

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB, BLIDA-1

Faculté de **Technologie**

Département des **Energies Renouvelables**



MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE: Sciences et Technologies

FILIERE: Energies Renouvelables

SPECIALITE: Energies Renouvelables & Habitat Bioclimatique

Thème

**Analyse et prédiction des consommations d'énergie
dans des foyers algériens cas de l'étude des maisons
individuelles le site de Bouira**

Présenté Par : ZAIDI Lydia

Encadré Par : Mme MOKHTARI Fatiha

CO-Encadreur : M. SEMMAR Djaffar

Date de soutenance: 06 octobre 2020

Jury de Soutenance

Président : HAMID Abdelkader

Grade Pr

USDB1

Examineur : LAFRI Djamel MCB

Grade MCB

USDB1

Encadreur : Mme MOKHTARI Fatiha

Grade MRB

UDES

CO-Encadreur : M. SEMMAR Djaffar

Grade Pr

USDB1

Promotion : 2019/2020

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à Dieu le tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur Docteur Fatiha MOKHTARI d'avoir accepté de diriger cette thèse en y apportant tous les moyens nécessaires et les aides qui m'ont permis de mener à terme ce travail. Je lui suis aussi reconnaissante de ses conseils, sa grande patience et pour l'attention portée à mon travail.

Le professeur Djaffer SEMMAR mon Co-encadreur, je tiens à lui exprimer mes remerciements pour le temps qu'il m'a consacré et de m'avoir guidé. Je lui exprime ma profonde gratitude.

Mme Samia OKACI pour toute l'aide qu'elle m'a apportée. Je lui suis aussi reconnaissante de ses conseils et de m'avoir guidé.

Je tiens mes vifs remerciements à mes collègues Radjaa EL-FRAIHI et Ismail BELLILI pour toute l'aide qu'ils m'ont apporté et pour leurs soutiens.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce sans oublier de remercier mes enseignants du département des énergies renouvelables pour leurs efforts et abnégations déployés lors de ma formation.

Mes parents, mon grand-père, mes frères, mes sœurs, qui m'ont aidé à tout moment et qui ont été constamment présents à mes côtés.

DEDICACE

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, Le respect,
la reconnaissance...*

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie cette thèse :

A MA TRES CHERE MERE

A MON TRES CHER PERE

Table des matières

Remerciments.....	a
Dédicace.....	b
Table des matières.....	c
Table des figures.....	f
Liste des tableaux.....	h
Résumé.....	i
Nomenclature.....	k
Introduction générale.....	1
CHPITRE I : Etude bibliographique	3
I.1 L'efficacité énergétique dans le bâtiment :.....	4
I.1.1.Les solutions passives.....	5
I.1.1.a) Les solutions passives réalisées sur l'extérieur du bâtiment.....	5
I.1.1.b) Les solutions passives réalisées à l'intérieur du bâtiment.....	8
I.1.2.Les solutions actives.....	10
I.1.2.a) L'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes de chauffage et climatisation.....	10
I.2 Les réalisations de l'efficacité énergétique dans le bâtiment à travers le monde :.....	14
I.3 Les réalisations de l'efficacité énergétique dans le bâtiment en Algérie :	16
I.4 La procédure d'enquête :.....	19
Conclusion.....	21
CHPITRE II : Présentation du modèle expérimental	22
Introduction	23
II.1 Présentation du logement:	24
II.1.1. Description générale du site.....	24
II.1.2. Localisation et données météorologique.....	24
II.1.2.a) Plan de masse.....	24

II.1.2.b) La Température extérieure et l’enseillement annuel	25
II.1.3. Description générale (structure, Environnement).....	26
II.1.4. Usage du bâti et zonage fonctionnel	27
II.2 Description technique du bâtiment :.....	30
II.2.1.Composition et caractéristique des parois.....	30
II.2.2. La composition de la menuiserie	31
II.2.3. Les dispositifs de protection solaires	32
II.3 Présentation des consommations énergétiques de logement de l’étude :.....	33
II.3.1.Les factures énergétiques	33
II.4 Fréquence d’occupation de logement de l’étude :.....	35
II.5 Etude des consommations de quatre logements:	37
Conclusion.....	37
CHPITRE III : Présentation d’outil de simulation	39
Introduction :.....	40
III.1 Description du logiciel	40
III.1.1. Alcyone.....	40
III.1.2. Méteonorme.....	40
III.1.3. COMFIE-PLEIADE.....	41
III.2 Procédure de la simulation	41
III.2.1.Définir la composition des parois (sous Pléiades)	41
III.2.1.a) Les matériaux et compositions.....	42
III.2.1.b) Les scénarios.....	42
III.2.2.Construire le logement de référence (sous ALCYONE)	46

III.2.3. Exportation vers pléiade et lancement des calculs et traitement des différents cas	47
III.2.4. Résultats de la simulation thermique dynamique.....	47
Conclusion.....	48
CHPITRE IV :Résultat et discussion	49
Introduction.....	50
IV.1.Comparaison entre les données réelles et les résultats de simulation.....	50
IV.1.1.Comparaison pour la période hivernale.....	50
IV.1.2.Comparaison en période estivale.....	52
IV.2 Analyse des consommations énergétiques entre l'appartement de l'étude et les autres appartements :.....	56
IV.3 Des solutions techniques susceptibles d'apporter une amélioration énergétique et thermique du bâtiment de l'étude :.....	58
IV.3.1. Evaluation de l'effet de l'isolant sur la consommation énergétique.....	59
IV.3.1.a) L'isolation des murs extérieures du logement de l'étude....	59
IV.3.1.b) L'isolation des murs extérieures et la toiture du logement de l'étude.....	61
IV.3.2.Evaluation de l'effet de l'isolant sur le confort thermique.....	62
IV.3.3. La ventilation nocturne.....	64
Conclusion.....	67
Conclusion général.....	68
Bibliographie	
Annexe	

Table des figures

Figure 1: Variation du Compacité	8
Figure 2: Zoning climatique.....	9
Figure 3:Schéma de principe simplifié de l’installation solaire active couplée aux dalles actives pour le chauffage d’une maison individuelle.....	11
Figure 4: Vues de l’immeuble de bureaux SD Worx.....	15
Figure 5: La maison prototype à haute efficacité énergétique	17
Figure 6: Représentation des bâtiments de SELIS (49)	18
Figure 7:Position de l’appartement sur Google-Earth.....	25
Figure 8:LaTempérature annuelle dans le site de Bouira.....	26
Figure 9: Représentation de la durée d'ensoleillement annuelle.....	26
Figure 10:Plan architectural de l'appartement de référence.....	28
Figure 11: Vue en 3D de l'appartement de référence.....	28
Figure 12: Vue de côté nord de l'appartement de référence.....	29
Figure 13: Vue de côté Ouest de l'appartement de référence.....	29
Figure 14: Représentation de la consommation d'électricité et de gaz dans l'appartement de référence durant 3ans.....	34
Figure 15: Représentation de la consommation trimestrielle d’électricité dans l'appartement de référence durant 3ans.....	35
Figure 16: Représentation de la plateforme Méteonorme.....	40
Figure 17: Intégration des données.....	42
Figure 18:intégration des données météorologiques dans Pléiade.....	46
Figure 19: Lancement de la simulation (Période d’hiver).....	47
Figure 20: Lancement de la simulation (Période d’été).....	48
Figure 21: Histogramme représentant l'évolution de la puissance de chauffage et des besoins en chauffage durant la période hivernal.....	51
Figure 22: Comparaison entre les données réelles et les résultats de simulation.....	52
Figure 23: Histogramme représentant l'évolution de la puissance de chauffage durant le mois le plus chaud (Juillet).....	53

Figure 24: Représentation de la Comparaison entre les valeurs réelles et les valeurs calculées de la consommation énergétique estivale du logement de référence.	54
Figure 25: Comparaison entre les besoins de climatisation et les factures d'électricité par rapport aux heures de fonctionnement de climatiseur pour le mois de Juillet.	55
Figure 26: Représentation des consommations énergétiques selon les factures de SONELGAZ des 04 appartements.	57
Figure 27: Résultats obtenus lors de la simulation en intégrant l'isolant pour le mois de Janvier.	60
Figure 28: Résultats obtenus lors de la simulation en intégrant l'isolant pour le mois de Juillet.	60
Figure 29: Histogramme représentant les résultants de simulation obtenus lors d'utilisation d'isolant pour les planchers hauts pour l'hiver.	61
Figure 30: Histogramme représentant les résultants de simulation obtenus lors d'utilisation d'isolant pour les planchers hauts Durant le mois le plus chauds.....	62
Figure 31: Histogramme représentant l'effet de l'isolant sur la température moyenne durant	63
Figure 32: Histogramme représentant l'effet de l'isolant sur la température moyenne durant le mois le plus chaud de l'année (Juillet).	63
Figure 33: Ventilation par deux événements.	65
Figure 34: Un histogramme représentant de l'effet de ventilation sur le confort d'été durant le mois le plus chaud (Juillet).....	66

Liste des tableaux

Tableau 1:Représentation de composition du logement.....	27
Tableau 2: Paramètres thermo physiques pour les éléments du bâtiment.....	30
Tableau 3:Représentation des caractéristiques thermo-physique des parois opaques du logement.	31
Tableau 4 : Représentation des caractéristiques de la menuiserie du logement d'étude.	31
Tableau 5: Représentation des dispositifs de protection solaires	32
Tableau 6: La consommation d'électricité et du Gaz du logement d'étude durant 3 ans. Chaque année divisée sur 04 trimestres. (Les factures de SONEGAS).	33
Tableau 7: Exemple de scénario d'occupation dans le logement d'une famille de 6 personnes dans le séjour et les deux chambres durant l'hiver.....	36
Tableau 8:Puissance dissipée des appareils électriques de zone 1 durant l'hiver(les Chambres + Salon+ Salle à manger+ Couloir).....	43
Tableau 9 :Puissance dissipée des appareils électriques de zone 2 (Cuisine).....	43
Tableau 10: Puissance dissipée des appareils électriques de zone 3 (SDB+WC)	44
Tableau 11:Scénario d'occupation de zone1 durant l'hiver (Les Chambres + Salon+ Salle à manger).	44
Tableau 12: Scénario d'occupation de zone1 durant l'été(Les Chambres + Salon+ Salle à manger)....	45
Tableau 13: Scénario d'occupation de zone 2 (Cuisine).....	45
Tableau 14: Consommation de gaz durant l'hiver selon les factures de Sonalgaz.	51
Tableau 15: Représentation représente les données réelles des consommations de gaz pour les deux trimestres estivaux et la consommation du gaz pour le chauffage de l'année 2018.	52
Tableau 16:Représentation des données des factures de Sonalgaz (L'année 2019 d'un seul trimestre).	53
Tableau 17:Représentation des résultats de besoin de climatisation (Simulation) par rapport à aux heures de fonctionnement de climatiseur pour un mois.....	54
Tableau 18:Représentation de l'Age des occupants pour les différents logements.....	58
Tableau 19: Caractéristiques thermiques des parois extérieures.	59
Tableau 20:les caractéristiques des planchers hauts.....	61
Tableau 21: Représentation de scénario utilisé pour la ventilation durant l'été.....	65

Résumé :

Le secteur du bâtiment (résidentiel) représente le principal consommateur d'énergie en Algérie, notre objectif est l'amélioration des bâtiments résidentiels. À l'aide d'un modèle conçu sur le logiciel COMFIE-PLEIADE on conclue les bilans thermiques et les consommations énergétiques et quatre (04) habitations sont évaluées à travers ce logiciel. La comparaison entre ce modèle de simulation et le modèle expérimental est élaborée par les données expérimentales obtenues de l'enquête sur terrain. Cette enquête est basée sur un questionnaire destiné à récolter le maximum de données sur quatre 04 habitations. Les résultats obtenus de cette étude permettront d'établir des scénarios en forme de solutions afin de réduire ces consommations d'énergie. Ces scénarios seront basés sur la possibilité d'économie d'énergie dans le bâtiment en procédant à une amélioration de l'enveloppe du bâtiment en intégrant des systèmes passifs.

Mot clés :

L'efficacité énergétique, Confort thermique, Consommation énergétique, l'enquête, simulation thermique dynamique, solutions passives.

Abstract:

The (residential) building sector is the main energy consumer in Algeria, our objective is the improvement of residential buildings. By using a model designed on the COMFIE-PLEIADE software, the thermal balance sheets and energy consumption are concluded and four (04) homes are evaluated through this software. The comparison between this simulation model and the experimental model is based on experimental data obtained from the field survey. This survey is based on a questionnaire intended to collect the maximum data on four 04 dwellings. The results obtained from this study will allow establishing scenarios in the form of solutions in order to reduce this energy consumption. These scenarios will be based on the possibility of energy savings in the building by improving the building envelope by integrating passive systems .

Keywords:

Energy efficiency, Thermal comfort, Energy consumption, survey, dynamic thermal simulation, passive solutions.

ملخص:

نظرا لكون قطاع البناء المستهلك الرئيسي للطاقة في الجزائر نحن نهدف إلى تحسين المباني السكنية باستخدام نموذج مصمم COMFIE-PLEIADE نستنتج التوازن الحراري و استهلاك الطاقة.

يتم تقييم أربعة منازل من خلال هذا البرنامج و تستند المقارنة بين نموذج المحاكاة هذا و النموذج التجريبي إلى بيانات تجريبية تم الحصول عليها من المسح الميداني و ستتيح النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة إلى وضع سيناريوهات في شكل حلول لتقليل استهلاك الطاقة. و سوف تستند هذه السيناريوهات إلى إمكانية توفير الطاقة في المبني من خلال تحسين ظروف البناء ودمج الأنظمة السلبية.

الكلمات المفتاحية:

كفاءة الطاقة، الراحة الحرارية، استهلاك الطاقة، الاستقصاء، المحاكاة الحرارية الديناميكية ، الحلول السلبية.

Nomenclature :

Lettre	Signification	Unité
λ	Conductivité thermique	[W/ (m. K)]
ρ	Masse volumique	[kg/m ³]
A	surface	[m ²]
e	épaisseur	[m]
E	Energie	[KWh]
h	Hauteur	[m]
hint	Coefficient d'échange superficiel avec l'intérieur	[(m ² .K)/W]
hext	Coefficient d'échange superficiel avec l'extérieur.	[(m ² .K)/W]
K	coefficient de transmission surfacique de la paroi	[W/m ² . °C]
L	Largeur	[m]
P	Puissance	[Watt]
R	Résistance thermique	[(m ² °C)/W]
T	Température	[°C]
Th	Quantité de chaleur	[Th]
V	Volume	[m ³]
v	Débit nominal	[vol/h]

Liste des abréviations :

ADEME : l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Il s'agit d'un établissement public national à caractère industriel et commercial qui agit sous la tutelle des ministères de la Recherche, de l'Écologie et de l'Énergie.

ASDER : Association savoyarde pour le développement des énergies renouvelables : Est une association française créée en 1981 et basée à Chambéry. L'ASDER agit pour la transition énergétique via des activités de sensibilisation et conseil auprès des particuliers, des collectivités territoriales mais également des professionnels du bâtiment et des demandeurs d'emploi.

BTS : Brique Terre Stabilisée.

CDER : Centre de développement des énergies renouvelables.

CNERIB : Centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment.

C.R.A.U : Centre de Recherche en Architecture et en Urbanisme.

LRFH: Lightweight radiant floor heating.

MED-ENEC: Mediterranean Energy Efficiency in Construction Structure.

O.N.R.S : Organisme National de la Recherche Scientifique.

STD : Simulation Thermique Dynamique.

SWH : Solar Water Heater (chauffe-eau solaire).

UE : L'Union européenne.

Introduction général

Depuis la mise en place des premières mesures en faveur des économies d'énergie après les chocs pétroliers, puis avec la lutte contre le changement climatique, la question de l'efficacité énergétique des bâtiments a toujours été au cœur des politiques énergie-climat.

Le secteur du bâtiment, l'un des plus dynamiques en termes de consommation d'énergie,

Consomme environ 40% de l'énergie mondiale. Ce même secteur est également responsable d'environ 1/3 des émissions de gaz à effet de serre de la planète (1)

La conception des bâtiments joue un rôle très important dans la dépense énergétique. La construction bioclimatique peut réduire plus de 30% de la consommation énergétique en chauffage et climatisation et diminuer la pollution d'air d'au moins 20% en agissant sur l'enveloppe du bâtiment, et en prenant en compte plusieurs paramètres entre autres l'isolation réalisée sur l'enveloppe du bâtiment. L'intégration des énergies renouvelables pour les modes de chauffage et climatisation peut aussi jouer un rôle fatidique dans la rationalisation de l'énergie dans le bâtiment. L'amélioration de l'enveloppe du bâtiment par le biais de l'isolation thermique est l'une des priorités pour le programme de l'application de l'efficacité énergétique dans le bâtiment.

Dans les pays développés, pour limiter la consommation énergétique des bâtiments, des procédures de certification énergétique ont été mises en œuvre depuis plusieurs années afin de promouvoir des constructions économes en énergie. Cela passe par des choix d'ingénierie de construction, de technologies industrielles, architecturales et d'urbanisation.

Dans les pays en développement, la consommation élevée d'énergie nécessite d'intégrer la notion de maîtrise de l'énergie dans les modes de construction, ceci d'autant plus qu'une forte croissance démographique continue d'alimenter les villes.

Il convient de souligner que l'Algérie a pris conscience de valoriser toute les ressources pour améliorer le cadre énergétique des constructions. Citons la mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment, et un décret exécutif n°2000-90 qui a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants (2). Le polystyrène, matériau d'isolation est le plus utilisé actuellement dans les programmes de construction lancés par les autorités algériennes vu son efficacité, sa faible conductivité thermique et aussi son faible coût.

Malgré tous ces efforts, les occupants des habitations algériennes vivent d'une part, une augmentation croissante des valeurs de consommations énergétiques perçus à travers les factures d'électricité et du gaz et d'une autre part, ils vivent une situation d'inconfort thermique à l'intérieur des habitations. Parmi les causes à ces problèmes, on peut noter l'absence d'application de la réglementation thermique aux logements construits.

Dans ce contexte, le domaine de construction en général n'est soumis à aucune obligation en termes de confort thermique et de consommation énergétique. A l'heure actuelle, le secteur des bâtiments résidentiels en Algérie, a cherché tout développement d'une utilisation rationnelle de l'énergie vis-à-vis des ressources énergétiques, et plus particulièrement de l'électricité.

Vu l'ampleur du parc de ce secteur, la question de départ qui se pose est :

-Quels sont les facteurs qui influent sur la consommation d'énergie et quelles sont les solutions à mettre en œuvre pour réduire ces consommation ?

-Comment améliorer le cadre bâti des bâtiments résidentiels existants ou neufs, toute en minimisant la consommation d'énergie et assurer un confort ?

C'est dans ce contexte que s'insère notre problématique, l'amélioration des bâtiments résidentiels est notre objectif. Il s'agira d'explorer des solutions passives permettant d'évaluer le confort dans l'environnement intérieur du bâtiment et par conséquent diminuer la consommation d'énergie. Dans notre recherche, on s'emploiera à améliorer la performance énergétique du cadre bâti, en proposant des systèmes passifs qui seront élaborés sur la base de programme de la performance énergétique cohérent. Pour cela nous avons réalisé une enquête par questionnaire et la ville de Bouira a été choisie comme cas d'étude.

Le présent travail est structuré en quatre chapitres précédés d'une introduction générale et suivis d'une conclusion qui englobe l'essentiel des résultats obtenus.

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique qui englobe d'un côté ; les travaux théoriques et expérimentaux sur la réalisation de l'efficacité énergétique dans le bâtiment et d'un autre côté, on donne un aperçu général sur la procédure d'enquête effectué sur un bâtiment, et les travaux réalisés dans cet axe ayant pour objet d'identifier les flux énergétiques et les potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique en définissant les actions nécessaires à la réalisation.

Le deuxième chapitre est entièrement consacré à la mise en place d'une démarche empirique basée sur des enquêtes par questionnaires. On commence par justifier le choix du bâtiment de référence, qui sera retenu pour la réalisation de notre enquête et la planification du questionnaire qui aidera à quantifier et analyser les consommations énergétiques des habitations algériennes afin d'identifier les paramètres influents sur la croissance alarmante de ces consommations énergétiques.

Dans le troisième chapitre, on présente la démarche de simulation. Ce chapitre est réservé à la modélisation du bâtiment de l'étude qui comprend la modélisation thermique dynamique sous le logiciel pléiades-COMFIE.

Le quatrième chapitre comporte deux parties, la première concerne la présentation et discussion des résultats obtenus, la deuxième partie nous présenterons des solutions passives, permettant de rendre le bâtiment d'étude le plus efficace possible en termes énergétiques et thermiques.

CHPITRE I :

Etude

bibliographique

Introduction :

On constate qu'il était important de réduire l'impact environnemental d'un bâtiment et de réduire ses consommations énergétiques. La démarche générale à suivre pour une meilleure maîtrise de l'énergie dans le bâtiment est l'application de l'efficacité énergétique. Cette efficacité énergétique dans le bâtiment passe par une bonne conception architecturale, un traitement adapté de l'enveloppe. Une fois que les consommations énergétiques ont été réduites à travers l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment, le recours aux énergies renouvelables s'impose telles que le bois-énergie, l'énergie solaire (thermique ou photovoltaïque), l'énergie géothermique sont aujourd'hui facilement intégrables aux bâtiments. La source peut, en outre, être capitalisée au niveau du quartier ou au niveau de la ville. L'audit énergétique qui est basée sur des enquêtes établies pour diagnostiquer le bâtiment peut fournir des informations qui peuvent mener vers une rationalisation de l'énergie dans le bâtiment. Nous verrons en détail dans ce chapitre comment on peut aboutir à la réalisation des actions de l'application de l'efficacité énergétique dans le bâtiment afin de réduire les consommations d'énergies.

I.1 L'efficacité énergétique dans le bâtiment :

L'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures. Ils consomment plus d'énergie que tout autre secteur et contribuent donc dans une large mesure au changement climatique.

Sans mesures immédiates, des milliers de nouveaux bâtiments seront construits sans aucune considération pour l'efficacité énergétique et des millions de bâtiments existants consommant plus d'énergie que nécessaire seront toujours présents en 2050.

Agir maintenant implique de réduire leur consommation énergétique et de faire de réels progrès en faveur de la lutte contre le changement climatique. Le marché ne pourra pas à lui seul introduire les changements nécessaires. La plupart des propriétaires et occupants de bâtiments ne sont pas assez informés sur la consommation d'énergie et ne s'en soucient pas suffisamment.

Certaines lois et normes sont nées entourant la construction et les équipements des bâtiments. Visant à réduire le rapport entre l'énergie qu'utilise une construction et celle qu'elle consomme réellement, ces nouvelles règles ont pour but d'améliorer l'efficacité énergétique de chaque bâtiment.

Le premier enjeu est économique. En améliorant l'efficacité énergétique des bâtiments, on peut envisager de faire d'importantes économies d'énergie, de l'ordre de 20 % selon les volontés de l'UE. Immédiatement, ces économies d'énergie vont se répercuter sur l'environnement, avec une réduction des gaz à effet de serre, estimée à 20% (1).

Dans ce travail, on a développé ce contexte de l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment et on a essayé de réunir des informations sur les règles à suivre pour aboutir à des bâtiments moins énergivores.

Pour cela, on peut diviser les solutions clés pour aller vers une amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment en deux (02) parties :

Les solutions passives et les solutions actives. Ce qui suit va éclairer ce concept et apporter plus de détails sur la nuance qui réside entre les deux différentes solutions pour une amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment

I.1.1. Les solutions passives :

Les systèmes passifs sont les procédés agissant sur les échanges thermiques du bâtiment avec son environnement et ne consommant pas directement d'énergie. Ils sont intégrés à la structure du bâtiment et sont difficilement ajoutés à un bâtiment déjà existant. (2). On distingue parmi ces procédés, des actions réalisées à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment. Le développement de ces actions est élaboré dans ce qui suit :

I.1.1.a) Les Solutions passives réalisées sur l'extérieur du bâtiment :

1. L'isolation :

Dans le but d'amélioration des performances l'enveloppe, plusieurs études se sont penchées sur l'exploitation des matériaux d'isolation et leur capacité à réduire la consommation énergétique dans le bâtiment pour offrir un confort thermique intérieur appréciable (3).

Ces études se sont intéressées à l'effet de l'épaisseur de l'isolant sur le comportement thermique du bâtiment comme Bolatturk .A et al. (4), qui a déterminé que l'utilisation de l'épaisseur optimale de l'isolant pour les parois extérieures varie entre 2 et 17cm pour le matériau polystyrène, peut réduire la consommation énergétique de 22% jusqu'à 79%. Dans la même optique on cite l'étude de Fizzioui.N, et al (5) sur l'impact de l'isolation des quelques maisons de Kenadsa (sud de Bechar), montrent un impact qui était relativement important, en utilisant l'adobe avec 30cm d'épaisseur, l'augmentation de l'épaisseur de l'adobe a entraîné

une réduction des heures chaudes de 7% et l'augmentation de l'épaisseur d'isolation de 4cm a augmenté les heures froides de 2% pour l'appartement.

