

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
Université de Blida I
Institut d'architecture et d'urbanisme

Mémoire de master 2
Option : Architecture et effcience énergétique



THEME

La réhabilitation énergétique

***Le rôle de l'isolation dans l'amélioration
du confort thermique.
cas service de la pédiatrie***

***«L'Etablissement Publics Hospitalier Djillali Belkhenchir»
(EX-Hôpital Birtraria)***

Travail réalisé par :

M^{lle} BOUCHEMAT AMINA

Sous l'encadrement de :
MR. BOUKARTA. S

Devant un jury composé de :

Président :

Mr Zougari Enseignant à l'institut d'architecture
de Blida .

Examineur :

Mr Semahi.. Enseignant à l'institut
d'architecture de Blida.

Année universitaire 2016-2017

Remerciement :

Tout d'abord, je remercie DIEU Allah le Tout Puissant, de m'avoir donné la volonté et le courage et la patience afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail.

je tiens à remercier tout particulièrement mon promoteur **Mr BOUKARTA.S** pour tout le savoir qu'il m' a apporté ainsi que pour m' avoir encadrées et dirigées au cours de cette années du master.

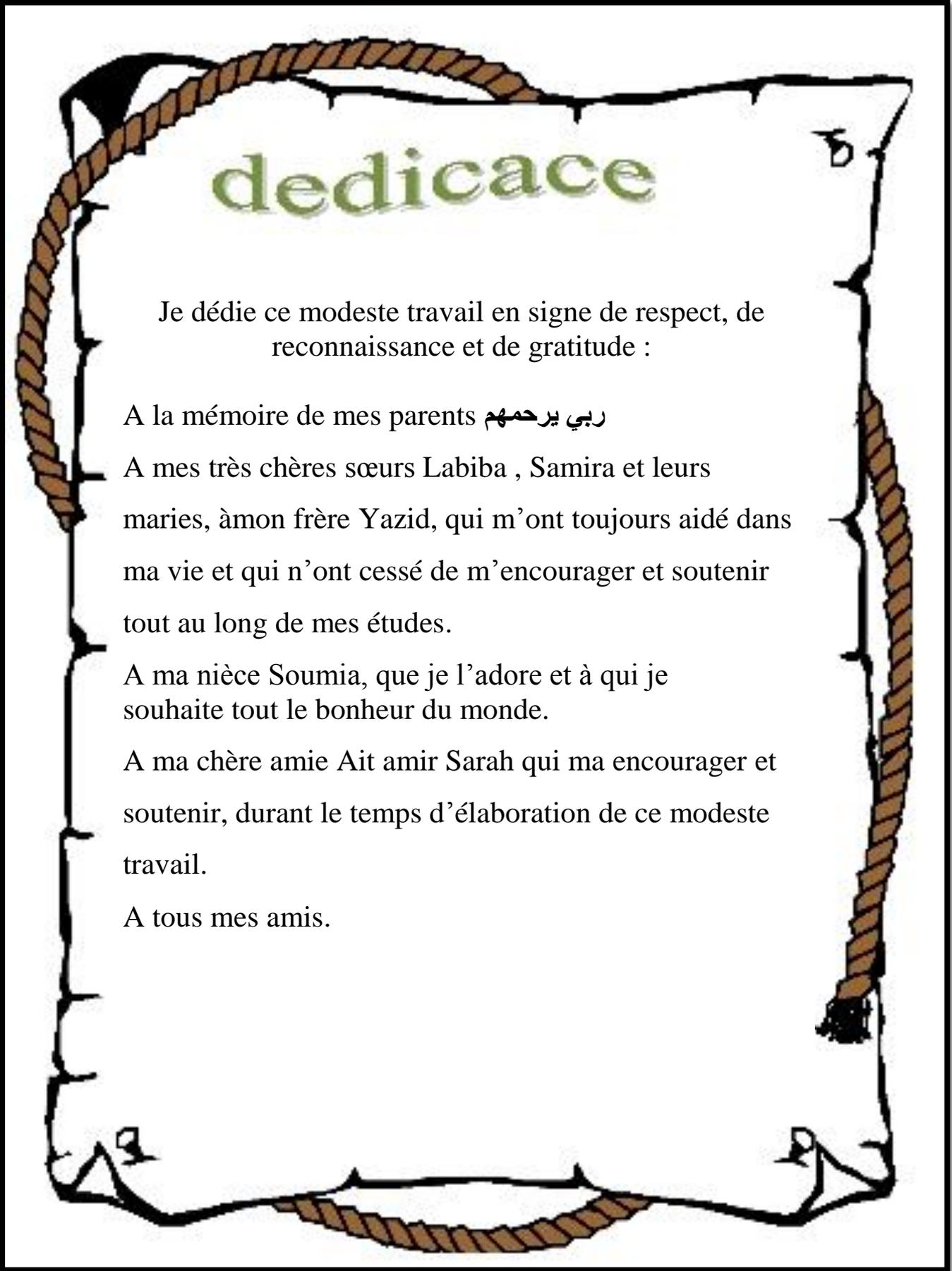
Mes remerciements vont également à mes collègues de travail à la Direction de la Santé et de la Population de la Wilaya d'Alger, (service SPM) pour leur aide et encouragements.

Je remercie vivement l'architecte de l'hôpital Birtraria pour m'avoir accueilli à différents moments à l'hôpital.

Mes derniers remerciements s'adressent à toute ma famille. Je remercie tout particulièrement ma chère grande sœur Labiba, ma sœur Samira, mon frère Yazid, ma nièce Soumia, mon beau-frère ami Djamel qui m'ont toujours aidé, soutenu et encouragé au cours de mes études.

Mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'accomplissement de ce travail.

Merci à toutes et à tous.



dedicace

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et de gratitude :

A la mémoire de mes parents ربي يرحمهم

A mes très chères sœurs Labiba , Samira et leurs maries, à mon frère Yazid, qui m'ont toujours aidé dans ma vie et qui n'ont cessé de m'encourager et soutenir tout au long de mes études.

A ma nièce Soumia, que je l'adore et à qui je souhaite tout le bonheur du monde.

A ma chère amie Ait amir Sarah qui ma encourager et soutenir, durant le temps d'élaboration de ce modeste travail.

A tous mes amis.

Résumé :

La sécurité énergétique et les contraintes environnementales sont un défi considérable pour le développement économique et social à l'échelle de la planète. Le bâtiment sanitaire de demain doit s'inscrire dans une démarche durable qui économise les ressources et remet en cause les matériaux polluants. C'est un bâtiment qui se veut de qualité, durable, adapté au climat et aux malades, préservateur de l'environnement. Néanmoins il faut agir en urgence sur les bâtiments sanitaires anciens ;

L'amélioration de la performance énergétique de ces bâtiments constituer un gisement d'économies d'énergie incontournable.

L'isolation des structures sanitaires constitue l'un des éléments clés de la réponse globale à cette problématique.

Pour contribuer à ces recherches, nous nous sommes intéressés à étudier les caractéristiques thermiques du service pédiatrique de l'hôpital Birtraria, situé dans la ville d'Alger à la commune d'El Biar dotée d'un climat méditerranéen qui se caractérise par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides.

L'objectif de notre travail de recherche est l'évaluation du confort thermique du service pédiatrique de l'hôpital de Birtraria dans le contexte climatique de la ville d'Alger.

Pour pallier à ce problème, nous avons fait une enquête par questionnaire et une série de simulations numériques à l'aide du programme « Pleaid-Comfie ». La simulation entreprise vise l'objectif de la détermination d'une panoplie de solutions adéquates pour un bâtiment plus performant thermiquement et plus économe énergétiquement. Toutes les propositions notamment ont permis la réduction de la consommation en énergie de rafraîchissement et de chauffage.

L'économie en énergie maximale a été obtenue en utilisant l'isolation complète du bâtiment et l'utilisation du double vitrage.

Mots Clés:

Bâtiment sanitaire- Réhabilitation énergétique – consommation énergétique – économie d'énergie- confort thermique – Isolation thermique.

ملخص:

أمن الطاقة والقيود البيئية تشكل تحديا كبيرا للتنمية الاقتصادية والاجتماعية في جميع أنحاء المعمورة يجب على الهياكل الصحية في المستقبل أن تكون مستدامة ومقتصدة في استخدام الموارد وبعيد عن استخدام المواد المسببة للتلوث. هيكل صحي يريد الجودة ومستدام ومتكيف مع المناخ والمرضى ، ومحافظ على البيئة . ومع ذلك يجب علينا أن نعمل بشكل عاجل على البناءات الصحية القديمة ، للحفاظ عليها ومنع تدهورها السريع .

تحسين أداء الطاقة في المباني القائمة تشكل ودائع لادخار الطاقة جد مهمة وعزل المباني يشكل عنصرا أساسيا من مجمل عملية التصدي لهذه المشكلة .

للمساهمة في هذه الابحاث اهتمامنا بدراسة الخصائص الحرارية لمصلحة طب الأطفال بمستشفى بئر طرارية المتواجد ببلدية الايبار-الجزائر العاصمة ، التي لديها مناخ متوسطي وهي معروفة بفصل صيف طويل حار وجاف وشتاء معتدل ورطب .

الهدف الرئيسي من هذا العمل البحثي هو تقييم الرفاهية الحرارية بمصلحة طب الأطفال بمستشفى بئر طرارية في السياق المناخي لمدينة الجزائر .

للتغلب على هذه المشكلة قمنا بإجراء دراسة عن طريق الاستبيان وسلسلة من عمليات المحاكاة ال رقمية للطاقة (simulation) باستخدام برنامج «Pleaid-Comfie» .

المحاكاة تهدف لتحديد مجموعة من الحلول المناسبة لبناء أكثر كفاءة حراريا وأكثر اقتصادا . جميع الحلول المقترحة أدت إلى الحد من استهلاك طاقة التبريد. والتدفئة تم الحصول على أقصى قدر من الاقتصاد في استهلاك الطاقة باستخدام العزل الكامل للبناء واستخدام الزجاج المزدوج .

الكلمات المفتاحية:

مبنى صحي-إعادة التهيئة الحراري-الاستهلاك الطاقي-اقتصاد الطاقة-الرفاهية الحرارية-العزل الحراري

INTRODUCTION GENERALE :

Notre planète subit de nombreuses mutations climatiques dont le réchauffement planétaire. Les climatologues ont constaté que la température moyenne de la planète avait augmenté de 0,6°C au cours du XXe siècle.¹ Les activités humaines sont en majeure partie responsables de ce réchauffement et les causes sont multiples se résumant en l'émission considérable des gaz à effet de serre. Les conséquences sont néfastes, et pour l'environnement, et pour l'être humain.

Selon Gauzin-Müller², le constat mondial est plutôt sombre : le climat se dégrade, les pollutions sont de plus en plus tenaces, les ressources trop souvent surexploitées, de nombreuses espèces sont en danger, et la prospérité réservée à seulement 20% des habitants de la planète. Il faut donc agir par une action immédiate et à long terme qui passe en tout premier lieu par la diminution de nos émissions de gaz à effet de serre.

Les conditions météorologiques et climatiques ont une influence considérable sur notre environnement de vie et notre santé. Le changement climatique aggravera les risques sanitaires existants. On connaît les conséquences des événements extrêmes (vagues de chaleur, inondations...) pour les sociétés et celles de la dégradation générale de l'environnement, qui favorise la pollution de l'air et des eaux, l'insécurité alimentaire ou encore la survenue de maladies vectorielles. Il existe de nombreuses inégalités face au changement climatique, qui appellent une action ciblée auprès des populations vulnérables.

“ La lutte contre le changement climatique pourrait être l'enjeu sanitaire le plus important du XXIe siècle „

Notre pays dispose de par sa situation géographique d'un des plus grands gisements solaires au monde, Ce gisement dépasse les 5 milliards de GWh / an³.

Il est donc préférable et urgent pour l'Algérie de s'inscrire dans une nouvelle vision, basée davantage sur la rationalisation dans la consommation énergétique dans le secteur hospitalier. Car le but final, est de passer d'un service d'hospitalisation « énergivore » à un service d'hospitalisation de « haute qualité environnementale » et de haute efficacité énergétique », grâce à une éco conception et à l'introduction des principes bioclimatiques, d'efficacité énergétique et d'intégration de l'énergie solaire.

Le secteur hospitalier est caractérisé par des consommations énergétiques importantes en raison de l'occupation permanente des locaux et des équipements nécessaires à leurs activités, ainsi que par un patrimoine bâti énergivore.

Dans la situation d'urgence actuelle, il faut d'abord maîtriser l'énergie, puis rechercher des solutions énergétiques de substitution pérennes capables de répondre à nos besoins à long terme.

Le bâtiment sanitaire doit respirer, sachant que les notions (comme la chaleur homogène parfaitement régulée) restent essentielles. Le confort, associé à la compétitivité, la modernité, la maîtrise de l'énergie et le respect de l'environnement, sont de véritables valeurs.

¹ <http://www.legrenelle-environnement.fr/>

² Gauzin-Müller D. « L'architecture écologique, 29 exemples européens » éd Le Moniteur, 2001.

³ <http://www.Sonelgaz.dz>, consulté en juillet 1010.

PROBLEMATIQUE GERNARALE :

Cette dernière décennie, nous assistons en Algérie à une réalisation multiple et intense de projet de bâtiments à caractère publics, qui ne sont malheureusement soumis à aucune exigence règlementaire sur le plan thermique et énergétique .les paramètres de la conception sont d'ordre fonctionnel et architectural et la dimension énergétique du projet et le confort hygrothermique ne sont pas toujours considérée comme significatives ce qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores.

Aujourd'hui plusieurs états on prit l'initiative de réduire à la fois leurs consommation énergétique tout en préservent leurs croissance économique et aussi tout en réduisant les rejets de gaz à effet de serre, et cela sur plusieurs différents secteurs.

Parmi les secteurs les plus énergivore c'est le secteur hospitalier en effet il joue un rôle très important dans la dépense énergétique. Pour cela nous devons réfléchir aux procédés qui permettront la réduction de cette dépense énergétique.

Les architectes et autres spécialistes du bâtiment se sont tournés vers une nouvelle approche visant la réhabilitation thermique des constructions existantes, cela après avoir longtemps exploré et optimisé les solutions pour une architecture confortable, économique et écologique dans le neuf.

La réhabilitation thermique, doit alors relever trois défis simultanément : le confort thermique des occupants, l'économie de l'énergie et la protection de l'environnement. Ce triptyque fait référence aux principes fondamentaux du développement durable avec ses trois piliers : social, économique et environnemental.

Le confort thermique constitue une demande reconnue et justifié dans le bâtiment public du fait de son impact sur la qualité des ambiances thermique intérieures, il est donc considéré comme un élément important de la qualité globale d'usage de ce type de bâtiment.

Les isolants thermiques sont parfaitement possible d'assurer à la fois une excellente qualité d'environnements intérieurs et une très faible consommation d'énergie.

Notre travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur l'amélioration de la performance énergétique du service hospitalier.

A travers cette recherche, nous allons essayer de répondre aux préoccupations suivantes :

-Quelle approche de validation serait plus efficace pour apprécier l'impact dela réhabilitation thermique du service ?

Présentation du cas d'étude :

Mon choix est fondé par rapport à ma fonction d'architecte au service de la Direction de la Santé de la Wilaya d'Alger (secteur de santé).

Le service d'hospitalisation pédiatrique de L'Etablissement Publics Hospitalier Djillali Belkhenchir à El Biar représente l'aire d'étude sur laquelle s'applique mon travail, celui-ci constitue un bon exemple d'étude pour les nombreuses raisons :

- Situation géographique offrant multiple avantage ;
- Amélioration du confort thermique du service, du fait que le séjour d'un enfant à l'hôpital ne se réduit pas à des aspects médicaux. Ils mettent en jeu la capacité d'une institution, du service de proposer une prestation de qualité, non seulement humaine mais aussi technique, s'insérant dans une organisation rigoureuse et un environnement adaptés aux enfants et à leur famille.
- Résistances de l'enfant aux conditions climatiques sont très faibles par rapport aux adultes, donc Il faut prendre en considération ce dernier dans toute sa globalité et ne pas le réduire à un être qui n'a pas les facultés de s'exprimer.

Problématique spécifique :

Les établissements sanitaire existants en Algérie sont inadaptés et gros consommateurs d'énergie de part la négligence des aspects climatiques lors de leur construction, dont l'importance ne paraît aux yeux du propriétaire ni même du concepteur que lors de dépenses supplémentaires de chauffage et de la climatisation.

Ces établissements n'ayant été soumis à aucune exigence réglementaire thermique ou énergétique à leur construction, il s'avère donc nécessaire de réduire leur impact environnemental en promouvant le concept de la réhabilitation énergétique et les mettre aux normes pour en maîtriser la consommation énergétique.

Est-il acceptable que la plus part des hôpitaux existants ont déjà été réhabilités ces dernières années sans qu'un effort majeur soit consenti à l'amélioration des performances énergétiques et le confort thermique de ces hôpitaux ? La durée de vie d'un ancien bâtiment peut être prolongée tout en améliorant son confort et en réduisant son coût énergétique.⁴ Il nous paraît alors crucial de porter un intérêt à l'introduction de l'efficacité énergétique dans les hôpitaux existants.

Il faut savoir que pour réduire les besoins énergétiques et améliorer le confort thermique du service d'hospitalisation de pédiatrie, on peut jouer sur plusieurs paramètres, à savoir :

- Le service lui-même : choix des matériaux isolants, étanchéité des ouvertures, type de vitrage, étanchéité de la toiture ;
- L'amélioration des performances et du rendement des équipements.
- Le recours à l'utilisation des énergies renouvelables.

Le but essentiel recherché est l'obtention d'un service d'hospitalisation qui va très loin dans les économies d'énergie en été et en hiver pour les besoins de la climatisation et le chauffage,

⁴Mia Meftah M.« Etude de faisabilité de l'utilisation de l'énergie solaire en vue de la réhabilitation thermique du bâti existant » colloque national : pathologie des constructions. Université Mentouri Constantine, 25-26 novembre 2008.

en protégeant le service de pédiatrie contre les apports solaires significatifs en été, qui sont fréquemment la cause de contraintes thermiques pouvant générer des surchauffes, avec un confort adapté aux besoins des occupants en température et humidité.

De ce fait, la question que l'on se pose est :

-Quelle sont les techniques et les matériaux d'isolation utilisées pour assurer à la fois un bon confort thermique intérieurs et une très faible consommation d'énergie du service ?

L'hypothèse :

Pour répondre à la problématique posée dans notre travail de recherche, nous avons construit les hypothèses principales suivantes :

Le confort thermique du service de la pédiatrie pourrait bien être amélioré à travers une bonne isolation de l'enveloppe du service.

Une approche par simulation dynamique peut nous aider à choisir le bon isolant thermique pour atteindre le niveau du confort recherché.

Objectifs :

L'objectif principal de notre travail de recherche consiste à améliorer le confort thermique de notre service d'étude, ainsi, créer pour l'occupant les meilleures conditions de confort physiologique en (température, humidité et air neuf), et lui offrir un milieu sain et durable avec une consommation plus faible en énergie, et ce à travers :

- ✓ Une opération de réhabilitation thermique du service qui prend en charge les principes fondamentaux d'une architecture bioclimatique, l'isolation thermique et enfin l'inertie thermique pour le stockage de l'énergie ;

La méthodologie du travail :

Afin de mener à bien cette initiation à la recherche, une certaine démarche méthodologique est plus que nécessaire en vue d'une bonne gestion de temps et une meilleure maîtrise du sujet.

Pour répondre aux objectifs fixes et vérifier la validité de nos hypothèses nous avons organisé notre travail de recherche :

-Recherche bibliographie concernant : les définitions et les principes du contexte énergétique, confort thermique et les techniques utilisés pour la réhabilitation énergétique d'un projet architectural existant (cette recherche consiste à former un bagage de savoir et une plateforme en relation avec le thème traité dans notre travail) ;

-Un travail de terrain : consistant à :

-une visite du site d'intervention ;

- une analyse architecturale et climatique (logiciel ecotectet métronome) de la zone d'étude afin de ressortir les potentialités du site ;

-un questionnaire avec les utilisateurs de l'espace concerné, afin de ressortir les contraintes pour pouvoir faire notre intervention architecturale ;

-Une évaluation aux solutions choisies à l'échelle architecturale : par simulations Numériques de l'espace d'intervention, on utilise les logiciels : alcyone etpleiad-comfie .

La structure du mémoire :

Pour aboutir aux objectifs visés, on doit suivre une démarche cohérente, passant par des étapes différentes qui conduisent facilement aux résultats désirés, Notre travail comprend trois chapitres :

Premier chapitre : chapitre introductif

La première phase sera d'introduire et d'expliquer la problématique, également les concepts clés, nos hypothèses et objectifs. Cette étape sera introductive, assurera le passage au sujet.

Deuxième chapitre : état de savoir : consiste à former un bagage de savoir et une plateforme en relation avec le thème traité dans notre travail, elle contient :

- le contexte énergétique et environnemental ;
- le confort thermique ;
- La réhabilitation énergétique (Techniques, solutions & Possibilités d'adaptation au contexte algérien) ;

Troisième chapitre: phase opérationnelle (Investigation et simulation sur le projet d'étude) :

Conclusion générale : Un récapitulatif général de notre travail avec des éléments de réponses aux hypothèses adopté.

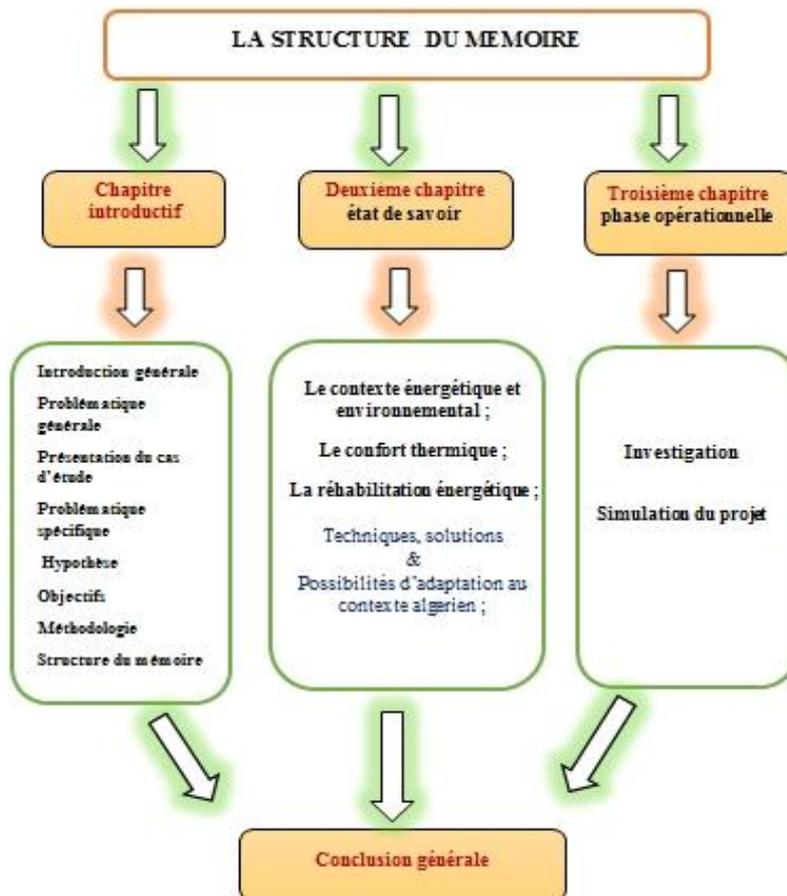


Fig. I. 1 : structure du mémoire

Chapitre N°2
ETAT DE SAVOIR

LE CONTEXTE ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

*« Nous entrons dans une ère sans
précédent.*

*L'industrie humaine modifiera le climat
et la
vie sur la planète. »*

Antonio Stoppani 1880

Le contexte énergétique et environnemental :

Avec l'augmentation vertigineuse des coûts des ressources énergétiques primaires, l'efficacité énergétique est devenue un facteur clé du développement économique et environnemental de tout pays, de toute communauté. Elle constitue un problème crucial dans un marché où la productivité et la compétitivité représentent d'importants indicateurs de performance. Par conséquent, l'augmentation de l'efficacité énergétique et l'atténuation des impacts climatiques représentent les principaux défis à relever au cours des années à venir.

La maîtrise des consommations d'énergie arrive au premier rang des politiques qu'il faut rapidement mettre en œuvre parce que c'est elle qui possède le plus grand potentiel, qu'elle est applicable dans tous les secteurs et dans tous les pays, qu'elle est le meilleur instrument de la lutte contre le changement climatique, enfin qu'elle permet de ralentir l'épuisement des ressources fossiles et d'assurer qu'une part croissante de la consommation d'énergie soit assurée par les énergies renouvelables.

Elle constitue en outre un facteur de développement économique par la diminution des dépenses énergétiques et aussi par la création de nouvelles activités et d'emploi. C'est un impératif de premier ordre des politiques énergétiques et économiques.

A l'échelle internationale, on sait déjà que des efforts considérables ont été déployés ces deux dernières décennies pour sensibiliser les gens aux problèmes d'économies de l'énergie et de l'environnement. La hausse des prix des énergies fossiles tend à renforcer cette prise de conscience. L'Algérie, comme tous les autres pays d'ailleurs, est en faveur d'une politique énergétique à l'échelle de tout son territoire.

Nous expliquons dans cette partie la relation qui existe entre l'utilisation excessive des énergies fossiles et le changement climatique, les différentes énergies utilisées en Algérie et le recours aux énergies renouvelables éventuellement.

II.A.1 Epuisement des ressources d'énergie :

L'épuisement des ressources fossiles se fait de plus en plus ressentir dans tous les pays : la crise énergétique est mondiale (Fig. II.1). D'ailleurs, certains estiment que le problème de l'énergie est le plus gros problème auquel devra faire face l'humanité au cours des 50 prochaines années.⁵

D'après Jean Christian L'Homme⁶, La fin des combustibles fossiles est annoncée depuis leur découverte : « nombre d'entre nous vivrons de profondes mutations, notamment dans l'industrie automobile et l'habitat ».

⁵ Smalley R. E., RiceUniversity, allocution prononcée au 27e Illinois Junior Science and Humanities Symposium, le 3 avril 2005. [En ligne] <http://cohesion.rice.edu>

⁶ L'Homme J.C. « La maison économe. » Delachaux et Nestlé SA, Paris 2005. page12

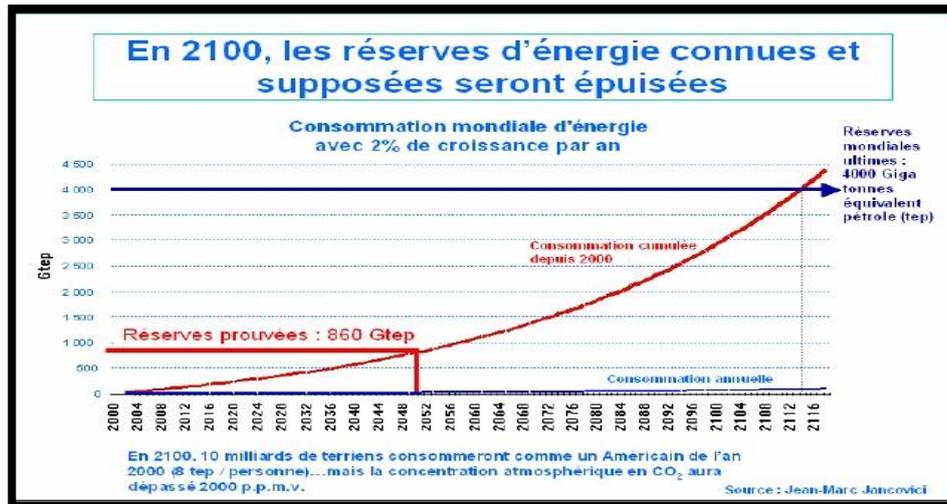


Fig. II. 1 : Ressources énergétiques fossiles et consommation d'énergie
 Source : www.territoire-energie.fr

La prise de conscience en ce qui concerne le caractère non durable des ressources d'énergie a conduit à des accords internationaux suite aux conférences mondiales de Stockholm, de Rio de Janeiro et de Johannesburg. Néanmoins, le protocole de Kyoto est le plus important instrument visant à lutter contre les changements climatiques. Il contient l'engagement pris par la plupart des pays industrialisés de réduire leurs émissions de certains gaz à effet de serre, responsables du réchauffement planétaire, de 5% en moyenne⁷.

Signé en 1997, il fixe aux pays industrialisés des objectifs, juridiquement contraignants, de réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2008-2012, par rapport au niveau d'émissions de 1990. Il est entré en vigueur le 16 février 2005.

