

4101.0017.001

7/0017

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

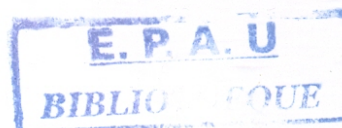
ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
EPAU

Laboratoire Ville, Urbanisme et Développement Durable
VUDD



Domaine : Ville, Urbanisme et Développement Durable

Option : L'Habitat Durable



**Amélioration de la consommation énergétique
dans le secteur résidentiel
par les opérations de réhabilitation énergétique**

Cas d'essai 1200 logements EPLF à Bâb Ezzouar

Présenté par :

BOUARABA Messiva

Encadré par :

Dr. DJIAR . K

JURY :

Président : M. SOUICI.

Membres : Mme. FERHAT . S

Mme.BENCHAABANE . M

Soutenu en Mai 2013

❖ RESUME

L'énergie est l'un des facteurs déterminants lié aux problèmes sociaux, environnementaux et économiques. Parmi les secteurs où les études pourraient être faites en vue de réduire la demande énergétique, est le secteur du bâtiment qui représente aujourd'hui plus de 40 % de la consommation énergétique totale. Les normes internationales et les exigences en matière de performances énergétiques et environnementales des constructions ne sont pas encore suffisamment intégrées aux processus de conception et de construction, ce qui a justement poussé les pouvoirs publics à la recherche de la meilleure efficacité dans le bâtiment et ce à travers plusieurs projets visant à la préservation des ressources et la systématisation d'une consommation utile et optimale.

Ce travail de recherche présente un essai de réhabilitation du parc logement existant en vue d'améliorer sa consommation en énergie et de contribuer à travers cette recherche au projet national d'efficacité énergétique.

Notre démarche méthodologique est basée sur l'élaboration d'un diagnostic des bâtiments afin de comprendre le comportement énergétique du bâtiment et d'envisager par la suite les interventions susceptibles de réduire sa consommation d'énergie fossile tout en améliorant le confort et l'état de la construction. Cette méthode nous a permis de proposer une gamme d'interventions et de mesures efficaces à suivre pour la réhabilitation énergétique des logements.

Mots clés :

Efficience énergétique - Secteur résidentiel - Réhabilitation énergétique - Consommation énergétique - Bilan énergétique

SOMMAIRE

CONTEXTE DE LA RECHERCHE

❖ Introduction	1
❖ Problématique.....	4
❖ Objectif de la recherche	5
❖ Démarche méthodologique.....	6

CHAPITRE 1 : L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT

- Introduction
- 1.1 Le logement efficient
- 1.2 L'efficacité énergétique dans le logement
 - a) L'isolation
 - b) Les installations
 - c) La ventilation
 - d) L'éclairage
- 1.3 Le bâtiment a énergies renouvelables
 - Les énergies renouvelables en Algérie
- 1.4 Les projets d'efficacité énergétique en Algérie
 - Le programme triennal d'efficacité énergétique 2011-2013
 - Programme Eco – BAT
 - Projet MED-ENE en Algérie (Energy Efficiency in the construction sector of the Mediterranean)

CHAPITRE 2: LE SECTEUR DU LOGEMENT EN ALGERIE

- Introduction
- 2.1 Le parc logement
- 2.2 Les problèmes de la réalisation des logements sociaux
- 2.3 Les perspectives énergétiques du des logements

- 2.4 Usage énergétique dans les logements
- 2.5 Bilan énergétique des logements
 - Conclusion

CHAPITRE 3 : LES ENJEUX DE LA REHABILITATION ENERGETIQUE DES LOGEMENTS

- Introduction
 - 3.1 Les enjeux environnementaux
 - 3.2 Les enjeux sociaux
 - 3.3 Les enjeux économiques
 - 3.4 Energie et l'image du bâtiment
 - 3.5 Energie et confort
- Conclusion

CHAPITRE 4 : LES OUTILS DE LA REHABILITATION ENERGETIQUE

- Introduction
 - 4.1 Les labels
 - La démarche HQE
 - Haute Performance Energétique
 - PassivHaus- Maison passive
 - Minergie ®
 - Bâtiments performants
 - 4.2 Les outils de calcul
 - Diagnostic de Performance Energétique
 - 4.3 Les outils de mesure informatiques
 - 4.4 L'audit énergétique
 - 4.5 Les formations à la réhabilitation énergétique
 - Formation aux Economies d'Energies du bâtiment en France
 - Formation d'auditeurs énergétiques dans le bâtiment en Algérie

- Conclusion
-

CHAPITRE 5 : CAS D'ETUDE

- Introduction
 - 5.1 Présentation de l'aire d'intervention
 - 5.2 Le choix de l'air d'intervention
 - 5.3 Analyse préliminaire
 - Analyse du site
 - Etat des lieux
 - 5.4 Analyse détaillé
 - Etude de l'enveloppe du bâtiment
 - Bilan énergétique du bâtiment
 - Analyse du bilan énergétique
 - 5.5 Simulation de la performance thermique du bâtiment
 - 5.6 Solutions proposées
 - 5.7 Simulation de performance thermique du bâtiment après l'intervention
 - Conclusion
-

CHAPITRE 6 : STRATEGIES D'ACTION POUR LA REHABILITATION ENRGETIQUE DES LOGEMENTS

- 6.1 Les techniques
- 6.2 La formation
- 6.3 Le plan d'action
- Conclusion générale

- Références bibliographique
- Tableau des figures

Introduction

Actuellement, les villes font face à de multiples problèmes urbains notamment aux impacts environnementaux des activités humaines en ville, etc.. Le manque de programmes prenant en charge les avancées technologiques par rapport au changement climatique nous exigent à s'engager dans les problématiques de développement durable afin d'actualiser nos règles et construire la ville selon les normes constructives qui définissent une vision globale de la politique urbaine pour les années à venir. L'énergie est l'un des facteurs déterminants communs liés aux problèmes sociaux, environnementaux et économiques. Le prix des énergies fossiles s'envole. Et l'activité humaine provoque un changement significatif du climat qui a des répercussions importantes. Pour éviter le pire, il nous faut d'ores et déjà maîtriser nos consommations d'énergie. Les perspectives de développement du secteur bâtiment conduiront à un accroissement exponentiel de la consommation énergétique. La réduction des consommations énergétiques liée à l'utilisation des bâtiments est l'une des principales priorités et s'impose comme une nécessité pour la préservation des ressources naturelles non renouvelables. C'est pour cela que l'intégration de la composante "Efficacité énergétique" dans l'évolution des pratiques du secteur de l'habitat doit devenir une des composantes normales du progrès de ce secteur. La réhabilitation énergétique des bâtiments existants est le chantier majeur pour réduire significativement la contribution du secteur bâtiment dans la consommation énergétique. Cela s'avère être catalyseur du développement durable qui valorisera les différentes potentialités (humaines, matérielles, scientifiques...etc.) .

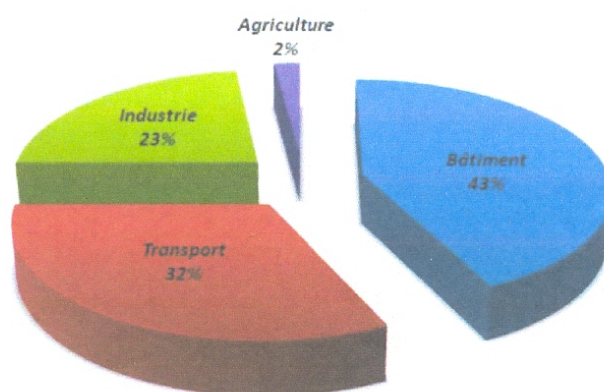


Figure 1 : Consommation finale par secteur d'activité

➤ Les énergies de la méditerranée... le grand défi

Au cours de la dernière décennie, le développement économique des pays sud de la méditerranée tel que l'ALGERIE a amélioré les niveaux de vie des populations croissantes dans cette région ce qui a eu pour résultat une consommation importante d'énergie. La consommation en énergie nationale s'élève encore plus ! Pour le proche avenir, il est prévu que les prix de l'énergie, tant pour le pétrole, le gaz ou l'électricité augmenteront vue la demande croissante sur le marché mondial de l'énergie et du fait d'une réduction de l'offre associées à des coûts de fourniture plus élevés. Selon les prévisions statistiques, Les pays du Sud et de l'Est méditerranéen verront leur population augmenter d'environ 80 millions d'habitants dont 25 à 30 millions d'habitants seront concentrés sur les côtes. En d'autres termes, dans moins de 30 ans... c'est l'équivalent de 20 villes supplémentaires de plus d'un million d'habitants qui occuperont le littoral méditerranéen.¹

Ce qui fait que aujourd'hui, les économies d'énergie sont devenues un élément clé non seulement pour le développement économique et la sécurité énergétique d'un pays, mais c'est aussi avantageux pour les entreprises et les ménages individuels. Le bénéfice pour tous est que la réduction de la consommation en énergie contribuera à faire baisser l'émission des gaz à effet de serre, et à réduire les effets négatifs du changement climatique, à savoir : la hausse de la température et du niveau de la mer, les inondations et les sécheresses...

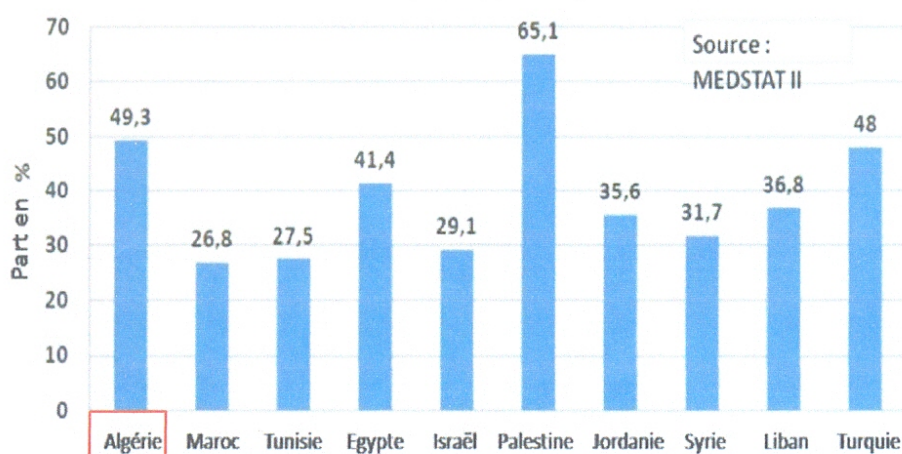


Figure 2 : Part du secteur de bâtiment dans la consommation de l'énergie finale dans les pays sud de la méditerranée (2007)

¹ HENRI-LUC THIBAULT. L'efficacité énergétique dans le bâtiment en Méditerranée. Disponible sur le site <http://www.futuribles-revue.com>

À l'heure actuelle, les pays sud et est de la méditerranéenne(PSEM) comptent pour 30%, alors que les pays nord méditerranéens enregistrent près de 70 % de la consommation d'énergie primaire (1) Mais l'augmentation progressive du niveau de vie dans les PSEM devrait se traduire par un rattrapage de la consommation d'énergie des PSEM par rapport aux PNM à l'horizon 2050. Elles interviendront dans un contexte de changement climatique puisque la région Méditerranéenne est d'ores et déjà considérée comme l'un des points chauds. Les PSEM devraient notamment connaître une augmentation marquée des températures moyennes, de même qu'une baisse sensible des précipitations.

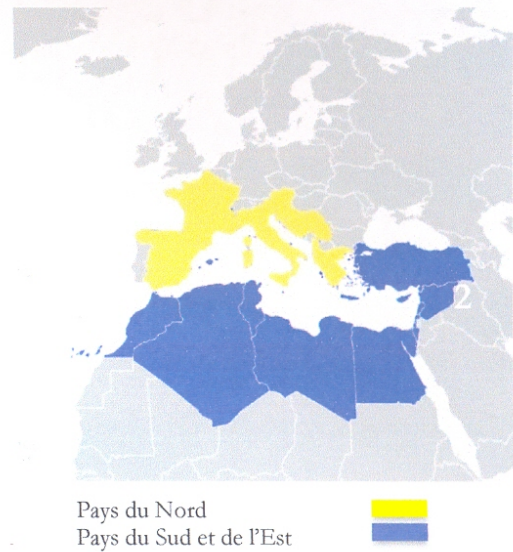


Figure 3 : carte des pays de la méditerranéenne

Premier secteur consommateur d'électricité et second pour les énergies fossiles, le bâtiment constitue donc un secteur à fort enjeu au potentiel d'économies d'énergie dans les pays méditerranéens. Comme nous le verrons plus tard A cet effet, le directeur du plan bleu chargé de mission Energie au plan bleu, El Habib EL ANDALOUSSI, insiste sur le fait qu'il faut : « **Mettre en place les grandes mesures phares d'économie d'énergie, qui pour le coup, seraient de réels investissements d'avenir...** » ²

Cette évolution de la consommation d'énergie n'est pas soutenable d'un point de vue environnemental, du fait de la raréfaction des ressources fossiles et des effets des émissions de gaz à effet de serre et de leurs conséquences sur le climat. Ceci vaut particulièrement pour le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) et l'électricité dont la demande est en très forte croissance. Ainsi, la demande électrique pourrait doubler voire tripler pour satisfaire les besoins d'éclairage et électroménagers. S'agissant du GPL, une croissance à deux chiffres pourrait être observée dans certains pays, pour des usages de cuisson, de chauffe-eau et de chauffage. Il est donc urgent d'inventer de nouveaux modes de développement et d'aménagement du territoire moins énergivores.

² HENRI-LUC THIBAUT. L'efficacité énergétique dans le bâtiment en Méditerranée. Disponible sur le site <http://www.futuribles-revue.com>

❖ PROBLEMATIQUE

Une recherche a été établie en Février 2011 par le Ministère de l'Energie et des Mines en Algérie dans le cadre de l'évaluation de la consommation énergétique du pays, a démontré que le secteur résidentiel est le secteur le plus énergivore. Sa consommation représente 41% de la quantité finale consommée en termes d'énergie.

Ceci, nous a incités à s'intéresser à ce secteur qui clairement pourrait améliorer la consommation de l'énergie dans l'espace habité. Il est important de savoir que ce constat est dû, tout d'abord, aux besoins accrus en terme de logement vu l'augmentation continuelle du taux de la population. Donc, face à cette crise, l'urgence de l'exécution avec une vision de rendre le logement accessible à la société en termes de coûts, la négligence de l'aspect environnemental au niveau de la construction devient inéluctable. En outre, le changement du mode de vie de la société accentue l'impact négatif de la consommation énergétique au sein de l'espace habité. La société devient de plus en plus consommatrice d'énergie et dégrade pareillement son environnement. Ceci revient à l'aspiration de la société vers un confort meilleur, le besoin en rapidité et efficacité et aussi à la mondialisation de la technologie qui rend l'utilisation d'appareils très consommateurs tels que : les chauffages, les électroménagers, climatiseurs et autres, Indispensables.

Les besoins d'énergie et les consommations associées dans les bâtiments dépendent de l'usage du bâtiment et du système constructif et les matériaux utilisés. Dans les logements existants, il est potentiellement possible d'adapter les systèmes énergétiques aux besoins des occupants. C'est pour cela que nous souhaitons aborder la problématique suivante :

Comment améliorer la consommation énergétique des immeubles d'habitation existants afin de réduire les besoins énergétiques basés sur des ressources naturelles non renouvelables ?

❖ OBJECTIF DE LA RECHERCHE

Ce travail de recherche est à la quête d'un cadre de vie efficace en énergie et plus conforme aux nouvelles exigences écologiques assurant ainsi une qualité de vie respectueuse de l'environnement au quotidien. Cette qualité, l'usager en bénéficie directement quand elle se traduit par un confort accru ou des économies de charges avec une maîtrise des impacts environnementaux... Dès lors, l'enjeu est d'explorer la conception architecturale et les technologies constructives permettant d'atteindre ce résultat. L'objectif de cette recherche est d'intégrer l'efficacité énergétique dans le secteur du logement existant dans le but de contribuer aux objectifs du programme national d'efficacité énergétique qui obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies concourant à la préservation des ressources et la systématisation d'une consommation utile et optimale.

Les Objectifs de la réhabilitation énergétique des logements

- Economiser les énergies fossiles, participant ainsi, avec une moindre consommation d'énergie du logement, à l'objectif commun d'indépendance énergétique et de préservation des ressources fossiles.
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre, contribuant alors à l'effort collectif de réduction du bilan carbone et aux exigences du développement durables, notamment concernant le réchauffement climatique.
- Améliorer le confort du logement, confort pas seulement thermique (air à bonne température, sans courants d'air ni parois froides...), mais aussi visuel grâce à l'éclairage naturel avec plus de confort de vie (agrément, facilité de gestion des équipements ...).
- Réduire les dépenses du foyer, en économisant sur les dépenses de chauffage, de production d'eau chaude et d'éclairage du logement
- Anticiper les futures hausses des tarifs de l'énergie, par des investissements visant à réduire les besoins énergétiques du logement.

❖ DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Notre travail suit une démarche méthodologique basée sur l'élaboration d'un diagnostic énergétique des bâtiments existants afin de réaliser des réhabilitations en vue d'améliorer sa consommation en énergies non renouvelables. Le but d'une étude de cas est de comprendre le comportement énergétique du bâtiment et d'envisager les interventions susceptibles de réduire sa consommation d'énergie fossile tout en améliorant le confort et l'état de la construction. L'approche détaillée du bâtiment et également l'approche globale et comparative menée après l'intervention nous ont permis de proposer une gamme d'interventions et de mesures efficaces à suivre pour la réhabilitation énergétique des logements

Le diagnostic énergétique suit les phases suivantes :

La première phase : Analyse préliminaire

- Etude de l'environnement extérieur du bâtiment d'étude
- Description du bâtiment d'étude, en mettant l'accent sur les caractéristiques qui font de celui-ci un logement énergivore.
- Acquisition des données de l'environnement intérieur pour étudier le comportement énergétique du logement (factures, état des lieux, interviews...)

La deuxième phase : Analyse détaillée

- Analyse des données présentées dans l'étape précédente pour évaluer le bilan énergétique thermique de l'enveloppe de l'ouvrage,
- Estimer les déperditions thermiques en été et en hiver en utilisant la procédure de calcul des déperditions thermiques selon la réglementation thermique algérienne
- Simulation numérique de la performance thermique du bâtiment « avant la réhabilitation »

- Les solutions apportées au bâtiment afin d'améliorer sa consommation et assurer le confort thermique au sein des logements
- Etudes des techniques de réhabilitation énergétique
- Simulation numérique de la performance thermique du bâtiment « après la réhabilitation »
- Comparaison des performances thermiques du bâtiment avant et après l'intervention

La troisième phase : Elaboration d'un référentiel des techniques de la réhabilitation énergétique dans le bâtiment

- Déterminer et étudier les paramètres qui rentrent en jeu dans l'efficacité énergétique lors d'une réhabilitation énergétique.

Remarques : Dans le calcul numérique de la performance thermique du bâtiment, on utilisera le logiciel Conception et Labellisation d'Immeubles Performants (CLIP) crée en Tunisie, qui sera présenté dans le chapitre 4.

CHAPITRE 1

L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT

Introduction

Le logement touche le développement durable dans ses trois dimensions: économique, sociale et environnementale, mais implique également une dimension transversale de la durabilité et de la citoyenneté. C'est pourquoi, aujourd'hui, le logement est présenté comme vecteur d'inclusion social, de renouvellement urbain, d'opportunité économique et comme outil de lutte contre les changements climatiques. On entend beaucoup parler de maisons passives, de bio climatisme, d'éco-constructions, d'énergie verte, de performance énergétique des bâtiments, de basse énergie, de norme HQE,... derrière toutes ces définitions se cache une réalité très concrète faite de principes simples et de pratiques applicables au quotidien. Réduire l'impact environnemental du logement passe indubitablement par la réduction de sa consommation en énergie fossile. Que ce soit l'énergie utilisée lors de la construction, rénovation ou exploitation d'un bâtiment, la consommation énergétique est à réduire à tout prix. Dans cette lignée, la Performance énergétique des bâtiments est un outil d'évaluation important et le choix des matériaux de construction sont également des éléments déterminants.

« Le logement a un impact environnemental (consommation d'énergie et d'eau), un impact économique (le secteur du bâtiment est un gros pourvoyeur d'emplois et le logement représente une part importante du budget familial) et un impact social (un logement inadéquat risque d'affecter la vie de ses occupants et, à plus grande échelle, les relations quotidiennes dans les quartiers. »³

La Performance énergétique d'un bâtiment est la quantité d'énergie calculée ou mesurée nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques liés à une utilisation normale du bâtiment, ce qui inclut l'énergie utilisée pour le chauffage, le système de refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude et l'éclairage.