L'emplacement de l'isolation sur les murs extérieurs/intérieur du bâtiment joue un rôle très important dans l'amélioration de l'efficacité énergétique. Plusieurs études ont été menées dans ce sens tel que Chahwani, BL et al (6) qui a conclu que l'isolation permet de diminuer les apports de chaleur par les parois en été mais, elle doit être mise en œuvre par l'extérieur et être couplée à la ventilation et bénéficier de l'effet d'inertie des parois .

Cette isolation limite également les ponts thermiques et permet d'utiliser l'inertie des murs. L'isolation intérieure du bâtiment, permet de stocker la chaleur dans les structures intérieures. Des conclusions similaires ont été tirées par Al-Nafeez et Rogers (7) , et Eben Saleh. (8) D'Osel (9).

Les matériaux naturels d'isolation n'ont pas été négligés, vu qu'ils contribuent à la réduction de la consommation énergétique et participent à la durabilité du bâtiment. Plusieurs études ont été réalisées telle que l'étude de Jorge Pinto, A et al (10) qui indique que l'épi de maïs peut avoir des propriétés thermiques adéquates pour la construction. Les travaux de Yu, J et al (11) ont trouvé que le polystyrène était l'isolant le plus économique à utiliser en raison de ses économies de cycle de vie les plus élevées et à la période de récupération la plus faible. Selon Persson et al (12) les fibres animales sont la deuxième source la plus importante de fibres naturelles après les fibres végétales pour le renforcement des composites, matériau utilisé pour l'isolation dans le bâtiment.

2. L'implantation :

Selon Alain Chatelet (13) l'implantation a une influence non-négligeable sur les besoins calorifiques et sur le confort thermique à l'intérieur du bâtiment. Plus les apports solaires sont importants, plus l'ensemble des apports thermiques gratuits du bâtiment augmente, plus les besoins thermiques pour le chauffage sont réduits en hiver, tout en évitant le risque d'échauffement excessif en été.

Selon Bernard, J. (14) L'implantation doit être choisie en fonction des informations climatiques que l'on possède. Car l'orientation des vents (différents l'hiver de l'été) et la course annuelle du soleil sur le lieu seront autant d'éléments fondamentaux de la réussite d'une implantation.

3. Murs et Toitures végétalisés :

Nadia, S al (15) a réalisé une expérience basée sur une campagne de mesures effectuée afin de tester l'impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique. Plusieurs

paramètres physiques ont été traités tels que : la température de l'air, les températures de surface, l'humidité de l'air. Il a été conclu que non seulement la végétation grimpante est un ombrage pour l'intérieur du bâtiment mais aussi, elle crée un microclimat bénéfique pour l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Les recherches dans ce domaine de Bernier, A et al (16). Confirment les résultats expérimentaux de celle de Nadia, S.

La toiture végétaliste est une solution intelligente pour renforcer les performances thermiques et phoniques car elle permet de compléter efficacement l'isolation d'un habitat, grâce à son inertie thermique. Les travaux de Zeroual, D et al (17) ont confirmé que les maisons équipées de toits verts contribuent à réduire la température intérieure en été de 40% tout en ajoutant des matériaux isolants à ces toits.

4. L'orientation :

Abdou, S et al (18) ont effectué une recherche à la ville de Constantine durant la période d'été afin de rechercher l'orientation optimale et d'apprécier l'impact de l'orientation sur la température de l'espace intérieur. Les résultats de l'investigation démontrent que l'orientation Sud-Est reste la plus confortable par rapport aux deux autres orientations (Nord-Est et Sud-Ouest). La simulation dans l'environnement TRNSYS a montrée l'importance de la relation qui lie la quantité d'énergie absorbée par la paroi avec la température intérieure, qui dépend étroitement de l'orientation. La consommation énergétique est fonction de l'orientation. Cependant l'orientation idéale est évidemment le Sud.

Karasu (19) a montré que l'orientation a une grande influence sur le gain frigorifique (refroidissement). Dans les zones où le confort est acquis principalement par le courant d'air (les vents), il est important d'orienter le bâtiment suivant les vents dominants. Dans les zones où la température ambiante a plus d'influence sur le confort, l'orientation par rapport au soleil est importante.

5. L'architecture et la forme :

Les recommandations d'Olgyay, V (20), dans son livre « design with climat » se résument dans les principes suivants : Le carré n'est pas la forme optimale quelle que soit la localisation de la construction et toutes les formes allongées dans la direction Nord-Sud sont moins efficaces que la forme carrée, aussi bien en hiver qu'en été. Il existe une forme optimale générale donnant les meilleurs résultats pour tous les climats, c'est la forme allongée dans la direction Est-Ouest. Selon Çacri, Ç al (21) une configuration optimale compacte permet d'économiser entre 10% et 20% des besoins énergétiques parce qu'elle a la moindre surface exposée au climat extérieure. Plus un bâtiment est compact, plus il est performant. On mesure

la compacité avec le rapport surface déprédative (mur, toit, etc.) sur volume à chauffer : ratio S/V . Plus ce rapport est grand, plus il y a de surfaces déprédatives, plus il y a de pertes par les parois. La meilleure forme est la forme sphérique : c'est le volume géométrique qui a le rapport le plus petit. Ainsi plus le bâtiment ressemble à une sphère, moins il y a de pertes énergétique (voir figure 1) (22) .

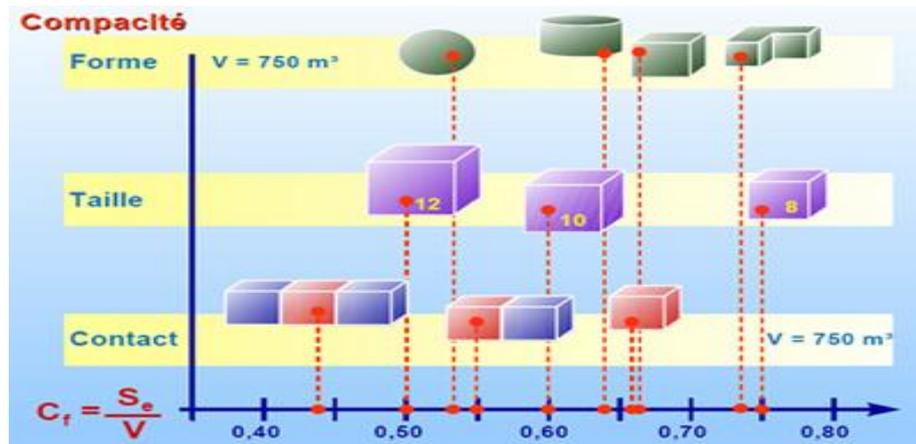


Figure 1: Variation du Compacité (23)

6. Les masques et les protections solaires :

On appelle protection solaire tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface. La luminosité peut être contrôlée par un système de protection installé indifféremment à l'extérieur ou à l'intérieur. Les protections solaires peuvent être intégrées à l'architecture : structurales (porche, véranda, brise-soleil) ou appliquées (stores, persiennes, volets). Elles peuvent également être fixes ou mobiles (Louvres), intérieures ou extérieures, verticales (principalement pour l'Est et l'Ouest) ou horizontales. (24)

L'étude menée par B.Peuportier et al (25), montre l'importance des masques et des brise-soleils dans la réduction des besoins énergétiques et des apports solaires en été.

I.1.1.b) **Solutions passives réalisées à l'intérieur du bâtiment :**

1. L'élaboration du zoning :

L'élaboration de zoning climatique permet suivant le type d'activité et le taux de fréquentation de l'espace, de disposer les espaces suivant les besoins énergétiques, suivant l'espace qu'il soit : chauffé, chauffant ou tampon, cela permet de réduire les besoins calorifiques et frigorifiques des bâtiments et d'en augmenter le confort thermique (26) (voir figure 02)

2. Les ambiances thermiques adaptées aux activités dans la maison :

Pour un bon séjour (chaud en hiver, frais en été), les façades principales de la construction doivent faire face au Sud, Et les façades face au Sud-Est et Sud-Ouest offrent les avantages de régularité d'insolation, mais elles sont froides en hiver et chaudes en été par rapport aux façades face au Sud (27).

3. Les espaces tampons pour protéger la maison du froid et du vent (27) :

Les espaces tampons aménagés en locaux non chauffés (sas d'entrée, garage, ...) et adossés au Nord et à l'Est protègent les habitations du froid et du vent. Ces espaces se comportent comme une isolation thermique et diminuent les pertes de chaleur. Un grenier non aménagé peut aussi remplir cette fonction. Pour bien jouer leur rôle, les espaces tampons doivent être isolés des locaux habités.

Orientation pour un meilleur gain :

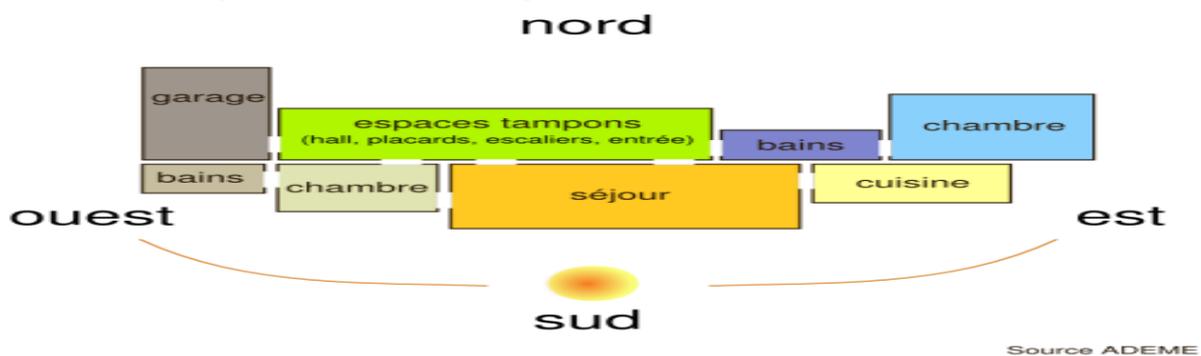


Figure 2: Zoning climatique. (1)

4. Les ouvertures :

G.S.Yakubu, et Al (28) ont vérifié l'effet important de l'orientation Ouest sur l'élévation de la température intérieure. Les ouvertures à l'Est ont l'avantage de favoriser le réchauffement matinal de la maison, et les premiers rayons du soleil peuvent être une composante psychologique agréable. Au contraire, les calories récupérées par les fenêtres à l'Ouest arrivent en fin de journée et risquent de provoquer des surchauffes en automne et au printemps, surtout si l'on a de grandes baies vitrées.

5. La ventilation naturelle :

Selon Gauzin-M (29), les systèmes de ventilation peuvent représenter 20 à 60% des dépenses énergétiques, en particulier dans le secteur tertiaire, et cette proportion croît avec

l'amélioration de l'isolation des bâtiments. Pour assurer naturellement le confort des usagers en été, il est judicieux de faire circuler la chaleur des zones exposées au soleil (au Sud) vers des zones non exposées (au Nord). L'air chaud suit alors un mouvement ascendant qui un appel d'air plus frais.

I.1.2. Les solutions actives :

Contrairement aux solutions passives, les solutions actives agissent directement sur les équipements utilisés dans le bâtiment dans les différents procédés de chauffage, climatisation et production d'eau chaude sanitaire...etc. Ces actions actives sont la clé pour rester dans le concept de l'économie et la maîtrise de l'énergie. Comme leurs précédentes (solutions passives), ces solutions actives sont basées sur des actions qui peuvent renforcer l'application de l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Parmi ces actions, on peut énumérer ce qui suit :

I.1.2.a) L'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes de chauffage et climatisation :

L'intégration des énergies renouvelables permettra aux bâtiments de réduire les besoins en énergie. On distingue plusieurs applications de l'énergie solaire dans le bâtiment pour les procédés de chauffage, climatisation et production d'eau chaude sanitaire :

a. Intégration des installations solaires thermiques pour le chauffage dans le bâtiment :

L'Office Fédéral de l'Energie Suisse (30) a étudié l'intégration des énergies renouvelables dans une maison individuelle à Tenero au Tessin (Suisse). La stratégie suivie est une diminution des besoins thermiques de la maison de manière à pouvoir la chauffer avec des dalles actives. Une dalle active est une dalle en béton dans laquelle des serpentins sont placés pour faire circuler un fluide caloporteur. Elle est donc un émetteur de chaleur dont la capacité thermique est importante. Dès lors, un système solaire actif peut être envisagé en couplant les capteurs solaires directement aux dalles actives (via un échangeur de chaleur), sans avoir besoin de stockage d'eau pour le chauffage ou d'augmenter la taille du stockage de l'eau chaude sanitaire (voir figure 3). Une telle solution est étudiée par simulation numérique.

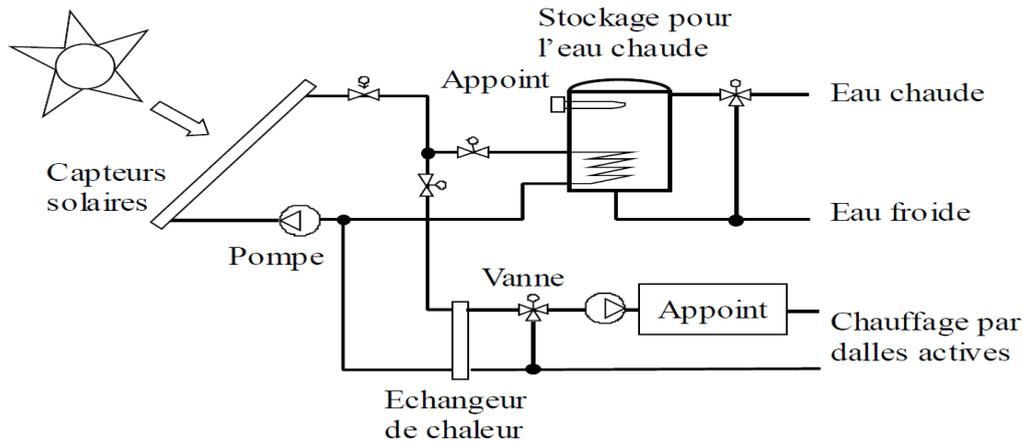


Figure 3: Schéma de principe simplifié de l'installation solaire active couplée aux dalles actives pour le chauffage d'une maison individuelle.

-A.Allouhi (31) a évalué la faisabilité technique des chauffe-eau solaire (SWH) pour le chauffage de l'eau dans des conditions spécifiques marocaines. L'auteur a procédé à une simulation annuelle à travers le logiciel TRANSOL du comportement thermique d'une installation solaire pour le chauffage de l'eau et cela suivant différentes régions au Maroc. La simulation a pris en compte l'influence du modèle des capteurs solaire utilisés dans l'installation solaire, puisque, l'auteur a fait dérouler son logiciel avec deux types de capteurs solaires : les capteurs plans et les capteurs à tubes sous vide. Il a été constaté que les valeurs élevées de la fraction solaire peuvent être atteintes dans presque toutes les régions étudiées avec de préférence l'utilisation des collecteurs à tube sous vide. En outre, l'étude souligne que l'emplacement et le climat sont des paramètres déterminants de la performance globale des systèmes de chauffage solaire de l'eau.

-X.Q. Zhai et al (32) proposent l'étude d'un système d'énergie solaire construit à Shanghai. Le système comprend principalement un champ de capteur solaire d'une superficie de 150 m², deux refroidisseurs par absorption, des tuyaux de chauffage par rayonnement au sol, des échangeurs de chaleur à tubes à ailettes et un réservoir de stockage d'eau chaude de 2.5 m³ de volume. Après un an d'exploitation, il est confirmé que le système solaire contribue à 70% de l'énergie totale de l'espace concerné pour les conditions météorologiques de Shanghai.

b. Système de plancher solaire chauffant et rafraîchissant:

Zhang, D et al (33) ont étudié les caractéristiques de fonctionnement d'un système de chauffage par plancher sur la base d'une étude numérique et expérimentale. Un modèle de transfert de chaleur pour évaluer ce système de plancher chauffant léger (LRFH) a été élaboré

avec un programme de calcul correspondant. A travers les résultats obtenus, l'auteur a fait les constatations suivantes :

- 1) Le système LRFH présente une stabilité thermique adéquate pour le confort thermique des occupants.
- 2) La température de surface du plancher supérieur et la température de l'air intérieur diminuent lorsque la distance entre les tubes augmente ou lorsque la température moyenne du fluide circulant dans les tubes diminue.
- 3) la température de l'air intérieur a une distribution uniforme et peut procurer un confort thermique pour les occupants.

L'étude de M.Zaheer-Uddin et al (34) rejoint le travail de Dongliang Zhang , puisque il a élaboré un modèle dynamique et un contrôle optimal du flux de chaleur dans un système de dalle+serpentin , le système est composé d'une seule zone à chauffer munie d'un plancher chauffant (dalle + serpentin). L'eau chaude circulant dans les tubes est chauffée par une chaudière à gaz. Une solution numérique pour un contrôle optimal de 24h prenant en considération les contraintes de la capacité thermique du système de plancher chauffant est mise au point. Les résultats montrent qu'avec un choix adéquat du modèle numérique, on peut minimiser l'énergie fournie à la chaudière et éventuellement garder une température de confort à l'intérieur de la zone. L'intégration d'un système de régulation au dispositif a été modélisée également.

Le travail théorique de recherche réalisé par F. Mokhtari et al (35) s'est inspiré des études citées ci-dessus et se résume dans l'élaboration d'un système de chauffage solaire pour une locale mono-zone. Le système est composé d'un champ de capteurs solaires plans, d'une cuve de stockage d'eau chaude, et d'un local à chauffer. Le système de distribution est composé d'un serpentin en cuivre intégré au milieu du plancher.

La modélisation mathématique du système est basée sur le calcul des bilans thermiques au niveau des éléments constituant le système de chauffage : fluide caloporteur, plancher et air intérieur du local. Les équations différentielles obtenues sont résolues par la méthode des différences finies avec un schéma explicite. Les résultats obtenus du modèle ont été confrontés aux résultats obtenus par l'étude de Zaheer-Uddin (34) .La confrontation montre une bonne concordance. Le modèle a été utilisé ensuite pour simuler le comportement thermique du système complet sur le site de Bouzaréah (Alger).

c. Système de pompe à chaleur :

L'étude réalisée par Mermoud et al (36) s'intéresse au couplage de capteurs solaires à une pompe à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire et chauffage d'un habitat résidentiel collectif. Un suivi énergétique approfondi a été mené sur une durée de deux ans, et a permis de caractériser totalement le fonctionnement et les performances du système. Les résultats ont montré que le dimensionnement du champ solaire était un paramètre significatif, cependant actuellement la surface des capteurs en place est proche de l'optimum : elle pourrait être légèrement diminuée sans baisse significative de performances, par contre une augmentation de la surface de capteurs solaires n'amènerait pas d'augmentation importante des performances. D'autre part, la mise en œuvre du concept dans des bâtiments présentant une demande thermique plus élevée doit être envisagée avec précaution pour que les consommations restent maîtrisées.

d. Système de puits canadien ou Echangeur Air- sol pour le chauffage et la climatisation de bâtiment :

Le principe de l'échangeur air-sol est de faire circuler l'air neuf dans un conduit enterré grâce à un ventilateur, avant de l'insuffler dans le bâtiment selon Romuald J (37). L'étude de S.Jakhar et al (38) a élaboré expérimentalement la performance thermique de l'échangeur air – sol couplé avec un conduit de chauffage solaire de l'air pour le climat aride du Nord-Ouest de la ville d'Ajmer (Inde) pendant la saison d'hiver. Les résultats montrent que la capacité de chauffage du système augmente quand il est couplé à un conduit de chauffage solaire de l'air. La quantité de chaleur produite du système a également augmenté jusqu'à 4,57%. La conclusion de cette étude nous informe que l'optimisation du coût du système est fonction de la réduction de la longueur du tunnel.

Al Ajmi et al (39) ont étudié la capacité de rafraîchissement des échangeurs air/sol pour les bâtiments d'habitation dans un climat désertique (Koweït).

Les résultats des simulations ont montré que l'échangeur terre-air pourrait fournir une réduction de 30 % de la demande de rafraîchissement saisonnier L'étude a montré que l'échangeur terre-air ne peut pas maintenir la température de l'air intérieur à niveau de confort [22-27°C]. Dans le même contexte, le travail de recherche de M. KHABBAZ et al (40) est axé sur l'étude des performances thermiques d'un échangeur terre-air, couplé à une maison située dans la banlieue de Marrakech. L'auteur a constaté que le puits canadien est un système adapté pour le rafraîchissement de l'air dans les bâtiments à Marrakech, puisqu'il procure une

température de soufflage quasi-constante d'environ 24°C avec une température extérieure oscillant entre 22°C et 40°C.

I.2 Les réalisations de l'efficacité énergétique dans le bâtiment à travers le monde :

Dans le monde, plusieurs réalisations ont été entreprises dans le bâtiment, afin de mieux comprendre la dynamique de la consommation d'énergie dans les habitations. Ces études permettent de développer des solutions qui gardent ces habitations sous contrôle et contribueront du même coup à réduire les gaz à effet de serre. Nous allons citer dont ce qui suit quelques réalisations effectuées dans le bâtiment respectant les différentes règles de l'efficacité énergétique :

a) Bâtiment Passif dans les Vosges (41):

Environ 30 % du besoin de chauffage est couvert par le rayonnement direct, et un peu plus de 50 % des besoins en eau chaude sanitaire par des capteurs solaires thermiques. Concernant l'enveloppe, elle est réalisée en panneaux de bois massif d'épicéa¹ ce qui garantit une très bonne étanchéité à l'air. Les parois extérieures sont faites d'un mélange de bois et de paille, soit 100 % de fibres végétales. L'isolation extérieure est composée de caissons préfabriqués, remplis de simples bottes de paille agricole. La pompe à chaleur sur sondes géothermiques récupère les calories non captées par l'échangeur de la ventilation double flux pour chauffer les logements et préparer l'ECS. Des capteurs solaires thermiques viennent compléter la fourniture d'eau chaude, dont les besoins sont limités par une récupération de chaleur centralisée sur eaux grises.²

b) Maison à énergie positive de Fellbach (42) :

Il s'agit d'une maison individuelle située dans la ville de Fellbach en Allemagne, le principe de cette maison est de réduire les besoins en chauffage tout en améliorant l'enveloppe du bâtiment, assurant les besoins en énergie à l'aide d'une pompe à chaleur réversible alimentée en électricité photovoltaïque. Le bâtiment comprend les systèmes suivants :

- Un système à double flux avec un échangeur haut efficacité sur l'air extrait ;
- Une installation de puits climatique qui sert au préchauffage de l'air neuf en hiver et au rafraîchissement en été.

¹ C'est une espèce d'arbres résineux.

² Des eaux usées domestiques faiblement polluées (par exemple eau d'évacuation d'une douche ou d'un lavabo)

c) Un immeuble à énergie positive en Belgique (43)

Les économies d'énergie sont également réalisées dans un immeuble de bureau dans la ville de Kortrijk En Belgique (SD Worx)³ à l'aide de capteurs de présence permettant la réduction des consommations d'électricité pour l'éclairage. L'isolation thermique du bâtiment a été soignée afin de réduire les déperditions par transmission. Le confort thermique d'été est assuré via des solutions passives :

- Rafraîchissement de l'air neuf grâce à un puits climatique ;
- Les bureaux sont du côté Nord du bâtiment et les zones de circulation sont du côté Sud ;
- Protections solaires extérieures pour les fenêtres de la façade sud (voir figure 4).



Figure 4: Vues de l'immeuble de bureaux SD Worx.

d) Hammarby, le développement durable à la suédoise (44) :

La conception de cet éco quartier relève d'une vision globale, holistique des questions environnementales, avec pour objectif de réduire de 50% l'impact sur l'environnement par rapport aux aires d'habitation.

Le réseau de chauffage-climatisation est alimenté par une centrale thermique qui utilise du bio-fuel et de l'eau purifiée issue d'une station de traitement des eaux usées. Le biogaz produit par le traitement des eaux usées permet également d'alimenter les gazinières

³ SD Worx est un prestataire international de services de ressources humaines et secrétariat social, en Belgique.

domestiques. Quant aux déchets, ils sont triés par les habitants et déposés dans différents conteneurs avant d'être aspirés par un système pneumatique d'évacuation souterraine.

I.3 Les réalisations de l'efficacité énergétique dans le bâtiment en Algérie :

Comme dans le monde, en Algérie il y a eu une mise en œuvre des mesures de l'efficacité énergétique dans les habitations. Ces réalisations dans le bâtiment peuvent contribuer à réduire la consommation énergétique qui ne cesse d'augmenter d'année en année. En Algérie, le développement intense de la construction de bâtiment et l'augmentation de nombre d'équipement électronique de régulation pour la climatisation et le chauffage fait du bâtiment un grand consommateur d'énergie (45). L'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation d'utilisation de l'énergie a indiqué que le secteur du bâtiment absorbe 41% de la consommation totale d'énergie finale. Dans ce qui suit, on va donner un aperçu sur les quelques réalisations de bâtiments efficaces en Algérie.

a) Le village solaire intégré (46):

Le village solaire intégré (V.S.I) de Boussaâda est un projet initié en 1978 et financé par l'O.N.R.S et le C.R.A.U en collaboration avec l'U.N.U (47) . Le village dont le terme fait référence aux 1000 villages socialistes initiés par l'Etat Algérien vise la promotion des zones rurales et arides et le développement de son habitat par l'intégration des énergies douces. Le concept de ce village obéit aux principes bioclimatiques qui assurent les conditions minimales de confort thermique et de contrôle des effets climatiques :

- La consistance des espaces les plus utilisés (cuisine) par rapport aux autres avec prolongement des activités vers l'extérieur ;
- Le solaire passif basé sur l'organisation intérieur des espaces, l'orientation Nord-Sud des Façades principales, l'utilisation des matériaux locaux adaptés ainsi que l'introduction de la serre, en sont les principes bioclimatiques utilisés dans ce projet.

b) L'habitation rurale à haute efficacité énergétique de Soudania:

La maison prototype a été réalisée par un consortium de deux centres de recherches : CDER et le CNERIB dans le cadre du projet MED-ENEC. Le projet consiste en la réalisation d'une maison de type rurale en y intégrant les différents procédés d'efficacité énergétique.

