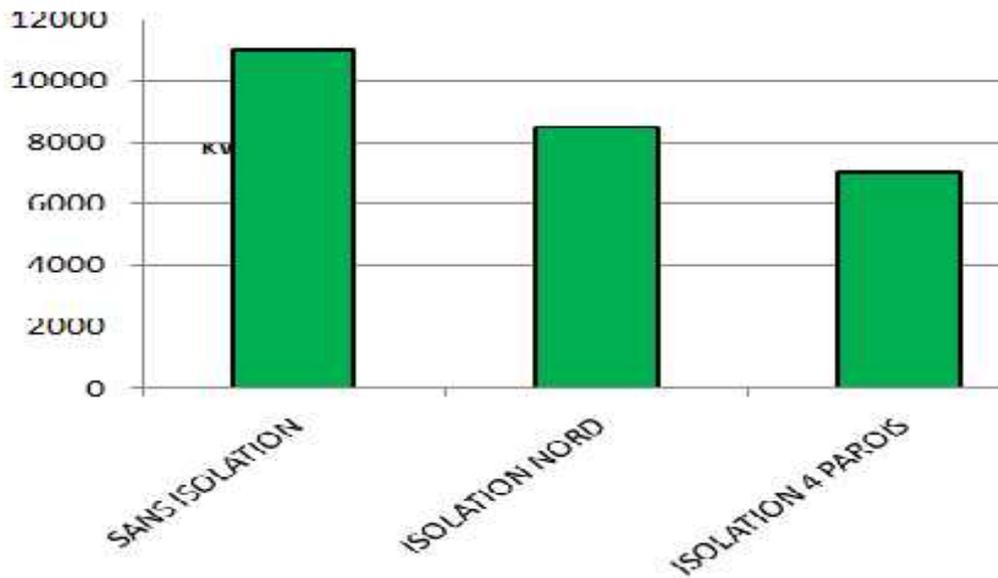


Figure 66: comparateur des besoins de climatisation des 3 simulations (source auteur)

III.7.4. Synthèse des besoins en chauffage et climatisation des 3 simulations

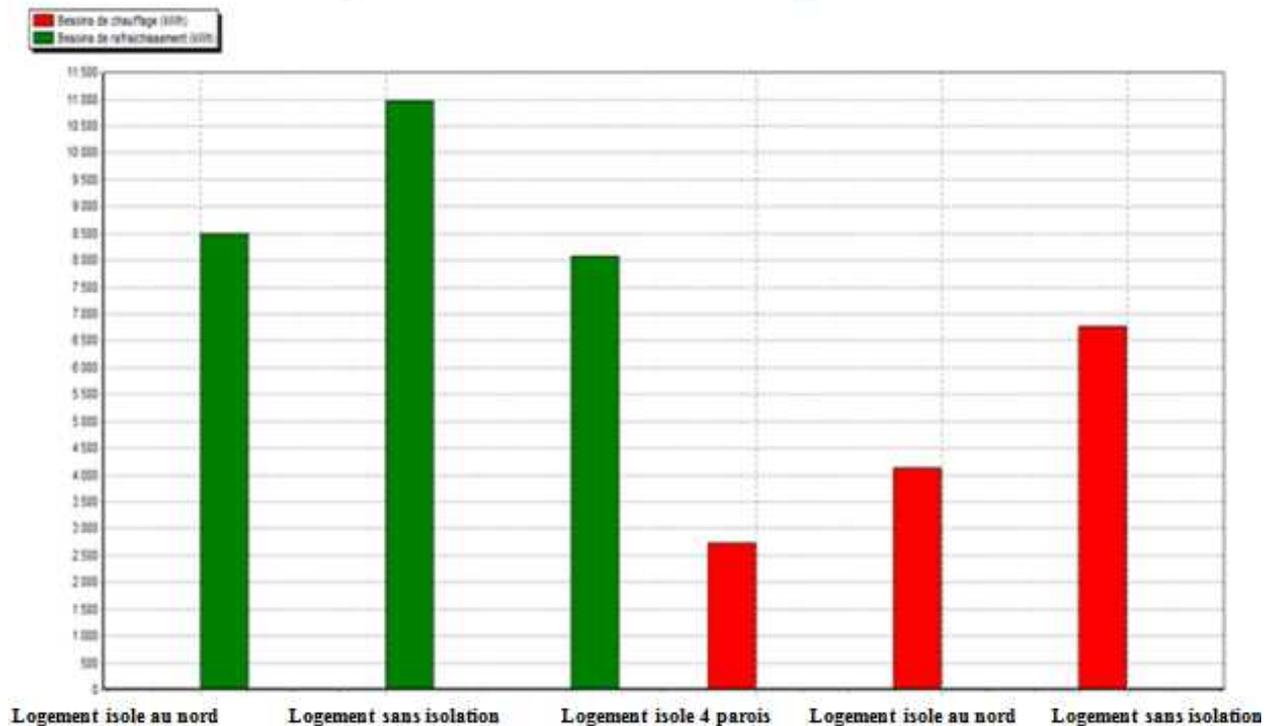


Figure 67: synthèse des besoins en chauffage et climatisation des 3 simulations (source auteur)

Interprétation :

les besoins de chauffage de la simulation du logement cas d'étude sans isolation ont augmenté **5407kwh** SOIT DE **49.5 %** par rapport au logement isolé des quatre parois .Et de **4140 kWh** pour celui isolé au nord ,soit de **34%** par rapport au logement isolé des 4 parois. Les besoins en rafraîchissement du logement sans isolation ont presque doublé de **8076kw/h** pour le logement isolé des 4 parois à **14500kw/h** ,pour celui sans isolation, soit une augmentation de **44%**.