³ Dimitri Verdonk, cité dans LEFEVRE Gabrielle, WAJNBLOM Admon, « Logement durable : trois dimensions fondamentales »

1. LE LOGEMENT EFFICIENT

Un le logement durable est un concept large et englobant, au croisement des dimensions économique, sociale et environnementale (voir définition précédente). Un logement efficient touche plus les deux aspects écologiques et économiques en permettant une utilisation rationnelle et économique des ressources énergétiques, utilise des matériaux sobres et écologiques. Le lien étroit entre logement et qualité de vie est indéniable : l'habitation constitue un pilier de l'existence des citoyens. Il apparaît donc essentiel que les politiques du logement couvrent, d'une part, les aspects socio-économiques tels que la réhabilitation des logement, d'autre part, les aspects dits «écologiques» ou «éco-efficients» à savoir l'utilisation rationnelle et parcimonieuse des ressources naturelles non renouvelables, tant lors de la construction que lors de l'utilisation du logement.

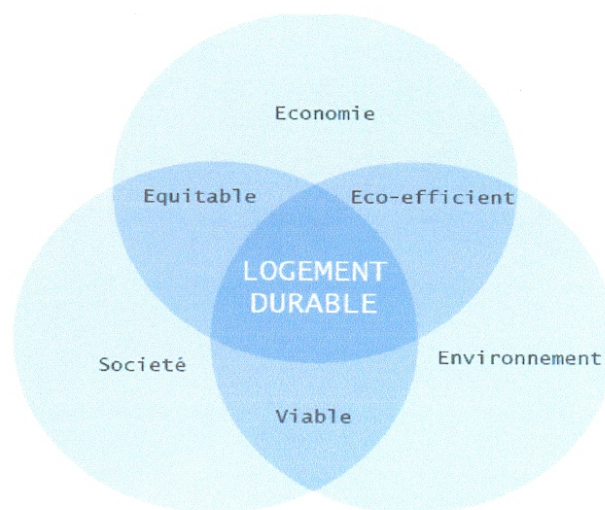


Figure 3 : concept habitat durable

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

$$\text{Efficacité énergétique} = \frac{\text{énergie fournie}}{\text{énergie consommée}}$$

Soit l'équation suivante :

2. L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT

Au-delà de ces considérations réglementaires, il existe des dispositions à mettre en œuvre pour améliorer concrètement l'efficacité énergétique d'un bâtiment. Mais avant toute chose, et a fortiori lors d'une rénovation, il faut faire un diagnostic, poser les objectifs à atteindre, évaluer les priorités et imaginer des scénarios. Un bâtiment est un système et chaque opération aura un effet sur l'ensemble. Ainsi, il est important de connaître les points faibles du système, d'identifier les techniques pour y remédier et ensuite seulement de choisir les matériaux adaptés. Que l'on parle de construction ou de rénovation, quatre grands principes sont essentiels pour économiser l'énergie :

a) L'isolation

Dans un bâtiment mitoyen, les pertes de chaleur sont dues pour 30% aux murs, 30% aux fenêtres, 25% à la toiture et 15% au sol du rez-de-chaussée. L'isolation du logement protège des écarts de température extérieure et stabilise celle qui règne à l'intérieur. Dans une maison passive, pour limiter les pertes de chaleur, l'enveloppe du bâtiment sera très épaisse (20 à 40 cm selon les endroits et le type d'isolant), les fenêtres seront également performantes et la couche d'isolation sera la plus continue possible (afin d'éviter au maximum les ponts thermiques). Cette isolation performante permet d'obtenir une performance énergétique avec des déperditions énergétiques extrêmement faibles. En matière de rénovation, l'isolation de la toiture est généralement le premier geste à faire pour réduire sa facture d'énergie, car le toit concentre une part importante des déperditions. Dès lors, il est souvent inutile de vouloir renforcer l'isolation des murs tant que la toiture ne l'est pas. De même, apposer un double vitrage n'aura que peu d'effet si les murs eux-mêmes ne sont pas thermiquement performants. L'isolation doit être réfléchie de manière globale. Après le toit, les murs extérieurs et le sol présentent également un potentiel d'économie d'énergie important. Enfin, il convient également de penser à isoler certaines pièces de vie par rapport à des pièces pas ou peu occupées (la cage d'escaliers, le garage ou la cave par exemple). Les besoins de chaleur étant différents, l'isolation des pièces les plus importantes permet d'éviter de chauffer l'ensemble du bâtiment.

On ne peut parler d'isolation sans parler d'étanchéité à l'air. En effet, les infiltrations d'air dans le bâtiment sont dues à des points faibles de l'enveloppe isolante (constituant une partie des ponts thermiques potentiels – voir glossaire) et doivent être limitées car elles entraînent des déperditions de chaleur et donc une consommation d'énergie supplémentaire, mais peuvent également entraîner des problèmes d'humidité et des courants d'air inconfortables. Il faut donc assurer une bonne étanchéité à l'air tout en garantissant une ventilation optimale, essentielle pour le renouvellement de l'air.

b) Les installations

Que ce soit pour la production d'eau chaude ou pour le chauffage, les innovations fleurissent pour ces installations. Avant toute chose, il est important de disposer d'une installation au rendement optimal (consommant peu et peu polluante). Ensuite, de garantir une distribution réduisant les pertes de chaleur au minimum (par exemple en isolant les conduites et/ou en réduisant leur longueur). Enfin, la régulation des températures permet d'économiser rapidement de l'énergie. Beaucoup de nouvelles techniques sont disponibles tels que les chaudières adaptées à ses besoins et au type de son logement : chaudière à basse température, à condensation, à cogénération...au mazout ou, préférablement, au gaz, bien qu'il existe également d'autres sources d'énergie (pellets, pompe à chaleur).

c) La ventilation

Une ventilation performante assure une bonne qualité de l'air intérieur ainsi que l'évacuation de l'humidité sans perte de chaleur importante.

d) L'éclairage

En termes d'éclairage aussi, on peut économiser de l'énergie. D'abord en privilégiant l'éclairage naturel, par exemple par des fenêtres et baies vitrées bien isolées, sans oublier les dispositifs permettant d'éviter les surchauffes en été (par des écrans extérieurs ou autre protection solaire). Pour ce faire, une bonne orientation de la maison est capitale, c'est d'ailleurs un principe important du bio-climatisme. Ensuite, en choisissant des luminaires performants, les innovations dans ce domaine sont nombreuses : lampes LED, ampoules économiques, mais aussi luminaires non éblouissants et plus lumineux.

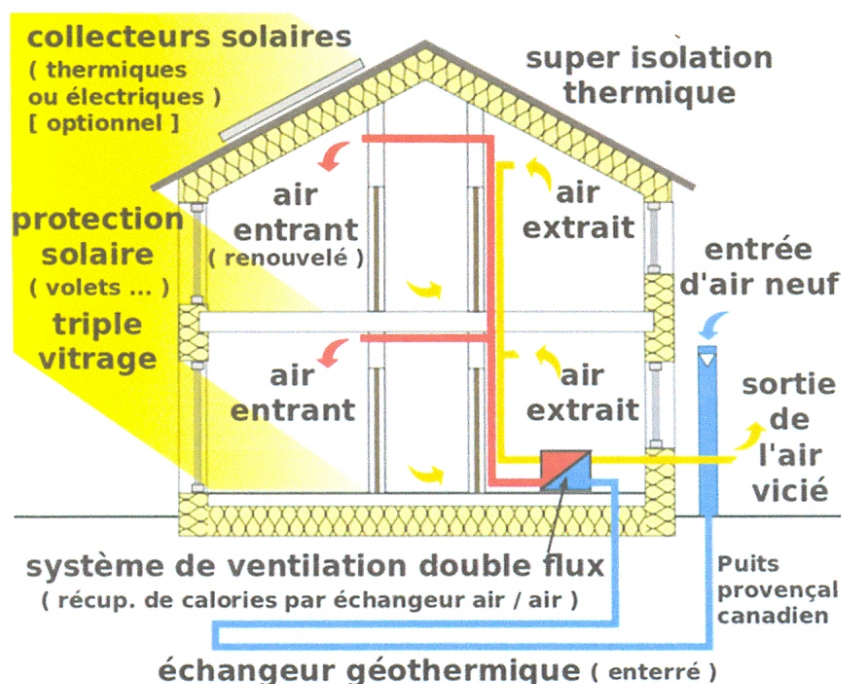


Figure 4 : Schéma illustratif de l'efficacité énergétique dans le bâtiment

2. BATIMENT A ENERGIES RENOUVELABLES

Face à la fluctuation des prix de l'énergie, il est nécessaire et plutôt intéressant de la produire soi-même, à partir de sources renouvelables et gratuites, comme le soleil par exemple, permettant ainsi une constance des coûts et une garantie minimale de retour sur investissement.

Les énergies de sources renouvelables sont des énergies de flux (par opposition aux énergies fossiles et fissiles qui sont des énergies de stock), qui se régénèrent en permanence au rythme du soleil et de ses dérivés (le vent, les cours d'eau, les vagues, les courants marins, la chaleur naturelle et la croissance de la biomasse), ainsi que des marées et de la chaleur naturelle de la terre. Toutes les sources d'énergie renouvelables ne sont pas pertinentes à l'échelle d'un bâtiment résidentiel. Par exemple, l'éolien et l'énergie hydraulique sont surtout utilisés pour la production d'électricité à grande échelle.

- **Le soleil**

L'une des sources d'énergie la plus évidente et de plus en plus utilisée est celle du soleil. On distingue généralement deux types de panneaux solaires permettant de capter et transformer l'énergie du rayonnement solaire.

- **Les panneaux solaires thermiques**

Ces panneaux permettent d'utiliser directement la chaleur produite par les rayonnements solaires en optimisant la récupération. Les rayonnements solaires sont alors convertis en énergie calorifique, permettant la production d'eau chaude sanitaire et/ou de chauffage ⁴

- **Les panneaux solaires photovoltaïques**

L'effet photovoltaïque, découvert en 1839 par le Français Alexandre- Edmond Becquerel, désigne la capacité que possèdent certains matériaux, notamment les semi-conducteurs, à convertir directement les différentes composantes de la lumière du soleil (et non sa chaleur) en électricité. Les panneaux solaires photovoltaïques sont constitués de cellules, généralement à base de silicium, permettant de transformer les rayonnements solaires directement en électricité. Le rendement des panneaux dépend dès lors de l'ensoleillement. Un autre aspect important du photovoltaïque est la valeur de l'électricité produite. Sans capacité de stockage, l'électricité produite par le système qui est non utilisée par le ménage n'est pas perdue : elle passe dans le réseau électrique. En Europe ; il est possible de vendre sa production d'énergie photovoltaïque, généralement aux fournisseurs d'électricité.

- **La biomasse**

La biomasse est définie comme « la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, y compris la pêche et

l'aquaculture, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux. »(4)

La valorisation énergétique de la biomasse conduit à trois formes d'énergie utile, en

fonction du type de biomasse et des techniques mises en œuvre : la chaleur, l'électricité (ou les deux combinées en cas de cogénération), ainsi que la force motrice de déplacement (les

⁴ Energie et matières renouvelables – le solaire thermique- disponible sur le site [www.ademe.fr]

(les biocarburants). Au niveau d'un bâtiment, c'est la combustion de variantes solides de la biomasse qui est la plus utilisée, afin de chauffer l'habitation : bûches, briquettes (copeaux et sciure agglomérés), pellets (granulés de sciure ou de déchets de bois au pouvoir calorifique important), ... L'avantage de la biomasse est de posséder un bilan carbone moindre que les carburants classiques et de provenir de sources renouvelables.⁵

- **La géothermie**

La géothermie concerne l'exploitation de la production thermique de la terre. La désintégration naturelle des matières radioactives que recèle l'écorce terrestre produit une quantité de chaleur gigantesque. On distingue généralement la géothermie à haute, basse ou très basse énergie. Pour une utilisation résidentielle, seule la géothermie à très basse énergie (température du sol inférieure à 30°C) est pertinente. L'avantage de la géothermie est qu'elle ne dépend pas des conditions atmosphériques et présentes dès lors une grande constance dans la production d'énergie. Deux applications spécifiques de la géothermie à retenir sont les pompes à chaleur et les puits canadiens.

Les énergies renouvelables en Algérie

L'Algérie s'engage avec détermination sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origine fossile. Ce choix stratégique est motivé par l'immense potentiel en énergie solaire dans le pays. Cette énergie constitue l'axe majeur du programme qui consacre au solaire thermique et au solaire photovoltaïque une part essentielle. Le solaire devrait atteindre d'ici 2030 plus de 37% de la production nationale d'électricité. L'Algérie prévoit également l'installation de quelques unités de taille expérimentale afin de tester les différentes

technologies en matière de biomasse, de géothermie et de dessalement des eaux saumâtres par les différentes filières d'énergie renouvelable.



⁵ La technologie photovoltaïque », disponible sur le site [www.photovoltaique.info]

3. LES PROJETS D'EFFICACITE ENERGETIQUE EN ALGERIE

➤ Programme triennal d'efficacité énergétique « 2011-2013 »

Ce projet fait partie du Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME), adopté par le Conseil des Ministres en février 2011. Ce programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies concourant à la préservation des ressources et la systématisation d'une consommation utile et optimale⁶. Ce programme concerne les volets suivants :

- L'isolation thermique des bâtiments;
- Le développement du chauffe-eau solaire ;
- La généralisation de l'utilisation des lampes basse consommation,
- L'introduction de l'efficacité énergétique dans l'éclairage public;
- L'aide à l'introduction de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel et les établissements grands consommateurs d'énergie, par la réalisation d'audits et l'aide aux projets d'économie d'énergie;
- L'augmentation de la part de marché du Gaz de pétrole liquéfié carburant et la promotion du Gaz Naturel Carburant la conversion des centrales électriques au cycle combiné quand cela est possible ;
- La réalisation de projets pilotes de climatisation au solaire.

L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) est chargée de réaliser le programme d'efficacité énergétique notamment dans le secteur de construction par :

- L'isolation thermique des bâtiments;

⁶ Programme national de l'efficacité énergétique. Disponible sur le site www.aprue.dz

APRUE : L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) est un établissement public à caractère industriel et commercial créé par décret présidentiel en 1985, placé sous la tutelle du Ministère de l'Energie et des Mines. Elle a pour mission principale la mise en œuvre de la politique nationale de maîtrise de l'énergie

- La généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie;
- Introduction des principales techniques de climatisation solaire

➤ Programme ECO-BAT

Nouvelles constructions performantes : Le programme ECO-BAT a été lancé par l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) et onze (11) Offices de Promotion et de Gestion Immobilières (OPGI) qui porte sur la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique appelés à intégrer les principes de confort thermique et d'économie d'énergie dans la conception architecturale, le choix des matériaux de construction ainsi que dans les détails de mise en œuvre. Dans ce projet, l'APRUE se charge d'apporter une assistance technique aux maîtres d'ouvrages d'une part, et d'apporter un soutien financier au moyen du Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) d'autre part. L'objectif général de ce programme est de mobiliser les acteurs du secteur du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique. La réalisation du programme est répartie sur l'ensemble des zones climatiques du territoire national. Pour la région d'Alger, 50 logements sont prévus au niveau de la commune d'Hussein Dey. Ces logements constitueront une opération de démonstration au niveau national. Ils répondront à l'objectif de mettre en place à long terme, les conditions de diffusion des pratiques architecturales intégrant le souci d'économie d'énergie et du respect de l'environnement et tendant à améliorer le confort thermique des logements en réduisant le recours au chauffage et en visant à ne pas recourir à la climatisation

zone climatique	Région	Logements HPE
Zone Littorale	Alger	50
	Skikda	50
	Blida	80
	Mostaganem	82
	Oran	80
Zone haut plateaux	Sétif	54
Zone Nord-Sud	Laghouat	32
Zone grand sud	Djelfa	80
	Béchar	30
	Eloued	36
	Tamenrasset	30

Figure 5: La réalisation du programme LOGEMENTS HPE est répartie sur l'ensemble des zones climatiques du territoire national

Les solutions techniques proposées par le projet ECOBAT :

Limitation des déperditions thermiques (isolation) en hiver, et protection solaire et ventilation naturelle en été :



Figure 6 : Polystyrène dans la lame d'air



Figure 7 : Mur en Béton de terre stabilisée

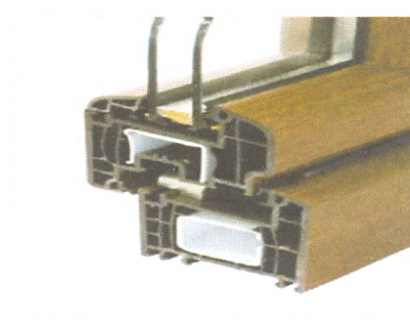


Figure 8: Menuiserie Double vitrage

2- Isolation thermique de 1500 constructions existantes

Les constructions susceptibles de bénéficier d'une réhabilitation sont les suivantes :

- Construction destiné aux logements ;
- Construction destiné au secteur tertiaire : Notamment les hôtels et les établissements scolaires, les établissements sanitaires etc.

Pour ce programme 2011-2013, la réhabilitation des constructions sera partielle. Elle consistera sur une intervention sur deux (02) aspects de la construction pour améliorer l'isolation thermique :

- les ouvrants extérieurs (réhabilitation partielle) : Le remplacement des simples vitrages par une menuiserie étanche à double vitrage
- les toitures (réhabilitation partielle) : Incorporation d'un isolant thermique tel que le polystyrène ou liège au niveau de la terrasse ou de la laine de verre ou de roche au niveau des toitures inclinées traditionnelles.

Le but de ce programme est de réhabiliter 1500 constructions entre 2011 et 2013, soit 500 constructions existantes par année. De telles mesures permettent d'assurer entre 20% et 40% d'économie d'énergie sur la consommation annuelle des logements pour le chauffage et la climatisation. Pour encourager les particuliers à adhérer à ce projet, il est prévu la prise en charge par le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) des coûts induits

➤ **Projet MED-ENEC en Algérie (Energy Efficiency in the construction sector of the Mediterranean)**

L'Algérie affirme encore la nécessité d'appliquer les mesures relatives à l'efficacité énergétique et les calcul de la performance énergétique dans le bâtiment à travers des projets de recherche sur l'efficacité énergétique dans les constructions, tenant compte du climat intérieur, des particularité locales, de l'utilisation du bâtiment, de son âge et éventuellement de son caractère, neuf ou ancien, ou de sa catégorie : bâtiments neufs, rénovation de bâtiments existants.

Le Centre National d'Etude et recherche intégrées du bâtiment (CNERIB) dans le cadre du projet MED-ENEC ⁷ a lancé en 2011 dans son programme de recherche scientifique et technique un projet d'étude sur l'efficacité énergétique d'une habitation à faible consommation d'énergie (projet pilote). Ce travail a pour but d'étudier le comportement thermique d'un logement efficient en consommation d'énergie et d'améliorer l'efficacité énergétique des constructions à usage d'habitation afin d'évaluer l'économie d'énergie qui peut être réalisée en réduisant les déperditions calorifiques, Cette recherche aussi contribue à actualiser les connaissances dans le domaine de la conception et de la réalisation des habitations à faible consommation d'énergie.

Un deuxième projet de recherche qui porte sur une étude de l'influence de la réhabilitation thermique sur l'efficacité énergétique des bâtiments d'habitation en Algérie. Cette recherche a pour objet d'améliorer le confort thermique naturel des logements d'habitation,

⁷ MED-ENEC (Energy Efficiency in the Construction Sector of the Mediterranean): Un projet régional financé par l'Union européenne. Il vise à promouvoir des mesures d'efficacité énergétique et des systèmes d'énergie renouvelable dans les bâtiments aux pays au Sud et à l'Est de la Méditerranée. L'amélioration des conditions cadre, le développement des affaires, et l'appui aux grands programmes de construction nationaux sont les activités principales du projet.

et ainsi de réduire leurs besoins énergétiques en périodes estivale et hivernale ; un projet qui vise à maîtriser les techniques de réhabilitation thermique des immeubles d'habitation existants en Algérie.

Le projet pilote « *Le prototype* »

La maison présente une image qui paraît simpliste mais elle résume assez bien le concept d'habitation rurale que développe le CNERIB dans le cadre du Projet d'Efficienne Énergétique dans le secteur de construction. Achievé en 2009, cette maison prototype a permis de réduire la consommation énergétique de plus de 50 % par rapport à une construction traditionnelle, avec



Figure 9: La maison prototype à Souidania

plus de 40 % en coût d'investissement. Les concepteurs de ce prototype ont pensé d'une manière à garantir un maximum d'économie d'énergie afin de répondre à des exigences strictes en matière d'efficienne énergétique en choisissant les matériaux et les équipements utilisant l'énergie solaire, l'éclairage et la ventilation naturels. Les murs de cette habitation sont faits de briques de terre stabilisée (BTS), un produit qui assure un excellent niveau d'isolation, et un système de chauffage à l'énergie solaire installé dans le plancher. Ce système permet de produire de l'eau chaude. Les fenêtres sont à double vitrage.