En ce début de XXI ème siècle nous sommes donc confrontés à une double problématique : celle du réchauffement climatique qui menace notre survie sur Terre et celle de la pénurie en énergie fossile, avec pour corollaire une grave crise économique si la facture énergétique n'est pas contrôlée.⁸ D'autre part, le secteur du bâtiment est responsable pour 36% de la consommation finale de l'énergie dans le monde⁹, ce qui nous amène à souligner toute l'importance de l'intérêt porté à ce secteur.

II.A.1.1 Les différentes énergies :

Les énergies sont multiples et diversifiées, des énergies fossiles aux énergies renouvelables, un véritable défi énergétique et environnemental à mener par tous les pays développés et ceux en voie de développement.

⁷[En ligne] http://europa.eu/legislation_summaries/environment.

⁸Sidler O. Sté ENERTECH « Les bâtiments à faible consommation d'énergie – Eléments de contexte » Journée technique sur l'étanchéité à l'air des bâtiments Dijon 21 Novembre 2007. [En ligne] www.territoire-energie.fr

⁹Wenzel K. « Efficacité Energétique dans le Bâtiment-Expériences dans la Région MEDA » Table Ronde «Energie et expériences sectorielles » ENERGAIA, Montpellier 2008. [En ligne] www.med-enec.com

II.A.1.1.1/les énergies fossiles :

Certaines matières premières tendent à devenir rares, à une échéance plus ou moins proche, entre autres les énergies fossiles qui ont longtemps dominé l’approvisionnement énergétique dans le monde. En effet, les réserves ont cessé d’augmenter depuis 1990 au moins, alors que la consommation, elle, continue de croître inexorablement.

Le pétrole, le charbon et le gaz naturel, trois énergies polluantes et non renouvelables, fournissent plus de 80 % de la consommation quotidienne mondiale d’énergie.¹⁰ Aujourd’hui la communauté scientifique reconnaît la responsabilité de cette consommation sur le réchauffement climatique qui risque d’avoir des effets dramatiques sur les équilibres physiques, économiques, sociaux et politiques de notre planète.

Les ressources énergétiques fossiles sont donc limitées et ne pourront répondre aux besoins croissants de la population mondiale. Mais elles sont en quantité suffisante pour que leur combustion déclenche un bouleversement climatique dangereux pour la planète¹¹.

II.A.1.1.2 /Les énergies renouvelables :

Sont classées dans la catégorie des énergies renouvelables (EnR), toutes les énergies que la nature constitue ou reconstitue plus rapidement que l’Homme ne les utilise. Elles peuvent ainsi être considérées comme inépuisables à l’échelle du temps humain¹².

Elles sont également parfois appelées énergies “**vertes**” ou “**propres**” car elles émettent moins de CO₂ que les énergies issues de sources fossiles. Aujourd’hui les différents gouvernements cherchent à accroître la part d’énergie d’origine renouvelable sur le marché de l’énergie afin de lutter pour la sauvegarde de l’environnement.

II.A.1.1.2.1 Les sources des énergies renouvelables :

Le recours aux énergies renouvelables, sources naturelles inépuisables, dans l’établissement hospitalier fait appel à une large gamme de produits et de procédés. Les principales sources d’énergies renouvelables se trouvent dans le soleil (solaire thermique, solaire photovoltaïque), dans le sol (géothermie), dans l’air (éolien), dans l’eau (hydroélectricité) et dans les forêts (bois énergie).

Elles sont donc classées en deux familles principales :

-Les énergies « renouvelées » dont le soleil, le vent et l’eau qui sont constamment renouvelées, puissants mais diffus et intermittents. Il ya aussi la chaleur de la terre communément appelée la géothermie qui est une source inépuisable et opérationnelle.

-Les énergies « compensées » dont le bois, le biogaz, le bagasse...

¹⁰ **Chevalier J.M.** « Les nouveaux défis de l’énergie – Climat - Economie - Géopolitique » ed.EconomicaAuteur 2009. [En ligne] <http://www.notre-planete.info>

¹¹ [En ligne] <http://www.moinsdeco2.com>

¹² <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-renouvelable-6634>

II.A.1.1.2.2 Avantage des énergies renouvelables :

Ils sont multiples et se résument en leur disponibilité et leur dispersion dans l'espace :

- 1 / Source propre, qui ne polluent pratiquement pas (peu d'émission de gaz à effet de serre) ;
- 2/ Ressources qui se renouvellent assez rapidement, elles sont inépuisables ;
- 3/ Sources qui possèdent un fort potentiel. Par exemple, l'énergie solaire reçue par la terre représente 8000 fois la consommation de l'humanité ;

II.A.1.2 Panorama de l'énergie en Algérie :

A l'horizon 2025, la demande d'énergie primaire pourrait se trouver multipliée par 1,5 en Méditerranée, les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée (PSEM) connaissant des taux de croissance de leur demande énergétique quatre fois plus élevés que les pays du Nord (PNM). Ils représenteraient alors 42% de la demande d'énergie totale du bassin méditerranéen, contre 29% en 2006¹³. L'Algérie qui en fait partie, présente également une hausse perpétuelle et continue de la demande en énergie.

Notre pays dépend essentiellement des énergies non renouvelables dites fossiles dont les ressources se trouvent sur le territoire national actuellement mais qui sont appelées à disparaître un jour, les énergies renouvelables, malgré un contexte géographique et climatique propices à leur développement, se trouvent négligées et non encore exploitées. Les besoins en matière d'énergie de l'Algérie augmentent rapidement, il reste que ses vastes ressources naturelles promettent de fournir un approvisionnement en énergie suffisant pour de nombreuses années à venir mais il est temps de penser à réguler et à consommer proprement.

II.A.1.3 Les sources d'énergie utilisées :

L'Algérie ne compte pas rester insensible aux prévisions des stratégestes selon lesquels il faut développer de nouvelles sources d'énergie, celles fossiles n'étant pas inépuisables, avec une date butoir de 2040 où la production d'hydrocarbures devrait diminuer. Néanmoins l'Algérie continuera toujours à exploiter son potentiel d'énergies fossiles, particulièrement le gaz qui a l'avantage d'être non polluant et moins coûteux, à la production et à la consommation.

Les sources d'énergie renouvelables de l'Algérie proviendraient à 60% de l'énergie solaire puisque l'Algérie est le premier gisement du bassin méditerranéen, 169.440 TWh/an, 5.000 fois la consommation Algérienne en électricité, 60 fois la consommation de l'Europe, estimée à 3.000 TWh/an,¹⁴ le reste serait tiré de l'éolien et du nucléaire.

Pour les années à venir, l'Algérie doit songer sérieusement à exploiter ses ressources naturelles et inépuisables. Pour le moment, elle se contente d'assurer l'approvisionnement en ressources fossiles. Et les différentes consommations en témoignent.

¹³ « Situation énergétique en région euro-méditerranéenne » [En ligne] <http://www.developpement-durable.gouv.fr>

¹⁴ « Guide des énergies renouvelables édition 2007 ». [En ligne] <http://www.cder.dz>

II.A.1.4 Les énergies renouvelables en Algérie :

Actuellement l'Algérie s'inscrit dans la perspective de développer les énergies renouvelables, avec des matériaux et systèmes propres, dans le cadre d'un développement durable. L'objectif étant d'instaurer une stratégie progressive de substituer les énergies issues des hydrocarbures par les énergies renouvelables.

Les trois sources d'énergie renouvelables visées par le programme institutionnel et réglementaire retenues sont¹⁵ :

Le solaire thermique : une technique éprouvée et performante tant du point de vue économique qu'environnemental et largement diffusée à travers le monde. Non polluante et inépuisable à l'échelle humaine, l'énergie solaire permet de respecter l'environnement et de préserver la santé. Elle permet de préserver les ressources énergétiques, sans produire de déchets ni d'émissions polluantes, notamment du gaz carbonique. la société NEAL prévoit la construction de 04 centrales hybrides solaire/gaz à l'horizon 2015 totalisant une capacité installée de l'ordre de 1350 MW.

Le photovoltaïque : dans le cadre de l'électrification rurale, il est prévu l'électrification de 500 foyers par an à raison d'une moyenne de 0,75 kW par foyer, la puissance à installer serait en moyenne de 500 kW par an à partir de 2007.

L'éolien : le programme retenu prévoit à l'horizon 2015 la construction de 04 fermes éoliennes totalisant une capacité installée de 40MW.

Politique énergétique et les instruments déployés par l'état Algérien :

En Algérie, les ressources en hydrocarbures représentent 97 % des recettes d'exportation, 41 % du PIB et 77 % du budget de l'État¹⁶ : stabiliser voire diminuer la consommation d'énergie nationale en instaurant une politique d'efficacité énergétique dans l'habitat s'avère nécessaire pour assurer la pérennisation du développement de l'Algérie

Aussi, la mise en œuvre d'une politique d'efficacité énergétique dans l'habitat pourrait combler le déséquilibre entre offre et demande d'électricité, vu que la distribution de l'électricité connaît, en Algérie, depuis quelques années de fortes perturbations, dû à l'augmentation croissante de la demande intérieure

Une politique d'efficacité énergétique dans le secteur de l'habitat permettrait de protéger l'environnement non seulement au niveau international en participant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais aussi au niveau local, puisque la réduction de l'utilisation de produits fossiles sur le territoire national protégerait la population au niveau sanitaire.

L'Algérie, le pays exportateur de pétrole et de gaz naturel, a subi dans les années 80 de plein fouet le contrechoc pétrolier : les prix du pétrole baissent et provoquent une diminution des rentrées de devises pour le financement de l'activité économique.

¹⁵ « Bulletin des énergies renouvelables semestriel n°11 » Juin 2007. Page 4. [En ligne] www.cder.dz

¹⁶L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel: une analyse des politiques des pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée. Carole-Anne Sénit (Sciences Po, Iddri) 2007.

Dans ce contexte, le pays prend conscience de la nécessité de définir une politique d'efficacité énergétique, il adopte des mesures constituant les prémisses de la politique énergétique algérienne qui repose aujourd'hui sur 4 instruments : une agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE) ; un cadre réglementaire assuré par la loi de 1999 ; un fonds national pour la maîtrise de l'énergie ; et des mesures d'incitations et d'accompagnement.

a) L'APRUE, créée par décret présidentiel en 1985 et placée sous la tutelle du Ministère de l'Énergie et des Mines, est un établissement chargé des missions d'information, de communication et de formation en direction de tous les acteurs publics et privés de l'énergie, et particulièrement de l'instauration de partenariats avec ces différents acteurs afin d'impulser des programmes d'actions transversaux.

- En secteur public, cette agence veille à la prise en compte de la maîtrise de l'énergie dans les programmes d'investissement dans les secteurs de consommation tels que le bâtiment, l'industrie et les transports.
- En secteur privé, elle est en voie d'installation des programmes et projets qui s'inscrivent dans la logique du « triple dividende » (économique, énergétique, environnemental) susceptibles d'intéresser les investisseurs privés et publics et la coopération internationale. Elle a élaboré le Programme national pour la maîtrise de l'énergie (PNME, 2007-2011), qui constitue le cadre d'exercice de la politique algérienne d'efficacité énergétique, ce programme se décline sous forme d'un plan d'action qui s'intéresse à l'ensemble des secteurs de consommation, notamment celui du bâtiment.

Et pour assurer l'animation et la coordination de la politique de maîtrise de l'énergie, l'Algérie a mis en place en 2005 le Comité intersectoriel de la maîtrise de l'énergie (CIME), un organe consultatif placé auprès du ministre chargé de l'énergie. Ce Comité a notamment pour mission d'organiser la concertation et le développement des partenariats public/privé. Composé de représentants des ministères, des entreprises, des chercheurs, de la société civile et du directeur de l'APRUE, le comité émet des avis sur des questions liées à l'évolution de la politique de maîtrise de l'énergie et des moyens qui lui sont consacrés, et sur les travaux d'élaboration, de mise en œuvre et de suivi du programme national pour la maîtrise de l'énergie. Le projet PNME pour la période 2007-2011 a été approuvé, dont les principaux éléments sont :

- Une analyse rétrospective de l'évolution de la consommation énergétique nationale entre 1999 et 2003.
- Une étude prospective sur l'évolution des consommations d'énergies et identification des gisements d'économies pour l'horizon 2020.
- Un programme d'actions multisectorielles issues de la concertation au sein du CIME et définissant les priorités de la maîtrise de l'énergie et modes d'intervention du FNME et d'autres sources de financement pour la période 2007-2011.

La figure I.3 montre les interactions entre les composants du programme PNME.

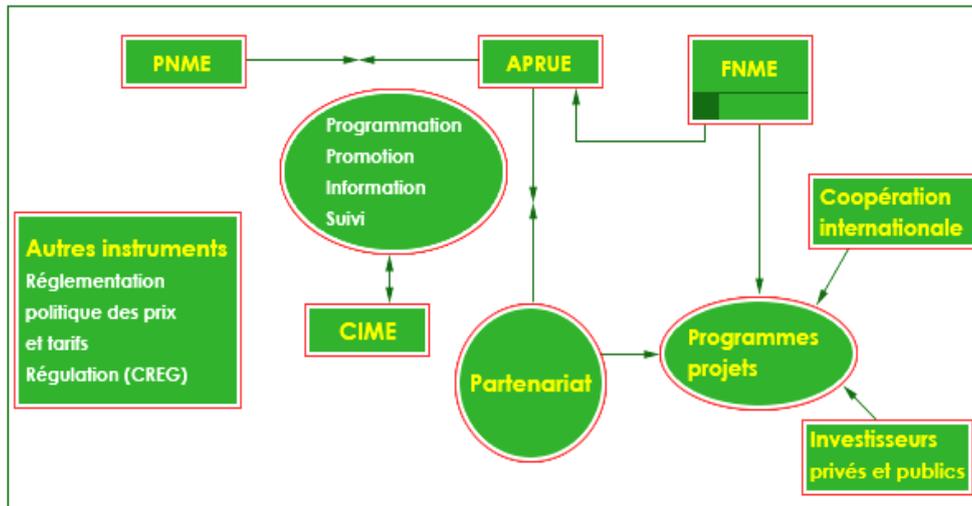


Fig.II.2 : Schéma du dispositif de mise en oeuvre du PNME 2007/2011 (APRUE-2011)

Dans le secteur de bâtiment, outre la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique sur tout le territoire national, dès le premier semestre 2011, l'expérience va être rééditée durant le prochain quinquennal avec 3000 autres logements de type public locatif (LPL). Dans le prochain plan quinquennal, il a été également prévu la réhabilitation thermique de 4000 logements. Ces divers projets s'inscrivent dans le cadre du programme Eco-bât qui vise l'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation. Ces différents projets sont confiés à l'OPGI avec le concours de l'APRUE, ainsi que le Fonds National de Maîtrise d'Énergie (FNME).

b) Sur le plan législatif, l'état Algérien a développé plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Suite à une réflexion sur la consommation active et passive des logements neufs initiée en 1995. Le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme met en place des Documents techniques réglementaires (DTR) en 1997. Ceux-ci déterminent notamment les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques concernant les bâtiments neufs à usage d'habitation et tertiaire, les méthodes de calcul des déperditions et des apports calorifiques, les valeurs limites pour le climat intérieur des locaux et les zonages climatiques. Ces DTR ont été par la suite approuvés par le ministère de l'Énergie et des Mines et ont fait l'objet, en 2000, d'un décret portant sur la réglementation thermique dans les bâtiments neufs en application à la loi relative à la maîtrise de l'énergie adoptée le 28 juillet 1999. L'application de la réglementation thermique a pris effet dès 2005 et devait permettre de réduire de 30 % la consommation d'énergie des bâtiments neufs, hors poste climatisation. Dans cette optique, un décret exécutif a été adopté en 11 janvier 2005 fixant les règles spécifiques d'efficacité énergétique applicables aux appareils fonctionnant à l'électricité, aux gaz et aux produits pétroliers.

c) FNME , Fonds national pour la maîtrise de l'énergie a pour objet de contribuer à l'impulsion et au développement, à terme, d'un marché de l'efficacité énergétique à travers, notamment :

le financement des actions et projets qui interviennent dans le cadre du programme national de maîtrise de l'énergie.

- l'octroi de crédits en concours définitif.

- l'octroi de prêts non rémunérés ou à taux réduits et l'octroi de garanties pour les emprunts effectués auprès des banques et des établissements financiers, pour les investissements porteurs d'efficacité énergétique et non inscrits dans le programme national de maîtrise de l'énergie.

d) Mesures d'incitations sont notamment prévues par la loi relative à la maîtrise de l'énergie (des avantages financiers, fiscaux et de droits de douane) pour les actions et projets qui concourent à l'amélioration de l'efficacité énergétique et à la promotion des énergies renouvelables, et pour encourager et soutenir les industriels dans la réalisation de ce programme, il est prévu, entre autres, la réduction des droits de douane et de la TVA à l'importation pour les composants, matières premières et produits semi-finis utilisés dans la fabrication des équipements en Algérie dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Synthèse :

La sensibilisation aux changements climatiques à l'échelle internationale est générale, l'implication des citoyens et des pouvoirs pour la préservation de l'environnement est bien définie. Dans les débats économiques et politiques à travers le monde entier, le thème de l'énergie occupe la première place. Certes l'énergie rend des services à l'humanité sous différentes formes mais la consommation excessive de cette dernière en fait la première responsable des problèmes environnementaux et la première cible des politiques énergétiques.

Certes notre pays bénéficie d'un panorama d'énergies fossiles très riche, lui permettant de jouir encore les quelques années à venir de ses richesses ; néanmoins, il aura besoin également de mettre en place un programme pour la maîtrise de sa consommation d'énergie et l'émission de ses gaz à effet de serre à tous les niveaux ; pour d'une part contribuer à la préservation de l'environnement et d'autre part à assurer l'approvisionnement des différents secteurs en énergie.

LE CONFORT THERMIQUE

« Il est utile de répéter que le rôle premier d'un bâtiment est d'assurer à ses occupants un climat intérieur agréable et peu dépendant des conditions climatiques extérieures »

(Roulet, 2004)

Le confort thermique :

Avec les préoccupations grandissantes du développement durable, le secteur du bâtiment doit répondre à deux exigences primordiales : maîtriser les impacts de la consommation des énergies fossiles sur l'environnement extérieur, et assurer des ambiances intérieures saines et confortables. Ainsi, une vision globale du confort thermique qui tient compte de sa pluridisciplinarité est indispensable¹⁷.

En effet, la compréhension et l'évaluation du confort dans l'environnement de l'homme sont nécessaires, car ce dernier représente un élément majeur dans le développement et la conception des bâtiments. La zone de confort reste très personnelle puisqu'elle dépend des individus, de leur accoutumance et de leur état physiologique. Cependant l'influence des facteurs âge, sexe et appartenance à un groupe ethnique sur la sensation de confort reste faible¹⁸

En fait, l'ambiance thermique dans les bâtiments est un facteur important pour le confort des occupants car les températures extrêmes, qu'elles soient chaudes ou froides, peuvent provoquer des effets gênants et parfois mortels chez l'homme. Donc il y a lieu de définir tous les éléments et paramètres qui influent sur le confort thermique des occupants du bâtiment, ce qui fera l'objet de cette partie.

Actuellement, le confort thermique est considéré comme une exigence qui présente un souci majeur dans les bâtiments du fait de son impact sur la qualité des ambiances intérieures, la santé, le bien-être et la rentabilité de l'occupant passant les trois quarts de son temps à l'intérieur.

B.1 Généralités sur la notion du confort thermique :

B.1.1 Confort thermique :

Le confort thermique est un état de bien-être général et stable. Il est mesuré à contrario par le taux d'insatisfaction des occupants. Il est subjectif et se diffère d'une personne à une autre selon le métabolisme, le sexe, l'âge, l'habillement, l'activité produite ..., ainsi que la zone climatique.

D'après Vitruve, toute construction doit être confortable et saine. C'est en fait sa raison d'être. Elle doit protéger les occupants de l'environnement extérieur, de même assurer un équilibre et une qualité agréable à l'intérieur qui dépend peu des conditions extérieures.

¹⁷ CANTIN.R, Moujalled.B, Guarracino.G : « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » 6ème congrès Européen de Science des Systèmes Paris 19-22 septembre 2005, p2. Laboratoire des Sciences de l'Habitat, CNRS. France richard.cantin@entpe.fr bassam.moujalled@entpe.fr

¹⁸ PENICAUD, 1978 In LEHTIHET MOHAMED CHERIF : « Modification des microclimats urbains par la couverture végétale avec référence à la ville de Jijel » Mémoire de Magister, université de Jijel, 2007.

Le bâtiment bien conçu fournit un confort nettement supérieur. Il ne surchauffe pas en été et profite des gains solaires pendant l'hiver. Tandis que le bâtiment inadapté à son climat comme le montre la courbe en pointillé rouge dans la figure II.3, a tendance à surchauffer en saison chaude et à être glacial en saison froide.

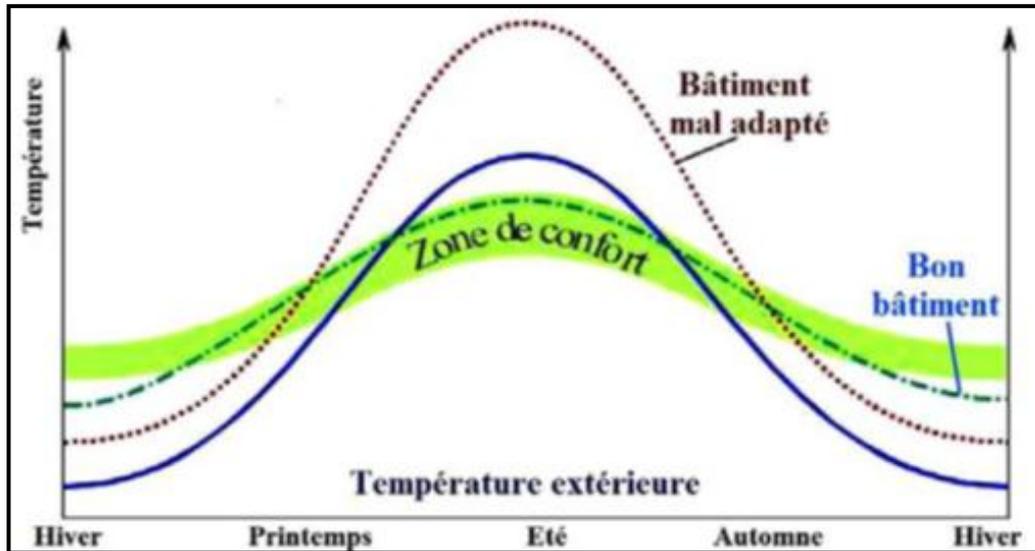


Fig. 11.3: Evolution des températures dans des bâtiments au cours de l'année
(Source: archi.climatic.free.fr)

B.2 Facteurs qui influencent le confort thermique :

D'un côté physique, le confort thermique se traduit par un équilibre entre les gains et les pertes de chaleur du corps humain en rapport avec son milieu environnant, cet équilibre dépend de six (06) facteurs.

B.2.1 Facteurs liés à l'individu :

B.2.1.1 Le métabolisme et l'activité :

Il s'agit de l'ensemble des réactions chimiques qui se produisent dans le corps, et libèrent une chaleur interne permettant de maintenir le corps humain à une température autour de 36.7°C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.

B.2.1.2 L'habillement :

Est la quantité d'isolant ajouté au corps humain. Plus on porte de vêtements et plus cela permet de réduire la perte de chaleur via la peau et permet ainsi de diminuer la température de l'environnement perçu, jusqu'à ce que cela soit confortable.

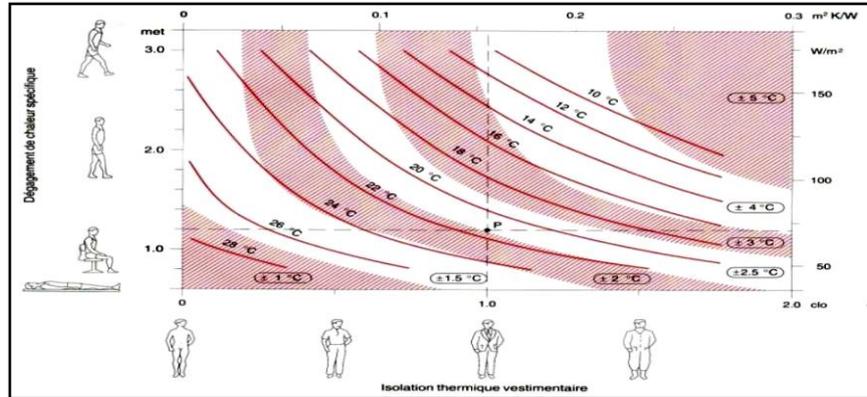


Fig.II.4 : Relation entre l'isolation thermique et le dégagement de la chaleur spécifique du corps humain (Source : www.batitherm.ch)

B.2.2 Facteurs liés à l'environnement:

L'environnement thermique est caractérisé par quatre grandeurs physiques (la température de l'air, la température du rayonnement, l'humidité relative et la vitesse de l'air).

B.2.2.1 Température de l'air :

Elle correspond au paramètre dominant et plus influant sur le confort thermique, elle contrôle directement les échanges par convection qui représentent l'un des termes principaux du bilan thermique.

Les études montrent qu'une réduction de 1°C de la température de l'air en période chaude permet d'économiser jusqu'à 10% d'énergie.

B.2.2.2 Température des parois :

Les parois d'un local, du fait qu'elles représentent des différences de températures, échangent de la chaleur entre elles par rayonnement, cette grandeur est utilisée dans le calcul des échanges radiatifs de grande longueur d'onde entre l'individu et son environnement.

Le couplage de la température du rayonnement ou température des parois avec la température de l'air détermine la température opérative ou résultante.

B.2.2.3 Humidité relative de l'air :

Est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette température »

Les plages du confort hygrothermique peuvent être définies dans le diagramme suivant :

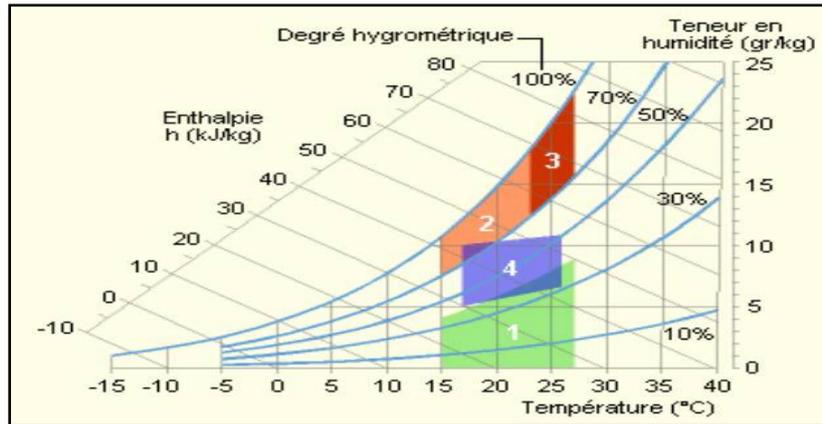


Fig II.5: Relation entre la température et l'humidité relative
(Source : www.batitherm.ch)

Ce diagramme représente quatre (04) zones comme suit :

- Zone 01** : à éviter vis-à-vis les problèmes de sécheresse ;
- Zones 02 et 03** à éviter vis-à-vis le développement des bactéries et des microchampignons;
- Zone 03** : à éviter vis-à-vis le développement des acariens ;
- Zone 04** : polygone de confort hygrothermique

B.2.2.4 Vitesse de l'air :

La vitesse de l'air est un paramètre à prendre en considération car elle influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau. Elle ne participe pas à la diminution de la température mais, elle offre plutôt une sensation de fraîcheur relative à ces pertes convectives.

B.3 Evaluation du confort thermique :

Le confort n'est pas simplement une réponse à des conditions de températures et d'humidité, mais, une partie d'une interaction entre l'occupant et son espace, son évaluation est un paramètre décisif dans toute conception architecturale et urbaine.

B.3.1 Outils d'évaluation du confort thermique :

B.3.1.1 Indices thermiques :

Elle est basée sur la différence à une altitude donnée entre la température matinale de l'environnement et celle d'une particule d'air se trouvant le long de l'adiabatique sèche après réchauffement diurne. Le concept ne tient pas compte de la courbe de température à d'autres niveaux dans la masse d'air et prend pour acquis que la masse d'air est en instabilité latente par réchauffement diurne

De nombreux travaux de recherche, réalisés à l'intérieur des bâtiments dans des conditions parfaitement contrôlées, ont permis d'établir un certain nombre d'indices thermiques. Parmi ces indices on peut citer :

• Indice de la température effective (T.E) :

Au sein de laboratoire de recherche de l'ASHACE¹⁹, entre 1923-1925, l'indice de « température effective » a été développé, il représente la combinaison des facteurs climatiques suivants : la température de l'air, l'humidité et la vitesse de l'air.