Cette maison prototype possède certaines caractéristiques d'une maison solaire passive afin de réduire les consommations d'énergie de 40 %, à savoir une surface vitrée importante orientée Sud, une isolation et une grande masse thermique. (48) (Voir figure 5)

Le prototype construit sur le Site du centre de recherche CNERIB présente dans sa conception les caractéristiques bioclimatiques suivantes (49) :

- Une isolation renforcée des parois opaques (murs extérieurs et toiture) ;
- Utilisation d'un plancher solaire chauffant ;
- Eradication des ponts thermiques ;
- Mise en place de protections solaires ;
- Utilisation de la brique de Béton de Terre Stabilisée (BTS), caractérisé par un excellent niveau d'isolation thermique et disponible localement ; ce matériau assure une bonne résistance thermique des murs ;
- Exploitation de l'énergie solaire pour le chauffage par plancher et la production d'eau chaude sanitaire,
- Utilisation des lampes basse consommation pour l'éclairage intérieur,
- Fenêtres à double vitrage et ventilation naturelle intérieure



Figure 5: La maison prototype à haute efficacité énergétique

c) La cité SELIS à Ouargla :

La cité « SELIS » réalisée en 1958 par l'entreprise allemande, Missenard. La SELIS forme un ensemble composé de 232 logements, répartis-en 8 bâtiments et orientés Nord-Sud. Ce site est accidenté, ce qui a permis de créer des caves aux sous - sols. L'orientation Nord-Sud des bâtiments et leur disposition en gradins facilite la pénétration des rayons solaires. La grande

partie des façades est exposée au Sud, avantage qui permet de tirer la meilleure partie de l'ensoleillement, celui-ci nécessaire à l'équilibre thermique du bâtiment (50) . (Voir figure 6)



Figure 6: Représentation des bâtiments de SELIS (49)

D'après A. Liebard al (51) Les bâtiments de la SELIS, possèdent une forme rectangulaire allongée le long de l'axe Est-Ouest, représentant donc le mur pignon⁴ qui fait face au vent dominant. La forme des bâtiments est compacte un minimum d'ouvertures permet de limiter la circulation de l'air. La toiture inclinée offre une bonne étanchéité. L'isolation thermique est réalisée grâce à la présence de plaques en amiante ciment (époque coloniale), fixées par des chevilles sur des poutres en bois de 5 cm. Un vide d'air vertical est ventilé, entre les briques en terre cuite et le voile pour réduire le réchauffement du mur et faciliter le renouvellement de l'air (52). Les parois des locaux habités sont composées de murs construits en portiques, voiles et panneaux isothermes. Le système de ventilation naturelle appliqué au bâtiment se présente sous deux formes :

1. Ventilation verticale au niveau des murs opaques en utilisant des vides d'air entre les panneaux isothermes et le mur voile (côtés Est et Ouest).

2. Ventilation horizontale au niveau de la toiture inclinée avec des ouvertures sur les côtés qui permettent de dégager l'air chaud et renouveler l'air dans les parties supérieures.

⁴ Le pignon désigne la partie supérieure triangulaire ou non du mur d'un bâtiment servant à donner des versants à un toit

d) La réalisation de 600 logements à haute performance énergétique :

L'Algérie met en œuvre, un programme dénommé ECO-BAT qui se résume dans la réalisation de logements à haute performance énergétique (HPE), assurant une optimisation du confort intérieur en réduisant la consommation énergétique liée principalement au chauffage et à la climatisation. 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. Répartis sur onze wilayas (53). Ce type de logement permettra de réduire la consommation d'énergie des ménages de près de 40%. Dans ce but, une convention a été signée entre l'APPRUE et l'OPGI au siège du ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme (54).

La stratégie de conception adoptée pour le projet ECO-Bat (55):

❖ En hiver :

- Limitation des déperditions thermiques ;
- Orientation et conception adéquats des façades ;

❖ En été :

- Emploi de techniques de rafraîchissement naturel ;
- Emploi de matériaux adéquats (en fonction des zones climatique).

I.4 La procédure d'enquête :

Introduction :

L'enquête est une situation d'apparent paradoxe, puisqu'elle planifie un questionnaire pour en obtenir des réponses spontanées. L'enquête est particulièrement adaptée pour les recherches qui veulent investiguer des opinions, des attitudes, des croyances, des perceptions, des expériences ou encore des comportements. (56) L'enquête sous forme d'un diagnostic ou d'un audit énergétique d'un bâtiment qu'il soit résidentiel ou tertiaire peut contribuer à résoudre le problème de la consommation énergétique qui ne cesse de croître dans le bâtiment.

L'enquête selon l'objet de l'étude et l'objectif poursuivi, est basée sur des règles qui peuvent aider à mener à bien cette dernière. Parmi ces règles, on peut citer :

i. Conception générale d'enquête :

- Détermination de l'objet et de la question d'étude ;
- Formuler des hypothèses et lier la question d'étude à son cadre théorique ;

- Il faut déterminer la question principale autour de laquelle s'articulera le travail de recherche et émettre de façon hypothétique une réponse à cette question. ; (57)
- Passer d'un concept théorique à une variable observable.

Les méthodes d'enquête :

Ses différentes méthodes peuvent aider à concevoir une enquête riche en informations et en données afin de résoudre le sujet de l'étude.

ii. La récolte des données :

L'échantillonnage :

Il s'agit d'un groupe restreint de la population, à partir duquel on procédera à une généralisation des résultats. Afin de ne pas être biaisé, l'échantillon doit être représentatif de la population.

L'analyse des questionnaires :

L'analyse des résultats consistera à mettre en relation les variables et comparer les résultats obtenus avec ceux qu'on attendait au moment de la formulation des hypothèses.

1. La présentation des résultats :

Situer le contexte de l'étude ;

- Il faut décrire quelles méthodes ont été choisies, et pourquoi ;
- Les résultats gagneront à être présentés sous un format qui combine textes et tableaux et/ou graphiques.
- Résumer les résultats obtenus et les interprétations proposées.

iii. Exemples d'études :

Dans le but d'améliorer la performance énergétique des bâtiments résidentiels Ibtissem.B (58) a réalisé un questionnaire afin de connaître les systèmes énergétiques utilisés et l'avis des occupants. La méthode choisie a été de réaliser une enquête par le biais d'un questionnaire détaillé. L'enquête a permis de mettre en évidence que la construction se caractérise par l'inconfort en hiver et en été et que l'électricité est l'énergie de climatisation la plus utilisée et le gaz est l'énergie utilisée pour le chauffage et l'eau chaude.

L'objectif de Mothanna.S al (59) est de mettre en place une certification énergétique pour les bâtiments résidentiels neufs dans la région côtière de l'Est-Méditerranée. Pour atteindre cet

objectif, il a réalisé une série d'enquêtes par questionnaire sur le terrain pour mettre en évidence les problématiques énergétiques des bâtiments résidentiels dans la ville de Tartous(Syrie), et établir une base de données servant de référentiel sur les modes de construction, les systèmes énergétiques accessibles et les usages des occupants.

Dans le but d'augmenter l'efficacité énergétique des maisons Joshua D. Rhodes et al (60) ont effectués une étude qui présente une analyse d'un ensemble de données unique de 4971 audits énergétiques effectués sur des maisons à Austin, ils ont obtenus que les systèmes de climatisation résidentiels représente 17 à 18% de la demande de pointe en Austin .Les auteurs suggèrent que le dimensionnement précis des équipements de climatisation résidentiels pourrait déplacer jusqu'à 41 MW de demande de pointe. De plus, ils estiment que le remplacement des unités surdimensionnées par des unités à plus haut rendement pourrait, au mieux, doubler ces économies de pointe à 81 MW.

Conclusion :

A la fin de ce chapitre ce qu'on peut dire est que les bâtiments performants reposent sur un même principe, à savoir, la réduction des besoins énergétiques et la production du complément des besoins via de systèmes efficaces utilisant diverses sources d'énergie, y compris les énergies renouvelables.

Cependant, les bâtiments performants ne fonctionneront pas sur des systèmes uniquement passifs, la réduction des besoins énergétiques est atteinte par une conception architecturale bioclimatique et par l'usage de technologies plus efficaces.

D'autre part, La méthode d'enquête est un outil souple de recueil de données qui vise une mise au jour des contenus de pensée mais également une analyse de l'activité mentale. Lorsqu'elle est utilisée de manière raisonnée, elle s'avère très pertinente.

CHPITRE II

Présentation du

modèle expérimental

Introduction

L'objectif de cette étude est l'analyse des consommations énergétiques des ménages algériens et permettre également d'orienter le maître d'ouvrage vers les solutions de rénovation les mieux adaptées.

La solution recherchée est la mise en œuvre des règles de base universelles de l'efficacité énergétiques dans le bâtiment. Le problème qui se pose c'est la hausse alarmante des consommations énergétiques dans le bâtiment résidentiel d'année en année sans aucune recherche de solutions adéquates. A travers ce travail, on va essayer de répondre à la question : **Quels sont les paramètres influents sur cette consommation énergétique ? Et comment peut-on y remédier ?**

Ce travail est basé sur une enquête sur terrain, munie de différentes phases :

- Choix du bâtiment de l'étude et de son site ;
- Planification d'un questionnaire pour la collecte des différentes données sur le bâtiment de l'étude (composition de l'enveloppe ; situation et orientation du bâtiment) et pour le relevé des consommations énergétiques annuelles du bâtiment (factures énergétiques) ;
- Fréquence d'occupation au sein du bâtiment de l'étude ;
- Traitement des données afin de retrouver les consommations réelles du site ;
- Une analyse de ces données est réalisée grâce à l'outil de calcul thermique COMFIE-
PLEIADE;
- L'analyse des données et les résultats de calculs permettent de nous diriger vers le choix des solutions les plus efficaces et les mieux adaptées pour la réduction des consommations énergétiques.

A travers cette enquête, on pourra cerner le problème et identifier les paramètres influents sur les consommations énergétiques dans les foyers algériens et éventuellement donner des propositions de solutions simples et peu coûteuses pouvant rationaliser l'énergie dans le bâtiment.

L'étude a conduit à choisir le site de la ville de Bouira (wilaya de Bouira) pour notre enquête pour deux raisons :

- La disponibilité des informations utiles sur les données climatiques du site ;
- La facilité de la récolte des informations à travers les établissements publics, techniques et sociaux.

L'enquête a été réalisée en été 2020, 04 appartements ont été choisis pour mener notre enquête. Cependant, pour l'élaboration et la validation de notre modèle théorique, les données d'un seul appartement a été sélectionné. Les informations relevées sur les autres appartements seront représentés dans l'annexe 1. Les étapes de l'enquête sur l'appartement type sont présentées dans ce qui suit :

II.1 Présentation du logement:

II.1.1. Description générale du site :

La ville de Bouira se situe dans la région Centre Nord du pays. Elle s'étend sur une superficie de 4456,26 km² représentant 0,19% du territoire national. Le chef-lieu de wilaya est situé à près de 120 km de la capitale Alger. Le climat est chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. La pluviométrie moyenne est de 660 mm/an au Nord et de 400 mm/an dans la partie Sud.

II.1.2. Localisation et données météorologiques

II.1.2.a) Plan de masse :

L'appartement se situe en zone urbaine à Ouled-Bellil, à la sortie Est de la ville de Bouira. La position géographique de cet immeuble est caractérisée par une latitude de 36° 23' 00" Nord, 3° 54' 00" Est à une altitude de 577m. Une vue satellite tirée de Google-Earth montre la position de l'immeuble (voir figure 7) :



Figure 7: Position de l'appartement sur Google-Earth

II.1.2.b) La Température extérieure et l'ensoleillement annuel :

Nous avons récupéré les données climatiques horaires auprès le logiciel Métronome, les détails de ces données sont présentés en Annexe 2. Ces données horaires fournissent plusieurs informations, telles que : les données climatiques quasi-complète de notre site, les températures extérieures (Voir figure8), l'irradiation globale et diffuse horizontale, la vitesse des vents dominants et la durée d'irradiation solaire (Voir figure9).

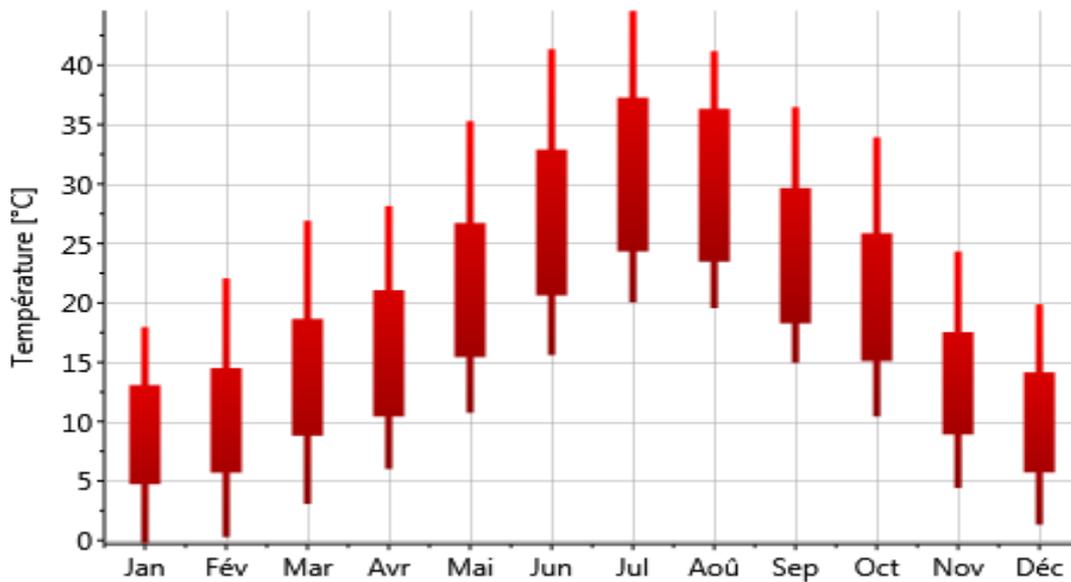


Figure 8: La température annuelle dans le site de Bouira.

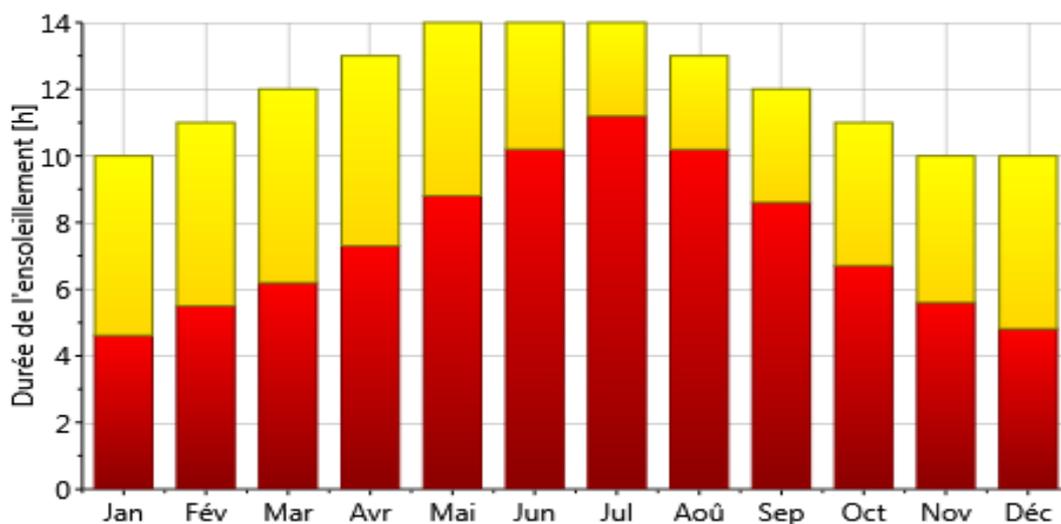


Figure 9: Représentation de la durée d'ensoleillement annuelle.

II.1.3. Description générale (structure, Environnement) :

L'immeuble est un bâtiment d'habitation individuelle, il est construit en 2003 à la ville de Bouira. Il se situe dans un quartier résidentiel, avec une vue sur la rue par la façade Est. L'autre façade Sud donne sur un immeuble de basse hauteur, par contre les façades Nord et Ouest donnent sur un jardin planté d'arbres de Vignes (Voir les figures 12 et 13). Les parois extérieures sont composées d'un mur en brique de 30 cm dont une lame d'air intermédiaire de 10cm pour l'isolation.

II.1.4. Usage du bâti et zonage fonctionnel :

L'appartement de l'étude se compose de :

Tableau 1:Représentation de composition du logement.

Type de pièce	Nombre de zones	Surface (m ²)
Salon	01	40.00
Salle à manger	01	34.49
La Chambre	03	16.00
La cuisine	01	17.50
Le Couloir	01	34.49
Salle d'eau	01	10.01
WC	01	2.24

La figure 10 représente le plan de l'appartement de l'étude et la figure 11 représente le plan en 3D. Les figures 12 et 13 représentent les différents vus de l'appartement de référence (Nord et Ouest).

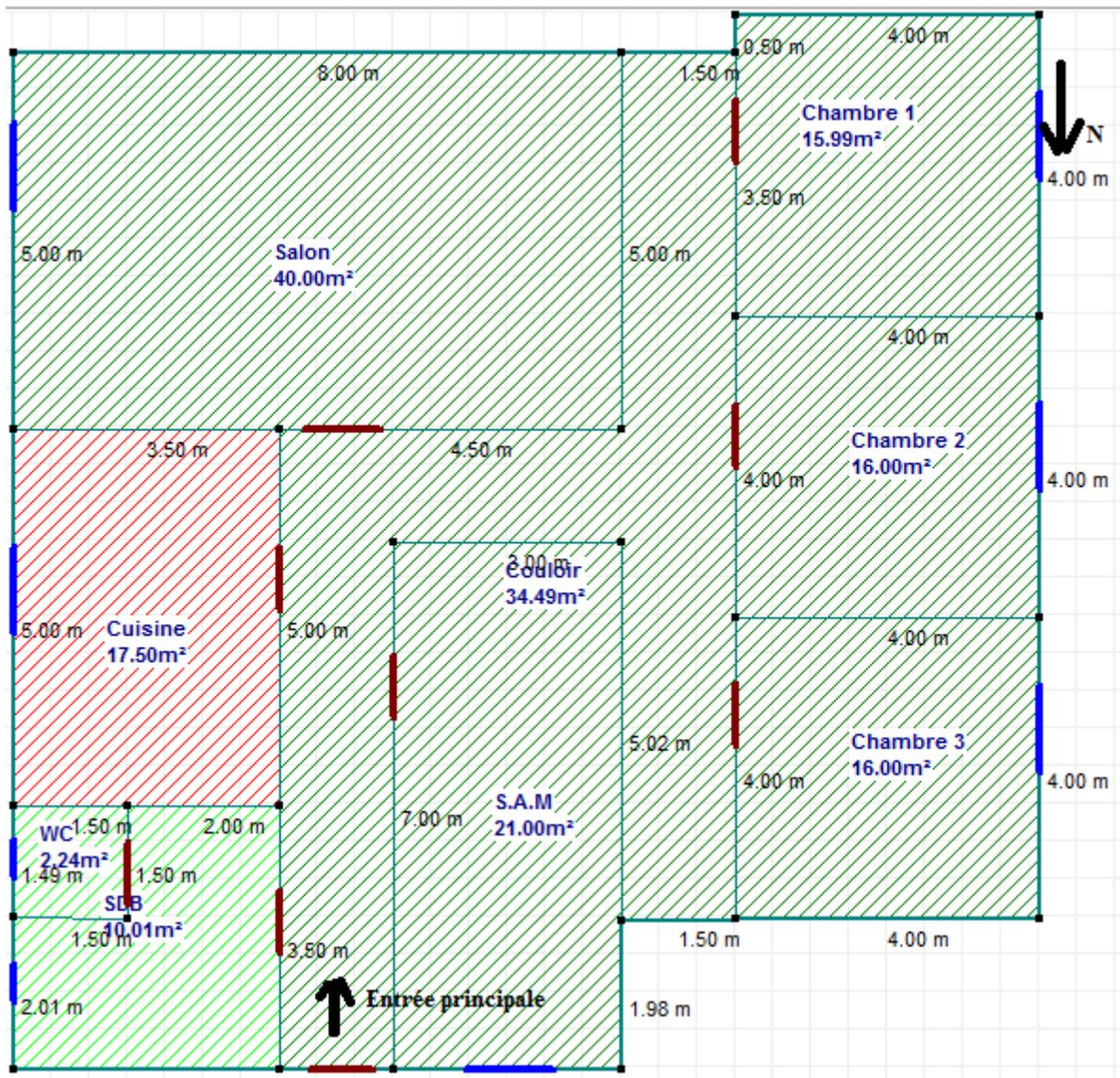


Figure 10: Plan architectural de l'appartement de l'étude.

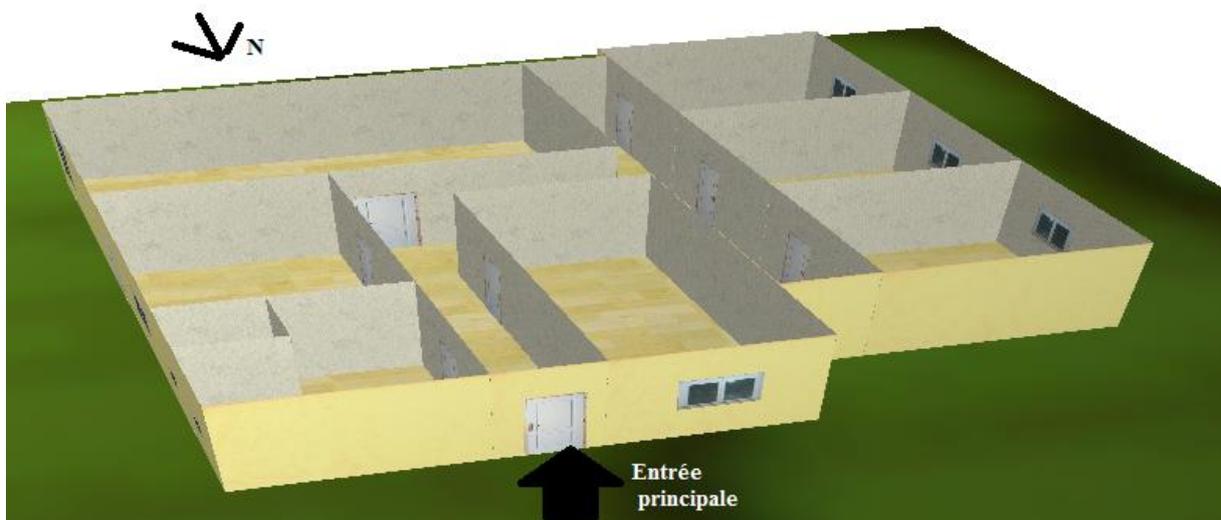


Figure 11: Vue en 3D de l'appartement de l'étude.



Figure 12: Vue de côté nord de l'appartement de l'étude.



Figure 13: Vue de côté Ouest de l'appartement de l'étude.

II.2 Description technique du bâtiment :

Après avoir effectué le choix du logement de référence, des visites ont été organisées sur site afin de compléter le questionnaire de l'enquête et établir un tableau d'informations concernant les données essentielles sur l'enveloppe du bâtiment utiles pour notre étude.

II.2.1. Composition et caractéristiques des parois :

L'enveloppe du bâtiment est constituée de plusieurs éléments associés : plancher, toiture, murs (intérieurs et extérieurs) et menuiseries (fenêtres, portes et porte-fenêtre). Dans cette étude, nous cherchons les caractéristiques quantitatives présentées par le ou les paramètres thermo physiques de chaque élément. Le tableau 2 présente les paramètres thermo physiques des parois opaques et vitrées du logement d'étude :

Tableau 2: Paramètres thermo physiques pour les éléments du bâtiment.

Élément	Paramètre thermo physique	Symbole	Unité
Mur, Toiture, Plancher	Résistance thermique	R	(m².K)/W
	Conductivité thermique	λ	W/(m. K)
	Masse volumique	ρ	kg/m³

Tableau 3:Représentation des caractéristiques thermo-physique des parois opaques du logement.

