

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire de Ain T'émouchent
Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil



Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Civil

Spécialité : Ingénierie de l'architecture.

Thème :

LA RENOVATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS
(Logements collectifs)

Présenté en JUIN 2015 par :

Mr ATTAR Mohammed Islam
Mr BOUDAUD Zohir

Devant le Jury composé de :

M^r	EL HADJ MIMOUNE Arezki	Président
M^{lle}	BENDOUINA	Examinatrice
M^{lle}	BENSAAD	Examinatrice
M^{me}	KAZI TANI	Encadreur

Année Universitaire 2014/2015

Remerciement

Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le savoir pour pouvoir réaliser ce travail.

*Nous exprimons notre gratitude à notre encadreur, **Mme KAZI TANI** pour ses conseils et son soutien tout le long de cette année.*

On voudrait également remercier très sincèrement les membres de jury pour avoir accepté d'examiner notre travail

Nous remercions également, tous nos enseignants qui nous ont accompagnés pendant ces années et toute personne qui nous a aidés à l'élaboration de ce travail.

Résumé

La consommation énergétique et l'environnement sont un défi considérable pour le développement économique et social à l'échelle de la planète.

A travers le monde entier le logement de demain doit s'inscrire dans une démarche durable utilisant les ressources naturelle et limitant contre la pollution dont il faut assurer la qualité, s'adapté au climat et aux ménages, et préservant l'environnement.

Bien il faut agir en urgence sur les logements anciens, afin d'entretenir ce parc et d'éviter une dégradation encore plus rapide qui ne fera qu'accentuer la crise de logements.

L'amélioration de la performance énergétique des bâtiments est une démarche évidente : le parc de bâtiments existants constituant un gisement d'économies incontournable.

Pour cela, nous avons étudié les caractéristiques thermiques d'un bâtiment existant, situé dans la ville de Tlemcen à l'Ouest de l'Algérie dotée d'un climat chaud et sec en été, froid et humide en hiver.

Le travail a débuté par un suivi expérimental accumulation de base de donnée, puis en a effectué des calculs de déperditions thermiques toutes en basant aux lois et réglementation thermique (voir DTR) et finalement nous avons opté aux solutions de rénovation énergétique à apportées.

L'atout final est une conclusion avec recommandations s'appuyant à notre exemple notre réglementation thermique existante limitant le délaissement de cet important domaine et de tirer profit des expériences.

ملخص

استهلاك الطاقة والبيئة تشكل تحديا رئيسيا للتنمية الاقتصادية والاجتماعية في جميع أنحاء العالم. السكن المستقبلي يجب ان يندمج في نهج مستدام باستخدام الموارد الطبيعية والحد من التلوث و ضمان الجودة والتكيف مع المناخ وحماية البيئة. في حين أننا بحاجة إلى التحرك العاجل في المنازل القائمة من أجل الحفاظ عليها وتجنب تدهورها السريع الذي يمكن من شأنها أن يزيد من حدة أزمة السكن. تحسين أداء الطاقة في المباني هو نهج واضح من خلال عزل المباني من أجل التصدي لهذه المشكلة. لهذا، قمنا بدراسة الخصائص الحرارية لمبنى، يقع في مدينة تلمسان غرب الجزائر في مناخ يتميز بشتاء بارد ورطب نوعا ما وصيف حار وجاف. بدأ العمل بجمع جميع المعلومات و معينة جميع التجارب التي تخص لخصائص الحرارية للمبنى وقمنا بوضع قاعدة بيانات ، ثم قمنا بحسابات فقدان الحرارة عن طريق إسناد جميع القوانين والأنظمة الحرارية (وفق DTR)، وأخيرا اقترحنا جملة من الحلول من أجل تجديد الطاقة..

الميزة الأخيرة هي نتيجة من التوصيات المبنية علي الانظمة الحرارية المباني المهملة جدا والتعلم من الخبرات.

Abstract

Energy security and environmental constraints are a significant challenge for the economic and social development across the planet. The building of tomorrow must be part of a sustainable resource-efficient. This home wants quality, it is sustainable, adapted to the climate and preserved of the environment. Nevertheless we must act urgently on existing buildings, to maintain the park and to prevent degradation even faster which will only exacerbate the housing crisis. Improving the energy performance of these buildings is an obvious approach: the existing building constituting a savings deposit. The insulation of buildings is clearly a key element of the overall response to this problem.

To contribute to this research, we are interested in this study to the thermal characteristics of a building; located in the city of Tlemcen in the west of Algeria with a hot and dry summer, cold and wet winter.

The work began with an experimental monitoring database buildup, and has made calculations of heat loss by basing all the laws and thermal regulations (see DTR) and finally we decided to made to energy renovation solutions.

The final advantage is a conclusion with recommendations based on our example our existing thermal regulations limiting the neglect of this important field and to learn from the experiences.

Liste des figures.

<u>Chapitre I</u>		
<u>Fig. 1.1</u>	- Variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord	11
<u>Fig. 1.2</u>	- Émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques.....	12
<u>Fig. 1.3</u>	- La chronologie des différentes négociations et conférences au sein de laCCNUCC.....	15
<u>Fig. 1.4</u>	- Consommation finale de l'Algérie par secteur d'activité en 2005.....	14
<u>Fig. 1.6</u>	- Evolution de la Consommation du Secteur Résidentiel.....	16
<u>Fig. 1.7</u>	- Répartition de la consommation électrique des ménages en % (en 2009).....	17
<u>Fig. 1.8</u>	- Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie en 2005.....	17
<u>Chapitre II</u>		
<u>Fig. II.0</u>	-Les dimensions du développement durable.....	22
<u>Fig.II.1</u>	- Les points de la réglementation thermique.....	26
<u>Fig.II.2</u>	- Etiquette Energie pour le bâtiment.....	27
<u>Fig.II.3</u>	- Etiquette Climat.....	28
<u>Fig.II.4</u>	- Le dispositif d'ensemble.....	31
<u>Fig.II.5</u>	- Energy savings.....	34
<u>Chapitre III</u>		
<u>Fig.III.1</u>	- Situation des ponts thermiques.....	44
<u>Fig.III.2</u>	- Choix des composants et identification des facteurs intervenant dans la thermique de la fenêtre.....	47
<u>Chapitre IV</u>		
<u>Fig.IV.1</u>	- La situation de la ville de Tlemcen.....	51
<u>Fig.IV.2</u>	- Isothermes.....	53
<u>Fig.IV.3</u>	- Isothermes 2.....	53
<u>Fig.IV.4</u>	- Le diagramme de GIVONI.....	53
<u>Fig.IV.5</u>	- Tableau psychométrique.....	54
<u>Fig.IV.6</u>	- Le diagramme solaire.....	54
<u>Fig.IV.7</u>	- Photos de bâtiment.....	55
<u>Fig.IV.9</u>	- La situation du bâtiment par rapport à la ville de Tlemcen.....	56
<u>Fig.IV.10</u>	- La situation du bâtiment par rapport à la cité.....	60
<u>Fig.IV.11</u>	Identification des zones chauffées et non chauffées par logement.....	68
<u>Fig.IV.12</u>	- Schéma de mise en œuvre d'une isolation extérieure.....	69
<u>Fig.IV.13</u>	- Schéma de mise en œuvre d'une isolation.....	70
<u>Fig.IV.14</u>	Schéma de double vitrage	70
<u>Fig.IV.15</u>	- Schéma de double fenêtre	71
<u>Fig.IV.16</u>	- changement des ouvertures.....	71
<u>Fig.IV.17</u>	- le double vitrage.....	72
<u>Fig.IV.18</u>	- Ajout d'une véranda	73
<u>Fig.IV.19</u>	- Ajout d'une véranda	73
<u>Fig.IV.20</u>	-photo jardin d'hiver.....	74
<u>Fig.IV.21</u>	- contrôle de ventilation	74
<u>Fig.IV.22</u>	- ventilation mécanique dans un logement.....	75
<u>Fig.IV.23</u>	- régulateur	75
<u>Fig.IV.24</u>	- Un système de Régulation.....	76
<u>Fig.IV.25</u>	- une conception bioclimatique	76
<u>Fig.IV.26</u>	- les couleurs claires des murs et des menuiseries favorisent une ambiance plus douce	77
<u>Fig.IV.27</u>	- une couleur blanche (claire).....	77
<u>Fig.IV.28</u>	- changement de lampes existantes.....	78
<u>Fig.IV.29</u>	- Schéma de mise en œuvre de la toiture végétalisée.....	79
<u>Fig.IV.30</u>	- fonctionnement d'une installation solaire.....	79
<u>Fig.IV.31</u>	l'emplacement des panneaux solaires et photovoltaïques au niveau de la toiture.....	81
<u>Fig.IV.32</u>	- l'ajout d'un brise-soleil	82
<u>Fig.IV.33</u>	- une vue d'ensemble du bâtiment.....	82

Liste des figures

Liste des tableaux

	<u>Chapitre I</u>	
<u>Tab.1.1</u>	- Bilan des émissions par secteur	18
<u>Tab.1.2</u>	- Durée de séjour approximative dans l'atmosphère des gaz à effet de serre.....	19
	<u>Chapitre II</u>	
<u>Tab.II.1</u>	- Consommation d'énergie dans un logement	24
<u>Tab.II.2</u>	- Caractéristiques des classes A & G	25
	<u>Chapitre III</u>	
<u>Tab.1</u>	- définitions du terme « réhabilitation ».....	37
<u>Tab.2</u>	- définitions du terme « rénovation ».....	38
<u>Tab.4</u>	-comparaison des alternatives à la rénovation énergétique.....	40
<u>Tab.III.1</u>	- Les signes d'une mauvaise isolation	45
<u>Tab.III.2</u>	- Avantages et inconvénients de l'isolation extérieure.....	46
<u>Tab.III.3</u>	- Avantages et inconvénients de l'isolation par l'intérieur.....	46
	<u>Chapitre IV</u>	
<u>Tab.IV.1</u>	- Climatologie de la ville de Tlemcen	51
<u>Tab.IV.2</u>	- composition du logement	55
<u>Tab.IV.3</u>	- Données administratives du bâtiment.	58
<u>Tab.IV.4</u>	- Données d'activités du bâtiment.....	58
<u>Tab.IV.5</u>	- consommation énergétique du bâtiment (source : Sonelgaz).....	59
<u>Tab.IV.6</u>	- Données d'activités du bâtiment	59
<u>Tab.IV.7</u>	- types d'énergie utilisée dans le bâtiment.....	59
<u>Tab.IV.8</u>	- Systèmes électriques utilisés.....	59
<u>Tab.IV.9</u>	Source (D.T.R. C 3-2).....	61
<u>Tab.IV.10</u>	- les valeurs de la température extérieure de base Source (D.T.R. C 3-2).....	61
<u>Tab.IV.11</u>	- résistances thermiques d'échanges superficiels intérieurs.....	61
<u>Tab.IV.12</u>	- Les valeurs des caractéristiques des différents matériaux Source (D.T.R. C 3-2).....	62
<u>Tab.IV.13</u>	- Résistance thermique Entrevous e Source (D.T.R. C 3-2).....	62
<u>Tab.IV.14</u>	- Les coefficients Kvn des vitrages nus Source (D.T.R. C 3-2).....	62
<u>Tab.IV.15</u>	- Les coefficients K (en W/m ² .°C) des portes courantes Source (D.T.R. C 3-2).....	62
<u>Tab.IV.16</u>	- Déperditions au niveau de rez de chaussée	63
<u>Tab.IV.17</u>	- Déperditions au niveau de l'étage 1, 2,3	64
<u>Tab.IV.18</u>	- Déperditions au niveau 4eme étage	65

SOMMAIRE

Remerciement.....	2
Résumé.....	3
Liste des figures	4
Liste des tableaux.....	5
Sommaire.....	6
Introduction.....	9
problématique.....	9
CHAPITRE I : LE CONTEXTE ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTAL.....	8
1) LES DIFFERENTES ENERGIES.....	10
-les énergies fossiles	10
-Les énergies renouvelables	10
-Applications dans le bâtiment	10
-Avantages des énergies renouvelables.....	10
2) LA CRISE ECOLOGIQUE.....	10
2.1) Origine et définition de la crise écologique	10
2.2) Les principaux aspects de la crise écologique	11
➤ Le réchauffement climatique.....	11
➤ L'effet de serre.....	12
➤ Les problèmes de biodiversité.....	12
➤ La pollution.....	12
➤ Les pluies acides	12
2.3) Le mouvement international de protection de l'environnement	13
✓ Rapport de Brundtland 1987.....	13
✓ Le 1er sommet de la Terre a Rio 1992.....	14
✓ Protocole de Kyoto 1997	14
✓ 2 ^{ème} sommet, Johannesburg 2002	14
✓ L'accord de Montréal 2007.....	14
✓ Sommet climatique de Copenhague 2009	14
2.4) Le bilan énergétique de la ville	15
2.5) L'énergie en Algérie	16
✓ La consommation des énergies fossiles.....	16
✓ Consommation énergétique du secteur résidentiel.....	16
✓ La consommation d'électricité.....	17
✓ La consommation du gaz naturel	17
✓ Le prix des principales énergies.....	18
✓ Inventaire des émissions	18
✓ Les énergies renouvelables en Algérie.....	19
✓ Bilan énergétique national et énergies renouvelables.....	19
✓ L'énergie solaire en Algérie	19
✓ Sources d'énergie renouvelables en Algérie.....	20
✓ Stratégie nationale de maîtrise de l'énergie	20
Chapitre II : L'EFFICACITE ENERGETIQUE.....	21
1) L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LES BATIMENTS	21
-Les bâtiments neufs	21
-Les bâtiments existants.....	21
2)-LE DEVELOPPEMENT DURABLE.....	22
2.1) Définition du développement durable	22
2.2) Les principes du Développement durable	22
2.3) Les objectifs du Développement durable	23
2.4) Les critiques du développement durable	23
3) L'INFLUENCE D'UN BATIMENT SUR SON ENVIRONNEMENT	23
3.1) Maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur.....	24
✓ L'éco- construction.....	24
✓ L'éco- gestion.....	24
3.2) Pourquoi un logement émet-il des gaz à effet de serre ?.....	24
4) LA REGLEMENTATION THERMIQUE	24
4.1) Le contenu de la réglementation thermique	25
4.2) La réglementation thermique de l'existant	25
4.3) Les différents aspects de la réglementation thermique	25
4.4) Amélioration de la performance énergétique de l'existant.....	26
4.5) le diagnostic de performance énergétique DPE	26
➤ Les étiquettes Energie et Climat.....	27
➤ Les préceptes d'un bon DPE.....	28
➤ Les certificats d'économies d'énergie.....	28

➤ L'audit énergétique.....	28
➤ Bilan thermique d'un bâtiment.....	29
• Les grandeurs énergétiques du bilan thermique.....	29
Gains internes.....	29
Sources d'énergie.....	30
• Calcul du bilan énergétique.....	30
5) Adoption d'une réglementation thermique en Algérie.....	30
5.1) Position de l'Algérie par rapport à la maîtrise de l'énergie.....	31
5.2) Stratégie de maîtrise de l'énergie en Algérie.....	31
5.3) Objectifs de la politique de maîtrise de l'énergie.....	32
5.4) Limites de la réglementation thermique.....	32
5.5) Politique d'amélioration énergétique en Algérie.....	32
➤ Outils réglementaires et opérationnels mis en application en Algérie.....	33
➤ Mise en œuvre de la réglementation thermique algérienne.....	33
➤ L'Algérie et les émissions de CO2.....	33
5.6) Les études dans le secteur bâtiment.....	34
5.7) Caractéristiques énergétiques du secteur habitat.....	35
➤ Indice énergétique d'un bâtiment.....	35
➤ Estimation des besoins d'énergie d'un bâtiment.....	36
➤ La facture énergétique.....	36
➤ Les actions de maîtrise d'énergie dans l'habitat.....	36
Chapitre III: LA RENOVATION ENERGETIQUE.....	37
1) La Rénovation Energétique.....	37
1.1) Définitions.....	37
✓ Définitions de la rénovation.....	38
• Définitions de la rénovation énergétique globale.....	39
• Alternatives à la rénovation énergétique.....	41
• les objectifs de la rénovation énergétique.....	41
• Pourquoi rénover les bâtiments ?.....	42
• Les enjeux de la rénovation énergétique dans le logement.....	42
➤ Des enjeux environnementaux.....	42
➤ Des enjeux sociaux.....	41
2) La Rénovation Energétique et le confort thermique.....	42
3) Les techniques de la rénovation énergétique.....	42
• Les parois opaques.....	44
➤ Avantages et inconvénients de l'isolation par l'extérieur.....	45
➤ L'isolation des murs par l'extérieur.....	45
➤ Avantages et inconvénients de l'isolation par l'intérieur.....	46
➤ L'isolation des charpentes.....	46
➤ L'isolation des toitures.....	46
➤ Les toitures terrassement.....	46
➤ L'isolation des planchers.....	47
• Les parois vitrées.....	47
• Les Menuiseries.....	47
• Les techniques d'isolation d'une paroi vitrée dans l'existant.....	48
➤ Le survitrage.....	48
➤ Le double vitrage de rénovation.....	48
➤ Le changement de fenêtre avec conservation du dormant existant.....	48
➤ Le remplacement total de l'ancienne fenêtre.....	48
➤ Les protections solaires.....	48
➤ La ventilation.....	48
➤ Les équipements.....	49
➤ L'eau chaude sanitaire.....	49
➤ Le chauffage.....	49
➤ La climatisation.....	49
➤ L'éclairage.....	50
Conclusion.....	50
Chapitre IV: Cas d'étude.....	52
Introduction.....	52
1) Aperçu sur la ville de Tlemcen.....	52
2) Analyse climatique de la ville de Tlemcen.....	52
2.1) Climat de Tlemcen.....	52
2.2) Isotherme de Tlemcen.....	52
2.3) Le diagramme de Giovani.....	53
2.4) Tableau psychométrique.....	54
2.5) Le diagramme solaire.....	54
3) L'étude du bâtiment.....	55
3.1) Présentation du bâtiment.....	55
3.2) Les vues en plans.....	57
3.3) Démarche suivi.....	58

3.4) Diagnostic énergétique.....	58
3.5) Calcul des déperditions thermiques.....	61
3.6) Solutions apportées.....	68
• Solution 1 : Isolation thermique des parois extérieurs.....	68
• Solution 2 : Restauration ou remplacement des baies vitrées.....	70
• Solution 3 : Ajout d'une Véranda.....	72
• Solution 4 : Contrôle de la ventilation.....	74
• Solution 5 : Amélioration des dispositifs de régulation/programmation	75
• Solution 6 : L'orientation des locaux	76
• Solution 7 : L'aménagement de l'espace et amélioration de l'éclairage naturel et artificiel	76
• Solution 8 : Mise en place d'une toiture végétalisée.....	77
• Solution 9 : Intégration les énergies renouvelables.....	79
• Solution 10: Protection solaire.....	81
• Autres solutions.....	81
Des perspectives pour les bâtiments énergivores	83
<u>Conclusion générale</u>.....	84

Bibliographie.....	
---------------------------	--

Introduction:

Les émissions de CO₂ ont augmenté de 60 % depuis 1970 et devraient poursuivre leur progression en raison d'une consommation énergétique mondiale en forte croissance. Selon le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat), si aucune mesure n'est prise, la teneur de ce gaz à effet de serre dans l'atmosphère pourrait entraîner une élévation de température comprise entre 2 et 6°C avec des conséquences potentiellement dramatiques sur la planète. Dans une perspective de croissance continue de la consommation d'énergie, réduire les émissions de ce gaz constitue un défi majeur pour les années à venir. On parle bien désormais d'une urgence à "décarboniser l'énergie", c'est-à-dire à privilégier des énergies à faible contenu en carbone.

En 2008, la consommation d'énergie dans les bâtiments des secteurs résidentiel et tertiaire représentait 33 % de la consommation mondiale d'énergie finale, elle-même de l'ordre de 8 milliards de tonnes équivalent pétrole (tep), devant l'industrie (29 %) et les transports (27 %). Dans ce même secteur des bâtiments, la consommation d'électricité représentait 53 % de la consommation totale d'électricité au monde. En tête des grands secteurs d'activités pour la consommation d'énergie, et tout particulièrement d'électricité, le secteur des bâtiments constitue par conséquent une cible privilégiée des politiques d'efficacité énergétique, rendues indispensables à toutes les économies compte tenu des contraintes liées à la sécurité énergétique et aux changements climatiques.

La mise en œuvre de l'efficacité énergétique dans les bâtiments s'adresse à trois catégories d'actions:

- La construction de bâtiments les plus économes possible en énergie, assurant toutefois le confort nécessaire aux occupants ;
- La rénovation énergétique des bâtiments existants, avec le même objectif ;
- L'utilisation, à l'intérieur des bâtiments, d'équipements et d'appareils efficaces en énergie.