Les limites couvertes par la température effective de ces facteurs sont :

- Température d'air : 1 à 43 °C ;
- Température à bulbe humide : 1 à 43 °C ;
- Vitesse d'air : 0.1 à 0.35 m/s.

• Indice de la température résultante (T.R) :

L'indice de la température résultante (ou opérative) a été proposé par Missenard. A (1959) en France. Cet indice intègre la température d'air qui assure l'équilibre thermique maintenu entre le corps et l'ambiance, la température humide, la vitesse de l'air, l'influence du métabolisme, et les vêtements. Comme pour l'indice de la température effective, les relations de l'indice de la température résultante avec les réactions physiologiques sont non linéaires, leurs bases et formes sont semblables, mais le dernier est beaucoup plus en accord avec les réactions physiologiques observées.

• Indice de contrainte thermique (I.C.T) :

Selon Givoni. , cet indice est un modèle biophysique décrivant les mécanismes d'échange de chaleur entre le corps et l'environnement, à partir duquel la contrainte thermique totale s'exerçant sur le corps (métabolisme + ambiance) peut être calculée. Au-dessus de la zone de confort, le taux de sudation requis pour maintenir l'équilibre thermique peut également être trouvé, tant que le corps peut rester en équilibre, au-dessous de la zone de confort, l'indice prend une valeur négative indiquant une contrainte frigorifique.

Le vote moyen prévisible (PMV) et pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) :

La norme ISO 7730 propose les indices **PMV** (vote moyen prévisible –Predicted Mean Vote) et **PPD** (pourcentage prévisible d'insatisfaits –Predicted Percentage Dissatisfied) comme un moyen d'évaluation des environnements thermiques pour diverses combinaisons de l'habillement et de l'activité avec les quatre variables : température de l'air, température radiante, humidité relative et vitesse de l'air.

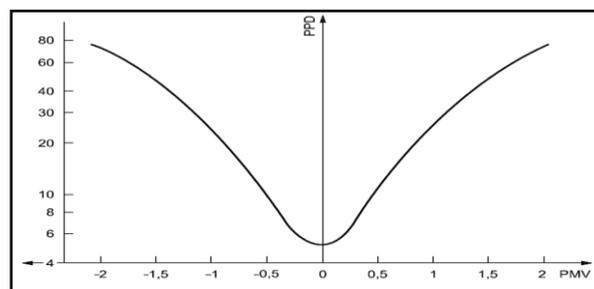


Fig. II.6 : PPD en fonction du PMV d'après la norme ISO 7730
(Source : ISO 7730, 2005)

¹⁹American society of heating and air conditioning engineers.

Le taux d'insatisfaction augmente de la même manière si le PMV s'écarte de la valeur 0 vers le froid comme vers le chaud. Donc, pour obtenir une situation du confort thermique, il est recommandé que le PPD soit inférieur à 10% ce qui correspond à un PMV compris entre - 0.5 et + 0.5.

B.3.2 Echelles d'évaluation du confort thermique :

Afin d'évaluer la sensation du confort thermique , plusieurs échelles ont été développées. Parmi les plus couramment utilisées celle de l'ASHRAE et celle de Bedford. La variation de la sensation thermique selon ces échelles allant sur sept (07) points de plus chaud au plus froid.

Tab. II.1 : Echelles de sensation thermique
(Source : Moujalled, 2007 réadapté par Auteur)

L'échelle de Bedford	L'échelle de l'ASHRAE
7 Très chaud	7 (+3) Très chaud
6 Chaud	6 (+2) Chaud
5 Confortablement chaud	5 (+1) Légèrement chaud
4 Confortable	4 (0) Neutre
3 Confortablement froid	3 (-1) Légèrement froid
2 Froid	2 (-2) Froid
1 Très froid	1 (-3) Très froid

L'échelle de **L'ASHRAE** est souvent utilisée en affectant à la sensation neutre la valeur zéro (sensation chaude = +3, sensation froide = -3 et ainsi de suite). Elle est préférée à celle de Bedford qui confond la sensation et l'agrément.

En plus des échelles d'évaluation de la sensation thermique, et en tenant compte de l'aspect subjectif du confort thermique, apparaissent d'autres échelles qui sont relatives à l'agrément et à la préférence.

La norme internationale ISO 10551 précise les méthodes d'évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs.

Le tableau suivant résume les trois échelles de sensation, d'agrément et de préférence.

Tab .II.2 : Echelles du jugement subjectif sur les conditions thermiques
(Source : Moujalled, 2007)

Echelle de jugement perceptif (sensation)	Echelle de jugement évaluatif	Echelle de préférence thermique
(+3) Très chaud	4 Acceptable	(+3) Beaucoup plus chaud
(+2) Chaud	3 Légèrement inacceptable	(+2) Plus chaud
(+1) Légèrement chaud	2 Inacceptable	(+1) Un peu plus chaud
(0) Neutre	1 Très inacceptable	(0) Ni plus chaud ni plus froid
(-1) Légèrement froid		(-1) Légèrement froid
(-2) Froid		(-2) Plus froid
(-3) Très froid		(-3) Beaucoup plus froid

B.4 L'évaluation post occupationnelle « POE » :

« La clef du succès, le seul moyen d'éviter la répétition des erreurs antérieures, c'est l'évaluation ».

La **POE** analyse, donc, systématiquement un environnement bâti afin d'évaluer le degré auquel cet environnement permet à ses occupants d'atteindre leurs buts prévus, de répondre à leurs besoins, de comprendre comment cet environnement facilite ou empêche leurs activités et par conséquent de conclure le taux de satisfaction et d'insatisfaction. La POE permet ainsi d'identifier les problèmes à réduire et améliorer la performance du bâtiment. Son avantage est, donc, d'apporter les informations nécessaires et valables pour soutenir le but de l'amélioration continue et d'aider à identifier les traits caractéristiques d'une future conception réussie.

B.5 Les approche du confort thermique :

Le domaine de recherche sur le confort thermique dans les bâtiments est partagé entre deux approches, la première étudie le confort thermique d'une façon analytique, elle n'est pas restreinte aux bâtiments. La deuxième approche, basée sur l'incapacité de l'approche analytique à représenter la réalité du confort thermique dans les bâtiments, est l'approche adaptative.

B.5.1 L'approche analytique :

L'approche analytique du confort thermique est basée sur le calcul du bilan thermique du corps humain, ce calcul se fait par des modèles essentiellement physiques et physiologiques. L'objectif est de prédire la sensation thermique des occupants dans le but de déterminer les conditions du confort thermique.

Bien que l'approche analytique permette d'assurer les conditions de confort thermique dans les bâtiments, cela semble insuffisant pour répondre aux exigences du développement durable concernant la consommation énergétique.

B.5.2 L'approche adaptative :

L'approche adaptative a commencé à susciter plus d'intérêt puisque les chercheurs ont montré l'existence d'un écart marqué entre le confort prévu par les résultats de l'approche analytique et celui perçu par les occupants.

Cette approche se différencie de celle analytique par l'intégration de deux aspects : l'adaptation climatique et la capacité d'interaction ; la situation du confort thermique dans un espace se change en rapport avec l'acclimatation et les habitudes des occupants.

B.6 Le rôle de l'isolation thermique dans le confort thermique :

L'isolation thermique permet à la fois de réduire vos consommations d'énergie de chauffage et / ou de climatisation et d'accroître votre confort, mais ce n'est pas tout : l'isolation est également bénéfique pour l'environnement car, en réduisant les consommations, elle permet de préserver les ressources énergétiques et de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

B.6.1 Isolation thermique :

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle a pour but de protéger les bâtiments et leurs occupants contre les effets de variations de température et des conditions atmosphériques ainsi que de l'humidité²⁰.

L'isolation thermique permet à la fois de réduire les consommations d'énergie de chauffage et/ou de climatisation (limite les déperditions en hiver et les apports de chaleur en été), et d'accroître le confort (maintien des températures et l'hygrométrie aux niveaux de confort d'été comme d'hiver et règle le problème de parois froides en hiver ou chaudes en été). L'isolation est également bénéfique pour l'environnement car, en réduisant les consommations, elle permet de préserver les ressources énergétiques et de limiter les émissions de gaz à effet de serre²¹. Ainsi, l'isolation thermique est triplement intéressante, en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies financières.

D'après la norme française NF P 75-101, l'appellation "isolant thermique" dans le bâtiment est réservée aux produits dont la résistance thermique est au moins égale à 0,5 m².K/W, et dont le rapport de l'épaisseur par sa résistance thermique (conductivité thermique) est au plus égal à 0,065 W/m.K.

B.6.2 Classifications des matériaux isolants :

Il existe plusieurs types d'isolants thermiques et plusieurs manières de les classer, on retiendra celle établie par la norme française NF P 75-101, dont le critère de classification repose sur la structure de leur matrice solide et sur la nature chimique de la substance qui la constitue. Nous retiendrons à cet effet les types d'isolants suivants²²:

²⁰A. Bonhomme. Isolation thermique des bâtiments. 4e édition mise à jour et augmentée. Ed. Du Moniteur, Paris 1979. p. 24.

²¹ ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), Améliorer le confort de votre maison, Le confort thermique, guide, Août 2007

²²C. Langlais et S. Klarsfeld. « Isolation thermique à température ambiante. Propriétés » Techniques de l'ingénieur. Document n° C 3 371. France.

B.6 .2 .1.Les isolants fibreux :

Nous distinguons dans cette catégorie, les isolants fibreux **minéraux** manufacturés à partir de matières amorphes fondues tel que le basalte, le verre, la silice vitreuse. Les principaux représentants sont les laines minérales et les isolants en fibres céramiques.

Les isolants fibreux **organiques**, par contre, sont d'origine naturelle, comme la laine de bois, la laine animale ou manufacturés à partir de matières plastiques comme les fibres de polyester.



Fibre de bois en panneau rigide Laine de verre en rouleau Laine de roche panneau rigide

Fig. II-7. Isolants fibreux. (Source: C. Langlais & al.)

B.6 .2 .2.Les isolants cellulaires :

Ce sont les matériaux poreux à matrice solide contenant des cellules fermées, ouvertes ou partiellement ouvertes, contenant de l'air ou un autre gaz ayant servi à l'expansion du matériau initial. Parmi les isolants cellulaires d'origine minérale, on retrouve le béton cellulaire léger et le verre cellulaire. Parmi les isolants cellulaires organiques manufacturés on compte le polystyrène expansé et extrudé, le polyuréthane, le polychlorure de vinyle, la mousse phénolique et les mousses souples d'élastomère.



Fig. II-8. Polystyrène extrudé en panneau. (Source : C. Langlais & al.)

B.6 .2 .3. Les isolants pulvérulents, nodulaires ou granulaires :

Les matériaux d'origine minérale sont la perlite et la vermiculite qui se présentent respectivement sous forme de grains et de paillettes obtenus à partir de l'expansion à chaud de roches volcaniques et de mica, le granulat de verre cellulaire, les flocons de laine de roche ou de verre. Les isolants d'origine organique sont les granulats de liège, les copeaux de mousse rigide de polychlorure de vinyle, les fibres de cellulose (obtenues à partir de papiers, de cartons, de pâte à bois avec ou sans liant et d'autres adjuvants) et les perles expansées à partir de granules de polystyrène.

B.6 .2 .4. Les super isolants :

Ce sont des matériaux manufacturés, c'est-à-dire des matériaux microporeux de type cellulaire, comme des plaques aérogel de silice monolithique, ou pulvérulents, comme les poudres aérogel

ou les poudres ultrafines (nanomatériaux) de silice. On peut les obtenir également à partir d'isolants en poudre ou en fibre, sous vide, confinés dans un espace étanche.

B.6 .3L'isolation écologique :

Les isolants, de par leur effet réducteur de la consommation d'énergie, participent par définition à la préservation de l'environnement et des ressources naturelles. Mais pour être vraiment écologiques, ils doivent, en plus, avoir un impact environnemental le plus faible possible au cours des phases successives de production, de mise en œuvre, d'utilisation et de recyclage²³. Les isolants écologiques présentent un meilleur écobilan que les isolants minéraux ou synthétiques qui dominent le marché : matière première renouvelable et recyclable, peu d'énergie grise ou d'émission de CO2 pour leur production, moindre nocivité.

B.6 .4 Les formes de base des matériaux isolants :

Les matériaux isolants se présentent sous différentes formes. Cette diversité intéressante dans la mesure où chaque forme d'isolant peut d'adapter un usage spécifique. Les principales formes sont²⁴ :

- En matelas ou rouleau : il est assez souple pour remplir les vides et on peut le découper pour l'adapter à des reliefs importants.
- L'isolant en vrac est parfait pour combler les vides peu accessibles ou de forme irrégulière. Il peut venir en complément des autres isolants.
- En panneau, idéal pour les surfaces planes, planchers, dalle flottante, murs, en isolation intérieure ou extérieure.
- La mousse à vaporiser vient en complément des autres isolants pour les travaux peu accessibles.

Synthèse :

L'évaluation du confort thermique dans les bâtiments est cruciale dans toute conception architecturale, et dans la recherche d'un équilibre thermique entre le corps humain et son environnement. Cette évaluation se fait par des méthodes et des outils élaborés qui simplifient la complexité de ces phénomènes interactifs en partant des indices thermiques qui sont le résultat de combinaison de plusieurs paramètres et arrivant aux diagrammes bioclimatiques qui délimitent des zones du confort et proposent des solutions architecturales en éloignant de celle-ci vers la zone de sur-échauffement ou de sous-échauffement.

De ce fait, en se basant sur le principe que le confort thermique couvre deux aspects (quantitatif et qualitatif), l'approche adaptative est jugée comme la plus adaptée en vue d'atteindre les objectifs de notre recherche.

Enfin, vu l'importance du confort thermique pour les individus, les concepteurs doivent accorder plus d'intérêt à son étude, son évaluation et son amélioration par le biais d'une conception qui tire parti de tous les éléments qui le favorise.

²³P. de Haut. (2007). Op.cit. p. 47

²⁴Batirénover. Guide pratique de la rénovation thermique. 2e partie. Avril 2009

LA REHABILITATION ENERGETIQUE
TECHNIQUES, SOLUTIONS & POSSIBILITES
D'ADAPTATION AU CONTEXTE ALGERIEN

« La maîtrise de l'énergie n'est pas un médicament que l'on prend en période de crise, de maladie, mais une hygiène qui permet de rester en bonne santé »

Citation de Pierre Radanne, ancien directeur de l'ADEME.

II.C. La réhabilitation énergétique :

La réhabilitation thermique du service sanitaire existant s'avère être la meilleure solution pour remédier aux défauts thermiques et afin de le rendre plus confortable et plus vivable dans des conditions climatiques variables. Nous avons vu l'intérêt que connaît cette opération au niveau internationale de la part des approches et labels spécialisés dans le domaine de la construction, mais en même temps, nous avons noté les difficultés d'intervention et d'application des principes de construction bioclimatique et écologique sur bâtiment existant en comparaison avec bâtiment neuf.

Dans ce chapitre, nous allons mettre en exergue les techniques et solutions utilisées dans le domaine de la réhabilitation thermique et évaluer la possibilité de leur application dans le contexte locale et leur adaptation aux techniques de construction en Algérie.

II.C.1. Qu'est-ce que la réhabilitation énergétique ?

D'après Jouffroy, **la réhabilitation** est définie comme étant l'action d'améliorer un édifice en conservant sa fonction principale et en prolongeant sa durée de vie. En fait, elle ne concerne pas seulement le patrimoine historique connu, mais aussi le patrimoine immobilier ordinaire méconnu, c'est-à-dire les bâtiments sans qualités auquel il faudra en donner.

Dans cette définition, la réhabilitation thermique du bâtiment correspond donc à l'amélioration thermique de l'édifice notamment son enveloppe, car elle constitue un échangeur thermique entre l'intérieur et l'extérieur. Elle consiste en de légères modifications, comme l'ajout par exemple de l'isolation par l'extérieur, le changement des fenêtres... etc, ou lourdes telles que l'isolation par l'intérieur, le réaménagement du plan du logement, selon la trajectoire du soleil,... etc, ainsi que l'ajout d'une partie neuve comme une serre ou une véranda.

La réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâti concerne :

- Les parois opaques verticales et ce en renforçant l'isolation thermique, soit de l'intérieur ou de l'extérieur, selon les composants de la paroi et le style architectural de l'édifice pour ne pas défigurer la façade.
- Les planchers : Il s'agit d'isoler les planchers bas, donnant sur l'extérieur ou sur les locaux non chauffés, ainsi que le plancher terrasse.
- Les fenêtres : Elles sont les plus vulnérables aux déperditions calorifiques. Leurs améliorations thermiques permettent des économies d'énergie de l'ordre de 10 à 15 % Et cela par le remplacement des vitrages simples en vitrages isolants, et le redimensionnement des surfaces vitrées selon l'orientation et la zone climatique²⁵.

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

²⁵Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°2 (2011) 301 – 311

II.C.2. Les principales solutions techniques de la réhabilitation énergétique :

Les techniques de réhabilitation thermique et énergétique comprennent notamment l'amélioration de l'enveloppe du service d'hospitalisation, le chauffage, le rafraîchissement et la ventilation.

L'enveloppe joue un rôle de filtre thermique qui permet de créer un microclimat à l'intérieur du bâtiment, indépendamment des fluctuations météorologiques extérieures.

La composition de l'enveloppe est un élément déterminant des caractéristiques de ce filtre.²⁶ Elle doit être considérée comme le souci principal dans une opération de réhabilitation thermique d'une unité d'hospitalisation. C'est l'élément à appréhender en premier.

Outre la réduction des besoins énergétiques, une bonne isolation contribuera à un meilleur confort pour les usagers. D'après Orselli²⁷ **« dans les bâtiments existants, le plus gros potentiel d'économies d'énergie réside dans l'enveloppe qui doit être isolée adéquatement de façon la plus étanche possible afin de minimiser les pertes thermiques par transmission et les fuites d'air ainsi que les gains en période de surchauffe. »**

Cependant, la plus part des matériaux structuraux ne sont pas suffisamment isolants pour assurer le chauffage économique d'un bâtiment sanitaire dans un climat froid ou garantir la fraîcheur nécessaire dans un climat chaud. On doit donc intégrer à l'enveloppe des matériaux dont la fonction sera spécifiquement l'isolation thermique.²⁸ Cette dernière, en réduisant les pertes et les gains de chaleur minimisent les besoins en énergie. Elle jouera son rôle dès que la température extérieure se trouve en dehors de la zone de confort c'est à dire dès qu'il sera nécessaire de chauffer ou de climatiser l'intérieur. Par conséquent, l'isolation est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies d'énergie.

L'isolation thermique de l'enveloppe peut se faire de différentes manières, selon la situation et l'efficacité attendue, elle peut être extérieure, intérieure, mixte ou intermédiaire (par remplissage des murs creux).

II.C.2.1.L'isolation des murs extérieurs :

Les murs extérieurs (ou façades) d'un bâtiment constituent son enveloppe extérieure verticale. Elles représentent généralement une alternance de parties pleines et d'ouvertures. Ses fonctions sont structurelle, de protection thermique et acoustique et contre les intempéries, et enfin visuelle (aspects et vues)²⁹.

L'amélioration ou l'ajout d'isolation thermique aux murs extérieurs est souvent prévue dans les opérations de réhabilitation thermique des bâtiments existants.

²⁶ Sambou V. « Transferts thermiques instationnaires : vers une optimisation de parois de bâtiments » Thèse de doctorat, Université de Toulouse 2008.

²⁷ Orselli J. « Op.cit 1 » p36.

²⁸ Watson D. & Camous R. « Op.cit 12 » Page 106.

²⁹ J-M. Hauglustaine & al. La rénovation et l'énergie (2002). Op.cit. p. 37

Cette action est réalisée par l'addition d'une couche de matériau isolant à la face intérieure ou extérieure du mur, ou dans le cas de mur double à lame d'air, par l'injection d'un isolant dans la cavité du mur ³⁰.

■Principes

L'isolation thermique extérieure consiste à appliquer, sur la face externe d'un mur extérieur, un isolant thermique protégé par un revêtement ayant également une fonction esthétique.

Deux facteurs essentiels peuvent déterminer si l'isolation extérieure est préférable à l'isolation intérieure, l'un consiste en l'apparence des murs extérieurs existants ; par exemple si les murs sont construits avec une maçonnerie apparente ornée de modénatures, les masquer par une isolation extérieure paraît une solution inappropriée. D'un autre côté, si les murs sont appelés à être ravalés, à cause de leur mauvais état, là, l'isolation extérieure est la solution idéale, puisqu'en une seule opération, leur performance thermique, apparence et protection contre les intempéries, peuvent être améliorés significativement ³¹.

Selon C. Langlais, le principe de ce système d'isolation présente plusieurs avantages³² :

- Il permet d'assurer la continuité de l'isolation et de diminuer ou d'annuler les pertitions à travers les ponts thermiques dus à la structure de résistance des bâtiments, aux liaisons façade-plancher ;
- Il permet d'augmenter l'inertie thermique du bâtiment d'où une meilleure récupération des apports solaires et une amélioration du confort d'été et d'hiver ;
- Il augmente la durabilité des façades en les protégeant des variations de températures et des effets de l'eau (pluie, gel, condensation, etc).

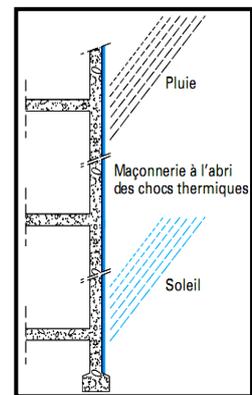


Fig II-9. Principe d'une isolation par l'extérieur
(Source : C. Langlais)

³⁰ C. Gorse and D. Highfield (2009). Op.cit. p. 60

³¹ Ibid. p. 66

³² C. Langlais. Op.cit. p. 2

- L'isolation extérieure permet d'utiliser l'inertie thermique des parois, c'est-à-dire leur capacité à accumuler la chaleur produite par le système de chauffage ou résultant des apports solaires. Les réchauffements et les refroidissements du climat intérieur sont par conséquent moins brutaux. Cependant, cette situation peut se révéler plus défavorable en cas d'occupation espacée de l'habitation (vacances, week-ends) puisque le réchauffement est plus lent ;
- En rénovation, l'isolation par l'extérieur permet de ne pas modifier les conduites et les appareils des installations sanitaires, électriques et de chauffage.

Principaux systèmes Les principaux systèmes d'isolation thermique par l'extérieur sont :

a) Panneaux d'isolation recouverts d'un enduit

Ce système comprend :

- des panneaux isolants (ex : polystyrène, de laine minérale, de verre cellulaire ou de polyuréthane) collés et/ou fixés mécaniquement au support ;
- un enduit de finition armé d'un treillis, synthétique ou métallique. Dans certains cas, ce treillis est partiellement incorporé dans l'isolant.

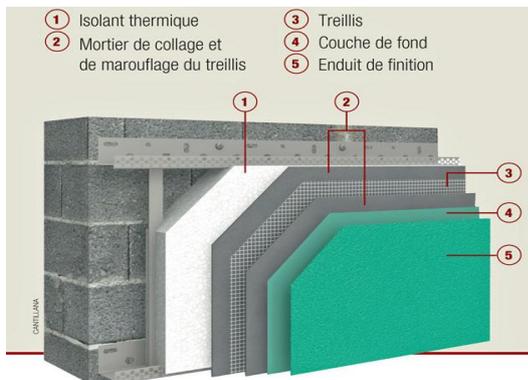


Fig II-10. Système d'isolation recouvert d'un enduit
(Source : www.systemed.fr)

b) Panneaux d'isolation protégés par un bardage rapporté

Ce système comprend :

- une ossature en bois rapportée et fixée au support ancien (parfois en deux couches croisées) ; Les éléments de structure bois doivent être traités contre les attaques par les champignons et les insectes.
- un isolant thermique inséré entre ou sous les éléments de l'ossature ;
- une lame d'air, ventilée afin d'évacuer la condensation se formant au dos du bardage ;
- un bardage constituant la « peau extérieure » (ardoises, lamelles métalliques ou plastiques, revêtements en bois, en zinc, en inox, etc.) fixé à l'ossature.

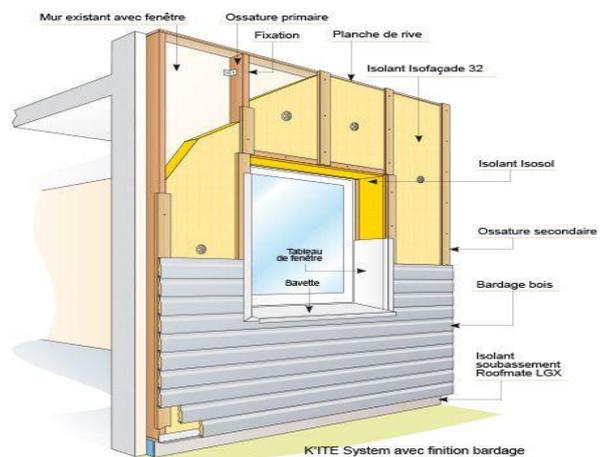


Fig II-11. Panneau d'isolation protégé par un bardage
(Source : www.pinterest.fr)

c) Isolation par panneaux composites (Vêtture)

Une vêtture est constituée d'un isolant et d'un parement de dimensions similaires, posés en une seule fois sur le mur, en général, par fixation mécanique. Le parement manufacturé peut être en aluminium, en acier, en PVC, en mortier de résine armé de fibre de verre, ou chargé en granulats de pierre, de plaquettes de terre cuite ou de pierre³³.



Fig II-12. Pose d'un parement isolant lors de travaux de réhabilitation d'un immeuble à Hofheim en Allemagne
(Source : www.iwu.de)

II.C.2.2. Isolation thermique par l'intérieur

▪ Principes

L'isolation thermique intérieure consiste à appliquer, sur la face interne d'un mur extérieur, un isolant thermique protégé par une finition. L'isolation thermique par l'intérieur présente quelques particularités sur les plans spatiaux et techniques qu'on résumera dans les points suivants :

- Les travaux d'isolation thermique par l'intérieur risquent de perturber la vie des occupants, et les dimensions (surface, hauteur) des locaux isolés sont réduites ;
- Un bâtiment isolé par l'intérieur perd une grande partie de son inertie thermique ; cela a pour conséquence d'atténuer fortement le rôle de régulation thermique des parois. Ainsi, un local est rapidement chauffé mais il se refroidit tout aussi vite. Ces variations rapides de température nuisent au confort thermique mais ce système peut devenir avantageux lorsque le bâtiment est occupé durant de courtes périodes.

L'isolation des murs par l'intérieur exige de prendre certaines précautions lors de la mise en œuvre afin d'éviter les problèmes de condensation interne, notamment :

- fermer toutes les ouvertures qui permettraient à l'air intérieur de circuler derrière la couche isolante ;
- prévoir une finition intérieure étanche à l'air sur toute la surface ;
- poser, le cas échéant, un pare-vapeur avec raccords rendus étanches.

-Il est indispensable de neutraliser les ponts thermiques aux jonctions mur-sol, mur-toiture et mur-mur de refend afin d'éviter la création d'une surface froide et le risque de formation de moisissures qui pourrait en résulter.

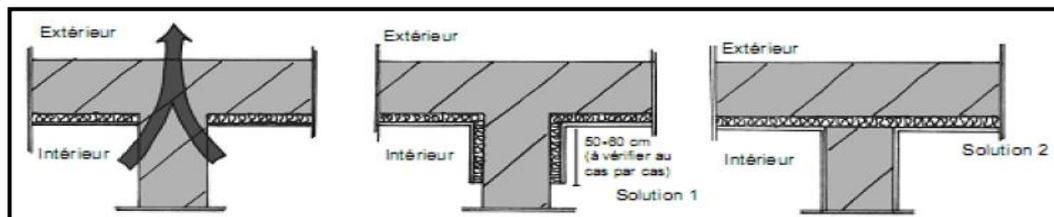


Fig II-13. Isolation intérieure et ponts thermiques : solutions
(Source : fr.slideshare.net)

Dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur, les panneaux isolants sont soit collés ou fixés mécaniquement au support (mur extérieur), ou dans d'autres cas fixés sur une ossature en bois (elle-même fixée au mur). Plusieurs systèmes peuvent être utilisés pour ce type d'isolation.

Principaux systèmes : les principaux systèmes d'isolation thermique par l'intérieur sont :

a) Panneaux d'isolation recouverts par un enduit :

Ce système comprend :

- des panneaux d'isolation collés au mur, éventuellement fixés mécaniquement. Les panneaux doivent être suffisamment étanche à la vapeur d'eau (Polystyrène, verre cellulaire) ;
- un enduit de plafonnage appliqué sur les panneaux, moyennant l'interposition éventuelle d'une armature.