	Composition	Epaisseur (m)	Conductivité λ (W/m.K)	R (m².K/W)	K (W/m².K)
Plancher haut	Béton lourd	0,20	1.750	0.17	3.22
	plâtre	0,02	0.350		
Mur extérieur	mortier	0,02	1.150	0,63	1.57
	brique	0,10	0.476		
	lame d'air	0,10	--		
	brique	0,10	0.476		
	plâtre	0,02	0.350		
Mur Intérieur	Plâtre	0.02	0.350	0.33	1.82
	Brique creuse	0.10	0.476		
	Plâtre	0.02	0.350		
Plancher Bas	Béton lourd	0,10	1.750	0.22	2.27
	Mortier	0.03	1.750		
	Carrelage	0.02	0.177		

Remarque :

On a pris le coefficient d'échange superficiel $\frac{1}{h_{int}} + \frac{1}{h_{ext}} = 0.14$ (m² °c /w) pour les planchers hauts et 0.17 (m² °c /w) pour les murs extérieurs et 0.22 (m² °c /w) pour les murs intérieurs et les planchers bas.

$$K = \left[\left(\frac{1}{h_{int}} + \frac{1}{h_{ext}} \right) + \sum R \right]^{-1}$$

II.2.2. La composition de la menuiserie :

Les fenêtres sont des fenêtres de bois à simple vitrage. Le tableau 4, représente les caractéristiques de la menuiserie du logement

Tableau 4 : Représentation des caractéristiques de la menuiserie du logement d'étude.

Caractéristiques	Localisation	Nombre	Largeur (m)	Hauteur (m)
Porte en bois	Entrée WC, SDB de logement, des chambres, Salle à manger, Salon	9	0.94	2.17
Fenêtre en bois	La Cuisine, les chambres, Salle à manger, Salon	05	1.20	1.40
Porte fenêtre en bois	Salon	1	1.20	.17
Vasistas ouvrant à soufflet	WC	01	0.50	0.50
Vasistas ouvrant à soufflet	SDB	01	0.80	0.50

II.2.3. Les dispositifs de protection solaires :

Tableau 5: Représentation des dispositifs de protection solaires

Type	Façades				
	Sud/Sud-Est/Sud - Ouest	Nord/NordEst/Nord -Ouest	EST	Ouest	Nord
Stores	--	--	--	--	--
Volets	--	--	x	x	x
Rideaux	--	--	x	x	x
Autres masques	--	--	--	--	--
Claustras	--	--	--	--	--
Brise soleil	--	--	--	--	--

II.3 Présentation des consommations énergétiques du logement de l'étude :

II.3.1. Les factures énergétiques :

Les factures énergétiques varient dans les bâtiments résidentiels selon la source d'énergie utilisée (Electricité, ou gaz naturel). L'électricité est la source principale d'utilisation des occupants du logement dans différents usages comme ; l'éclairage, la climatisation en été, l'usage des équipements électroménagers. Principalement, le gaz est la source d'énergie la plus utilisée pour le chauffage des habitations en Algérie.

Les données relevées de la consommation énergétique (Electricité et Gaz) à partir des factures de SONELGAZ se limitent à une période de 03ans (2018-2020). Les relevés de chaque année sont divisés en 04 trimestres. :

- La durée de 1^{er} trimestre est de 21 Octobre jusqu'au 12 Janvier ;
- La durée de 2^{ème} Trimestre est de 12 Janvier jusqu'au 12 Avril ;
- La durée de 3^{ème} Trimestre est de 12 Avril jusqu'au 24 Juillet ;
- La durée de 4^{ème} Trimestre est de 24 Juillet jusqu'au 12 Janvier.

Ces consommations énergétiques sont détaillées suivant le tableau 6.

Tableau 6: La consommation d'électricité et du Gaz du logement de l'étude pour les 04 trimestres de l'année durant 3 ans. . (Les factures de SONELGAZ).

	<i>Energie électrique</i> [KWh]		<i>Gaz</i> [KWh]	
	Année 2018	<i>1^{er} Trimestre</i>	<i>542.00</i>	<i>1^{er} Trimestre</i>
	<i>2^{ème} Trimestre</i>	<i>616.00</i>	<i>2^{ème} Trimestre</i>	<i>15987.76</i>
	<i>3^{ème} Trimestre</i>	<i>591.00</i>	<i>3^{ème} Trimestre</i>	<i>2770.72</i>
	<i>4^{ème} Trimestre</i>	<i>652.00</i>	<i>4^{ème} Trimestre</i>	<i>1142.79</i>
Année 2019	<i>1^{er} Trimestre</i>	<i>658</i>	<i>1^{er} Trimestre</i>	<i>16969.31</i>
	<i>2^{ème} Trimestre</i>	<i>525</i>	<i>2^{ème} Trimestre</i>	<i>6802.82</i>

	<i>3^{ème} Trimestre</i>	<i>440.00</i>	<i>3^{ème} Trimestre</i>	<i>6953.75</i>
	<i>4^{ème} Trimestre</i>	<i>946.00</i>	<i>4^{ème} Trimestre</i>	<i>5498.32</i>
Année 2020	<i>1^{er} Trimestre</i>	<i>600.00</i>	<i>1^{er} Trimestre</i>	<i>13260.64</i>
	<i>2^{ème} Trimestre</i>	<i>562.00</i>	<i>2^{ème} Trimestre</i>	<i>9012.92</i>
	<i>3^{ème} Trimestre</i>	<i>431.00</i>	<i>3^{ème} Trimestre</i>	<i>3536.17</i>

- Pour la conversion de thermie on a $1 \text{ Th} = 1.163 \text{ KWh}$

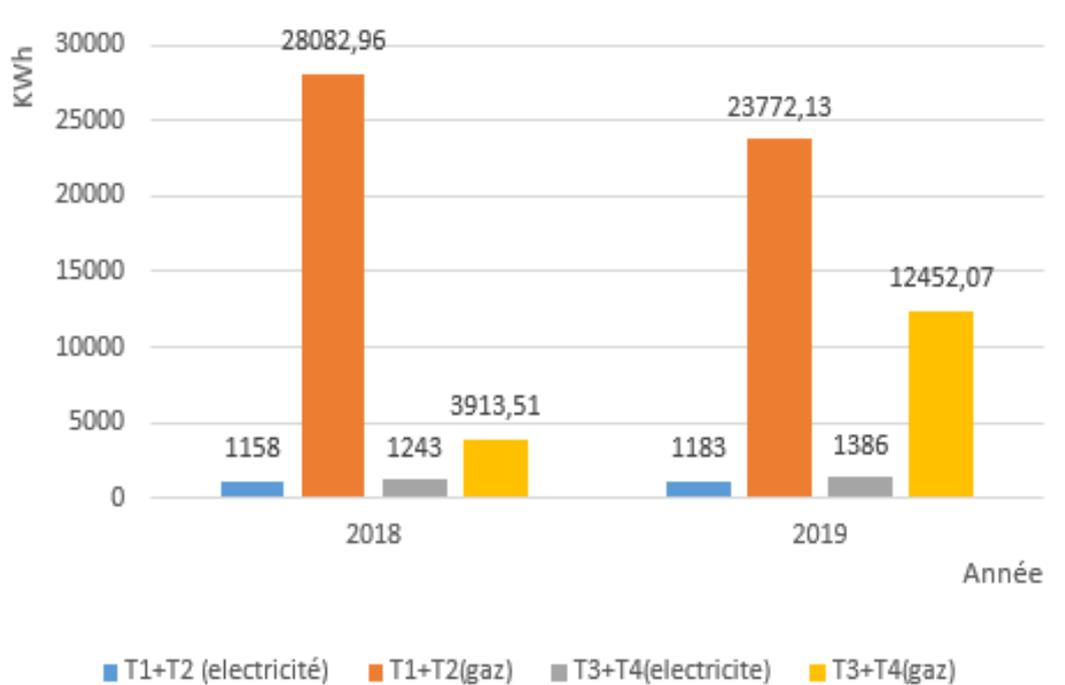


Figure 14: Représentation de la consommation d'électricité et de gaz de l'appartement de l'étude durant 02ans.

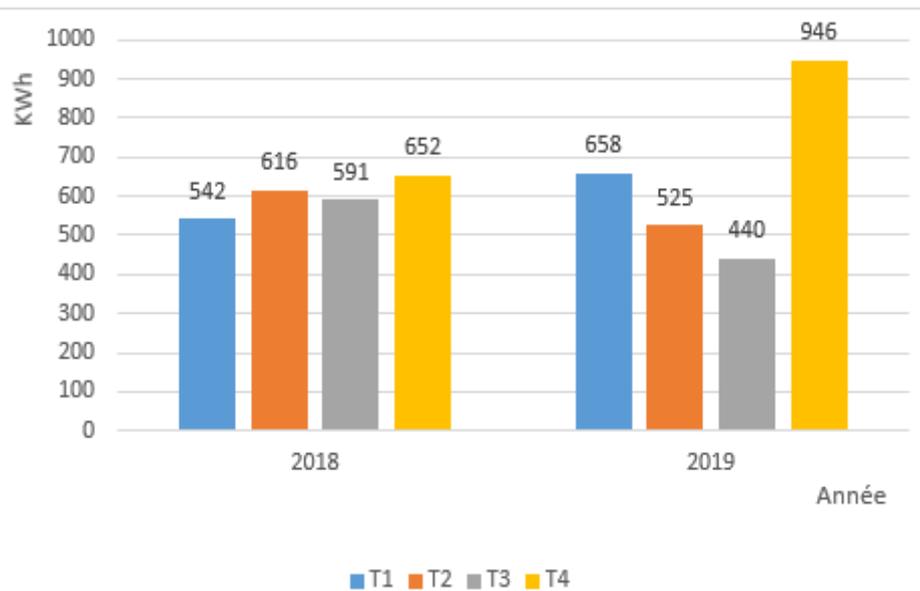


Figure 15: Représentation de la consommation trimestrielle d'électricité dans l'appartement de l'étude durant 02 ans.

On note qu'au 4e trimestre (période estivale), la consommation d'électricité est très élevée par rapport aux autres trimestres, 652.00 KWh en 2018 alors qu'elle augmente jusqu'à 946.00 KWh en 2019 (voir figure 15). Ainsi, contrairement pour la consommation du gaz, on note une augmentation de la consommation durant les deux premiers trimestres 28082.96KWh et cela s'explique par l'utilisation du gaz pour le chauffage du logement (période hivernale), on peut remarquer une grande différence entre la période estivale et hivernal avec une valeur de 24169.45KWh (Voir figure 14). D'après la figure 14, on peut aussi remarquer que la consommation du gaz est élevée par rapport à la consommation d'électricité.

On note que les données recueillies des consommations énergétiques sont considérées comme des résultats expérimentaux. Ces résultats sont comparés avec les résultats théoriques d'analyse thermique dynamique obtenus à travers la simulation sur le logiciel COMFIE-PLEIADE.

II.4 Fréquence d'occupation de logement de l'étude :

Ce scénario permet de décrire le taux d'occupation, les modalités de la présence des occupants dans l'appartement. Pour notre enquête, et grâce à notre questionnaire des habitants du logement on a pu établir des tableaux définissant la fréquence d'occupation de ces habitants. Le logement d'étude est occupé par une famille de 6 personnes (01 homme, 01 femme, 02 garçons et 02 filles), Leur présence dans l'appartement est constatée entre 5h de l'après-midi et 8h du matin en semaine (la présence des enfants change durant l'été). Durant le

week-end, leur présence varie selon leurs sorties. La température de consigne en chauffage et climatisation est liée à la présence des occupants.

Un exemple de taux d'occupation pour le logement d'étude est présenté suivant le tableau 7. On note que une personne représente 15%, et que cette fréquence d'occupation est utilisée dans notre modèle théorique réalisé sur PLEIADES-COMFIE.

Tableau 7: Exemple de scénario d'occupation dans le logement de l'étude pour une famille de 6 personnes dans le séjour et les deux chambres durant l'hiver.

Heures 6	Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
De 0h à 1h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 1 à 2h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 2h à 3h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 3h à 4h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 4h à 5h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 5h à 6h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 6h à 7h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 7h à 8h	0%	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	100 %
De 8h à 9h	15%	15%	15%	15%	15%	100 %	100 %
De 9h à 10h	15%	15%	15%	15%	15%	0 %	0 %
De 10h à 11h	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	85 %	85 %
De 11h à 12h	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	85 %	85 %
De 12h à 13h	0%	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	100 %
De 13h à 14h	15%	15%	15%	15%	15%	0 %	0 %
De 14h à 15h	15%	15%	15%	15%	15%	100 %	100 %
De 15h à 16h	15%	15%	15%	15%	15%	100 %	100 %
De 16h à 17h	15%	15%	15%	15%	15%	100 %	100 %
De 17h à 18h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
De 18h à 19h	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %
De 19h à 20h	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %	85 %

De 20h à 21h	0%	0 %	0 %	0 %	0 %	0%	0%
De 21h à 22h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 22h à 23h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
De 23h à 24h	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

II.5 Etude des consommations de quatre (04) logements :

L'enquête menée a permis de récolter les données sur l'enveloppe et la consommation énergétique de 04 autres appartements(y compris le logement de l'étude) ce qui a permis de réaliser une étude de comparaison des consommations d'énergie entre les appartements afin de cerner les principaux paramètres influents sur cette consommation énergétique croissante. Les résultats de cette comparaison est représentée dans le chapitre résultats et discussions.

Conclusion :

Une description métrologique détaillée de notre appartement de l'étude a été le sujet de ce chapitre pour le but de construire une base de données utiles afin d'établir un modèle complet de notre appartement de référence.

La récolte des données durant l'enquête était facile le seul problème que nous avons rencontré était l'obtention des plans architecturaux. Nous avons présenté les résultats obtenus à partir de l'enquête effectuée au niveau de l'appartement de l'étude. Cette base de données contient plusieurs informations qui ont permis de mettre en évidence les paramètres influents sur les consommations énergétiques de l'habitation de l'étude :

- Le coefficient de transmission K pour les murs extérieurs et le plancher haut est très grand, ce qui peut aboutir à des consommations énergétiques très élevées.
- La consommation élevée de l'électricité pour la climatisation en été, ceci peut s'expliquer par l'utilisation des ouvrants à simple vitrage et aussi absence d'une isolation des murs extérieurs et du plancher haut.

- Les conditions climatiques du site ; la température extérieure très élevée en été et très basse en hiver
- Système de chauffage (généralement au gaz), souvent installé dans le séjour ou hall. Cet emplacement favorise les déperditions d'énergie, et une distribution non-uniforme de la température dans les autres locaux.

Remarque :

- Les données de la consommation énergétique du 4^{ème} trimestre de l'année 2020 ne sont pas disponibles, car la perception de la facture d'énergie est pour le mois d'Octobre.
- Les systèmes d'éclairage et les appareils électriques de l'appartement de référence, sont présentés en annexe 2.

CHPITRE III

Présentation

D'outil de simulation

Introduction :

Ce chapitre est entièrement consacré à la simulation dynamique du logement choisi pour l'étude. La simulation est faite sous Pleiades-Comfie dans le but d'accéder aux besoins de chauffage et climatisation heure par heure dans les différentes zones prédéfinies du bâtiment afin de valider les concepts et solutions techniques retenues.

III.1 Description du logiciel :

III.1.1. Alcyone :

C'est l'interface graphique du logiciel, conçue pour faciliter la saisie des bâtiments. Elle permet de définir l'ensemble des paramètres géométriques du bâti, d'attribuer à chaque élément (paroi, fenêtre, etc.) ses caractéristiques thermiques, de préparer le zonage thermique et d'affecter les scénarios d'utilisation. Elle peut présenter le projet en 2D et en 3D.

III.1.2. Méteonorme :

Est une référence complète météorologique. Il vous donne accès à des données météorologiques pour divers application pour n'importe quel endroit dans le monde.

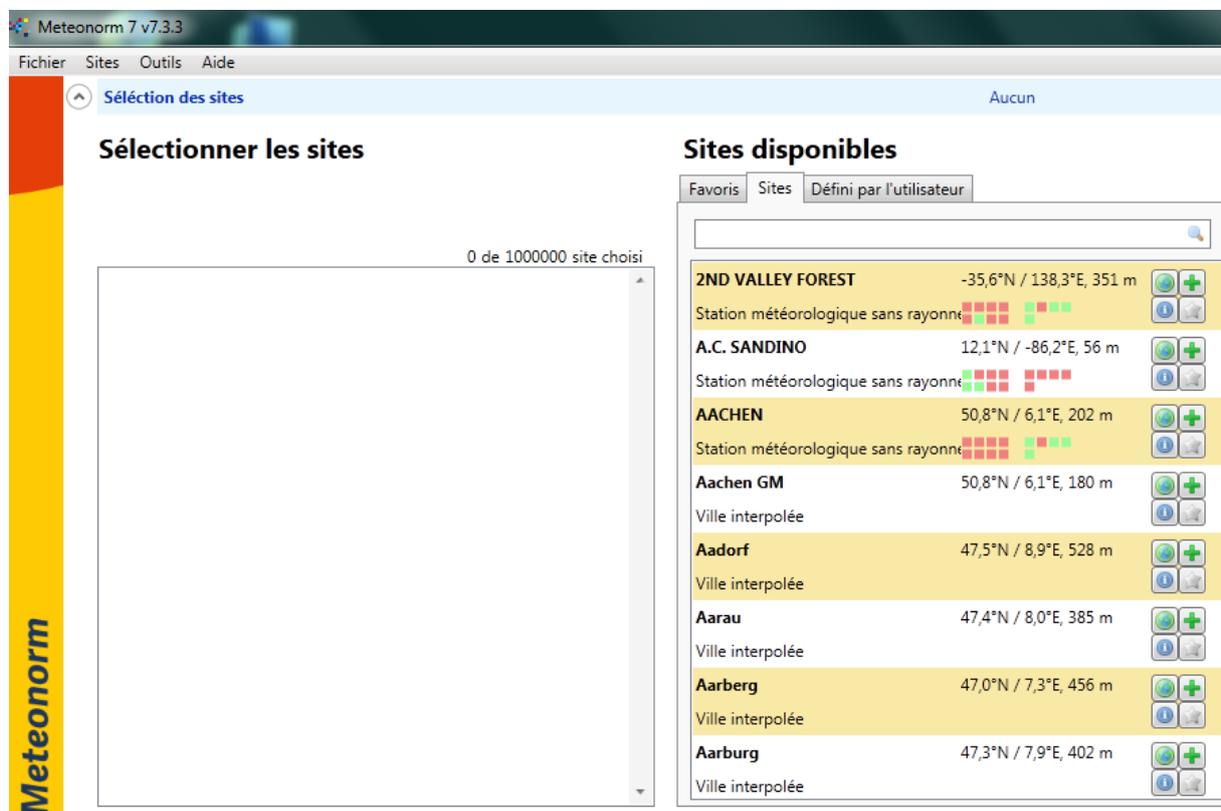


Figure 16: Représentation de la plateforme Méteonorme

III.1.3.COMFIE-PLEIADE

Le logiciel Comfie-Pleiades est un outil de simulation thermique dynamique de bâtiment développé par le Centre énergétique et procédés de Mines ParisTech depuis plusieurs années, avec le soutien de l'Ademe. Il est particulièrement adapté à la conception solaire bioclimatique et à la réalisation de bâtiments où la qualité thermique et environnementale des ambiances est particulièrement prise en compte. Le logiciel calcule le comportement de différentes zones thermiques d'un bâtiment en régime dynamique. Il permet également de simuler le comportement d'une serre, de détecter d'éventuelles surchauffes d'été ou de comprendre l'influence d'une ventilation sur le confort thermique. Il autorise également à suivre heure par heure les consommations (et le confort thermique) pour le chauffage et la climatisation. Avec sa grande bibliothèque (matériaux, éléments, systèmes, équipements, etc.) et la possibilité de modéliser tous les éléments souhaités dans l'enveloppe et le système.

Le comportement thermique du bâtiment est très complexe du fait des transferts thermiques se produisant simultanément et de la variation des conditions le sollicitant (conditions climatiques). Comfie-Pleiades intègre ces phénomènes dans la modélisation thermique et permet d'inclure toutes les données météorologiques dans son calcul avec un format (TYR).

III.2 Procédure de la simulation

Nous effectuons la simulation thermique dynamique de l'appartement de l'étude en utilisant le logiciel COMFIE-PLEIADE. La simulation réalisée par COMFIE-PLEIADE va être effectuée en fonction de l'emplacement, de l'orientation, du site météo, des matériaux de construction et des propriétés physiques et thermiques, de l'architecture, de la géométrie du bâtiment, du comportement des occupants et des systèmes énergétiques utilisés (chauffage et climatisation).

Nous avons modélisé toutes les informations récoltées lors de notre démarche selon les étapes suivantes :

III.2.1.Définir la composition des parois (sous Pléiades) :

Nous avons commencé par créer les bibliothèques spécifiques de données de notre appartement, avant de saisir les données :

III.2.1.a) Les matériaux et compositions :

Pour les parois extérieures, intérieures, les cloisons, le refend, le plancher, les revêtements extérieurs et intérieurs, les menuiseries et leurs compositions de vitrages et de cadres, La figure 17 représente un exemple d'intégration pour plancher haut.

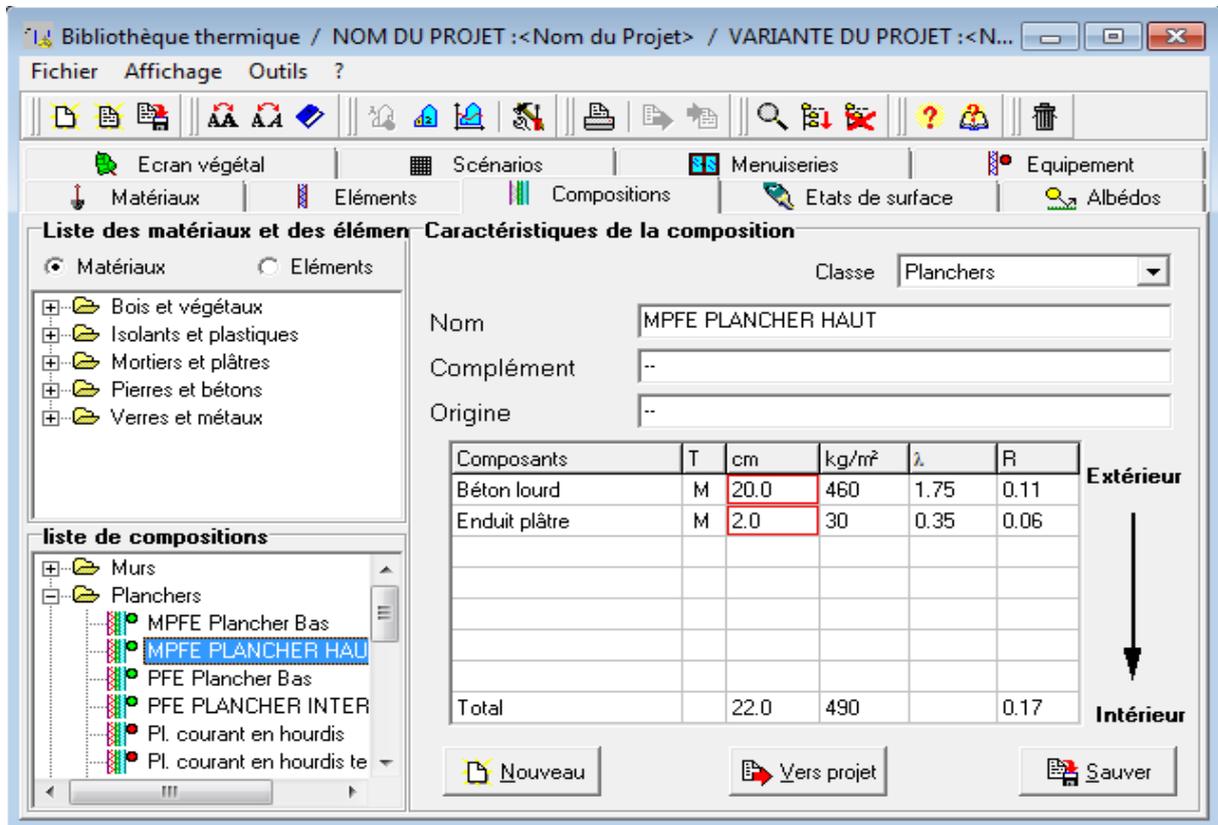


Figure 17: Intégration des données.

III.2.1.b) Les scénarios :

Nous avons intégré les différents scénarios obtenus durant l'enquête, Nous avons présenté ces scénarios dans les figures suivantes :

1. *Puissance dissipée des appareils électriques⁵ :*

Les tableaux suivants représentent les scénarios de puissance dissipée intégrés dans le logiciel.

⁵ La consommation de chaque pièce est présentée dans l'annexe3.