La rénovation énergétique des bâtiments existants est une autre affaire, plus complexe à mettre en œuvre, plus délicate à organiser. Certes, elle tire largement profit des progrès techniques réalisés dans la construction neuve, de la conception aux techniques de constructions, en passant par les matériaux et les équipements. Mais elle pose des difficultés d'un autre ordre, du fait de l'extrême diversité des bâtiments existants à tous les points de vue : période de leur construction, qualité des matériaux et des méthodes de construction, catégories d'usages (tout particulièrement dans le secteur tertiaire) et peut-être surtout statut d'occupation et/ou juridique et situation administrative (propriétaire, locataire, public, privé, absence de réglementations, etc.).

Il en résulte que les opérations techniques que l'on peut envisager pour une rénovation énergétique sont très souvent complexes sur le plan technique, quel 'on doit effectuer des arbitrages difficiles sur le degré de rénovation pour des raisons économiques, et qu'il faut prendre en compte une « période d'apprentissage » économique, sociale, administrative et financière, qui s'avère souvent longue et laborieuse. Ainsi, alors que les réglementations thermiques sur la construction neuve ont été mises au point, dans les différents pays, en suivant à peu près la même démarche, la méthode d'élaboration de programmes de rénovation thermique réclame une plus grande attention aux situations économiques, sociales et institutionnelles locales.

-Problématique :

La consommation énergétique augmente du jour au jour, la réglementation thermique en Algérie n'est pas applicable, l'émission de gaz à effet de serre et tous ce qui en suit sont souvent entendu ;

-Quel est la solution adéquate pour s'en sortir de tous sa ?

-Est ce que la mise en vigueur d'une réglementation thermique suffira ?

-Si dès maintenant la réglementation thermique sera exiger, comment faire pour les bâtiments enceins ? Et quel sont les techniques et les moyens de la rénovation énergétique ?

Pour trouver des réponses à ses questions d'abord il faut savoir le contexte énergétique et environnemental, l'efficacité énergétique, puis cerner la rénovation énergétique et à travers une étude d'un cas dont on a appliqué les techniques de la rénovation énergétique tout cela fera l'objet de notre projet de fin d'étude.

CHAPITRE I : LE CONTEXTE ENERGETIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

1) les différentes énergies :

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

-les énergies fossiles :

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

-Les énergies renouvelables :

L'impératif environnemental nécessite le développement d'énergies non émettrices de CO₂ et inépuisables, c'est là toute l'importance que revêt l'utilisation des énergies renouvelables. Très attendues, ces énergies apparaissent en pleine santé et s'allient à la maîtrise des consommations pour concrétiser les accords de Kyoto. L'intégration de ces énergies renouvelables dans l'habitat, vise un plus grand confort et favorise une nouvelle ère énergétique, plus performante et propre. Elles présentent d'énormes avantages dans la mesure où elles ne produisent pas de gaz à effet de serre. Les prochaines années s'annoncent donc prometteuses pour ces énergies dites énergies propres.

✓ L'application des énergies renouvelables dans le bâtiment :

Les applications dans le bâtiment concernent principalement la production de chauffage, d'eau chaude et la production d'électricité. Cette production à partir d'énergies renouvelables, va de pair avec une utilisation rationnelle de l'énergie liée d'une part à la performance des enveloppes de bâtiments et d'autre part à la maîtrise de tous les usages des différentes énergies dans les bâtiments.

✓ Les bénéfices des énergies renouvelables :

Ils sont multiples et se résument en leur disponibilité et leur dispersion dans l'espace : constituant un potentiel important et inépuisable, particulièrement le solaire, elles peuvent, par conséquent, être utilisées partout où elles se trouvent. Ajouté à cela, leur caractère non polluant et par conséquent non nocif à l'environnement, ce qui en accentue l'intérêt. Les énergies renouvelables contribuent d'une autre manière à la protection du climat, car l'énergie nécessaire à la fabrication des systèmes est inférieure à leur production.

2) La crise Ecologique :

2.1) Origine et définition de la crise écologique:

L'économie mondiale connaît après la 2^{ème} guerre mondiale une croissance record, la production des biens et de services était la principale préoccupation des gouvernements. Jusqu'aux années 60, les questions d'environnement étaient reléguées au second plan. C'est le début des années 70 qui a vu l'opinion publique prendre conscience de ces problèmes avec la médiatisation des grandes catastrophes écologiques occasionnées par des activités économiques (effets de pollution au mercure apparue dans les années 50 à Minimata qui ont été médiatisés beaucoup plus tard, Seveso 1976, Bhopal 1984, Tchernobyl 1986, Exxon Valdez 1989 ...). Le monde assiste alors à l'apparition de nouveaux phénomènes écologiques qui représentent une menace très sérieuse pour l'équilibre naturel tel que : le réchauffement climatique, le trou de la couche d'ozone ou encore les pluies acides.

Aujourd'hui, le constat est sous nos yeux ; la poursuite de la croissance économique traditionnelle a entraîné la planète dans une crise écologique d'une nouveauté sans précédent dans l'histoire de l'humanité. Elle est certainement un des défis les plus sérieux de l'histoire, en tout cas le plus déterminant, puisqu'il en va de la survie même de notre espèce.

Louis Vaillancourt définit la crise écologique comme étant un « ensemble des phénomènes inter reliés, biophysique et sociaux, d'origine humaine, qui indiquent une rupture très grave d'équilibre entre les humains et l'ensemble de leur milieu de vie et qui placent l'être humain devant une décision quant à sa manière d'être au monde. »

Dans un entretien avec l'Observatoire des Inégalités, Hervé Kempf considère que La crise écologique est « l'expression d'un système économique qui promeut le gaspillage et vise à maintenir les privilèges et les intérêts de l'oligarchie aujourd'hui dominante. Celle-ci est à la fois plus riche que jamais dans l'histoire récente, et irresponsable : elle surconsomme et ne se préoccupe pas vraiment de la situation, dont elle minore la gravité. »

2.2) Les principaux aspects de la crise écologique :

Les inévitables déséquilibres entre l'humain et la nature, auparavant locaux et bénins, se produisent maintenant à un rythme si élevé, avec une telle intensité et une telle amplitude, qu'ils deviennent de plus en plus destructeurs et menaçants.

Parmi les aspects les plus dangereux de la crise écologique, on cite :

➤ Le réchauffement climatique :

Causé par la forte augmentation des gaz à effet de serre (CO_2 - CH_4 - N_2O - O_3) dans l'atmosphère. Le réchauffement du système climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer (figure 1-1). La tendance linéaire au réchauffement entre 1906-2005 atteint $0,74$ [$0,56$ - $0,92$] $^{\circ}\text{C}$ (figure 1-1), il menace de l'extinction des espèces animales et humaines, la propagation des maladies,...

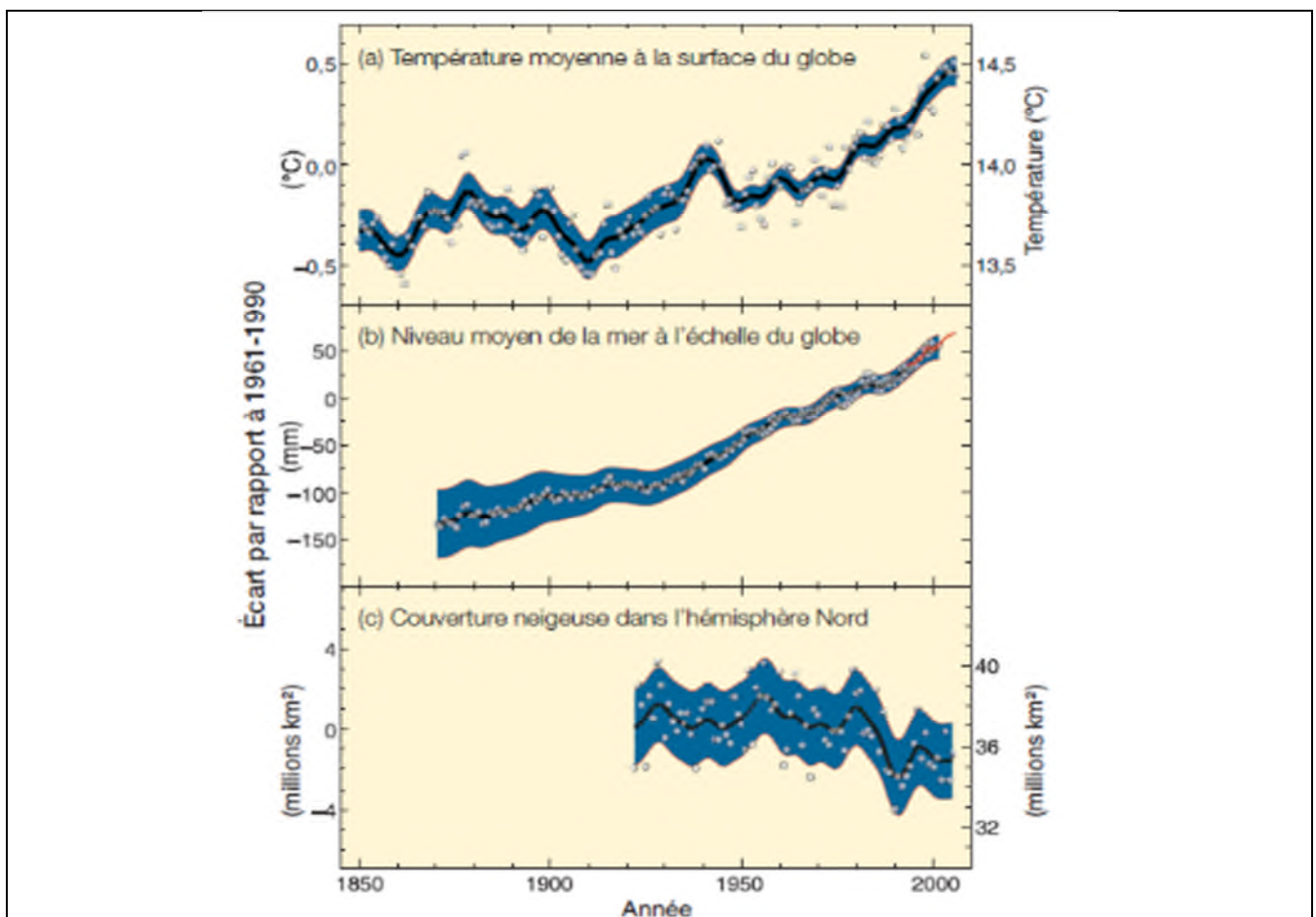


Figure (1-1) : Variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord (Source : Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, bilan 2007 des changements climatiques, Rapport de synthèse, P31)

Cette figure représente les variations observées :

a) de la température moyenne à la surface du globe.

b) du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, selon les données recueillies par les marégraphes (en bleu) et les satellites (en rose claire).

c) de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord en mars, avril.

Les courbes lissées représentent les moyennes décennales et les cercles correspondent aux valeurs annuelles. Les zones ombrées représentent les intervalles d'incertitude qui ont été estimés à partir d'une analyse poussée des incertitudes connues (a et b) et à partir des séries chronologiques (c).

➤ L'effet de serre :

Bien après la mise en évidence de l'effet de serre par le mathématicien français Joseph, Fourier en 1827, le chimiste suédois Svante Arrhenius avance en 1896 qu'une augmentation des rejets anthropiques de gaz carbonique (CO₂) dans l'atmosphère serait susceptible d'entraîner un réchauffement à l'échelle de la planète. (Source : Encarta)

L'effet de serre (Fig. 1-2) est un phénomène physique naturel. Présents en petite quantité dans l'atmosphère, certains gaz comme le gaz carbonique ou le méthane retiennent une large part du rayonnement solaire. Ils permettent ainsi le maintien sur Terre d'une température moyenne d'environ 15°C. Sans eux, la température globale atteindrait à peine -18°C. L'effet de serre existe naturellement, c'est son augmentation qui pose donc problème.

➤ Les problèmes de biodiversité :

On entend dire par cela la disparition ou la raréfaction de nombreuses espèces. Aujourd'hui les espèces domestiques et cultivées disparaissent de la surface de la terre à un taux mille fois plus élevé que le taux moyen depuis 65 millions d'années (entre 20000 et 100000 espèces disparaissent chaque année) .

➤ La pollution :

L'accroissement de la production de déchets dont en particulier les gaz toxiques et les gaz à effet de serre ces dernières années représente une menace très dangereuse : Entre 1970 et 2004, les rejets annuels de Dioxyde de Carbone (CO₂), le principal gaz à effet de serre anthropique, sont passés de 21 à 38 gigatonnes (Gt), soit une progression d'environ 80 %, et représentaient 77 % des émissions totales de GES anthropiques en 2004 (Figure 1-2)

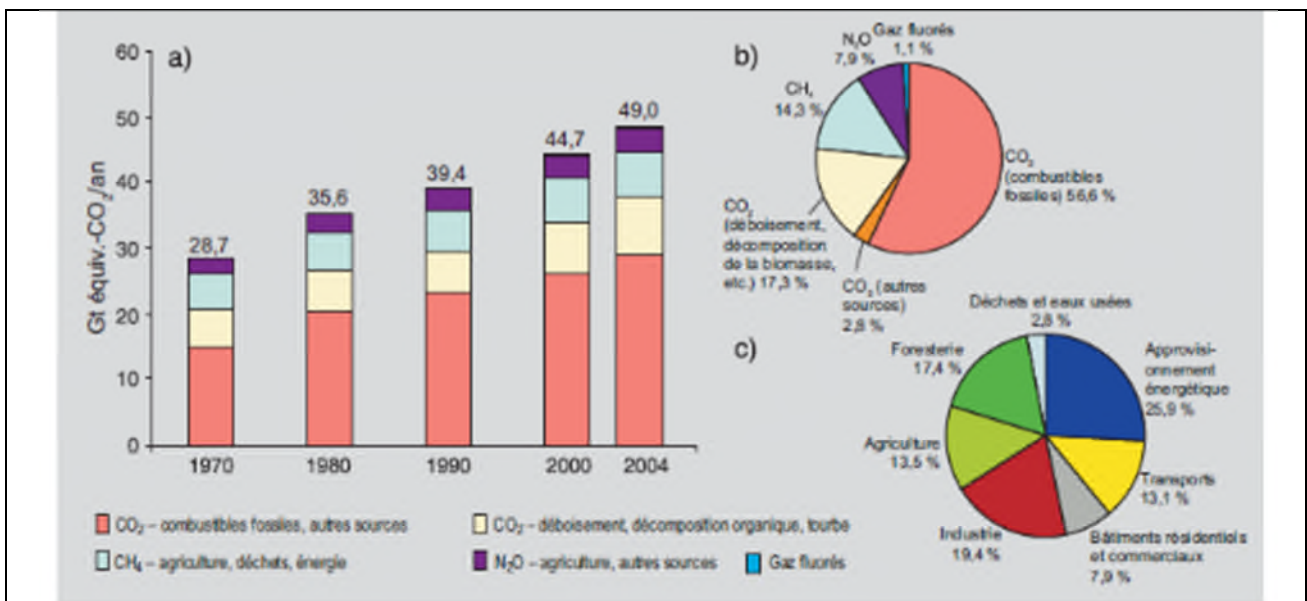


Figure (1-2) : Émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques (Source : Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, bilan 2007 des changements climatiques, Rapport de synthèse, P36)

Cette figure représente :

- a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970-2004.
- b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO2.
- c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO2. (La foresterie inclut le déboisement).

➤ Le trou de la couche d'ozone :

L'usage des chlorofluorocarbones (CFC) et d'autres gaz halogènes dans la production des sprays aérosol, mousses plastiques et réfrigérateurs a provoqué l'apparition d'un trou au niveau de la couche d'ozone, permettant ainsi l'accès aux rayons ultraviolets.

➤ Les pluies acides :

Ce phénomène est causé principalement par l'émission du soufre. Il a des répercussions dangereuses sur l'activité agricole.

2-3 Le mouvement international de protection de l'environnement :

Après avoir constaté que les conséquences de la crise du système écologique prennent de plus en plus d'ampleur, les différents acteurs concernés sur la scène internationale ont pris de sérieuses mesures:

✓ **1972 :** - Mise en oeuvre du programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE)

- Création de nombreux organismes nationaux de protection de l'environnement.

✓ **1980 :** - Rapport de l'Union International de la Conservation de la Nature (UICN)

- Apparition pour la 1^{ère} fois du terme « Sustainable development » traduit par « Développement durable » ou « développement soutenable »

✓ **1983 :** L'assemblée générale des Nations Unies a demandé à la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement de:

- Proposer des stratégies à long terme en matière d'environnement pour assurer un développement durable avant l'an 2000 et au-delà.

- Recommander des méthodes pour faire en sorte que l'intérêt porté à l'environnement se traduise par une coopération plus étroite entre les différents pays.

- Envisager des moyens permettant à la communauté internationale de faire plus efficacement face aux problèmes de l'environnement.

✓ **Rapport de Brundtland 1987:**

Le rapport Brundtland pose les bases du développement durable. Il préconise les politiques à mettre en œuvre et les comportements à adopter pour aboutir à un développement soutenable. La commission étant persuadée que l'humanité peut créer un avenir plus prospère, plus juste, plus sûr, estime que la croissance est absolument indispensable pour soulager la misère qui s'intensifie dans une bonne partie du monde en développement à condition de prendre des mesures politiques immédiates pour commencer à gérer les ressources de l'environnement de manière à assurer un progrès durable et à garantir la survie de l'humanité.

✓ Le 1er sommet de la Terre a Rio 1992 :

Ce sommet a donné naissance à l'Agenda 21. Globalement, les résultats étaient très encourageants, les pays participants se sont mis d'accord sur plusieurs conventions :

- La convention Climat : son objectif principal est de mettre le climat hors de danger.
- La convention Biodiversité : son objectif est d'assurer la conservation des espèces.
- La déclaration Forêts : elle inclut la reconnaissance du rôle vital des forêts.

✓ Protocole de Kyoto 1997:

Il s'est focalisé sur la lutte contre les changements climatiques. Selon cet accord, les pays industrialisés (sauf Russie et USA) s'engagent à réduire d'ici 2012 les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 5% des émissions de 1990, des engagements qui n'ont pas été respectés jusqu'au 2005.

✓ 2^{ème} sommet, Johannesburg 2002 :

Les grandes entreprises et les ONG étaient pour la première fois représentées. A l'issue de ce sommet, un bilan de 10 ans d'actions a été dressé : échec inquiétant des mesures prises jusqu'à lors.

- ✓ **2005** : Entrée en vigueur du protocole de Kyoto sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'Union européenne.

✓ L'accord de Montréal 2007 :

Cet accord a amené 200 pays à convenir de renforcer la protection de la couche d'ozone contre les gaz CFC en étendant et en accélérant les limitations imposées aux émissions de HCFC (hydro Chlorofluorocarbures). Ce dernier accord intervient au moment où les opinions publiques ont été fortement sensibilisées aux dangers du réchauffement climatique par le film d'Al Gore et par le rapport de Nicholas Stern (2006).

✓ Sommet climatique de Copenhague 2009 :

La conférence climat de Copenhague a frôlé la catastrophe avant d'accoucher d'un accord aux ambitions limitées pour lutter contre le réchauffement, loin de combler les attentes exprimées par la mobilisation sans précédent qu'elle a suscitée. A noter que cet accord a enrôlé pour la 1^{ère} fois les deux plus grands pollueurs de la planète, Chine et Etats Unis.

Lors de la conférence à Doha (Qatar) en 2012, un amendement a été ajouté au protocole de Kyoto pour fixer la durée de la deuxième période d'engagement et réviser à la hausse les engagements chiffrés en réduction des émissions de GES (Nations Unies, 2012). L'objectif est de « réduire leurs émissions globales de ces gaz d'au moins 18% par rapport au niveau de 1990 au cours de la période d'engagement allant de 2013 à 2020 » (Nations Unies, 2012). Mais cet accord est affaibli par le retrait du Canada, de la Russie et du Japon. Les signataires ne représentent plus que 15 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre. Les deux plus gros pollueurs de la planète, États-Unis et Chine, ne sont toujours pas concernés.