Principales caractéristiques techniques du projet pilote

Le concept d'énergie à suivre dans ce projet est basé sur une approche intégrée, en tenant compte de tous les transferts thermiques entre l'environnement de la maison considérée comme un tout. L'impact environnemental sera abaissé en prenant les mesures suivantes :

- Orientation optimale
- Isolation thermique de l'enveloppe
- Utilisation de briques de terre stabilisée (adobe)
- Double vitrage

- Utilisation de la lumière naturelle
- Ombrage d'été
- Ventilation naturelle en été
- Solaire thermique avec chaudière à gaz appoint d'eau chaude sanitaire

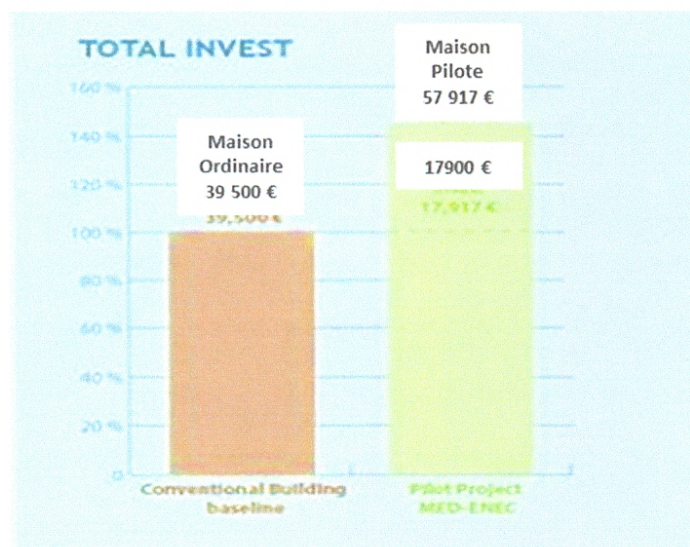


Figure 10 : Coût d'investissement de la maison prototype a efficacité énergétique

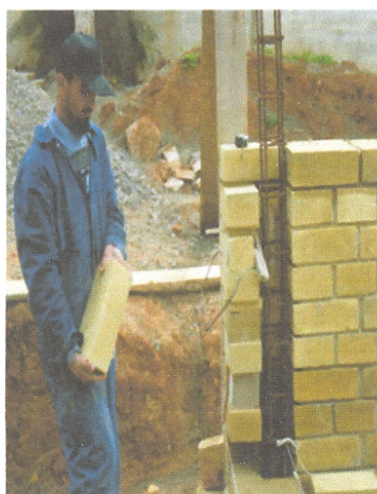


Fig. 11 et 12: Système de maçonnerie chaînée Mur en BTS

Fig. 13: Vue du système de chauffage enfoui sous le plancher

CHAPITRE 2

LE SECTEUR DU LOGEMENT EN ALGERIE

Introduction

Le logement constitue un des aspects multiples de l'habitat, sa variété typologique allant de l'individuel, au semi collectif ...etc. Le logement est considéré comme un besoin vital et psychiques pour l'homme. « *Le logement est l'endroit où les gens doivent pouvoir se sentir chez eux, ils en prennent possession et y expriment leur personnalité ; ils peuvent s'y identifier de manière optimale* » FROMMES.B. De ce fait, la production du logement doit garantir les notions de confort, de sécurité, d'équilibre et de stabilité pour les habitants. L'habitat en général et particulièrement les logements semble être une problématique dans les pays en voie de développement tel que l'Algérie, le problème de la crise du logement persiste encore malgré les efforts de l'état pour répondre aux besoins des populations sans cesse en croissance. Le secteur du bâtiment enregistre une forte croissance en termes de logement.

1. Le parc de logement en Algérie

L'état algérien a réalisé à travers toutes les villes du pays un important programme de logements publics de types grands ensemble collectifs, près de 1.2 millions d'habitations avant 2001 dont 59% de ces logements sont urbains et 41% ruraux. Le parc immobilier national a atteint en fin 2009, un total de 7.090.000 logements. Ajoutant que 380.000 logements sont en cours de réalisation au titre du plan quinquennal 2010-2014.

La production du logement en Algérie semble être plus concernée par le plan quantitatif. La notion de « qualité » a été négligée dans les logements sociaux, du fait que seul le souci était de répondre aux besoins de la population en logements. Après le séisme de mai 2003, la construction ne se concentre sur les normes antisismiques car il était constaté qu'on construisait au détriment de la sécurité vu la situation géologique du pays. La norme antisismique devient aujourd'hui comme un acquis irréversible et il est temps de s'interroger sur la qualité des logements. Tous les constats traduisent la négativité autour de la production du logement social en Algérie tournent autour de la conception qui ne respecte pas les règles de l'art de la construction, autour de la réalisation hâtive et mal contrôlée.

De vastes programmes logements ont été lancés. Un effort exceptionnel de reconstruction a marqué ces dix dernières années, grâce aux moyens colossaux mobilisés par l'état algérien, dont le montant total a été près de 160 milliards de dollars par le seul fait du budget public. Un des programmes le plus important, le plan quinquennal 2005-2009 où l'état a mobilisé d'immenses ressources budgétaires pour la réalisation de ce programme, dans le respect des normes de sécurité, des délais, des coûts et du cadre de vie sans prendre en compte le plan qualitatif des logements. Le programme quinquennal de logement 2005-2009 porte sur la consistance globale de 1.010.000, répartis par segments d'offre comme suit :

- logement social locatif 10%
- logement social participatif 21%
- logement rural 27%
- Logement location-vente 8%
- logement promotionnel et auto-construction 32%



Figure 14 : Projets de logements en Algérie

2. Les problèmes de la réalisation des logements sociaux en Algérie

Réaliser un million de logements en l'espace de cinq ans relève de l'aventure. Le défi lancé par l'état aux collectivités nationales par rapport aux objectifs, semble être frôler la démesure. S'engager à construire tant de logements avec des entreprises qui connaissent

un déficit à la fois quantitatif et qualitatif représente un lourd engagement à surmonter. La promotion immobilière en Algérie souffre de certains dysfonctionnements :

- L'absence de professionnalisme chez certains promoteurs dans la gestion des projets
- Le manque de ressources humaines qualifiées
- La rareté des matériaux de construction de qualité

Malgré que le gouvernement algérien avait fait appel à des opérateurs étrangers, des mises en demeure de la part de l'Office de promotion et de gestion de l'immobilier (OPGI) et des directions du logement et de l'équipement, révèlent que les sociétés étrangères et particulièrement les sociétés chinoises, chargées de projets de construction de logement en Algérie, ne respectent pas les normes de constructions.

3. Les nouvelles perspectives énergétiques des logements

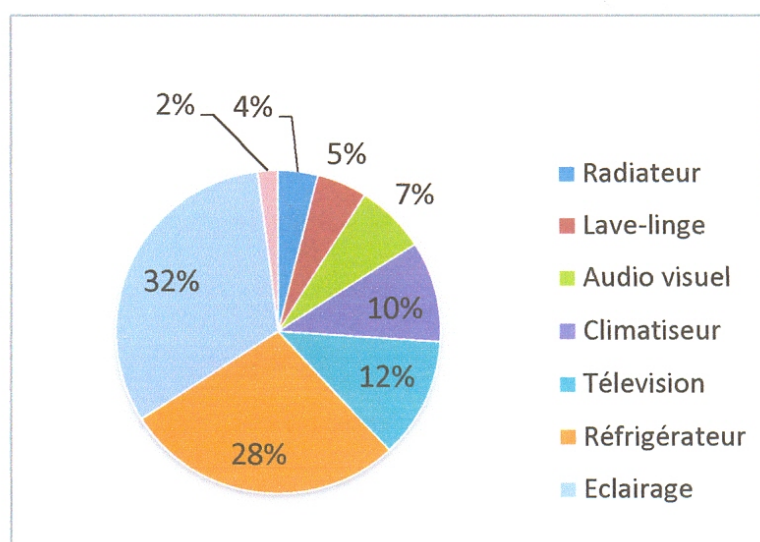
Toutes les prévisions de demande énergétique envisagent une augmentation de la consommation à l'horizon 2020 en raison de la croissance continue du parc de bâtiment et de l'apparition régulière d'usage énergétique nouveaux tels que l'ordinateur domestique, le séchage du linge, le rafraîchissement des locaux, les liaisons informatiques à débit rapide ...etc. Le secteur du logement est au centre d'une nouvelle approche tendant à concourir à une meilleure performance énergétique. Dans le cadre du nouveau plan quinquennale 2010-2014, l'état envisage de concevoir de nouveaux logements répondant à l'objectif qui consiste à rationaliser l'utilisation de l'énergie. Le gouvernement algérien entend réaliser 3000 logements écologiques et la rénovation thermique de 4000 autres logements existants.

4. -Usage énergétique dans le logement

Les édifices représentent le plus important poste de consommation avec 43% de l'énergie totale produite. Les besoins d'énergie et les consommations associées dans les bâtiments dépendent avant tout de l'usage du bâtiment. Les habitants ont adopté aujourd'hui un nouveau mode de vie avec des caractéristiques énergivores :

- Dans un logement Algérien, L'éclairage, le réfrigérateur et la télévision représentent plus de 70% de la facture.
- L'éclairage constitue plus de 30 % de la consommation d'électricité.
- Le réfrigérateur figure parmi les appareils ménagers les plus gourmands en électricité (28%).
- Le climatiseur consomme de 3 à 5 % plus d'énergie pour chaque degré au-dessous d'un réglage de 24 °C
- Une grande part de la consommation du lave-linge est due au fonctionnement de sa résistance électrique pour chauffer l'eau

Figure 15: Répartitions de la consommation d'énergie sous forme d'électricité dans un foyer Algérien



5. Bilan énergétique dans le logement



La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 770 KTEP. Elle représente 33% de la consommation totale d'électricité. Il a atteint 436 KTEP en produits gazeux soit 70% de la consommation totale des produits gazeux⁸, Il représente, de ce fait, le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national :

⁸ L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE)

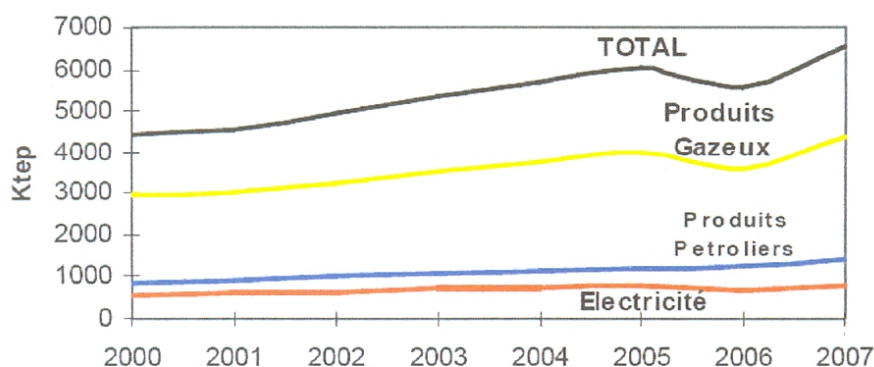


Figure .16: Evolution de la consommation du Secteur Résidentiel

Quelques données à propos des dépenses énergétiques dans le logement⁹ :

- Le taux d'occupation est en moyenne de 6 personnes par logement
- Le taux d'équipement des ménages est de 75%
- Taux d'électrification nationale est de 98%
- Taux de ménages raccordés au réseau gaz naturel est de 37%.
- La consommation énergétique moyenne annuelle d'un logement est de 1,048 TEP.

➤ Nouveaux records historiques de consommation électrique en 2012

Consécutivement à la vague de chaleur qui a touché l'ensemble du pays, l'Opérateur du Système Electrique National a enregistré le 27 juin 2012 à 14h00mn une puissance maximale appelée (PMA) de 8 850 MW. L'appel de puissance maximal « soir » a atteint quant à lui 8 725 MW enregistré à 21h45mn. On retient deux constats majeurs :

1. Pour la première fois dans l'histoire du système électrique algérien, le maximum de la pointe matin enregistré durant ce mois de juin a dépassé l'appel de puissance maximal enregistré en pointe soir.
2. Depuis l'introduction du phénomène de la climatisation dans les foyers algériens, la pointe matin n'a cessé ces dernières années de se rapprocher de la pointe soir jusqu'à la dépasser en ce mois de juin 2012

⁹ L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE)

Conclusion

Le secteur de l'habitat est appelé à évoluer pour répondre aux exigences du développement durable. La production de logements en Algérie a pu relever le défi en matière de quantité. Il est temps de faire un effort pour assurer celle relative à la qualité de vie.

La négligence de cette composante « efficacité énergétique » dans les processus de production et d'exploitation du logement aurait des conséquences économiques et sociales aussi importantes et donc, l'évolution du logement vers un logement durable ne représente pas seulement une transition environnementale, mais également économique et sociale.

Vue le potentiel énorme, l'urgence de rénover le parc logement est une priorité. La réhabilitation vers le logement énergétiquement efficace possède un atout indéniable en termes de durabilité. Ce nouveau concept de logement est porté par l'innovation de sa conception qui met l'accent sur la qualité des matériaux de construction utilisés et leur mise en œuvre selon l'adaptabilité aux besoins des occupants en énergies. La nouvelle orientation vers le logement énergétiquement efficace conduit à une utilisation plus responsable, économique et rationnelle de l'énergie.

CHAPITRE 3

LES ENJEUX DE LA REHABILITATION ENERGETIQUE DES LOGEMENTS

Introduction

L'énergie n'est pas toujours le moteur d'une réhabilitation. On voudrait faire en sorte qu'elle devienne une préoccupation dans les projets de réhabilitation de logements. Lorsqu'elle devient l'objectif majeur, elle apporte d'autres ensembles de préoccupations. C'est pour cela qu'il faut promouvoir des démarches intégrées de réhabilitation sur lesquelles on doit prendre en compte les différentes techniques possibles et les contraintes sociales, d'une part; et intégrer simultanément les objectifs écologiques, environnementaux et économiques, d'autre part.

Ce chapitre détaille les enjeux de la réhabilitation énergétique des logements, et ce qu'elles peuvent apporter plus d'aspects positifs au-delà de la recherche d'une meilleure performance énergétique.

1. LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

La prise en compte des changements climatiques a renforcé des préoccupations environnementales comme la qualité de l'air (intérieure et extérieure), la pollution des sols...etc. Malgré cette prise de conscience, les prévisions de réchauffement de la planète, de dégradation ou d'épuisement des ressources naturelles semblent toujours être revues à la hausse : record des températures, inondations, canicules, tempêtes, incendies ... Les effets du changement climatique se sont fortement fait ressentis durant la dernière décennie. En effet, les émissions de gaz à effet de serre sont directement liées à l'activité humaine et plus particulièrement aux consommations d'énergie selon leur source. On ne peut plus ignorer l'urgence environnementale actuelle, peu font concrètement le pas vers des pratiques plus efficaces. Pourtant, ils sont au cœur d'enjeux environnementaux importants. De la construction à son exploitation, une habitation a un impact réel sur son environnement.

« En Europe, durant tout son cycle de vie (construction, transformation, exploitation et déconstruction), le bâtiment est responsable de 50% du total des ressources naturelles

exploitées, de 40% des consommations d'énergie, de plus de 30% des émissions de CO₂, de 16% des consommations d'eau et de 40% de la production des déchets. » ¹⁰

Contribution du secteur résidentiel aux émissions de gaz à effet de serre en Algérie

Les émissions de CO₂ sont calculées sur la base des consommations annuelles en électricité et en gaz naturel. Les émissions de CO₂ dues à la combustion du gaz naturel (chauffage et eau chaude) représentent

85 % du total.

Les émissions de GES dues à la consommation d'énergie

finale ont atteint 46 millions de TCO₂, soit:

- Un niveau d'émissions par habitant de 1,830 TCO₂.
- Un niveau d'émissions par TEP consommée de 3,235 TCO₂.
- Un niveau d'émissions par Milliers de DA produit de 0,020 TCO₂.

Les émissions totales dues à l'énergie primaire sont de 82,6 Millions de TCO₂ soit : 30% due à l'électricité ; 35% aux produits gazeux ; 35% aux produits pétroliers.

La réduction de la consommation en énergie baissera l'émission des gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la durabilité environnementale et évitant les effets négatifs du changement de climat. Au vu de tels chiffres, on comprend rapidement la centralité du logement dans les débats énergétiques et environnementaux.

TCO ₂ /TEP	Electricité	Produits Gazeux	Produits Pétroliers	Total Produits
Agriculture	0,133	10,369	2,826	13,329
Résidentiel	0,269	1,526	0,658	2,454
Tertiaire	1,229	0,834	0,310	2,372
Industrie	0,397	1,762	0,184	2,343
Industrie Pétrolière	0,107	2,021	0,225	2,352
Transport	0,001	0,133	2,825	2,959
Total Secteurs	0,238	1,161	1,176	3,034

Fig.17et 18 : Structure sectorielle des émissions à la consommation

	Tonnes CO ₂ évitées
Industrie	1893720
Résidentiel	206786
Transport	216
Collectivités	22659
Services	38446
Agriculture	1554
Total	2163401

¹⁰ Bruxelles Environnement – IBGE, « Rénover et construire, 100 conseils pour respecter l'environnement et économiser l'énergie », avril 200

2. LES ENJEUX SOCIAUX

Le bâtiment et en particulier les logements représentent un gisement énorme d'économie d'énergie. C'est pourquoi l'amélioration de la performance énergétique est une priorité. Face aux grands besoins d'énergie de la part des ménages, et aux pics de consommation observés durant les périodes de grand froid ou de grosses chaleurs, la Sonelgaz risque, de se révéler incapable de pouvoir répondre, avec toute l'efficacité souhaitée, à la demande de sa clientèle. Pour cause, et comme le souligne le PDG de la Sonelgaz : «Les Algériens ne paient que 65% du prix réel de l'électricité, la facture d'électricité sera salée durant les prochains mois ! ». Cette augmentation est inévitable; le citoyen dépense trois fois plus dans les télécoms que dans l'électricité. Et la preuve, le chiffre d'affaires global des opérateurs télécoms enregistré est de 300 milliards de dinars alors que le résultat de la Sonelgaz est de 100 milliards de dinars ! ¹¹. De plus, la facture d'électricité ne représente que 10% du Snmg, Le relèvement des tarifs est une démarche tout à fait légitime puisqu'elle permettra à la société de financer ses projets. Devant les besoins croissants de la population en électricité, la Sonelgaz a engagé tout un programme de construction de centrales électriques. Or, avec les prix appliqués actuellement, l'entreprise ne peut pas en assurer efficacement le financement. Selon la chargée de communication, l'entreprise a déjà investi 78% de ses chiffres d'affaires pour assurer justement une offre à moyen terme. Il y a lieu de rappeler que l'entreprise a remis récemment sa requête à la Commission de régulation de l'électricité et du gaz Creg ¹². Même si le dossier est en cours d'étude actuellement au niveau de la Creg, une augmentation reste donc loin d'être écartée.

En attendant une décision gouvernementale à propos, l'économie d'énergie ou la maîtrise des charges demeure un objectif important dans le logement social afin de réduire les dépenses futures des ménages.

¹¹ Sonelgaz- Alger Groupe

¹² La Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz(CREG) a été créée par la loi N°02-01 du 05 février 2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisation. C'est un organisme indépendant et autonome doté de la personnalité juridique et investi de trois missions principales : Réalisation et Contrôle du service public, Conseil auprès des pouvoirs publics en ce qui concerne l'organisation et le fonctionnement du marché de l'électricité et du marché intérieur du gaz.

3. LES ENJEUX ECONOMIQUES

Les enjeux économiques des projets d'efficacité énergétique vont devenir de plus en plus cruciaux en particulier dans la circonstance actuelle où les prix d'énergie se situent au 1er plan de l'actualité et des discours politiques mondiaux. La recherche de performance énergétique a un poids économique, l'efficacité énergétique des logements ouvre des perspectives industrielles importantes notamment à des acteurs en développant des technologies innovantes coûteuses, comme elle nécessite l'acquisition de nouvelles compétences par les acteurs de la construction du bâtiment : la formation des architectes, des paysagistes et des professionnels du bâtiment. Ces opérations de Réhabilitation énergétique conduiront à un besoin en emploi supplémentaire de l'emploi lié au développement de la maintenance des systèmes solaire, thermiques, de ventilation, ce qui va générer de nouvelles opportunités d'emploi et de développement local.

4. ENERGIE ET L'IMAGE DU BATIMENT

La réhabilitation énergétique des logements doit être une partie intégrante des politiques de renouvellement urbain. En effet, une opération de renouvellement urbain se voit toujours à une échelle de quartier, mais cette réflexion a évidemment des impacts à l'échelle de chaque bâtiment. Et c'est là où interviennent les opérations de réhabilitations énergétiques qui visent à améliorer d'une part la consommation énergétique du bâtiment et améliorer d'une autre part l'image qu'il renvoie dans son milieu urbain. Il faut savoir qu'une réhabilitation ne garde pas l'image du bâtiment d'origine, elle valorise encore plus ses façades, comme par exemple : l'isolation par l'extérieur qui change l'image du bâtiment en lui conférant une certaine modernité.