L'impact de l'isolation dans la réduction des besoins en chauffage et climatisation est vérifié du logement cas d'étude. L'apport de l'isolation est indéniable dans l'efficacité énergétique des bâtiments avec un impact sur les performances et les gains en énergies des bâtiments. Toutefois cet inconfort en été et l'accroissement des besoins de rafraîchissement sont problématiques .

III.8. Hypothèse opérationnelle:

L'intégration d'un autre concept bioclimatique (passif) qui est la **ventilation par la géothermie**, réduit les besoins en climatisation du logement cas d'étude. (proposition complémentaire).

III.9. Simulation du logement cas d'étude avec intégration de la ventilation par échangeur air sol:

III.9.1. Critères de choix:

Le choix de la ventilation par échangeur air sol est pris en considération pour plusieurs raisons :

-L'apport de gains gratuits de la géothermie en matière de préchauffage et rafraîchissement des espaces.

-L'aspect passif de l'échangeur air sol (puits provençal) .

-Cette solution a été retenue dans le cahier des charges du logement HPE de AIN ROMANA ainsi que dans les dossiers graphiques, mais lors de l'exécution des bâtiments, une erreur des terrassements contraint les responsables du projet à laisser tomber cette solution.

III.9.2. La géothermie:

La géothermie (mot issu du grec « géo » = terre et « thermos » = chaud) est la science qui étudie les phénomènes thermiques internes du globe terrestre. C'est aussi l'ensemble des applications techniques qui permettent d'exploiter les sources d'énergie géothermique. On peut énumérer quatre bonnes raisons en faveur de l'exploitation de l'énergie géothermique.

- La géothermie est une source d'énergie respectueuse de l'environnement. Elle n'engendre dans l'atmosphère ni substances polluantes, ni dioxyde de carbone et remplace de manière idéale les agents énergétiques fossiles.
- La géothermie est disponible en permanence. Elle ne dépend pas des conditions climatiques (soleil, pluie, vent), des saisons ou des heures de la journée.
- Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années. Inépuisable à la dimension de l'ère humaine, la géothermie fait partie des énergies renouvelables, donc durable, les besoins de la génération actuelle peuvent être satisfaits sans compromettre ceux des générations futures.

III.9.3. Principes de l'échangeur air sol:

L'utilisation d'un échangeur air/sol, système appelé communément « puits canadien » en France et parfois « puits provençal » lorsqu'il sert à rafraîchir l'habitation, connaît un développement important depuis quelques années." *Il consiste à utiliser comme entrée pour la ventilation de la maison, de l'air qui a préalablement circulé dans un tube enterré à une certaine profondeur. La température du sous-sol étant moins variable que celle de l'air extérieur cela permet d'avoir une entrée d'air plus tempérée*". (Hollmuler, 2006) En hiver, l'air est réchauffé avant de pénétrer dans la maison ; en été il est rafraîchi. Il s'agit ainsi du système de géothermie le plus simple qui soit, avec une consommation électrique réduite à celle du ventilateur utilisée pour la circulation de l'air.

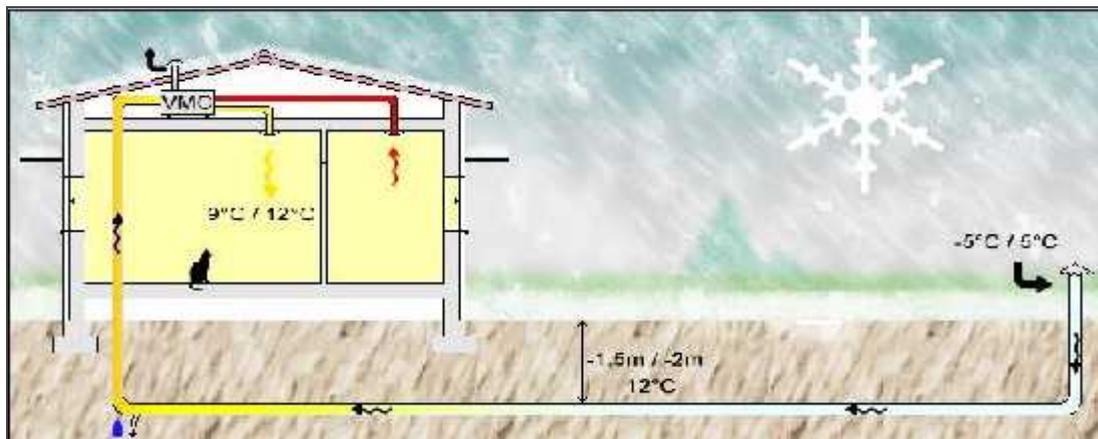


Figure 68: puits canadiens

En été, il permet d'abaisser la température maximale de quelques degrés. Le système doit être désactivé pendant les intersaisons afin de ne pas refroidir la maison alors que l'on recherche la chaleur. L'entrée d'air est alors directement prise sur l'extérieur sans passer par le puits canadien.