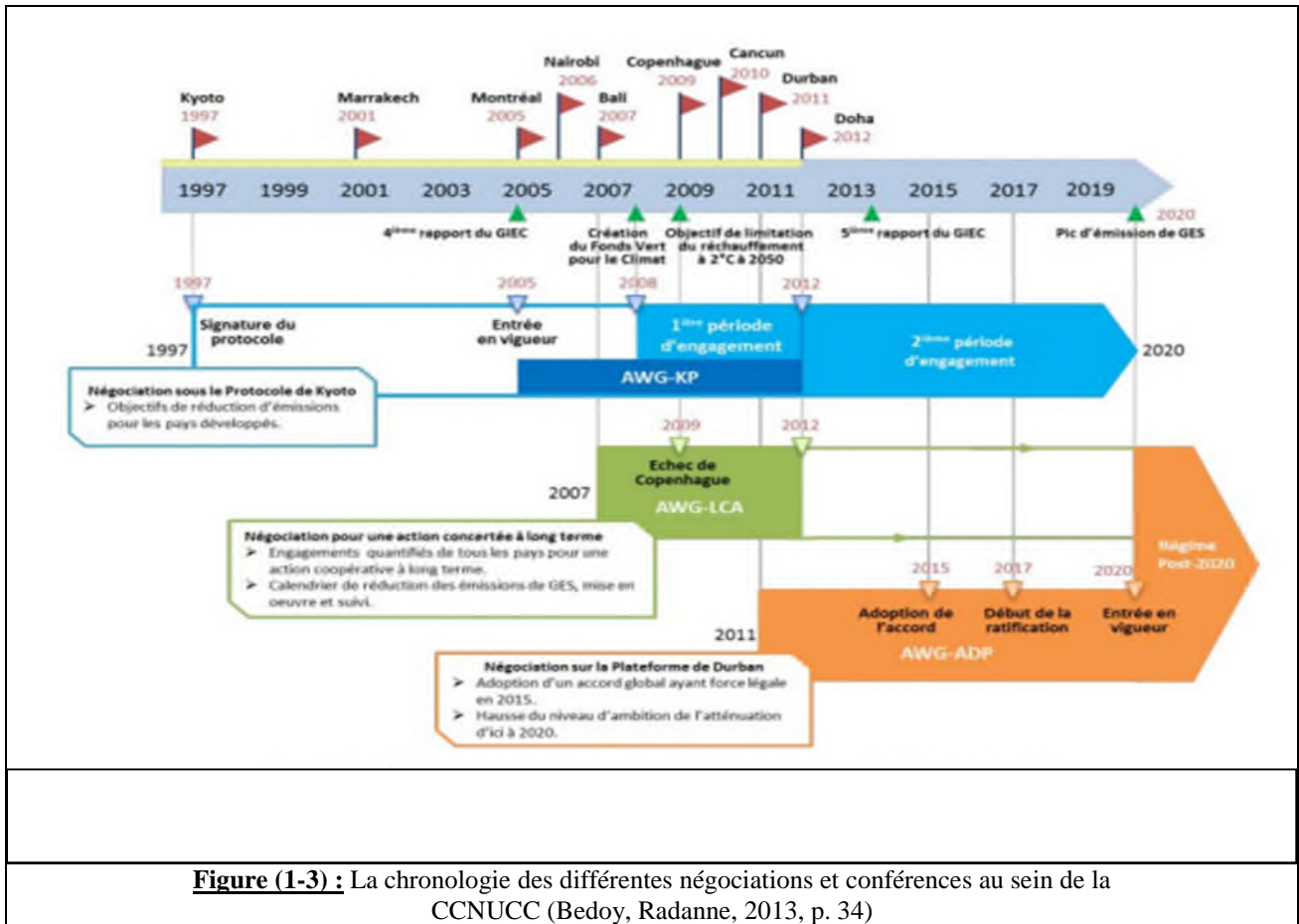


Figure (1-3) : La chronologie des différentes négociations et conférences au sein de la CCNUCC (Bedoy, Radanne, 2013, p. 34)

2-4) Le bilan énergétique de la ville :

Comme cité précédemment, le secteur du résidentiel enregistre le plus grand taux d'émissions de CO2 de par la grande consommation énergétique de ce secteur contribuant par là au réchauffement climatique. D'autre part, les immeubles captent la chaleur durant la journée et la restituent durant la nuit, les minima et les maxima de température sont retardés dans les villes ce qui est appelé par : décalage. La restitution de la chaleur à l'atmosphère se produit au cours de la nuit, accentuant le réchauffement climatique. La consommation énergétique de la ville s'établit comme suit:

$$Q^* + Q_p = Q_h + Q_e + Q_s \dots\dots\dots (1)$$

Dont :

Q* : rayonnement net.

Qp : énergie anthropique, propre à la ville.

Qh : chaleur sensible (énergie qui réchauffe les basses couches de l'air par condition).

Qe : chaleur latente (énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau).

Qs : chaleur stockée par les bâtiments. (Le stockage dans le bâti est important).

Cette consommation vue son importance implique le phénomène de l'îlot de chaleur urbain qui constitue un véritable danger menaçant la survie de la population et la durabilité des villes.

2.5) L'énergie en Algérie :

L'Algérie qui en fait partie, présente également une hausse perpétuelle et continue de la demande en énergie.

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

✓ La consommation des énergies fossiles :

La consommation totale d'énergie est assurée par les produits pétroliers (53,4 %), le gaz naturel (35,1 %) et l'électricité (10,3 %). Le gaz naturel joue un rôle croissant dans la consommation d'énergie, même si le pétrole demeure, à cause des transports, la principale source d'énergie du pays.

Consommation énergétique des différents secteurs :

Le bilan énergétique national de l'année 2005, montre que la consommation finale évaluée à 24.437 Millions de TEP, fait ressortir une prédominance de la consommation énergétique du secteur des ménages (Fig. 1-4), soit 52,3% de la consommation finale, par rapport aux secteurs de l'industrie 23,8% et celui des transports 23,9%. La consommation finale du secteur résidentiel a atteint 6 millions de tep en 2005.

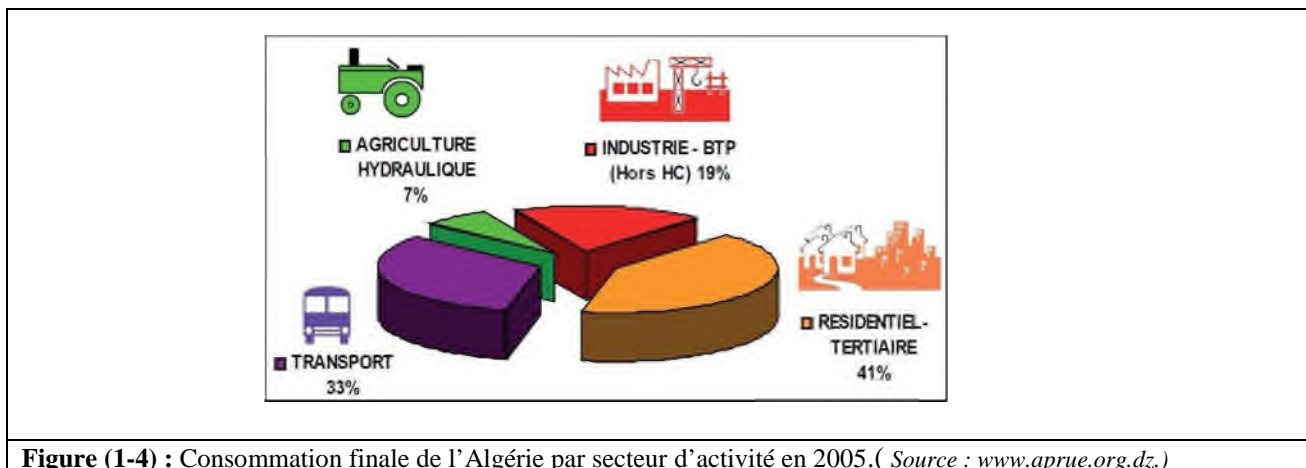


Figure (1-4) : Consommation finale de l'Algérie par secteur d'activité en 2005. (Source : www.aprue.org.dz.)

✓ Consommation énergétique du secteur résidentiel :

Le secteur résidentiel et tertiaire en Algérie se trouve parmi les secteurs les plus consommateurs d'énergie avec une consommation représentant 46% de l'énergie finale et de 28% de l'énergie primaire. ⁽¹⁾ La consommation de ce secteur est en perpétuelle hausse. Un taux de croissance annuel moyen (TCAM) du secteur résidentiel - tertiaire est de l'ordre de 6.28%.

La consommation énergétique moyenne annuelle d'un logement est de 1,050 tep. ⁽²⁾ La consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 TEP en 1990, son évolution passera de 0.71 TEP en 2000 à 1.35 TEP en 2010 et 1.88 TEP en 2020. ⁽³⁾

L'évolution de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel représentant 35% de la consommation énergétique finale nationale ⁽⁴⁾, demeure exponentielle. (Fig. 1-6)

⁽¹⁾ **Nezzar S. & Gourdache M.** « Etude des Performances Energétiques d'une Conception Bioclimatique en Région Aride » World Energy Council, 1999.

⁽²⁾ « Consommation énergétique finale de l'Algérie » Ministère de l'Énergie et des Mines. [En ligne] www.aprue.org.dz.

⁽³⁾ **Chitour Ch.E.** « L'énergie, Les enjeux de l'an 2000 », Vol 1, Office des Publications Universitaires, Alger 1994 page 91.

⁽⁴⁾ « Bulletin trimestriel de [En ligne] www.aprue.org.dz

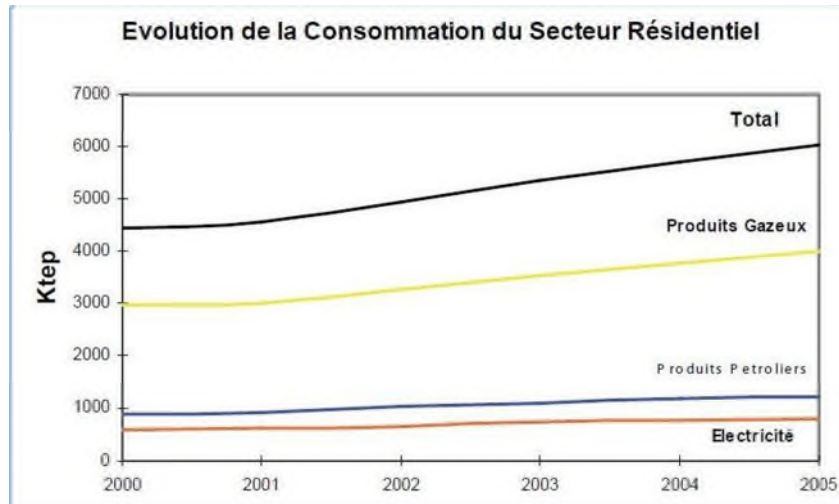


Figure (1-6) : Evolution de la Consommation du Secteur Résidentiel (Source : www.aprue.org.dz)

✓ La consommation d'électricité :

La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 807 Ktep en 2007, elle représente 38% de la consommation totale d'électricité. Ainsi, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national. Selon l'APRUE, 70% de la consommation énergétique des ménages est répartie entre le post froid et les produits d'éclairage (Fig. 1-7).

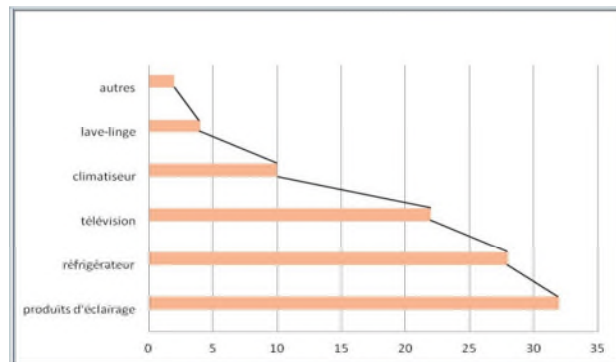


Figure (1-7) : Répartition de la consommation électrique des ménages en % (en 2009). (Source : <http://www.algerie-dz.com>)

✓ La consommation du gaz naturel :

Troisième exportateur mondial de gaz, l'Algérie fera face à une hausse importante de la demande intérieure de gaz en raison de la croissance soutenue de son économie. ⁽⁵⁾

Elle devrait consommer deux fois plus de gaz dans dix ans. La consommation de gaz à travers l'Algérie connaîtra des hausses de plus de 7% par an durant les prochaines années.

Selon le chargé d'étude de la Sonelgaz, le secteur résidentiel constitue l'un des plus grands consommateurs de gaz de tous les secteurs. Il est considéré comme étant la source d'énergie la plus utilisée dans le secteur résidentiel à travers tout le territoire national. (Fig 1-8).

⁽⁵⁾ [En ligne] <http://www.algerie-dz.com>

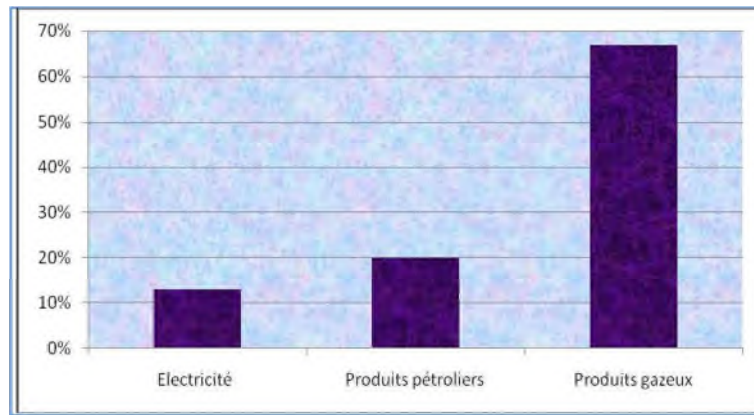


Figure (1-8) : Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie en 2005. (Source : www.aprue.org.dz)

✓ Le prix des principales énergies :

Le prix des principales énergies utilisées en Algérie est en perpétuelle hausse et constitue une grande contrainte dans le budget des familles algériennes. La facture d'énergie pèse de plus en plus lourd et incite certains ménages modestes à diminuer les heures de chauffe en hiver et les heures de rafraîchissement artificiel en été. Elle constitue 10% à 20% des revenus annuels d'un ménage moyen⁽⁶⁾.

Au fil des ans les factures sont là pour démontrer que le prix de l'électricité et du gaz n'a pas cessé d'augmenter, notamment au cours de ces dix dernières années où l'on a vu le prix unitaire de l'électricité passer de 7,28 DA en mai 1994 à 17,13 DA en mai 2004. Idem pour le gaz passant de 0,69 DA à 1,59 DA sur la même période de temps de dix ans...

Depuis mai 2005, voulant moduler son augmentation, la Sonelgaz a établi un prix unitaire de l'électricité de 16,17 DA pour une première tranche et de 37,99 DA pour la deuxième tranche, alors que pour le gaz, respectivement de 1,53 DA et 2,95 DA⁽⁷⁾. On constate que le prix des énergies continue d'augmenter régulièrement et constitue une contrainte supplémentaire à surmonter pour assurer un minimum de confort hivernal et estival.

✓ Inventaire des émissions :

Les émissions brutes de GES en Algérie s'élevaient en 1994 à 104,8 Mt d'éq. CO₂. L'analyse des émissions par source démontre une nette prépondérance de la responsabilité du secteur de l'énergie, avec 67 % des émissions soit 70 Mt, due en grande partie aux industries énergétiques et aux transports. L'utilisation des terres et forêts et l'agriculture représentent respectivement 12,4 % et 11,5 % des émissions brutes. Le reste est attribué aux déchets 4,6 % et à l'industrie 4,5 %.⁽⁸⁾ (Tab 1.1)

Tab. 1. 1 : Bilan des émissions par secteur (Source : www.aprue.org.dz)

	Consommation (ktep)	Emissions GES (Teq CO ₂)
AGRICULTURE et HYDRAULIQUE	1 130	1 538
INDUSTRIE et BTP	3 226	3 881
RESIDENTIEL et TERTIAIRE	7 047	6312
TRANSPORT	5 536	9 574
INDUSTRIES ENERGETIQUES	5 889	18 544

⁽⁶⁾ « Algérie : Paradoxe facture Sonelgaz » juin 2006. [En ligne] www.ladepeche.be.tf

⁽⁷⁾ Idem.

⁽⁸⁾ « Potentiel et opportunités en Algérie » Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement de l'Algérie, Agence internationale de l'énergie, IEPPF2004 » [En ligne] <http://www.planbleu.org>

Les émissions dues à l'énergie consommée sont de 40 Milliers Teq CO₂⁵⁵

- Soit un niveau d'émissions par habitant de 1,22Kg eq CO2
- Soit un niveau d'émissions par TEP consommée de 1,752 kg eq CO2
- Soit un niveau d'émissions par Milliards de DA produit de 5,334 Teq CO2.

Les chiffres d'émission de CO2 de l'électricité d'origine fossile est entre 400 g et plus de 800 g par kWh selon les technologies, sans même compter les émissions liées à l'installation initiale des centrales électriques. La durée de vie de certains gaz à effet de serre dans l'atmosphère est considérable (Tab. I.2), notamment le gaz carbonique, le méthane et le peroxyde d'azote.

Tab. 1.2 : Durée de séjour approximative dans l'atmosphère des gaz à effet de serre.
(Source : <http://www.global-chance.org>)

Gaz carbonique CO2	100 ans
Méthane CH4	12 ans
Peroxyde d'azote N2O	120 ans
Halo carbures Cn halp	Jusqu'à 50000 ans

Les énergies renouvelables en Algérie :

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

Par conséquent l'Algérie œuvre à la mise en place d'une politique de lutte contre les changements climatiques, la réduction des gaz à effet de serre (CO2, gaz torches...) conformément aux recommandations édictées dans le contenu dans les accords de Kyoto. ⁽⁹⁾

✓ Bilan énergétique national et énergies renouvelables:

Pour concrétiser ses objectifs, l'Algérie a instauré un texte de loi sur la promotion des énergies renouvelables promulgué en 2004 appuyé par une politique énergétique qui préconise l'accroissement de la contribution des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national.

L'objectif étant d'atteindre une contribution des énergies renouvelables de l'ordre de 6% (selon l'APRUE) dans le bilan national à l'horizon 2015 à travers les filières, photovoltaïques, thermique solaire et éolienne.

✓ L'énergie solaire en Algérie :

Le potentiel de l'Algérie en énergie solaire est considérable, il avoisine les 5 Milliards de GWh. Le total annuel d'irradiation directe normale se situe entre 2100 kWh/m² an à plus de 2700 kWh/m² an. C'est parmi les meilleurs ensoleillements dans le monde selon le Centre de développement des énergies renouvelables (CDER) et selon Tewfik Hasni, dirigeant de New Energy Algeria (NEAL), compagnie fondée par le gouvernement algérien en 2002, pour développer les énergies renouvelables. Ce dernier a affirmé dans ses propos que :

⁽⁹⁾ Forum d'Alger « *La rente pétrolière sous pression internationale.* » 1^{ère} session organisée le 9 mars 2011 par le cabinet EMERGY et le quotidien LIBERTE.

« Le potentiel en énergie solaire thermique de l'Algérie représente quatre fois la consommation énergétique

mondiale». Aussi, le ministère algérien de l'Energie a affirmé que l'Algérie reçoit assez de soleil pour couvrir 60 fois les besoins de l'Europe de l'Ouest.

Cependant, récemment Abdelmadjid Attar, ancien PDG de Sonatrach a déclaré en marge du forum d'Alger: « Les énergies renouvelables, c'est encore loin. Mais ça se développe petit à petit. Ca se développe, y compris chez nous. » En parlant des pays développés il a estimé une exploitation de 50% à l'horizon 2050 en précisant que ces pays ont déjà développé des industries et des technologies alors que dans le cas de notre pays, il reste beaucoup à faire dans ce domaine.

✓ **Sources d'énergie renouvelables en Algérie :**

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

■ Le solaire thermique : une technique éprouvée et performante tant du point de vue économique qu'environnemental et largement diffusée à travers le monde. Non polluante et inépuisable à l'échelle humaine, l'énergie solaire permet de respecter l'environnement et de préserver la santé. Elle permet de préserver les ressources énergétiques, sans produire de déchets ni d'émissions polluantes, notamment du gaz carbonique.

La société NEAL prévoit la construction de 04 centrales hybrides solaire/gaz à l'horizon 2015 totalisant une capacité installée de l'ordre de 1350 MW.

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

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

✓ **Stratégie nationale de maîtrise de l'énergie :**

Dans un contexte de reprise économique qui pourrait faire doubler la consommation d'énergie d'ici l'an 2020, l'Algérie a adopté une nouvelle stratégie de maîtrise énergétique gérée par l'APRUE algérienne (Agence pour la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie) et soutenue par l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie en France).

Cette coopération a permis également la mise en place de procédures et de financements dans les différents secteurs consommateurs. Désormais opérationnelle, l'APRUE fait partie intégrante des actions du ministère de l'énergie et des Mines d'Algérie.

Chapitre II : L'EFFICACITE ENERGETIQUE

1) L'efficacité énergétique dans les bâtiments :

Sur le plan technique, l'efficacité énergétique des bâtiments se présente de façon similaire dans le secteur résidentiel et le secteur tertiaire et concerne trois grands postes :

- la qualité de construction des bâtiments en termes d'efficacité énergétique, tant vis-à-vis de la chaleur que du froid ;
- la sobriété dans l'utilisation des équipements consommateurs d'énergie, et leur efficacité (équipements performants) ;
- le choix de la forme d'énergie ou de la technique la plus appropriée pour répondre à tel ou tel usage (par exemple chauffe-eau solaire ou cogénération).