Tableau 8:Puissance dissipée des appareils électriques de zone 1 durant l'hiver(les Chambres + Salon+ Salle à manger+ Couloir)

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	76	76	76	76	76	76	76
1 H	76	76	76	76	76	76	76
2 H	76	76	76	76	76	76	76
3 H	76	76	76	76	76	76	76
4 H	76	76	76	76	76	76	76
5 H	76	76	76	76	76	76	76
6 H	76	76	76	76	76	76	76
7 H	76	76	76	76	76	76	76
8 H	76	76	76	76	76	76	76
9 H	313	313	313	313	76	76	313
10 H	313	313	313	313	76	76	313
11 H	76	76	76	76	628	628	76
12 H	76	76	76	76	628	628	76
13 H	76	76	76	76	628	628	76
14 H	313	313	313	313	76	76	313
15 H	313	313	313	313	628	628	313
16 H	313	313	313	313	628	628	313
17 H	313	313	313	313	628	628	313
18 H	76	76	76	76	76	76	76
19 H	626	626	626	626	626	626	626
20 H	626	626	626	626	626	626	626
21 H	456	456	456	456	456	456	456
22 H	956	956	956	956	956	956	956
23 H	956	956	956	956	956	956	956
24 H	76	76	76	76	76	76	76

Tableau 9 :Puissance dissipée des appareils électriques de zone 2 (Cuisine)

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	400	400	400	400	400	400	400
1 H	400	400	400	400	400	400	400
2 H	400	400	400	400	400	400	400
3 H	400	400	400	400	400	400	400
4 H	400	400	400	400	400	400	400
5 H	400	400	400	400	400	400	400
6 H	400	400	400	400	400	400	400
7 H	400	400	400	400	400	400	400
8 H	420	420	420	420	400	400	420
9 H	400	400	400	400	400	400	400
10 H	400	400	400	400	420	420	400
11 H	400	2620	400	400	400	2620	400
12 H	400	2620	400	400	400	2620	400
13 H	400	400	400	400	400	400	400
14 H	400	400	400	400	400	400	400
15 H	400	400	400	400	400	400	400
16 H	400	400	400	400	400	400	400
17 H	400	400	400	400	400	400	400
18 H	420	420	420	420	420	420	420
19 H	420	420	420	420	1970	420	420
20 H	420	420	420	420	420	420	420
21 H	420	420	420	420	420	420	420
22 H	400	400	400	400	400	400	400
23 H	400	400	400	400	400	400	400
24 H	400	400	400	400	400	400	400

Tableau 10: Puissance dissipée des appareils électriques de zone 3 (SDB+WC)

Watts	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H	0	0	0	0	0	0	0
1 H	0	0	0	0	0	0	0
2 H	0	0	0	0	0	0	0
3 H	0	0	0	0	0	0	0
4 H	0	0	0	0	0	0	0
5 H	0	0	0	0	0	0	0
6 H	0	0	0	0	0	0	0
7 H	38	38	38	38	38	38	38
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	0	0	0
11 H	0	0	0	0	0	0	0
12 H	0	0	0	0	0	0	0
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	0	0	0	0	0	0	0
18 H	0	2000	0	0	0	2000	0
19 H	0	2000	0	0	0	2000	0
20 H	30	30	30	30	30	30	30
21 H	30	30	30	30	30	30	30
22 H	30	30	30	30	30	30	30
23 H	30	30	30	30	30	30	30
24 H	0	0	0	0	0	0	0

2. Scénario d'occupation:

Les tableaux suivants représentent les scénarios d'occupation dans les différentes zones de l'appartement.

Tableau 11: Scénario d'occupation de zone1 durant l'hiver (Les Chambres + Salon+ Salle à manger)

%	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	0	0	0	0	100	100	0
9 H	15	15	15	15	100	100	15
10 H	15	15	15	15	0	0	15
11 H	15	15	15	15	85	85	15
12 H	15	15	15	15	85	85	15
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	15	15	15	15	0	0	15
15 H	15	15	15	15	100	100	15
16 H	15	15	15	15	100	100	15
17 H	15	15	15	15	100	100	15
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	85	85	85	85	85	85	85
20 H	85	85	85	85	85	85	85
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Tableau 12: Scénario d'occupation de zone1 durant l'été(Les Chambres + Salon+ Salle à manger)

%	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	85	85	85	85	100	100	85
8 H	85	85	85	85	100	100	85
9 H	85	85	85	85	0	0	85
10 H	85	85	85	85	85	85	85
11 H	85	85	85	85	85	85	85
12 H	0	0	0	0	85	85	0
13 H	85	85	85	85	0	0	85
14 H	85	85	85	85	100	100	85
15 H	85	85	85	85	100	100	85
16 H	85	85	85	85	100	100	85
17 H	85	85	85	85	100	100	85
18 H	0	0	0	0	0	0	0
19 H	85	85	85	85	85	85	85
20 H	85	85	85	85	85	85	85
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

e)

Tableau 13: Scénario d'occupation de zone 2 (Cuisine)

%	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	100	100	100	100	0	0	100
8 H	0	0	0	0	100	100	0
9 H	0	0	0	0	100	100	0
10 H	15	15	15	15	15	15	15
11 H	15	15	15	15	15	15	15
12 H	100	100	100	100	0	0	100
13 H	0	0	0	0	100	100	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	0	0	0	0	0	0	0
16 H	0	0	0	0	0	0	0
17 H	100	100	100	100	100	100	100
18 H	15	15	15	15	15	15	15
19 H	15	15	15	15	15	15	15
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	0	0	0	0	0	0	0
22 H	0	0	0	0	0	0	0
23 H	0	0	0	0	0	0	0
24 H	0	0	0	0	0	0	0

3. Les données météo :

Grace à l'outil METEOCALC dans le logiciel COMFIE+PLIEADES, que nous avons obtenues auprès de l'agence METEONORM pour notre étude, au format [TYR]. Pour rassembler ces données dans l'environnement de l'appartement, nous les avons saisies dans la partie graphique (ALCYONE), où nous pouvons modéliser la géométrie de l'appartement (orientation, dimensions, matériaux de construction et leurs propriétés physiques et thermiques, ponts thermiques non traités, etc.) avec l'environnement autour (les rues en face, les bâtiments adjacents et du voisinage, ainsi que leurs auteurs et position, les arbres proches, etc.).

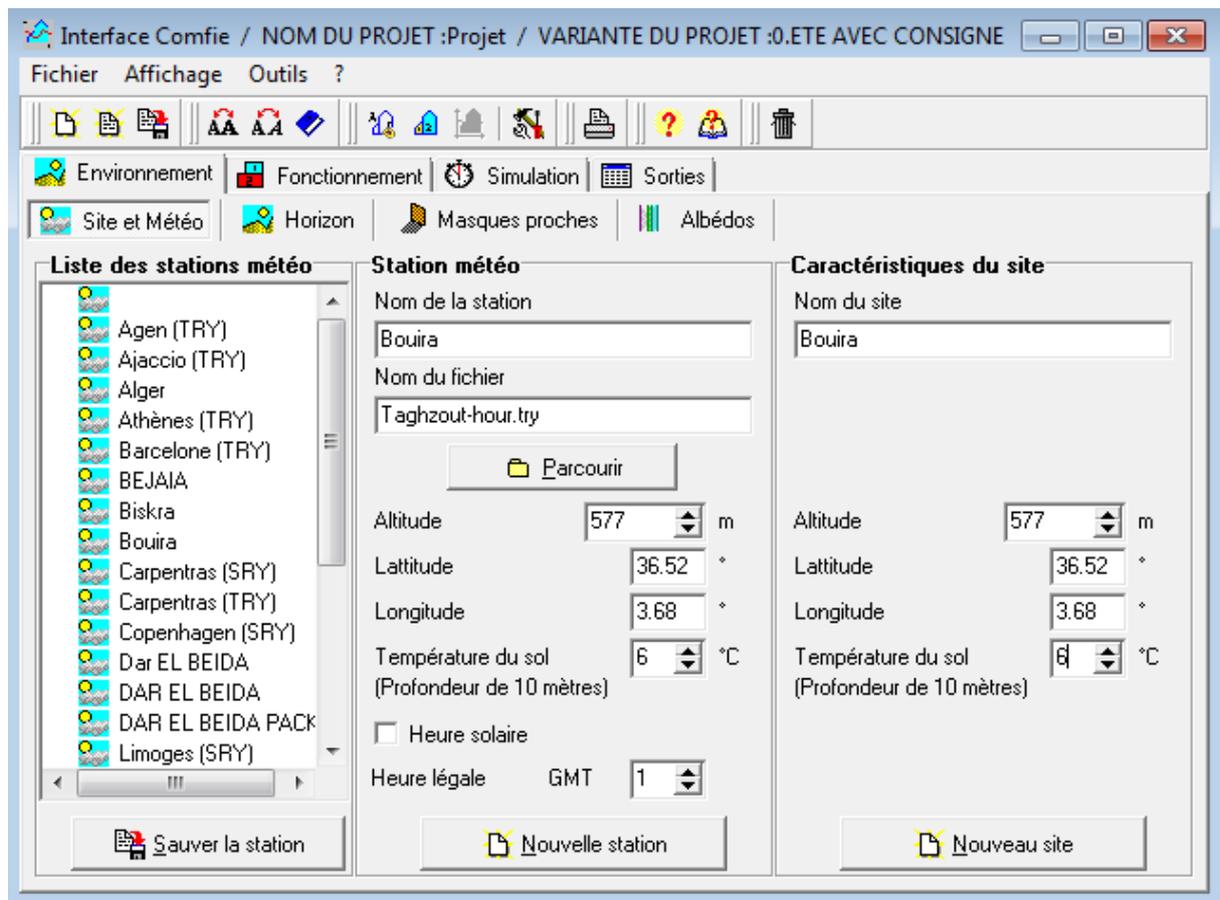


Figure 18:intégration des données météorologiques dans Pléiade.

III.2.2.Construire le logement de référence (sous ALCYONE) :

Après la modélisation détaillée de la structure par Alcyone, nous avons défini les zones en fonction des activités dans le bâtiment.

III.2.3. Exportation vers pléiade et lancement des calculs et traitement des différents cas :

cas :

Nous avons modélisé les apports internes en introduisant nous même les scenarios (occupation, ventilation, dissipation,...).

III.2.4. Résultats de la simulation thermique dynamique :

Après avoir saisi toutes les données de notre appartement, nous avons effectué deux simulations la première durant l'hiver (21 Octobre au 21 Mai) et la deuxième durant l'été (Le mois le plus chaud).

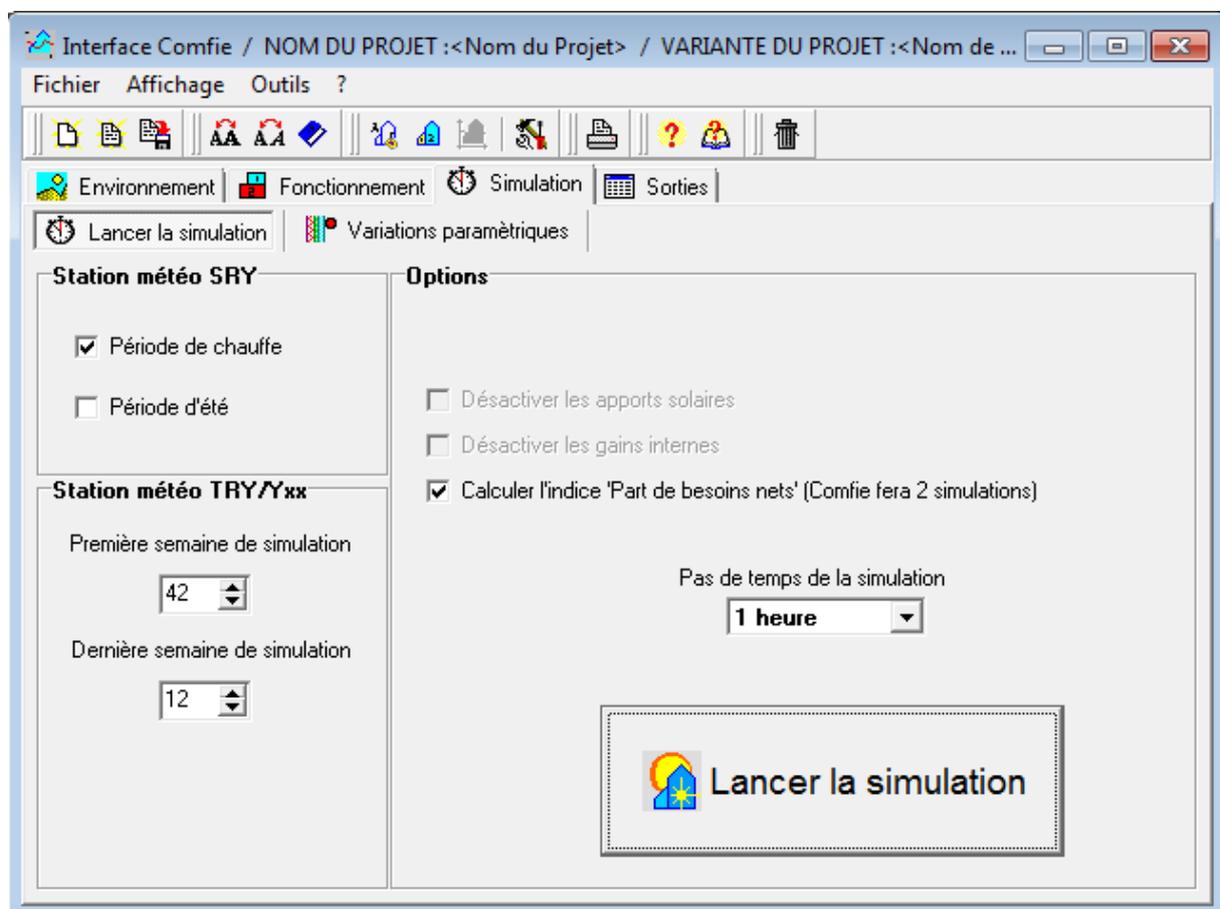


Figure 19: Lancement de la simulation (Période d'hiver)

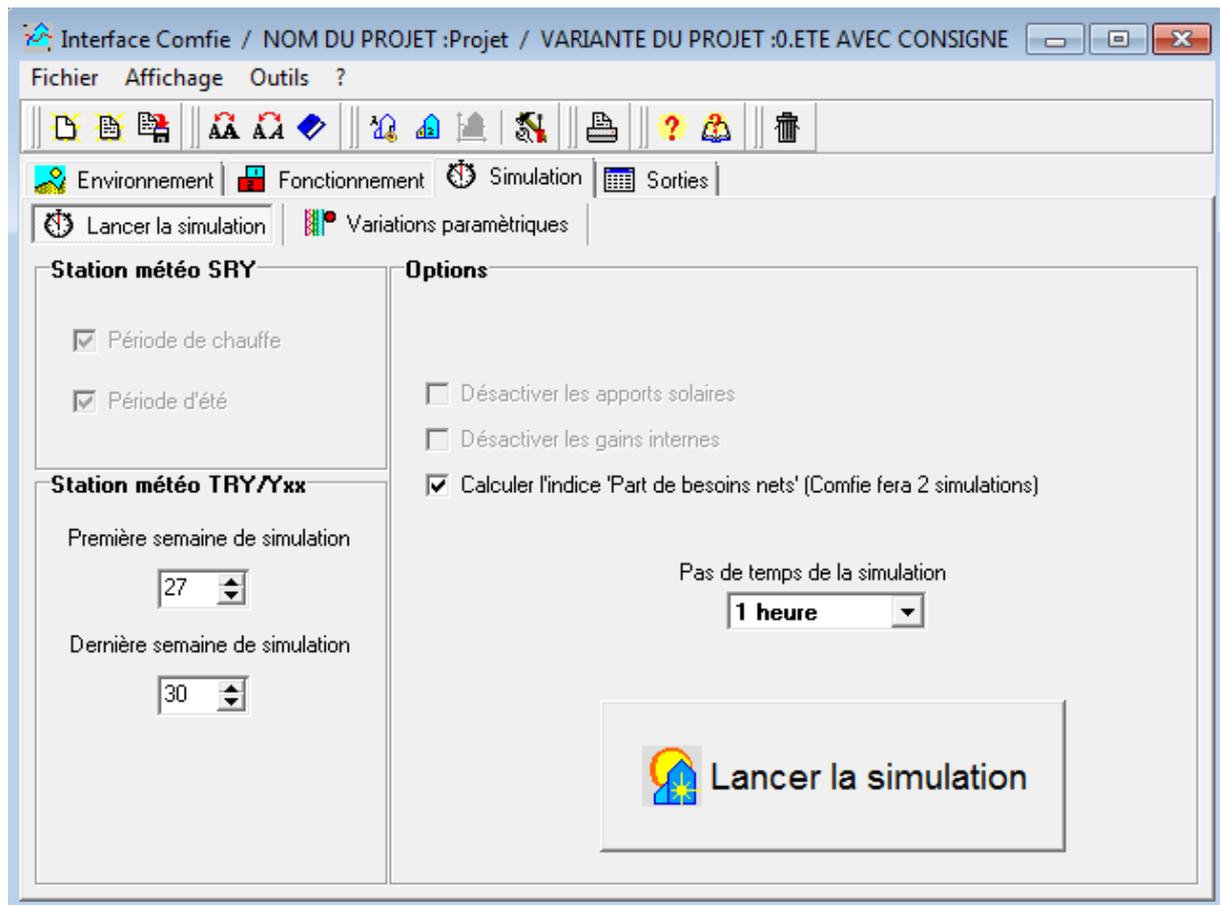


Figure 20: Lancement de la simulation (Période d'été)

Conclusion

À travers son interface graphique, l'utilisation du logiciel COMFIE-PLEIADES est simple et pratique et nous avons décrit ses principes. Dans ce chapitre, nous avons présenté la méthode de la simulation thermique dynamique qui est constituée de plusieurs étapes. Les différents scénarios de simulation ont été définis (les consignes de températures, le taux d'occupation, les puissances dissipées, ... etc.) afin d'analyser le comportement thermique intérieur du logement et aussi analyser les consommations énergétiques calculées et les comparer aux consommations énergétiques réelles relevées à partir des factures énergétiques de SONELGAZ.

CHPITRE IV

Résultats et discussions

Introduction

L'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment nécessite de réaliser, durant la phase de conception du projet, des études paramétriques en vue de mettre en évidence les solutions techniques adaptées en termes de performances énergétiques et de confort thermique. Durant cette phase, nous proposons l'élaboration de solutions techniques spécifiques à l'enveloppe et aux systèmes énergétiques. Nous allons notamment analyser les réponses apportées par les différents couplages de ces solutions techniques.

La 1^{er} étape poursuivie dans ce chapitre est la comparaison des résultats théoriques des consommations énergétiques obtenus à partir du modèle réalisé sur COMFIE- PLEADES avec les données réelles des consommations énergétiques du logement type obtenues à partir des relevées des factures de Sonelgaz.

La 2^{ème} étape est une interprétation et discussion des données réelles des consommations énergétiques des trois autres logements. Une analyse s'impose afin de cerner les principaux paramètres influents sur cette consommation énergétique croissante.

La 3^{ème} étape permet de discuter et proposer des solutions techniques susceptibles de résoudre notre problématique et atteindre un objectif de la rationalisation de l'énergie dans le bâtiment.

IV.1.Comparaison entre les données réelles et les résultats de simulation :

La démarche classique nécessite une comparaison des résultats du modèle simulé avec des résultats expérimentaux obtenue à partir d'une expérimentation, dans notre cas ceux sont des résultats obtenus à travers une enquête sur terrain (Les factures de Sonelgaz).

Le résultat de cette comparaison permettra d'affiner le modèle théorique afin d'approcher la réalité.

IV.1.1. Comparaison pour la période hivernale :

En période hivernale, on impose une température de consigne de 24°C. La figure 21 représente un histogramme représentant les besoins en chauffage durant et la puissance de

chauffage durant la période hivernal. Le tableau 14 représente la consommation de gaz durant l'hiver pour l'appartement selon les données des factures de Sonelgaz durant 3ans.

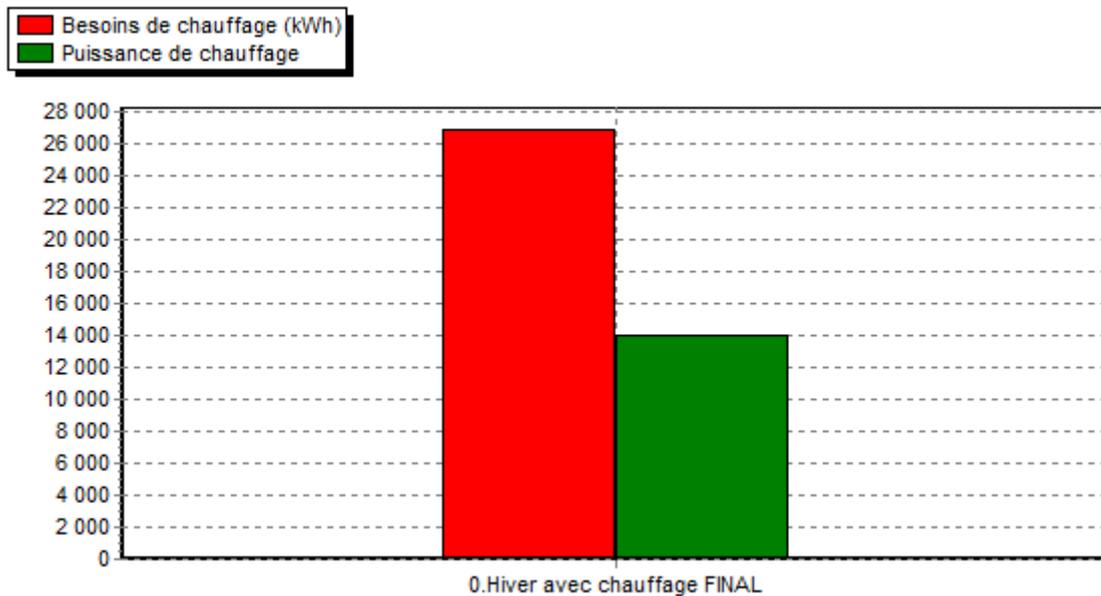


Figure 21: Histogramme représentant l'évolution de la puissance de chauffage et des besoins en chauffage durant la période hivernal.

On remarque que la puissance de chauffage nécessaire pour l'appartement est de 14000 watt. Alors que la valeur de besoin de chauffage est de 26863 KWh (voir figure 21).

Tableau 14: Consommation de gaz durant l'hiver selon les factures de Sonelgaz.

	Année 2018	Année 2019	Année 2020
T₁= 1^{er} trimestre	12095.2 KWh	16969.31 (KWh)	13260.64 (KWh)
T₂= 2^{ème} trimestre	15987.76 (KWh)	6802.82 (KWh)	9012.92 (KWh)
T=T₁+T₂ (KWh)	28082.96 (KWh)	23772.13 (KWh)	22273.56 (KWh)

Afin d'estimer la consommation du gaz pour le chauffage dans l'appartement de référence. On a calculé la différence de la consommation hivernale de gaz (1^{er} trimestre et le 2^{ème} trimestre) et la consommation estivale de gaz (3^{ème} trimestre et le 4^{ème} trimestre). Le tableau 15 représente les données réelles des consommations de gaz pour les deux trimestres

estivales et la consommation du gaz pour le chauffage (selon les calculs) de l'année 2018. Ensuite, on a représenté les données réelles et les résultats de simulation suivant la figure 22.

Tableau 15: Représentation représente les données réelles des consommations de gaz pour les deux trimestres estivales et la consommation du gaz pour le chauffage de l'année 2018.

	Année 2018
T₃ (3^{ème} trimestre)	27707.72
T₄ (4^{ème} trimestre)	1142.79
T' = T₃ + T₄	28849.72
T - T' ⁶	26047.55

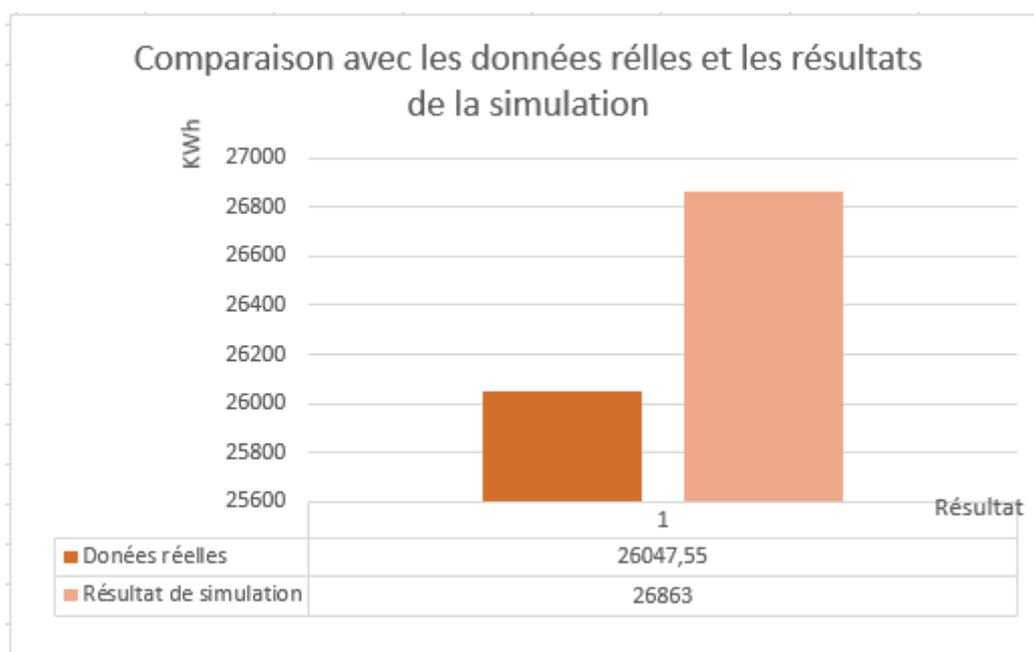


Figure 22: Comparaison entre les données réelles et les résultats de simulation.

D'après la figure 23, on note le rapprochement entre les valeurs réelles et les valeurs calculées de la consommation énergétique (gaz) du logement de l'étude. Ceci s'explique par le bon choix des paramètres influents pris pour le modèle théorique.

IV.1.2. Comparaison en période estivale:

On impose une température de consigne de 27°C pour le rafraîchissement en été.

⁶ Représente la consommation du gaz pour le chauffage.