Le dimensionnement d'un puits canadien est assez délicat du fait du nombre de paramètres à optimiser : longueur, diamètre et nombre de tubes, profondeur d'enfouissement, distance entre les tubes et débit de ventilation.

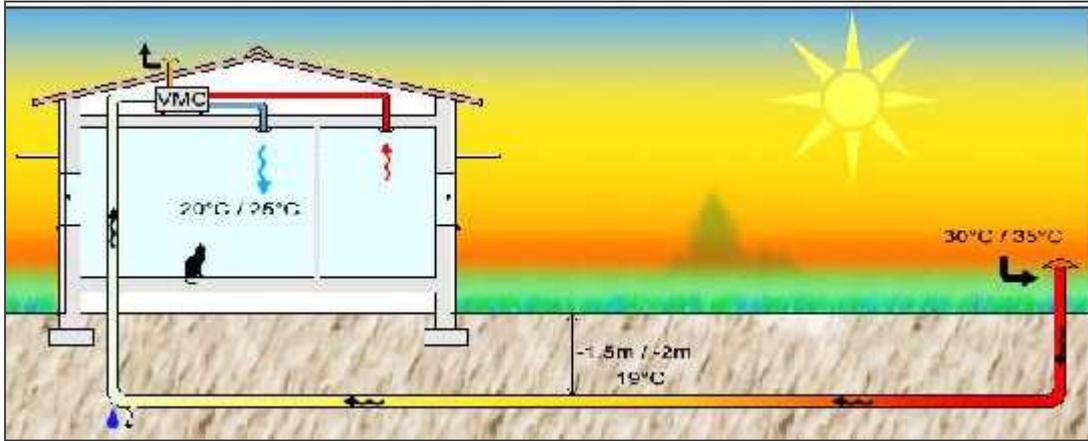


Figure 69 : puits provençal

III.9.4. Intégration de l'échangeur dans l'habitat collectif

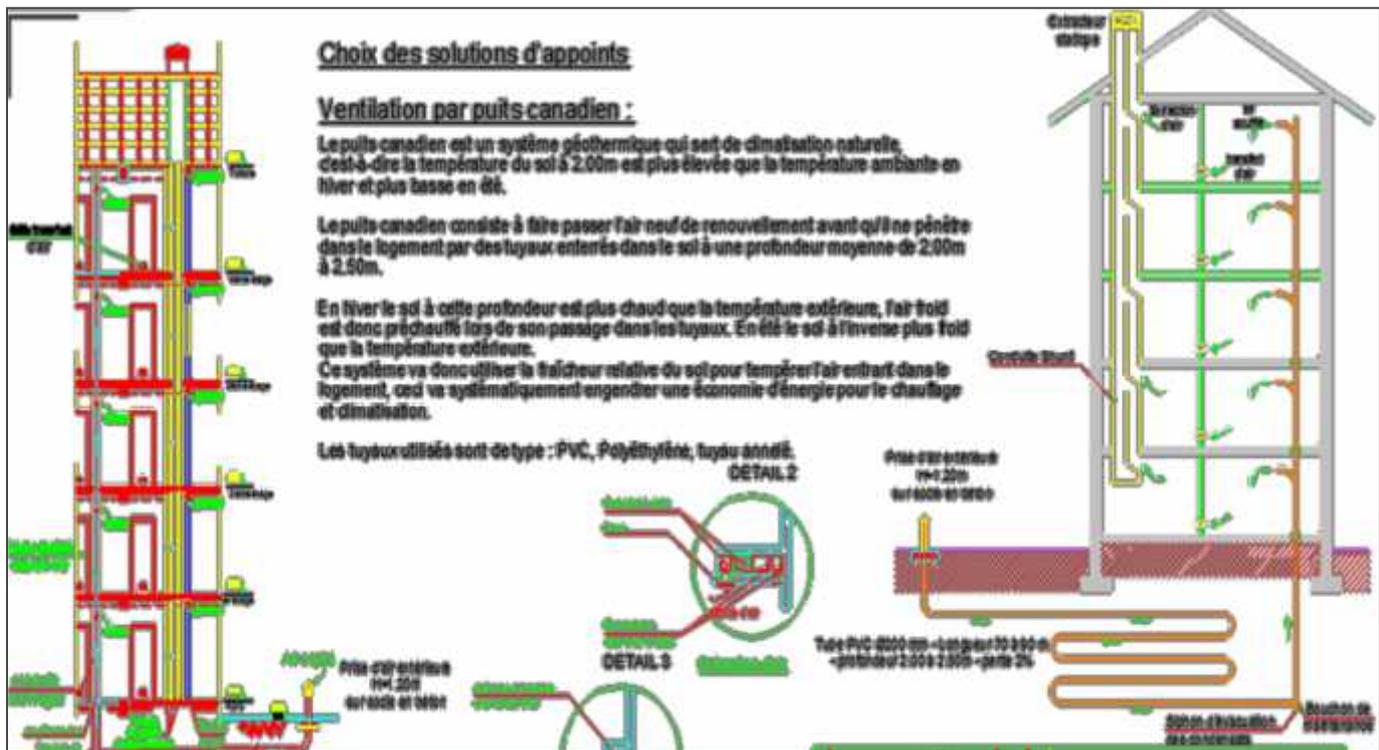


Figure 70: intégration de l'échangeur air sol dans l'habitat collectif (source cahier des charges AIN ROMANA)

III.9.5. Dimensionnement de l'échangeur air sol:

Pour dimensionner le puits nous proposons le logiciel **GAEA** pour voir l'apport de la ventilation passive sur les performances énergétiques du logement cas d'étude.