Cette similitude des questions techniques conduit à regrouper les deux secteurs en termes de programme d'action. Par contre, si le secteur résidentiel est relativement homogène dans ses usages, le secteur tertiaire est constitué de sous-secteurs dont les activités sont nettement différentes les unes des autres. C'est un secteur très hétérogène, à la fois par les activités et les usages qu'elles engendrent, comme par la structure et l'organisation des sous-secteurs. Les méthodes d'intervention, de promotion et d'incitations et les approches des partenaires sont nettement différentes du fait de la nature des maîtres d'ouvrage concernés.

- **Les bâtiments neufs :**

L'action centrale pour les nouveaux bâtiments est l'élaboration et la mise en œuvre de la réglementation thermique. Afin que son application soit réelle et efficace, elle doit être accompagnée de trois types d'actions :

- Une intense activité d'information, de promotion et d'incitation : information et promotion auprès des professionnels du secteur ainsi qu'auprès du grand public ; évaluation précise des surcoûts ; mise en place de mesures incitatives appropriées et des modalités pratiques d'accès à ces incitations.
- Une recherche-développement : l'architecture bioclimatique est un domaine dans lequel les chercheurs chinois peuvent apporter beaucoup, au niveau de chaque zone climatique qui requiert des solutions appropriées. Ces programmes devraient permettre à terme la généralisation progressive de la construction de bâtiments à très basse consommation d'énergie.
- Une politique industrielle menée aux niveaux nationaux et provinciaux pour développer les industries de production des matériaux de construction et des équipements efficaces en énergie (double fenêtre, store, électroménager, éclairage, etc.).

- **Les bâtiments existants :**

La consommation d'énergie dans les bâtiments existants devrait croître du fait de l'aspiration à plus de confort et, si l'on n'intervient pas, cette croissance sera « gaspilleuse d'énergie » (pour le chauffage et la climatisation), du fait des mauvaises conditions thermiques de la plupart des bâtiments existants. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre un programme de réhabilitation énergétique de l'habitat et du tertiaire existants.

Cependant, au prix actuel du marché de cette opération, le temps de retour n'est pas très attrayant pour le propriétaire, même si l'intérêt pour la collectivité est évident. Il faudra alors mettre en place un système d'incitation à l'investissement de réhabilitation thermique sous la forme d'une subvention ou d'une bonification de prêt. La concertation avec les partenaires concernés doit permettre de choisir la meilleure solution. Il faut envisager à terme l'obligation de « ravalement thermique » pour tous les bâtiments existants contenant des installations de chauffage et/ou de climatisation.

2) Le Développement Durable :

2.1) Définition du développement durable :

Plusieurs définitions peuvent être données au développement durable :

- La définition la plus connue du développement durable est celle qui figure dans le rapport de Brundtland 1987 « Le développement durable, c'est s'efforcer de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité de satisfaire ceux des générations futures ».

- « Le développement durable consiste précisément en l'harmonisation des dimensions économiques, environnementales et sociales. Il ne suppose donc ni conflit insurmontable ni arbitrage, mais plutôt des réaménagements et une conciliation.»

- « Un développement est durable s'il garantit la satisfaction des besoins de la génération actuelle de tous les pays et de tous les groupes de populations, sans porter préjudice à la possibilité de générations futures de satisfaire ses besoins, et en sauvegardant la biodiversité.»

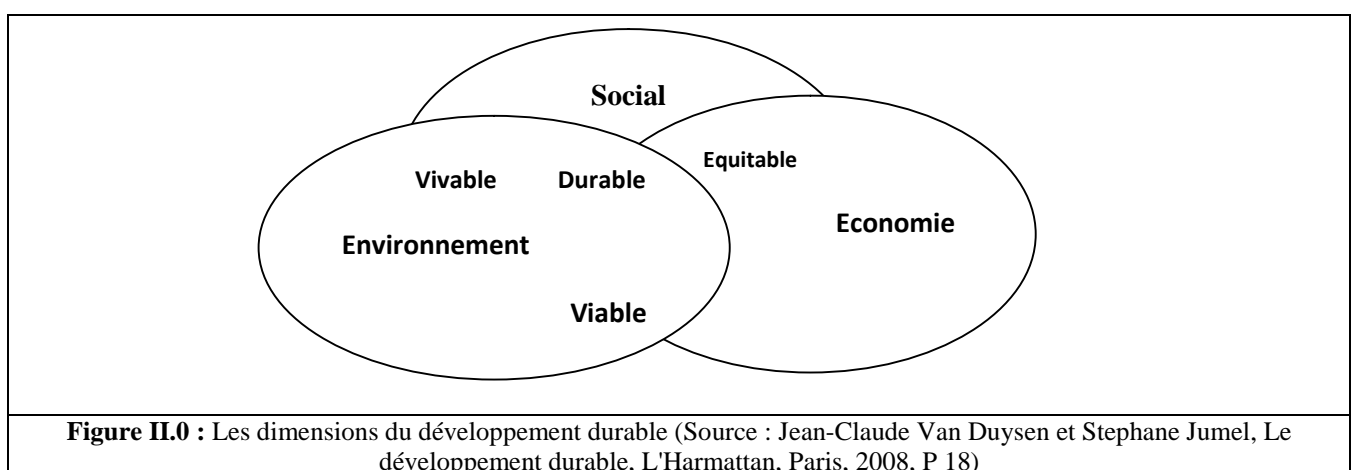
- Jean Yves Martin considère que « La définition actuelle du développement durable permet de faire ressortir trois critères de durabilité : l'accessibilité de tous à l'ensemble des biens et services, le renforcement des capacités de toutes sortes et l'équité face à l'ensemble des ressources disponibles et transmissibles. »

2.2) Les principes du Développement durable :

La quête d'un développement durable repose sur un certain nombre de principes qui reconnaissent les responsabilités des utilisateurs, délèguent l'autorité à l'échelon le plus proche pour l'application et favorisent la prévention.

Ces principes cités par Pierre André, Claude E. Delisle et Jean-Pierre Revér et dans leur livre « l'évaluation des impacts sur l'environnement » sont les principes de:

Subsidiarité, précaution, utilisateur-payeur et pollueur-payeur.



2.3) Les objectifs du développement durable :

Ce nouveau modèle tente de concilier l'efficacité économique, le progrès social et la préservation des écosystèmes en établissant un lien vertueux entre ces trois sphères.

Parmi les principaux objectifs du développement durable on cite :

- La protection de l'environnement.
- L'équité sociale et la réduction de la pauvreté.
- La préservation et régénération des ressources écologiques.
- L'amélioration d'efficacité économique.
- L'intégration des thématiques environnementales dans les politiques, la planification et la gestion, les incitations de marché et la comptabilité.
- La promotion des modes de Productions/consommations durables.

2.4) Les critiques du développement durable :

Le développement durable est devenu une sorte de "religion" pour les hommes politiques, les économistes et les écologistes ces dix dernières années. Il est devenu politiquement incorrect d'oser remettre en cause sa validité. Néanmoins, des critiques ont été émises sur les contradictions internes et les implications du concept.

- Les pays émergents tel que l'Inde ou la Chine voient dans le développement durable une idéologie conçue par les pays développés (Union Européenne -USA) pour leur imposer des règles strictes afin de ralentir leur croissance.
- Certains pensent que le développement durable ne remet pas en cause l'idéologie de la croissance économique. Ils voient donc le développement durable comme une nouvelle idéologie néolibérale.
- La notion de durabilité (ou soutenabilité) peut s'interpréter de deux manières diamétralement opposées. La première, dite faible, permet la substituabilité continue entre les facteurs de production, rendue possible grâce au progrès technique, à condition d'internaliser les effets externes, soit par le biais d'une tarification, soit par celui de l'instauration de droits de propriété sur les biens naturels pour en permettre ensuite l'échange libre sur un marché. La seconde conception, dite forte, considère que les facteurs de productions sont complémentaires. Elle renonce à l'hypothèse de rationalité d'individus isolés et autonomes et envisage une régulation politique imposée par l'intervention de l'état de manière autoritaire à la place de l'autorégulation du marché supposée par la durabilité faible. Cependant la première conception reste la plus dominante parmi les spécialistes en économie de l'environnement. Cette vision a été confirmée par le rapport Brundtland qui déclare que la poursuite de croissance reste un des objectifs de l'humanité, ce qui a provoqué l'apparition d'un large mouvement de refus de développement durable ; celui de la décroissance.

3) L'influence d'un bâtiment sur son environnement :

En appliquant les principes de la qualité environnementale des bâtiments, dès la conception des bâtiments, ça permet de réduire notablement les émissions de gaz à effet de serre sans avoir recours à d'autres solutions envisageables. Quant aux bâtiments existant pour l'amélioration de leur performance énergétique en réduisant leur influence négative sur l'environnement, Cependant l'amélioration du confort et de la performance énergétique a été compensée par l'accroissement de la surface des logements et la multiplication des équipements de confort, avec de fortes inégalités⁽¹⁰⁾.

⁽¹⁰⁾ « Guide de rénovation », 2007. [En ligne] <http://www.amisdelaterre.org>

Parmi les cibles de la qualité environnementale d'un bâtiment en période d'utilisation, on peut cependant retenir trois cibles importantes et en relation étroites les unes avec les autres :

- la cible «gestion de l'énergie»,
- la cible «confort hygrothermique»,
- la cible «qualité de l'air intérieur».

Maitriser les impacts de la construction sur l'environnement extérieur ne peut être dissocié donc de l'objectif de créer un environnement intérieur de qualité.

3.1) Maitrise des impacts sur l'environnement extérieur :

La démarche consiste en l'obligation d'instaurer et de suivre deux principes : l'éco-construction et l'éco-gestion.

✓ **L'éco- construction :**

C'est la relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat, en faisant les choix adéquats des procédés et des produits de construction.

✓ **L'éco- gestion :**

Elle se concrétise à travers la gestion de l'énergie, la gestion de l'eau, et la gestion des déchets d'activité ainsi que la maintenance environnementale de tout le bâtiment.

3.2) Pourquoi un logement émet-il des gaz à effet de serre ?

La consommation énergétique d'un bâtiment dépend directement du niveau d'isolation de ses parois, ainsi que de facteurs tels que leur étanchéité, leur orientation, etc. Plusieurs usages de l'énergie dans le logement sont impliqués dans la consommation (Tab. II.1) et émettent notamment les gaz à effet de serre nocifs à l'environnement.

Tab. II. 1 : Consommation d'énergie dans un logement. (Source : www.batirenover.com)

Chauffage	ECS*	Cuisson	Eclairage
70%	10%	7%	10%

*ECS : Eau Chaude Sanitaire.

Les logements sont responsables d'environ 2/3 des rejets de GES. Certes, la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage est responsable de 80 % de la consommation d'énergie d'un logement, mais à cela viennent s'ajouter les émissions « invisibles » issues :

- de l'énergie nécessaire à la fabrication des matériaux du logement (énergie grise),
- des gaz à effet de serre émis lors du chantier, notamment lorsque les matériaux sont acheminés sur de longues distances,
- des systèmes de climatisation qui laissent échapper des gaz fluorés dont l'impact sur l'effet de serre est de 1 000 à 8 000 fois supérieur à celui du CO₂.⁽¹¹⁾

Tout ceci amène tous les pays à créer une réglementation pour contrôler les consommations énergétiques du secteur du bâtiment et du secteur tertiaire et mieux gérer les dépenses énergétiques.

⁽¹¹⁾ « Comprendre les enjeux de la rénovation thermique », Guide pratique de Rénovation thermique. [En ligne] <http://www.batirenover.com>

4) La réglementation thermique :

Nos voisins européens nous montrent la voie à suivre. L'idée de maisons sans chauffage, ni climatisation constitue une révolution intellectuelle, qui devrait tenir lieu de modèle dans la construction neuve, dans les années à venir. En Allemagne, en Suède, en Suisse, en Autriche,... se sont développés des habitats dont la consommation énergétique totale est quatre fois inférieure à celles que définissent les réglementations officielles du secteur du bâtiment.

La première réglementation en Europe, imposant une performance énergétique minimale des constructions neuves, la Réglementation Thermique « RT », date de 1975 et est consécutive au premier choc pétrolier. Les normes sont actualisées tous les 5 ans environ, la dernière étant la « RT 2005 ». Elle s'applique à la construction des bâtiments neufs.

4.1) Le contenu de la réglementation thermique :

S'appliquant aux bâtiments neufs résidentiels et tertiaires, la réglementation thermique :

- Fixe des exigences en matière de performance énergétique de l'enveloppe : niveau d'isolation thermique, optimisation du taux de vitrage par orientation, protection solaire des fenêtres, etc.
- Incite à couvrir une partie des besoins énergétiques par une production d'énergie à l'aide des techniques solaires thermique et photovoltaïque.
- Exige des systèmes de chauffage, de climatisation, d'ECS et d'éclairage à efficacité énergétique .
- Et limite au maximum les consommations énergétiques en kWh/m².an (moins de 50 kWh/m².an pour les logements neufs).

4.2) La réglementation thermique de l'existant :

Le renforcement de la réglementation dans le neuf ne suffit pas à stabiliser la consommation totale des logements collectifs. C'est pourquoi depuis novembre 2007, la Réglementation Thermique s'applique à l'amélioration et à la rénovation des bâtiments existants, notamment les logements « RT dans l'existant ». Cette stratégie incluant la réhabilitation du parc existant, permet une économie supplémentaire beaucoup plus significative. Cette réglementation porte notamment sur une performance énergétique globale, dont le niveau est précisé.

Parallèlement, à partir du 1er novembre 2007, des exigences de performances minimales sont imposées lors du remplacement de composants de l'enveloppe ou d'équipements énergétiques : vitrages remplacés par des double-vitrages peu émissifs à isolation renforcée (VIR), isolation des murs en contact avec l'extérieur avec une résistance thermique minimale de 2,3 m²K/W⁽¹²⁾. Et de ce fait, améliorer la performance énergétique du bâtiment, limiter l'utilisation de la climatisation et du chauffage, maintenir le niveau de confort d'été et d'hiver et ne pas dégrader le bâti.

4.3) Les différents aspects de la réglementation thermique :

La réglementation thermique couvre l'ensemble des points relatifs à l'enveloppe, les parois opaques et vitrées, le chauffage, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire, la climatisation ... (Fig. II.1). Elle préconise la rationalisation de l'utilisation de l'énergie en agissant directement sur la performance des points cités précédemment, pour éventuellement diminuer les consommations d'énergie et les émissions de GES.

⁽¹²⁾ « Efficacité énergétique des bâtiments », Un programme de mesures de plus en plus performant 2007-2008. [En ligne] <http://www.ecologie.gouv.fr>

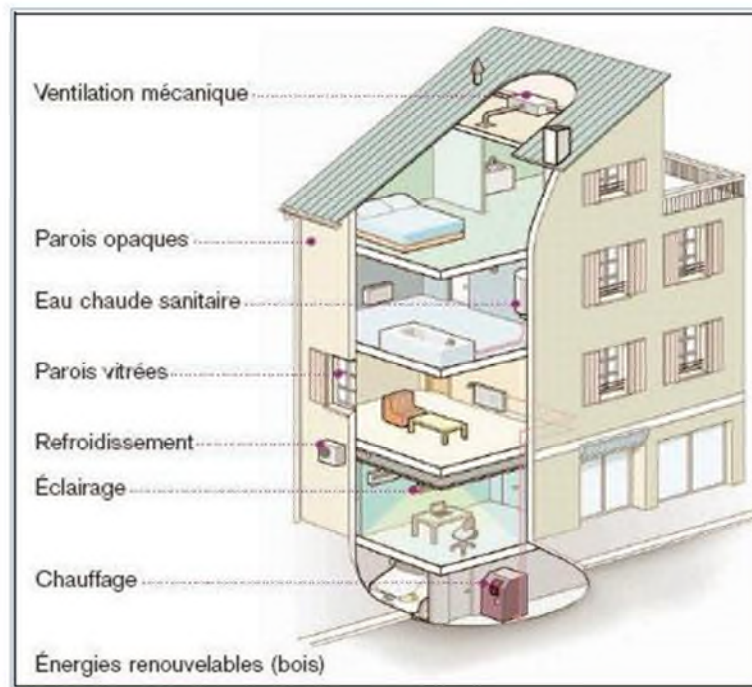


Fig. II. 1 : Les points de la réglementation thermique. (Source : <http://www.rt-batiment.fr>)

4.4) Amélioration de la performance énergétique de l'existant :

En raison de l'accroissement du parc immobilier, d'une part, et de la place toujours plus grande des équipements consommateurs d'électricité dans les secteurs résidentiel et tertiaire, d'autre part, la réduction de la consommation énergétique des bâtiments est un véritable défi.

Sachant par ailleurs que la consommation d'énergie liée à l'utilisation et à l'exploitation des bâtiments représente aujourd'hui 43 % de la consommation d'énergie totale dans le monde et 25% des émissions de gaz à effet de serre et que cette consommation ne cesse de croître (1,4% par an en moyenne depuis 10 ans d'après UNFCC, Nations unies dédié au changement climatique), ce secteur est la principale cible des politiques de maîtrise des consommations d'énergie. Dans ce contexte, la mise en place d'exigences minimales avec les nouvelles règles relatives à la performance énergétique des bâtiments constitue un premier pas important vers la maîtrise de leurs consommations énergétiques.

4.5) Le diagnostic de performance énergétique DPE:

Le DPE fait partie de la réglementation sur la maîtrise de l'énergie imposée par la Commission Européenne.

Depuis le 1er novembre 2006, le DPE est obligatoire lors de toute vente de logement ou de bâtiment en France. Il doit être réalisé par un professionnel, et comporte deux parties: une étiquette affiche la consommation d'énergie du logement pour les usages de chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire et une autre l'impact de ces consommations sur les émissions des gaz à effet de serre ainsi qu'un document comportant des recommandations et préconisations pour réduire les consommations.

Cette analyse est rapide, elle est réalisée avec un logiciel de calcul simple qui donne aux consommateurs, acheteurs ou locataires, une classe entre A et G de leur logement, afin que ces derniers puissent intégrer la

performance énergétique des logements dans leur choix. Depuis le 1er juillet 2007 ⁽¹³⁾, le DPE s'applique aussi aux bâtiments neufs et aux locations de logements.

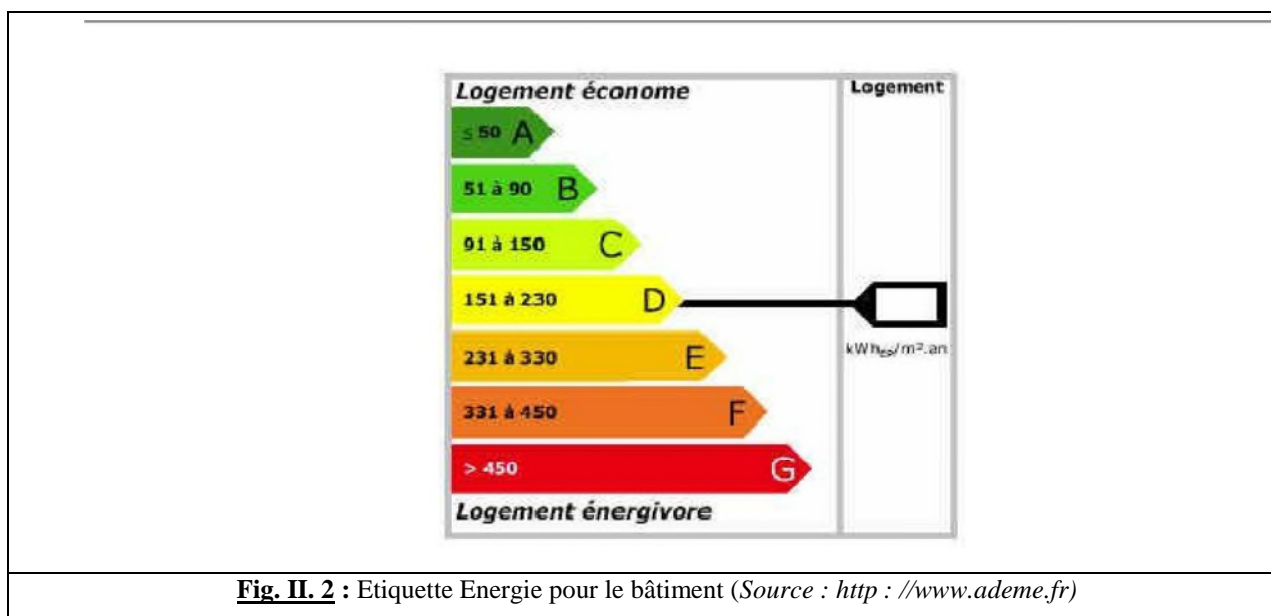
➤ **Les étiquettes Energie et Climat :**

Les étiquettes énergie (Fig. II.2) et climat (Fig. II.3) contenues dans un DPE peuvent être résumées dans ce qui suit :

- La première représente la classification d'un bâtiment selon le niveau de consommation annuelle d'énergie par m² (en kWh Energie primaire/m² an), sept classes sont définies allant de la classe A à la classe G (Tab. II.2). La durée de validité du diagnostic et du certificat de performance énergétique est de 10 ans.