On a calculé la moyenne mensuelle de la consommation d'électricité pour la période estivale, le tableau 16 représente la consommation d'électricité de 4^{ème} trimestre pour l'appartement de l'étude selon les factures de SONELGAZ.

La figure 23 représente l'évolution de la puissance et les besoins en rafraîchissement durant le mois le plus chaud pour le logement de référence. On a présenté la comparaison entre les données réelles et théorique dans la figure 24.

Tableau 16: Représentation des données des factures de Sonelgaz (L'année 2019 d'un seul trimestre).

Les données des factures	La durée (h)	La consommation (KWh)
	2616 ⁷	946
	744	269.05

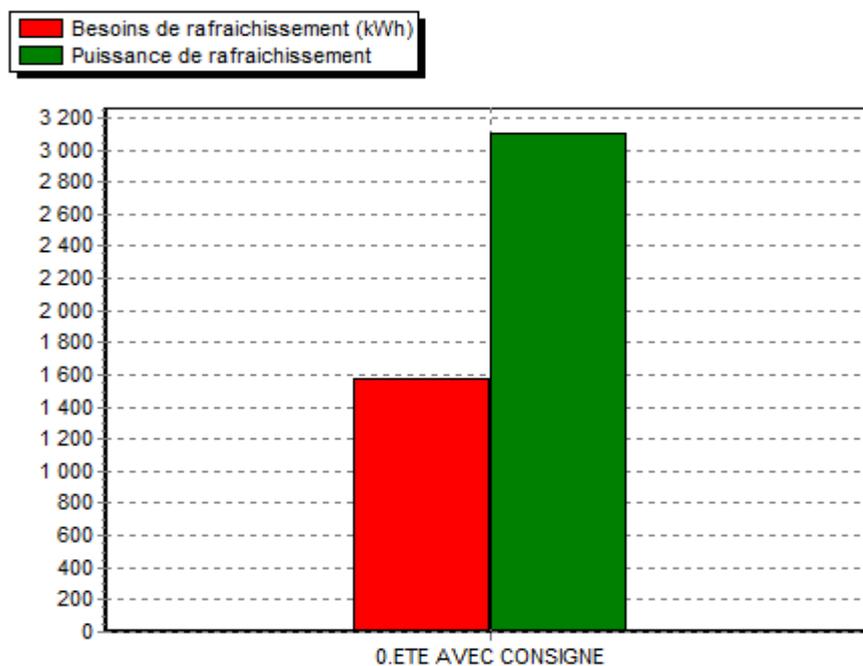


Figure 23: Histogramme représentant l'évolution de la puissance de et le besoin rafraîchissement durant le mois le plus chaud (Juillet).

On remarque que de la puissance de climatisation est 3104 w et la valeur des besoins de rafraîchissement est 1579 KWh durant le mois le plus chaud (Juillet). (Voir figure 23).

⁷ Représente la durée en heures pour le 4^{ème} trimestre (selon la date de sortie des factures de sonelgaz)

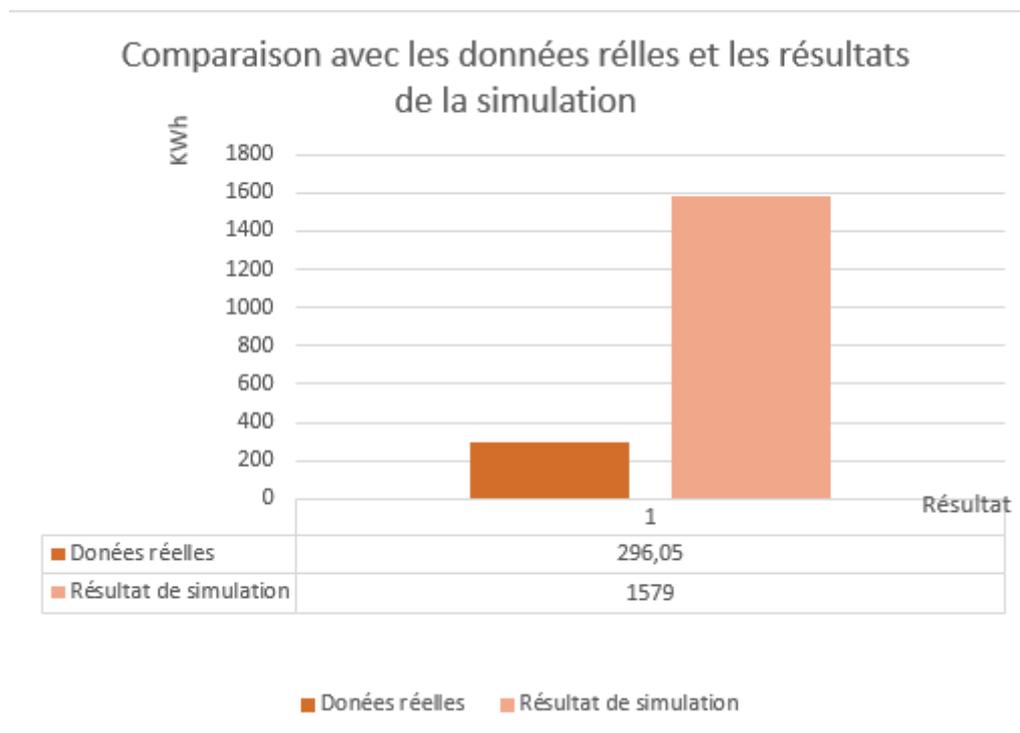


Figure 24: Représentation de la Comparaison entre les valeurs réelles et les valeurs calculées de la consommation énergétique estivale (Mois de Juillet) du logement de l'étude.

On note que les valeurs calculées de consommations énergétiques pour le rafraîchissement sont trop élevées par rapport aux valeurs réelles (relevées de Sonelgaz). L'écart entre les deux quantités est de 1282.95 KWh (Voir figure 24). Ceci peut s'expliquer par le fait que le logiciel COMFIE+PLEIADE calcule la puissance de rafraîchissement pour 24h, Alors que, la durée d'utilisation réelle de la climatisation est moins que 24h. On précise que c'était difficile de connaître la durée de fonctionnement de climatiseur car on n'a pas effectué l'expérience. Donc pour un modèle plus affiné et plus précis, on a amélioré la simulation en prenant la durée d'utilisation du climatiseur de 4h/24h (Voir le tableau 17).

Tableau 17: Représentation des résultats de besoin de climatisation (Simulation) par rapport à aux heures de fonctionnement de climatiseur pour un mois.

Résultat de simulation	La durée (h)	La consommation (KWh)
	744	1579
	124 ⁸	263.17

⁸ Nous avons multiplié 4h*31 jours pour trouver les heures de fonctionnement de climatiseur.

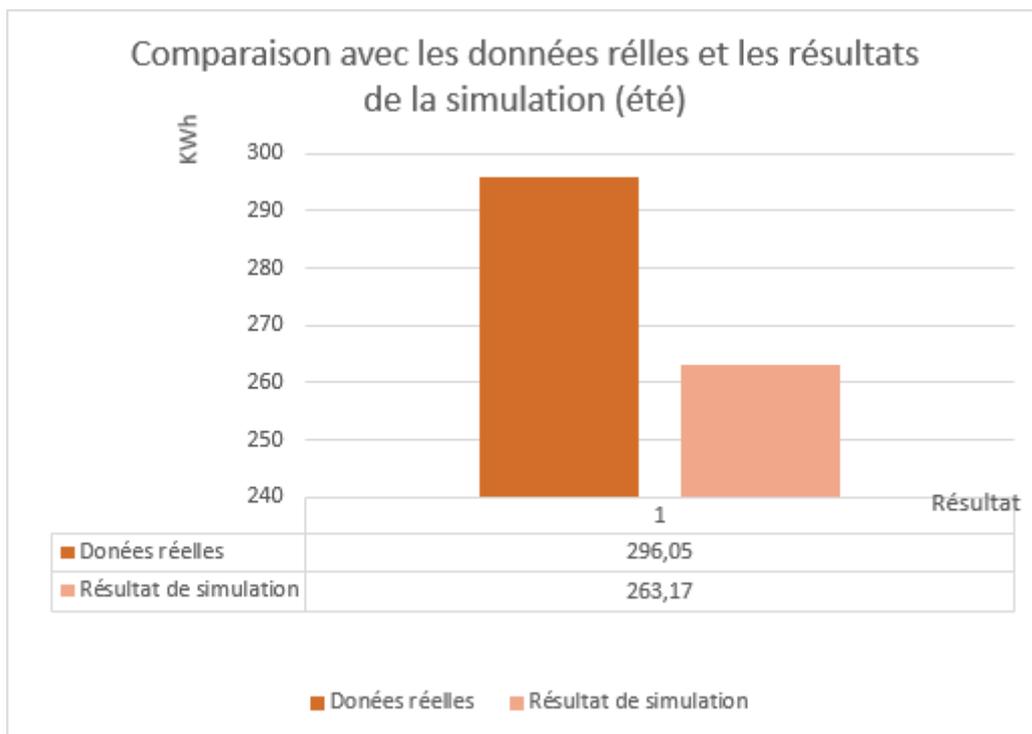


Figure 25: Comparaison entre les besoins de climatisation et les factures d'électricité par rapport aux heures de fonctionnement de climatiseur pour le mois de Juillet.

On note clairement la diminution des consommations calculée, les résultats de rafraîchissement sont diminués jusqu'à 263.17 KWh. (Voir la figure 25)

L'écart obtenu entre les valeurs calculées et les valeurs réelles sont classées en deux types: le premier, dit « externe » ; venant des paramètres d'entrée, et le deuxième, dit « interne », venant du fait que le modèle est toujours une approximation de la réalité.

Après la comparaison des consommations énergétiques entre les résultats réelles et les résultats de simulation, on a identifié, pour chaque cas de la comparaison (hivernale et estivale), les justificatifs à l'écart existant entre les deux quantités (réelles et calculés). Vu que ce dernier n'est pas significatif, on peut dire que le modèle simulé sur PLEADES-COMFIE s'approche tout à fait de la réalité. On peut dire que le modèle peut être utilisé pour une analyse des consommations énergétiques des habitations avec une proposition de solutions sur la réduction de ces dernières pour une meilleure maîtrise de l'énergie dans le bâtiment.

IV.2 Analyse des consommations énergétiques entre l'appartement de référence et les autres appartements :

Afin d'identifier les principaux paramètres influents sur la consommation énergétique, On a procédé à une analyse basée sur une discussion globale des consommations énergétiques 04 logements. Cette discussion va d'une part aider à mettre en évidence les paramètres essentiels influents sur la consommation énergétique de ces logements et d'une autre part faciliter l'étude préconisée par l'auteur sur les propositions de solutions techniques pour cette croissante consommation énergétique des logements algériens.

La figure 26 illustre l'interprétation des consommations énergétiques des 04 appartements de l'étude (relevés de SONELGAZ) pour l'année 2018. Les données des consommations sont les relevés de l'électricité et du gaz pour les deux saisons (hivernale et estivale).

- T1 et T2 (consommation de gaz/saison hivernale)
- T3 et T4 (consommation d'électricité/saison estivale)

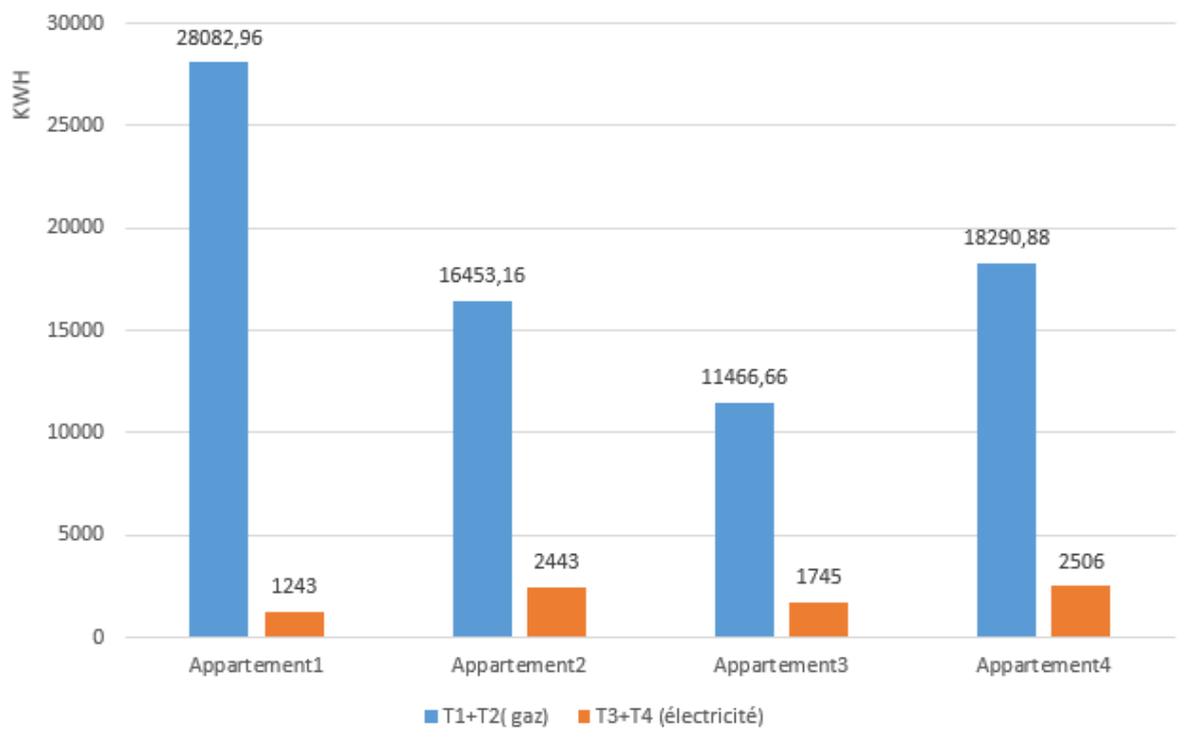


Figure 26: Représentation des consommations énergétiques selon les factures de SONELGAZ des 04 appartements.

On note que la consommation du gaz est élevée pour l'appartement de référence et atteint une valeur de 28082.96 KWh par rapport aux autres appartements (voir la figure 26). Par contre, la consommation d'électricité est faible par rapport aux autres appartements et atteint une valeur de 1243 KWh. D'après ces résultats et les données d'enquête, On peut expliquer cette différence par les points suivants sans prendre en considération la composition des parois extérieurs, étant donné qu'elle est la même pour l'ensemble des logements :

1. L'orientation et la situation du bâtiment :

❖ La façade principale :

- La façade principale du logement de l'étude est orienté vers le Nord alors que le logement « 04 » est orienté vers l'Est, cependant les appartements « 02 » et « 03 » sont orienté vers le Nord mais ils contiennent des terrasses.

❖ Les chambres :

- Celles de du logement « 01 » sont orienter vers l'Ouest et bénéficient de l'ombre des arbres qui refroidis naturellement l'habitation durant l'été. cependant les logements « 02 » et « 03 » sont orientés Est et Ouest et situées respectivement dans le 1^{er} étage et 2^{ème} étages donc ils bénéficient d'une ventilation durant l'été. Alors que les chambres l'appartement « 04 » sont orientées Sud et Ouest

2. L'occupation :

Elle est différente d'un logement à un autre, et l'Age des occupants joue un rôle important. On remarque que la consommation de l'appartement 2 est inférieure à celle de l'appartement 1. Sachant que, 10 personnes occupent l'appartement 2 mais 5 personnes sont adultes (2 personnes parmi ces 5 sont vieux). (Voir le tableau 18)

Tableau 18: Représentation de l'Age des occupants pour les différents logements.

Logement	Nombre de personnes et l'Age		
	Nombre	L'Age (ans)	
01	6	4	Entre 18 et 25
		2	Entre 40 et 60
02	10	5	Entre 3 et 10
		3	Entre 40 et 60
		2	Entre 80 et 90
03	6	4	Entre 10 et 18
		2	Entre 50 et 60
04	9	4	Entre 3 et 12
		3	Entre 30 et 50
		2	Entre 60 et 70

3. La surface:

Nous n'avons pas les données exactes de chaque appartement mais d'après les visites effectuées durant l'enquête, nous avons remarqué que la surface du logement 01 est plus grande que les autres.

4. Les installations de chauffage :

L'utilisation des radiateurs de chauffage central comme un système de chauffage pour le logement 1 installés dans les espaces d'activités (Les chambres et le séjour). Alors que, les autres appartements utilisent le poêle à gaz installé dans le Hall ou bien le couloir.

IV.3 Des solutions techniques susceptibles d'apporter une amélioration énergétique et thermique du bâtiment de l'étude:

Les résultats de notre analyse montrent que la consommation énergétique (climatisation, chauffage) est élevée. De ce fait, dans cette partie de l'étude, on va tester une application de solutions techniques possibles sur le modèle de référence pour aboutir à une réduction de la

consommation énergétique et contribuer à une intégration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment algérien.

Dans le cas de notre étude, nous devons poser la question de la rentabilité financière des solutions passives sur l'enveloppe. Cela se traduit par la mise en place de principes bioclimatiques pour la et ceci construction de manière optimale au niveau énergétique, tout en mettant en réserve les solutions actives.

IV.3.1. Evaluations de l'effet de l'isolant sur la consommation énergétique :

Plusieurs matériaux d'isolation existent sur le marché aujourd'hui, nous avons choisi le matériau d'isolation qui se trouve facilement sur le marché Algérien. Le matériau d'isolation choisis dans notre étude est le polystyrène expansé avec une épaisseur de 9cm sur les murs extérieurs et une épaisseur de 10cm sur les planchers hauts, recommandations rédigées par le CNERIB (61) .

Dans ce qui suit nous allons présenter et discuter les résultats pour :

IV.3.1.a) L'isolation des murs extérieurs du logement de l'étude :

Le tableau 19 illustre les caractéristiques de la paroi extérieure dans le module COMFIE+PLEIADES avec l'amélioration réalisée sur les murs extérieurs (9cm de polystyrène). Les figures 27 et 28 représentent les nouveaux résultats des consommations énergétiques obtenus après l'amélioration de l'enveloppe du logement de l'étude pour les deux saisons hivernale (Fig27) et estivale (Fig28).

Tableau 19: Caractéristiques thermiques des parois extérieures.

Caractéristiques de la composition

Classe: Murs

Nom: MPFE MUR EXTERIEUR

Complément: --

Origine: --

Composants	T	cm	kg/m ²	%	R
Mortier	M	2.0	40	1.15	0.02
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Polystyrène expansé	M	9.0	2	0.04	2.31
Brique creuse de 10 cm	E	10.0	69	0.48	0.21
Enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06
Total		33.0	210		2.81

Extérieur ↓ Intérieur

Nouveaux boutons: Nouveau, Vers projet, Sauver

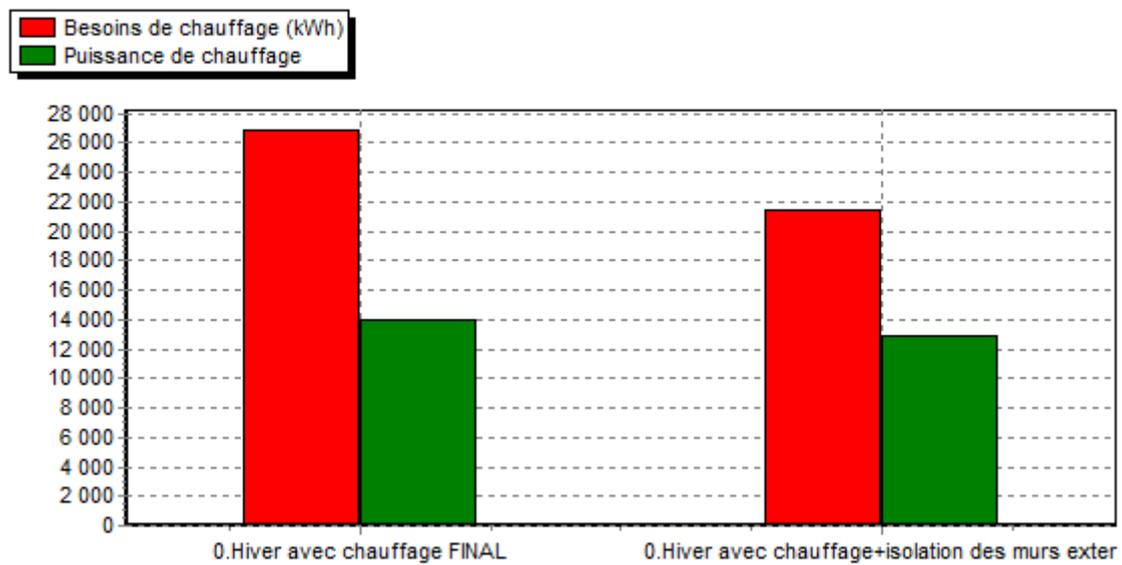


Figure 27: Résultats obtenus lors de la simulation en intégrant l'isolant pour le mois de Janvier.

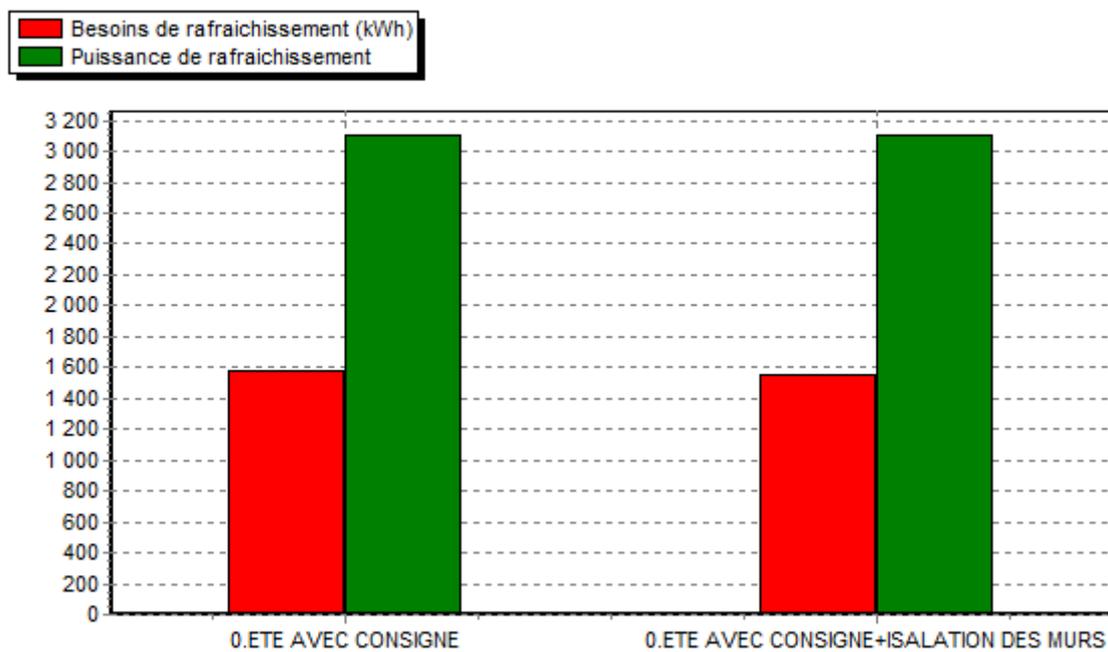


Figure 28: Résultats obtenus lors de la simulation en intégrant l'isolant pour le mois de Juillet.

D'après la figure 27 on peut remarquer que les puissances de chauffage sont diminuées de 14000 watt (Voir figure 21) jusqu'à 12800 watt et que les besoins de chauffage sont diminués de 26863 kWh jusqu'à 21400 kWh.

D’après la figure 28 on peut remarquer que les besoins de rafraîchissement sont diminuer de 1579KWh jusqu’à 1500KWh.

IV.3.1.b) L’isolation des murs extérieures et la toiture du logement de l’étude :

Le tableau 20 illustre les caractéristiques des planchers hauts dans le module COMFIE+PLEIADES après ajout d’une épaisseur de 10cm en polystyrène en toiture. Les figures 29 et 30 représentent les résultats obtenus après amélioration de l’enveloppe du logement de l’étude.

Tableau 20:les caractéristiques des planchers hauts

Caractéristiques de la composition

Classe

Nom

Complément

Origine

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R
Polystyrène expansé	M	10	3	0.04	2.56
Béton lourd	M	20.0	460	1.75	0.11
Enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06
Total		32.0	493		2.73

Extérieur ↓ Intérieur

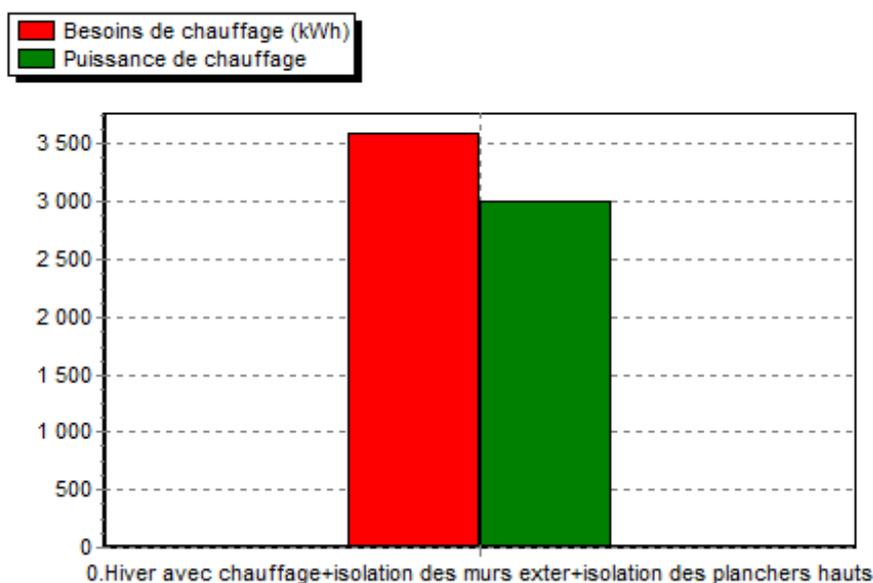


Figure 29: Histogramme représentant les résultats de simulation obtenus lors d'utilisation d'isolant pour les planchers hauts pour l'hiver.