- **Présentation du logiciel**

GAEA est un logiciel de dimensionnement des échangeurs air sol. conçu par l'université de SIEGAN en ALLEMAGNE. Son processus d'application est le suivant:

On intègre au logiciel toutes les données concernant le bâtiment:

- Nombre et longueur de tuyaux
- Profondeur d'enfouissement
- Diamètre des tuyaux
- Distance entre les tuyaux.
- Débit d'air

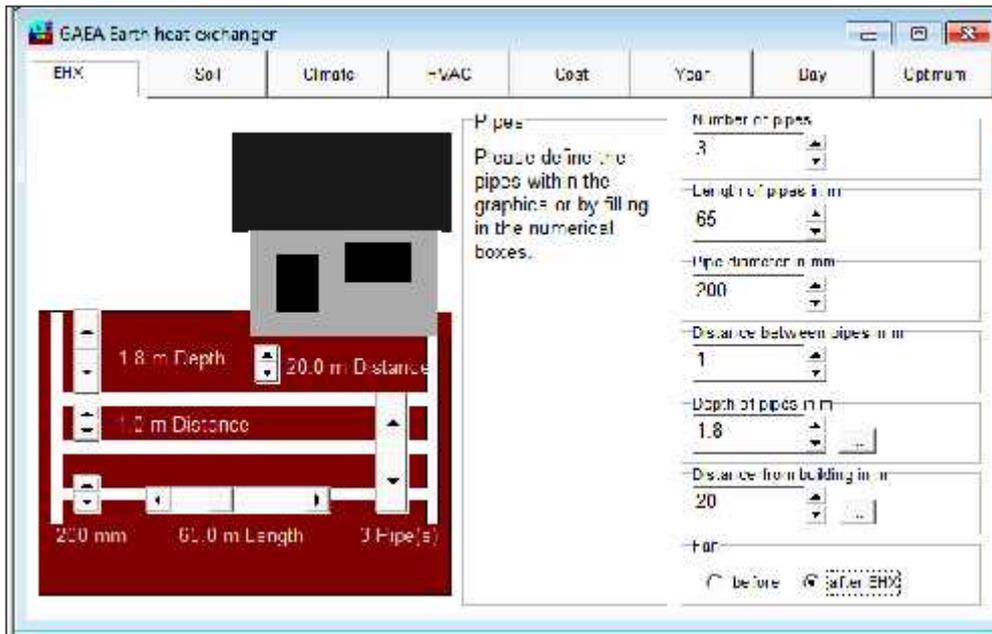


Figure 71: processus d'application du logiciel (source auteur)

Et celles concernant le sol:

- Type de sol
- Conductivité thermique
- Teneur en eau et densité.
- Le climat

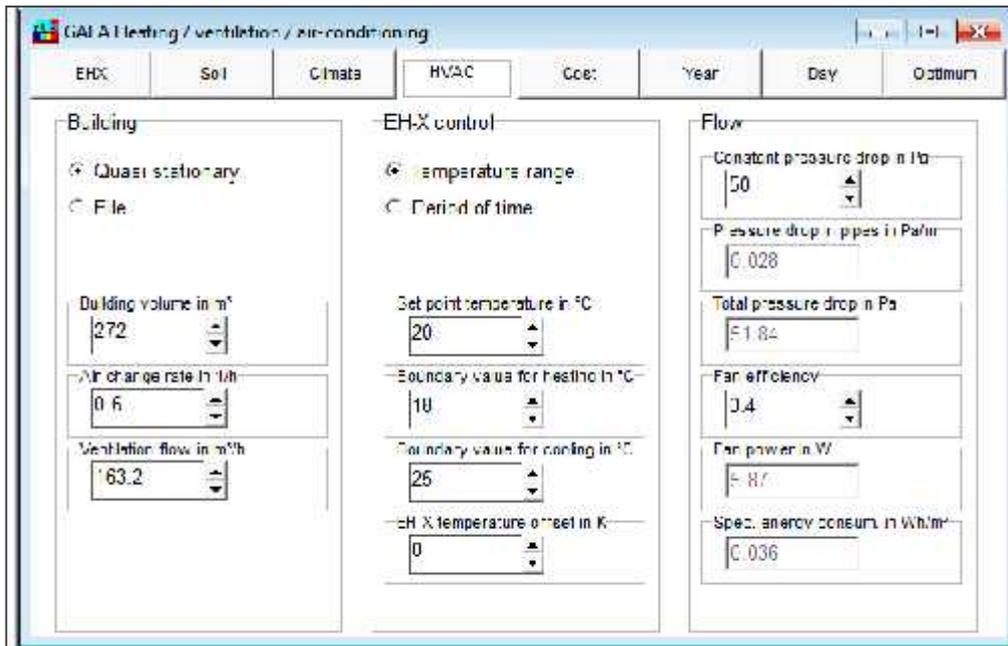


Figure 72: processus d'application du logiciel (source auteur)