Tab. II. 2 : Caractéristiques des classes A & G

Classe A	Classe G
Logement économe, avec une consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage, l'ESC et le refroidissement < 51 kWh/m ² an.	Logement énergivore, avec une consommation égale ou supérieure à 450 kWh/m ² an.

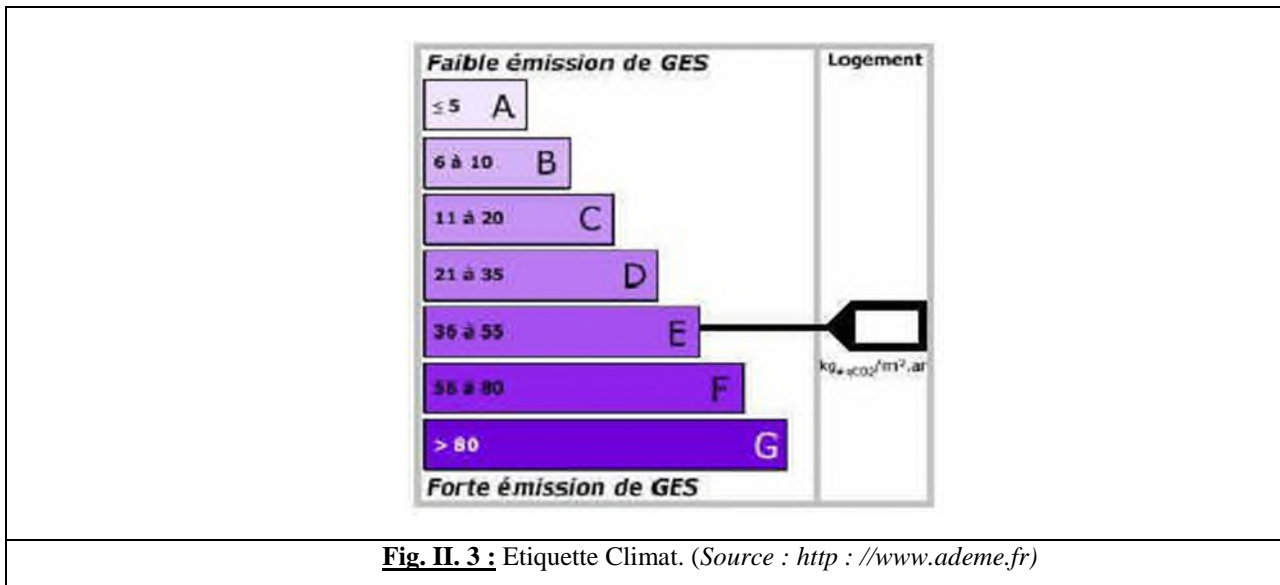


La seconde étiquette représente la classification d'un bâtiment selon le niveau d'émission annuelle de GES par m² lié à la consommation d'énergie (en kgCO₂/m².an) allant de la classe A à la classe G (Tab. II.3) :

Tab. II. 3 : Caractéristiques des classes A & G.

Classe A	Classe G
faibles émissions de gaz à effet de serre, avec 5 kg.équivalent de CO ₂ /m ² .an	fortes émissions de gaz à effet de serre, avec 80 kg.équivalent de CO ₂ /m ² .an

⁽¹³⁾ [En ligne] [http : //www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)



➤ **Les préceptes d'un bon DPE :**

Les sept préceptes d'un bon DPE sont ⁽¹⁴⁾ :

1. Identifier le mode constructif du bâtiment selon son époque de construction.
2. Connaître son fonctionnement thermique d'ensemble, avec ses dispositions actives et passives.
3. Avoir une approche bioclimatique du bâtiment pour bien interpréter les consommations constatées.
4. Étudier conjointement son comportement thermique d'hiver et son confort thermique d'été.
5. Considérer que les dispositions les plus économes en énergie sont souvent passives.
6. Ne pas créer de ponts thermiques dans les constructions anciennes qui n'en présentent pas.
7. Ne préconiser que des améliorations qui ne risquent pas de provoquer de désordres.

➤ **Les certificats d'économies d'énergie :**

La certification énergétique est une procédure opérationnelle qui permet d'évaluer la consommation énergétique d'un bâtiment pour un usage standardisé ainsi que la performance réelle prenant en compte la conduite énergétique des occupants. ⁽¹⁵⁾ Elle a pour but d'informer les usagers sur la performance énergétique de leur logement et de leurs équipements ainsi que leur orientation dans le choix des techniques leur permettant de réduire la facture d'énergie.

L'audit énergétique :

Il sert à analyser les points faibles d'un bâtiment et à donner des propositions d'amélioration suivant des considérations techniques et économiques.

Les audits comprennent : un état des lieux, un diagnostic du bâti, des équipements énergétiques, des installations techniques et des propositions d'améliorations techniques à apporter selon les gisements d'économie d'énergie.

⁽¹⁴⁾ « Guide recommandations pour le DPE » février 2007. [En ligne] www.planetegagnante.fr

⁽¹⁵⁾ **Nadine A.** « Proposition d'une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais », Thèse de doctorat, Lyon 2001. page 69.

➤ **Bilan thermique d'un bâtiment :**

Les sources de gaspillages d'énergie ne sont pas toujours faciles à repérer. Avant toute chose, il faut comprendre le fonctionnement de son logement. Le meilleur outil est le bilan énergétique. La performance globale est évaluée en kWh/m² an. Le bilan permet de calculer les besoins en chauffage et en climatisation d'un bâtiment.

• **Les grandeurs énergétiques du bilan thermique :**

Ce sont toutes les grandeurs énergétiques⁽¹⁶⁾ qui influencent le bilan thermique d'un bâtiment :

■ **Conduction à travers l'enveloppe :**

Ce terme est proportionnel au coefficient U moyen de l'enveloppe, et il représente une perte d'énergie en hiver et un gain d'énergie en été. L'absorption du rayonnement solaire sur les faces externes de l'enveloppe contribue à accroître les gains en été mais elle diminue les pertes en hiver. Cependant pour une enveloppe bien isolée, la contribution solaire est faible et normalement négligeable.

■ **Renouvellement d'air :**

C'est la quantité d'énergie nécessaire pour porter aux conditions intérieures désirées l'air extérieur entrant dans le bâtiment par infiltration et ventilation. Les infiltrations dépendent de la perméabilité de l'enveloppe et ne peuvent être contrôlées que jusqu'à un certain point. Un renouvellement d'air minimum est nécessaire pour obtenir un niveau acceptable de la qualité de l'air intérieur dans le bâtiment. Ce renouvellement d'air représente une perte de chaleur en hiver, et un gain de chaleur en été.

■ **Gains solaires à travers les vitrages :**

C'est la quantité d'énergie solaire qui entre dans le bâtiment à travers les fenêtres et autres surfaces vitrées. Il représente toujours un gain de chaleur, aussi bien en été qu'en hiver.

Les calculs des apports solaires Q_{gs} (Wh) se font comme suit :

$$Q_{gs} = \sum (I_{sj} \times A_{sj}) \times 24$$

Avec : I_{sj} est l'irradiation solaire pour l'orientation « j » en W/m².

A_{sj} est l'aire réceptrice équivalente d'orientation « j », en m².

■ **Gains internes :**

Ce terme représente aussi toujours un gain de chaleur. Ce sont toutes les sources de chaleur situées à l'intérieur du bâtiment, notamment les occupants, luminaires, appareils et autres équipements. Ces sources résultent des activités normales se déroulant à l'intérieur.

Les calculs des apports thermiques internes des occupants Q_p (Wh) sont donnés par la formule de Jean-Bernard Gay (2001):

$$Q_p = P_p \times n_p \times \Delta t.$$

$$\text{Avec : } P_p = 80 - 140 \text{ [W/personne]}$$

n_p : nombre d'occupants

Tandis que l'apport de chaleur par l'éclairage Q_e.

$$Q_e = E_{el} \times F_{el}.$$

Avec: E_{el} = 60 - 120 [Mj/m²]

$$F_{el} = 0.5 - 0.7.$$

⁽¹⁶⁾ **Tareb** « chauffage et climatisation » Page 1. [En ligne] www.ecb_ch3_fr.

Sources d'énergie :

C'est la quantité d'énergie délivrée par tout équipement de chauffage ou de rafraîchissement pouvant être activé spécifiquement dans le but de contrôler les conditions de l'environnement intérieur pour assurer le confort. La température est la plus évidente des variables contrôlées, bien que l'humidité et la vitesse d'air sont importantes également.

- **Calcul du bilan énergétique :**

Le bilan énergétique d'hiver est calculé à partir de l'équation suivante⁽¹⁷⁾ :

$$Q_{aux} = Q_{le} + Q_{lv} - Q_{gs} - Q_{gi}$$

Tandis que le bilan énergétique d'été est calculé à partir de l'équation suivante⁽¹⁸⁾ :

$$Q_{aux} = Q_{le} + Q_{lv} + Q_{gs} + Q_{gi}$$

Avec : Q_{le} : pertes par conduction de l'enveloppe.

Q_{lv} : Pertes par renouvellement d'air.

Q_{gs} : Gains solaires.

Q_{gi} : Gains internes ($Q_p + Q_e$).

Dans le cas des pertes par conduction de l'enveloppe et par renouvellement d'air, le calcul est donné par les formules de Jean-Bernard Gay (2001):

$$Q_{le} = \sum U_i A_i$$

$$Q_{lv} = \rho C_p n V_{ch}$$

Avec : U transmissions thermique de l'enveloppe à la Surface.

$$\rho C_p (\text{air}) = 0.32 \text{ (WH/m}^3\text{K)}$$

n : taux de renouvellement d'air (h^{-1})

V_{ch} : volume chauffé en m^3 .

5) Adoption d'une réglementation thermique en Algérie :

L'Algérie connaît depuis bientôt une décennie un développement intense et soutenu des secteurs du bâtiment et de la construction. Que ce soient pour les grands projets de l'Etat (un million de logements sociaux, équipements socio-éducatifs, administratifs, ...) ou les grands projets immobiliers (résidentiels, tertiaires) et touristiques initiés par les promoteurs privés et publics, mais les exigences et normes internationales en matière de performances énergétiques et environnementales des constructions ne sont pas encore suffisamment intégrées aux processus de conception et de construction. Ceci conduit d'ores et déjà à de grandes pressions sur les ressources (énergie, eau, matériaux,...) et des impacts importants sur l'environnement et ne contribue nullement au développement durable des territoires, ni, au plan mondial, à la lutte contre le réchauffement climatique.⁽¹⁹⁾

⁽¹⁷⁾ **Tareb** « chauffage et climatisation » Page 2. [En ligne] www.ecb_ch3_fr.

⁽¹⁸⁾ Ibid, page 3.

⁽¹⁹⁾ Colloque International « Bâtiments et territoires durables : Enjeux et solutions », Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, Algérie, mai 2008

Si les réglementations futures vont conduire à des réductions significatives des constructions à réaliser, il apparaît nécessaire aujourd'hui de développer fortement la politique d'économie d'énergie pour faire évoluer

rapidement et durablement le secteur des bâtiments existants car ce dernier, de par ses caractéristiques, offre la possibilité de réductions importantes contribuant à répondre à ce défi, tout en recherchant un optimum de qualité architecturale et de fonctionnalité.

5.1) Position de l'Algérie par rapport à la maîtrise de l'énergie :

Soulignons que l'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique. Il est considéré comme un pays auto suffisant jusqu'à aujourd'hui, néanmoins dans un contexte de relance économique, la demande d'énergie en Algérie est appelée à doubler entre 2000 et 2020 pour atteindre 60 à 70 millions de tep (Chapitre I.). Le potentiel cumulé d'économie d'énergie, pour cette même période, se situerait autour de 120 millions de tep selon l'APRUE.

C'est pourquoi, à partir de 2001, l'Algérie, pays exportateur de pétrole et de gaz, a mis en place une stratégie nationale de maîtrise de l'énergie adaptée à un contexte d'économie de marché. L'un des instruments retenus pour le développement de cette stratégie est le programme national de maîtrise de l'énergie pour la période 2006-2010 dans les principaux secteurs consommateurs que sont l'industrie, les transports, le bâtiment et l'agriculture. On peut affirmer, donc, qu'il y a une volonté politique pour préserver les ressources non renouvelables et investir dans les énergies propres et durables.

5.2) Stratégie de maîtrise de l'énergie en Algérie : Un dispositif de mise en œuvre opérationnel, global et cohérent (Fig. II.4) qui s'articule autour de quatre principaux éléments : APRUE, FNME, PNME, CIME a été mis en place.

-APRUE: Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.

-FNME: Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie.

-PNME: Programme National de Maîtrise de l'Energie.

-CIME: Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Energie.

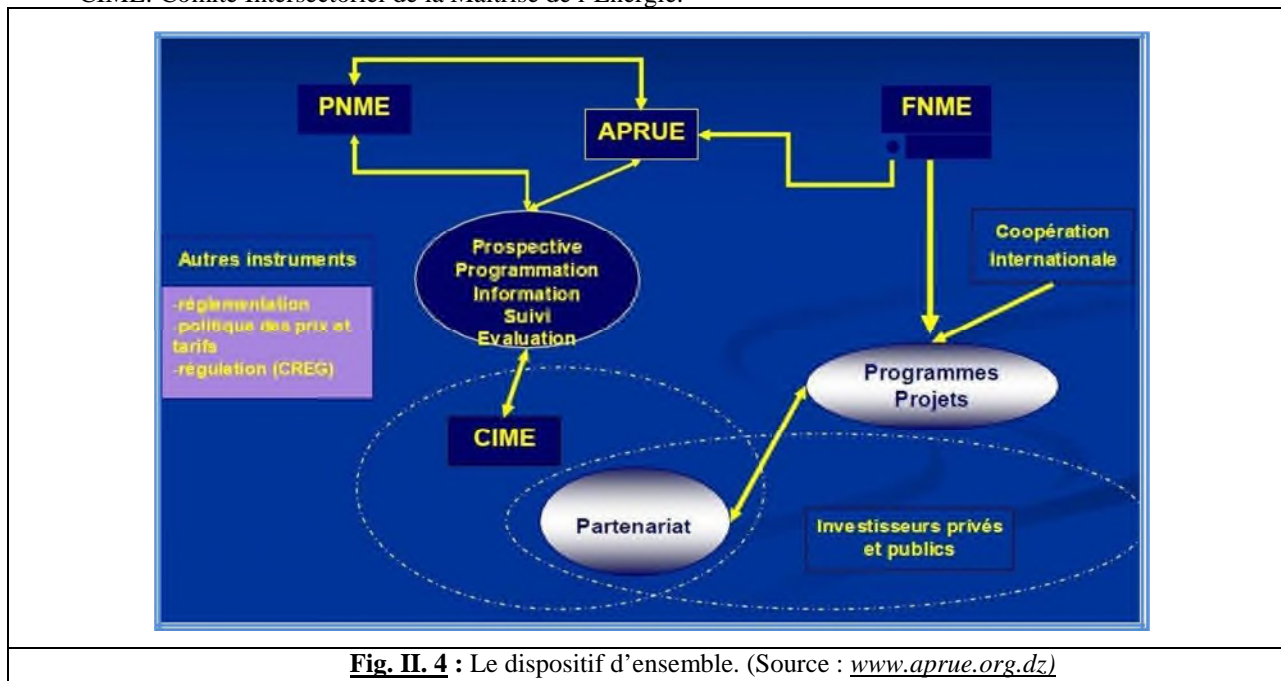


Fig. II. 4 : Le dispositif d'ensemble. (Source : www.aprue.org.dz)

Le PNME est un document qui présente les objectifs de la maîtrise de l'énergie à l'horizon de 20 ans ainsi que les orientations programmatiques.

Les priorités énumérées d'un projet de programme pour le PNME ont débouché sur la proposition d'un portefeuille d'actions pour le secteur résidentiel, concernant l'éclairage performant, l'eau chaude sanitaire solaire, les Projets HPE (Haute Performance Energétique) sur le logement social et la Rénovation Thermique dans l'habitat existant.

La participation de l'APRUE à la journée d'étude sur la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment organisée par le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, en marge du 12e

BATIMATEC, le 15 mars 2009 ⁽²⁰⁾, a consisté à présenter l'apport du Programme national de maîtrise de l'énergie dans l'accomplissement de projets d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, en particulier dans l'habitat.

5.3) Objectifs de la politique de maîtrise de l'énergie :

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

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

Les différents textes réglementaires adoptés au cours des dernières années traduisent la volonté de l'état de faire des énergies renouvelables des énergies d'avenir pour le pays, en favorisant une contribution plus conséquente de leur part dans le bilan énergétique national. ⁽²¹⁾

5.4) Limites de la réglementation thermique :

Parmi les réformes engagées dans le secteur énergétique, l'adaptation du cadre institutionnel de la maîtrise de l'énergie à la nouvelle donne économique et politique est une des priorités fixées par le gouvernement algérien. La période 2007-2009 verra la mise en œuvre du programme algérien de maîtrise de l'énergie. L'expertise française en matière de pratiques partenariales sera un apport important, notamment pour le renforcement de la formation des cadres de l'APRUE, le soutien à la mise en place de l'observatoire national et des observatoires régionaux des consommations d'énergie, l'élaboration du plan de communication du PNME ou encore la définition et le montage de projets, y compris des projets relevant des mécanismes de développement propre mis en place par le protocole de Kyoto.

Le premier Programme quinquennal (Projets PNME 2006-2010) de maîtrise de l'énergie consacre une part importante à l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Il s'articule principalement autour de quatre axes ⁽²²⁾, à savoir :

- L'amélioration des performances thermiques de l'enveloppe du bâtiment,
- L'introduction des énergies renouvelables (chauffe-eau solaire),
- L'introduction des équipements performants au niveau de l'éclairage, du froid alimentaire, du chauffage et de la climatisation
- Et, enfin, la communication et la sensibilisation des professionnels et du grand public sur l'efficacité énergétique dans le bâtiment.

5.5) Politique d'amélioration énergétique en Algérie :

Conscient des dangers liés au réchauffement climatique, le gouvernement algérien a choisi d'intégrer dans sa politique nationale le principe d'une utilisation rationnelle de l'énergie. Tout un dispositif législatif, réglementaire et institutionnel a été adopté au cours de ces dernières années consacrant de manière irréversible les options de

⁽²⁰⁾ [En ligne] www.aprue.org.dz

⁽²¹⁾ [En ligne] www.aprue.org.dz

⁽²²⁾ « Guide des énergies renouvelables Edition 2007 », [En ligne] page 5 www.cder.dz

l'Algérie en matière de protection de l'environnement à travers une large utilisation des énergies propres et du durable. Cette démarche s'est privilégiée par une orientation des efforts de valorisation du potentiel énergétique et du développement de la filière électronucléaire.

➤ **Outils réglementaires et opérationnels mis en application en Algérie :**

Dans les années 1990, l'Algérie a développé plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Suite à une réflexion sur la consommation active et passive des logements neufs initiée en 1995, le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme met en place des Documents techniques réglementaires (DTR) en 1997. Ceux-ci déterminent notamment les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques concernant les bâtiments neufs à usage d'habitation et tertiaire, les méthodes de calcul des déperditions et des apports calorifiques, les valeurs limites pour le climat intérieur des locaux et les zonages climatiques.

➤ **Mise en œuvre de la réglementation thermique algérienne :**

A partir de 2001, l'Algérie, pays exportateur de pétrole et de gaz, a mis en place une stratégie nationale de maîtrise de l'énergie adaptée à un contexte d'économie de marché.

La mise en application de la loi 99.09⁽²³⁾ relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Celle-ci a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants.

Cette réglementation dont la finalité est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse ainsi de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti.

Pour sa part la loi de 2004 encourage la promotion des énergies nouvelles non polluantes à l'instar de l'énergie solaire qui participe au développement durable tout en préservant la conservation des énergies fossiles. L'objectif de la stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie est d'arriver à atteindre, à l'horizon 2015, une part de 6% dans le bilan électrique national.⁽²⁴⁾

La mise en application de cette réglementation permettra d'après les estimations de spécialistes de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation.⁽²⁵⁾ Cependant, sa mise en application effective nécessitera notamment, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs à travers notamment des journées techniques dédiées à cet effet.