La dégradation de l'image du bâti : Les problèmes d'inconfort dus au défaut de ventilation et d'isolation dans un logement mènent vers l'installation de climatiseurs et des canaux d'aération, les habitants ont tendance à installer des équipements ou parfois à modifier les ouvertures (agencement des Fenêtres) pour améliorer le confort à l'intérieur du logement. Ces interventions change l'image du bâtiment et dérangent son insertion dans son milieu urbain. D'où la nécessité de réhabilitation par l'installation d'isolation qui peut régler les problèmes d'ambiance et de ventilation en respectant l'image de celui-ci dans la ville.

Fig.19: Réhabilitation 72 logements à Hoenheim, Strasbourg: Rénovation de deux immeubles accolés comportant un total de 72 logements

- Les travaux de réhabilitation ont amélioré les façades



5. ENERGIE ET CONFORT

Premier motif pour entreprendre des travaux de réhabilitation dans les logements est la recherche et le maintien de la qualité d'usage du logement, confort acoustique, confort thermique, taille et agencement des pièces, etc..... Le gain de confort peut être assuré par les améliorations suivantes :

- Qualité d'usage des logements, taille, agencement, équipement, luminosité, qualité de l'éclairage naturel
- Le maintien d'un air sain dans les logements par l'aération, la ventilation, et la climatisation.

Les logements humides se retrouvent principalement dans les immeubles ou les maisons dont la façade est en mauvais état ou mal orientée. Les ponts thermiques et le développement des moisissures dans un bâtiment peuvent provoquer certaines pathologies chez les occupants, allergie, irritations, infection,...etc. Et donc, une aération régulière et suffisante des espaces permet d'éviter ces moisissures, elle peut engendrer, en revanche des pertes énergétiques. Ces dispositions montrent la nécessité de traiter concomitamment énergie et étanchéité, ventilation et renouvellement d'air ainsi que qualité de l'air intérieur.

Le confort thermique concerne principalement la température intérieure des pièces, sa répartition harmonieuse dans l'espace et la qualité de l'air ambiant (taux d'humidité, propreté, salubrité). La réhabilitation énergétique fournit un environnement thermique confortable en toute saison et assure la sécurité des personnes et des biens :

- Economique : économies d'énergie liée à l'investissement pour les équipements de chauffage ou de climatisation
- Qualité de l'air : risques minime des pathologies liés à une humidité mal contrôlée
- Pérennité des bâtis : le confort thermique durable apporte au bâtiment une longévité qui lui évite tous les désagréments

Conclusion

Ce chapitre révèle que la réhabilitation énergétique ne traite pas seulement la dimension environnementale. C'est une opération large et englobante qui s'appuie sur deux autres piliers - social et économique- tout aussi importants.

La réhabilitation énergétique est, au croisement des dimensions économiques, sociales et environnementales. Elle dépasse une vision classique et adopte plutôt une approche intégrée permettant d'embrasser pleinement toute la problématique de la réhabilitation énergétique des logements dans tous les domaines et elle passe à une vision qui englobe aujourd'hui tous les aspects. L'empreinte écologique et énergétique, aussi la réflexion se fait davantage à l'échelle urbaine en intégrant le confort dans l'espace habité.

CHAPITRE 4

LES OUTILS DE LA REHABILITATION ENERGETIQUE

Introduction

Ce chapitre aborde les outils réglementaires avec lesquels on effectue l'analyse énergétique et les divers instruments de mesure et de contrôle.

Concernant les bâtiments existants, deux types d'outils réglementaires, permettent la réalisation de Diagnostics de Performance Energétique (DPE) et l'évaluation de projet ouvrant aux différents labels. Il est à noter que la consommation calculée est une consommation théorique dite conventionnelle. Elle prend en compte uniquement des données théoriques de déperditions thermiques des différentes parois et des rendements des générateurs de chaleur, de distribution, de régulation ... Le calcul ne prend pas en compte le comportement des occupants (occupation ou non du logement, température réelle du logement, etc...)

I. Les labels

Les labels comme les certifications sont des marques, des outils de communication, matérialisée par un nom et un logo, la marque peut être apposée sur des produits ou bâtiments se conformant à un cahier des charges. L'absence de contrôle de respect des réglementations et des performances des bâtiments ont entraîné la création de certifications et de labels qui permettent de mieux gérer les consommations énergétiques des bâtiments mais aussi plus généralement l'impact de nos constructions sur l'environnement. Les labels et les certifications ne se justifient que s'ils vont au-delà de la réglementation thermique ; si les maîtres d'ouvrages se donnaient les moyens de suivre et d'évaluer le projet, vérifiant ainsi leur conformité par rapport à la réglementation, le respect de celle-ci serait effectif et le recours aux labels deviendrait inutile.

1) Démarche HQE

Réaliser des bâtiments neufs et améliorer des bâtiments existants qui auront dans leur ensemble des impacts limités sur l'environnement : c'est ce qui est proposé au travers la démarche HQE®. Cette démarche, qui se veut globale, vise à installer la notion de développement durable dans le bâtiment. Le référentiel HQE® est issu du travail des

membres de l'association HQE®, créée en 1996, reprenant ainsi un projet mené dans le milieu des années 90 par le PUCA (Plan Urbanisme Construction Architecture, ministère de l'équipement). Il se compose d'une série de 14 cibles couvrant l'ensemble des dimensions environnementales à prendre en compte dans une opération de construction.

Maitriser les impacts sur l'environnement extérieur	Créer un environnement intérieur satisfaisant
Eco-construction 1-Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat 2-Choix intégré des procédés et produits de construction 3- Chantier à faible nuisances	Confort 8-Confort hygrothermique 9-Confort acoustique 10-Confort visuel 11-Confort olfactif
Eco-gestion 4- Gestion de l'énergie 5-Gestion de l'eau 6-Gestion des déchets d'activité 7- Gestion de l'entretien et de la maintenance	Santé 12-Qualité sanitaire des espaces 13-Qualité sanitaire de l'air 14-Qualité sanitaire de l'eau

Fig. 20 : La démarche HQE

2) Haute Performance Énergétique

Le label « Haute performance énergétique » a été fixé en 2006 dans le cadre de la politique d'économie d'énergie et de la protection de l'environnement définie par les pouvoirs publics

Plusieurs mentions ont ainsi été créées :

- **La mention Haute Performance Énergétique HPE** : consommation énergétique conventionnelle inférieure de 10 % par rapport à la RT 2005 ;
- **La mention Très Haute Performance Énergétique THPE** : consommation énergétique conventionnelle inférieure de 20 % par rapport à la RT 2005 ;

- **Les mentions HPE Energies renouvelables et THPE Energies renouvelables :** consommation énergétique conventionnelle respectivement inférieure de 10% et 20% aux consommations de référence et dont les consommations de chauffage ou d'eau chaude sanitaire ECS sont assurées par une production par énergie renouvelable ;
- **la mention Bâtiment basse consommation BBC :** consommation énergétique primaire conventionnelle comprise entre 40 et 75 kWh/m²/an (chauffage, ECS, éclairage, ventilation, auxiliaires). Le référentiel BBC a été mis au point par l'association Effinergie, association à but non lucratif ayant pour objectif la promotion des constructions à basse énergie.

3) PassivHaus – Maison Passive

Créer en 1996 en Allemagne, PassivHaus garantit la performance énergétique des bâtiments avec un climat intérieur agréable en hiver comme en été sans installation de chauffage ou de refroidissement conventionnelle. L'objectif général est de limiter la consommation à :

- 15 kWh/m²/an en énergie finale pour le chauffage,
- 120 kWh/m²/an en énergie primaire pour le chauffage, l'ECS, la ventilation, l'éclairage, les auxiliaires et l'électroménager.

4) Minergie®

Minergie est un label qui garantit la performance énergétique des bâtiments : 42 kWh/an/m² d'énergie primaire (chauffage, ECS et ventilation) en neuf et 80 kWh/an/m² en rénovation, tout en maîtrisant le niveau des investissements. Un bâtiment Minergie est caractérisé par 3 principes de base :

- Une enveloppe étanche à l'air et munie d'une excellente isolation thermique
- Une aération douce et automatique
- Une production de chaleur adaptée et efficace (favorisant les énergies renouvelables).

5) Bâtiments performants / écoconstruction

Les labels BBC, Minergie et PassivHaus concernent la performance énergétique des bâtiments. Le tableau suivant regroupe les informations concernant ces trois labels :

	BBC 2005	Minergie	PassivHaus
CONSOMMATION	entre 40 et 75 kWh/m ² /an d'énergie primaire	42kWh/m ² /an d'énergie primaire	120 kWh/m ² /an d'énergie primaire
Postes pris en compte	Chauffage Eau chaude Ventilation refroidissement	Chauffage Eau chaude Ventilation climatisation	Chauffage Eau chaude Eclairage Ventilation Equipements Électroménagers Auxiliaires
Exigences d'enveloppe	Pas d'exigence minimale	80% de la réglementation suisse	15kWh/m ² /an d'énergie finale pour le chauffage

Les outils de calcul

Aujourd'hui l'outil le plus connu en matière de diagnostic énergétique est le Diagnostic de Performance Energétique (DPE). Il attribue une étiquette énergétique au logement diagnostiqué, celle-ci allant de A à G: la lettre A indique les logements les plus

économiques en énergie et correspond à une consommation inférieure à 50 kWh_{EP}/m².an. Lorsqu'ils sont classés en G avec une consommation de plus de 450 kWh_{EP}/m².an, les logements sont qualifiés d'épaves thermiques.

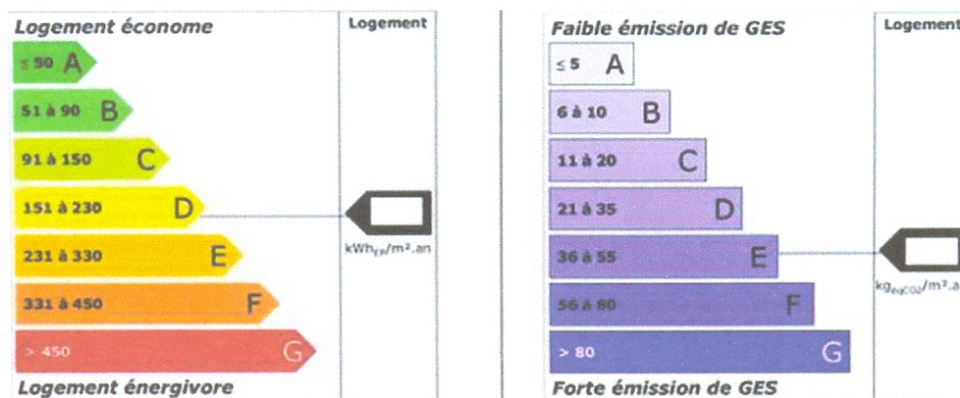


Figure .22 : Etiquette du DPE

Il doit contenir:

- une description du logement, de ses équipements (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, éventuellement climatisation) et de leurs conditions d'utilisation ;
- la quantité d'énergie qu'il consomme. Il s'agit d'une estimation réalisée selon une méthode standardisée dont certains éléments (références, logiciel utilisé) doivent être indiqués. Pour les logements antérieurs à 1948, on peut établir la moyenne des relevés de consommation des 3 dernières années. Un DPE doit se référer aux prix des énergies les plus récents et préciser leur date d'entrée en vigueur ;
- des conseils de comportement pour dépenser moins d'énergie et des recommandations de travaux pour améliorer la performance énergétique du logement.

Le tableau suivant correspond aux des classes du diagnostic de performance énergétique avec les différents labels :

Classe	Consommation (kWh _{EP} /m ² /an)	RT 2005	HPE	THPE	BBC	Minergie PassivHaus
A	≤ 50					
B	51 à 90					
C	91 à 150					
D	151 à 230					
E	231 à 330					
F	331 à 450					
G	> 450					

II. Les outils de mesure et de contrôle

Les outils de comptage permettent d'identifier puis de corriger le dysfonctionnement des systèmes énergétiques ou de comportements. Nous présentons ci-dessous les outils que les professionnels utilisent ou vont utiliser de plus en plus pour le diagnostic énergétique des bâtiments.

1. Une instrumentation pour la mesure et le suivi des consommations

De nombreux équipements existent pour suivre de façon précise (avec ou pas horaire) les consommations d'énergie pour le chauffage; l'eau chaude sanitaire, la ventilation, les consommations d'électricité, d'eau froide et de gaz. Ce suivi peut demander les équipements suivants : capteurs de température, de CO₂, et d'hygrométrie, thermostat; débitmètre d'air pour la VMC; compteur de calories avec sondes de température; compteur volumétrique d'eau; station météorologique permettant de détecter le crépuscule, la luminosité, la pluie, la température et la vitesse du vent, compteur d'électricité, de gaz; concentrateur traitant et analysant les données et les envoyant à un serveur Une instrumentation de ce type peut également être utile en rénovation pour des opérations de démonstration et d'apprentissage des nouvelles technologies énergétique.

2. La thermographie infrarouge

Depuis longtemps utilisées par l'armée, la police et les pompiers, la caméra infrarouge sert aujourd'hui à détecter les déperditions thermiques d'un bâtiment. Les thermographies constituent un outil précieux permettant :

- De rechercher des fuites (air ou eau), une migration d'humidité, des traces de condensation, etc.
- D'enquêter sur l'état des toitures (humidité, fuites; infiltration éventuelles)
- De contrôler et de détecter des circuits de chauffage



Fig. 24 : Exemple de thermographie

3. Le test d'étanchéité :

Ce test sert à évaluer la qualité de l'étanchéité à l'air des constructions à l'aide d'une caméra thermique permettant de visualiser les fuites ; et d'un test d'infiltrométrie

(ou de « la porte soufflante ») servant à mesurer les défauts d'étanchéité (situé par exemple aux parclofes des fenêtres, au drainage des vitres, à l'interstice entre les tuyaux d'évacuation

d'air installés en toiture et au plafond). Ce test consiste à mettre le logement en dépression par rapport à l'extérieur

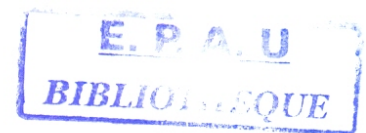
par l'intermédiaire d'un ventilateur, puis de répéter toutes les pénétrations d'air extérieur, celles –ci constituant les points de fuite de l'enveloppe. La mesure de l'étanchéité se fait par les débits de fuite pour lesquels des valeurs de références, exprimées en $m^3/h.m^2$ on été définies.



Fig. 25 : Test d'étanchéité à l'air

4. Test d'éclairement

De petits appareils relativement faciles à utiliser permettant de mesurer le facteur de lumière du jour dans les pièces de vie (salon et séjour) d'un logement



III. Les outils informatiques de mesure

Les logiciels utilisés pour la mesure de l'efficacité énergétique d'un bâtiment sont des outils d'aide simplifiés qui permettent aux concepteurs du bâtiment à la labelliser les bâtiments en fonction de leurs performances thermique et énergétique. Ils permettent aussi de réaliser un audit énergétique et de mettre au point les améliorations relatives à la qualité thermique et énergétique du bâtiment. Les logiciels les plus performants ont été créés en Allemagne par des spécialistes du bâtiment.

D'autres outils informatiques utilisés dans une réhabilitation énergétique :

- Les logiciels de calcul du confort visuel, du confort acoustique, de l'étanchéité à l'air, des apports solaires, etc...

- Les logiciels de dimensionnement des systèmes de ventilation à double flux avec récupération de chaleur ;
- Les logiciels de simulation thermique dynamique, tenant compte notamment des apports solaires ;

Exemple de logiciel :

LOGICIEL CLIP : Conception et Labellisation d'Immeubles Performants

C'est un outil qui permet de définir et calculer un immeuble ou une partie d'immeuble : Situé dans une zone. utilisé par les concepteurs comme aide à l'amélioration du projet à étudier. Il permet donc d'apprécier les améliorations apportées successivement au projet, par rapport à la version initiale. Il donne aussi le label des performances thermique et énergétique atteint après chaque amélioration. Pour chaque modification apportée, on peut apprécier son impact sur les besoins, les consommations et la production de CO₂, ce qui signifie que les résultats sont détaillés par postes de consommation. L'outil peut s'appliquer à plusieurs types de bâtiments. La liste minimum de bâtiments concernés comprend :

- les bâtiments à usage de bureaux (administrations, banques, assurances, ...)
- les bâtiments à usage hôtelier (hôtels,...)
- les bâtiments à usage d'hébergement hospitalier (hôpitaux, cliniques)
- les bâtiments à usage d'enseignement (Ecoles, Lycées, Foyers universitaires, ...)
- les bâtiments à usage de commerce (commerces, centres commerciaux, ...)
- les bâtiments à usage d'habitation (Logements sociaux)

IV. L'audit énergétique

Un audit énergétique est l'examen et le contrôle des performances énergétiques des installations et des équipements d'un établissement. Cet examen a pour but de parvenir à une utilisation rationnelle de l'énergie, en analysant où, pourquoi, comment, combien et quand on consomme de l'énergie. L'audit fournit des indications permettant de savoir où et

comment des mesures d'économie d'énergie, et par conséquent de frais, peuvent être appliquées, où et comment une récupération d'énergie est possible ou une conversion à d'autres sources d'énergie, alternatives ou non.

μL'objectif d'un audit est de formuler un certain nombre de propositions de mesures concrètes justifiées du point de vue de l'économie de l'établissement, pour parvenir à une utilisation plus rationnelle de l'énergie. L'application de ces mesures doit toutefois faire partie d'une stratégie systématique et logique. L'audit ne peut donc rester une action isolée, mais il doit s'insérer dans un plan global de gestion énergétique.

La méthodologie d'un audit énergétique :

Première phase : dans cette phase de l'audit énergétique doit permettre, à partir d'une analyse des données disponibles dans l'établissement :

- de réaliser une première approche du bilan énergétique ;
- de comparer les performances énergétiques à des références connues dans son activité ;
- de dresser une première évaluation des gisements d'économies d'énergies envisageables ;
- d'orienter le responsable de l'établissement vers des interventions simples à mettre en œuvre dans le cadre de l'évolution de son établissement et de l'environnement local ;
- d'identifier les domaines à développer dans les phases suivantes de l'étude.

Deuxième phase : lors de cette phase le travail de l'auditeur consiste à approfondir l'analyse sur les principaux gisements identifiés dans la première étape. Pour cela, il est nécessaire d'établir le bilan énergétique sur la base d'une analyse détaillée de l'existant:

- à partir de données et de calculs ;

Le but de cet phase est d'obtenir une situation détaillée de l'établissement sur le plan énergétique.

- Connaître avec précision les conditions réelles de fonctionnement des principaux équipements.
- Dresser la liste de toutes les actions susceptibles d'améliorer le bilan énergétique et de réduire la part du coût consacrée à l'énergie dans des conditions économiques acceptables.

Troisième phase: il convient dans cette phase :

- de déterminer les actions à mener sur les procédés et utilités d'une entreprise ou leur mode d'exploitation, afin de réaliser des économies d'énergie
- d'identifier et de décrire les solutions aussi précisément que possible et de donner une première approche du coût de mise en œuvre et du temps de retour.

V. Les Formation à la réhabilitation énergétique

Exemple de formation:

❖ **Formation aux Economies d'Energie des entreprises et artisans du Bâtiment FEE en France**

Population cible : ouverts à tous les chefs_d'entreprise, salariés et artisans réalisant des travaux_dans les bâtiments.

1. **Description de la formation :** Le FEE Bat a été construit en 2008 sous l'égide des pouvoirs publics de L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise des Energies (ADEME)coordonné par le Club Certificats d'économies d'énergie suivi par les organismes collecteurs de fonds de la formation professionnelle concernés.

FEE Bat propose un dispositif de formation adapté aux économies d'énergies des entreprises et artisans du bâtiment. Les professionnels constituent la première source d'information des ménages et de conseil sur les travaux et la maîtrise de l'énergie, ils doivent donc être en mesure de proposer à leurs clients des analyses énergétiques globales et des solutions intégrées d'amélioration énergétique touchant à la fois l'isolation du

bâtiment, l'efficacité énergétique des équipements, les énergies renouvelables, la maintenance du bâtiment dans son ensemble... Pour répondre aux besoins de formation nécessaires à l'accomplissement des engagements du Grenelle de l'environnement, l'objectif global du dispositif de formation FEE Bat a été porté à 120 000 stagiaires formés (artisans, salariés et chefs d'entreprise du Bâtiment) d'ici fin 2012.