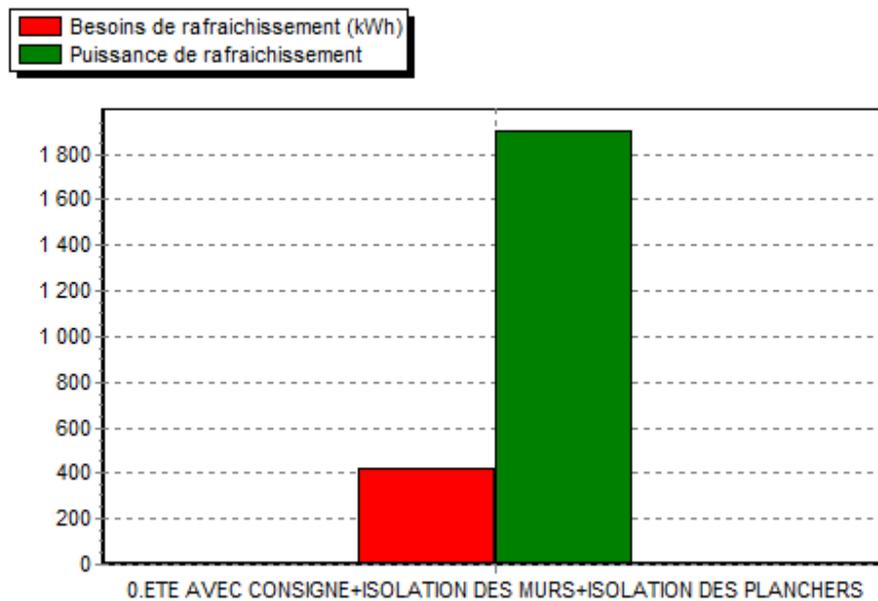


Figure 30: Histogramme représentant les résultats de simulation obtenus lors d'utilisation d'isolant pour les planchers hauts durant le mois le plus chauds (Juillet).

D'après les figures 30 et 31, on peut remarquer que les puissances de chauffage ont diminuées de la valeur de 12884 watts à la valeur de 3000watts et que les besoins en chauffage ont diminuées d'une quantité de 21489 KWh à une quantité de 3586 KWh pendant l'hiver.

On remarque aussi que les puissances de rafraîchissement ont diminuées de la valeur de 3104watt (Voir figure 28) à une valeur de 1903watt et les besoins en rafraîchissement ont diminuées de 1558KWh (voir figure28) à 424KWh pour le mois le plus chaud.

IV.3.2. Evaluation de l'effet de l'isolant sur le confort thermique :

On va présenter ci-dessous l'effet de l'isolation sur le confort thermique des bâtiments. On a effectué des simulations sans consigne de thermostat pour les deux saisons hivernale et estivale.

La figures 31 illustre la variation de température moyenne intérieure durant la saison hivernale (mois le plus froid/ Janvier) avec et sans isolation. La figure 32 représente la variation de température durant la saison estivale (mois le plus chaud/ Juillet).

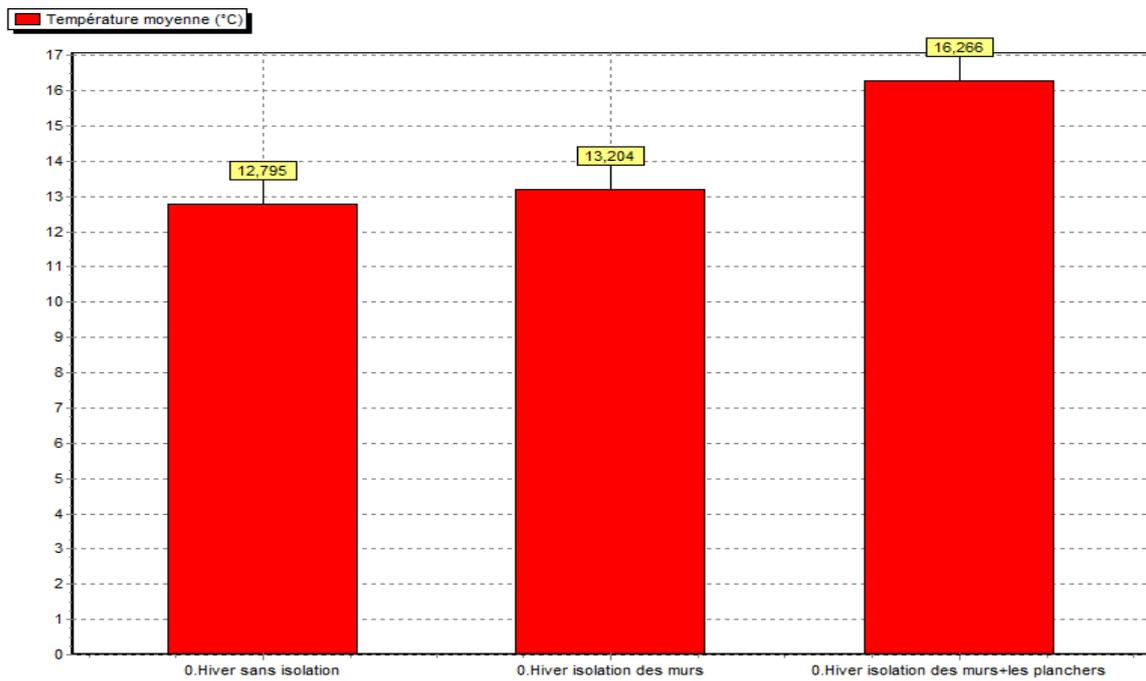


Figure 31: Histogramme représentant l'effet de l'isolant sur la température moyenne intérieure durant le mois le plus froid de l'année pour le logement de l'étude (Janvier).

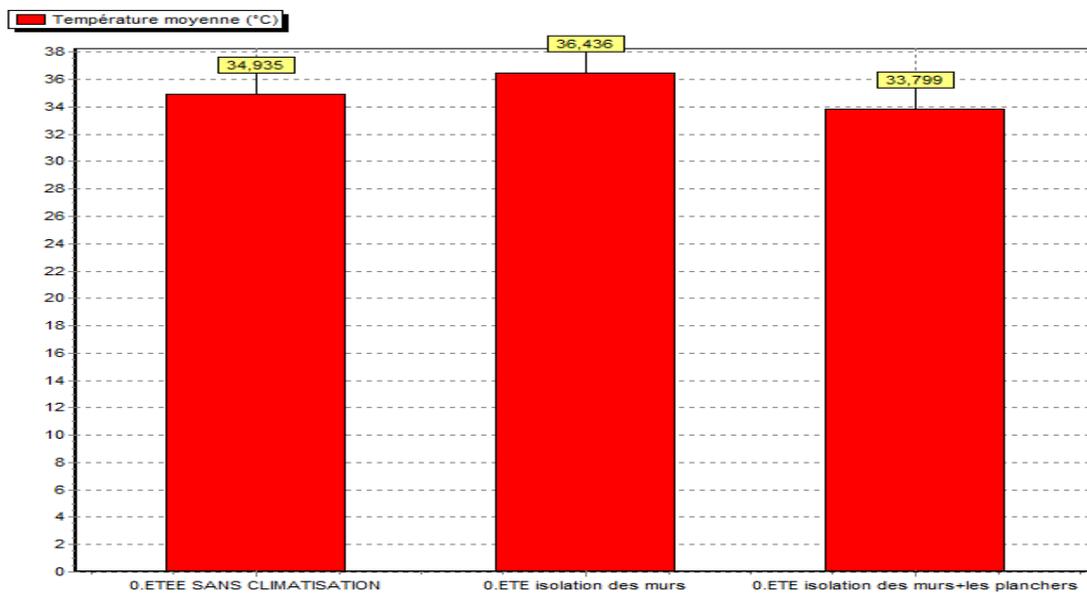


Figure 32: Histogramme représentant l'effet de l'isolant sur la température moyenne intérieure durant le mois le plus chaud de l'année le logement de l'étude (Juillet).

D'après les figures, on peut faire les remarques ci-dessous sur le comportement thermique du logement de l'étude après les modifications réalisées sur l'enveloppe :

Pendant la période hivernale (Voir figure 31), on note que la température moyenne intérieure sans l'utilisation de l'isolant est de 12°C et lorsque on ajoute l'isolant sur les murs extérieurs, elle augmente de 1°C .Par contre, l'ajout de 10cm de l'isolant dans les planchers hauts, l'élévation de la température intérieure est significative puisque sa valeur passe de 12°C à 16°C (un gain de 4°C).

L'utilisation de l'isolant pour les murs extérieurs à un effet négatif sur le confort d'été mais lorsque on ajoute l'isolant pour les planchers hauts la température diminue de 36°C jusqu'à 33°C. (Voir figure 32)

IV.3.3.La ventilation nocturne

La ventilation des bâtiments répond à plusieurs exigences principales : la satisfaction des besoins d'hygiène et de confort des occupants, pour apporter de l'oxygène, éliminer les odeurs et les fumées, ainsi que le dioxyde et le monoxyde de carbone.

Ce système présente plusieurs avantages, notamment l'absence de coût énergétique et d'entretien, ainsi que son aspect silencieux, mais il exige une bonne conception du bâtiment, qui doit permettre un courant d'air traversant les fenêtres, lesquelles doivent être bien positionnées par rapport à la direction des vents dominants.

On a appliqué cette aération entre **le couloir** et **les autres pièces** (SDB+ cuisine + salon+ les chambres).

Remarque :

On a pris un débit de 0.6vol/h selon le DTR.

Tableau 21: Représentation de scénario utilisé pour la ventilation durant l'été.

The screenshot shows a software window titled 'Bibliothèque thermique / NOM DU PROJET :Projet / VARIANTE DU PROJET :0.ETEE SANS VENTILATION'. It features a menu bar, a toolbar, and a main workspace. On the left, there is a 'Liste des scénarios' tree view with 'Ventilation d'été 6' selected. Below it, the 'Caractéristiques du programme' panel shows 'Classe : % de ventilation', 'Nom : Ventilation d'été 6', 'Source : Gefosat', and 'Débit maximum : 0.60 Vol/h'. The main workspace contains a table with columns for days of the week and rows for hours from 0 H to 24 H.

%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	100	100	100	100	100	100	100
2 H	100	100	100	100	100	100	100
3 H	100	100	100	100	100	100	100
4 H	100	100	100	100	100	100	100
5 H	100	100	100	100	100	100	100
6 H	100	100	100	100	100	100	100
7 H	100	100	100	100	100	100	100
8 H	0	0	0	0	0	0	0
9 H	0	0	0	0	0	0	0
10 H	0	0	0	0	71	71	0
11 H	29	29	29	29	29	29	29
12 H	29	29	29	29	29	29	29
13 H	0	0	0	0	0	0	0
14 H	0	0	0	0	0	0	0
15 H	43	43	43	43	43	43	43
16 H	43	43	43	43	43	43	43
17 H	43	43	43	43	43	43	43
18 H	57	57	57	57	57	57	57
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	100	100	100	100	100	100	100
21 H	100	100	100	100	100	100	100
22 H	100	100	100	100	100	100	100
23 H	100	100	100	100	100	100	100
24 H	100	100	100	100	100	100	100

Il est nécessaire d'intégrer des événements de 0.04 m² de surface séparé avec une distance de 2m pour assurer l'aération naturelle. La figure 34 représente de l'effet de ventilation sur le confort d'été durant le mois le plus chaud (Juillet).

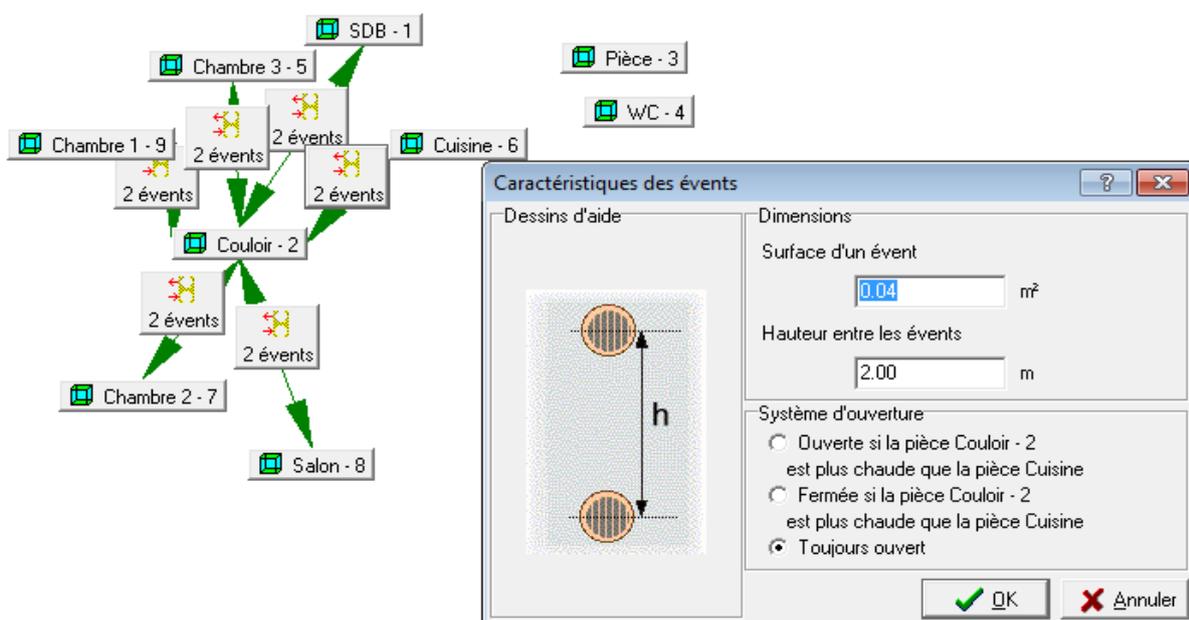


Figure 33: Ventilation par deux événements.

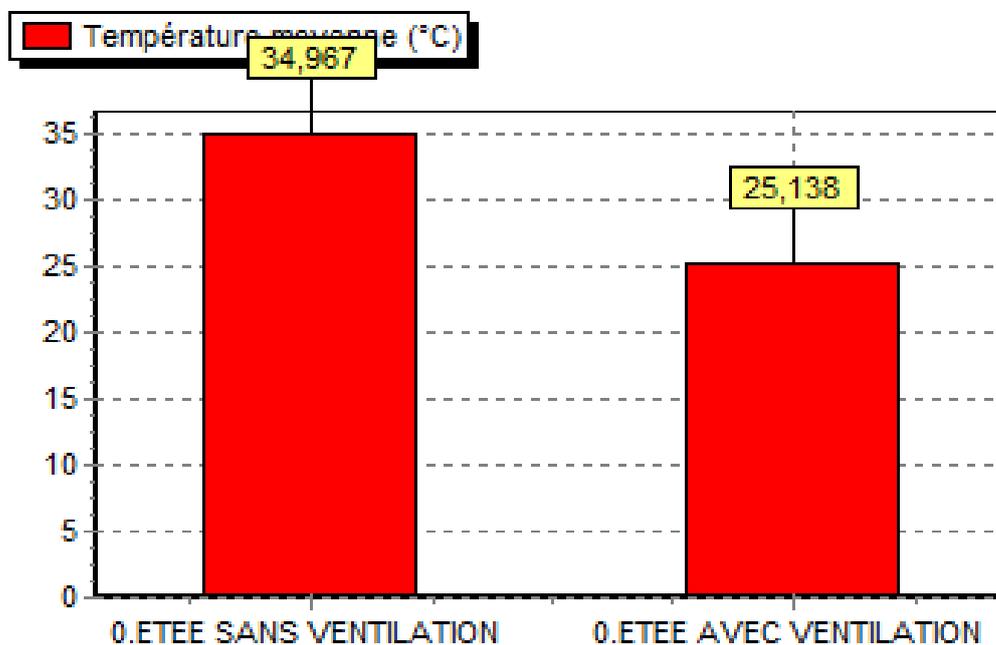


Figure 34: Un histogramme représentant de l'effet de ventilation sur le confort d'été durant le mois le plus chaud (Juillet).

On remarque bien d'après la figure 34 le changement de température moyenne, elle à diminuer de 35°C jusqu'à 25°C.

Conclusion :

Les résultats de calculs STD (consommations énergétiques dans deux postes climatisation et chauffage), ont été comparés avec les résultats obtenus à partir de l'enquête effectuée sur terrain (facture Sonelgaz), nous a permis de valider notre travail en adoptant la simulation thermique dynamique comme une méthode de calcul de notre procédé énergétique.

En s'appuyant sur les résultats d'enquête présentés dans le deuxième chapitre, et sur l'outil de simulation thermique dynamique. Dans la première partie de ce chapitre, nous avons élaboré une analyse entre les consommations réelles de l'appartement de l'étude et les autres appartements. Cette analyse nous a permis de cerner les principaux paramètres influents sur les consommations énergétiques élevée. On cite : L'orientation, la situation et la superficie du bâtiment, l'occupation et le système de chauffage utilisé.

Ainsi, une série de solutions techniques susceptibles nous a permis d'apporter une amélioration énergétique du bâtiment de l'étude. On a pu réduire les besoins en chauffage jusqu'à 86%. Par conséquent, on a diminué la consommation énergétique pour le rafraîchissement à 73 %, ça s'explique par l'utilisation des isolants. Concernant le confort thermique, l'utilisation d'isolation que ce soit pour les murs ou bien pour les planchers hauts les résultats ont été acceptables, malgré la performance négative pour des murs extérieurs en confort d'été. On a conclu que la meilleure solution pour atteindre le confort d'été est l'utilisation de ventilation naturelle avec l'isolation des murs et des planchers hauts.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail entre dans le cadre de la quantification des consommations énergétiques au niveau des foyers algériens. Cette investigation est une enquête qui peut se traduire en un audit énergétique dans le bâtiment car elle est basée sur la planification d'un questionnaire pour la collecte des différentes données sur le bâtiment de l'étude (composition de l'enveloppe ; situation ; orientation) et pour le relevé des consommations énergétiques annuelles du bâtiment (factures énergétiques). Une analyse de ces données est réalisée grâce à l'outil de calcul thermique Comfie-Pléades, ceci permettra de nous orienter vers le choix de solutions techniques afin de réduire ces consommations énergétiques dans les habitations algériennes.

Le bâtiment de l'étude choisi est un logement situé dans la ville de Bouira (région Centre Nord du pays). L'enquête qui consiste à la récolte des différentes données sur le bâtiment a été accomplie avec succès mis à part le problème de non-acquisition des plans architecturaux des logements de l'étude. Parmi les résultats obtenus de cette étude, nous citons :

Une comparaison des résultats réels avec les résultats simulés, a permis d'approcher le modèle théorique de la réalité.

Une analyse des consommations énergétiques basée sur les données obtenues de l'enquête qui a été effectuée sur 04 logements (y compris le logement de l'étude) pour identifier les paramètres influents sur la hausse de la consommation énergétiques des habitations. D'après les résultats interprétés, on a réalisé que parmi ces paramètres influents, on peut citer : l'orientation, la situation et la superficie du bâtiment, l'occupation, et les installations de chauffage et climatisation. Pour y remédier à la hausse de la consommation énergétique, on a proposé des solutions passives possibles pouvant améliorer l'efficacité énergétique dans le bâtiment :

On a testé l'application d'une isolation d'une épaisseur de 9cm de polystyrène expansé sur les murs extérieurs et une épaisseur de 10 cm du même isolant sur la toiture. L'amélioration des performances des parois opaques nous a permis de réduire les besoins en chauffage de 3586 KWh équivalent à un taux de 86% .Pour les besoins en rafraîchissement, on a eu un gain de 424 KWh équivalent à une réduction en besoins d'un taux de 73%.

On peut noter aussi qu'en hiver, on a eu en moyenne un gain en température intérieure atteignant les 5°C.

On note que l'utilisation de l'isolant pour les planchers hauts a un effet positif en saison estivale, puisque la température intérieure diminue de la valeur de 36°C à une valeur de 33°C.

En saison estivale, la ventilation nocturne à partir de l'utilisation du système des événements donne une diminution de 9°C pour la température intérieure (une solution efficace et peu coûteuse).

Perspectives

En perspective, on envisage d'élargir cette étude à d'autres applications telles que la création d'un label énergétique destiné au bâtiment neuf résidentiel, qui soit adapté au contexte local. Un label énergétique simple et complet, basé sur des sources d'informations réelles, qui produisent une amélioration importante en performance énergétique et en confort thermique destiné aux bâtiments résidentiels. Des améliorations pourraient également être apportées à ce label, par l'utilisation de systèmes actifs innovants et efficaces énergétiquement. Citons, par exemple, le développement de puits canadiens dans les bâtiments résidentiels qui offrent une surface de terrain libre à proximité. Les matériaux à changement de phase pourraient être une solution à apporter pour les bâtiments d'où les contraintes économiques sont marginales. Les autres systèmes productifs en énergie peuvent être transférés sur le marché Algérien à condition de transmettre les connaissances quant à la maintenance de ces systèmes. Nous identifions également le système solaire combiné (SSC), qui présente une complexité technique de mise en œuvre et un coût élevé, mais qui peut fournir à la fois l'eau chaude sanitaire et le chauffage. Une ouverture technique auprès des professionnels et des acteurs du bâtiment pourrait donc induire une réduction de la consommation énergétique, en profitant de la source solaire disponible dans la région.

Accompagner toujours nos études d'études technico –économique pouvant nous guider sur les choix entrepris dans l'amélioration de l'efficacité énergétique dans le bâtiment.

Bibliographie

1. ADEME.
2. BABADOUNIER, J.C. *Nouvelles technologie de l'énergie*. Lavoisier : s.n., 2006.
3. M.Fatiha. *Thèse de doctorat Etude Thermique et Dimensionnement du Dispositif de Chauffage Solaire*. 2017.
4. A, Bolatturk. . *Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey*. *Appl Therm Eng*; 26:1301–9. 2006.
5. FEZZIOUI N., DRAOUI K., et BENYAMINE M.,. *Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien*, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 11,.
6. L., CHAHWANI. *Thèse de doctorat, Valorisation de l'inertie thermique pour la performance énergétique des bâtiment*. France : Université de Grenoble, 2011.
7. Al-Nafeez I, Rogers JS. *Thermal performance of external insulation in continuous use buildings in hot arid climates*. *Housing Sci*; 14:161–79. 1990.
8. MA., Eben Saleh. *Impact of thermal insulation location on buildings in hot dry climates*. *Solar Wind Technol*; 7:393–406. 1990.
9. Ozel*. *Effect of insulation location on dynamic heat-transfer characteristics of building external walls and optimization of insulation thickness* *Meral*. 2013.
10. Pinto, J. T. Q. S., Paiva, A. G. C., Varum, H., Costa, A., Cruz, D., Pereira, S., Fernandes, L., Tavares, P., & Agarwal, J. "Corn's cob as a potential ecological thermal insulation material", *Energy and Building*. 2011.
11. Yu J, Yang C, Tian L, Liao D. *A study on optimum insulation thicknesses of external walls in hot summer and cold winter zone of China*. *Appl Energy*. 2009.
12. S. K., M. Skrifvars and A. Persson *A review of natural fibers used in biocomposites*:. 2015.
13. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *Architecture climatique une contribution au développement durable, 2*. Coll. « Architectures », ÉDISUD, 154 p. Paris : s.n., 1997.
14. Bernard, J. *Énergie solaire; calculs et optimisation* . s.l. : Ellipses Édition, 2004.
15. S.Nadia. *Mémoire de doctorat, Contribution à la conception des bâtiments a faible consommation d'énergie dans les zones arides*. Ouargla : Université Kasdi Merbah, 2016.
16. Bernier, A., *Végétalisation du bâtiment en milieu urbain: bénéfiques et perspectives*. 2011.