Après l'intégration de tous ces paramètres la simulation du dimensionnement peut être lancée. Et les résultats sont les suivants:

III.10. Synthèse

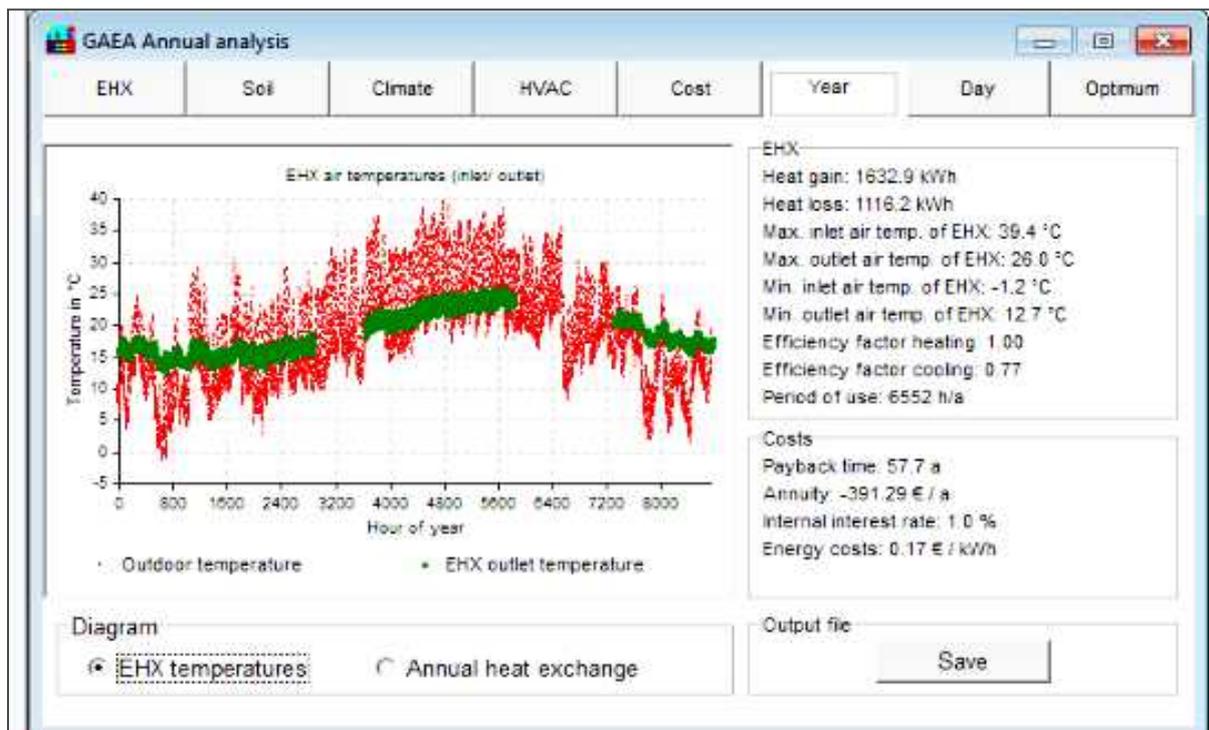


Figure 73 :synthèse de l'apport de l'échangeur (source auteur)

Interprétation:

D'après la visualisation graphique de l'évolution des températures durant l'année nous notons que:

- **Pour l'hiver:**

Même pour des températures avoisinant les 4° ,nous constatons celles du puits oscillant entre 18° et 20°.Qui est fort appréciable en hiver. Ces gains de chaleur apportés seront déduits des besoins en chaleur du logement cas d'étude isole des 4 parois.

- **Pour l'été:**

Même pour des températures atteignant parfois les 40° celles du puits ne dépasseront pas les 22° ,Propulsées au logement cas d'étude en été est une véritable aubaine presque gratuite.

III.11. Conclusion:

Après intégration de l'apport de l'échangeur air sol les besoins en chauffage du logement cas d'étude sont de l'ordre de **426kwh** par rapport au logement isole des 4 parois (2727kwh),, d'ou une réduction de **84%** et les besoins en rafraîchissement sont de l'ordre de **6900kwh** d'ou une réduction de **25%** .

L'échangeur air sol couplé à une ventilation mécanique contrôlée (ventilation hybride) donnera des résultats encore meilleurs en matière de climatisation.