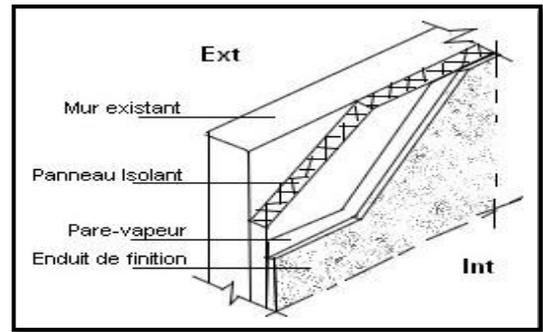


Fig II-14. Panneau d'isolation recouvert par un enduit (Source : www.isover.fr)

b) Isolation protégée par une contre-cloison :

Dans ce cas, n'importe quel isolant en rouleaux ou en plaques peut être utilisé, celui-ci est fixé soit par collage soit mécaniquement au support existant, ensuite, une contre-cloison vient le couvrir pour préparer la finition du mur intérieur. La contre-cloison est généralement en briques creuses ou pleines (ép.5cm), ou en carreaux de plâtre

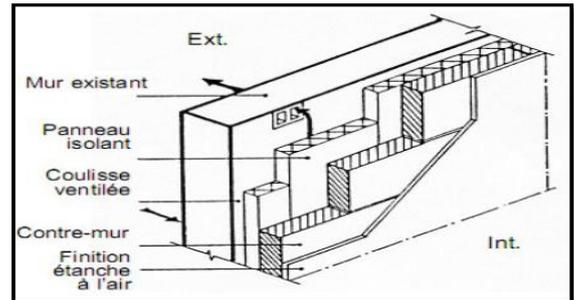


Fig II-15. Isolation protégée par une contre-cloison (Source : www.isover.fr)

c) Isolation par complexe de doublage intérieur :

Un complexe de doublage est composé de l'isolant, de la couche de finition (ex. plâtre) et d'un pare-vapeur incorporé. Les joints entre panneaux sont soigneusement traités. Ce système permet éventuellement de créer une lame d'air derrière le panneau ventilée vers l'extérieur.

³³ ADEME, CSTB. « Isolation thermique. Performances énergétiques des éléments opaques et transparents ». Guide technique. Pr 18

II.C.2.3. Isolation thermique intermédiaire :

Principes

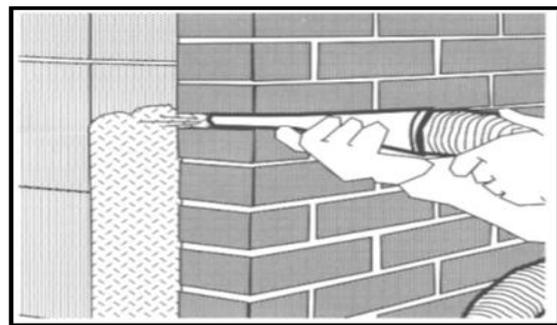
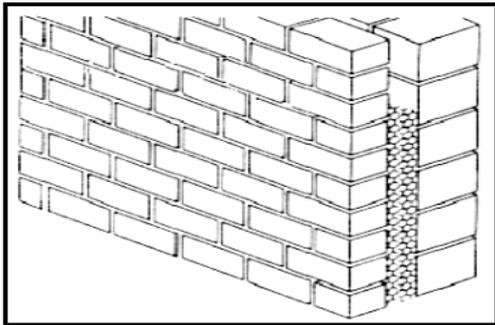
Cette technique s'adresse principalement aux constructions avec un mur creux ne comportant pas d'isolant dans la coulisse ventilée, qui est le cas de la plupart des constructions contemporaines en Algérie. Cette technique comporte quelques particularités tels que :

- Cette technique ne permet pas de corriger les effets des ponts thermiques assez nombreux dans les constructions contemporaines.
- Avant d'entamer les travaux, un examen préalable de la coulisse est indispensable pour vérifier l'état et la qualité du creux. On vérifiera ainsi l'absence de gravats, déchets et autres matériaux dans la coulisse.

-Le matériau isolant utilisé dans ce cas ne doit pas être capillaire ni hydrophile (il ne peut absorber ni retenir l'eau) ; doit être suffisamment perméable à la vapeur d'eau et doit avoir une consistance suffisante pour ne pas s'affaisser.

-Les problèmes d'humidité ascensionnelle doivent être préalablement résolus, la faculté d'assèchement du mur étant amoindrie par le remplissage du creux.

L'isolation par remplissage s'effectue soit par injection, soit par remplissage au moyen de matériaux isolants en vrac.



FigII-16.Remplissage par insufflation

Fig II-17.Remplissage par injection d'isolation des isolants en vrac (fr.wikipedia.org) sous forme de mousse(fr.wikipedia.org)

II.C.2.4. Isolation thermique des toitures :

La part des échanges thermiques (gains et déperditions) par la toiture est le plus important parmi les éléments qui composent l'enveloppe d'une construction (environ 30% selon l'ADEME). Pour cette raison, les spécialistes estiment que l'isolation des toitures est la plus rentable en termes de confort thermique et d'économies d'énergie.

Guy Loison dit à ce sujet³⁴ que la maison et son système de chauffage se comportent comme une vulgaire cheminée ou une montgolfière : la chaleur monte, si rien ne l'arrête, elle s'échappe par le toit. L'isolation de celui-ci est une intervention à réaliser en priorité. Le choix parmi la grande diversité de matériaux isolants dépend de la nature de la toiture, son architecture et du coefficient de résistance thermique recherché.

II.C.2.4.1. Isolation thermique des toitures inclinées :

Les toitures inclinées sont réhabilitées thermiquement en intégrant une couche d'isolation, soit au niveau du plancher, ou sous les chevrons. Cette disposition dépend du fait que l'espace sous toiture est utilisé ou non (chauffé ou non chauffé)

A/ Les combles perdus (greniers) :

Les combles perdus (greniers) sont des parties non habitables situées sous les toitures inclinées. Ils ne sont pas chauffés et doivent être séparés du logement chauffé par une barrière isolante. Si le comble n'est pas habitable, l'isolant peut être directement posé sur le plancher ; entre ou par-dessus les chevrons. C'est, en général, une solution très économique³⁵. Cet isolant pouvant être :

- les laines minérales (de verre ou de roche) en rouleaux ou en panneaux ;
- des billes de polystyrène, la laine minérale en vrac ;
- les isolants en panneaux (polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polyuréthane).

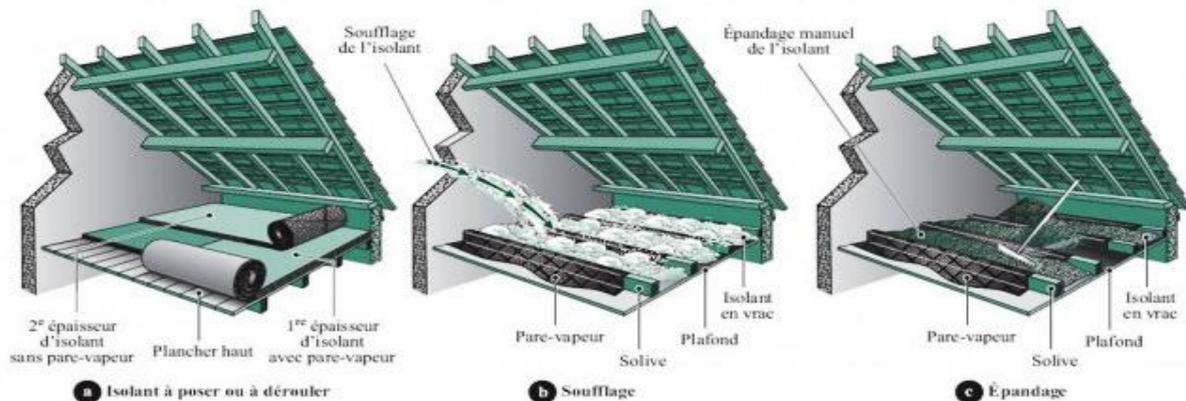


Fig II-18. Différentes formes d'isolation du comble perdu. (Source : www.lemoniteur.fr)

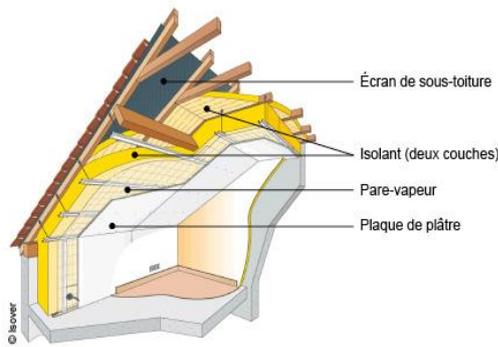
³⁴G. Loison, L'isolation thermique, Ed. Flammarion, Paris 2000, p.41

³⁵ Ministère de l'équipement, Direction de la Construction, Guide pratique pour l'amélioration des logements existants, Ed. Du moniteur, Paris 1977, p.220

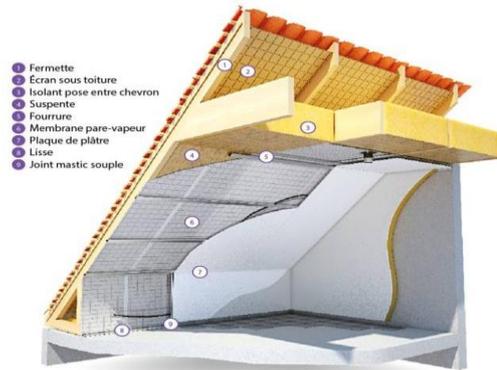
B/ Les combles habitables :

Les combles habitables sont des parties utilisées de la construction situées sous la toiture. Leur utilisation requiert qu'ils aient le confort thermique nécessaire.

Les isolants utilisés dans ce cas sont les isolants rigides et semi-rigides tels que les panneaux de polystyrènes ou polyuréthanes ou les panneaux de fibre de verre ou laine de roche ou encore des isolants composites³⁶.



(Source :www.energissime.fr)



(Source : www.gedibois.fr)

FigII-19.Isolation des combles habitables

II.C.2.4.2.Isolation thermique des toitures terrasses :

Il y a deux positions possibles pour l'isolation des toitures terrasses :

-Isolation sous l'étanchéité

-Isolation dite "inversée" sur l'étanchéité : l'isolant est plus exposé et peut donc se détériorer très rapidement

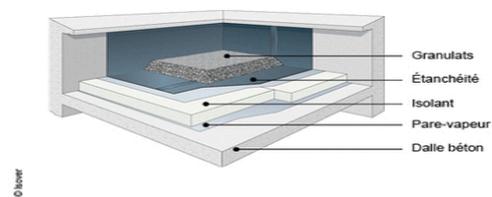
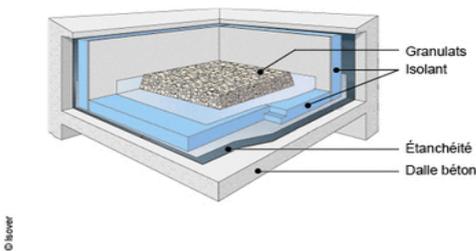


Fig II-20. Isolation d'une toiture terrasse. (Source : www.energissime.fr)

³⁶ Guide pratique pour l'amélioration des logements existants. (1977). Op.cit.

II.C.2.5. Isolation thermique des planchers bas :

Le plancher bas d'une habitation peut se trouver, par rapport à l'environnement extérieur, dans diverses situations :

1. Au-dessus d'un passage ouvert ;
2. Au-dessus d'un vide sanitaire ou d'un sous-sol ;
3. Sur un terre-plein.

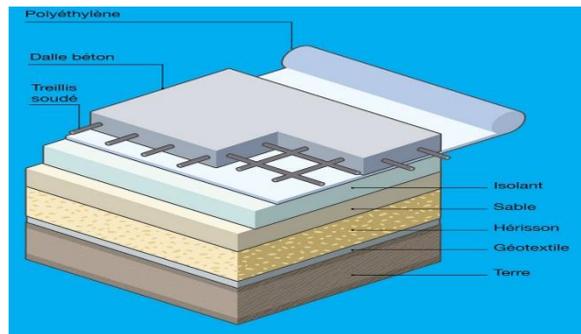


Fig II-21 : isolation du plancher bas
(Source :www.lebeton-naturellement.com)

II.C.2.6. Isolation des parois transparentes :

Les parois transparentes représentent une part importante des échanges thermiques entre l'intérieur d'une construction et son environnement extérieur, les déperditions thermiques, selon l'ADEME, peuvent aller jusqu'à 13% des déperditions totales d'une construction.

Trois paramètres affectent la performance thermique d'une paroi vitrée³⁷ : la nature de la menuiserie, les performances du vitrage et la qualité de la mise en œuvre de la fenêtre.

Pour réaliser un tel système d'isolation lors d'une réhabilitation thermique, on pourra soit utiliser des **doubles vitrages isolants** fabriqués industriellement, soit des **survitrages** qui consistent à appliquer une seconde vitre sur la face intérieure du châssis, soit enfin les **doubles fenêtres**³⁸.

II.C.2.6.1.1 Techniques de réhabilitation des fenêtres :

Dans la réhabilitation thermique de l'existant, plusieurs techniques existent pour améliorer la qualité thermique des menuiseries :

³⁷ ADEME. Améliorer le confort de votre maison, l'isolation thermique. Mars 2008

³⁸ Guide pratique pour l'amélioration des logements existants. (1977). Op.cit. p. 221

A/ Le survitrage :

Il s'agit de poser sur la fenêtre existante une vitre rapportée à l'aide de profilés spécifiques.

L'avantage de cette solution consiste en sa simplicité et son faible coût, cependant, l'inconvénient est que le vitrage rapporté peut alourdir l'ouvrant, pour cela il faut que la structure de la fenêtre existante soit à même de supporter cette surcharge, aussi le survitrage n'est pas totalement étanche, donc sensible au développement de condensation et à l'encrassement des vitres³⁹.

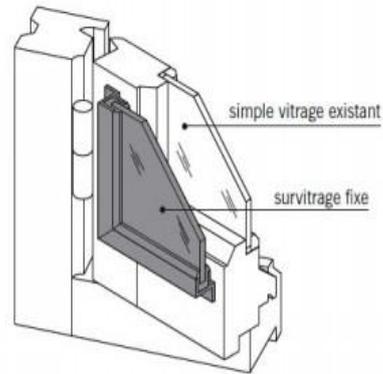


Fig II-22. Survitrage fixé sur vitrage existant

(Source : www.guidebatimentdurable.fr)

B/ Le double vitrage de rénovation :

Il consiste à remplacer sur la fenêtre existante le simple vitrage par un double vitrage dit «de rénovation».

Cette technique, comme la précédente a le désavantage de surcharger la fenêtre existante, et peut provoquer son affaissement.

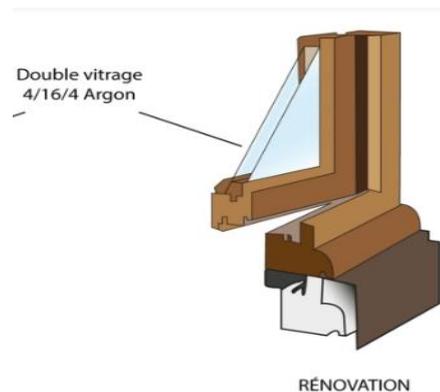


Fig II-23. Double vitrage de rénovation.

(Source : www.menuiserie-manen.fr)

C/Changement de fenêtre :

Si l'état de la fenêtre ne permet qu'elle soit réhabilitée thermiquement (elle ferme mal, elle est pourrie ou colonisée...), celle-ci doit être remplacée. Deux possibilités peuvent survenir, le changement de la fenêtre avec conservation du dormant existant, ou le remplacement total de l'ancienne fenêtre.

Le dormant existant peut être conservé, s'il est en bon état, dans ce cas, l'opération se fait en mettant en œuvre, par recouvrement sur ce dormant, une nouvelle fenêtre complète (dormant + ouvrant). Cette technique a l'avantage d'être rapide et sans dommage pour l'environnement immédiat de la baie (enduit, papier peint ...) ⁴⁰.

³⁹ADEME (2008). Op.cit. p. 26

⁴⁰Ibid. p. 27

En termes de qualité thermique et d'étanchéité à l'air, cette dernière option (changement de fenêtre) permet d'avoir les meilleurs résultats, toutefois, son coût élevé reste un son point négatif.

Les performances énergétiques de certains systèmes de vitrages sont résumées dans le tableau suivant ⁴¹:

Tab. II-3. Performances énergétiques de divers systèmes de vitrages

Type de vitrage	Composition [mm]	Valeur U centrale [W/m ² K]	Facteur solaire absolu	Facteur lumineux absolu
Vitrage simple	4	5,80	0,85	0,90
	6	5,73	0,83	0,88
Double vitrage avec lame d'air	4+12+4	2,88	0,76	0,81
Double vitrage, couche basse émissivité, lame d'air	6+12+6	1,75	0,60	0,74
Double vitrage, couche basse émissivité, argon	6+15+6	1,32	0,61	0,74
Triple vitrage, lame d'air	4+6+4+6+4	2,29	0,67	0,73

-Quels matériaux choisir pour vos menuiseries ?

Que ce soit en neuf ou en réhabilitation, il est parfois difficile de choisir ses matériaux.

Pour vous aider on résume dans le tableau suivant les types des menuiseries (Tab.II. 4).

⁴¹F. Simon & al. La fenêtre et la gestion de l'énergie - Guide pratique pour les architectes. UCL- ULg, Ministère de la Région Wallonne – DGTRE. 2002. p. 43

CHAPITRE N°2 : ETAT DE SAVOIR

Tab.II. 4 : Avantages. Inconvénients et performance des menuiseries.

Source : <http://www.abrenov.net/fr/quel-materiau>

Matériaux	PVC	Bois	Alu	Bois/Alu
Les avantages	<ul style="list-style-type: none"> - C'est souvent le moins cher - Bonne isolation thermique et acoustique - Bonne durée dans le temps si la qualité est là. Résistant aux UV, ne se décolore pas et ne jaunit pas, Très résistant aux chocs et à la déformation avec le temps. - Pas d'entretien - Très bonne résistance à la pluie. Ne rouille pas. - Bonne durabilité si le PVC est de qualité 	<ul style="list-style-type: none"> - Le meilleur matériau en termes d'isolation thermique et acoustique. - Le plus noble : toutes couleurs, formes, détails... - Le meilleur matériau d'un point de vue Protection de l'Environnement. - Adapté aux fenêtres de grand format grâce au système de lamellé-collé. - Permet des restaurations partielles tandis que les fenêtres en PVC ou Alu doivent être remplacées dans leur totalité lorsqu'elles présentent un défaut de fonctionnement. - Durabilité : très bonne si le bois est de bonne qualité 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolation médiocre sauf s'il y a application d'une technologie permettant la rupture des ponts thermiques. - Pas de corrosion. - Pas d'entretien. - Très rigide : donc idéal pour les ouvertures de grande taille. - Léger. - Design, moderne - Des centaines de coloris. - Très esthétique : finesse de la structure. Structure très fine permettant une grande surface de vitrage. - Bon bilan environnemental : matériau recyclable et bon bilan énergétique de fabrication 	<ul style="list-style-type: none"> - Allie les avantages du bois et de l'aluminium. - Excellent niveau d'isolation thermique et acoustique. - Très bonne durabilité : l'aluminium qui se trouve à l'extérieur ne rouille pas. - Esthétique : Chaleur du bois à l'intérieur et modernité pour l'aluminium à l'extérieur. - Peu ou pas d'entretien (l'aluminium est à l'extérieur) - Ecologie : Bois excellent et aluminium recyclable.
Les inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Une image moins noble ou moins élégante que le bois ou l'aluminium. Le pvc améliore désormais son design en s'associant avec la fibre de verre. Les profilés sont ainsi affinés, ce qui permet d'augmenter 	<ul style="list-style-type: none"> - Son défaut principal : l'entretien (lasure ou peinture) à faire périodiquement suivant l'exposition. - Niveau de prix : Plus cher que 	<ul style="list-style-type: none"> - Moindre isolation thermique et acoustique que le Bois ou PVC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Son prix.

	<p>le clair de vitrage de près de 15 %.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une menuiserie PVC de mauvaise qualité et sans armatures métalliques ne supportera pas le poids du verre et sera sensible aux conditions climatiques. - La qualité du PVC et la méthode de teinture sont très importantes pour conserver l'aspect (certaines teintes peuvent passer avec le temps). - Pour des raisons esthétiques, certaines mairies, lotissements ou copropriétés restreignent l'usage du PVC. Renseignez vous ! - Pas très écologique : sa fabrication est coûteuse pour l'environnement et son recyclage ne peut se faire en intégralité. 	<p>PVC, et Alu.</p>		
<p align="center">La performance</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Isolation thermique suffisante dans la plupart des cas (attention à la qualité du vitrage). - Isolation phonique : moyenne suivant choix du vitrage. - Pour les PVC de qualité, résistant aux UV, ne se décolore pas et ne jaunit pas. - Très résistant aux 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolation thermique : la meilleure. - Isolation phonique : la meilleure. - Durabilité : Matériau stable et durable grâce aux traitements fongicides, insecticides et hydrofuges au moment de sa 	<ul style="list-style-type: none"> - Isolation thermique et acoustique : réputé moins isolant que les autres matériaux car conducteur du froid et du chaud. Cependant, aujourd'hui les fenêtres sont équipées de ponts thermiques. - durabilité : Plusieurs dizaines d'années. 	<ul style="list-style-type: none"> - Combine les avantages du bois sans ses inconvénients (apport de l'aluminium en extérieur et élégance du bois à l'intérieur).

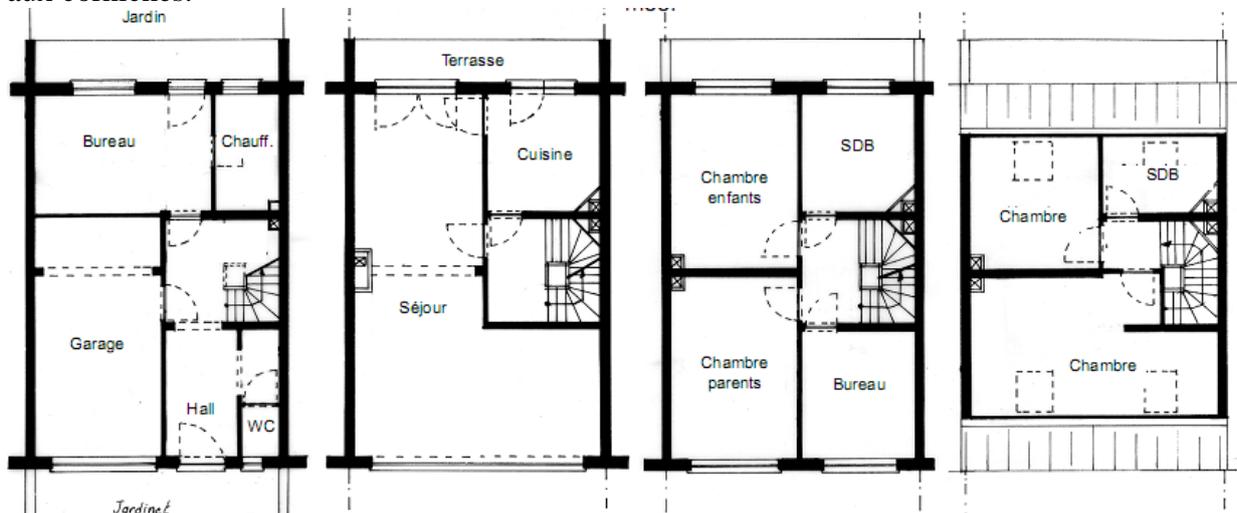
CHAPITRE N°2 : ETAT DE SAVOIR

	chocs et à la déformation (en particulier avec les armatures métalliques). - Très bonne résistance à la pluie. Ne rouille pas.	fabrication. - Excellent bilan environnemental : le bois est un matériau naturel et renouvelable.	- Très bonne résistance à la pluie. Ne rouille pas. - Matériau rigide : structure solide et résistante, idéal pour les grands formats. - Ecologique : matériau recyclable	
Résumé	-Le moins cher, bonne performance, pas d'entretien mais moins esthétique et pas très écologique. Attention à la qualité du PVC.	-Isolation et élégance mais entretien nécessaire.	-L'aluminium est plus cher que le PVC mais il offre un plus grand choix de finition, un design plus moderne et une durabilité plus grande. Les performances thermiques et acoustiques sont en revanche un peu moindres.	-Isolation, élégance allié à la modernité et à la durabilité. Reste le prix...
Caractéristique	Le plus économique	Le plus isolant	Le plus durable	Le top

II.C.3. Exemples de réhabilitation :

II.C.3. 1/ Rénovation d'une maison d'habitation de 1964 (Suisse) :

Il s'agit d'une maison d'habitation urbaine assez récente (1964) comportant trois niveaux sous combles. Les plans ci-dessous représentent la situation transformée. La technique de construction des murs extérieurs est celle des murs creux avec dalles traversantes au balcon et aux corniches.



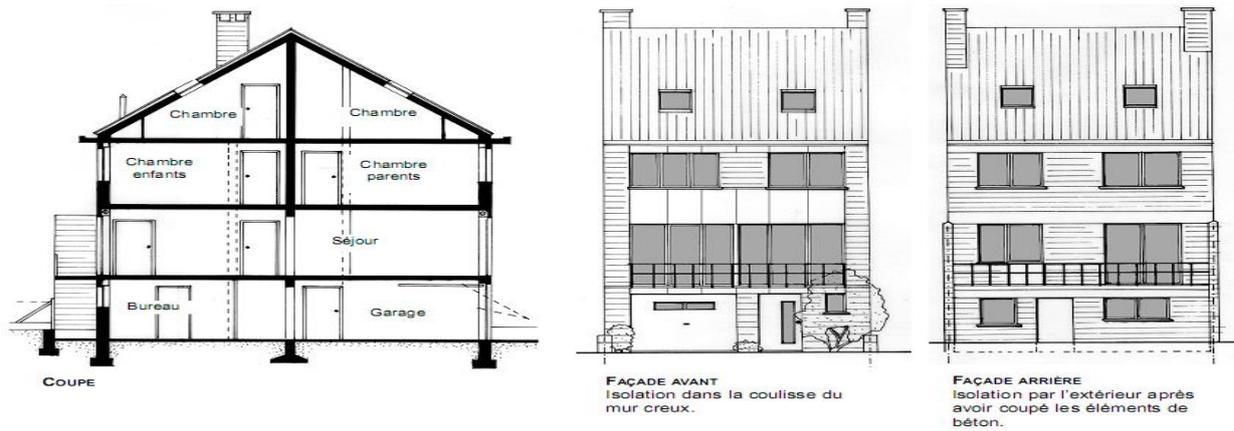


Fig II-24. Plans, coupe et façades de l’habitation après transformations.
(Source : La rénovation et l’énergie)

Les techniques d’isolation retenues pour les parois extérieures verticales sont :

- pour la façade avant (aspect extérieur à conserver) : isolation par injection d’un isolant dans la coulisse complétée par une isolation par l’intérieur de la dalle traversante de la corniche ;
- pour la façade arrière : il y avait un problème de pont thermique au droit des balcons et de la corniche ; c’est pourquoi, après découpe de la corniche et du balcon, la solution d’une isolation par l’extérieur a été choisie.