2. La méthode de la formation :

FEE Bat aborde les économies d'énergie en termes techniques, environnementaux, en matière d'arguments de vente, de qualité de travaux, etc. Le marché de la rénovation énergétique concerne tous les métiers du Bâtiment (carrelage, charpente, électricité, isolation, maçonnerie, menuiserie, plomberie, etc.). Les formations FEE Bat permettent d'accéder à ce marché dans les meilleures conditions. Les formations permettent de connaître les techniques performantes de rénovation énergétique, d'échanger avec les autres métiers pour une vision globale de la rénovation et des solutions complémentaires pouvant être mises en œuvre, de disposer de personnels formés et compétents pour une mise en œuvre optimale des solutions performantes et de répondre aux attentes des clients

3. Les actions menées :

Le dispositif national de formation FEE Bat est articulé autour de trois modules :

Module 1: identifier les éléments clefs d'une offre globale d'amélioration énergétique des bâtiments existants, élaborer les différentes solutions techniques et maîtriser leurs interactions ;

– Module 2 : maîtriser les outils pour mettre en œuvre une offre globale d'amélioration énergétique des bâtiments existants ;

– Module 3 : connaître, maîtriser et mettre en œuvre les groupes de technologies performantes d'amélioration énergétique des bâtiments. Ce dernier module est décliné en 9 sous-modules : isolation des parois verticales opaques et des planchers bas ; isolation des toitures et des planchers hauts ; ouvrants, fermetures et protections solaires ventilation ; chauffage à eau chaude ; chauffage à air ; eau chaude sanitaire ; éclairage et autres

équipements électriques ; climatisation et rafraîchissement. De plus, pour aider au déploiement des formations et inciter les professionnels à se former, une campagne nationale de communication financée par l'ADEME est en cours. L'objectif : amener les professionnels sur le site feebat.org pour qu'ils s'informent et s'inscrivent aux formations.

❖ **Formation d'auditeurs énergétiques dans le bâtiment en Algérie** (Coopération APRUE- MED-ENEC Project)

En collaboration avec le MED-ENEC Project et le Département de l'Energie de la Ligue Arabe, l'Agence de promotion et de la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE) a organisé une formation de consultants algériens pour la réalisation d'audits énergétiques dans le secteur du bâtiment en 2012.. Le but de cette formation est de qualifier ces consultants capables de réaliser des audits énergétiques détaillés dans le secteur du bâtiment et d'établir un programme de travail adéquat pour leur réalisation. Ces formations sont dans le cadre de répondre aux sollicitations au programme ECOBAT.

Conclusion

L'obligation de la performance énergétique dans un bâtiment conduit les professionnels à développer des outils de mesure et de contrôle extrêmement utiles pour évaluer la nature des travaux et des améliorations à apporter. La consommation d'énergie d'un bâtiment est le résultat d'une équation entre:

- Le comportement de l'enveloppe face au climat ;
- Le comportement des occupants ;
- La performance des équipements thermiques

D'où la nécessité de développer encore de nouveaux outils intégrant l'ensemble de ces données, et de simuler la réalité de façon suffisamment proche pour permettre des prises de décision rationnelles afin d'arriver à des résultats plus fiables concernant la consommation réelle.

CHAPITRE 5

CAS D'ETUDE D'UNE REHABILITATION ENERGETIQUE

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, on présentera un cas d'étude d'une proposition de réhabilitation des logements sociaux à Bâb Ezzouar. Pour cela, il nous a été primordial de réaliser un diagnostic énergétique mettant en lumière les problématiques et contraintes particulières du bâtiment considéré. Cet étude s'est effectué au travers de 4 grands points :

- Relevé de l'environnement urbain et micro- climat : mise en évidence de l'insertion du bâtiment
- Relevé des caractéristiques architecturales, constructives et techniques : plans de niveau, façades...
- Relevé des consommations : analyse des factures des fournisseurs d'énergie sur une période d'un an, permettant de calculer une moyenne annuelle
- Evaluation par simulation des consommations en appliquant un modèle de calculs. il a été possible de mettre en relation la consommation relevée à partir du bilan effectué et la consommation calculée en référence à des niveaux de confort labélisé. Le modèle de calcul retenu est le modèle tunisien Conception et Labellisation d'Immeubles Performants à travers un logiciel de calcul CLIP auquel il peut être reproché de ne pas prendre en compte l'aspect climatique local. Mais pour cette étude, ce n'est pas le résultat de la consommation réelle qui est important mais le fait de pouvoir par ce mode de calcul établir un niveau de référence de consommations et mesurer ainsi l'impact des transformations proposées.



II. Le choix de l'aire d'intervention

Le choix s'est porté sur le secteur bâtiment de Bâb Ezzouar car il offre un potentiel et une capacité de répondre à la problématique annoncée au préalable vu son caractère résidentiel fort puisqu'il s'agit d'une commune très dense par sa population qui atteint 110 000 habitants. Depuis 2001, la commune a connu la construction de plusieurs nouvelles cités de logements élaboré par les structures suivantes: Agence nationale de l'Amélioration et du Développement du Logement (AADL), Entreprise Nationale de la Promotion Immobilière (ENPI).. Aussi par des promoteurs privés.

D' autre part, l'accumulation de pollution due à la fumée dégagée par les moyens de transport et les conditions atmosphériques exceptionnelles dans cette zone (taux d'humidité et un brouillard très denses) exige de prendre en considération les contraintes climatiques dans la construction des espaces habités.

Donnée climatiques à Bâb Ezzouar :

Etant située sur la bande littorale algérienne, la commune de Bâb Ezzouar bénéficie d'un climat méditerranéen, caractérisé par des périodes hivernales froides et humides, et des périodes estivales chaude

Humidité : Bâb Ezzouar est caractérisée par une humidité à l'exception de la période estival. Les valeurs maximales sont au mois de janvier (81%), les valeurs minimales au mois de juillet (47%).

Température : Elle varie entre 4° et 38°C, avec une moyenne annuelle de 18°

Précipitation : La pluviométrie annuelle moyenne est de 650 à 750 mm/an, coïncidant avec la période hivernale.

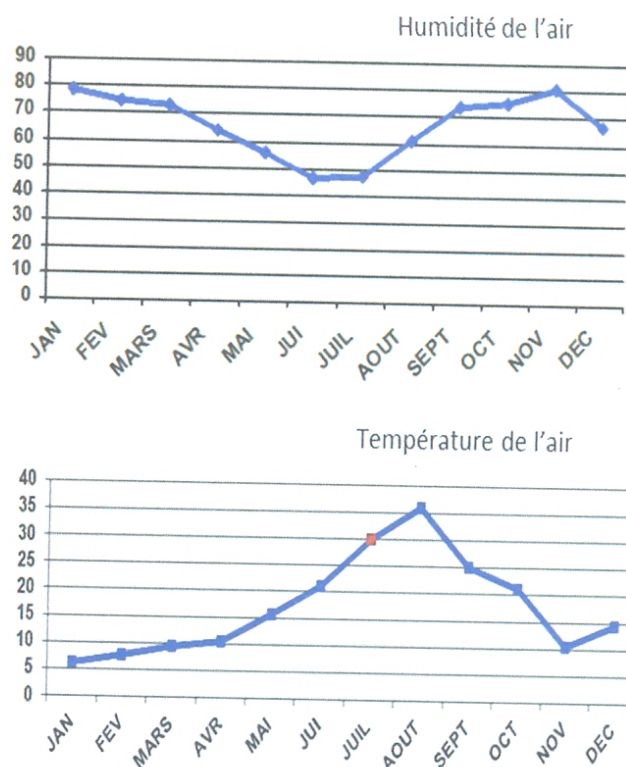


Fig. 27: Données climatiques de Bab Ezzouar

D'autre part, ce secteur possède des caractéristiques et des profils de consommation forts dus à :

- La densité de la population résidente
- La densité des activités tertiaires
- Le Flux important de transport : automobile, autobus, tramway, train

Les cités occupent une position urbaine stratégique, limitées par deux axes structurants; le boulevard de l'université USTHB et le nouveau axe du tramway. La présence d'un important pôle universitaire qui accueille un nombre considérable d'étudiants est un point fort à la sensibilisation de la maîtrise des énergies dans les bâtiments à travers les travaux de réhabilitation énergétique des logements

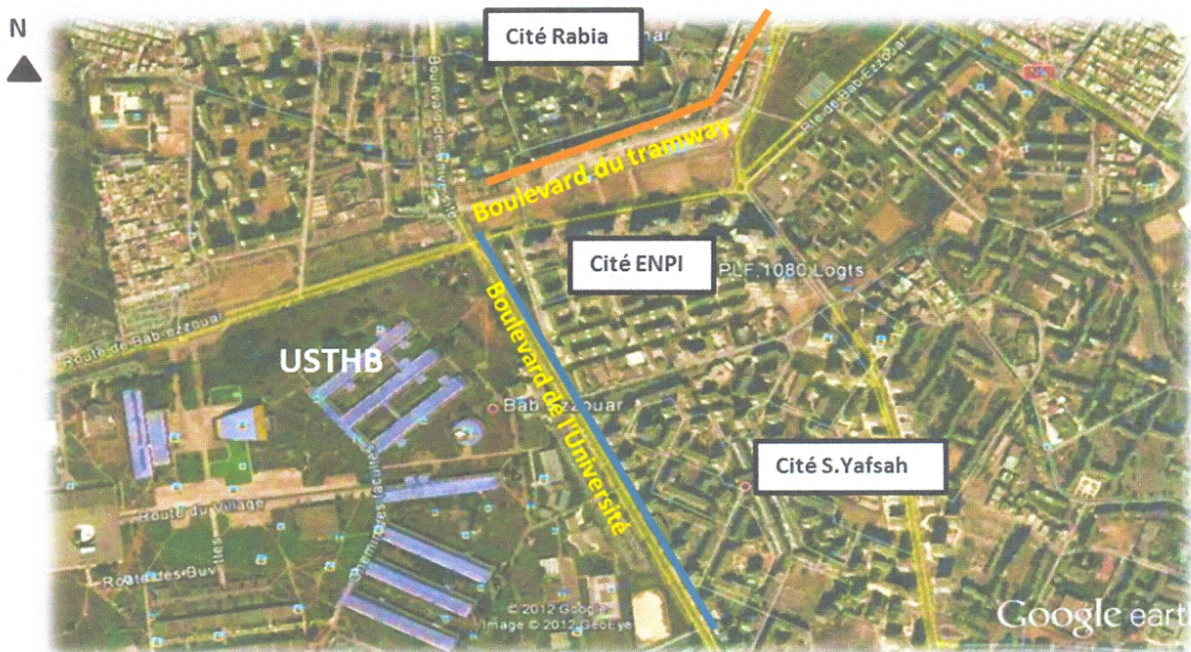


Fig. 28: Image aérienne du site d'étude



Photo1 : Boulevard de l'Université



Photo1 :Boulevard du tramway (cité Rabia Tahar)

III. Analyse préliminaire

I. La cité proposée pour la réhabilitation énergétique

Après avoir établi l'étude de l'environnement extérieur, nous avons choisi d'intervenir sur les logements ENPI en face USTHB. Ces bâtiments R+5, avantageux pour une réhabilitation et ne présente aucune valeur patrimoniale à respecter.

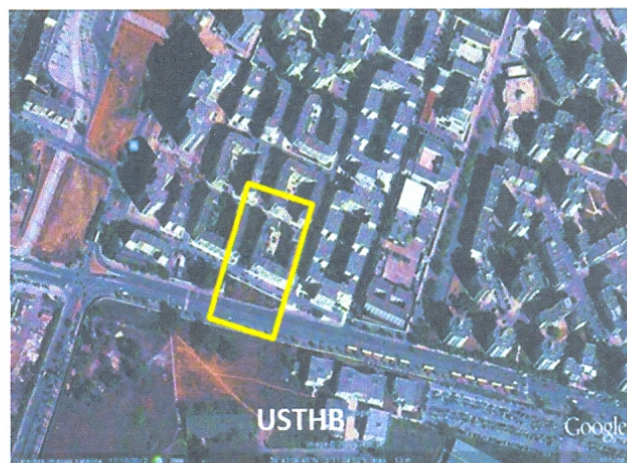


Fig.29: PLAN DE SITUATION

Dans cette cité ; Il existe 2 types de bâtiments:

- Bâtiments 10 logements
- Bâtiments 20 logements

Le bâtiment 20 logements va faire le cas exemplaire de cette opération démonstrative de la réhabilitation énergétique car il présente des comportements énergétiques élevés. De plus, ce type de bâtiments a un souci au niveau de l'orientation des logements, de ventilation, la cage d'escalier centrée sans ouverture.

Le bâtiment n'a pas de vis à vis. Sachant que la mitoyenneté réduisent de manière très importante la surface de parois en contact avec l'extérieur et donc réduisent la consommation (de 25% à 30%). c'est un des atouts dont notre exemple n'en bénéficie pas.

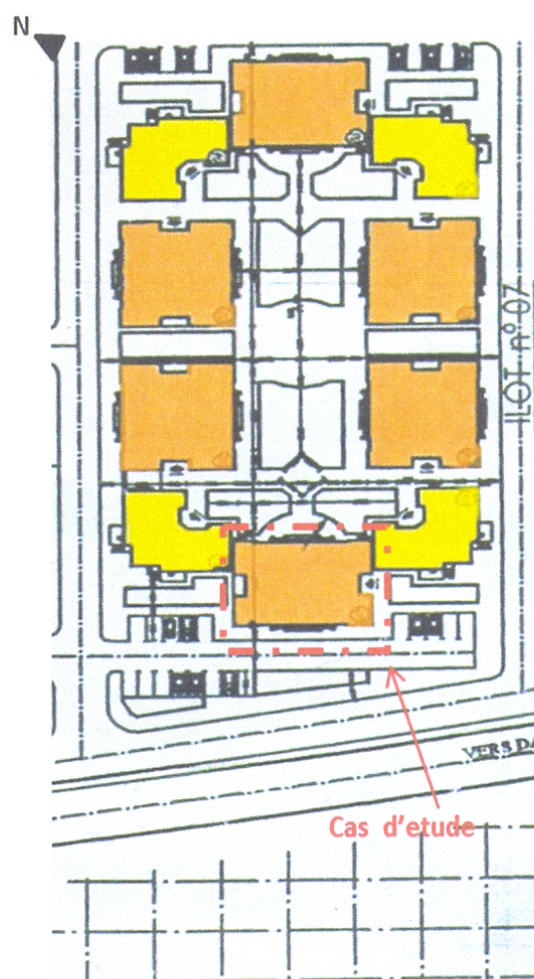


Fig.30 : PLAN DE MASSE DE LA CITE
ENPI

Fiche technique du bâtiment

Bâtiment : R+5 avec cage d'escalier centrée

20 logements de type F3

Date de construction: 2009

Surface habitable : 330 m²

Maître d'ouvrage : ENPI



PHOTO 3 : Bâtiment 10 logements;
La cage d'escalier avec ouvertures à l'extérieur



PHOTO 4 et 5 : Bâtiment 20 logements
La Cage d'escalier n'a pas d'ouverture à l'extérieur



PHOTO 6 et 7 : Eclairage artificielle de la cage d'escalier

II. Etat des lieux

Les logements des bâtiments exemple, sont des appartements F3, répartis principalement sur les deux façades NORD et SUD. La cage d'escalier étant donné sa position centrée dans la bâtiment, elle est dépourvu de toute ouvertures d'aération à l'extérieur, les concepteurs ont fait appel à un système d'éclairage à minuterie par mouvement. Cette technique cause jusqu'à présent la colère des habitants puisque la facture de cette partie commune est payé par les habitants et vu la déficience de cette technique, la facture est élevée et atteint environs 50 000 00 DA par an. Après avoir établi un état des lieux et des interviews avec les habitants, on a constaté les problèmes suivants au niveau des logements :

- Inconfort d'été avec surchauffe, mauvaise isolation thermique
- Insuffisance d'isolation phonique entre les logements
- Etanchéité sans isolation
- Menuiserie extérieures déficientes, perméable à l'eau

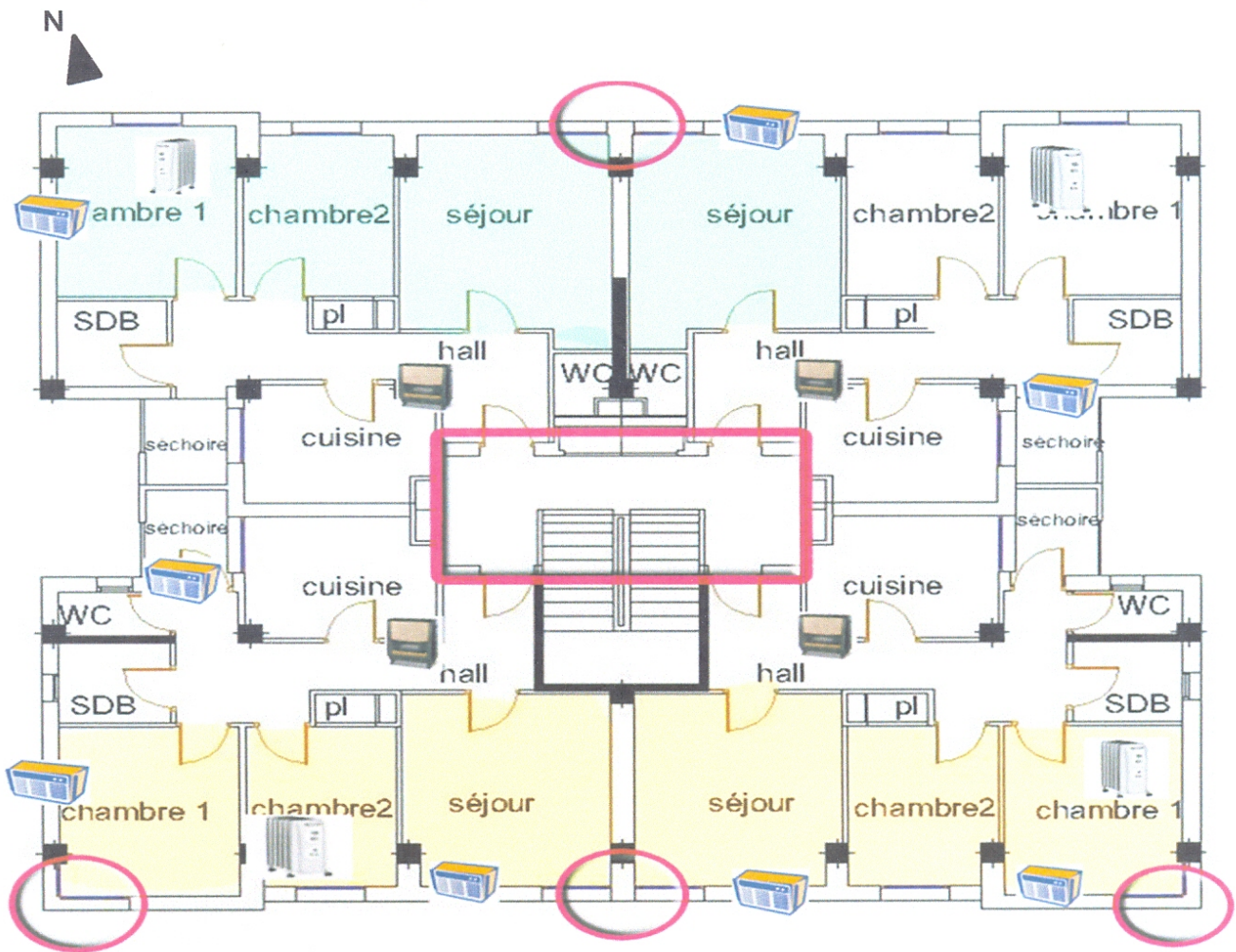


Fig.31 : Plan d'un étage courant

(Les équipements de chauffage et de climatisation sont identifiés dans le plan à travers un relevé du 3ème étage)

IV. Analyse détaillée

1- Étude de l'enveloppe du bâtiment

Le système constructif est simple : des poteaux et des poutres en béton avec des voiles. Des planchers en poutrelles et hourdis, avec dalle, chape mince. Les murs extérieurs sont en double cloison briques d'épaisseur 30cm. Les cloisons de distribution intérieure sont en brique d'épaisseur 10cm enduites de 1cm de plâtre de part et d'autre soit un total de 7cm. Les ouvertures : fenêtres avec simple vitrage.

- Détails du système de construction :

1- Plancher étage *fig. 32:*

Composé de poutrelles T en béton ordinaire, hourdis creux en béton et d'une table de compression en béton armé.