III.12. Synthèse générale

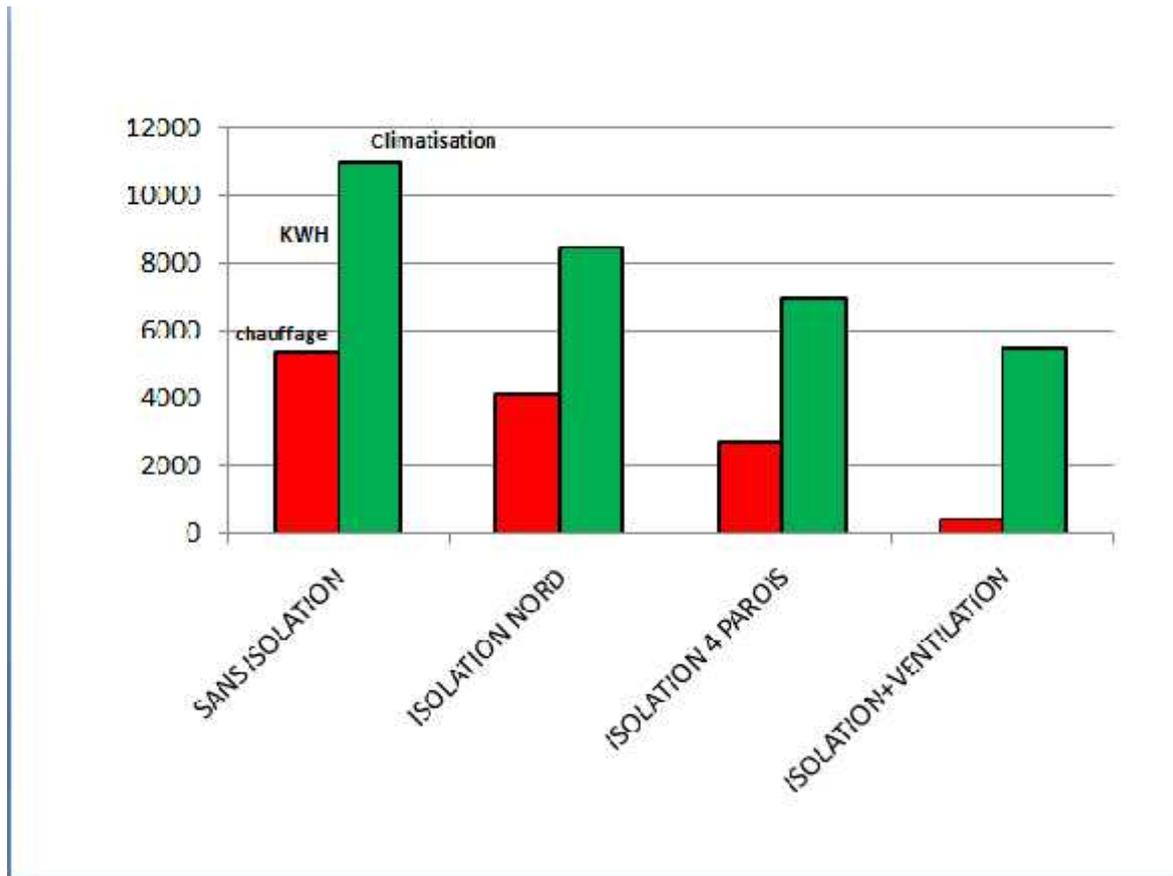


Figure 74 : synthèse générale (source auteur)

III.13. Synthèse des références énergétiques

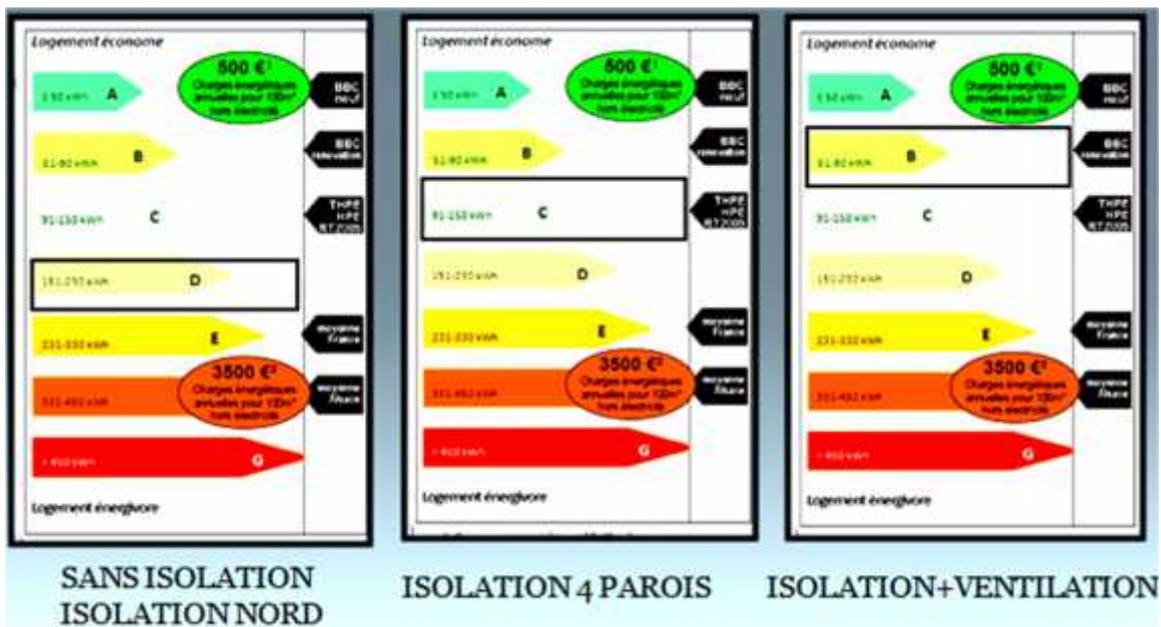


Figure 75: synthèse référentiel énergétique (source auteur)

CONCLUSION GENERALE

Aujourd'hui, la thématique de l'efficacité énergétique, notamment dans le secteur du bâtiment, dispose d'une réelle opportunité de développement dans les pays du Sud de la Méditerranée. Dynamisée par une préoccupation croissante pour la protection de l'environnement global, l'efficacité énergétique représente une échappatoire pour des pays en développement comme l'ALGERIE à l'économie fragilisée. Elle est synonyme de développement : diminuer la dépendance envers le pétrole, supprimer les subventions des prix de l'électricité et du carburant et ainsi allouer davantage de ressources à des budgets prioritaires tels que la santé, l'éducation ou l'agriculture.