➤ **L'Algérie et les émissions de CO2 :**

Tenant compte de l'engagement de l'Algérie dans la voie de la préservation de l'environnement, la mise en œuvre du PNME permettra d'éviter l'émission de 470 000 tonnes de CO2 dans l'atmosphère⁽²⁶⁾. Dans cette voie, l'entreprise algérienne prend conscience de plus en plus de la nécessité de créer de la richesse tout en léguant aux générations futures un capital environnemental viable.

⁽²³⁾ Journal Officiel de République Algérienne, « Loi N°99-09 du 28 Juillet 1999 Relative à la Maîtrise de l'Énergie », J.O.R.A., N°51, 2 Août 1999, Alger, Algérie.

⁽²⁴⁾ « Guide des énergies renouvelables Edition 2007 » page 32. [En ligne] www.cder.dz.

⁽²⁵⁾ [En ligne] <http://www.aprue.org.dz>

⁽²⁶⁾ [En ligne] <http://www.aprue.org.dz>

A cet effet, le management pour un développement durable ne cesse de progresser vers l'application d'outils de pilotage des entreprises par l'intégration de la généralisation de la normalisation, par l'acquisition de certifications, l'encouragement à la formation, l'introduction de technologies propres, la protection de l'environnement ainsi que par l'engagement pour une « politique responsable citoyenne ».

5.6) Les études dans le secteur bâtiment :

Actuellement la question de l'efficacité énergétique dans la construction en Algérie fait l'objet d'un projet proposé par l'APRUE, à la suite d'un travail de coopération avec l'ADEME (agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, France). Ces projets pilotes, cofinancés par l'Union européenne, jouent un rôle important en matière de transfert de technologie et de savoir-faire.

Ils servent aussi de modèles à des fins pédagogiques et de reproductibilité.

Le projet a pour objectif de montrer la faisabilité technique et économique d'améliorations énergétiques dans l'habitat. Parmi les mesures d'efficacité énergétiques utilisées dans ce projet pilote, il y a ⁽²⁷⁾ :

- L'utilisation des matériaux locaux , BTS (Béton de Terre Stabilisé).
- L'isolation horizontale et verticale.
- Le double vitrage .
- Le traitement des ponts thermiques .
- L'eau chaude solaire.
- Le plancher solaire direct(PSD) : 8 m² de capteurs solaires plans.
- Le rafraîchissement par ventilation nocturne.

L'optimisation de l'éclairage naturel et utilisation d'appareils électriques à basse consommation.

L'étude énergétique préliminaire a fait ressortir des économies d'énergie de l'ordre de 60% en faveur du projet pilote comparé à une habitation classique (Fig. II.5). Sur le plan environnemental, les économies d'énergie engendrées par ce projet pilote correspondent à une réduction des rejets de CO₂ d'environ 5 000 kg/an.

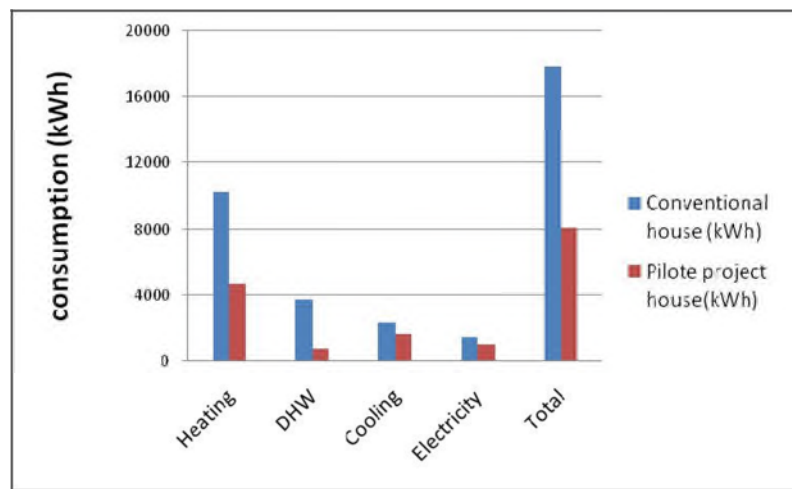


Fig. II. 5 : Energy savings (Source: www.medenec-gtz.fr)

Le projet vise aussi en utilisant les résultats de cette démonstration, à lancer une politique de maîtrise de l'énergie dans le secteur de l'habitat, par une sensibilisation des décideurs algériens et par un renforcement des capacités locales. Par la suite, les pouvoirs publics ont lancé un programme intitulé Eco-Bat⁽²⁸⁾.

⁽²⁷⁾ MED-ENEC pilot project Energy Efficiency in the construction sector in the Mediterranean [En ligne] www.medenec-gtz.fr

⁽²⁸⁾[En ligne] <http://www.lemaghreb.dz.com>

Ce programme vise à apporter le soutien financier et technique nécessaire à la réalisation de logements assurant une optimisation du confort intérieur en réduisant la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation.

Dans ce cadre, il est prévu la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique répartis sur l'ensemble des zones climatiques, dans le cadre d'un partenariat entre l'APRUE et onze Offices de gestion et de

promotion immobilière (OPGI).⁽²⁹⁾ Le choix des wilayas tend à cibler l'ensemble des zones climatiques du pays afin de réaliser des variantes de logements bioclimatiques en fonction des conditions de chaque région. Et cette opération vise à démontrer les possibilités d'intégration de l'efficacité énergétique dans la construction quelles que soient les conditions climatiques.

5.7) Caractéristiques énergétiques du secteur habitat :

L'habitat existant, n'est soumis à aucune réglementation sur les économies d'énergie. Face à une hausse constante de la consommation de l'énergie électrique favorisée aussi bien par la croissance démographique que par l'extension de l'utilisation des produits électroménagers en Algérie, le concept d'efficacité énergétique se pose aujourd'hui avec acuité d'autant que le marché algérien regorge de produits fortement « énergivores ».

Le directeur général de l'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE), M. Mohamed Salah Bouzriba⁽³⁰⁾, affirme dans ses propos que les équipements ménagers qui sont commercialisés sur le marché sont en majorité des produits bas de gamme qui consomment beaucoup d'énergie.

➤ Indice énergétique d'un bâtiment :

L'indice énergétique est la mesure de la qualité énergétique d'un bâtiment. Il se calcule comme suit:

$$I_e = \frac{C \text{ (Kwh)}}{SRE \text{ (m}^2\text{)}}$$

Avec : I_e : Indice énergétique en Kwh/m²

C : Consommation annuelle d'énergie en Kwh.

SRE : Surface de référence énergétique en m².

La surface de référence énergétique (SRE) comprend les locaux chauffés d'un bâtiment (Surface au sol avec murs externes et internes).⁽³¹⁾

La consommation d'énergie (C) d'un bâtiment d'habitation est calculée comme suit :

$$C(\text{KWh}) = C_{\text{chauffage}} + C_{\text{ECS}} + C_{\text{éclairage}} + C_{\text{auxiliaires}}$$

La consommation (C) est calculée pour chaque type d'énergie et pour chaque mois, et traduit en énergie primaire :

$$C_{\text{énergie primaire}} = 2.58 \times C_{\text{électricité}} + C_{\text{autres énergies}}$$

⁽²⁹⁾ « Bulletin trimestriel de l'Aprue N° 14 » Avril 2009. [En ligne] www.aprue.org.dz

⁽³⁰⁾ [En ligne] <http://www.algerie-dz.com>

⁽³¹⁾ « Rénovation des bâtiments : Comment réduire de moitié la consommation énergétique dans le bâtiment grâce à des mesures ciblées » [En ligne] www.suisse-energie.ch.

➤ **Estimation des besoins d'énergie d'un bâtiment :**

Une des méthodes pour estimer la quantité d'énergie requise pour le chauffage et le refroidissement qui a été utilisé par de nombreux chercheurs comme Bolatturk, A. (2006), Ozel M. et al. (2008), est de calculer le nombre de degrés-jours (DD).

Le nombre total de chauffage et de refroidissement des degrés-jours sont calculés par :

$$\text{HDD} = \sum_{\text{days}} (T_b - T_o)$$

$$\text{CDD} = \sum_{\text{days}} (T_o - T_b)$$

Avec : T_b : La température de base.

T_o : la température extérieure quotidienne moyenne.

Le chauffage et le refroidissement des charges annuelles par unité de surface du mur extérieur sont donnés comme suit par les chercheurs Ozel M. et al. (2008), Bolatturk et al (2009), Yu J. et al. (2009) :

$$Q_h = 86400 \text{ HDD } U / \eta$$

$$Q_c = 86400 \text{ CDD } U / \text{COP}$$

Où η : l'efficacité du système de chauffage.

COP : le coefficient de performance du système de refroidissement système. U : le coefficient de transfert thermique global.

➤ **La facture énergétique :**

La maîtrise de la consommation d'énergie est une préoccupation majeure pour beaucoup de pays. A l'heure actuelle, ne pas songer à l'utilisation rationnelle de l'énergie, ne ferait qu'amplifier les factures énergétiques des consommateurs, parce que la hausse des prix des énergies non renouvelables a un impact direct sur la facture d'énergie. Cette dernière en perpétuelle hausse cause des contraintes sur le budget des ménages et les gens cherchent un compromis entre leur confort et leur facture ce qui montre l'importance des deux facteurs : confort et économies.

➤ **Les actions de maîtrise d'énergie dans l'habitat :**

Les actions qui nous paraissent importantes à retenir pour la maîtrise de l'énergie dans l'habitat incluent :

- La mise au point d'outils pour les concepteurs de la construction.
- La promotion d'équipements électroménagers performants et efficaces.
- Une sensibilisation des concepteurs intervenant sur les grands programmes de construction.
- Des propositions validées, spécifiques aux zones climatiques, en vue d'une réglementation thermique et son application.
- La préparation de l'introduction de mécanismes financiers nationaux pour faciliter l'intégration, dans l'investissement initial, d'améliorations énergétiques.

Chapitre III: La Rénovation Énergétique

1) La Rénovation Énergétique :

- **Définitions :**
- ✓ **Définitions de la rénovation :**

Le tableau 2 donne quelques définitions du terme « rénovation » qui est d'usage courant.

Un des synonymes les plus fréquents de « rénovation » est « réhabilitation » dont le [tableau 1](#) donne quelques définitions.

Auteur	Définitions
(Dictionnaire de français Larousse, [sans date])	<p>« Mesure individuelle, judiciaire ou légale, qui efface une condamnation pénale et ses conséquences (déchéance, incapacités, etc.). »</p> <p>« Fait de réhabiliter quelqu'un, quelque chose : Réhabilitation d'un homme politique. Réhabilitation d'un îlot insalubre. »</p>
(Trésor de la Langue Française informatisé (TFLi), [sans date])	<p>« A. – DR. Rétablissement dans les droits et prérogatives dont on est déchu. 1. Cessation des effets d'une condamnation à la suite d'une erreur judiciaire, de la révision d'un procès. 2. DR. PÉNAL. Obtenir un jugement de réhabilitation. 3. DR. COMM. Relèvement des déchéances et incapacités frappant un failli. »</p> <p>« B. – P. ext. « 1. Fait de rétablir (quelqu'un, quelque chose) dans l'estime, dans la considération perdue, fait (pour quelqu'un, quelque chose) de retrouver cette estime, cette considération. 2. MÉD. Restauration d'un malade ou d'un handicapé à un mode de vie et d'activité le plus proche possible de la normale »</p> <p style="text-align: center;">« C. – ARCHIT. Opération d'urbanisme consistant dans le nettoyage et la remise en état d'un quartier ou d'un immeuble ancien. »</p>

Tableau 1 : définitions du terme « réhabilitation »

Auteur	Définitions
(Dictionnaire de français Larousse, [sans date])	<p>« Action de remettre à neuf par de profondes transformations : La rénovation d'un appartement. »</p> <p>« Transformation aboutissant à un meilleur état : La rénovation d'une doctrine. »</p>
(Encyclopédie Larousse en ligne, [sans date])	<p>« Rénovation urbaine, procédure d'aménagement d'un quartier ancien impliquant l'acquisition des immeubles situés dans le périmètre visé, leur démolition puis une reconstruction planifiée de l'ensemble. »</p>
(Trésor de la Langue Française informatisé (TFLi),	<p>« A. – Reconstitution de quelque chose dans son état initial par remplacement d'éléments. Synonyme : régénération. »</p> <p>« B. – Fait de renaître, de reparaître. [...] Fait de reprendre ses forces, son énergie. [...] Remise en usage, en honneur. »</p> <p>« C. – RELIG. Action de réaffirmer. »</p> <p>« D. – Transformation, amélioration. »</p> <p>« E. – Remise en état, remise à neuf [...] Rénovation (urbaine). [S'oppose parfois à réhabilitation] « Opération d'urbanisme tendant à moderniser et à remodeler les quartiers anciens insalubres, ou ne répondant plus aux normes actuelles d'occupation des sols » (Jur.1981). »</p>

Tableau 2 : définitions du terme « rénovation »

✓ **Définitions de la rénovation énergétique globale :**

Une rénovation énergétique globale est une remise en état d'un bâtiment existant aux performances thermiques dégradées au niveau d'un bâtiment récent avec des performances thermiques élevées.

Ce n'est pas tout à fait une remise à neuf, car dans la plupart des cas, le budget du maître d'ouvrage est limitant. Mais les performances thermiques visées sont très élevées : au minimum le label BBC rénovation (Légifrance, 2009a), soit 80 kWh/(m².an), si possible le label BBC neuf (Légifrance, 2009a) qui est devenu la réglementation RT 2012 à 50 kWh/(m².an) (Légifrance, 2010), voire moins (ADEME, 2010).

Les travaux comprennent généralement l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment

(Façades, toiture, plancher), le remplacement des menuiseries (fenêtres, portes), la mise en place ou le remplacement d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC) performante, le remplacement des équipements de chauffage et production d'eau chaude sanitaire. Des équipements de production d'énergie renouvelable peuvent également être associés : panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques, pompe à chaleur géothermique ou aérothermique...

Pour ne pas « tuer le gisement d'économies d'énergie », le guide ABC (Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs) (Maugard, Pélegrin, 2011, p. 29) préconise de :

-« partir dans le bon sens », c'est-à-dire commencer par réduire les besoins d'énergie (grâce à l'isolation thermique), puis améliorer la performance des équipements (qui seront de plus faible puissance)

-« ne pas s'arrêter au milieu du gué », c'est-à-dire prévoir d'emblée des exigences de performance élevée, car les coûts fixes d'une rénovation peuvent être importants (le coût d'un échafaudage est le même quelle que soit l'épaisseur d'isolant posée à l'extérieur des murs). Il faut également intervenir de manière cohérente et non raisonner élément par élément. Par exemple, l'isolation des façades et le changement des menuiseries doivent être concomitants pour bien traiter le pont thermique à la jonction entre les deux éléments.

Bien souvent, les problématiques de la rénovation d'un bâtiment existant sont multiples.

Elles peuvent être à la fois :

Énergétiques, environnementales, économiques, techniques, architecturales, urbanistiques, sociales, etc.

- **Alternatives à la rénovation énergétique :**

Les alternatives à la rénovation d'un bâtiment existant sont :

- effectuer la maintenance et le gros entretien (en remplaçant à l'identique ou au plus économique, par exemple le remplacement des chauffe-eau) ;
- Reloger les habitants dans des bâtiments neufs construits ailleurs (selon la dernière réglementation thermique ou les labels BBC ou passif) ;
- Démolir les bâtiments existants et reconstruire sur site (selon la dernière réglementation thermique ou les labels BBC ou passif).

Le tableau 4 présente les avantages et inconvénients des alternatives à la rénovation énergétique selon des critères de performance énergétique, économiques, environnementaux ou de faisabilité.

Par rapport à la maintenance et au gros entretien, la rénovation énergétique nécessite un investissement plus élevé, mais permet d'atteindre une performance énergétique bien meilleure. Avec la hausse du coût de l'énergie et l'anticipation des futures réglementations thermiques, la rentabilité à long terme de la rénovation énergétique est sans doute meilleure. Malheureusement, les maîtres d'ouvrage privilégient encore trop souvent l'investissement le plus faible ou la rentabilité à court terme, si leurs moyens sont insuffisants.

Par rapport à la construction neuve ou à la démolition-reconstruction, la rénovation énergétique présente l'avantage considérable d'effectuer les travaux en site occupé, c'est-à-dire sans reloger les occupants. Cela nécessite une bonne coordination du chantier, mais est beaucoup plus facile à gérer pour le maître d'ouvrage. En effet, il n'y a pas forcément de surface disponible pour construire de nouveaux logements et les habitants sont souvent attachés à leur quartier. La démolition-reconstruction traite cet inconvénient, mais impose de trouver une solution de relogement pendant la durée des travaux de démolition et de reconstruction et d'organiser deux déménagements des habitants. Par contre, il est bien plus facile d'atteindre une performance énergétique élevée en construction neuve qu'en rénovation. Cela s'explique par le fait que l'on ne peut pas forcément traiter tous les points singuliers, par exemple, l'isolation du plancher du rez-de-chaussée.

	Maintenance et gros entretien	Rénovation énergétique	Construction neuve et relogement	Démolition-reconstruction
Performance énergétique	très faible --	plus ou moins élevée +-	très élevée ++	très élevée ++
Investissement	très faible ++	plus ou moins élevé +-	élevé -	très élevé --
Rentabilité	élevée à court terme, mais pas à long terme (hausse du prix de l'énergie) +-	plus ou moins élevée +-	plus ou moins élevée +-	plus ou moins élevée : +- ++
Délai	très faible ++	plus ou moins élevé +-	élevé -	très élevé --
Énergie grise	faible +	plus ou moins élevée +-	élevée -	très élevée --
Production de déchets	faible ++	plus ou moins élevée +-	faible +	très élevée --
Relogement des occupants	non	non, sauf quelques jours si travaux intérieurs	oui	oui
Déménagement des occupants dans un autre quartier	non	non	oui	non

Tableau 4 : comparaison des alternatives à la rénovation énergétique

Dans le cadre du projet de recherche Annexe 50 de l'IEA (voir Chapitre 3-III)3a)i), a été développé un outil d'aide à la décision pour la rénovation, nommé « Retrofit Advisor » (IEA ECBCS Annexe 50, 2011f). Il permet de choisir entre réparation, rénovation et reconstruction selon plusieurs critères : économiques, environnementaux et sociaux, que l'on peut pondérer.

- **les objectifs de la rénovation énergétique :**

Ces objectifs ambitieux de rénovation énergétique du parc résidentiel permettent de répondre à des enjeux :

- **environnementaux** car la rénovation énergétique de l'habitat contribue à l'atteinte de l'objectif de diminution de des consommations d'énergie du secteur du bâtiment à ainsi qu'à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ;
- **économiques**, le secteur de la rénovation énergétique constituant un puissant levier de création d'emplois locaux, non délocalisables ;
- **sociaux** par la réduction de la précarité énergétique, améliorant ainsi le pouvoir d'achat des ménages modestes.

Pour atteindre ces objectifs, sur les plans quantitatifs et qualitatifs, le « plan de rénovation énergétique de l'habitat » s'articule autour des trois volets d'actions complémentaires suivants :

-Enclencher la décision de rénovation, en accompagnant et conseillant les particuliers ;

-Financer la rénovation, en apportant des aides, des outils et des solutions innovantes ;

-Mobiliser les professionnels pour garantir la meilleure qualité possible des rénovations.

- **Pourquoi rénover les bâtiments ?**

Même si nous nous concentrons sur la réduction de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂, il ne faut pas oublier que la rénovation des bâtiments existants a également pour moteur la raréfaction des combustibles fossiles, la hausse du coût de l'énergie (qui représente une part de plus en plus importante du revenu des ménages), mais aussi d'autres raisons telles que la demande des habitants d'améliorer leur confort, la volonté du maître d'ouvrage de valoriser son patrimoine...

La problématique énergétique est une des problématiques de la rénovation des bâtiments existants. Dans certains cas, c'est la principale problématique. Dans d'autres cas, c'est une problématique secondaire, pas forcément identifiée.

La rénovation d'un bâtiment répond à 4 types de besoins fondamentaux de ses habitants :

- besoins physiologiques : confort thermique, accessibilité, espace...
- besoins de sécurité : résistance de la structure du bâtiment, sécurité incendie...
- besoins sociaux/d'estime : souvent liés à l'environnement, au quartier...
- besoins financiers : réduction des charges liées à l'énergie (pour se chauffer, s'éclairer...)

De nombreuses raisons autres qu'énergétiques conduisent à rénover/réhabiliter un bâtiment. Ces raisons diffèrent selon les acteurs : maître d'ouvrage/locataires...

- Pour économiser de l'argent : en diminuant la consommation d'énergie, les charges à payer par le locataire sont plus faibles. Le locataire économise donc de l'argent. Le bailleur peut aussi en économiser si ses locataires deviennent plus solvables, c'est-à-dire s'ils arrivent mieux à payer leur loyer, car ils paient moins de charges.