Inconvénient : absence de matériau d'isolation

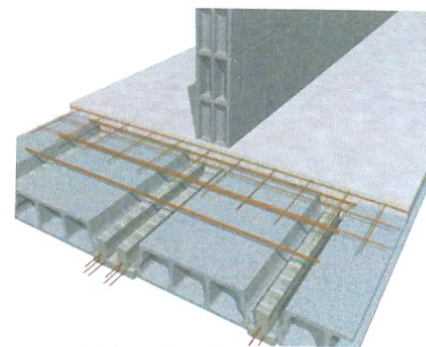


Fig.32: Détail plancher étage

2- Parois extérieures *fig. 33 :*

Les murs extérieurs sont en double cloison
brique avec lame d'air

Matériaux	λ (W/mK)	d (cm)
Enduit intérieur	0.7	3
Brique cuite	0.52	10
Lame d'air	0.22	4
Brique cuite	0.52	15
Enduit extérieur	0.87	3
Epaisseur mur =		35 cm

Λ : coefficient de conductivité thermique
d: épaisseur

Valeur U des murs 1.05 W/m²K

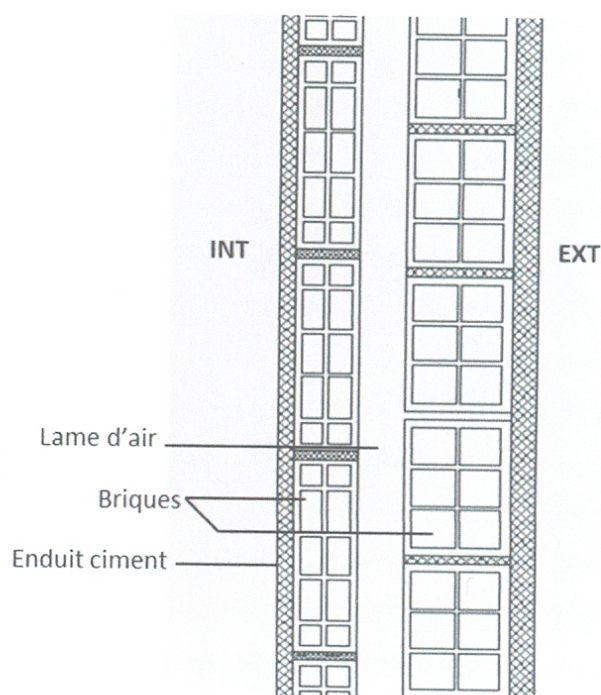
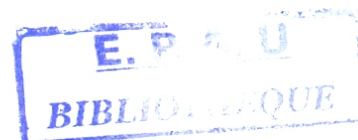


Fig.33 : Détail mur extérieur

La technique traditionnelle des murs en briques avec lame d'air est à l'origine des déperditions thermiques à travers les parois, pour cause: la lame d'air présente une faible résistance et une grande transmission thermique. De plus, sa mise en œuvre déficiente lors du remplissage des joints entre les briques fait que cette couche perd sa résistance.

2. Bilan énergétique

La consommation annuelle d'énergie (Electricité, Gaz) du bâtiment est calculée sur la base des relevés d'électricité et de gaz facturés par SONALGAZ.



Pour ce bâtiment, la consommation en énergie électrique, cumulée pour l'année 2012 a été de 30474 kWh. Tandis que la consommation en gaz, exprimée en kWh, est de 23000 kWh (1 m³ de GAZ = 10,50 kWh). La consommation moyenne d'un logement de type F₃ :

10200 kW/h annuel en électricité

1250 kW/h annuel en gaz

D'après le relevé des factures trimestrielles, nous avons constaté une forte consommation en gaz pendant la période hivernale particulièrement pour les logements dernier niveau. La demande en chauffage est forte, et cela est dû aux pertes thermique à travers les différentes parties du bâtiment: toiture, parois, vitrage et plancher.

Les pertes par transmission des parois ou de l'enveloppe du bâtiment sont très importantes. Elles sont à leur maximum durant la période hivernale. Celles-ci dépendent de la différence de température entre la température intérieure et la température extérieure, et la réduction des pertes sont influencées fortement par la qualité des matériaux isolants utilisés.

Les pertes les plus importantes sont les parois extérieures de l'enveloppe et la toiture (logement niveau 5) Les fenêtres constituent également des sources de déperditions non négligeables.

3. Calcule des déperditions thermiques :

Pour cela, nous prendrons 3 types de logements orientés vers le nord :

A , B , C

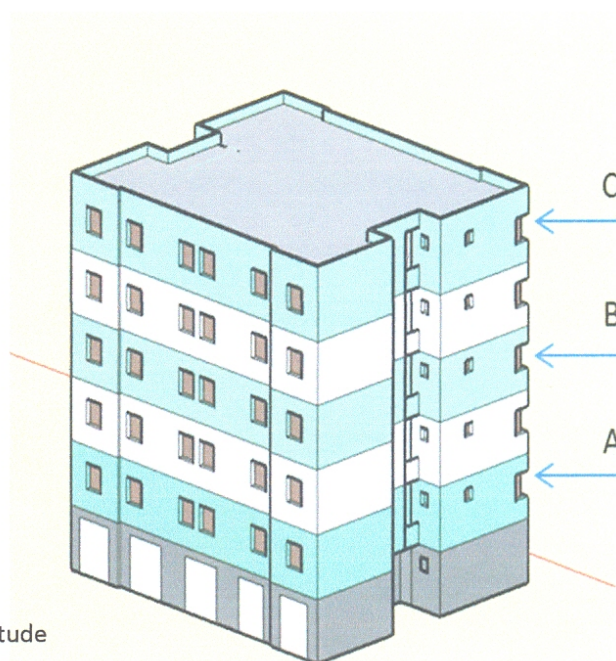


Fig.34 : Volumétrie du bâtiment d'étude

Logement A	SURFACE m ²	Dt (hiver) W/c $\Delta t(20-12)$	Dt (été) W/c $\Delta t(33-21)$
Séjour	15	4300,24	200,58
Chambre	12	5703,55	3100,13
Cuisine	9	6000,21	3000,5
S.D.B	4	1700,5	900,84
Totale		17750	7300

Logement B	SURFACE m ²	Dt (hiver) W/c $\Delta t(20-12)$	Dt (été) W/c $\Delta t(33-21)$
Séjour	15	4550,24	2000
Chambre	12	5800,55	3350,13
Cuisine	9	6994,21	3050
S.D.B	4	1900,4	600,2
Totale		19200	9000

Logement C	SURFACE m ²	Dt (hiver) W/c $\Delta t(20-12)$	Dt (été) W/m ² .K $\Delta t(33-21)$
Séjour	15	4548,24	2000,58
Chambre	12	5893,55	3700,13
Cuisine	9	7004,21	3000,61
S.D.B	4	2000,5	989,84
Totale		19400	9700

$$Dt = k A (T_i - T_e)$$

Dt: déperdition de chaleur par transmission à travers les parois

A: surface de la paroi: m²

K : Coefficient de transmission dépendant des matériaux de la paroi W/m²°C

T_e: Température extérieure: °C

T_i: Température intérieure °C

On constate qu'il y a de fortes déperditions pendant la période hivernale pour une température d'extérieur 12°, les déperditions du logement dernier niveau sont plus importantes que les déperditions des logements inférieurs.

Les déperditions par transmission DT du logement doivent vérifier:

$$DT \leq 1,05 \times Dréf \quad [W/^{\circ}C]$$

- DT (en W/°C) représente les déperditions par transmission
- D réf (en W/°C) représente les déperditions de référence.

Les déperditions de référence Dréf sont calculées par la formule suivante :

$$Dréf = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5 \quad [W/^{\circ}C]$$

les Si (en m²) représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur, un comble, un vide sanitaire, un local non chauffé ou le sol. Elles concernent respectivement S1 la toiture, S2 le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés, S3 les murs, S4 les portes, S5 les fenêtres et les porte-fenêtre. (S1, S2, S3 sont comptées de l'intérieur des locaux, S4 et S5 sont comptées en prenant les dimensions du pourtour de l'ouverture dans le mur) les coefficients a, b, c, d et e, (en W/m².°C) dépendent de la nature du logement et de la zone climatique :

Alger – zone A

Logement en immeuble collectif				
a	b	c	d	e
1,10	2,40	1,20	3,50	4,50

Calcul du Dréf :

$$Dréf = (1,10 \times 330) + (2,4 \times 330) + (1,2 \times 1143,6) + (3,5 \times 152,4) + (4,50 \times 20) = 3200,15 \text{ W }/^{\circ}C <$$

Dt logement A , B, C

4. Analyse du bilan thermique :

Le calcul a démontré que les déperditions par transmission (Dt) dépassent les déperditions de référence (Dréf).

Inconfort d'hiver : Les déperditions dans le dernier logement sont estimées à presque 20 KW, en température maximale. On constate que les déperditions d'énergie sont très

Importantes à travers l'enveloppe du bâtiment. Ce résultat montre que la toiture est responsable de ces fortes déperditions dans le dernier logement, avec un taux de déperditions élevés. L'absence totale d'isolation de cette partie de l'enveloppe est la cause principale d'un médiocre coefficient U de transmission de chaleur. Les autres sources de déperditions, aussi importantes, sont surtout les parois exposées à l'air extérieur, Quant aux logements inférieurs au niveau 5, les déperditions sont moins mais autant importantes du vbsurtout aux parois extérieures. D'autre part, L'installation du chauffage à gaz à proximité des portes d'entrée avec un seuil important participe à la déperdition de chaleur

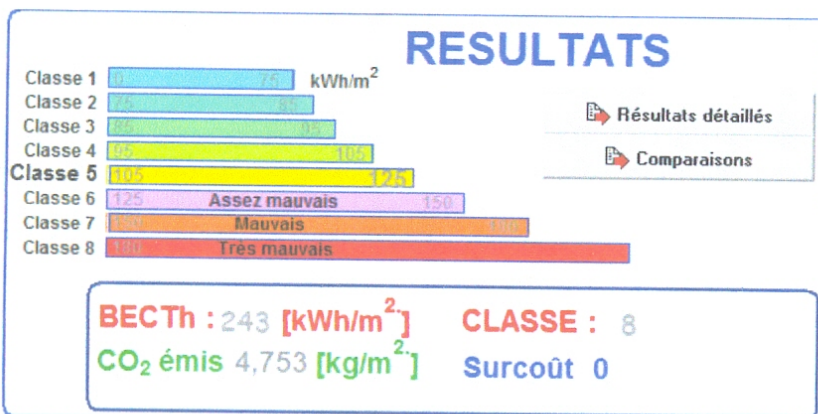
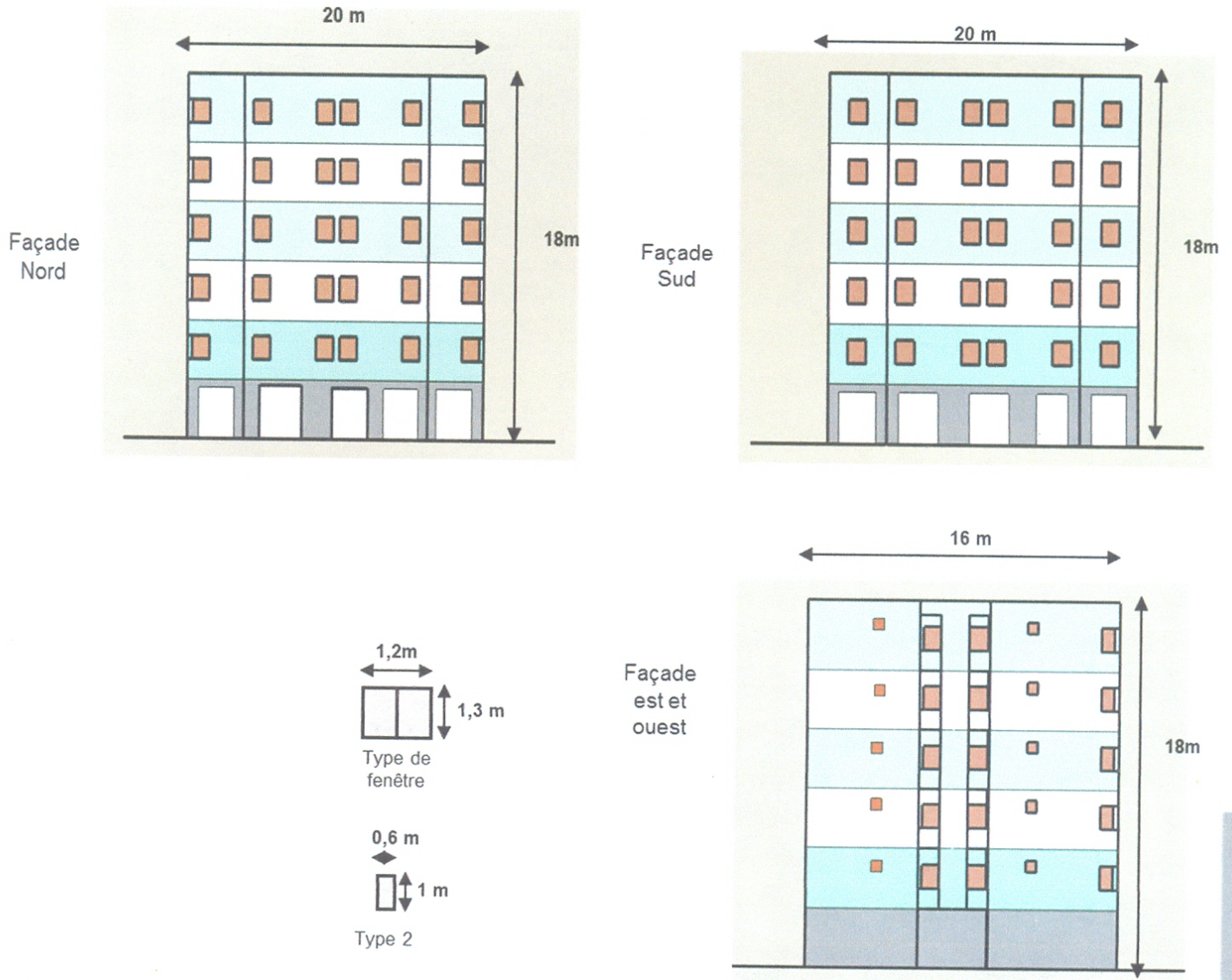
Inconfort d'été : Les pièces de vie ouest- sud souffrent d'une surchauffe pendant la période estivale. Cela est constaté d'après le nombre de climatiseurs installé sur les deux façades ouest et sud. On constate que le poids des principaux postes de déperdition sont : les murs extérieurs, planchers haut et vitrages. Les mesures d'isolation sont donc dans tous les cas primordiales ; elles permettent de réduire, de manière cumulée, de plus de 30% les consommations de chauffage.

Après cette analyse, mettre en place une bonne isolation thermique des façades critiques est nécessaire afin de parvenir à répondre au besoin de chauffage et refroidissement des logements, et assurer le confort thermique à l'intérieur du logement sans recours aux équipements.

Après avoir identifiés les problèmes majeurs de ce bâtiments exemple; nous pouvons agir sur la base d'une simulation numérique dont les résultats seront obtenu à l'aide d'un logiciel de calcul, cette simulation permettra de comparer les performances thermiques d'un logement ordinaire (non isolé) avec celles d'un logement réhabilité (isolé) et dans les mêmes conditions externes.

Pour calculer la performance thermique, nous utilisons le logiciel CLIP (Conception et Labellisation d'Immeubles Performants); qui permet la labellisation des bâtiments en fonction de leurs performances thermiques et énergétique .c'est aussi un outil qui permet de faire un audit énergétique.

5. Simulation de la performance thermique du bâtiment par le logiciel "CLIP" :



Le bâtiment se classe d'après sa performance thermique donnée par CLIP dans la dernière classe : 8

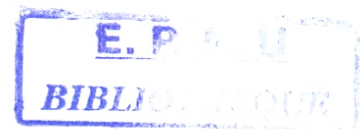
Fig. 36 : Résultat obtenu avec le logiciel CLIP

V. Solutions proposées

Afin d'améliorer la performance thermique de bâtiment, on propose les travaux de réhabilitation suivants :

- Isolation thermique des murs extérieurs
- Isolation thermique de la terrasse
- Traitement des tableaux de fenêtre avec un retour d'isolant afin d'éviter les ponts thermiques
- Chauffage central avec chaudières individuelles à condensation
- Ventilation mécanique VMC
- Installation d'un éclairage type économique au niveau de la cage d'escalier avec système minuterie adapté au bâtiment.

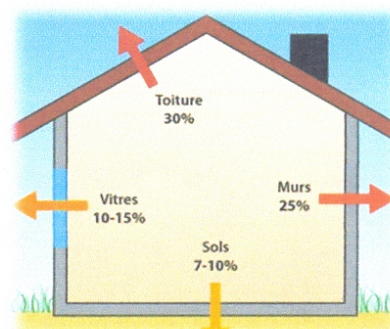
1- Isolation des murs extérieurs



L'isolation thermique permet de réduire Les consommations d'énergie (chauffage et climatisation) et d'accroître le confort dans l'espace habité. L'isolation thermique est intéressante en termes d'économies financières: Une maison bien isolée vieillit mieux et nécessite moins de travaux d'entretien. En effet, l'isolation, avec une ventilation efficace, supprime les risques de condensation qui causent souvent de nombreux désordres (peinture, huisserie...). De plus, elle offre un meilleur confort et une meilleure qualité de vie.

Taux de déperdition par élément :

- Toit 25 à 30 %
- Air renouvelé et fuites 20 à 25 %
- Planchers bas Ponts thermiques 7 à 10 %



- 25 % Murs
- 10 à 20 % Fenêtres

3- Les avantages de l'isolation thermique

- En été, l'isolation fait barrière à la chaleur et au rayonnement solaire extérieur.
- Plus de confort : Les parois non isolées comme les murs et les fenêtres froids par contact avec l'air extérieur et provoquent des sensations d'inconfort (de façon similaire, les parois non isolées sont chaudes pendant la saison estivale). Une bonne isolation supprime cet « effet paroi froide » en hiver.
- l'isolation thermique permet souvent d'améliorer l'isolation acoustique

L'isolation par l'extérieur est la meilleure lorsque les enduits extérieurs sont défectueux. Elle permet de faire deux opérations en même temps : l'isolation et le ravalement. Ces avantages : c'est le seul moyen pour réduire les ponts thermiques (endroits où l'isolation est interrompue et par lequel la chaleur s'échappe vers l'extérieur, notamment aux jonctions entre le plancher et les murs). Ceux-ci sont responsables de 20 à 30 % des pertes de chaleur par les parois et, points froids, ils favorisent les risques de condensation. L'isolation par l'extérieur permet de ne pas modifier les surfaces habitables et protégé les murs des variations climatiques

4- Le choix des matériaux

La résistance thermique d'un matériau isolant est d'autant plus élevée que son épaisseur est grande et que son coefficient de conductivité (λ) est faible. La résistance thermique, exprimée en $m^2.K/W$, s'obtient par le rapport de l'épaisseur (en mètres) sur la conductivité thermique λ (λ) du matériau considéré. Pour choisir un produit isolant ou d'isolation, on prendra en compte sa résistance thermique R qui figure sur l'étiquette du produit. Plus R est important, plus le produit est isolant. L'isolant thermique peut être, par exemple, en polystyrène expansé, laine de roche, laine de verre, laine de chanvre, à condition que sa résistance thermique soit supérieure à $1 m^2.K/W$.

Matériau	λ	épaisseur (cm)	R
Laine de verre	0,04	12	3
Laine de roche	0,04	12	3
Ouate de cellulose	0,037	14	3,783783784
Liège	0,04	6	1,5
Chanvre	0,04	20	5
Polystyrène expansé	0,032	5	1,5625
Polystyrène extrudé	0,032	6	1,875

Fig.37 : Caractéristique de résistance des matériaux isolants

Le revêtement de l'extérieur avoir posé l'isolant peut être un bardage, une vêtue ou un vêtage :

Le bardage : Une ossature est fixée sur la façade et les éléments manufacturés du parement sont à leur tour fixés sur cette structure. L'isolant est placé entre le mur et le parement dont il est séparé par une lame d'air continue et ventilée d'au moins 2 cm d'épaisseur pour éviter les points de condensation. L'ossature (bois, métal ou PVC) est fixée au mur le plus souvent au moyen de pattes métalliques chevillées ou encore de vis traversantes et invisibles. Elle est en général décalée du support par des pattes métalliques pour placer l'isolant thermique (panneaux ou rouleaux semi-rigides) maintenu au mur au moyen d'ancres PVC.

La vêtue : L'isolant et le parement forment un complexe solidaire. Les ensembles ainsi formés sont fixés mécaniquement sur la façade par des vis et des chevilles. L'isolant le plus utilisé est le polystyrène ou autre laine de roche, etc.

Le vêtage : Le parement est fixé au mur à travers l'isolant thermique, sans ossature ou avec une ossature appliquée sur l'isolation. La fixation de l'isolant n'a en général qu'un rôle de maintien provisoire, celle du vêtage assurant la fixation définitive. L'isolant est le plus souvent rigide pour résister à la compression et à l'humidité.

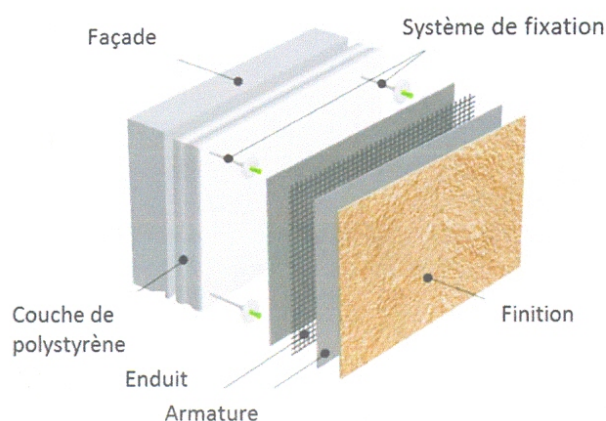


Fig.38 : Les couches de l'isolation thermique de parois extérieures

Pour notre cas d'étude, On prévoit le polystyrène extrudé comme isolant extérieur pour les façades. (plaque de $1,2\text{m} \times 0,6\text{m}$ épaisseur 4 cm), pour le revêtement, il ne demande qu'un simple enduit peut recouvrir. Ce type d'isolation en polystyrène, ce qui engendre un coût moins élevé. contrairement aux autres isolants tel que la laine de verre, le bardage (bois, pierre, acier, ...) reste indispensable.