L'efficacité énergétique présente de nombreux avantages et cette thématique a par conséquent acquis plus de poids et de crédibilité dans notre pays au cours de ces dernières années ; Des politiques cherchant à l'améliorer ont vu le jour comme la création de l'agence de rationalisation et de l'utilisation de l'énergie (APRUE) et ses différents programmes ,entre autre le programme **ECOBAT**; Qui est une opération pilote avec un cahier des charges **bioclimatique**⁶.

L'adhésion de la société à la cause de l'efficacité énergétique est une condition sine qua non de son succès sur le plan politique. En effet, si la société n'est pas réceptive, le processus politique ne peut avoir de débouché favorable. Il est donc nécessaire d'une part d'adopter une posture d'écoute de la société avant de lui imposer un concept, et d'autre part d'analyser les savoirs locaux.

La maîtrise de l'énergie des bâtiments signifie entre autre la Maîtrise du confort d'été et d'hiver, en privilégiant des solutions simples et de bon sens est en fait une nécessité pour réduire les besoins énergétiques du bâtiment. Avec l'adaptation de la construction aux paramètres bioclimatiques, les divers besoins domestiques sont énormément minimisés; Surtout que la mauvaise conception thermique induit un surdimensionnement des équipements et une surconsommation d'énergie qui a un coût financier et environnemental.

Le confort thermique visé à l'intérieur des constructions est en fait une principale exigence de l'épanouissement morale et physique de l'individu. Dans le but de créer ce confort, l'homme construisait avec son environnement immédiat. Il utilisait des matériaux locaux de préférence lourds, afin de bénéficier de leur capacité d'isolation. L'action combinée des facteurs climatiques sur son abri provoque des réponses thermiques.

L'isolation est derrière cette réponse thermique ou derrière l'intelligente relation qui repose sur la compréhension des mécanismes et des échanges thermiques entre le dedans et le dehors. C'est un procédé passif lié aux matériaux et à la manière dont est constituée la paroi.

⁶ concepts bioclimatiques : orientation, isolation, dispositions des espaces, et ventilation.

Les résultats de notre recherche montrent l'efficacité de l'isolation dans les performances énergétiques d'un logement collectif. A cet effet et Afin d'atteindre ces objectifs nous avons eu recours à l'usage de deux outils:

- La vérification par le **bilan thermique statique**, par rapport au DTR C 3-2 :Calcul des déperditions du logement cas d'étude avec et sans isolation
- L'intégration des simulations avec le **logiciel PLEIADES +COMFIE**.

-Avec isolation

-Sans isolation

-Isolation au nord

- évaluation par le **référentiel énergétique**

Les résultats des simulations ont bel et bien vérifié l'impact de l'isolation sur la réduction des besoins de chauffage (réduction de près de **49.5%**) et climatisation (réduction de près de **25%** du logement cas d'étude) par rapport à un logement sans isolation. La limite de l'isolation se fait sentir en été et qui peut être pallier par la ventilation(aspect passif) avec l'échangeur air sol aux apports indéniables en été et en hiver. En proposition le dimensionnement de l'échangeur avec le **logiciel GAEA**.

Il faut dire que l'intégration des principes de l'architecture bioclimatique à savoir : l'orientation, l'isolation et la ventilation ont des avantages perceptibles en matière d'économie d'énergie.(réduction de près **84%** pour le chauffage, et **25%** pour la climatisation)

la simulation n'a concerné que le logement du 3eme étage, avec ses propres caractéristiques qui ont l'influence sur la performance de l'isolation thermique. Il est donc suggéré que des configurations différentes du logement cas d'étude devraient être simulées, qui peuvent mener à des performances thermiques différentes; mode de pose de l'isolant ,son épaisseur et ses caractéristiques durables (biodégradabilité et écologie).

Par ailleurs, une recherche des caractéristiques de la toiture et le plancher type avec leur isolation thermique optimale peuvent être évaluer dans le futur.

Axes de recherches futures :

L'isolation thermique est donc un phénomène complexe, multicritère et indispensable pour l'obtention d'un confort à moindre consommation énergétique possible. L'ensemble des chercheurs sur le sujet, voient là un moyen évident pour réduire les consommations et améliorer les conditions intérieures des bâtiments.

Plusieurs questions restent en suspend, et dont les réponses constitueront sans doute de nouveaux axes de recherche:

- La Réhabilitation thermique du parc de logements en ALGERIE.
- L'Intégration des choix bioclimatiques dans la conception des lotissements.
- La Méthodologie de dimensionnement des échangeurs air sol eau .
- L'audit énergétique : vers une labellisation des bâtiments en ALGERIE.
- Le Diagnostic de performance énergétique.