- Pour réduire la pollution : en émissions de CO₂ ou en émissions de particules fines (par exemple, les inserts bois).

- Pour améliorer le confort : thermique, acoustique (bruits internes ou externes) ou visuel.

- Pour augmenter la surface habitable : avec une extension ou surélévation du bâtiment, par ajout de balcon ou fermeture de loggia.

- Pour modifier l'arrangement des pièces : suppression de couloirs ou de cloisons (cuisine ouverte sur le salon...).

- Pour ajouter de nouvelles fonctionnalités de confort :
-installation d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC) ;

-installation d'une régulation/programmation du chauffage ;
 -installation d'une antenne satellite, de prises multimédias ;
 -installation de prises électriques ;
 -pose de protections solaires ;
 -pose d'occultations plus performantes ;
 -motorisation des fermetures ;
 -accessibilité aux personnes à mobilité réduite ;
 -ajout d'un ascenseur, d'un escalier extérieur ;
 -ajout d'un cellier.

- Pour supprimer des fonctionnalités devenues obsolètes : équipements désuets ou non utilisés (bidets, vide-ordures, grilles d'aération si VMC...)
- Pour assurer la protection des personnes : sécurité incendie, sécurité de l'installation électrique, sécurité sanitaire (hygiène), résistance de la structure du bâtiment...
- Pour recréer du lien social : l'amélioration de l'habitat, notamment social, permet de remobiliser les habitants autour de leur logement/bâtiment/résidence et de donner une autre image de leur bâtiment/résidence/quartier.
- Pour revaloriser le patrimoine (pour le maître d'ouvrage qui souhaite revendre son bâtiment après rénovation) : la rénovation peut entraîner une augmentation de la valeur du bâtiment. Avec les nouvelles réglementations, de plus en plus exigeantes, les bâtiments anciens peu performants perdent de leur valeur ou trouvent moins facilement des acheteurs.
 - Pour réduire le taux de vacance (pour le maître d'ouvrage) : lorsque l'offre de logements est suffisante, les locataires préfèrent un bâtiment récent ou adapté aux normes de confort actuelles. Les bâtiments anciens qui n'ont pas subi d'amélioration depuis leur construction sont généralement moins attractifs. Par exemple, à cause de la faible surface des pièces ou de leur agencement. Ils ont un taux de vacance plus élevé, c'est-à-dire que le maître d'ouvrage peine à trouver rapidement des locataires.

- **Les enjeux de la rénovation énergétique dans le logement:**

Le développement durable répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs. De ce fait, la rénovation thermique a un véritable rôle d'intégrateur de développement durable à assurer, puisqu'elle comporte : un pôle social, un pôle économique et un pôle environnemental d'où ses enjeux qui sont de trois ordres :

➤ **Des enjeux environnementaux :**

Compte tenu de la contribution importante du secteur résidentiel aux émissions de CO₂ et au réchauffement climatique : émission d'à peu près de 123 millions de tonnes équivalent CO₂ / an, soit 23% des émissions en total dans le monde (Source : UNFCCC), des préjudices sont provoqués à tous les stades de transformation de l'énergie, pollution de l'air, risques de Changements climatiques, déforestation, pluies acides, production de déchets dangereux sans solution de traitement aujourd'hui (Giec, 2007 et Aspö, 2007).

➤ **Des enjeux sociaux :**

L'environnement construit constitue un support déterminant du bien-être et des relations sociales. L'environnement intérieur a un impact direct sur la santé des occupants. Et comme le parc de logements collectifs est par définition destiné à des ménages aux ressources moyennes sinon modestes, parmi lesquels certains sont particulièrement vulnérables et subissent négativement les augmentations du coût de l'énergie d'où les problèmes liés à l'endettement des ménages, privations, conséquences sur la santé, exclusion sociale, dégradation du logement, etc.

➤ **Des enjeux économiques :**

La perspective d'engager un programme d'amélioration des performances thermiques du parc existant se traduira par un investissement économique d'envergure compte tenu de la raréfaction et le renchérissement des ressources fossiles.

2) La rénovation énergétique et le confort thermique :

L'amélioration énergétique des bâtiments existants induit le plus souvent une amélioration des conditions de confort, et une plus grande qualité sanitaire des espaces.

Dans les milieux bâtis, le confort thermique constitue une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires. La définition du confort thermique est ainsi d'une grande importance pour le bâtiment afin de lui permettre d'atteindre ses objectifs de fonctionnalité tout en justifiant l'installation des équipements d'ambiance (chauffage, ventilation et climatisation).⁽³²⁾ L'organisation internationale de normalisation l'ISO, propose des normes concernant l'ergonomie des ambiances thermiques. L'utilisation des normes vaut tant pour l'appréciation et l'amélioration des conditions thermiques existantes que pour la conception de nouvelles conditions.⁽³³⁾

D'autre part, le compromis entre l'efficacité énergétique et le confort maximal est très difficile.

A l'heure actuelle, le secteur résidentiel en Algérie n'est soumis à aucune exigence réglementaire sur le plan thermique, le confort est généralement insuffisant sinon inexistant dans les constructions aussi bien en saison chaude que froide. Les usagers sont confrontés à un choix tout aussi contraignant dans les deux cas suivants : se résigner à l'inconfort ou assurer leur confort au prix d'équipements coûteux et de fortes dépenses énergétiques.

- **confort d'hiver :**

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

- **Le confort d'été :**

La question spécifique du confort d'été doit quant à elle trouver une réponse dans le contrôle des apports solaires, la réduction des apports internes, la mise en œuvre d'une inertie importante et l'évacuation de la chaleur des structures pendant la nuit.⁽³⁴⁾

D'après Donald Watson et Roger Camous⁽³⁵⁾, la manière la plus simple et la plus efficace d'assurer le confort d'été est de limiter les effets de la principale source de surchauffe en abritant le bâtiment du soleil, ou tout en moins en réduisant les surfaces de l'enveloppe exposées au soleil d'été.

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

3) Les techniques de la rénovation énergétique:

Les techniques de rénovation thermique et énergétique comprennent notamment l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment, l'éclairage, le chauffage, le rafraîchissement et la ventilation, l'eau chaude sanitaire ainsi que le recours à l'énergie solaire. L'enveloppe joue un rôle de filtre thermique qui permet de créer un microclimat à l'intérieur du bâtiment, indépendamment des fluctuations météorologiques extérieures. La composition de l'enveloppe est un élément déterminant des caractéristiques de ce filtre.⁽³⁶⁾ Elle doit être considérée comme le souci principal dans une opération de réhabilitation thermique d'un logement. C'est l'élément à appréhender en premier.

Outre la réduction des besoins énergétiques, une bonne isolation contribuera à un meilleur confort pour les usagers. D'après Orselli⁽³⁷⁾ dans les bâtiments existants, le plus gros potentiel d'économies d'énergie réside dans l'enveloppe qui doit être isolée adéquatement de façon la plus étanche possible afin de minimiser les pertes thermiques par transmission et les fuites d'air ainsi que les gains en période de surchauffe.

⁽³²⁾ Moudjalled B. « Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés », Thèse de doctorat, Lyon 2007, Page 23.

⁽³³⁾ Ibid, page 61.

⁽³⁴⁾ « Pourquoi et comment rénover les bâtiments anciens. » [En ligne] <http://www.morezjura.net/BBC.htm42>

⁽³⁵⁾ Watson D & Camous R. « L'habitat bioclimatique : de la conception à la construction » Ed. L'Etincelle, Québec 1986, Page 156.

⁽⁴²⁾ Sambou V. « Transferts thermiques instationnaires : vers une optimisation de parois de bâtiments » Thèse de doctorat, Université de Toulouse 2008.

⁽³⁶⁾ Orselli J. « Op.cit 1 » p36.

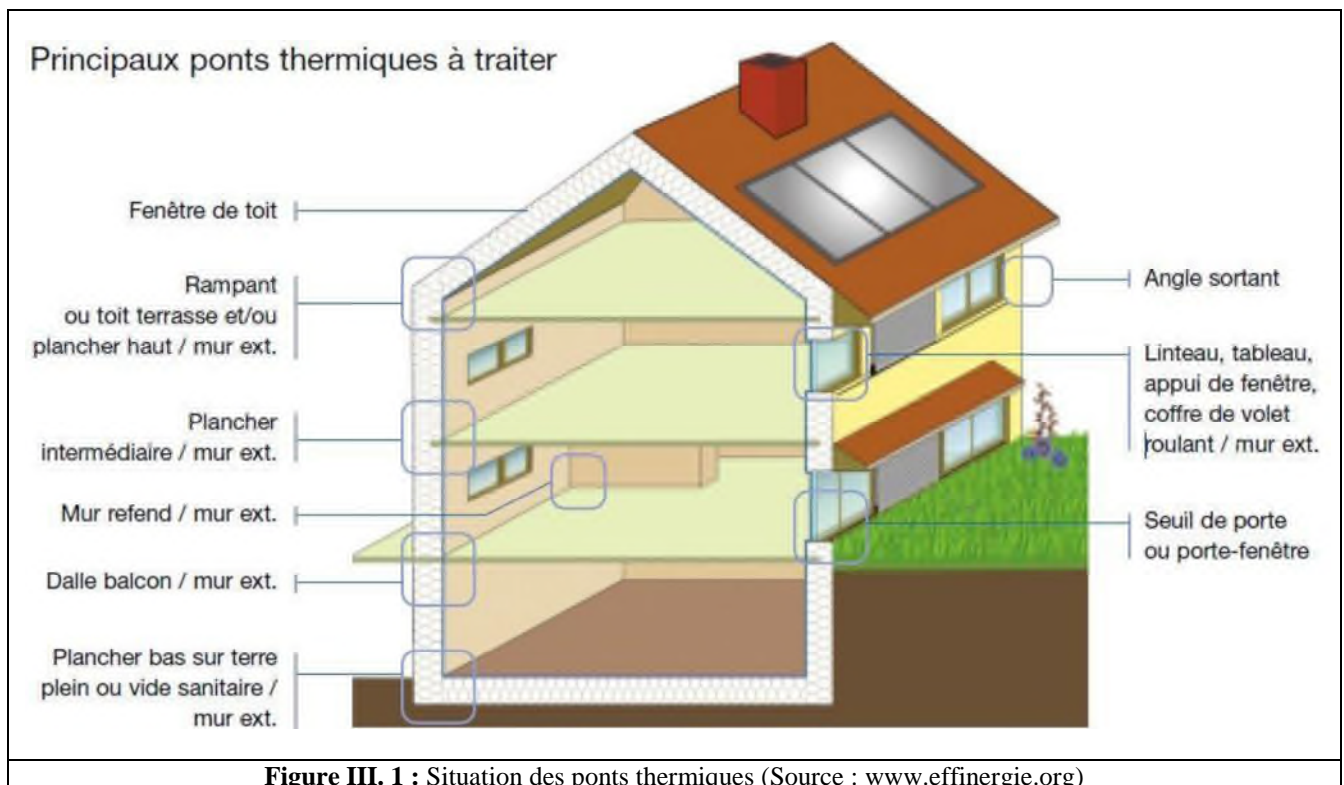
⁽³⁷⁾ Watson D. & Camous R. « Op.cit 12 » Page 106

Cependant, la plus part des matériaux structuraux ne sont pas suffisamment isolants pour assurer le chauffage économique d'un bâtiment dans un climat froid ou garantir la fraîcheur nécessaire dans un climat chaud. On doit donc intégrer à l'enveloppe des matériaux dont la fonction sera spécifiquement l'isolation thermique.⁽³⁸⁾ Cette dernière, en réduisant les pertes et les gains de chaleur minimise les besoins en énergie. Elle jouera son rôle dès que la température extérieure se trouve en dehors de la zone de confort c'est à dire dès qu'il sera nécessaire de chauffer ou de climatiser l'intérieur. Par conséquent, l'isolation est intéressante en termes de protection de l'environnement, de confort et d'économies d'énergie.

. Les recommandations et réglementations thermiques préconisent une isolation thermique renforcée des parois opaques des bâtiments. Malheureusement, une forte isolation, si elle limite la consommation d'hiver liée au chauffage, induit de fortes surchauffes en été. Afin de lutter contre ce phénomène, diverses méthodes sont possibles, comme la surventilation nocturne⁽³⁹⁾, les méthodes architecturales comme l'a proposé Givoni, ou l'inertie thermique⁽⁴⁰⁾.

- **Les parois opaques :**

L'isolation doit contribuer non seulement à la maîtrise ou le contrôle de la perméabilité à l'air des enveloppes, mais aussi à la réduction ou le traitement des ponts thermiques (Fig.III.1) qui induisent non seulement une contre-performance de l'enveloppe du point de vue énergétique, mais sont également le siège d'inhomogénéités thermiques (Tab.III.1), synonymes de sources d'inconfort, et de risques de pathologies associées (condensation, moisissures, ...).



⁽³⁸⁾ Pfafferoth J. & Herkel S. & JäschkeM. « Design of passive cooling by night ventilation: evaluation of a parametric model and building simulation with measurements. » *Energy and Buildings* 35, 11, pp. 1129-1143, 2003.

⁽³⁹⁾ Antonopoulos, K.A. & Koronaki E.P. «On the dynamic thermal behaviour of indoor spaces. » *Applied Thermal Engineering* 21, 9, pp. 929-940, 2001.

⁽⁴⁰⁾ « Qualité énergétique, environnementale et sanitaire, Préparer le bâtiment à l'horizon 2010 », [En ligne] www.btap2002.pdf

Tab III.1 : Les signes d'une mauvaise isolation.

(Source : « L'isolation de votre maison. » www.schl.ca publication gratuite n°62087).

Les signes d'une mauvaise isolation en hiver	Les signes d'une mauvaise isolation en été
<ul style="list-style-type: none"> • Les murs sont froids au toucher. • Les planchers sont froids. • Les frais de chauffage sont élevés. • La chaleur n'est pas répartie uniformément dans toute la maison. • Des moisissures prolifèrent sur les murs. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'air est trop chaud à l'intérieur. • Les frais de climatisation sont élevés. • Le climatiseur est inefficace. • Des moisissures apparaissent au sous-sol.

Dans le cas des logements existants, l'enveloppe est déjà là, il faut donc penser à tirer profit des différents matériaux la composant avant d'intervenir sur cette dernière. Il est à noter que tous les matériaux de construction possèdent une certaine capacité thermique puisque tous présentent une certaine résistance au passage de la chaleur qui est variable en fonction de la masse thermique des matériaux qui la constitue.

Un bâtiment pourvu d'une masse thermique importante est capable de stocker la chaleur pour une certaine période de temps et de la redistribuer plus lentement au cours du jour et de la nuit, ce qui diminue la période de surchauffe et son amplitude⁽⁴¹⁾.

Idéalement, une enveloppe de bâtiment devrait donc comporter :

- Coté extérieur : des matériaux à faible diffusivité pour l'isoler des sollicitations climatiques,
- Coté intérieur : des matériaux à forte effusivité pour obtenir une inertie importante.⁽⁴²⁾

Il existe deux types d'isolation thermique de l'existant : l'isolation par l'extérieur et l'isolation intérieure avec rupteurs de ponts thermiques. Un troisième type d'isolation est réservé pour les réhabilitations lourdes ou les constructions neuves, qu'on appelle l'isolation répartie. Ces trois types d'isolation seront détaillés dans ce qui suit.

➤ L'isolation des murs par l'extérieur :

Elle consiste à envelopper le bâtiment d'un manteau isolant. Dans l'existant, une isolation par l'extérieur peut être envisagée lors d'une rénovation complète ou un ravalement de façade. Cette technique d'isolation permet d'économiser 10 à 20% de la consommation totale d'énergie.¹⁰⁶ Elle permet aussi de bénéficier de la capacité thermique de la paroi et de limiter les risques de surchauffe en été.

Le choix du système d'isolation par l'extérieur nécessite un enduit synthétique ou minéral qui présente les caractéristiques suivantes :

- Imperméable à l'eau.
- Perméable à la vapeur d'eau pour séchage de la maçonnerie derrière l'isolant.
- Bonne résistance mécanique et un aspect esthétique certain.⁽⁴³⁾

➤ Avantages et inconvénients de l'isolation par l'extérieur :

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

Dans certains cas, pour la protection d'un patrimoine, l'isolation extérieure ne peut être réalisée et l'isolation intérieure est plus envisageable. Les avantages et les inconvénients de cette technique sont cités dans le tableau suivant (Tab.III.2).

⁽⁴¹⁾ Lavergne M. « Opportunités solaires passives : optimisation du confort et de la consommation énergétique d'un espace séjour avec serre accolée. » Collection Mémoires et thèses électroniques, Université Laval, 2009

⁽⁴²⁾ Tareb « Energy Comfort and Buildings. Principles of Renewables. » Chapter 5. p16 [En ligne] www.learn.londonmet.ac.uk

⁽⁴³⁾ Mia Meftah M. & Benmanssour.M.B. « Etude de faisabilité de l'utilisation de l'énergie solaire en vue de la réhabilitation thermique du bâti existant. » Colloque National : Pathologie des Constructions : Du Diagnostic à la Réparation Département de Génie Civil Université Mentouri Constantine - 25 et 26 Novembre 2008.

Tab.III. 2 : Avantages et inconvénients de l'isolation extérieure.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Traite un plus grand nombre de ponts thermiques en les recouvrant efficacement. - Ne modifie pas les surfaces habitables et ne nécessite pas la reprise de la décoration. - Protège les murs des intempéries et des variations climatiques (inertie apportée par le mur côté intérieur). 	<ul style="list-style-type: none"> - Augmente le coefficient d'occupation au sol sur le terrain. - Modifie l'aspect global de la maison. - Réduit la grandeur des ouvertures et donc de l'apport lumineux en procédant à l'isolation des tableaux et des appuis de fenêtres. - Nécessite de revoir la fixation des systèmes de fermeture des volets...

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

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

Les avantages et les inconvénients de cette technique d'isolation se résument dans le tableau suivant (Tab.III.3).

Tab.III. 3 : Avantages et inconvénients de l'isolation par l'intérieur.

(Source : <http://www.toutsurlisolation.com>)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Ne modifie pas l'espace extérieur. - Augmente la performance thermique globale du bâtiment. - Supprime les condensations sur parois froides. - Supprime l'effet parois froides. - Améliore le confort acoustique intérieur. - Coût d'exécution moins onéreux qu'une solution d'isolation par l'extérieur. - Systèmes d'isolation faciles et rapides à mettre en oeuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduit l'espace habitable. - Révision du plan électrique. - Embrasure des portes et des fenêtres à prévoir pour réduire au minimum les déperditions lumineuses. - Décoration intérieure à refaire. - Travaux à effectuer dans un local évacué de ses habitants le temps des travaux.

➤ **L'isolation des toitures :**

L'isolation des toitures est très rentable car le potentiel d'économies d'énergie est important. Sachant que la toiture transmet jusqu'aux 2/3 des transferts de chaleur de l'enveloppe vers l'intérieur du bâtiment, la réflectivité et l'isolation de la toiture limitent ces apports thermiques.⁽⁴⁴⁾

➤ **L'isolation des charpentes :**

Elle est réalisée au moyen de panneaux de toiture porteurs qui comprennent le support ventilé de couverture, l'isolation et un parement du côté intérieur. Cette technique préserve la charpente des variations de température et d'humidité et garantit la ventilation de la couverture.

➤ **Les toitures terrassent :**

Ce genre de toitures subit des contraintes climatiques très rigoureuses ce qui entraîne des dilatations et des rétractions de la couverture et de l'étanchéité. L'isolation thermique doit donc respecter ces contraintes et L'isolant doit être choisi en fonction des charges qu'il pourra supporter.

-Isolation sur étanchéité « toiture inversée » :

Dans ce cas, l'isolant est disposé sur une étanchéité existante. Selon l'accessibilité cette couche d'isolant est recouverte d'une couche de gravier ou d'un dallage sur sable. Son avantage réside dans la protection de l'étanchéité des intempéries. Son inconvénient est que l'isolant chargé de protection lourde, subit le ruissellement des eaux pluviales.

-Isolation sous étanchéité :

L'isolant est installé au-dessus de la dalle puis recouvert par l'étanchéité et par une protection lourde en gravillons pour les toitures non accessibles ou en dallage lorsqu'une circulation est prévue. Son avantage est la protection plus efficace de la maçonnerie des variations de température et de ce fait elle limite les mouvements de dilatation et de réfraction. A noter aussi que l'isolation de la toiture et des murs permet de réaliser jusqu'à 20 ou 30% d'énergie.⁽⁴⁵⁾

⁽⁴⁴⁾ Liébard A. & De Herde H. « « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. Concevoir, édifier et

aménager avec le développement durable » Ed. Le Moniteur, France 2005, Page 84. p172.