17. Zeroual, D., *Impact des gains de chaleur sur la morphologie des bâtiments. Cas des climats chauds et arides, Mémoire de magistère*, Constantine, : Université Mentouri,, 2006.
18. LOUAFI, S. ABDOU et S. BELLARA. *IMPACT DE L'ORIENTATION SUR LE CONFORT THERMIQUE INTERIEUR DANS L'HABITATION COLLECTIVE*. Constantine : Université Mentouri Constantine , 2010.
19. Karasu A, Steffan C., *Building energy performance simulations of the residential*. 2010.
20. V, Olgyay A. *Design with climate: bioclimatic approach to architectural bioclimatic regionalis.* s.l. : Princeton University Press., 1963.
21. Ç, Çacri. *Assessing thermal comfort conditions, Master thesis, P22*. December, 2006. : Middle East University.
22. <http://www.energiepositive.info/fr/reduire-besoin/construire-compact.html>. [En ligne]
23. ASDER. [En ligne]
24. B.Bennadji, S.Meryem. *Thèse Master, Evaluation du confort thermique et son impact sur l'habitat collectif*. 2016.
25. bâtiments, S. Thiers. *Des Écotechniques à l'écoconception des batiemnts*. 2006.
26. Khaldoune.A et «, Lefouili.M. *Thèse Master, Impact de l'orientation Sur le confort thermique dans l'habitat individuelle -Cas de Jijel*. 2016.
27. MARBOUTIN, FELIX. *L'actinomètre et l'orientation des rues et des façades*.
28. SHARPLES, G.S YAKUBU et S. *Bioclimatic Design Studies For Passive And Low Energy Building Design In Hot-Dray/Semi-Arid Climates* world renewabl. pergamon : s.n., 1992.
29. Gauzin-Muller. *L'architecture écologique 29exemples européens Dominique* ,P.96.
30. l'Energie, Office Federal de. *Etude d'une maison solaire active avec stockage en dalles au Tessin* . Suisse. : s.n., Septembre 2000.
31. A.Allouhi, A. Jamli, T. Kousksou, T. EL Rhafiki, Y.Mourad, Y . Zerouali. *Solar domestic heating water systems in Morrocco: An energy analysis, Energy Conversion and Management* 92 105-113. 2015.
32. X.Q Zhai, ,R.Z. Wang. Y.J, Dai, J.Y. Wu, Y.X. Xu, Q.Ma. *Solar integrated energy system for a green building. Energy and Building* 39 . 2007.
33. [Dongliang Zhang, Ning Cai, Zijie Wang, . *Experimental and numerical analysis of lightweight radiant floor heating system, Energy and Buildings* 61, 260–266,. 2013.
34. M.Zaheer-Uddin, G.R. Zheng and Sung-Hwan Cho, . « *Optimal Operation of an Embedded-piping floor heating system whith control input constraints* »*Energy Convers-Vol.38 No.7, page 713-725*.1997.

35. F. Mokhtari, N. Ait Messaoudène, A. Hamid et M. Belhamel,. *Etude du comportement thermique d'une maison munie d'un système de chauffage solaire*. 09 Septembre 2006 .
36. MERMOUD, Floriane & Office fédéral de l'énergie. *COP5 : Source froide solaire pour pompe à chaleur avec un COP annuel de 5 généralisable dans le neuf et la rénovation*. Genève : Office fédéral de l'énergie, 145. 2014.
37. J, Romuald. *Le puits canadien ou puits provençal*. s.l. : Centre d'Etudes Techniques de Lyon (CETE), 2005.
38. Jakhar S, Misra R, Bansal V, Soni M.S,. *Thermal performance investigation of earth air tunnel heat exchanger coupled with a solar air heating duct for northwestern India, Energy and Buildings Vol :87 .pp.360–369*. 2015.
39. F.Al .Ajmi, DL.Loveday, V. Hanby. *The cooling potential of earth–air heat exchangers for domestic buildings in a desert climate Building and Environment Vol .41, pp. 2006*.
40. M. Khabbaz, B. Benhamou, K. Limam, H. Hamdi, A. Bennouna ,P. Hollmuler ,. *Experimental and numerical study of an earth-to-air heat exchanger for air cooling in a residential building in hot semi-arid climate , Energy and Buildings,Vol.125,pp.109-121*. 2016.
41. Chlela et al F., Fleury E., François C., Quenard D., Weckstein M., Caccavelli D. *Feuille de route vers des bâtiments neufs et existants très basse consommation énergétique voire à énergie positive. CSTB, Rapport DDD/DE/PEB 2005-067R.,. 2005*.
42. Chlela et al F., Fleury E., François C., Quenard D., Weckstein M., Caccavelli D. *Feuille de route vers des bâtiments neufs et existants très basse consommation énergétique voire à énergie positive. CSTB, Rapport DDD/DE/PEB 2005-067R., 2005*). 2005.
43. Breesch H., Bossaer A., Janssens A. . *Passive cooling in a low-energy office building.Solar Energy, Volume 79, Issue 6, pp 682-696*. (2005).
44. <https://www.lamaisonpassive.fr/inauguration-de-la-residence-passive-jules-ferry-a-saint-die-des-vosges/>.
45. Bessalchi M. *évaluation de la consommation énergétique dans les salles de classes préparatoires à l'EPAU*.
46. Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, *Village solaire intégré, études*. 1983.
47. urbanisme, Centre de recherche en architecture et. *C.R.A.U« Village Solaire Intégré »*. Alger : s.n., 1983.
48. Energétique, www.euromedinfo.eu/dossierN°12-2008/MED-ENEC-Efficiency. [En ligne]
49. Imessad, K. *Efficiency énergétique dans le secteur du bâtiment , projet de coopération CDER CNERIB & MED – ENEC, in bulletin des énergies renouvelables n° 11, juin 2007*. 2007.

50. S. Courgey et J.P. Oliva, ' *La Conception Bioclimatique des Maisons Confortables et Economes*', *Eurografica, Italie*, 239 p. 2006.
51. A. Liebard et A.D. Herde. *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. s.l. : Le Moniteur, 2006.
52. I. Benoudjafer. *Vers une amélioration de la performance énergétique des habitations : la certification énergétique comme une stratégie durable. Cas de la ville de Bechar*. Biskra : Université Mohamed Khider , 2018.
53. Semahi, S. et Djebri, B. *La conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie - Proposition d'un outil d'aide à la conception dans les zones arides et semi-arides*. 2013.
54. 2009, Revue d'information du Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme N°4 septembre.
55. Samira Haoui, Samia Chergui,. *Controle de l'ensoleillement à travers la conception architecturale; Terre, Pierre et bois dans l'architecture vernaculaire des Aurés et des Zibans* . 2016.
56. Petit guide de méthodologie de l'enquête, Université libre de Bruxelles.
57. https://www.bibl.ulaval.ca/infosphere/sciences_humaines/prendrehypotheses.html. [En ligne]
58. B.IBTISSEM. *une amélioration de la performance énergétique des habitations : la certification énergétique comme une stratégie durable*. . Bechar : s.n., 2018.
59. SALAMA, Mothanna. *Développement d'un label énergétique appliqué aux bâtiments résidentiels de la région Est-Méditerranée (Syrie, Liban)*. 2014.
60. Joshua D. Rhodessa, Brent Stephensa, Michael E. Webberb. *Using energy audits to investigate the impacts of common air-conditioning design and installation issues on peak power demand and energy consumption in Austin, Texas*. *Energy and Buildings* 43 (2011) 3271–3278.
61. AFRA, Pr. Hamid. *Réglementation thermique et performance énergétique du batiment.Oran*. 29.10.2013.

Annexe 1 :**Représentation de questionnaire :****1. Le projet audité :**

Tableau1 : Représentation d'appartement 1.

Intitule du projet	Prédiction de la consommation énergétique dans les foyers algériens
Type du bâtiment	Immeuble d'habitation : 04 Appartements
Implantation du projet	Site : Bouira Zone : urbaine
Maitre d'ouvrage	Nom : -- Adresse : -- Téléphone : -- Email : --
Classé monument historique ?	Non
Surface Brute (m²)	235.79
Année de construction	2003
Surface nette (m ²)	168.29
Volume brut (m ³)	707.37
Volume net (m ³)	504.87
Position	Algérie, wilaya de Bouira.
Façades à l'abri du vent	3
Nombres d'occupants	6
Degré de Latitude	36,00

Appartement 2 :

Tableau2: Représentation d'appartement 2.

Intitule du projet	Prédiction de la consommation énergétique dans les foyers algériens
Type du bâtiment Immeuble d'habitation : 04 Appartements	
Implantation du projet	Site :Bouira Zone : urbaine
Maitre d'ouvrage	Nom : -- Adresse : -- Téléphone : -- Email : --
Classé monument historique ?	Non
Surface Brute (m²)	--
Année de construction	1900
Surface nette (m ²)	--
Volume brut (m ³)	--
Volume net (m ³)	--
Position	Algérie, wilaya de Bouira.
Façades à l'abri du vent	4
Nombres d'occupants	10
Degré de Latitude	36,00

Appartement 3:

Tableau 3: Représentation d' appartement3.

Intitule du projet	Prédiction de la consommation énergétique dans les foyers algériens
Type du bâtiment	

Immeuble d'habitation : 04 Appartements	
Implantation du projet	Site :Bouira Zone : urbaine
Maitre d'ouvrage	Nom : -- Adresse : -- Téléphone : -- Email : --
Classé monument historique ?	Non
Surface Brute (m²)	--
Année de construction	1990
Surface nette (m ²)	--
Volume brut (m ³)	--
Volume net (m ³)	--
Position	Algérie, wilaya de Bouira.
Façades à l'abri du vent	4
Nombres d'occupants	6
Degré de Latitude	36,00

Appartement 4 :

Tableau 4: Representation d' appartement 4

Intitule du projet	Prédiction de la consommation énergétique dans les foyers algériens
Type du bâtiment Immeuble d'habitation : 04 Appartements	
Implantation du projet	Site :Bouira

	Zone : urbaine
Maitre d'ouvrage	Nom : -- Adresse : -- Téléphone : -- Email : --
Classé monument historique ?	Non
Surface Brute (m²)	--
Année de construction	2000
Surface nette (m ²)	--
Volume brut (m ³)	--
Volume net (m ³)	--
Position	Algérie, wilaya de Bouira.
Façades à l'abri du vent	4
Nombres d'occupants	9
Degré de Latitude	36,00

2. Les documents existants :

Tableau 5: Représentation des documents existents des différents appartements.

	Maison1	Maison2	Maison3	Maison4
Les plans avec les données de l'orientation	oui	Non	Non	Non
La photo représentative du bâtiment /la position pour le badge	oui	oui	oui	oui

Les coupes transversales, plans longitudinaux etc.	Non	Non	Non	Non
Les matériaux de construction	Oui	Oui	Oui	Oui
Le tableau de menuiserie	Oui	Oui	Oui	Oui
Les documents / les plans des places	Oui	Oui	Oui	Oui

3. La consommation énergétique :

Tableau 6 : Représentation de consommation énergétique de l'appartement1.

	Energie électrique [KWh]		Gaz [KWh]	
	Année 2018	1 ^{er} Trimestre	542.00	1 ^{er} Trimestre
	2 ^{ème} Trimestre	616.00	2 ^{ème} Trimestre	15987.76
	3 ^{ème} Trimestre	591.00	3 ^{ème} Trimestre	2770.72
	4 ^{ème} Trimestre	652.00	4 ^{ème} Trimestre	1142.79
Année 2019	1 ^{er} Trimestre	658	1 ^{er} Trimestre	16969.31
	2 ^{ème} Trimestre	525	2 ^{ème} Trimestre	6802.82
	3 ^{ème} Trimestre	440.00	3 ^{ème} Trimestre	6953.75
	4 ^{ème} Trimestre	946.00	4 ^{ème} Trimestre	5498.32
Année 2020	1 ^{er} Trimestre	600.00	1 ^{er} Trimestre	13260.64
	2 ^{ème} Trimestre	562.00	2 ^{ème} Trimestre	9012.92
	3 ^{ème} Trimestre	431.00	2 ^{ème} Trimestre	3536.17

Tableau 7 : Représentation de consommation énergétique de l'appartement2.

	Energie électrique [KWh]	Gaz [KWh]

Annexe

Année 2018	1 ^{er} Trimestre	831.00	1 ^{er} Trimestre	8141.00
	2 ^{ème} Trimestre	869.00	2 ^{ème} Trimestre	8312.16
	3 ^{ème} Trimestre	1089.00	3 ^{ème} Trimestre	29755.56
	4 ^{ème} Trimestre	1354.00	4 ^{ème} Trimestre	2188.54
Année 2019	1 ^{er} Trimestre	947.00	1 ^{er} Trimestre	8786.52
	2 ^{ème} Trimestre	685.00	2 ^{ème} Trimestre	5573.78
	3 ^{ème} Trimestre	574.00	3 ^{ème} Trimestre	5692.37
	4 ^{ème} Trimestre	1840.00	4 ^{ème} Trimestre	851.70
Année 2020	1 ^{er} Trimestre	950.00	1 ^{er} Trimestre	8838.8

	2ème Trimestre	970.00	2ème Trimestre	33956.63
	3eme Trimestre	974.00	3eme Trimestre	4873.02

Tableau 8 : Représentation de consommation énergétique de l'appartement3.

	Energie électrique [KWh]		Gaz [KWh]	
	Année 2018	1 ^{er} Trimestre	449.00	1 ^{er} Trimestre
	2ème Trimestre	438.00	2ème Trimestre	10306.64
	3eme Trimestre	904.00	3eme Trimestre	1865.11
	4eme Trimestre	841.00	4eme Trimestre	970.29
Année 2019	1 ^{er} Trimestre	559.00	1 ^{er} Trimestre	10030.14
	2ème Trimestre	492.00	2ème Trimestre	11665.05
	3eme Trimestre	412.00	3eme Trimestre	6188.30
	4eme Trimestre	1669.00	4eme Trimestre	970.41
Année 2020	1 ^{er} Trimestre	649.00	1 ^{er} Trimestre	11781.36
	2ème Trimestre	546.00	2ème Trimestre	8177.053
	3eme Trimestre	1026.00	3eme Trimestre	2867.75

Tableau 9: Représentation de consommation énergétique de l'appartement4.

Maison4 : MED	Energie électrique [KWh]		Gaz [Nm³]	
	Année 2018	1 ^{er} Trimestre	700.00	1 ^{er} Trimestre
	2ème Trimestre	718.00	2ème Trimestre	8635.59
	3eme Trimestre	1113.00	3eme Trimestre	2781.50
	4eme Trimestre	1393.00	4eme Trimestre	1196.69

Année 2019	1 ^{er} Trimestre	727.00	1 ^{er} Trimestre	9465.73
	2 ^{ème} Trimestre	929.00	2 ^{ème} Trimestre	4312.404
	3 ^{eme} Trimestre	822.00	3 ^{eme} Trimestre	7460.46
	4 ^{eme} Trimestre	1283.00	4 ^{eme} Trimestre	11412.31
Année 2020	1 ^{er} Trimestre	717.00	1 ^{er} Trimestre	10037.12
	2 ^{ème} Trimestre	930.00	2 ^{ème} Trimestre	4419.4
	3 ^{eme} Trimestre		3 ^{eme} Trimestre	--

Combien de personnes ont un emploi ?

La maison	Nombre des personnes
Appartement 1	1
Appartement 2	2
Appartement 3	2
Appartement 4	2

-Est-ce que vous vous êtes déplacé en une période de l'année ?

Appartement 1	Non
Appartement 2	Oui
Appartement 3	Non
Appartement 4	Non

Si oui, pour quelle période ? D'Octobre au Mai.

3.1. Le type de combustible :

Tableau 10: Représentation de type combustible utilisé dans les appartements.

Gaz	100 %
Pétrole	--
Bois	--
Chauffage urbain	--
Chauffage central	--
Courant électrique	--
Divers	--

4. Le désordre du bâtiment

Y at-il des problèmes structurels ou aux équipements techniques ?

-Non.

L'élément affecté	Description du problème
--	--
--	--
--	--
--	--
--	--

5. L'enveloppe du bâtiment et des façades :

5.1 Composition et caractéristiques des murs extérieurs et plancher (Haut /Bas) :

Tableau 11 : Composition et caractéristiques des murs extérieurs et plancher (Haut /Bas)

	Composition	Epaisseur (m)	Conductivité λ [w/m°C]	Rg (m².K/W)	K (W/m². K)
Plancher haut	Béton lourd	0,20	1.750	0.17	5.88
	plâtre	0,02	0.350		
Mur extérieur	mortier	0,02	1.150	0,66	1.15
	brique	0,10	0.476		
	lame d'air	0,10	0.625		
	brique	0,10	0.476		
	plâtre	0,02	0.350		
Mur Intérieur	Plâtre	0.02	0.350	0.33	3.03
	Brique creuse	0.10	0.476		
	Plâtre	0.02	0.350		
Plancher Bas	Béton lourd	0,10	1.750	0.10	10
	Mortier + sable+	0.03	1.750		
	Carrelage	0.02	0.177		

Plancher intermédiaire	Plâtre	0.02	0.350	0.2	5
	Béton	0.20	1.750		
	Mortier	0.04	1.150		
	Carrelage	0.02	1.700		

5.2. La composition de la menuiserie :

Tableau 12: Composition de la menuiserie.

Caractéristiques	Localisation	Nombre	Cadre (mm)	Largeur (m)	Hauteur (m)
Porte en bois	Entrée WC, SDB de logement, des chambres, Salle à manger, Salon	9	7*7	0.94	2.17
Fenêtre en bois	La Cuisine, des chambres, Salle à manger, Salon	05	12*7	1.20	1.40
Porte fenêtre en bois	Salon	1	12*7	1.20	.17
Vasistas ouvrant à soufflet	WC	01	7*7	0.50	0.50
Vasistas ouvrant à soufflet	SDB	01	7*7	0.80	0.50

5.3 Les dispositifs de protection solaires :

Appartement1 :

Tableau 13 : Composition des protections solaires.

Type	Façades				
	Sud/Sud- Est/Sud - Ouest	Nord/NordEst/Nord -Ouest	EST	Ouest	Nord
Appartemen1					
Stores	--	--	--	--	--
Volets	--	--	X	X	X
Rideaux	--	--	X	X	X
Autres masques	--	--	--	--	--
Claustras	--	--	--	--	--
Brise soleil	--	--	--	--	--
Appartemen2					
Stores	--	--	--	--	--
Volets	--	--	X	X	--
Rideaux	--	--	X	X	--
Autres masques	--	--	--	--	--
Claustras	--	--	--	--	--
Brise soleil	--	--	--	--	--
Appartemen3					
Stores	--	--	--	--	--
Volets	--	--	X	X	--
Rideaux	--	--	X	X	--
Autres masques	--	--	--	--	--
Claustras	--	--	--	--	--

Brise soleil	--	--	--	--	--
Appartemen4					
Stores	--	--	--	--	--
Volets	--	X	X	X	--
Rideaux	--	X	X	X	--
Autres masques	--	--	--	--	--
Claustras	--	--	--	--	--
Brise soleil	--	--	--	--	--

Annexe 2 :

Les scénarios des puissances dissipées réels et retenus dans les différentes pièces de l'appartement :

1. Le type et le nombre de lampes :

Tableau 14 : Caractéristiques des éclairages artificiels dans l'appartement de l'étude.

Type d'éclairage	Nombre	Puissance (W)
Lampe fluorescent 20	3	15-20
Lampe LED	8	4
Lampe spot	0	0
Σ W/appart =		82W

2. Les installations électriques dans l'appartement :

Tableau 15: Installations électriques dans chaque pièce de l'appartement de l'étude.

L'emplacement	Type d'appareil et l'éclairage	Consommation ⁹ (watt)	N°
Salle à manger	TV plasma	250	1
	Lampe LED	9	2
	XBOX 360	88	4
	Reciever	30	1
	Modem	10	1

⁹ E (Consommation)= Puissance* Le nombre d'heure

La Chambre 2	TV PLASMA	250	1
	RECIEVER	30	1
	Lampe LED	5	2
La Chambre 1	Lampe LED	5	2
La Chambre 3	Lampe LED	5	2
La cuisine+ Séchoir	Réfrigérateur	200	1
	FRIGO	200	1
	MICRO-ONDE	800	1
	Mixeur	450	1
	Batteur	300	1
	Lampe LFC	20	1
	Machine à laver	2200	1
Le Couloir	Lampe LED	10	5
	Unité split 18000 Btu. 5 275 W 1	1000	
SDB+WC	Lampe LFC	15	2
	Sèche-cheveux	2000	1
Salon	Chargeur de téléphone	5	6
	Chargeur de PC	100	3
	Lampe LED	9	2

Tableau16: Installations électriques dans la chambre2 de l'appartement de l'étude.

Heure/watt	TV.PLASMA	LAMPE LED	RECIEVER	TV EN VEILLE
0-1	0	0	30	3
1-2	0	0	30	3
2-3	0	0	30	3
3-4	0	0	30	3
4-5	0	0	30	3
5-6	0	0	30	3
6-7	0	0	30	3
7-8	0	0	30	3
8-9	250	0	30	0
9-10	250	0	30	0
10-11	0 (250été)	0	30	3 (0 été)
11-12	0 (250 été)	0	30	3 (0été)
12-13	0	0	30	3
13-14	250	0	30	0
14-15	250	0	30	0
15-16	250	0	30	0

16-17	250	0	30	0
17-18	0	0	30	3
18-19	250	10	30	0
19-20	250	10	30	0
20-21	0	0	30	3
21-22	250	10	30	0
22-23	250	10	30	0
23-00	250	10	30	0

Tableau 17: Installations électriques dans le SDB+WC de l'appartement de l'étude.

L'endroit de l'emplacement	SDB+WC	
	lampe LCD	Sèche-cheveux
L'heure d'utilisation	Consommation (Wh)	Consommation (Wh)
0-1	0	0
1-2	0	0
2-3	0	0
3-4	0	0
4-5	0	0
5-6	0	0
6-7	0	0
7-8	30	0
8-9	0	0
9-10	0	0
10-11	0	0
11-12	0	0
12-13	0	0
13-14	0	0
14-15	0	0
15-16	0	0
16-17	0	0
17-18	0	2000 Mardi+Samedi
18-19	30	
19-20	30	0
20-21	30	0
21-22	30	0
22-23	30	0
23-00	0	0

Tableau 18: Installations électrique dans le Salon de l'appartement de l'étude.

Heure/watt	LAMPE LED	Les chargeurs (PC+ TLP)
0-1	0	0
1-2	0	0
2-3	0	0
3-4	0	0
4-5	0	0
5-6	0	0
6-7	0	0
7-8	0	0
8-9	0	0
9-10	0	0
10-11	0	0
11-12	0	0
12-13	0	0
13-14	0	0
14-15	0	0
15-16	0	0
16-17	0	0
17-18	0	0
18-19	18	0
19-20	10	0
20-21	0	330
21-22	18	330
22-23	18	330
23-00	18	0

Tableau 19: Installations électriques dans la chambre 1 et 3 et le couloir.

L'endroit de l'emplacement	Chambre 1 et 3	Couloir
Type d'appareil	lampe LED	(Lampe LED)
L'heure d'utilisation	Consommation	Consommation
0-1	0	0
1-2	0	0
2-3	0	0
3-4	0	0
4-5	0	0
5-6	0	0
6-7	0	0
7-8	30	8
8-9	0	0
9-10	0	0
10-11	0	0
11-12	0	0
12-13	0	0
13-14	0	0
14-15	0	0
15-16	0	0
16-17	0	0
17-18	0	0
18-19	20	0
19-20	20	0
20-21	0	50
21-22	20	0
22-23	20	0
23-00	0	0

Tableau 20: nstallations électriques dans la salle à manger de l'appartement de l'étude en hiver.

Heure/watt	TV. PLASMA		LAMPE LED	RECIEVER		TV EN VEILLE		Modem	XBOX (L'utilisation durant le weekend)
	SMN	WEEK		SMN	WEEK	SMN	WEEK		
0-1	0	0	0	30	30	3	3	10	0
1-2	0	0	0	30	30	3	3	10	0
2-3	0	0	0	30	30	3	3	10	0
3-4	0	0	0	30	30	3	3	10	0
4-5	0	0	0	30	30	3	3	10	0
5-6	0	0	0	30	30	3	3	10	0
6-7	0	0	0	30	30	3	3	10	0
7-8	0	0	0	30	30	3	3	10	0
8-9	0	0	0	30	30	3	3	10	0
9-10	0	0	0	30	30	3	3	10	0
10-11	0	250	0	30	0	3	0	10	88
11-12	0	250	0	30	0	3	0	10	88
12-13	0	250	0	30	0	3	0	10	88
13-14	0		0	30	30	3	0	10	0
14-15	0	250	0	30	0	3	0	10	88
15-16	0	250	0	30	0	3	0	10	88
16-17	0	250	0	30	0	3	0	10	88
17-18	0	0	0	30	30	3	3	10	0
18-19	250	250	18	30	30	0	0	10	0
19-20	250	250	18	30	30	0	0	10	0
20-21	250	250	0	30	30	0	0	10	0
21-22	250	250	18	30	30	0	0	10	0
22-23	250	250	18	30	30	0	0	10	0
23-00	250	250	18	30	30	0	0	10	0

Tableau 21 : Installations électriques dans salle à manger de l'appartement de l'étude en été.

Heure/watt Pour l'été:	TV. PLASMA	LAMPE LED	Reciever	TV EN VEILLE	Modem	X-Box
0-1	0	0	30	3	10	0
1-2	0	0	30	3	10	0
2-3	0	0	30	3	10	0
3-4	0	0	30	3	10	0
4-5	0	0	30	3	10	0
5-6	0	0	30	3	10	0
6-7	0	0	30	3	10	0
7-8	0	0	30	3	10	0
8-9	0	0	30	3	10	0
9-10	0	0	30	3	10	88
10-11	250	0	0	0	10	88
11-12	250	0	0	0	10	88
12-13	250	0	0	0	10	0
13-14		0	30	0	10	88
14-15	250	0	0	0	10	88
15-16	250	0	0	0	10	88
16-17	250	0	0	0	10	0
17-18	0	0	30	3	10	0
18-19	250	18	30	0	10	0
19-20	250	18	30	0	10	0
20-21	250	0	30	0	10	0
21-22	250	18	30	0	10	0
22-23	250	18	30	0	10	0