Tab.II. 5 :Tableau récapitulatif de réhabilitation thermique.
(Source: La rénovation et l'énergie)

Critères de performance		Etat existant	Opérations à envisager Architecture
Architecture	Programme	Maison mitoyenne de 1964. Construction destinée au logement et volume sous comble inoccupé.	RDC : Aménagement de la buanderie en bureau. Grenier : Aménagement de deux chambres et d’une salle de bain.
	Aspects	* Toiture : à deux versants en tuiles (volumes simples). - Corniche en béton prolongeant la dalle intérieure. * Façades : - Avant : mur mixte : parement en béton architectural préfabriqué. - Arrière : mur mixte : parement en briques et linteaux en béton coulé sur place ; balcon en béton. * Menuiseries extérieures : châssis en alu avec simple vitrage.	* Volume à conserver ; il faut ajouter des fenêtres de toit pour les chambres, la salle de douche et la cage d’escalier. * Corniche façade avant à conserver ; - Corniche en façade arrière à couper. - Façade avant à conserver et à nettoyer ; - Façade arrière peut être modifiée ; - Balcon à recouper et à remplacer par un balcon en bois. *A remplacer par des châssis en

<p>Isolation</p>	<p>Parois</p>	<p>* Toiture : non isolé. * Façades : murs creux de 30 cm sans isolation thermique. - Façade avant : ponts thermique à la corniche ; - Façade arrière : ponts thermique à la corniche et au balcon. * Planchers : en béton sans isolation par rapport aux locaux non chauffés. * Cloisons intérieures : en briques, sans isolation. * Menuiseries extérieures : non conforme, châssis sans coupure thermique et simple vitrage.</p>	<p>bois avec double vitrage performant . Isolation entre et sous chevrons + pare vapeur. * Façade avant : isoler la coulisse du mur creux et prévoir des détails à la corniche ; - Façade arrière : isoler par l'extérieur après avoir coupé la corniche et le béton. * Isoler du côté inférieur le plafond du garage ; - Isoler la dalle de sol dans le bureau : surépaisseur avec la nouvelle chape et donc impact sur les niveaux des portes ; - Isoler sur environ 1m les deux faces du plancher des combles coté avant. * Isoler les cloisons séparant un local chauffé d'un local non chauffé. * Nouvelles menuiseries isolantes avec grilles d'aération et nouveaux caissons à volets isolés.</p>
-------------------------	----------------------	---	--

Dans la figure suivante, les principes de réhabilitation thermique de l'habitation sont repris selon la position.

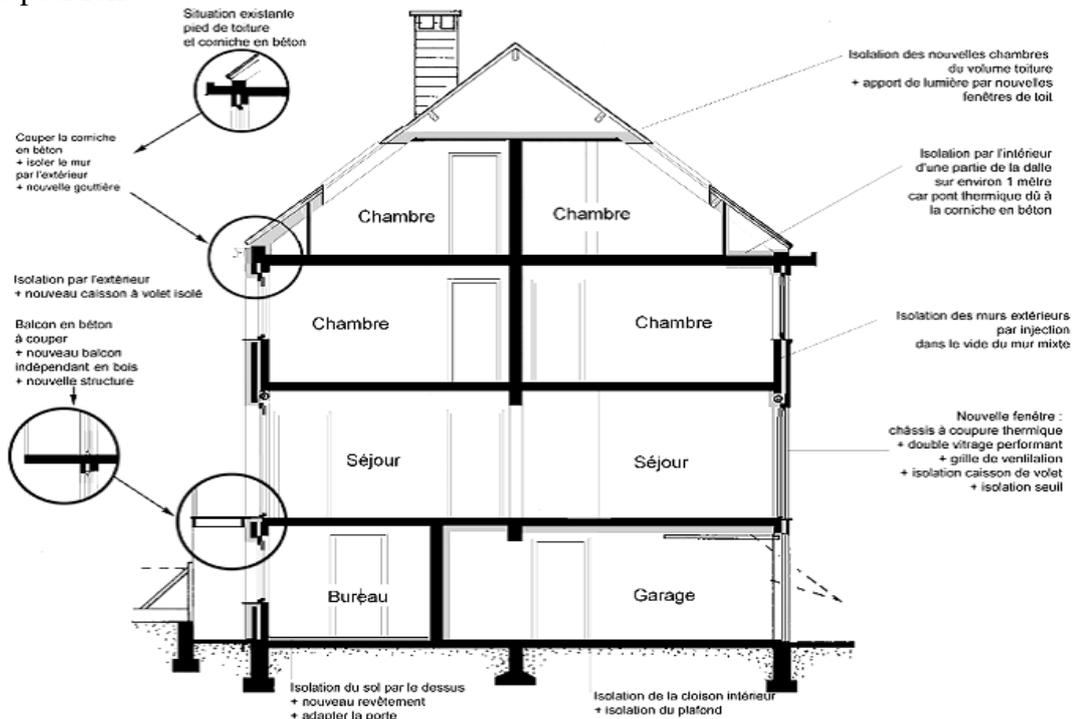


Fig II-25. Coupe reprenant les principes de réhabilitation par position.
 (Source: la rénovation et l'énergie)

II.C.3. 2/ Réhabilitation d'un immeuble locatif des années 50 en Suisse⁴² :

Le projet consiste en la rénovation d'un immeuble de 08 appartements de 03 pièces, d'une surface habitable totale de 650 m², construit en 1954.

Données initiales :

- Pas d'isolation thermique ;
- Combles froids ;
- Murs en moellons et briques 35-50 cm ;
- Doubles fenêtres à vitrages simples ;
- Importants ponts thermiques (balcons,...) ;
- Radiateurs à vannes manuelles ;
- Aération manuelle par les occupants ; **Fig II-26**.Immeuble locatif en Suisse. Etat initial
- Chaudière à mazout P = 67 kW ;
- Citerne enterrée 30.000 litres.



Fig II-27 .Thermographie pour déceler les points faibles de l'enveloppe. On remarque en couleur foncée les ponts thermiques dus à la jonction avec les balcons



Fig II-28 .Moisissures dus à l'humidité

Après diagnostic, il a été décidé, pour la réhabilitation de cette construction, les opérations suivantes :

- *Isolation thermique des façades ;
- * Isolation thermique des sous-dalles en contact avec le sous-sol ;
- * Isolation thermique sur plancher combles ;
- * Le changement des fenêtres ;
- * La rénovation du système de ventilation ;
- *L'amélioration du système producteur de chaleur.

⁴² J. L. Juvet. Rénovation MINERGIE d'un petit immeuble locatif des années 50, 2005-2007. Neuchâtel, Suisse



Fig II-29 .Isolation des façades

La première mesure entreprise, et celle dont on attend les résultats les plus probants, est l'isolation de l'enveloppe. Entre parois opaques et transparentes, les déperditions sont de l'ordre d'environ 60%⁴³.



Fig II-30 .Changement des fenêtres avec cadre PVC. $U_f = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Isolation des embrasures et tablettes.

Le changement des fenêtres permet d'avoir les meilleures performances au niveau des baies, car elle prend en charge, à la fois, les problèmes d'isolation, de ponts thermiques et d'étanchéité.

⁴³ P. de Haut (2007). Op.cit.



Fig II-31 .Remplacement des balcons

Les balcons et autres saillies représentent une importante part d'échanges thermiques non maîtrisés. Dissocier les balcons de l'enveloppe du bâtiment est une solution pour supprimer définitivement les ponts thermiques qui en résultent.



Fig II-32 .Ventilation douce (naturelle).

Une ventilation douce a été sélectionnée pour ce projet, car, même si la ventilation est impérative pour maintenir une ambiance saine (évacuer la vapeur d'eau et l'air pollué ou vicié produit par les occupants, la cuisine, les appareils sanitaires et ménagers) et aussi éviter les condensations, les odeurs et les dégradations ; la ventilation peut devenir une réelle source de déperditions ou apports thermiques.



Fig II-33 .Isolation sous dalle sous-sol. Caves, corridors, buanderie, local à vélos, chaufferie garages.

Une barrière isolante est réalisée entre les locaux chauffés (logements) et les locaux non chauffés. Posée en sous face du plancher bas, une isolation de 4 à 6 cm de laine de pierre d'un U moyen = 0,46 W/m²K.



Fig II-34 .Remplacement de la chaudière. (Rendement des équipements)

Dans un souci d'efficacité énergétique, les équipements de chauffage (ancienne chaudière à mazout) ont été remplacés par un chauffage aux granulés de bois, plus performant et écologique, utilisant une énergie renouvelable (bois).



Fig II-35 .La construction avant et après la réhabilitation thermique

Ces exemples nous servira comme base pour notre cas que nous comptons entreprendre dans le dernier chapitre de ce travail.

II.C.4. Adaptation des techniques de réhabilitation au contexte algérien :

Le but de cette étude est la recherche de moyens et techniques pour la réhabilitation thermique de l'habitat algérien contemporain ; de ce fait, afin de compléter l'analyse des systèmes de réhabilitations thermique, nous devons étudier la possibilité de leur adaptation au contexte algérien.

A/ L'isolation des murs :

Tel qu'on l'a déjà vu dans partie précédente, la technique de construction des murs dans l'habitat en Algérie est celle des murs à double paroi en brique creuse, associée aux voiles de contreventement, lorsque la hauteur le nécessite.

Parmi les techniques d'isolation des murs extérieurs, nous estimons que celles qui s'adaptent le mieux sont : l'isolation extérieure, pour ses performances en termes d'élimination des ponts thermiques et de mise en valeur de l'inertie du bâtiment, et l'isolation intermédiaire, celle-ci pour les avantages qu'elle présente en termes de simplicité d'exécution et pour son coût réduit de réalisation. Aussi les deux techniques sont intéressantes dans la mesure où elles ne perturbent pas l'occupation des locaux et ne touchent pas les finitions intérieures.

B/L'isolation des toitures :

En ce qui concerne l'isolation des toitures, et sous réserve d'une bonne exécution, toutes les techniques citées sont adaptables aux constructions algériennes et ne présentent pas de difficultés de réalisation.

Toutefois, rappelons que pour les toitures terrasses, la disposition par l'intérieur, en sous face de la dalle porteuse est à rejeter pour les désordres qu'elle peut entraîner: fissures dans les acrotères, au sommet des murs, au niveau des chaînages.

C/ L'isolation des planchers bas :

Pour l'isolation des planchers bas sur espace non chauffé, la meilleure mesure est celle de l'isolation par l'extérieur (en sous face des planchers), car elle présente le moins de désordre possible tout en ayant une meilleure amélioration thermique.

Cependant, dans le cas de l'isolation des planchers sur terre-plein, l'isolation en sous face entraîne des travaux lourds, de ce fait, on préférera l'isolation par l'intérieur à condition que la hauteur des locaux le permettent.

D/La réhabilitation des fenêtres et les protections solaires :

Les techniques de réhabilitation des fenêtres sont disponibles sur le plan local, le choix sera conditionné par l'état des fenêtres existantes et la performance souhaitée. Aussi, l'association des ouvertures à des protections solaires adéquates (selon l'orientation du bâtiment) augmentera la performance thermique de l'ensemble.

E/La ventilation :

Le choix du système de ventilation adapté à la réhabilitation thermique dans le bâtiment en Algérie se fera en rapport du niveau de performance thermique convoité. Toutefois, une ventilation naturelle associée à une bonne gestion des occupants pourra suffire à atteindre un niveau de confort acceptable.

Synthèse : Positionnement méthodologique :

La réhabilitation thermique, consiste principalement à améliorer le confort thermique par la réduction des pertes thermique et des apports solaires, ainsi que l'accroissement du rendement énergétique .elle est définie par la rénovation de l'existant et ce fait selon le cas et le besoin il s'agit en fait de concilier les éléments de structure du bâti ancien et les matériaux de base avec les techniques actuelles.

Dans cette partie, l'objectif a consisté surtout à comparer, à travers les avantages et les inconvénients de chaque solution, les performances et l'aptitude à être employée dans une opération de réhabilitation énergétique, nous a permis également de mettre en évidence et d'identifier toutes les solutions techniques de la réhabilitation énergétique du service de pédiatrie et de mieux cerner leur cadre d'application. L'isolation des parois opaques et vitrées est la solution la plus répandue et la plus appliquée parce que la réduction des besoins énergétiques d'un bâtiment passe par la qualité de son isolation. Elle constitue un domaine de recherches très vague,

Pour une bon réhabilitation thermique du projet et aussi améliorer le confort thermique du service il faut concevoir un bon questionnaire et une simulation numérique de l'état de fait du bâtiment existant pour permettre de recueillir les données souhaitée en minimisant les risques d'erreur.

Chapitre N°3
PHASE
OPERATIONNELLE

Investigation :

L’Algérie a connu, depuis son indépendance, de grandes mutations (économiques, sociologiques et politiques), qui ont influencé négativement sur son développement urbain. Les grandes agglomérations ont connu un exode massif. Ce phénomène a entraîné une croissance accélérée de la majorité des villes algériennes, cela s’est traduit par une augmentation de la population, provoquant une batterie de crises.

Le secteur de sante offre des possibilités importantes en vue de réduire la consommation énergétique, et son impact sur l’environnement, une attention particulière doit être accordée aux performances thermiques de ces bâtiments sanitaires.

I.1 Aperçu sur la ville d’Alger :

C’est la capital du pays, située à l’extrême nord au bord de la mer, c’est l’une des capitales les plus importantes et plus peuplées du bassin méditerranéen.

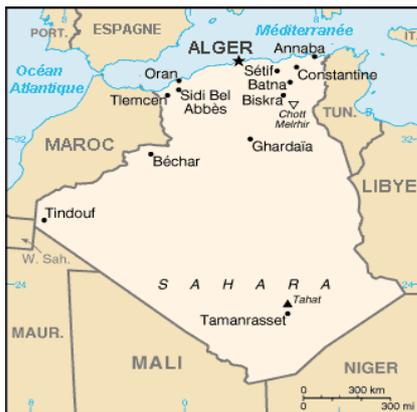
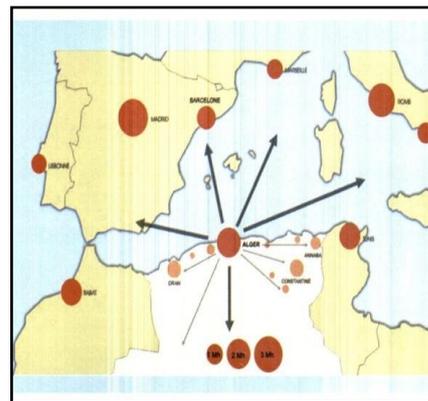


Fig III-1 : Carte de la wilaya d’Alger



FigIII-2 : situation d’Alger au niveau international

Délimitation :

- Nord : la mer méditerranéenne
- Sud : la wilaya de Blida
- Est : la wilaya de Boumerdes
- Ouest : la wilaya de Tipaza

Superficie :

Elle s’étend sur une Superficie de 1190km²

Population :

2 988 145 d’habitants Soit une densité de 2511hab/km²



FigIII-3 : situation d’Alger au niveau locale

I.2. Présentation de la commune d'EL Biar :

I.2.1 Situation d'El Biar :

El Biar, 7^{ème} arrondissement du Grand Alger vient du mot arabe signifiant « les puits » en raison de la multitude de puits dont dispose cette localité. Elle s'étend sur une superficie de 19 Km², et est limitée :

- Au nord par Bouzeréah¹
- Au sud par Hydra et El Mouradia²
- A l'est par Alger centre ³
- A l'ouest par ben Aknoun⁴

El Biar est Structurée par un centre d'affaire très riche et des quartiers résidentiels chics, elle est bâties sur un plateau boisé d'où se découvre la baie d'Alger et la Kabylie, ce qui lui octroyait autre fois le nom de « la perle du Sahel ».

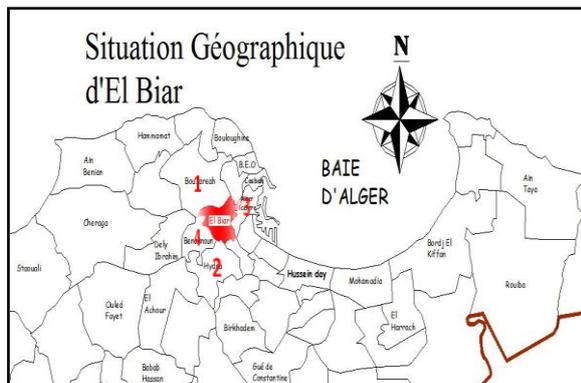


Fig III-4 : situation géographique El Biar

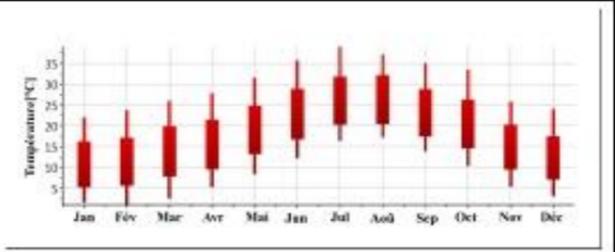
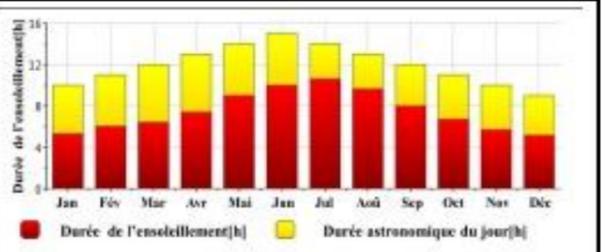
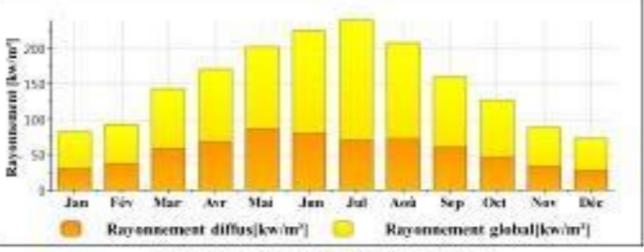
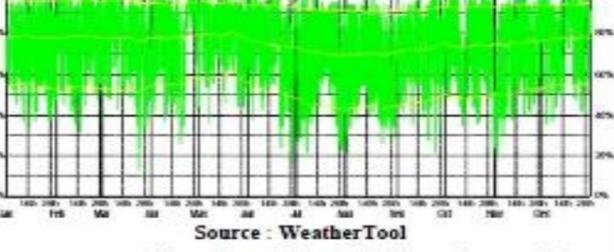


Vue sur la baie d'Alger à partir des hauteurs d'El Biar

I.2.2 analyse climatique de la commune d'EL Biar:

La commune d'EL Biar possède un climat méditerranéen où les étés sont chauds et secs et les hivers sont doux et pluvieux et parfois enneigés. Le paramètre qui est à l'origine des variations climatologiques est l'influence de l'altitude. Tableau III.1 représente l'interprétation des données météorologiques de la commune d'EL Biar.

Tab.III.1: Données climatiques de la commune d'EL Biar

Température mensuelle	Durée d'insolation	Rayonnement mensuel																																							
 <p>Source : meteonorm V7.1.3.19872</p> <p>Les températures moyennes varient entre le maximum de 38 °C en Juillet et le minimum de 1 °C en Janvier et février.</p>	 <p>Source : meteonorm V7.1.3.19872</p> <p>Les jours les plus éclairés sont enregistrés durant la période de l'été. Nous y relevons 338 heures d'ensoleillement mensuel. Concernant la période d'hivers, le nombre d'heures d'ensoleillement est égal à 149 heures. La durée d'insolation varie entre le minimum de cinq heures en décembre et le maximum de onze heures en juillet.</p>	 <p>Source : meteonorm V7.1.3.19872</p> <p>L'irradiation du rayonnement horizontal direct atteint la valeur de 1651 kWh/m² par an. Sa moyenne mensuelle maximale atteint 227 kWh/m² pour le rayonnement horizontal direct au mois de juillet. Le rayonnement horizontal diffus a une valeur de 736 kWh/m² par an. Sa moyenne mensuelle maximale atteint 91 kWh/m² en juin.</p>																																							
Précipitations	Humidité	Vents																																							
 <p>Source : meteonorm V7.1.3.19872</p> <p>Il pleut environ huit mois sur douze, avec une quantité mensuelle variable qui atteint son maximum pendant la saison d'hiver, où elle atteint 125 mm en décembre pour huit journées avec précipitations, et 94,7 mm en novembre pour seulement cinq jours avec précipitations.</p>	 <p>Source : WeatherTool</p> <p>Sa moyenne annuelle varie entre 48 et 93%, elle atteint son minimum mensuel moyen de 40,8 % en Juillet et son maximum mensuel moyen de 94% en Février, Mars et Avril.</p>	<table border="1" data-bbox="1602 1018 2246 1228"> <thead> <tr> <th>mois</th> <th>Jan</th> <th>Fév</th> <th>Mar</th> <th>Avr</th> <th>Mai</th> <th>Jun</th> <th>Juil</th> <th>aoû</th> <th>Sep</th> <th>Oct</th> <th>Nov</th> <th>Déc</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vitesse du vent(m/s)</td> <td>2,4</td> <td>2,5</td> <td>2,7</td> <td>3,0</td> <td>3,0</td> <td>3,1</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,8</td> <td>2,3</td> <td>2,5</td> <td>2,6</td> </tr> <tr> <td>Direction du vent</td> <td>SW</td> <td>SW</td> <td>W</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>NE</td> <td>NE</td> <td>NE</td> <td>NE</td> <td>SW</td> <td>SW</td> <td>W</td> </tr> </tbody> </table> <p>Source : meteonorm V7.1.3.19872</p> <p>La région d'Alger subit l'influence de vents variant selon leur fréquence et la saison. Nous notons la présence de trois types de vents, les vents d'hivers, dominants soufflent du côté nord-ouest et véhiculent de l'air froid ; les vents d'été les plus dominants sont les vents frais soufflant du côté Nord-Est, sont fréquents durant la période allant de Juin à Août et enfin les vents, venant du Sud, chaud et moins fréquents.</p>	mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	Vitesse du vent(m/s)	2,4	2,5	2,7	3,0	3,0	3,1	3,1	2,9	2,8	2,3	2,5	2,6	Direction du vent	SW	SW	W	N	N	NE	NE	NE	NE	SW	SW	W
mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	aoû	Sep	Oct	Nov	Déc																													
Vitesse du vent(m/s)	2,4	2,5	2,7	3,0	3,0	3,1	3,1	2,9	2,8	2,3	2,5	2,6																													
Direction du vent	SW	SW	W	N	N	NE	NE	NE	NE	SW	SW	W																													

Synthèse : D'après l'analyse climatique de la commune d'EL Biaret vu sa localisation sa donne faveur a un climat méditerranéen qui se caractérise par ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides. Ces résultats reçus après cette analyse nous obligent à arriver à une architecture durable qui s'adapte à ces conditions climatiques afin d'assurer un certain confort aux occupants.

Diagramme psychométrique de Szokolay :

Cette méthode permet de prendre compte des stratégies passives de conception du bâtiment tel que l'inertie thermique, l'utilisation de systèmes de refroidissement évaporatifs, la ventilation nocturne. Cela, quand le point représentatif est en dehors de la zone de confort.

A/Periode hivernal :

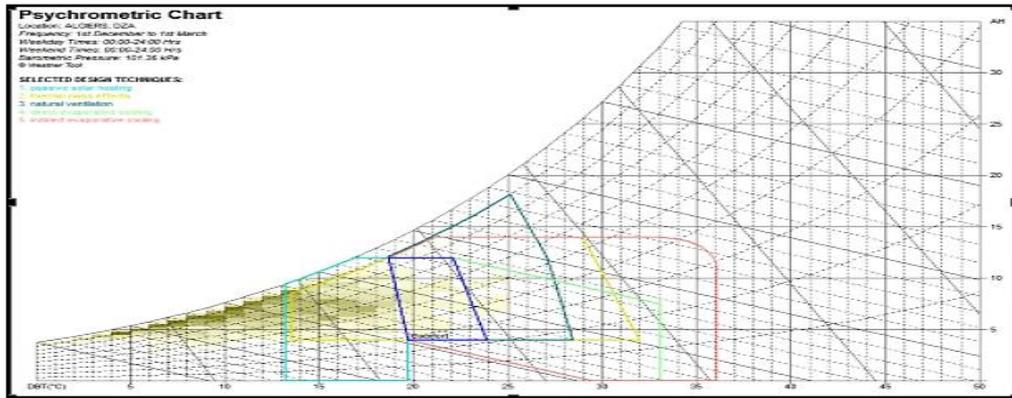


Fig III-5:Diagramme psychométrique d'El Biar des mois d'Hiver tiré de WeatherTool. Partie Ecotect 2010.

On procède à la lecture du diagramme :

- Durant les 3 mois d'hiver (Décembre, Janvier et Février) qui exige, pour atteindre le confort thermique :
 - Une bonne isolation extérieure de l'enveloppe : elle ralentit la fuite de chaleur vers l'extérieur ;
 - une petite partie de la saison d'hiver nécessite Un chauffage conventionnel.

B/Periode estival :

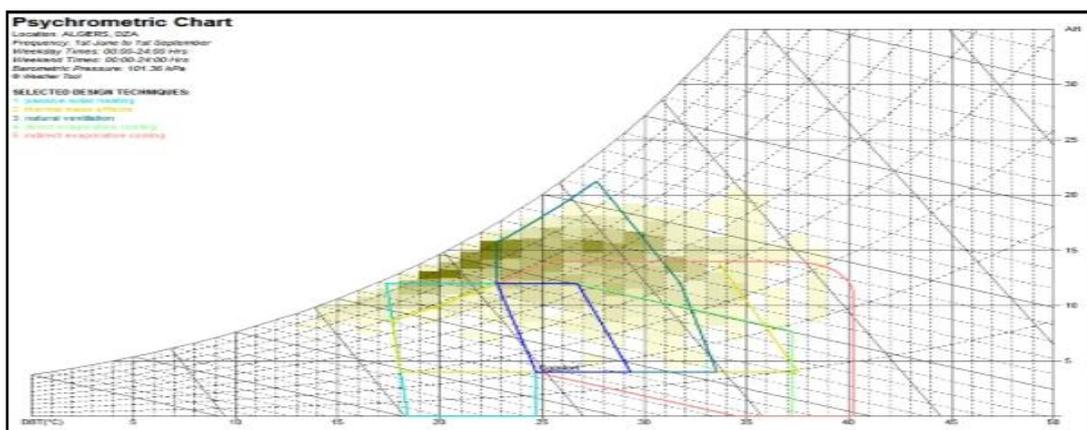


Fig III-6: Diagramme psychométrique d'El Biar des mois d'été tiré de WeatherTool. Partie d'Ecotect 2010.

Durant les 3 mois d'été (Juin, Juillet et Août), et Afin d'atteindre le confort thermique intérieur, on a besoin d'une :

- isolation thermique afin de limiter la pénétration des apports solaire.

Recommandations :

Le diagramme bioclimatique pour la commune d'El Biar, permet d'établir les recommandations suivantes sur lesquelles nous nous basons pour l'amélioration des réponses climatiques de notre cas d'étude.

En hiver :

-Un système passif (exploitation de l'énergie solaire sans utilisation d'équipements spécifiques. La chaleur est captée, stockée et restituée par le bâtiment même via ses ouvertures, ses matériaux, son isolation)

- **Donc notre bâtiment, durant la période hivernal, nécessite :**
 - ✓ L'utilisation des matériaux naturels qui stockent la chaleur.

En été

Pendant la période estivale, on a recours à l'orientation par rapport aux vents dominants frais venant du nord-est, associé à une ventilation nocturne pour les mois de Juillet et Aout, afin de dissiper rapidement la chaleur transmise par les murs extérieurs qu'ils ont stockée pendant la journée.

- **Donc notre bâtiment, durant la période estival, nécessite :**
 - ✓ Une bonne ventilation naturelle.
 - ✓ L'utilisation des matériaux qui isolent le projet des températures élevés.

I.3 Présentation du site du cas d'étude :

Le choix du site d'intervention a été effectué par rapport à son importance et sa position stratégique.

Dans ce présent travail, l'investigation a été menée sur un service d'hospitalisation pédiatrique situé à l'intérieur de L'Établissement Publics Hospitalier Djillali Belkhenchir» (EX-Hopital Birtraria),



Fig III-7: situation de l'hôpital Birtraria.

Le service est délimité par des voies de circulation mécanique, **au nord** L'amphithéâtre et la morgue, à **l'est** service chirurgie GLE homme et plateau technique, à **l'ouest** Rue Dahmoune Mahfoud et Rue des Frères Hadjani **au sud** air de jeu pour enfants (cf. **Fig III-8**).

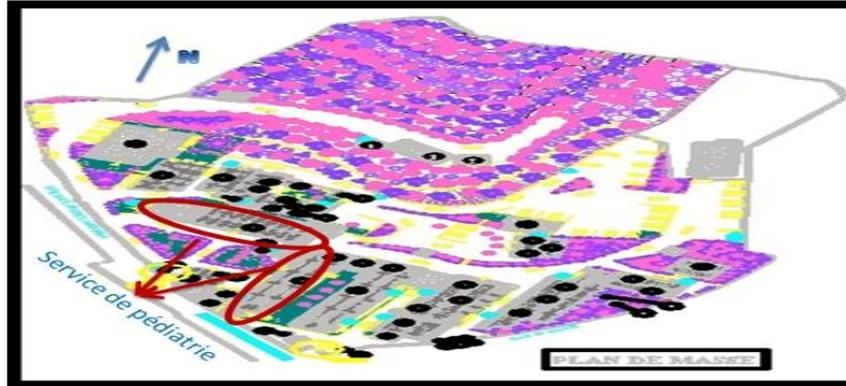


Fig III-8: Plan de masse de l'hôpital
(Source : CD. ROM service technique de L'hôpital)

I.3.1 Données sur le service d'hospitalisation pédiatrique :

-Forme et orientation du service :

La forme globale du bloc d'hospitalisation pédiatrique se présente un assemblage linéaire en forme de L, ce bloc il est oriente côte sud par rapport à l'hôpital (Fig. III-8/III-9).