L'isolation par l'extérieur forme un « mur manteau » constitué d'une épaisseur d'isolant et d'un revêtement extérieur de protection, une occasion de personnaliser ou de moderniser l'aspect de l'immeuble. A défaut d'isoler tout le bâtiment par l'extérieur, isoler les murs critiques exposés au vent et aux intempéries est toujours intéressant thermiquement.

« L'isolation des murs extérieurs... la meilleure façon adaptée à la rénovation d'un bâtiment »



Fig. 38. : Façade Immeuble rénové à travers l'isolation des murs extérieurs.
Francfort, Allemagne



Fig. 39 : Façade Immeuble rénové à travers l'isolation extérieure des façades critiques.
Strasbourg, France

2- Traitement des fenêtres

Vitrage

Source immédiate d'économies et de confort, les parois vitrées constituent les parois les plus vulnérables aux déperditions thermiques. A ce problème quantitatif de perte et de gaspillage, s'associe un problème qualitatif d'inconfort, du à cette sensation forte désagréable de paroi froide et condensations qui s'y produisent. La performance thermique d'une paroi vitrée dépend de la nature de la menuiserie, des performances du vitrage et de la qualité de la mise en œuvre de la fenêtre. Mais la nature des fermetures (volets, persiennes) intervient également. En effet, elles peuvent réduire les déperditions, particulièrement la nuit. Enfin, les protections sont très efficaces pour limiter la température intérieure en été. Il existe un grand nombre de types de vitrages avec pour chacun d'entre eux des spécificités en termes de confort thermique (conductivité et facteur solaire du vitrage), visuel (transmission lumineuse), et acoustique (indice d'affaiblissement)... Il est donc important de déterminer, selon l'usage qu'on compte en faire, les vitrages les plus appropriés:

Double vitrage standard : Il peut être de type 4/12/4 ou 4/16/4, c'est-à-dire qu'il est constitué de deux verres de 4 mm séparés par une lame d'air de 12 ou de 16 mm. En comparaison à un simple vitrage, les déperditions thermiques sont réduites de 40 % minimum.

Double vitrage faiblement émissif : Le double vitrage anti-émissivité est constitué, en face intérieure, d'un revêtement spécial gardant les rayons infrarouges à l'intérieur de la pièce. Comparé à un double vitrage classique, les déperditions sont diminuées de plus de 30 %. Très courant en Allemagne, il le devient également en France.

La menuiserie

Les huisseries extérieures représentent un poste important dans la construction, elles sont déterminantes dans l'esthétique du bâtiment ; or le visible est ce qui reçoit la plus forte « Valeur Psychologique Attribuée » par les ménages. Et d'autre part, elles sont très importantes dans le bilan énergétique du bâtiment : de grandes surfaces vitrées permettent des apports gratuits d'énergie solaire passive, mais il faut, avec des occultations adaptées, réduire les risques de surchauffes estivales, pour assurer le meilleur confort thermique en été sans recourir à la climatisation. Cependant, il faut garder à l'esprit que les châssis (huisseries) correspondent à la partie la moins bien isolée de l'enveloppe du bâtiment !

Chacun des matériaux employés à ses inconditionnels et ses détracteurs :

1. Le bois possède le bilan énergétique global le plus favorable mais son entretien demande une attention particulière.

- Les huisseries bois ont de très bonnes performances en termes d'isolation thermique et minimisent la sensation de paroi froide pouvant exister à proximité des ouvertures
- le bois est un produit naturel et recyclable, nécessitant peu d'énergie lors de sa fabrication et présentant un bilan carbone négatif (captation du CO₂).

Points de vigilance :

- Le coût d'investissement : le bois est plus onéreux que les huisseries en aluminium ou en PVC
- L'entretien (peinture, lasure). Toutefois, il existe des moyens pour minimiser ce problème : en évitant de multiplier les ouvertures à l'ouest (vents dominants)

2. L'aluminium a l'avantage de laisser plus de clair de jour aux ouvertures et véhicule une image de produit de luxe. Toutefois, l'énergie grise nécessaire à sa fabrication et ses mauvaises propriétés thermiques ne sont pas à négliger.

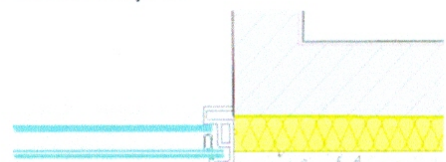
L'aluminium présente une bonne durabilité, et une grande variété de choix existe pour ce type d'huisseries : Ce matériau est léger, ininflammable et n'émet pas de poussières.

Points de vigilance :

- Les huisseries en aluminium ont les moins bonnes performances en termes d'isolation thermique (tant en hiver qu'en été), malgré les systèmes à rupture de pont thermique
- L'analyse du cycle de vie de l'aluminium révèle un fort impact sur la consommation d'eau et d'énergie lors de la fabrication, mais ce matériau est facilement recyclable.

Pour notre cas d'étude, vue l'état des fenêtres et afin d'éviter les ponts thermiques, On propose un traitement des tableaux de fenêtre avec un retour d'isolant en polystyrène de 2cm afin d'éviter les ponts thermiques. L'emplacement des fenêtres doit être au nu extérieur du mur pour éviter des déperditions par les tableaux. (voir figure 40)

détail en plan



détail en coupe



Fig. 40 : isolation des tableaux de fenêtres

Pour les parois vitrées, On prévoit le double vitrage classique (deux verres emprisonnant une lame d'air) qui est plus performant que le simple vitrage

Avantage du double vitrage :

- il réduit l'effet de paroi froide ;
- il diminue les condensations et les déperditions thermiques à travers les fenêtres.

Pour la menuiserie, on opte pour le PVC car il s'impose aujourd'hui comme le matériau le plus adapté à la réalisation des menuiseries. Sa faible conductivité et la structure multi-chambres des

profilés permettent de garantir :

- une isolation thermique idéale $1.45 \text{ W/M}^2\text{k}$.
- Étanchéité parfaite à l'eau et à l'air.
- Résistance au feu / Anti chocs

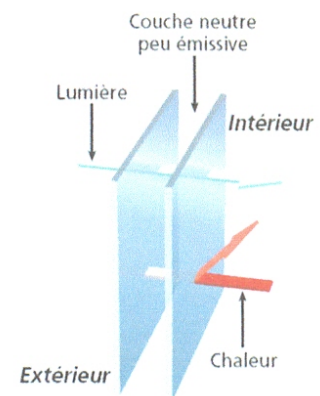


Fig.41 : Détail double vitrage



Fig. 42 : Fenêtre en PVC

3- Economie d'énergie dans les parties communes

La consommation d'électricité dans les parties communes d'immeuble collectifs comme l'éclairage des halls et des ascenseurs est un poste non négligeable de consommation)

V. Solutions proposées

Afin d'améliorer la performance thermique de bâtiment, on propose les travaux de réhabilitation suivants :

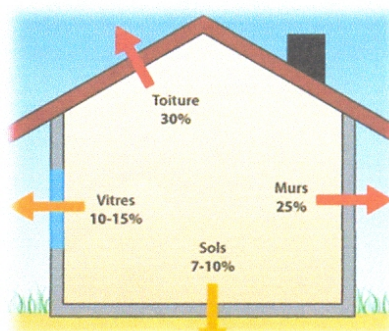
- Isolation thermique des murs extérieurs
- Isolation thermique de la terrasse
- Traitement des tableaux de fenêtre avec un retour d'isolant afin d'éviter les ponts thermiques
- Chauffage central avec chaudières individuelles à condensation
- Ventilation mécanique VMC
- Installation d'un éclairage type économique au niveau de la cage d'escalier avec système minuterie adapté au bâtiment.

1- Isolation des murs extérieurs

L'isolation thermique permet de réduire Les consommations d'énergie (chauffage et climatisation) et d'accroître le confort dans l'espace habité. L'isolation thermique est intéressante en termes d'économies financières: Une maison bien isolée vieillit mieux et nécessite moins de travaux d'entretien. En effet, l'isolation, avec une ventilation efficace, supprime les risques de condensation qui causent souvent de nombreux désordres (peinture, huisserie...). De plus, elle offre un meilleur confort et une meilleure qualité de vie.

Taux de déperdition par élément :

- Toit 25 à 30 %
- Air renouvelé et fuites 20 à 25 %
- Planchers bas Ponts thermiques 7 à 10 %



- 25 % Murs
- 10 à 20 % Fenêtres

3- Les avantages de l'isolation thermique

- En été, l'isolation fait barrière à la chaleur et au rayonnement solaire extérieur.
- Plus de confort : Les parois non isolées comme les murs et les fenêtres froids par contact avec l'air extérieur et provoquent des sensations d'inconfort (de façon similaire, les parois non isolées sont chaudes pendant la saison estivale). Une bonne isolation supprime cet « effet paroi froide » en hiver.
- l'isolation thermique permet souvent d'améliorer l'isolation acoustique

L'isolation par l'extérieur est la meilleure lorsque les enduits extérieurs sont défectueux. Elle permet de faire deux opérations en même temps : l'isolation et le ravalement. Ces avantages : c'est le seul moyen pour réduire les ponts thermiques (endroits où l'isolation est interrompue et par lequel la chaleur s'échappe vers l'extérieur, notamment aux jonctions entre le plancher et les murs). Ceux-ci sont responsables de 20 à 30 % des pertes de chaleur par les parois et, points froids, ils favorisent les risques de condensation. L'isolation par l'extérieur permet de ne pas modifier les surfaces habitables et protégé les murs des variations climatiques

4- Le choix des matériaux

La résistance thermique d'un matériau isolant est d'autant plus élevée que son épaisseur est grande et que son coefficient de conductivité (λ) est faible. La résistance thermique, exprimée en $m^2.K/W$, s'obtient par le rapport de l'épaisseur (en mètres) sur la conductivité thermique λ (λ) du matériau considéré. Pour choisir un produit isolant ou d'isolation, on prendra en compte sa résistance thermique R qui figure sur l'étiquette du produit. Plus R est important, plus le produit est isolant. L'isolant thermique peut être, par exemple, en polystyrène expansé, laine de roche, laine de verre, laine de chanvre, à condition que sa résistance thermique soit supérieure à $1 m^2.K/W$.

Matériau	λ	épaisseur (cm)	R
Laine de verre	0,04	12	3
Laine de roche	0,04	12	3
Ouate de cellulose	0,037	14	3,783783784
Liège	0,04	6	1,5
Chanvre	0,04	20	5
Polystyrène expansé	0,032	5	1,5625
Polystyrène extrudé	0,032	6	1,875

Fig.37 : Caractéristique de résistance des matériaux isolants

Le revêtement de l'extérieur avoir posé l'isolant peut être un bardage, une vêtture ou un vêtage :

Le bardage : Une ossature est fixée sur la façade et les éléments manufacturés du parement sont à leur tour fixés sur cette structure. L'isolant est placé entre le mur et le parement dont il est séparé par une lame d'air continue et ventilée d'au moins 2 cm d'épaisseur pour éviter les points de condensation. L'ossature (bois, métal ou PVC) est fixée au mur le plus souvent au moyen de pattes métalliques chevillées ou encore de vis traversantes et invisibles. Elle est en général décalée du support par des pattes métalliques pour placer l'isolant thermique (panneaux ou rouleaux semi-rigides) maintenu au mur au moyen d'ancres PVC.

La vêtture : L'isolant et le parement forment un complexe solidaire. Les ensembles ainsi formés sont fixés mécaniquement sur la façade par des vis et des chevilles. L'isolant le plus utilisé est le polystyrène ou autre laine de roche, etc.

Le vêtage : Le parement est fixé au mur à travers l'isolant thermique, sans ossature ou avec une ossature appliquée sur l'isolation. La fixation de l'isolant n'a en général qu'un rôle de maintien provisoire, celle du vêtage assurant la fixation définitive. L'isolant est le plus souvent rigide pour résister à la compression et à l'humidité.

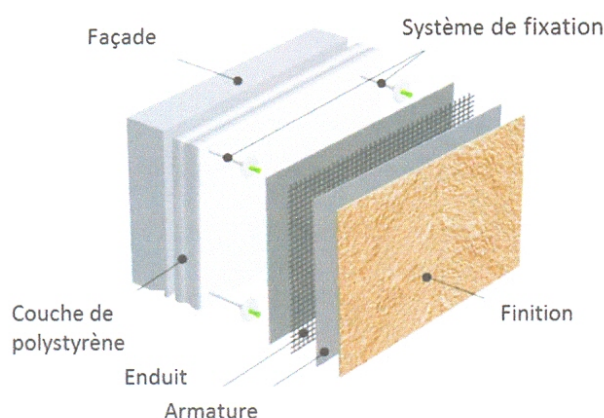


Fig.38 : Les couches de l'isolation thermique de parois extérieures

Pour notre cas d'étude, On prévoit le polystyrène extrudé comme isolant extérieur pour les façades. (plaque de 1,2m*0,60m épaisseur 4 cm), pour le revêtement , il ne demande qu'un simple enduit peut recouvrir Ce type d' isolation en polystyrène, ce qui engendre un coût moins élevé .contrairement aux autres isolants tel que la laine de verre, le bardage (bois, pierre, acier, ...) reste indispensable.

L'isolation par l'extérieur forme un « mur manteau » constitué d'une épaisseur d'isolant et d'un revêtement extérieur de protection, une occasion de personnaliser ou de moderniser l'aspect de l'immeuble. A défaut d'isoler tout le bâtiment par l'extérieur, isoler les murs critiques exposés au vent et aux intempéries est toujours intéressant thermiquement.

« L'isolation des murs extérieurs... la meilleure façon adaptée à la rénovation d'un bâtiment »



Fig. 38. : Façade Immeuble rénové à travers l'isolation des murs extérieurs.
Francfort, Allemagne



Fig. 39 : Façade Immeuble rénové à travers l'isolation extérieure des façades critiques.
Strasbourg, France

2- Traitement des fenêtres

Vitrage

Source immédiate d'économies et de confort, les parois vitrées constituent les parois les plus vulnérables aux déperditions thermiques. A ce problème quantitatif de perte et de gaspillage, s'associe un problème qualitatif d'inconfort, du à cette sensation forte désagréable de paroi froide et condensations qui s'y produisent. La performance thermique d'une paroi vitrée dépend de la nature de la menuiserie, des performances du vitrage et de la qualité de la mise en œuvre de la fenêtre. Mais la nature des fermetures (volets, persiennes) intervient également. En effet, elles peuvent réduire les déperditions, particulièrement la nuit. Enfin, les protections sont très efficaces pour limiter la température intérieure en été. Il existe un grand nombre de types de vitrages avec pour chacun d'entre eux des spécificités en termes de confort thermique (conductivité et facteur solaire du vitrage), visuel (transmission lumineuse), et acoustique (indice d'affaiblissement)... Il est donc important de déterminer, selon l'usage qu'on compte en faire, les vitrages les plus appropriés:

Double vitrage standard : Il peut être de type 4/12/4 ou 4/16/4, c'est-à-dire qu'il est constitué de deux verres de 4 mm séparés par une lame d'air de 12 ou de 16 mm. En comparaison à un simple vitrage, les déperditions thermiques sont réduites de 40 % minimum.

Double vitrage faiblement émissif : Le double vitrage anti-émissivité est constitué, en face intérieure, d'un revêtement spécial gardant les rayons infrarouges à l'intérieur de la pièce. Comparé à un double vitrage classique, les déperditions sont diminuées de plus de 30 %. Très courant en Allemagne, il le devient également en France.

La menuiserie

Les huisseries extérieures représentent un poste important dans la construction, elles sont déterminantes dans l'esthétique du bâtiment ; or le visible est ce qui reçoit la plus forte « Valeur Psychologique Attribuée » par les ménages. Et d'autre part, elles sont très importantes dans le bilan énergétique du bâtiment : de grandes surfaces vitrées permettent des apports gratuits d'énergie solaire passive, mais il faut, avec des occultations adaptées, réduire les risques de surchauffes estivales, pour assurer le meilleur confort thermique en été sans recourir à la climatisation. Cependant, il faut garder à l'esprit que les châssis (huisseries) correspondent à la partie la moins bien isolée de l'enveloppe du bâtiment !

Chacun des matériaux employés à ses inconditionnels et ses détracteurs :

1. Le bois possède le bilan énergétique global le plus favorable mais son entretien demande une attention particulière.

- Les huisseries bois ont de très bonnes performances en termes d'isolation thermique et minimisent la sensation de paroi froide pouvant exister à proximité des ouvertures
- le bois est un produit naturel et recyclable, nécessitant peu d'énergie lors de sa fabrication et présentant un bilan carbone négatif (captation du CO₂).

Points de vigilance :

- Le coût d'investissement : le bois est plus onéreux que les huisseries en aluminium ou en PVC
- L'entretien (peinture, lasure). Toutefois, il existe des moyens pour minimiser ce problème : en évitant de multiplier les ouvertures à l'ouest (vents dominants)

2. L'aluminium a l'avantage de laisser plus de clair de jour aux ouvertures et véhicule une image de produit de luxe. Toutefois, l'énergie grise nécessaire à sa fabrication et ses mauvaises propriétés thermiques ne sont pas à négliger.

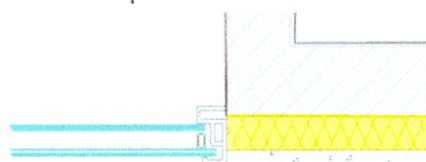
L'aluminium présente une bonne durabilité, et une grande variété de choix existe pour ce type d'huisseries : Ce matériau est léger, ininflammable et n'émet pas de poussières.

Points de vigilance :

- Les huisseries en aluminium ont les moins bonnes performances en termes d'isolation thermique (tant en hiver qu'en été), malgré les systèmes à rupture de pont thermique
- L'analyse du cycle de vie de l'aluminium révèle un fort impact sur la consommation d'eau et d'énergie lors de la fabrication, mais ce matériau est facilement recyclable.

Pour notre cas d'étude, vu l'état des fenêtres et afin d'éviter les ponts thermiques, On propose un traitement des tableaux de fenêtre avec un retour d'isolant en polystyrène de 2cm afin d'éviter les ponts thermiques. L'emplacement des fenêtres doit être au nu extérieur du mur pour éviter des déperditions par les tableaux. (voir figure 40)

détail en plan



détail en coupe

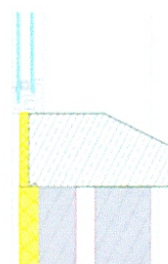


Fig. 40 : isolation des tableaux de fenêtres

Pour les parois vitrées, On prévoit le double vitrage classique (deux verres emprisonnant une lame d'air) qui est plus performant que le simple vitrage

Avantage du double vitrage :

- il réduit l'effet de paroi froide ;
- il diminue les condensations et les déperditions thermiques à travers les fenêtres.

Pour la menuiserie, on opte pour le PVC car il s'impose aujourd'hui comme le matériau le plus adapté à la réalisation des menuiseries. Sa faible conductivité et la structure multi-chambres des

profilés permettent de garantir :

- une isolation thermique idéale $1.45 \text{ W/M}^2\text{k}$.
- Étanchéité parfaite à l'eau et à l'air.
- Résistance au feu / Anti chocs

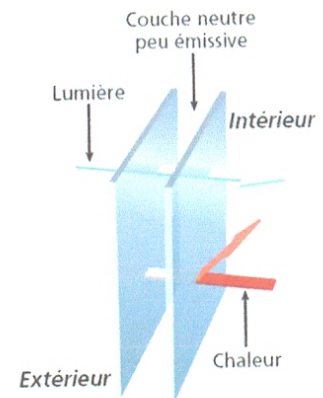


Fig. 41 : Détail double vitrage



Fig. 42 : Fenêtre en PVC

3- Economie d'énergie dans les parties communes

La consommation d'électricité dans les parties communes d'immeuble collectifs comme l'éclairage des halls et des ascenseurs est un poste non négligeable de consommation) des dispositions doivent donc être prises pour limiter ces consommation.

Dans notre cas d'étude, la cage d'escalier est le problème majeur des habitants car celle-ci ne dispose pas d'ouvertures et donc on a fait recours à l'éclairage artificiel de type néon 36*2 watt.