Bibliographie

- proprietes des materiaux.** (2005). Consulté le mai 15, 2014, sur <http://batir sa maison .com>
- mur menteau.** (2006). Consulté le novembre 2015, sur ADEME:
[www.ademe.fr\(sewlet\) get.doc](http://www.ademe.fr(sewlet) get.doc)
- (2010, juin). *plate forme pour maison passive.*
- isolation ecologique.** (2010, mai). Consulté le juin 2014, sur <http://www.flum rock.ch>
minergie
- maison bioclimatique.** (2010, juin 20). Consulté le novembre 10, 2015, sur
<http://.ADEME.com>
- green building.** (2012, mai). Consulté le novembre 2015, sur www.epa.gov
- espaces ecocitoyens.** (2013). Consulté le decembre 2015, sur ADEME:
www.ecocitoyens.ademe.fr
- a, v. l.** (2002). *thermal indoor climate building performance characterized by human comfort response.* melbourne: adventure press.
- ADEME.** (2010, mai 21). *problematiques environnementales et mondialisation.* Consulté le octobre 06, 2015, sur <http://ADEME.com>
- ADEME.** (2013). *espaces ecocitoyen.* Consulté le 2015, sur www.ecocitoyen.ademe.fr
- ajjib, s. j.** (2011). optimum technical and energy efficiency design of residetial building in mediteraneen region.
- anatomie de l'enveloppe des batiments.** (s.d.). moniteur.
- andre, B.** (1986). *isolation thermique des batiments .* paris: le moniteur.
- APRUE.** (2009). *agence de .* Consulté le octobre 15, 2015, sur [aprue: www.aprue.dz](http://www.aprue.dz)
- APRUE.** (2011). *programme ecobat.* Consulté le 2015, sur www.aprue.org.dz/prg.ecob
- APRUE.** (2011). *programme triennal d'efficacite energetique.* Consulté le 2015, sur
www.aprue.org.dz/isolation
- arnaud, v. c.** (2009, mai 15). *conception d'une grille d'evaluation des changements comportementaux en matiere de developpement durable .* Consulté le decembre 06, 2015, sur <http://champagne st arnaud.com>
- blot, N.** (2013). *reuissir la planification et l'amenagement durables .* paris: le moniteur.
- brodhag, e.** (2004, aout 19). *enjeux de la durabilite.* Consulté le novembre 14, 2015, sur
<http://brodhag.com>
- brodhag, e.** (2010). *enjeux de la durabilite.*
- c., d. b.** (2004, juillet 1). in search of a natural systems sustainability. *eal economicscologic,* p. 402.
- cerqual.** (2005). *habitat et environnement.* paris: le moniteur.
- cherqui, f.** (2005, decembre). *methodologie de l'evaluation d'un projet d'amenagement durable d'un quartier methode ADEQUA.* france.
- cherqui, s.** (2005, mai). *methodologie d'evaluation des quartiers durables.* Consulté le novembre 14, 2015, sur <http://www.cherqui.com>
- cirad.** (2004, mars 6). *la notion de developpement durable.* Consulté le novembre 22, 2015, sur http://www.reds.msh_paris.fr
- commite de programmation de l'aprue.** (2012, fevrier 14). *gerons notre energie.* *aprue.*
- dicobat.** (s.d.). *dictionnaire general des batiment.* arcatures.
- DTR.** (2000). *document de reglementation thermique.*

- evans, g. e.** (s.d.). *architecture solaire*.
- ghund, b.** (1988). *notre avenir a tous*. montereal canada: le fleuve.
- guechchati.** (2010). *simulation de l'effet de l'isolation thermique des batiments :cas du centre saffa a oujda*. revue des energies renouvelables.
- herde, A. l.** (2005). *traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* . le moniteur.
- Hollmuler.** (2006). Echangeur air sol dans la conception du logement collectif bioclimatique. *symposium de geneve*, (p. 3). Geneve.
- K, M. M.** (2013). *projet urbain effcience d'un paradigme conceptuel de l'habitat durable* . Alger: opu.
- Kharchi, R.** (2013, juin). *etude energetique de chauffage d'une maison type en ALGERIE*. tlemcen.
- l, k.** (2004). open space design strategies basedon thermal comfort analysis. *conference a eindhoven* , (p. 125.127). eindhoven pays bas.
- mines, m. d.** (2014). *consommation energetique finale de l'ALGERIE*.
- ministere des energies et des mines.** (2011, avril 05). *preservation des ressources naturelles*. Consulté le decembre 12, 2015, sur <http://MEM.com>
- n, v. c.** (2002, decembre). les ecoconseillers promoteurs et acteurs du developpement durable . *science de l'environnement*, p. 8.
- Neuffert, E.** (1971). *l'architecture et l'isolation*. DUNOD.
- romero,c, d. b.** (2004). *in search of a natural systems sustainability*. montereal.
- villiers, M.** (2007, decembre). labels de performance energetique. *science et vie*.
- wallonie, g. d.** (2013, septembre). Consulté le juin 16, 2014, sur ecoconstruction:www.ecoconso.be
- wines, J.** (2008). *l'architecture verte*. Tashen.