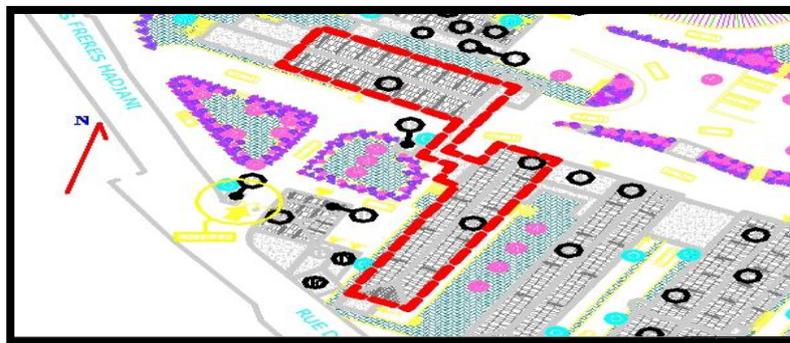


Fig III-9:Forme et orientation du service de pédiatrie
(Source : CD. ROM service technique de L'hôpital)

I.3.2 Caractéristiques climatiques du cas d'étude :

A/ Exposition aux vents dominants :

La vitesse des vents est plus ou moins élevée en hiver.

Pour le cas d'étude :

Dans le cas des vents d'hiver et en l'absence de protections contre les vents violents d'hiver, il y a une infiltration directe d'air frais dans le service et par conséquent beaucoup de déperditions de chaleur vers l'extérieur.

Les vents chauds du sud sont moins fréquents en période estivale.

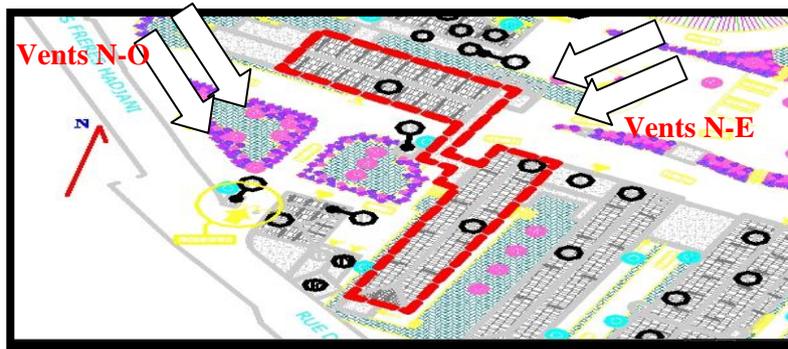


Fig III-10 : exposition du service aux vents dominants
(Source : Auteur)

B/ Ensoleillement :

Vu l'orientation du service d'étude, la course du soleil montre une exposition maximale des façades orientées sud-ouest et sud-est, quant aux façades orientées nord-est et nord-ouest, les pièces bénéficient d'une exposition indirecte en hiver (Fig III-11).

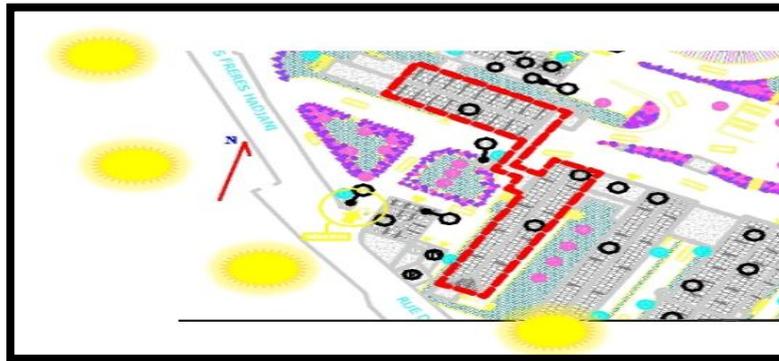


Fig III-11 : Course du soleil par rapport à l'orientation du service
(Source : Auteur)

I.3.3 l'enveloppe du service :

L'enveloppe du bâtiment est constituée de la toiture, les murs extérieurs et le plancher d'une structure. Ces éléments forment une barrière qui sépare l'intérieur de l'extérieur du bâtiment.

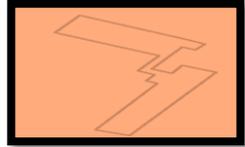
La réhabilitation énergétique de l'enveloppe du service nécessite une bonne compréhension du bâtiment sanitaire sur lesquels on va intervenir.

- Quelles sont leurs caractéristiques constructives et architecturales ?
- Quelle influence ont ces caractéristiques sur la possibilité de réhabiliter l'enveloppe ?
- Quels matériaux sont adaptés et dans quelle épaisseur ?
- A quoi faut-il faire particulièrement attention ?
- Comment reconnaître et gérer les ponts thermiques et le comportement hygrométrique ?

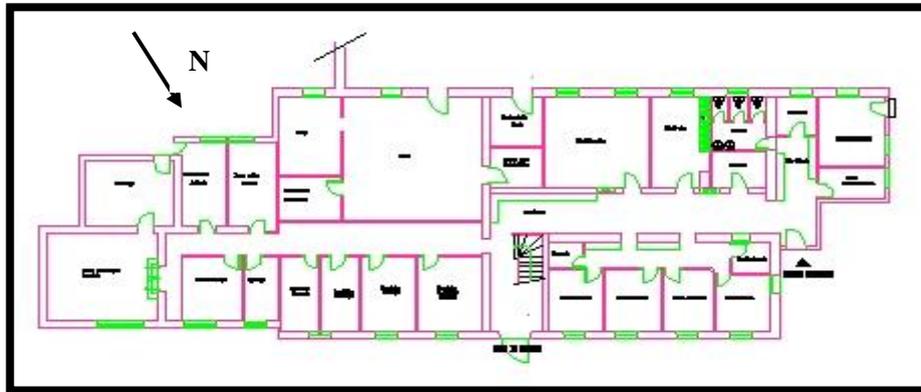
Pour l'étude du service, nous avons établi une fiche technique comprenant :
Des informations générales sur le service (Tab.III.2).

CHAPITRE N°3 : PHASE OPERATIONNELLE

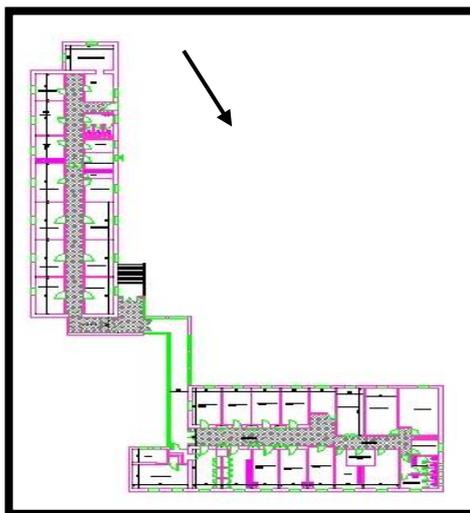
Tab.III. 2 : Données sur le bâtiment.

Date de construction	Avant l'indépendance
Date de restauration	Année 2008
Niveau du service	R+1
Surface chauffée	811, 33m ²
Données techniques	Le procédé constructif utilisé dans le service c'est la construction en pierre
Forme du service	Forme en L 

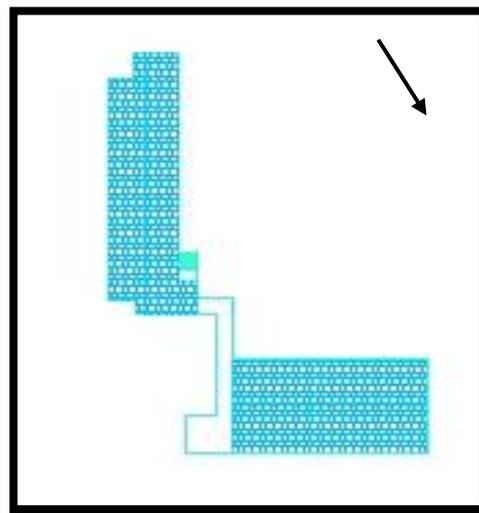
Le plan du RDC, 1^{er} étage et la terrasse :



Plan du RDC (urgences pédiatrique)



Plan 1^{er} étage (service hospitalisation)



Plan terrasse

Fig III-12: Plans des différents niveaux (Source : CD. ROM service technique de L'hôpital)

CHAPITRE N°3 : PHASE OPERATIONNELLE

Le service de pédiatrie compose de deux niveaux :

- Service d'urgence pédiatrique située au RDC ;
- Service d'hospitalisation pédiatrique au 1^{er} étage.

*On a choisi pour étude thermique le service d'hospitalisation pédiatrique

Un descriptif des matériaux de construction (Tab. III. 3) qui joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure, elle intervient comme stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de cette dernière à l'air intérieur et extérieur, la composition de l'enveloppe est donnée dans le tableau suivant :

Tab. III. 3 : composition de l'enveloppe du service

composantes de l'enveloppe	Matériaux utilisés
Parois extérieures 	Parois en Pierre
Fenetre 	Fenêtre bois simple vitrage : verre clair d'épaisseur 4 mm posé au mastic avec volet en bois.
Toiture 	Toiture en tuile
Planchers	Voûte en pierre avec fer raté

Afin d'améliorer le confort thermique et le rendement énergétique du service d'hospitalisation, on doit étudier les performances énergétiques de dit service.

Dans ce cas, on a choisi la **chambre d'hospitalisation N°04** située au niveau 1^{er} étage du service d'hospitalisation comme chambre d'étude.

I.4 Conception de la chambre d'hospitalisation N°04 (cas d'étude) :

1-forme et dimension :

- la forme de la chambre est rectangulaire ;
- La surface de la chambre est de 21.20m² ;
- La hauteur sous plafond est de 3m ;
- Capacité en lits : 03 lits.

2-ouvertures :

A/Porte : l'entrée de la chambre c'est d'une porte en bois, un seul vantail (2,00 m x0.94 m) s'ouvrant vers l'intérieur ;

B/fenêtre : La fenêtre est initialement de type carré de 1.56 m² avec les dimensions suivantes :
Largeur : 1.2 m
Longueur : 1.3 m

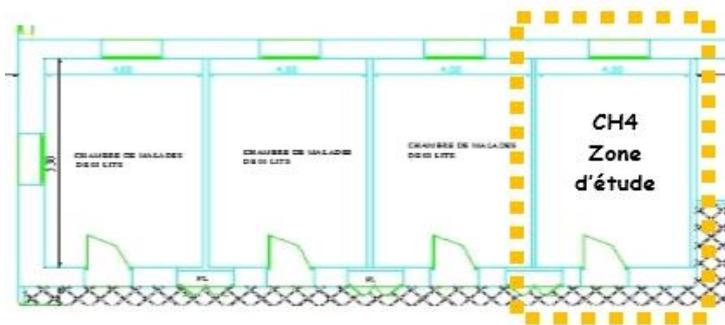


Fig III-13:forme ,dimension et localisation de la chambre d'hospitalisation N°04 (Source : Auteur).

I.5. Investigation du cas d'étude : chambre d'hospitalisation N°04

Cette recherche s'appuie sur deux approches principales :

1/approche qualitative :

L'approche qualitative est consacrée à l'interprétation des résultats de l'enquête (voir annexe A), il sera question d'évaluer les paramètres de l'ambiance thermique de la chambre d'hospitalisation N°04 d'un point de vue des occupants et de déterminer leur degré de satisfactions des conditions thermiques de la chambre,

Le questionnaire a été soumis à 08 personnes dont 03 enfants malades ,03 gardes mamans et 02 infirmières.

La passation du questionnaire s'est fait d'une manière directe en présence de l'auteur ;

La méthode utilisée pour l'analyse des résultats est celle « des tris à plat », elle consiste à calculer le pourcentage de chaque réponse proposée dans les questionnaires par rapport au nombre total de réponses, les résultats sont présentés sous forme de graphique en utilisant le logiciel Microsoft Office Excel .

Analyse et interprétation des résultats de l'enquête de la Période hivernal :

Le questionnaire est remplie aux environ 11 heures, une autre partie concerne l'après-midi est remplie aux environ 16 heures.

Cette enquête vise principalement à évaluer la perception des enfants malade de leur ambiance thermique.

A/température : Evaluation par les occupants et les utilisateurs

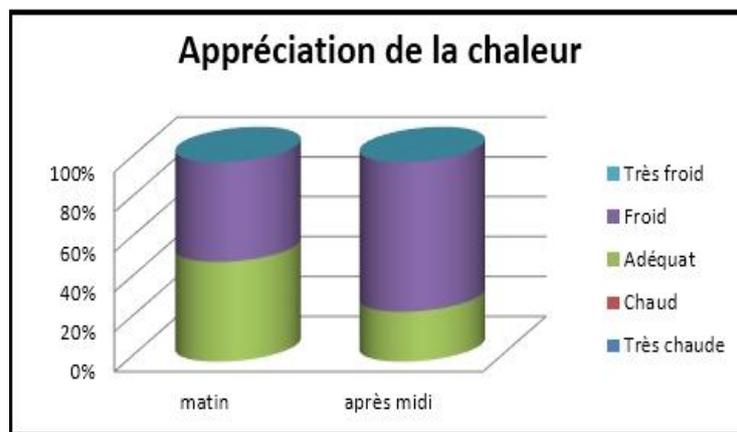


Fig III-14 :Appréciation de la chaleur (Source : Auteur)

La perception des occupants vis-à-vis de la température pendant la matinée varie entre **froide (50%)** et **adéquat (50 %)** ,(selon la sensibilisation de chaque personne).

Pendant l'après-midi N.

La perception des occupants tend vers une ambiance **froide**.

B/humidité de l'air : Evaluation par les occupants et les utilisateurs.

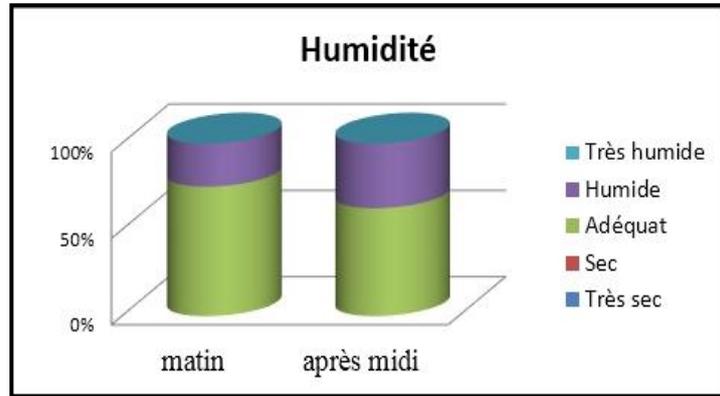


Fig III-15:évaluation de l'humidité de l'air (Source : Auteur)

Pendant la journée, l'humidité de l'air est qualifiée **adéquate**.

C/l'enseillement :

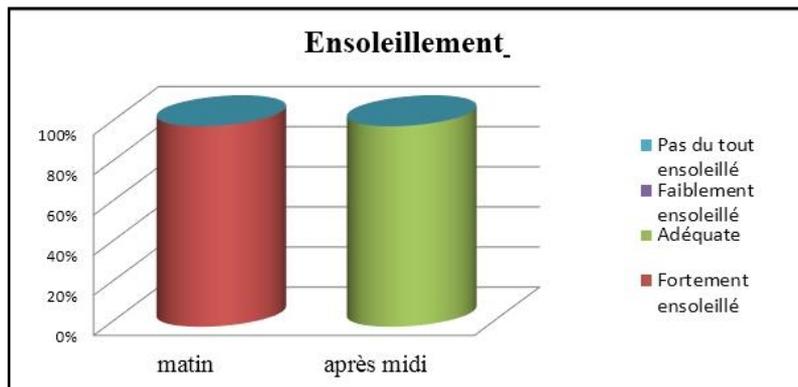


Fig III-16:évaluation de l'enseillement(Source : Auteur)

Globalement les occupants pensent que pendant la matinée la chambre est **fortement ensoleillé**, l'après-midi La perception des occupants tend vers **un ensoleillement adéquate** ;

D/ besoin en chauffage :

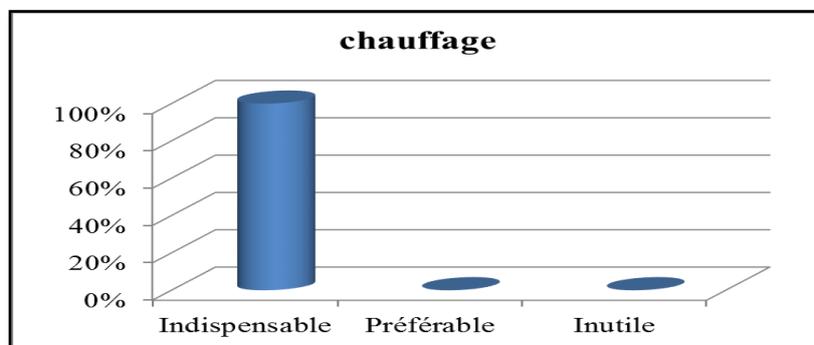


Fig III-17:besoin en chauffage(Source : Auteur)

Les occupants confirment que le chauffage est **indispensable** pendant la période hivernal ;

Analyse et interprétation des résultats de l'enquête de la Période estival :

A/température : Evaluation par les occupants et les utilisateurs

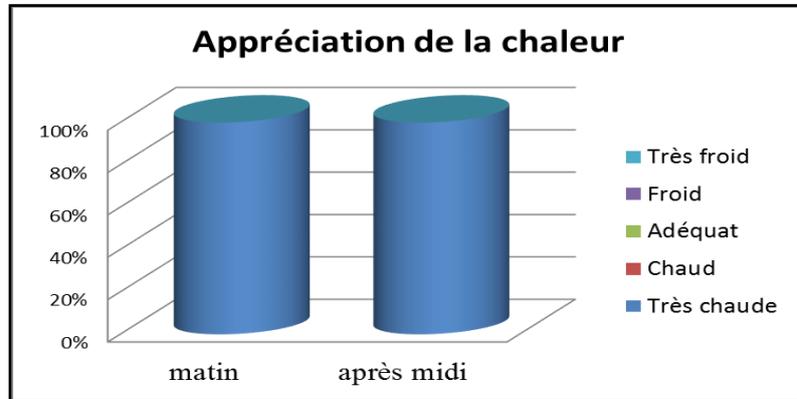


Fig III-18: Appréciation de la chaleur(Source : Auteur)

Globalement les occupants pensent que pendant la journée la chambre est **très chaude**

B/humidité de l'air : Evaluation par les occupants et les utilisateurs.

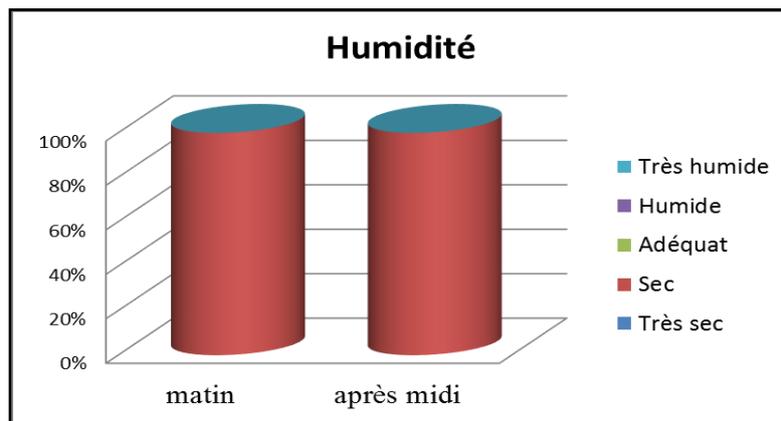


Fig III-19 :évaluation de l'humidité de l'air(Source : Auteur)

Pendant la journée, l'humidité de l'air est qualifiée **sec**,

C/l'enseillement :

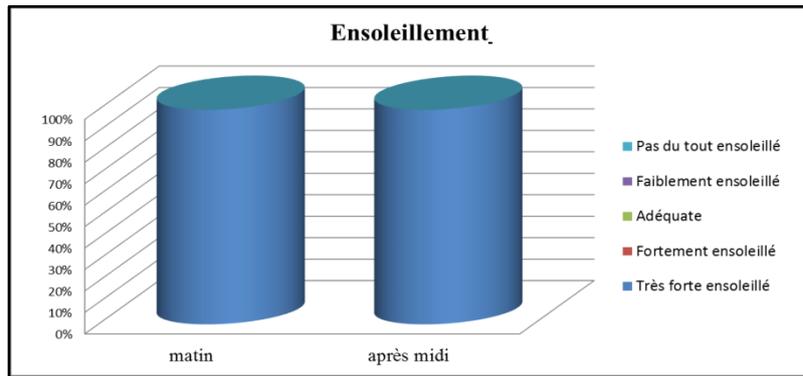


Fig III-20 : évaluation de l'enseillement(Source : Auteur)

Pendant la journée l'évaluation de l'enseillement est qualifiée **très forte enseillé**,

D/besoin en refroidissement :

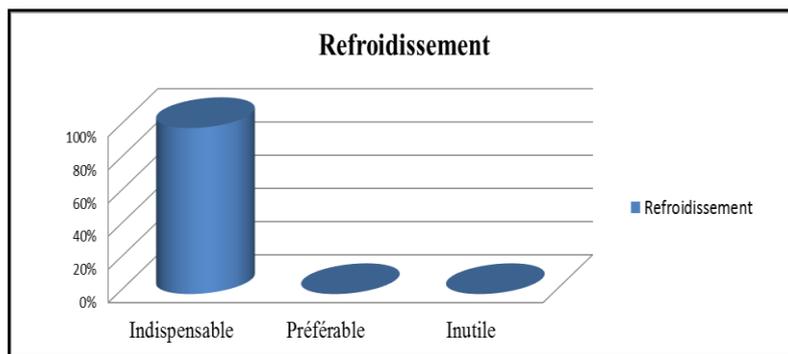


Fig III-21 : évaluation de l'enseillement(Source : Auteur)

Les occupants confirment que le refroidissement de la chambre est **indispensable** pendant la période estival

Les résultats du questionnaire donnant le premier pas pour améliorer énergétiquement le service mais ils sont insuffisants, donc il faut faire une simulation thermique dynamique de l'état des lieux pour un meilleur résultat.

2/approche quantitative : simulation thermique dynamique du projet

-L'objectif fixé est de vérifier la qualité de l'isolation de l'enveloppe du service ainsi que ses performances thermiques par la simulation thermique dynamique.

-On fait cette simulation sur la chambre d'étude (chambre hospitalisation N°04).

A-Pourquoi la simulation thermique dynamique ?

La simulation thermique dynamique simule au pas de temps horaire le métabolisme du bâtiment en fonction de la météo, de l'occupation des locaux,... Au final, on accède aux températures, aux besoins de chauffage/climatisation, aux apports solaires...heure par heure dans les différentes zones prédéfinies du bâtiment.

Une STD est nécessaire en phase de réhabilitation d'un projet existant, Dans ce dernier cas, on réalise une série de STD pour tester différentes solutions techniques a tout niveau .

Les outils disponibles sur le marché sont nombreux, les plus répandus sont : **COMFIE-PLÉIADES**, ECOTECT, TRANSYS, TAS, ...

B-Le logiciel utilisé dans le cas d'étude :

Le logiciel utilisé pour réaliser cette étude est **PLEIADES+COMFIE**. Il est composé de deux modules principaux : ALCYONE et PLEIADES.

-Pléiades + Comfie :

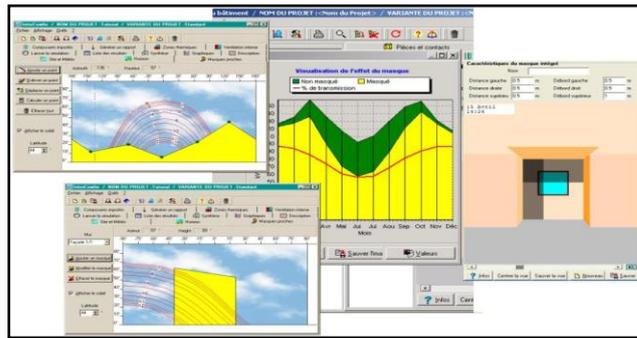


Fig III-22 :Interface du logiciel Comfie-Pléiades(Source :logiciels.i3er.org)

Pléiades+Comfie est un outil de simulation thermique dynamique Il permet notamment de déterminer des besoins de chauffage et de refroidissement, et de définir des niveaux d'inconfort grâce à une modélisation multizone, il intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux. Le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon un scénario horaire pour une semaine type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations).

-Alcyone :

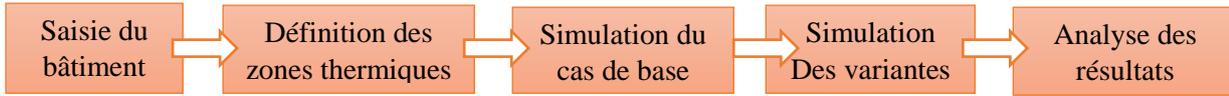
Est un modeleur graphique simple et efficace de PLEIADES permet de dessiner le bâtiment à partir de plan 2D, saisir graphiquement en 3D, et d'importer les données vers l'interface graphique de PLEIADE-COMFIE.

-Métronome:est une référence complète météorologique.

Il vous donne accès à des données météorologiques pour divers applications pour n'importe quel endroit dans le monde.

C-Démarche suivie pour la simulation :

La réalisation de l'étude STD se décompose en plusieurs étapes, résumées ci-dessous :



Saisie du bâtiment : La première étape consiste en la saisie du bâtiment dans le logiciel (Saisie des compositions de parois, Saisie des vitrages, Saisie des scénarii de fonctionnement du bâtiment (occupation, ventilation, chauffage, rafraîchissement, puissance dissipée...), Choix du site et des données météorologiques.

D-Définition des zones thermiques :

Conception du plan sur le logiciel Alcyone et découper en défirent zones thermique, généralement une zone thermique étant associée à une pièce ou à un regroupement de pièces de même typologie , dans notre cas la zone thermique de la chambre N°04 est la zone du cas d'étude, les autre zones thermique (**zone RDC ,hall ,espace humides ,autres chambres ,et bureaux**)sont influencéssur l'espace d'étude (échange thermique) ,pour cela la simulation des autre zones est indispensable pour des résultatsproches de la réalité.

E-Simulation du cas de base et des variantes :

Une fois les éléments des étapes précédentes vérifiés, la simulation peut être lancée. La première simulation effectuée, appelée cas de base, correspond toujours au bâtiment dans son **état initial**. C'est la **simulation de référence** pour le projet.

En fonction des objectifs de l'étude STD, des variantes sont ensuite simulées. Ces variantes peuvent intervenir sur les épaisseurs d'isolants, les caractéristiques des vitrages, la présence et Une simulation est effectuée pour chaque valeur du paramètre étudié.

H-Analyse des résultats :

Le comportement thermique de l'objet simulé peut être défini grâce à de nombreux paramètres qui constituent le résultat du calcul (Besoin de chauffage et climatisation (kWh/m².an), Diagramme et Histogramme des températures atteintes en fonction du temps..., Evolution des températures suivant plusieurs échelles de temps.) ;

I.6.Simulation thermique dynamique de l'état actuel du service d'hospitalisation pédiatrique (niveau 1er étage):

Les simulations a pour objet de définir les besoins en chauffage, la puissance de chauffage pour la saison hivernale, et besoin en climatisation, la puissance de climatisation pour la saison estivale du service d'hospitalisation située au niveau 1^{er}étage.