Des dispositions doivent donc être prises pour limiter cette consommation en électricité des parties communes. Solutions proposés :

- Minuteurs ou détecteur de présence dans les halls
- Remplacement des ampoules à incandescence qui dépensent la plus grande part de leur énergie en chaleur par des ampoules à économies d'énergie (à basse consommation et à efficacité lumineuse)



Fig.43 : Eclairage dans cage d'escalier

L'éclairage de la cage d'escalier doit être fonctionnel et doit présenter une bonne efficacité énergétique. Disposer d'un certain nombre de sources lumineuses qui donne au couloir l'éclairage nécessaire permettant aux visiteurs de s'orienter plus facilement. La sécurité est aussi une chose à prendre en compte dans les cages d'escalier. Elles doivent être éclairées correctement, être assez lumineuses et sans reflets afin d'assurer une montée ou une descente sur des escaliers. Dans ce cas également, les luminaires pourvus de cellules de détection de mouvements fournissent un éclairage adapté et ne pèsent pas trop lourd dans le budget.

Lampes LED

Les lampes LED OSRAM sont essentielles pour un éclairage lumineux à faible consommation d'énergie des couloirs et autres lieux de passage. Les lampes LED offrent une combinaison d'économie et de longue durée de vie. Par conséquent, elles sont idéales dans les entrées et les cages d'escalier où des sources lumineuses fiables et efficaces sont nécessaires afin d'assurer un passage sûr. Les lampes LED OSRAM produisent instantanément un plein flux lumineux et certaines versions disposent même d'une fonction de gradation. Avantage :

- Très basse consommation d'énergie d'env. 0,3 W en mode LED
- Jusqu'à 80 % de réduction de la consommation d'énergie par rapport aux lampes ordinaires

Domaines d'application

- Allées et couloirs
- Pièces pour enfants
- Éclairage général, éclairage de nuit et rétroéclairage

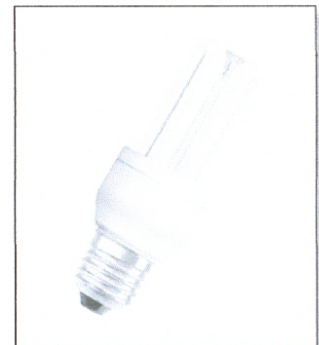
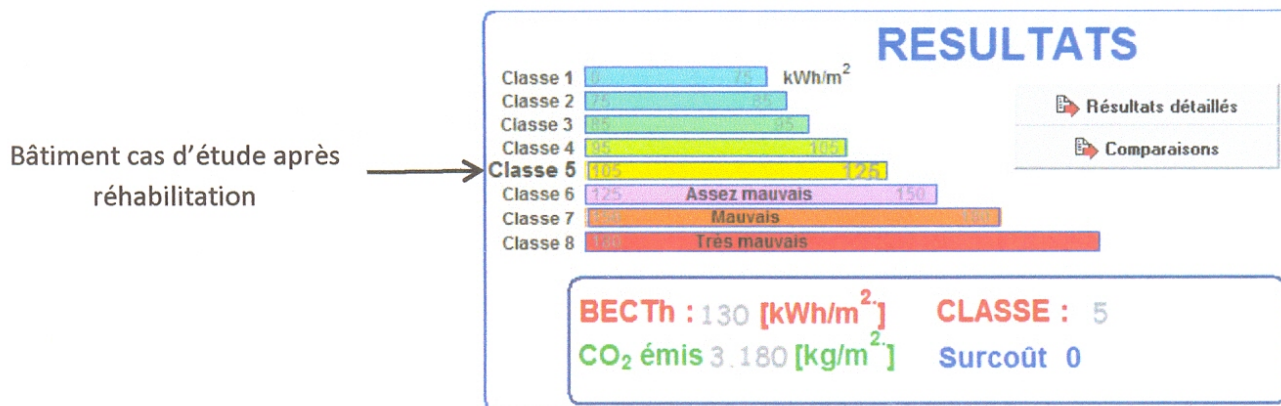


Fig. Lampes LED 2en1

VI. Simulation de la performance thermique du bâtiment par le logiciel "CLIP" après les travaux proposés

La performance thermique du bâtiment par le logiciel "CLIP" en fonction des modifications apportées au bâtiment (après l'isolation et le traitement des ponts thermiques qui ont causé des déperditions) le bâtiment s'attribue la classe 5 avec une consommation performante de 130 kWh/m². Alors que avant la réhabilitation le bâtiment été à la classe 8.



Conclusion

Après avoir analysé le bilan énergétique du bâtiment, on a constaté qu'il avait des comportements énergétiques élevés. À l'aide d'un logiciel de Conception et Labellisation d'Immeubles Performants (CLIP) le bâtiment été classé très énergivore en classe 8. L'étude détaillé a permis de détecter les déficiences qui ont fait de ce bâtiment une machine énergivore en électricité et en gaz et nous avons proposé un bouquet de travaux de réhabilitations en vue d'améliorer sa consommation. Les résultats décrits ci-dessus ont démontré l'écart important de la performance énergétique du bâtiment après sa réhabilitation. Notre intervention a répondu à l'objectif principal; celui d'améliorer sa performance énergétique.

CHAPITRE 6

STRATEGIES D'ACTION POUR LA REHABILITATION ENERGETIQUE DES LOGEMENTS

I. Les techniques de la réhabilitation énergétique

Une réhabilitation énergétique doit se fonder sur les principes suivants :

➤ l'inertie thermique

Un bâtiment doit maintenir son inertie thermique, c'est-à-dire sa capacité à stocker et à déstocker la chaleur sous sa structure. L'inertie thermique se définit par la vitesse à laquelle le bâtiment se réchauffe ou se refroidit en fonction de la température extérieure. Aujourd'hui c'est les systèmes de chauffage et climatiseurs qui répondent au besoin du confort thermique au sein du logement

➤ L'étanchéité à l'air

Elle joue un rôle important dans la mesure où une mauvaise étanchéité augmente les infiltrations d'air non contrôlées, c'est le cas où les parois laissent passer l'air

➤ La suppression des ponts thermiques

Les déperditions thermiques linéiques peuvent représenter jusqu'à 40 % des déperditions total d'un bâtiment.

➤ La prise en compte du comportement des occupants

Les comportements des occupants agissent aussi sur le bâti et sa performance énergétique, Les réhabilitations énergétiques nécessitent de connaître les besoins et les attentes des résidents avant toute action. Le comportement des résidents a un impact sur la consommation c'est pour cela qu'il est nécessaire d'adopter une approche intégrée qui allie entre comportement et techniques, mêlant la sociologie, l'environnement, l'économie et la technologie.

➤ Le respect de la réglementation thermique pour les logements existants :

Les actions de réhabilitation énergétique s'inscrivent dans un cadre réglementaire. La réglementation thermique (RT) doit être appliquée élément par élément.

➤ Isoler les portes d'entrée

Il est important de localiser et de supprimer les courants d'air sans pour autant supprimer la ventilation nécessaire des pièces. De nombreuses fuites peuvent être évitées, le calfeutrage des portes donnant vers l'extérieur ou sur des pièces non chauffée.

Les solutions: plinthe de bas de porte, joint ou lame flexible pour calfeutrer le pourtour des portes

➤ Des économies d'électricité à réaliser dans les parties communes

La consommation d'électricité dans les parties communes d'immeuble collectifs (éclairage des halls et des ascenseurs est un poste non négligeable de consommation)

Des dispositions doivent donc être prises pour limiter ces consommations :

Minuteurs ou détecteur de présence dans les halls

Éclairage à basse consommation

➤ Le renouvellement d'air

Un manque de ventilation provoque des problèmes importants de condensation et d'humidité, susceptible de générer la prolifération de bactéries et de champignons, créant ainsi des problèmes sanitaires. Cependant, il est important de connaître la technique la plus adaptée au regard du bâti et aussi du comportement des occupants. En réhabilitation, aucune technique ne s'impose. La ventilation naturelle est soumise aux aléas climatique, c'est la technique la plus simple, mais a son inconvénient d'absence de totale maîtrise des volumes d'air entrant ou sortant. Les habitants ont souvent recours à des ventilations mécaniques hygro-réglables qui remplacent les ventilations à simple flux et assurent un meilleur confort.

➤ Isolation de l'enveloppe

Les déperditions thermiques d'un logement se font essentiellement par les différents constituants de l'enveloppe ; les murs, la toiture, les ouvertures.

Les matériaux utilisés :

Les laines minérales : laine de roche ou la laine de verre

Le polystyrène expansé

Le polyuréthane

Les isolants d'origine végétale : le liège, la fibre du bois, la laine de coton...etc.

II. La formation à la réhabilitation énergétique

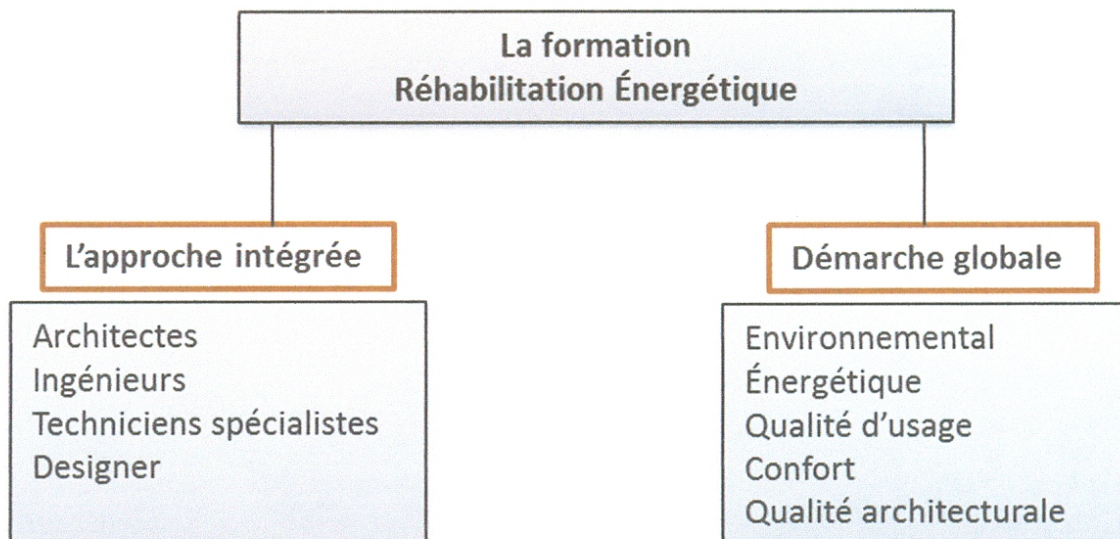
Pour les travaux de réhabilitation , il est nécessaire d'avoir des organismes qui se lance dans la formation d'experts en rénovation énergétique maîtrisant les outils de diagnostic énergétique (modèles de calcul, thermographie à infrarouge), utile pour apprécier la consommation d'énergie d'un bâtiment avec ses multiples fonctionnalités et là; les architectes auront leur part intérêt à s'associer à des techniciens de la rénovation .Les programmes de formation a la rénovation énergétique apporte une culture sur le point énergétique et permettent de propager cette culture dans le secteur de la construction.

Des formations qui doivent tenir en compte:

- De la localisation des marchés, par exemple: disponibilités des matériaux
- De la différenciation des modalités d'installation et de fonctionnement des techniques : par exemple, celles d'une pompe à chaleur ou d'un chauffage à la biomasse ne sont pas les mêmes que celles des chaudières au gaz ;

- De la formation des formateurs experts en systèmes énergétiques, qui doivent disposer eux-mêmes d'une culture générale afin de considérer la bâtiment dans toutes ses dimensions ;
- De la pluridisciplinarité et d'une approche à la fois globale et intégrée (et pas seulement technique et énergétique)

Dans la formation à la réhabilitation, une approche intégrée est exigée pour permettre un partenariat entre les professionnels du bâtiment; c'est ainsi que ces formations sont adressées aux architectes et ingénieurs tout corps d'état secondaire afin de prendre en compte l'ensemble des dimensions de la réhabilitation d'un bâtiment avec un haut niveau de performance énergétique. Ces formations doivent avoir une démarche qui apporte les meilleurs résultats dans la mesure où elles prennent simultanément en compte les objectifs énergétiques et environnementaux, de confort et de qualité d'usage, d'image et de qualité architecturale.



III. Plan d'action pour la réhabilitation énergétique

L'élaboration de véritable stratégies de réhabilitation énergétique du parc résidentiel dans son ensemble (privé ou public) est bien l'enjeu de la future génération de la maîtrise énergétique, et ses stratégies là, qui vont prévenir et anticiper la précarité énergétique face aux changements climatiques.

Aller au-delà des actions de sensibilisation et d'envisager que des plans d'actions soient élaborer, en analysant tout d'abord le parc de bâtiments (et leur usagers) puis d'évaluer les moyens nécessaires en fonction de différents scénario réalistes , et de définir les objectifs à atteindre en fonction des moyens que les différents acteurs qui sont capables de se mobiliser pour ces opérations

Le schéma présent, met les différents éléments d'un plan d'action énergétique qui doit s'appliquer à tout acteur en charge d'un territoire, on trouvera les actions que peuvent entreprendre une collectivité locale a son échelle et dans ses relations avec les différents acteurs locaux : habitants, entreprises de bâtiment, distributeurs de matériaux et d'équipements énergétiques , fournisseurs d'énergie et de services énergétiques , architectes et bureaux d'études, promoteurs et constructeurs . C'est pour cela qu'il faut agir afin de définir, à l'échelle locale, des feuilles de route destinées à chaque acteur pour l'élaboration d'une stratégie intégrée de réduction de la consommation d'énergie et d'émission de gaz à effet de serre à toute échelle ;commune, agglomération...

Plan d'action pour la réhabilitation énergétique des logements

Mobilisation

→ 1- Se mobiliser pour une conscience énergétique

Règlementation

→ 2- Renforcer les réglementations et les certifications pour plus de visibilité

Signaux- prix

→ 3- Faire usage des signaux prix et des subventions pour promouvoir les investissements dans la performance énergétique

Conception intégrée

→ 4- Utiliser des mesures passives puis actives et des innovations

Technologies

→ 5- Développer et utiliser des technologies de pointe pour inciter aux comportements économes

Main- d'œuvre

→ 6- Former la main d'œuvre aux économies d'énergie

CONCLUSION GENERALE

Nous avons abordé à travers ce travail les opérations de réhabilitation des logements qui s'ouvrent aujourd'hui sur des conceptions nouvelles prenant en charge la composante « efficacité énergétique » dans le bâtiment. Tous les constats prouvent que la société devient de plus en plus consommatrice d'énergie et dégrade pareillement son environnement ; d'où la nécessité d'investir dans la construction ou la rénovation du parc logement de manière à réduire la consommation énergétique.

L'analyse du cas d'étude basée sur un diagnostic énergétique a permis de connaître le comportement énergétique du bâtiment d'étude et détecter à travers ça les déficiences qui ont fait de ce bâtiment une machine énergivore en électricité et en gaz. Les travaux de réhabilitation proposés ont clairement amélioré sa performance énergétique.

Le résultat de la recherche a démontré que l'efficacité énergétique dans le logement assure une qualité de vie respectueuse de l'environnement au quotidien et le confort nécessaire et que l'usager en bénéficie en termes d'économies de charges. Ce qui met en avant l'introduction d'une phase très importante dans la démarche d'un projet : l'étude énergétique ou thermique du bâtiment. Cette phase permet ainsi de découvrir l'impact de l'enveloppe extérieure du bâtiment, ainsi que les corrections des erreurs souvent négligées au cours de la réalisation.

Références bibliographique

OUVRAGES

- BERTEZ Jean-Loup, Bâtiment énergétiquement efficient
- CARBIENER Didier, L'habitat durable, construire ou rénover écologique et économique, Edisud 2010
- DE PAUL DEHAUT, Chauffage, isolation et ventilation écologiques Les clés pour économiser, Eyrolles 2007
- DESSONS Alex, L'efficacité énergétique, Programme PREBAT 2010
- Document Technique Réglementaire : DTR C3.2: Réglementation Thermique des Bâtiments d'Habitation , CNERIB 1998
- DROLEAU.D , Guide pour la rénovation énergétique des bâtiments
- FRANK Claude, Vers un bâtiment efficient, GTM Bâtiment , 2007
- GOATER Aurélie , **RénovEnergie : La rénovation énergétique des logements du secteur privé, Analyse des facteurs qui participent au déploiement et à la réussite des opérations de rénovation énergétique** , convention ADEME rapport final janvier 2011
- HAFID Tarik , Projet d'effcience énergétique dans le secteur de la construction, MED-ENEC Algérie, Dossier No12 , 2008
- KASSIANIDES Yoann, Efficacité énergétique des bâtiments , FIEEC . 2011
- RAFFESTIN Yves, Réhabiliter en site occupé , Le Moniteur
- ROULET Claude Alain, **Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments**, Presse polytechniques et universitaires Romandes
- THIBAUT Henri-Luc, L'efficacité énergétique dans le bâtiment en Méditerranée
- VALDIEUI Catherine Charlot & Philippe OUTREQUIN, **La réhabilitation énergétique des logements**, Le Moniteur 2010

REVUS

- Revue technique. LUXEMBOURGEOISE 3
- Revue AA. **Sustainable Architecture** - Edition spécial
- -Revue lescahiers laurif n° 135 . Les performances économiques en Europe

SITES Web

- Site Ministère des énergies et des mines : [http:// www.mem-algeria.org](http://www.mem-algeria.org)
- Site Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) : <http://www.aprue.org.dz/>
- <http://www.new-learn.info/packages/euleb>
- <http://www.cder.dz/>
- <http://www.euromedinfo.eu>
- <http://www.med-enec.org/fr/building-projects/>
- <http://formations.lemoniteur.fr>
- <http://www.abb-conversations.com/2012/10/is-natural-gas-good-or-bad-for-energy-efficiency/>
- <http://fr.scribd.com/doc/7678864/Confort-Thermique-Et-Batiment>
- <http://www.ireno.be/fr/pages/renovation-amenagement.aspx>
- <http://www.new-learn.info/packages/euleb/en/locations/index.htm>
- <http://www.phtovoltaique.info>
- <http://www.ademe.fr>
- <http://www.isover.fr/>
- <http://www.co2now.org>
- <http://www.google.com>

TABLEAU DES FIGURES

N ° de figure	Titre	Source
1	Consommation finale par secteur d'activité	www.aprue.org.dz
2	Part du secteur du bâtiment dans la consommation de l'énergie dans les pays sud de la méditerranée (2007).	http://www.med-enec.org/fr/buildingprojects/
3	Carte des pays de la méditerranée.	HENRI-LUC THIBAUT. L'efficacité énergétique dans le bâtiment en Méditerranée. Disponible sur le site http://www.futuribles-revue.com
4	Schéma illustratif de l'efficacité énergétique dans le bâtiment.	Jean-Loup BERTEZ. Bâtiment énergétiquement efficient
5	Réalisation du programme LOGEMENTS HPE.	www.aprue.org.dz
6	Technique de construction	www.aprue.org.dz
7	Technique de construction	
8	Technique de construction	
9	Maison prototype	http://www.med-enec.org/fr/building-projects/
10	Coûts d'investissement de la maison prototype	
11	Système de maçonnerie chaînée	
12		
13	Vue du système chauffage enfoui sous le sol	
14	Projet de logements en ALGERIE	www.mhu.dz
15	Répartitions de la consommation d'énergie électrique dans un foyer Algérien	Documentations de L'agence de la promotion et de rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE)
16	Evolution de la consommation du Secteur Résidentiel	
17	Structure sectorielle des émissions à la consommation	
18		
19	Réhabilitation 72 logements à Hoenheim, Strasbourg	Revue lescahiers laurif n° 135 . Les performances économiques en Europe
20	La démarche HQE	http://www.ademe.fr
21	Tableau comparatif des labels	
22	Etiquette du DPE	La réhabilitation énergétique des logements. Le Moniteur 2010
23	Classe du diagnostic de performance avec les labels	
24	Exemple de photo thermographique	
25	Test d'étanchéité	
26	Carte des cités de Bâb Ezzouar	Carte d'Alger .PDAU 2011

27	Donnée climatiques de Bâb Ezzouar	www.météoalgerie.dz
28	Image aérienne du site d'étude.	Google earth image
29	Plan de situation	
30	Plan de masse	Direction de l'ENPI de Bâb Ezzouar
31	Plan étage courant	
32	Détail plancher étage	www.google.com/image
33	Détail mur extérieur	Réalisations personnelles
34	Volumétrie du bâtiment d'étude	
35	Façade du bâtiment d' étude	
36		
37	Taux déperditions dans le bâtiment	La réhabilitation énergétique des logements. Le Moniteur 2010
38	Détail isolation par l'extérieur	http://fr.scribd.com/doc/7678864/Confort-Thermique-Et-Batiment
39	Façade immeuble rénové Strasbourg, France	Revue lescahiers laurif n° 135 . Les performances économiques en Europe
40	Détail isolation des tableaux de fenêtres	http://www.isover.fr/
41	Détail double vitrage	La réhabilitation énergétique des logements. Le Moniteur 2010
42	Détail fenêtre en PVC	www.google.com/image
43	Eclairage dans la cage d'escalier	http://www.ireno.be/fr/pages/renovation-amenagement.aspx
44	Lampes LED	www.google.com/image

EPAU

Ecole Polytechnique
d'Architecture et d'Urbanisme

Z/0017



41.01.0017 - 001