On se base sur les besoin en chauffage climatisation de la chambre d'étude N°4

Simulations du service d'étude basent sur des données climatiques du site (tab III.4)

Donnés climatique ville d'Alger (commune d'El Biar)					
altitude	70 m	latitude	36.70	longitude	3.20
Température minimale	10°C	Température maximale	35°C		

Tab III .4 : les données de situation et climat (Source : meteonorme7)

CHAPITRE N°3 : PHASE OPERATIONNELLE

I.6 .1.Définition de la composition des parois, planchers :

Conductivité λ :W/(m.K) ,- Masse volumique : MV kg/m³ ,Résistance : R (m².K)/W

Mur intérieur service					
composants	T	cm	Kg/m ²	λ	R
enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06
Brique creuse de 5 cm	E	5.0	36	0.50	0.10
enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06
Total		9.0	96		0.22

Mur extérieur service					
composants	T	cm	Kg/m ²	λ	R
Enduit extérieur		2.0	34	1.15	0.02
Calcaire ferme		50	1100	1.70	0.29
enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06
Total		54	1164		0.37

Tab III .5 : paroi intérieur(Source : Auteur)**Tab III .6 :**paroi extérieur(Source : Auteur)

Plancher RDC					
Composants	T	cm	Kg/m ²	λ	R
Béton lourd	M	20	460	1.75	0.11
Polystyrène expansé	M	4	1	0.04	1.03
Mortier	M	5	100	1.15	0.04
carrelage	M	2	46	1.70	0.01
Total		31	607		1.19

Plancher intermédiaire service					
Composants	T	cm	Kg/m ²	λ	R
Brique pleine de 5.5cm	E	5.5	94	1.10	0.05
Béton lourd	M	10.0	230	1.75	0.06
Mortier	M	3.0	60	1.15	0.03
Carrelage	M	2.0	46	1.70	0.01
Total		20.5	430		0.15

Tab III.7:plancher RDC (Source : Auteur) **Tab III.8:** plancher intermédiaire(Source : Auteur)

Toiture Incliné service					
Composants	T	cm	Kg/m ²	λ	R
Terre cuite	M	1.0	19	1.15	0.01
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04
Total		3.8	29		0.21

Tab III .9 : Toiture Incliné (Source : Auteur)

I.6 .2.Définition de la composition de la menuiserie et caractéristique du vitrage :

Fenêtre en bois simple vitrage				
Composants	cm	R	λ	U_v
Bois	4	0.35	0.15	/
Vitrage	0.4	0.2	0.2	4.95

Porte intérieur en bois			
Composants	cm	R	λ
Bois	4	0.26	0.15

Tab III .10 : fenêtre en bois (Source : Auteur)**Tab III .11 :** porte en bois (Source : Auteur)

I.6 .3.Conception du plan sur le logiciel Alcyone :

Pour étudier la performance thermique de la chambre d'étude on a pris en considération le niveau RDC comme zone N°01, voir figure III-23.

Le niveau 1^{er} étage on a divisé au plusieurs zone, l'étude est faite sur la chambre N°04 de ce niveau encadré en pointillé rouge dans la figure III-24.

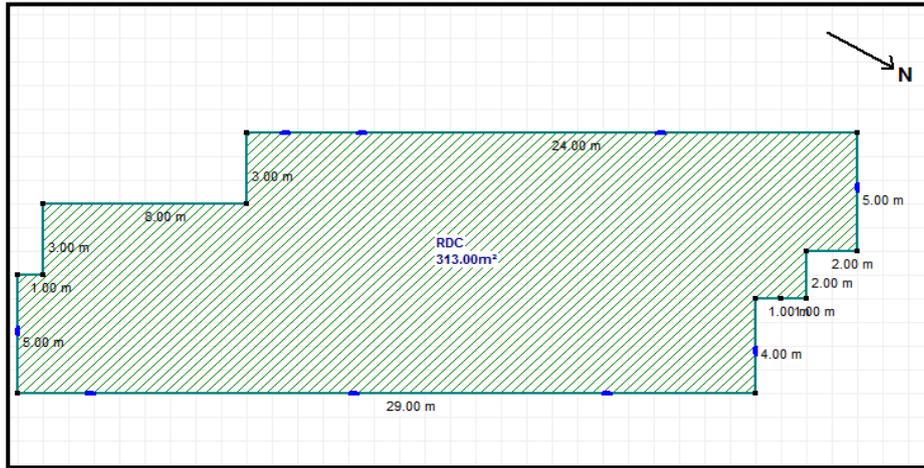


Fig III-23 :plan de RDC alcyone(Source : Auteur)

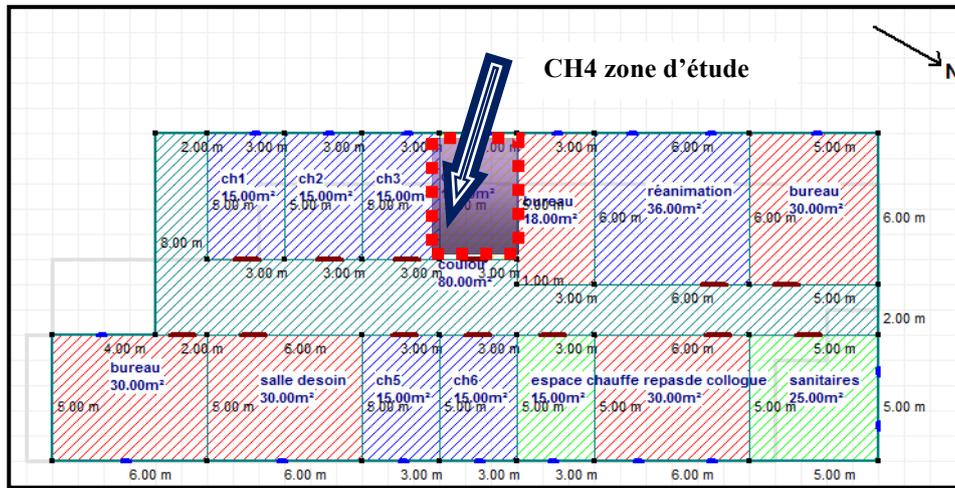


Fig III-24:plan de 1^{er} étage alcyone(Source : Auteur)

I.6 .4.Définition des scénarios :

Les scénarios utilise pour la simulation thermique dynamique de notre projet par le logiciel Pleiade-Comfie sont :

- Scenario des consignes de température :
- Chauffage 20°C pour la chambre d'hospitalisation N°04 (chambre d'étude) ;
- Scenario d'occupation (% d'occupation) : chambre N°04 occupes par 06 personnes (03 enfants malades + 3 gardes mamans).
- Scenario de ventilation : ventilation d'hiver et ventilation d'été.

I.6 .5.Résultats de la simulation thermique dynamique de l'état actuel du service sans consignes de température :

Période d'hiver :

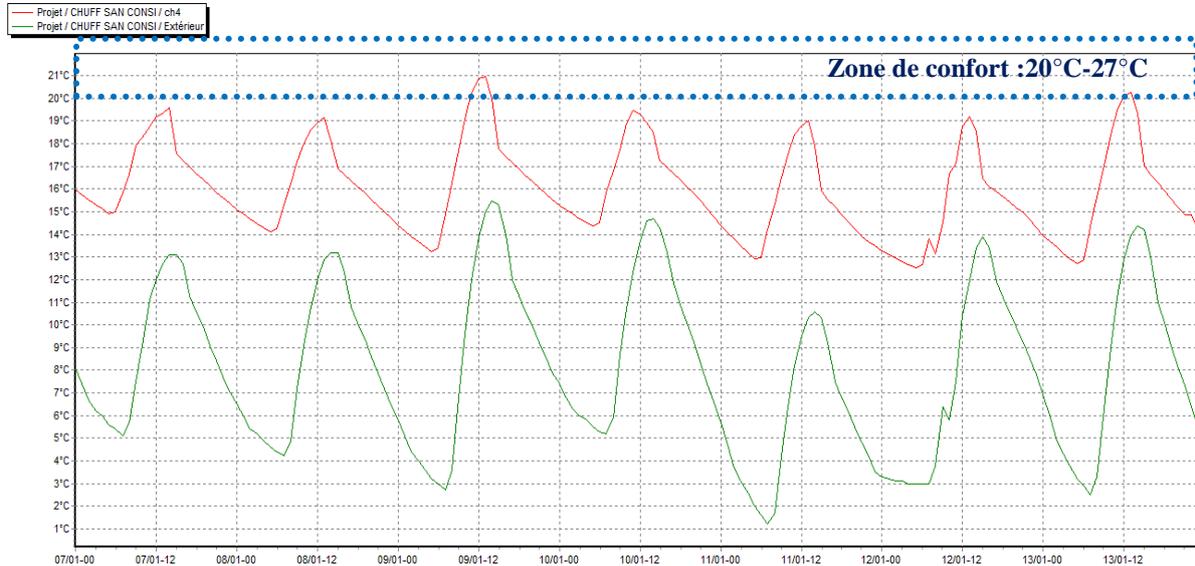


Fig III-25 : Température du service en hiver sans consignes de température (semaine plus froide)

Ce diagramme présente les températures de chaque zone du service sans consigne de température en hiver.

La température de la chambre N°4 d'étude est entre 15°C et 19°C.

Période d'été :

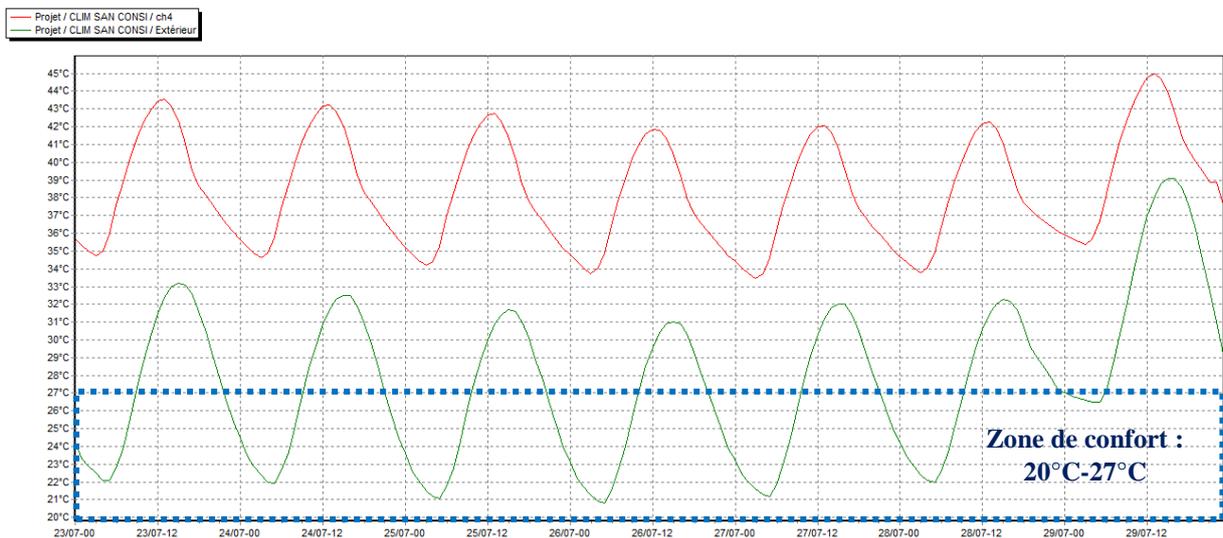


Fig III-26 : Température du service en été sans consignes de température (semaine plus chaude)

Ce diagramme présente les températures de chaque zone du service sans consigne de température en été.

La température de la chambre N°4 d'étude est entre 35°C et 43°C.

I.6 .Résultats de la simulation thermique dynamique de l'état actuel du service avec consignes de température :

Période d'hiver : dans cette simulation, on a chauffé la chambre N°4 à **20c°**.

La semaine la plus froide : du 08/01 au 14/01.

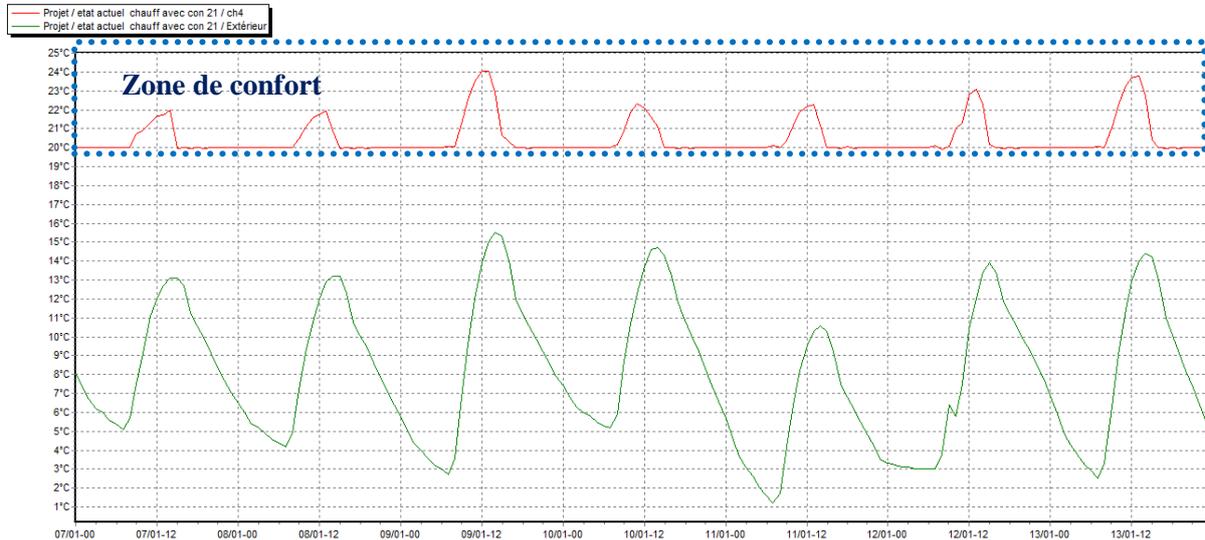


Fig III-27 : Température du service en hiver avec consignes de température (semaine plus froide)

Ce diagramme présente les températures de chaque zone du service avec consigne de température en hiver.

La température de la chambre N°4 d'étude est de **20°C**, on remarque que la température de l'état actuel du service avec consigne de température a été augmentée par rapport à la température de l'état actuel sansconsignes de température.

Période d'été: dans cette simulation, on a rafraîchi la chambre N°4 à **27 C°**.

La semaine la plus chaude : du 23/07 au 29/07.

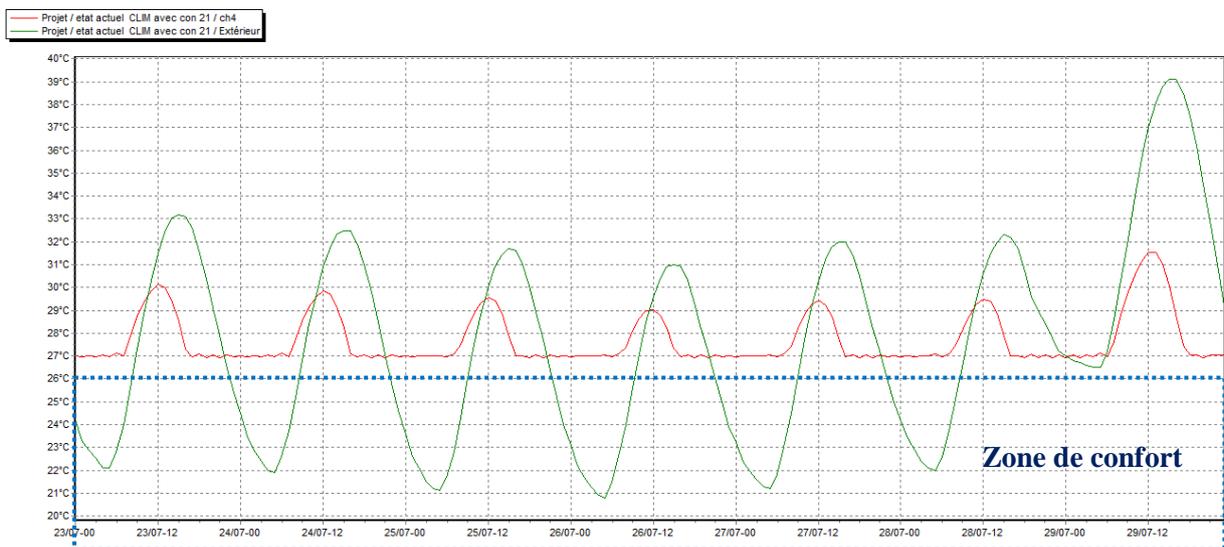


Fig III-28 :Température du service en été avec consignes de température (semaine plus chaude)

Ce diagramme présente les températures de chaque zone du service avec consigne de température en été.

La température de la chambre N°4 d'étude est entre **27°C** et **30°C**.

On remarque que la température de l'état actuel du service avec consigne de température a été diminuée par rapport à la température de l'état actuel sans consignes de température.

Le tableau ci-dessous montre les besoins de chauffage et de climatisation de la chambre.

Semaines	43-15	15-43	Besoins annuels	IPE kWh/m ² /an
Besoins de	Chauffage (KWH)	Climatisation (KWH)	Chauffage + climatisation	
Chambre N°04	529	2516	3045	143 ,63

Tab III .12 : Résultats de la consommation selon les périodes hiver et été

Les besoins annuels de la **chambre d'étude N°4** sont de **3045 kWh**, ceux-ci seront divisés par la surface de la chambre qui est de **21,20 m²** pour obtenir le résultat de **143 ,63kWh/m²/an**.

Nous retiendrons donc la nécessité et l'importance de l'isolation thermique de la chambre du service qui peut réduire de manière considérable la consommation énergétique de la dite chambre.

I.7.Amélioration de l'isolation thermique de la chambre d'hospitalisation :

Après la lecture et l'analyse des résultats de la simulation thermique sur la chambre d'hospitalisation N°04 , nous avons remarqué que cette configuration présente des défaillances du point de vue thermique qui induisent un inconfort des occupants, et Afin de remédier à cette situation, nous allons procéder à une proposition de correction par isolation thermique de l'enveloppe, qui est la mesure la plus courante dans ce genre de cas .

I.7.1 amélioration par isolation du mur extérieure : (Variante N°01)

Pour améliorer le rendement énergétique de la chambre N°4, on propose dans cette variante : l'isolation par l'extérieure du mur extérieur en pierre.

-On a choisi **Polystyrène extrudé de 10.00 cm** d'épaisseur comme isolant (Tab III .13)

Mur extérieur isolé					
Composants	T	cm	Kg /m ³	λ	R
Enduit extérieur	M	2.0	34	1.15	0.02
Polystyrène extrudé	M	10.0	4	0.03	3.45
Calcaire ferme	M	50	1100	1.70	0.29
Enduit plâtre	M	2.0	30	0.35	0.06
Total		64	1168		3.82

Tab III .13 :paroi extérieure isolé (Source : Auteur)

-On a chauffé la chambre à **20 c°** et rafraîchi à **27 c°**.

NOTA : Les résultats graphiques de cette simulation se trouve en annexe n°2,

I.7.2 amélioration par isolation de la toiture inclinée :(Variante N°02)

Pour améliorer le rendement énergétique de la chambre N°4, on propose dans cette variante : l'isolation de la toiture inclinée.

-On a choisi **Laine de roche de 10.00 cm** d'épaisseur comme isolant (Tab III .14).

Toiture Incliné isolé					
Composants	T	cm	Kg/m²	λ	R
Terre cuite	M	1.0	19	1.15	0.01
Lame d'air > 1.3 cm	E	1.5	0	0.09	0.16
Laine de roche	M	10	30	0.04	2.44
Placoplatre BA 13	E	1.3	10	0.32	0.04
Total		13.8	59		2.65

Tab III .14 : Toiture inclinée isolée (Source : Auteur)

-On a chauffé la chambre à **20 c°** et rafraîchi à **27 c°**.

NOTA : Les résultats graphiques de cette simulation se trouvent en annexe n°2.

I.7.3 amélioration par le remplacement de la fenêtre simple vitrage par fenêtre en PVC double vitrage :(Variante N°03)

Dans cette variante on propose le changement de la fenêtre en bois simple vitrage par une **fenêtre en PVC double vitrage 4/12/4** pour constater le rendement énergétique dans ce cas (Tab III.15).

Type fenêtre	Nombre de vitrage	% de vitrage	Coff U vitrage W /M²k	Facteur solaire
Fenêtre en PVC double vitrage 4/12/4	2	70%	2 .80	0.81

Tab III.15 : Fenêtre en PVC double vitrage 4/12/4 (Source : Auteur)

-On a chauffé la chambre à **20 c°** et rafraîchi à **27 c°**.

NOTA : Les résultats graphiques de cette simulation se trouvent en annexe n°2.

I.7.4 amélioration par renforcement de l'isolation :(Variante N°04)

Dans cette variante, on renforce l'isolation par l'utilisation du mur extérieur isolé, toiture inclinée isolée et fenêtre isolée.

Variante N°04 = variante N°01 + variante N°02 + variante N°03

-On a chauffé la chambre à **20 c°** et rafraîchi à **27 c°**.

NOTA : Les résultats graphiques de cette simulation se trouvent en annexe n°2.

I.8 .Résultats de la simulation thermique dynamique des variantes 1,2, 3, et 4 pour la chambre d’hospitalisation N°4 :

-Résultats graphique des besoins en chauffage et climatisation des variantes :

La lecture de garphe de la figure III-29 fait sortir que les besoin de chauffage et de climatisation sont diminués par rapport à la première simulation de l’état actuel.

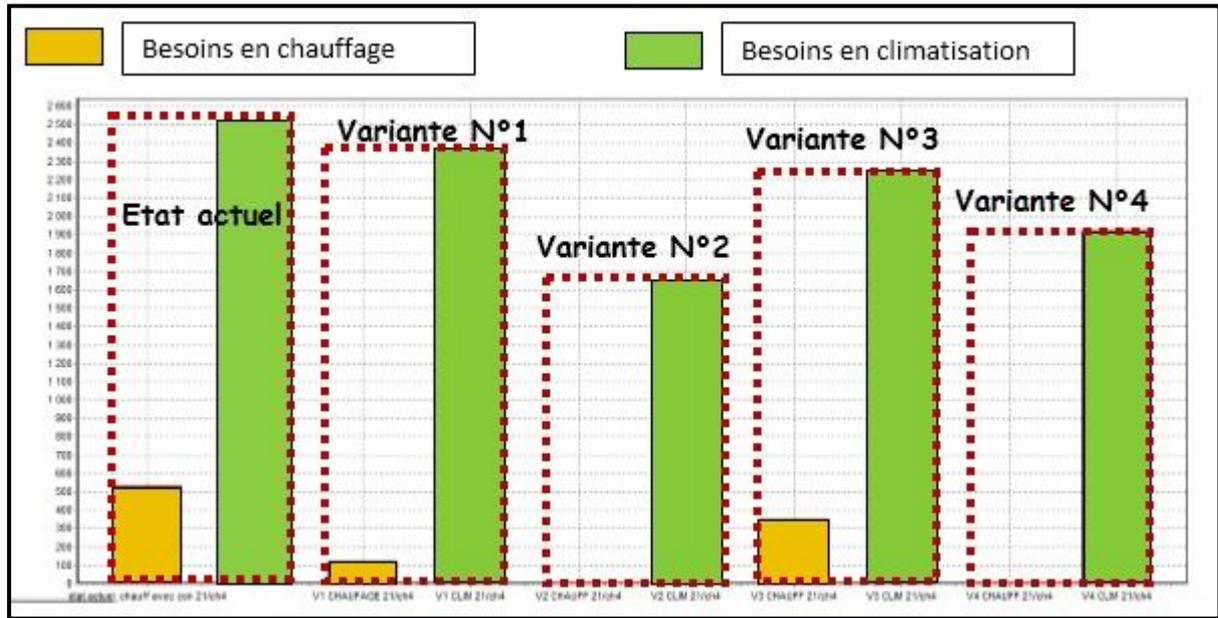


Fig III-29 : besoins de chauffage et climatisation des variantes de la chambre N°4 (Source : Auteur)

Le tableau cite ci-dessous montre les besoins en chauffage, climatisation et l’indice de performance énergétique des variantes pour la chambre N°4.

Zone d’étude	Semaines	43-15		15-43		IPE KWH/M²/AN
		Besoins de Chauffage (KWH)	Chauffage KWH/M²	Climatisation (KWH)	Climatisation KWH/M²	
Chambre hospitalisation N°4	Variante n°01 (mur extérieur isolé)	120	5.66	2359	111.27	116.93
	Variante n°02 (toiture isolé)	1	0.04	1647	77.69	77.73
	Variante n°03 (Fenêtre en PVC 4.12.4)	350	16.51	2245	105.89	122.40
	Variante n°04 $V_4=V_1+V_2+V_3$	0	0	1920	90.56	90.56

Tab III .16 :Résultats de la simulation thermique dynamique des variantes (Source : Auteur)

La lecture de tableau III.16 fait sortir l’influence de l’isolation thermique élément par éléments : l’isolation de l’enveloppe extérieure a permis, tel qu’on l’a vu, d’améliorer thermiquement les performances du local étudié, mais la question qui se pose est : quelle part à chacun des éléments qui composent l’enveloppe pris séparément (toit, murs, fenêtre) dans cette amélioration ?.

1/Dans le cas d'isolation du mur extérieur de la chambre d'étude (variante N°01) par le polystyrène extrudé d'une épaisseur de 10 cm, on a remarqué que les performances énergétiques durant la saison d'hiver sont estimées à **5.66 kwh/m², (IPE)**.

Les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **111.27 kwh/m², (IPE)**.

Dans cette variante Les besoins annuelle de la chambre sont généralement ceux du chauffage ainsi que de la climatisation, ils constituent un chiffre de **116.93kwh/m²/an, (IPE année)**.

2/dans le cas d'isolation de la toiture incliné (variante N°02) par l'utilisation de la laine de roche d'une épaisseur de 10 cm, on a remarqué que les performances énergétiques durant la saison d'hiver sont estimées à **0.04 kwh/m², (IPE)**, (la chambre d'étude n'a pas besoin de chauffage).

Les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **77.69 kwh/m², (IPE)**.

Les besoins annuelle de la chambre sont généralement ceux du chauffage ainsi que de la climatisation, ils constituent un chiffre de **77.73kwh/m²/an, (IPE année)**.

Dans cette variante on a constaté que les besoins en chauffage et climatisation ont été définis comme des pénuries importantes par rapport à l'état actuel de la chambre.

3/dans le cas de remplacement de la fenêtre simple vitrage par fenêtre en PVC double vitrage 4.12.4 (Variante N°03), on a remarqué que les performances énergétiques durant la saison d'hiver sont estimées à **16.51kwh/m², (IPE)**.

Les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **105.89kwh/m², (IPE)**.

Les besoins annuelle de la chambre sont généralement ceux du chauffage ainsi que de la climatisation, ils constituent un chiffre de **122.40 kwh/m²/an, (IPE année)**.

Dans cette variante on a constaté que les valeurs des besoins en chauffage et climatisation sont élevées par rapport aux autres variantes.

4/dans le cas de renforcement de l'isolation (Variante N°04), on a remarqué que les performances énergétiques durant la saison d'hiver sont estimées à **0.00 kwh/m², (IPE)**. (la chambre d'étude n'a pas besoin de chauffage).

Les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **90.56 kwh/m², (IPE)**.

Dans cette variante les besoins annuelle de la chambre sont généralement ceux du chauffage ainsi que de la climatisation, ils constituent un chiffre de **90.56 kwh/m²/an, (IPE année)**.

Après l'analyse et la comparaison des résultats des variantes et pour répondre à la question citée Ci-dessus, on a constaté que la mesure d'isolation la plus efficace serait **l'isolation de la toiture** (variante N°02), Puisque dans la période d'été le toit est la partie qui reçoit le plus de rayonnements solaires, contrairement à l'hiver.

Dans la période estival, la chambre N°04 besoin **77.69 kwh/m²(IPE)** pour le rafraîchissement à cause de **l'effet de thermos** (chaleur reste stockée).

I.9 .optimisation de l'efficacité énergétique en période estival :

Pour améliorer l'efficacité énergétique de la chambre et éviter **l'effet de thermos** en période estival, il faut améliorer la ventilation de la chambre, l'occultation de la fenêtre, et aussi étudier l'effet de l'épaisseur de l'isolant (Fig III-30).

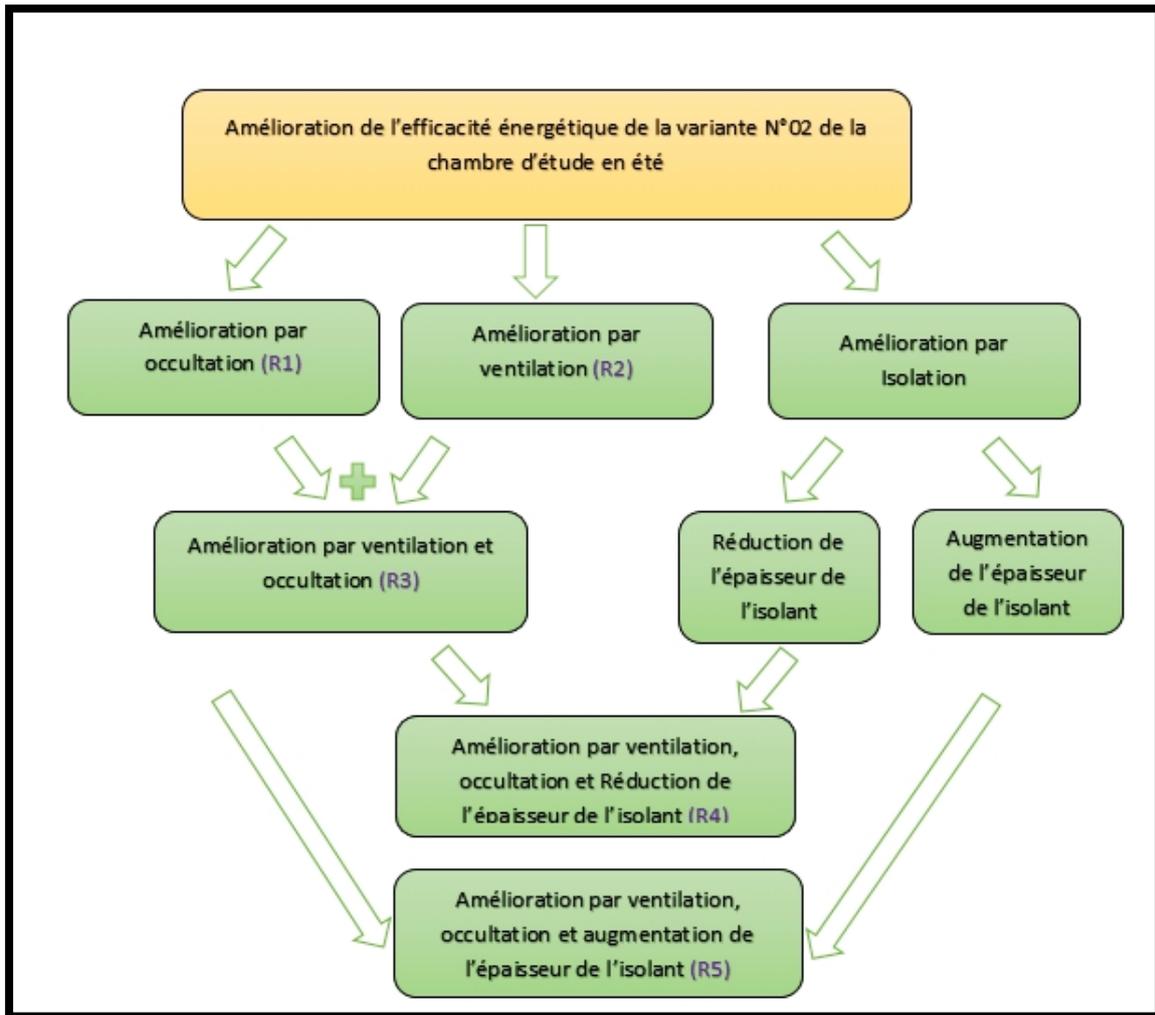


Fig III-30 : l'amélioration de l'efficacité énergétique de la chambre en période estival (Source : auteur)

I.9 .1.Résultats de la simulation thermique d'Optimisation de l'efficacité énergétique la chambre d'hospitalisation N°4 :

On traduit ces résultats sous forme des tableaux et graphes ;

1/Résultats de la simulation thermique de la variante N°2 dont la chambre est bien ventilée :

Dans ce cas on a augmenté le débit de la ventilation naturelle (débit =1vol/h), on ouvre la fenêtre et la porte de la chambre au même temps dans la période estival.

Le tableau ci-dessous montre les besoins en climatisation.

Zone d'étude	Semaines Besoins de	15-43	
		Climatisation (KWH)	Climatisation KWH/M²
Chambre hospitalisation N°4	Bonne ventilation de la Variante n°02 par l'augmentation du débit (débit =1vol/h)	1511	71.27

Tab III .17: Résultats de la simulation thermique de la variante N°2 dont la chambre est bien Ventilé : (Source : Auteur)

CHAPITRE N°3 : PHASE OPERATIONNELLE

La lecture de ce tableau III.17 fait sortir que les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **71.27 KWH/M². (IPE)**.

Ils sont diminués par rapport aux besoins de la variante N°02 du tableau III.16. (**IPE = 77.69 kwh/m²**).

2/Résultats de la simulation thermique de la variante N°2 avec amélioration de l'occultation :

Dans ce cas on a réduit la surface qui permet la pénétration de la chaleur en été par l'utilisation des volets.

Le tableau cite ci-dessous montre les besoins en climatisation.

Tab III .18: Résultats simulation thermique de la variante N°2 avec amélioration de l'occultation (Source : Auteur)

Zone d'étude	Semaines Besoins de	15-43	
		Climatisation (KWH)	Climatisation KWH/M ²
Chambre hospitalisation N°4	Variante n°02 avec réduction du taux de vitrage de la fenêtre	1625	76.65

La lecture de ce tableau III.18 fait sortir que les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **76.65 KWH/M² (IPE)**, dans ce cas on a constaté que la valeur des besoins en climatisation est élevée par rapport aux besoins de la variante N°2 dont la chambre est bien ventilée.

3/Résultat de la simulation de la variante N°2 dont le cas de l'amélioration d'occultation et la bonne ventilation naturelle de la chambre durant l'année :

On a fait une simulation thermique de la chambre durant toute l'année pour avoir la valeur de l'indice de performance énergétique de la chambre d'étude,

Dans ce cas, on a augmenté le débit de la ventilation naturelle et aussi améliorer l'occultation de la chambre au même temps,

Le tableau cite ci-dessous montre les besoins en chauffage, besoins en climatisation

Semaines Besoins de	43-15		15-43		IPE KWH/M ² /AN
	Chauffage (KWH)	Chauffage KWH/M ²	Climatisation (KWH)	Climatisation KWH/M ²	
Chambre N°04 (Variante N°2 amélioré) (Résultat N°03)	1	0.04	1436	67.74	67.78

Tab III .19: Résultats simulation de la variante N°2 dont le cas de l'amélioration d'occultation et la bonne ventilation de la chambre durant l'année (Source : Auteur).

La lecture de ce tableau III.19 fait sortir que la chambre d'étude n'a pas besoin de chauffage (**IPE = 0.04 KWH/M²**) durant la saison d'hiver.

Les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **67.74 KWH/M² (IPE)**, ils sont diminuer par rapport aux autres résultats ;

CHAPITRE N°3 : PHASE OPERATIONNELLE

Les besoins annuels de la chambre sont généralement ceux du chauffage ainsi que de la climatisation, ils constituent un chiffre de **67.78 kwh/m²/an**, (IPE année).

4/ Résultat de la simulation de la variante N°2 ont le cas de la réduction de l'épaisseur de l'isolant (E=5 cm), amélioration d'occultation et la bonne ventilation de la chambre :

Dans ce cas on réduit l'épaisseur de la laine de roche (**E=5cm**), et aussi on améliore la ventilation et l'occultation de la chambre,

Le tableau ci-dessous montre les besoins en chauffage, besoins en climatisation

Semaines	43-15		15-43		IPE KWH/M ² /AN
Besoins de	Chauffage (KWH)	Chauffage KWH/M ²	Climatisation (KWH)	Climatisation KWH/M ²	
Chambre N°04 (Variante N°2 amélioré) (Résultat N°04)	11	0.51	1516	71.51	72.02

Tab III .20: Résultat de la simulation de la variante N°2 dont le cas de la réduction de l'épaisseur de l'isolant (Source : Auteur).

La lecture de ce tableau III.20 fait sortir que les performances énergétiques durant la saison d'hiver sont estimées à **0.51 kwh/m², (IPE)**.

Les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **71.51KWH/M² (IPE)**.

Les besoins annuels de la chambre sont généralement ceux du chauffage ainsi que de la climatisation, ils constituent un chiffre de **72.02 kwh/m²/an**, (IPE année).

Les besoins en chauffage et en climatisation sont augmentés par rapport aux résultats ci-dessus.

5/ Résultat de la simulation de la variante N°2 dont le cas de l'utilisation de deux couche croisé de l'isolant (E=26 cm), amélioration d'occultation et la bonne ventilation de la chambre :

Dans ce cas on a utilisé deux couche croisé de l'isolant laine de roche (**E=26 cm**), et aussi on améliore la ventilation et l'occultation de la chambre,

Le tableau ci-dessous montre les besoins en chauffage, besoins en climatisation.

Semaines	43-15		15-43		IPE KWH/M ² /AN
Besoins de	Chauffage (KWH)	Chauffage KWH/M ²	Climatisation (KWH)	Climatisation KWH/M ²	
Chambre N°04 (Variante N°2 amélioré) (Résultat N°05)	0	0	1349	63.63	63.63

Tab III .21: Résultat de la simulation de la variante N°2 dont le cas de l'utilisation de deux couche croisé de l'isolant (Source : Auteur).

La lecture de ce tableau III.21 fait sortir que la chambre d'étude n'a pas besoin de chauffage (IPE = 0.00 KWH/M²) durant la saison d'hiver.

Les performances énergétiques durant la saison d'été sont estimées à **63.63 KWH/M² (IPE)**.

I.9 .2.comparaison des Résultats des simulations de la variante N°2 :

L'interprétation de la comparaison des résultats des simulations est présentée par deux formes :

A/résultat par graphe :

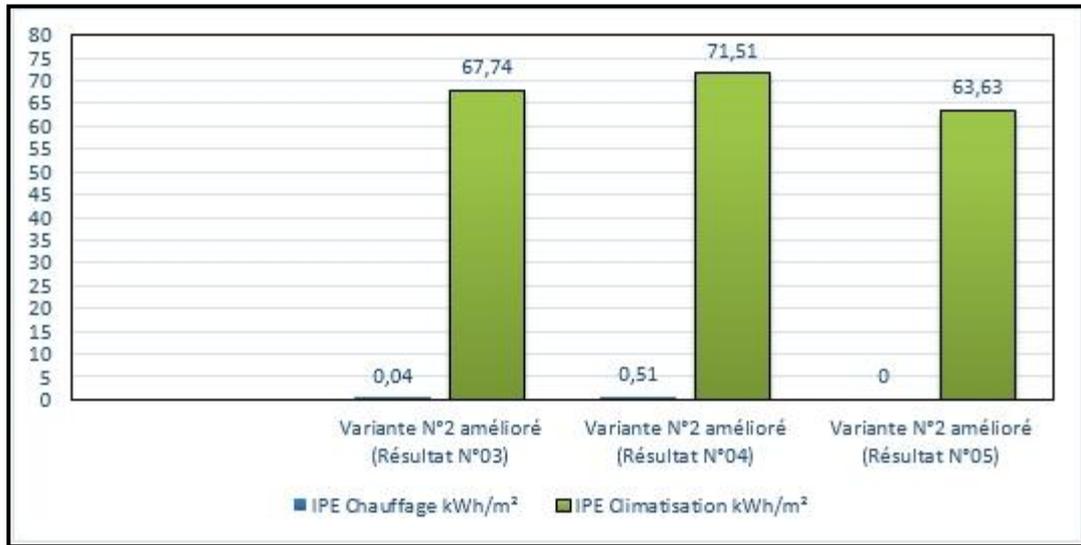


Fig III-31 : Résultats graphique des simulations de la variante N°2 (Source : auteur)

La lecture du graphique de la figure III-31 fait ressortir que les besoins en chauffage et en climatisation de la simulation de résultat n°05 de la variante N°02 sont faibles par rapport aux besoins des autres simulations.

B/résultat par tableau :

Le tableau ci-dessous montre les besoins en chauffage, climatisation et l'indice de performance énergétique des variantes pour la chambre N°4.

Zone d'étude	Semaines	43-15		15-43		IPE kWh/m²/an	IPE kWh/m²/an de l'état initial
		Besoins de Chauffage (KWH)	Chauffage KWH/M²	Climatisation (KWH)	Climatisation KWH/M²		
Chambre hospitalisation N°4	Variante N°2 amélioré (Résultat n°03)	1	0.04	1436	67.74	67.78	143,63
	Variante N°2 amélioré (Résultat n°04)	11	0.51	1516	71.51	72.02	
	Variante N°2 amélioré (Résultat n°05)	0	0.00	1349	63.63	63.63	

Tab III .22: comparaison des Résultats des simulations de la variante N°2 (Source : Auteur).

CHAPITRE N°3 : PHASE OPERATIONNELLE

La lecture de tableau III.22 fait sortir l'influence de l'isolation thermique, ventilation naturelle, et occultation sur l'efficacité énergétique de la chambre d'étude.

Après la comparaison des résultats des simulations de la variante N°2, on a constaté que la dernière simulation (résultat N°05) est la meilleure pour une bonne efficacité énergétique de la chambre d'étude, soit **IPE = 63.63kWh/m²/an**.

A la fin des simulations, on est arrivé selon l'étiquette européenne à se positionner le cas d'étude dans la **classe B**, (voir figures III-30 et III-31).

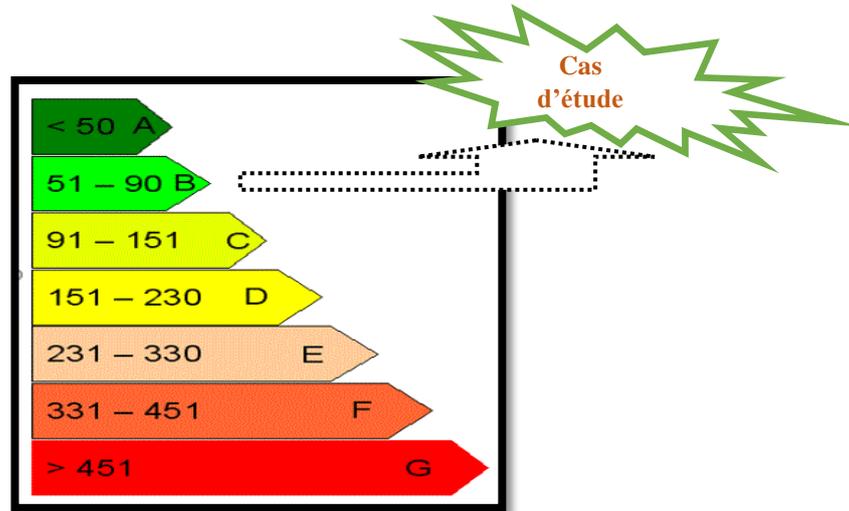


Fig III-32 : l'étiquette européenne (Source : www.ufcquechoisir-dordogne.org)

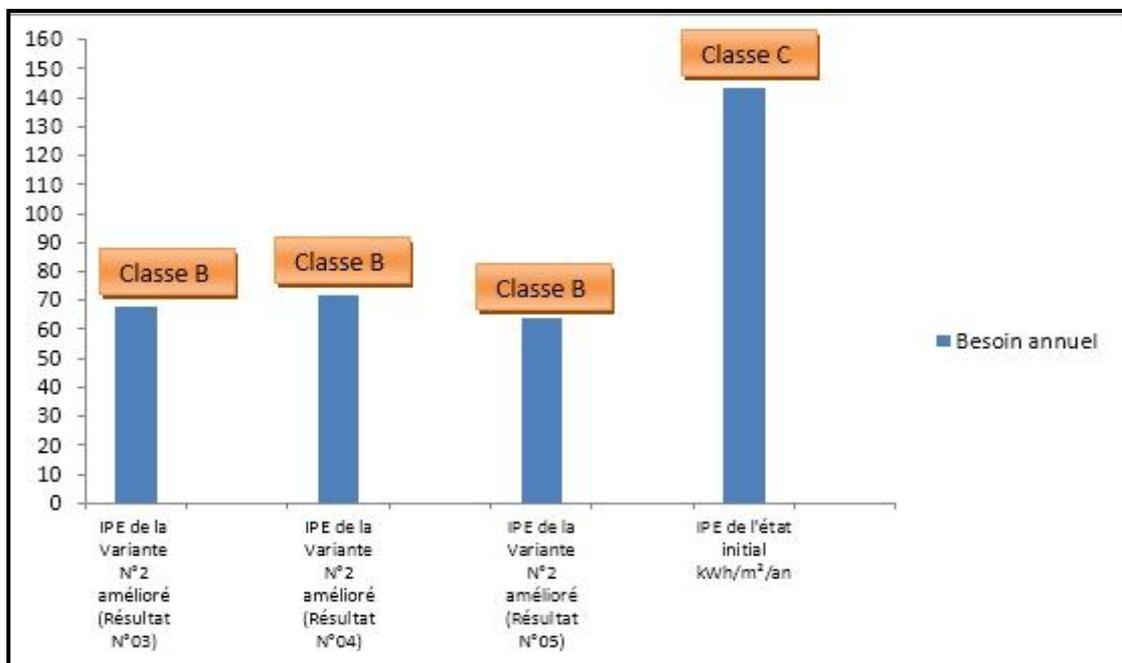


Fig III-33 : les besoins de la chambre d'étude avec le classement (Source : Auteur).

Synthèse :

Le but d'une réhabilitation thermique est de permettre, en même temps d'accroître le confort hygrothermique des occupants et de réduire la consommation d'énergies liées au chauffage et à la climatisation du service dans ce chapitre on a essayé de vérifier cette hypothèse par simulation thermique dynamique de la chambre d'hospitalisation N°4 du service à l'aide du logiciel PLEIADE-COMFIE.

Nous avons remarqué à partir des résultats de la simulation sur l'état initial sans amélioration l'absence du confort thermique dans cette chambre, cette situation est due à l'absence d'une barrière thermique efficace (isolant thermique) qui puisse réguler et équilibrer les déperditions et apports thermique en hiver et en été.

Afin de corriger cette situation, la réhabilitation thermique du service par l'amélioration de l'isolation thermique de son enveloppe (parties opaques et transparentes) a été proposée.

Après la simulation avec cette nouvelle configuration, on a noté une nette amélioration des performances thermiques, cette amélioration de l'ambiance intérieure est due à l'isolation thermique et grâce aussi à l'inertie thermique qui a un rôle très important ,elle assure l'équilibre hygrométrique durant la période estivale ,elle permet de laisser les flux thermiques et les température extrême ,et durant la période d'hiver elle évite les chutes trop brutales de la température et met bien en évidence la gestion optimale des apport de chaleur.

A la fin des simulations, on est arrivé selon l'étiquette européenne à se positionner le cas d'étude dans la classe B,

Une meilleure efficacité énergétique de notre projet d'étude, il faut rajouter la ventilation mécanique contrôlée VMC qui va permettre de rafraîchir l'air entrant et éventuellement permettre d'économiser de l'énergie sur la climatisation, et qui favorise le classement de notre cas d'étude a la classe A, mais malheureusement le logiciel ne permet pas d'introduire la VMC.

CONCLUSION GENERALE :

Les travaux présentés dans ce mémoire s'inscrivent dans la thématique de l'adaptation des établissements sanitaires en Algérie aux principes d'une l'architecture durable ; architecture qui répond au mieux à des besoins bien identifiés de ses utilisateurs, qui s'avère économique pour sa construction et son exploitation, enfin qui conduit au plus faible impact environnemental possible. En effet, au moment où le concept de développement durable prend une dimension universelle, le secteur sanitaire en particulier se trouve être au centre d'enjeux majeurs où il doit concilier deux mondes différents : celui de l'économie, et celui de l'écologie .

La réhabilitation thermique passe essentiellement par une parfaite connaissance de son environnement et des caractéristiques thermo-physiques du bâti (chapitre II) ; pour atteindre un confort thermique, en jouant sur des paramètres essentiels comme la température, l'humidité, les mouvements de l'air.

L'intérêt grandissant des nations développées pour la réhabilitation thermique est un indice d'efficacité et d'importance de ce type de démarche. La mise en revue du bilan des connaissances dans ce domaine, nous a éclairé sur les différentes approches de réhabilitation et les solutions et techniques adoptés, qui dans la majorité des cas, jouent sur l'ajustement des paramètres de confort par l'isolation de l'enveloppe, la réduction des ponts thermiques, la maîtrise de l'étanchéité, le perfectionnement de la ventilation, la protection solaire ainsi que d'autres solutions issues de stratégies de l'architecture bioclimatique.

D'un point de vue pratique, les résultats présentés dans cette étude montrent que le choix de l'enveloppe du service hospitalier de pédiatrie a une incidence notable sur la consommation d'énergie. Cependant, un mauvais choix peut coûter très cher au long terme vis-à-vis des dépenses énergétiques pour assurer le confort thermique à l'intérieur du service.

L'objectif de ce travail ayant été de tester des solutions en variant les isolants ainsi que leurs épaisseurs, le type de vitrage et de voir celles qui correspondent au mieux à notre service d'étude. Celles qui semblent constituer un bon compromis sont les suivantes : l'isolation extérieure de l'enveloppe du bâtiment, l'isolation de la toiture et la protection des baies vitrées exposées par l'utilisation du double vitrage peu émissif et des occultations solaires extérieures.

Enfin, aucun pays conscient de son avenir et de son développement ne peut se permettre des négligences dans ce domaine qu'est la réhabilitation thermique des établissements sanitaires existant. Il faut dès à présent mettre en place une stratégie permettant d'initier des programmes, des actions dans les domaines de la thermique du bâtiment et la maîtrise de l'énergie, orientés vers tous les utilisateurs. La sensibilisation, l'information, la mise en place d'une réglementation efficace et incitative doivent être les outils pour assurer un développement durable en harmonie avec l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages, ouvrages collectifs, publications, thèses, guides et actes de séminaires :

- MERZEG Abdelkader (Octobre 2010) : La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie.
- MEDJELEKH DALEL (Novembre 2006) : Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment.
- Belkacem BERGHOUT (Avril 2012) : Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie.
- BOUAMAMA WAHIBA (Mars 2013) : Au sujet de la politique d'efficacité énergétique en Algérie : approche systémique pour un développement durable cas de : programme Eco-bat.
- NAIT Nadia (2011) : La réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants cas du climat semi-aride de Constantine.

ADEME

- Améliorer le confort de votre maison, l'isolation thermique. Mars 2008.
- Améliorer le confort de votre maison, Le confort thermique, guide, Août 2007.
- Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°2 (2011) 301 – 311 :Contribution à l'étude de réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâtiment.
- Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°1 (2012) 1 – 12 : Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie.

Bonhomme, A.

- Isolation thermique des bâtiments. 4e édition mise à jour et augmentée. Ed. Du Moniteur, Paris 1979.

David, O. et Fabre, A.

- Les économies d'énergies dans l'habitat existant une opportunité si difficile à saisir. Ed. Ecole des mines. Paris 2007.

-LEHTIHET MOHAMED CHERIF : « Modification des microclimats urbains par la couverture végétale avec référence à la ville de Jijel » Mémoire de Magister, université de Jijel, 2007.

-**Sambou V.** « Transferts thermiques instationnaires : vers une optimisation de parois de bâtiments » Thèse de doctorat, Université de Toulouse 2008.

Sites internet :

<http://www.performance-energetique.lebatiment.fr/dossier/qu%E2%80%99est-ce-que-1%E2%80%99efficacite-energetique>

www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable

www.isover.fr

www.lemoniteur.fr

www.gedibois.fr

www.lebeton-naturellement.com

www.guidebatimentdurable.fr

www.menuiserie-manen.fr

www.abrenov.net/fr/quel-materiau

www.cder.dz

www.developpement-durable.gouv.fr

bassam.moujalled@entpe.fr

www.batitherm.ch

www.systemed.fr

www.pinterest.fr

<http://www.rt-batiment.fr/batiments-existants/dpe/presentation.html>

Documents graphiques :

Plan de masse et les plans de service pédiatrique de l'hôpital Birtraria, établi par le service technique de l'hôpital.

Sommaire

Remerciement

Résumé

ملخص

INTRODUCTION GENERALE -----	1
PROBLEMATIQUE GERNARALE : -----	2
Présentation du cas d'étude : -----	3
Problématique spécifique : -----	3
L'hypothèse : -----	4
Objectifs : -----	4
La methodologie du travail : -----	4
La structure du mémoire : -----	5
Premier chapitre : chapitre introductif -----	5
Deuxième chapitre : état de savoir -----	5
Troisième chapitre: phaseopérationnelle -----	5
Conclusion générale -----	5
Chapitre N°2: ETAT DE SAVOIR -----	6
Le contexte énergétique et environnemental -----	8
II.A.1 Epuisement des ressources d'énergie -----	8
II.A.1.1 Les différentes énergies -----	9
II.A.1.1.2.1 Les sources des énergies renouvelables -----	10
II.A.1.1.2.2 Avantage des énergies renouvelables : -----	11
II.A.1.2 Panorama de l'énergie en Algérie -----	11
II.A.1.3 Les sources d'énergie utilisée -----	11
II.A.1.4 Les énergies renouvelables en Algérie -----	12
Politique énergétique et les instruments déployés par l'état Algérien -----	12
LE CONFORT THERMIQUE -----	16
Le confort thermique -----	17
B.1 Généralités sur la notion du confort thermique -----	17
B.1.1 Confort thermique -----	17
B.2 Facteurs qui influencent le confort thermique -----	18
B.2.1 Facteurs liés à l'individu -----	18
B.2.2 Facteurs liés à l'environnement -----	19
B.3 Evaluation du confort thermique -----	20
B.3.1 Outils d'évaluation du confort thermique -----	20

B.3.2 Echelles d'évaluation du confort thermique	22
B.4 L'évaluation post occupationnelle « POE»	23
B.5 Les approche du confort thermique	23
B.5.1 L'approche analytique	23
B.5.2 L'approche adaptative	24
B.6 Le rôle de l'isolation thermique dans le confort thermique	24
B.6 .1 Isolation thermique	24
B.6 .2 Classifications des matériaux isolants	24
B.6 .3L'isolation écologique	26
B.6 .4 Les formes de base des matériaux isolants	26
Synthèse	26
LA REHABILITATION ENERGETIQUE	27
II.C. La réhabilitation énergétique	28
II.C.1. Qu'est-ce que la réhabilitation énergétique	28
II.C.2. Les principales solutions techniques de la réhabilitation énergétique	29
II.C.2.1.L'isolation des murs extérieurs	29
II.C.2.2.Isolation thermique par l'intérieur	32
II.C.2.3.Isolation thermique intermédiaire	34
II.C.2.4.Isolation thermique des toitures	35
II.C.2.5.Isolation thermique des planchers bas	37
II.C.2.6.Isolation des parois transparentes	37
II.C.3. Exemples de réhabilitation :	42
II.C.3. 1/ Rénovation d'une maison d'habitation de 1964 (Suisse) :	42
II.C.3. 2/ Réhabilitation d'un immeuble locatif des années 50 en Suisse :	45
II.C.4. Adaptation des techniques de réhabilitation au contexte algérien	49
A/ L'isolation des murs	49
B/L'isolation des toitures	49
C/ L'isolation des planchers bas	50
D/La réhabilitation des fenêtres et les protections solaires	50
E/La ventilation	50
Synthèse : Positionnement méthodologique	50
Chapitre N°3: PHASE OPERATIONNELLE	51
Investigation	52
I.1 Aperçu sur la ville d'Alger	52
I.2. Présentation de la commune d'EL Biar	53

I.2.1 Situation d'El Biar -----	53
I.2.2 analyse climatique de la commune d'EL Biar -----	53
I.3 Présentation du site du cas d'étude-----	56
I.3.1 Données sur le service d'hospitalisation pédiatrique-----	57
I.3.2 Caractéristiques climatiques du cas d'étude-----	57
I.3.3 l'enveloppe du service-----	58
I.4 Conception de la chambre d'hospitalisation N°04 (cas d'étude) -----	61
1-forme et dimension-----	61
2-ouvertures -----	61
I.5. Investigation du cas d'étude : chambre d'hospitalisation N°04-----	62
I.6.Simulation thermique dynamique de l'état actuel du service d'hospitalisation pédiatrique (niveau 1er étage) -----	67
I.6 .1.Définition de la composition des parois, planchers-----	68
I.6 .2.Définition de la composition de la menuiserie et caractéristique du vitrage -----	68
I.6 .3.Conception du plan sur le logiciel Alcyone-----	69
I.6 .4.Définition des scénarios -----	69
I.6 .5.Résultats de la simulation thermique dynamique de l'état actuel du service sans consignes de température : -----	70
I.6 .6.Résultats de la simulation thermique dynamique de l'état actuel du service avec consignes de température-----	71
I.7.Amélioration de l'isolation thermique de la chambre d'hospitalisation : -----	72
I.7.1 amélioration par isolation du mur extérieure : -----	72
I.7.2 amélioration par isolation de la toiture inclinée-----	73
I.7.3 amélioration par le remplacement de la fenêtre simple vitrage par fenêtre en PVC double vitrage -----	73
I.7.4 amélioration par renforcement de l'isolation : -----	73
I.8 .Résultats de la simulation thermique dynamique des variantes 1,2, 3, et 4 pour la chambre d'hospitalisation N°4-----	74
I.9 .optimisation de l'efficacité énergétique en période estival -----	75
I.9 .1.Résultats de la simulation thermique d'Optimisation de l'efficacité énergétique la chambre d'hospitalisation N°4-----	76
I.9 .2.comparaison des Résultats des simulations de la variante N°2 -----	79
Synthèse-----	81
CONCLUSION GENERALE -----	82