⁽⁴⁵⁾ Guide pratique de l'ADEME « L'isolation thermique » [En ligne] www.ademe.fr

➤ **L'isolation des planchers :**

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

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

En rénovation, il est souvent difficile d'isoler le sol d'un logement, la présence d'un vide-sanitaire ou d'une cave peut cependant permettre la mise en place en dessous de la dalle d'une isolation. L'isolation des planchers c'est 5 à 10% d'énergie non consommée. L'isolation des plafonds de caves ou des sols permet d'économiser 5-10% de la consommation totale d'énergie⁽⁴⁶⁾.

• **Les parois vitrées :**

De tous les éléments de l'enveloppe du bâtiment, les fenêtres et les surfaces vitrées en général, sont les plus exposées aux transferts de chaleur non désirés.⁽⁴⁷⁾ Ce sont donc des éléments constructifs à ne surtout pas négliger lors de la construction ou la réhabilitation de bâtiments, car outre le fait qu'ils constituent des surfaces de déperditions énergétiques importantes, ils représentent aussi une surface stratégique de captage de l'énergie solaire. Ils peuvent constituer un énorme gisement d'économies d'énergie en sachant que leur c'est 10% d'énergie non consommée.

• **Les Menuiseries:**

Elles doivent de la même façon que les vitres, permettre d'éviter les déperditions thermiques.

Les matériaux utilisés pour les menuiseries sont les principaux garants de l'efficacité de celles-(Fig.III. 2).

On distingue trois types de menuiseries⁽⁴⁸⁾:

- Les menuiseries en bois présentant de très bonnes qualités thermiques mais nécessitant un entretien régulier.
- Les menuiseries en PVC assurant également de bonnes performances thermiques mais présentant un bilan énergétique et environnemental très mitigé.
- Les menuiseries en aluminium ont l'avantage d'avoir une excellente tenue dans le temps et peuvent être associées au bois pour constituer des menuiseries mixtes.

Avec le choix de nouvelles technologies disponibles, les fenêtres sont devenues un instrument très utile pour la conception de refroidissement passif, de chauffage et d'éclairage.



Fig.III. 2 : Choix des composants et identification des facteurs intervenant dans la thermique de la fenêtre. (Source : De Herde & Liébard 2005)

⁽⁴⁶⁾ « Réhabilitation thermique de l'habitat existant. » 2008[En ligne] www.ageden.org

⁽⁴⁷⁾ « Les vitrages et menuiseries » fiches techniques. [En ligne] www.oikos-ecoconstruction.com

⁽⁴⁸⁾ Niki Assimakopoulou M. «Op.Cit 36».

- **Les techniques d'isolation d'une paroi vitrée dans l'existant :**

Dans une opération de réhabilitation énergétique de logements existants et quand les menuiseries sont en bon état et sont encore équipées de simple vitrage, on préconise :

- **Le survitrage :**

Il consiste à poser sur la fenêtre existante une vitre rapportée à l'aide de profilés spécifiques. Il convient alors de renforcer l'étanchéité de la fenêtre à l'aide de joints appropriés. Solution peu onéreuse, mais d'une efficacité relative⁽⁴⁹⁾.

- **Le double vitrage de rénovation :**

Il consiste à remplacer sur la fenêtre existante le simple vitrage par un double vitrage dit de « rénovation ». Il s'agit de doubles vitrages équipés en atelier de minces profilés permettant de les fixer dans les feuillures existantes. Il faut également renforcer l'étanchéité de la fenêtre.

- **Le changement de fenêtre avec conservation du dormant existant :**

Il est réalisé en mettant en oeuvre par recouvrement sur ce dormant une nouvelle fenêtre complète en PVC, en aluminium ou en bois. Sur le plan thermique les fenêtres constituent une des sources principales de déperditions du bâtiment. Il s'agit ici de maximiser le coefficient de gain solaire total et la résistance thermique de l'assemblage cadre - verre.⁽⁵⁰⁾

- **Le remplacement total de l'ancienne fenêtre :**

Cette opération nécessite souvent des travaux de maçonnerie plus importants. Elle apporte une isolation thermique et acoustique supérieure. L'avantage de cette variante est que la jonction, l'étanchéité, entre le cadre et le mur extérieur peut se faire de manière optimale.

Le remplacement des fenêtres permet d'économiser 5 à 10 % de la consommation totale d'énergie.

- **Les protections solaires :**

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. Les protections solaires s'apprécient l'été dans la gestion des apports de chaleur par le soleil, mais leur rôle est également important l'hiver sur le plan thermique.

Les dispositifs d'isolation mobiles peuvent être extérieurs ou intérieurs, saisonniers, fixes ou mobiles

A l'intérieur on peut avoir des volets roulants, des panneaux détachables, des volets montés sur charnières, des rideaux ou des fenêtres doubles intérieures.

Dans les climats chauds tel que le climat méditerranéen, où le refroidissement est impératif, les avancées horizontales permettent d'obtenir une protection totale en été tout en permettant une pénétration du soleil en hiver surtout en façade sud.

- **La ventilation :**

Le renouvellement de l'air intérieur est primordial pour la santé des habitants et pour la préservation du bâtiment. Mais l'évacuation de l'air peut aussi évacuer la chaleur. Il est donc important de distinguer les infiltrations, qui sont décrites par l'écoulement aléatoire de l'air extérieur à travers les fissures dans l'enveloppe du bâtiment du phénomène de ventilation.

L'optimisation du système de ventilation est nécessaire lorsque l'isolation est renforcée. La ventilation peut être naturelle ou assistée mécaniquement. Ainsi, il est incontournable de maîtriser le renouvellement de l'air par un bon équipement de ventilation pour le confort des habitants et une bonne conservation du bâti.

Et pour que les systèmes de ventilation fonctionnent correctement, une bonne étanchéité à l'air est essentielle, et ceci dans le but d'assurer une bonne qualité de l'air, la conservation du bâti, un bon confort acoustique et thermique, et éviter le gaspillage d'énergie.

⁽⁴⁹⁾ [En ligne] <http://www.ademe.fr>

⁽⁵⁰⁾ Flory-Celini C. « Op.cit 33 » page 237.

➤ **Les équipements :**

L'efficacité énergétique d'un logement est certes dépendante de l'isolation des parois vitrées et opaques mais les équipements de chauffage, de climatisation, d'éclairage et d'eau chaude sanitaire sont tous aussi importants dans le bilan énergétique d'un logement et demandent une attention particulière quant à leur utilisation.

➤ **Le chauffage :**

Le chauffage des bâtiments d'habitation a représenté une part importante des charges supportées par les occupants des logements, au moins 50%, et cette part est devenue prépondérante depuis que fin 1973, les prix du fuel domestique et du fuel lourd ont respectivement doublé et triplé.⁽⁵¹⁾ C'est pourquoi, il est considéré comme étant l'un des aspects les plus importants à prendre en charge dans une opération de réhabilitation énergétique après l'isolation.

La demande de chaleur du bâtiment dépend directement de la différence entre température intérieure et température extérieure : $\Delta T = T_{int} - T_{ext}$. Les besoins en énergie sont à leur maximum en hiver quand ΔT est maximum. L'amplitude des besoins est définie par la qualité de l'isolation de l'enveloppe et par le taux de renouvellement d'air.⁽⁵²⁾

De plus, isoler des parois, ventiler et chauffer modérément permet de maintenir une bonne hygiène de vie et assure la conservation du bâtiment.⁽⁵³⁾ Réduire les besoins en chauffage c'est l'équivalent de 30 % d'énergie non consommée. Augmenter d'un degré la température de consigne augmente de 6% la facture de chauffage⁽⁵⁴⁾, mais n'amène pas forcément plus de confort. Le chauffage devient nécessaire lorsque les apports externes et internes n'arrivent plus à délivrer la température de consigne à l'intérieur du bâtiment.

La température pour laquelle le chauffage devient nécessaire se calcule comme suit :

$$T_e = T_i - Q_{gi} / H + 1$$

Avec : T_i : la température intérieure de consigne en période normale.

Q_{gi} : les apports internes et externes pour le mois considéré.

H : le coefficient de déperdition du logement en W/K

➤ **L'eau chaude sanitaire :**

La réduction de nos besoins en eau chaude constitue un poste non-négligeable d'économie d'énergie. En effet, lorsque l'on met en place des systèmes d'économie d'eau, le besoin en eau chaude baisse, et la facture énergétique également. Il faut donc penser à intégrer l'énergie solaire particulièrement efficace pour l'ECS.

➤ **La climatisation :**

Dans certaines régions chaudes, comme le cas de notre pays, une climatisation artificielle s'impose. En Algérie, la dernière décennie a vu la prolifération des équipements de climatisation, vu les prix attractifs de ces équipements et vu aussi les insupportables vagues de chaleur. La multiplication des climatiseurs pose donc des problèmes d'approvisionnement électrique à une échelle nationale en été.

En général, c'est seulement à propos du chauffage solaire qu'on vante les mérites de l'utilisation passive du soleil. Mais on peut aussi, dans la plupart des régions climatiser avec de simples moyens passifs qui effacent pratiquement toute surchauffe. Pour les climatisations existantes, la température de consigne ne doit jamais être inférieure de plus de 5°C par rapport à l'extérieur.

⁽⁵¹⁾ Bloch-Lainé J.M. «Amélioration thermique de l'habitat existant Installations de chauffage et isolation des bâtiments ». Ed. Le Moniteur. Paris 1977. Page 13.

⁽⁵²⁾ Weber W. « Soleil et architecture – guide pratique pour le projet - Programme d'action PACER – Energies renouvelables » Office fédéral des questions conjoncturelles , Berne 1991

⁽⁵³⁾ Moudjalled B. «Op. Cit. 9 », Page 23.

⁽⁵⁴⁾ Guide pratique/Rénovation thermique « Comprendre les enjeux de la rénovation thermique », 2009 [En ligne] <http://www.batirenovation.com>

Le développement de la climatisation augmente significativement les consommations d'énergie et les émissions de gaz fluorés, qui n'existent pas à l'état naturel et dont l'impact sur l'effet de serre est de 1 000 à 8 000 fois supérieur à celui du CO₂ et qui sont d'autre part source de pollutions visuelles et sanitaires d'importance variable selon la technique choisie.

➤ **L'éclairage :**

Privilégier la lumière du jour en tant qu'élément de maîtrise des consommations d'électricité : elle constitue un apport gratuit d'éclairage, en plus du confort visuel qu'elle procure. Veiller toutefois, à ce que cet apport de lumière naturelle ne soit pas source d'inconfort en été, et prévoir des occultations extérieures sur les façades exposées au soleil.

L'éclairage représente en moyenne 10 à 15% de la facture totale d'électricité. L'Aprue et onze offices de promotion et de gestion immobilière (OPGI) ont signé en 2009 une convention de partenariat pour l'intégration de l'économie d'énergie dans le secteur de l'habitat en lançant l'opération pilote de diffusion d'un million de lampes économiques dans le cadre du programme « Eco Lumière ».

Conclusion :

Cette partie nous a permis également de mettre en évidence et d'identifier toutes les solutions techniques de la rénovation énergétique des logements et de mieux cerner leur cadre d'application. L'isolation des parois opaques et vitrées est la solution la plus répandue et la plus appliquée parce que la réduction des besoins énergétiques d'un bâtiment passe par la qualité de son isolation. Elle constitue un domaine de recherches très vague, ce que nous allons voir dans la partie suivante. Les concepts plus récents, comme la ventilation naturelle assistée et la ventilation mécanique centralisée viennent en complémentarité à l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment.

Introduction :

Ce projet de fin d'études traite la rénovation énergétique d'un bloc à l'intérieur d'une cité résidentiel (300 logements à bouhanak, Mansourah), /TLEMEN. la superficie du bloc d'environ 119.80 m² sur 05 niveaux, il est composé de deux logements F3 par palier .

Notre projet, concernant l'étude du bâtiment, se décompose en deux phases :

- La première partie concerne le diagnostic énergétique du bâtiment existant.
- La deuxième partie : l'analyse des résultats.
- Dans un troisième temps, on va étudier des solutions d'amélioration énergétique de l'enveloppe

1) Aperçu sur la ville de Tlemcen

Située dans 'l'extrême nord- ouest du pays bordé au nord par la mer méditerranéenne, à l'ouest par le royaume marocain au sud par Naama, à l'est par sidi bélabbes et au nord par Ain Temouchent et Oran sa position stratégique ou elle se trouve entre la partie nord et sud, c'est une porte vers le sud aussi le rapprochement vers la mer, c'est une ville frontalière avec le Maroc.

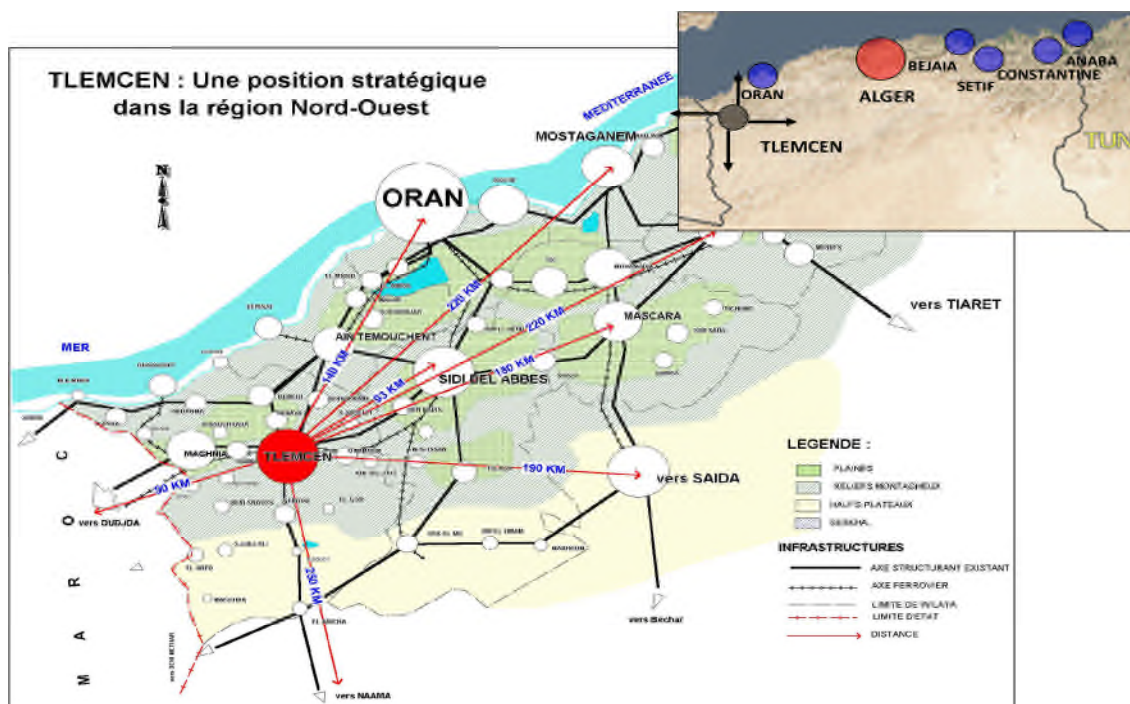


Figure IV.1 La situation de la ville de Tlemcen

Avec ces 04 communes est 236 000 habitants (2004), le groupement de Tlemcen est un vaste territoire d'une superficie de 17947 hectares, riche de ses diversités et l'intensité de ses relations. Les nombreux atouts de cette aire urbaine ne doivent pas occulter les problèmes et déséquilibres menaçant, mettant en évidence la nécessité d'une stratégie globale et concertée à l'échelle de l'ensemble de la région Nord-Ouest.

✓ Les potentialités de la wilaya

- Incidence du passage de l'autoroute Est Ouest : Cette infrastructure d'envergure nationale aura un impact sur le développement urbain du groupement dans sa partie Nord.
- Aéroport Zenata Messali El Hadj :
Un levier d'insertion du groupement dans les échanges internationaux
- Une activité aéroportuaire à développer dans le cadre de la Complémentarité avec les infrastructures aéroportuaire nationales pour mieux faire face à la compétitivité transrégionale (Aéroport de Oujda Angad).

- A long terme raccorder l'aéroport à la future voie ferrée (Oued Tlelat-Maghnia passant par la plaine de Ain Témouchent et le Plateau de Zenata).
- Amélioration continue du réseau de raccordement et de liaison de l'aéroport avec le groupement urbain Tlemcen-Mansourah-Chetouane qui constituera l'aire métropolitaine motrice de l'infrastructure aéroportuaire.
- Pore maritime à ghazaouet
- La diversité de ressources naturelles (foret, plateau de Lala Seti, les plages...)
- L'histoire et la vocation du lieu(veille ville de Tlemcen, sidi Boumediene, Mansourah, Nedroma, Honain.....)
- Des équipements à rayonnement régional, national et international (Université, hôpital, laboratoires, etc.)

2) Analyse climatique de la ville de Tlemcen

-Les éléments du climat de la région constituent les paramètres de bases pour un t'elle projet.

	jan	Fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	dec
T max	13.1°	13.9°	16.7°	19.9°	27°	30.9°	33.2°	34.4°	28.3°	23°	18.5°	14.8°
T min	3.6°	3.5°	7.8°	8.7°	15.7°	17.1°	20.1°	19.8°	16.1°	13.8°	8.9°	5.9°
H max	79%	75%	83%	74%	65%	63%	61%	62%	71%	77%	78%	80%
H min	75%	71%	77%	70%	61%	59%	57%	58%	67%	71%	74%	76%

Tableau IV .1 Climatologie de la ville de Tlemcen

2-1- climat de Tlemcen :

Tlemcen par sa position à 800m d'altitude la ville se trouve dans LA ZONE B (climat arrière littoral montagne) caractérisé par des par des hivers froids plus au moins humides et des étés chauds et secs. les vents :

Les vents dominants sont dirigés **nord/ouest** a cause de la dépression qui règne sur la méditerranée.

2-2-Isothermes de Tlemcen

La température est en dessous de la zone de confort, donc il fait froid le matin et le soir et l'humidité de l'air est assez élevée.

Les mois de janvier ; février ; mars :

La température est en dessous de la zone de confort, donc il fait froid le matin et le soir et l'humidité de l'air est assez élevée.

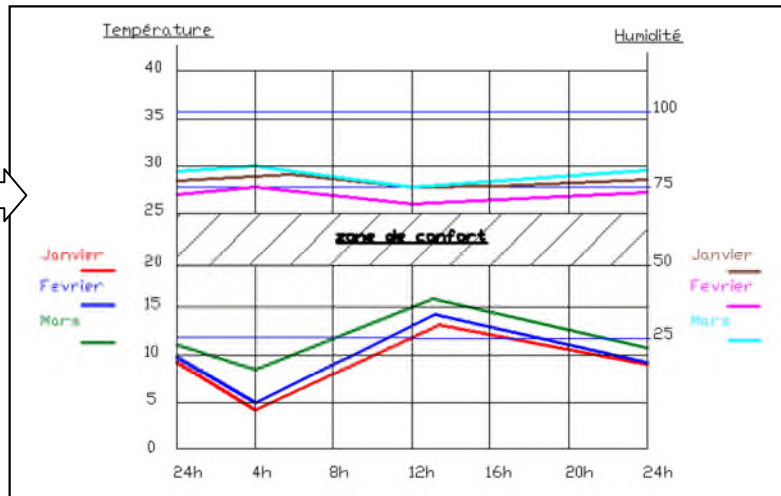


Figure IV .2 :Isothermes de la ville de Tlemcen

Les mois juillet ; aout ; septembre :

Caractérisée par des températures très élevées et une humidité plus ou moins confortable.

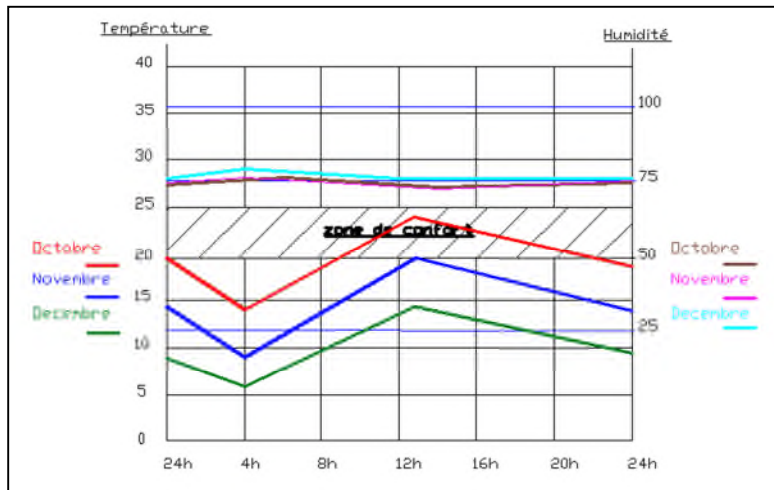
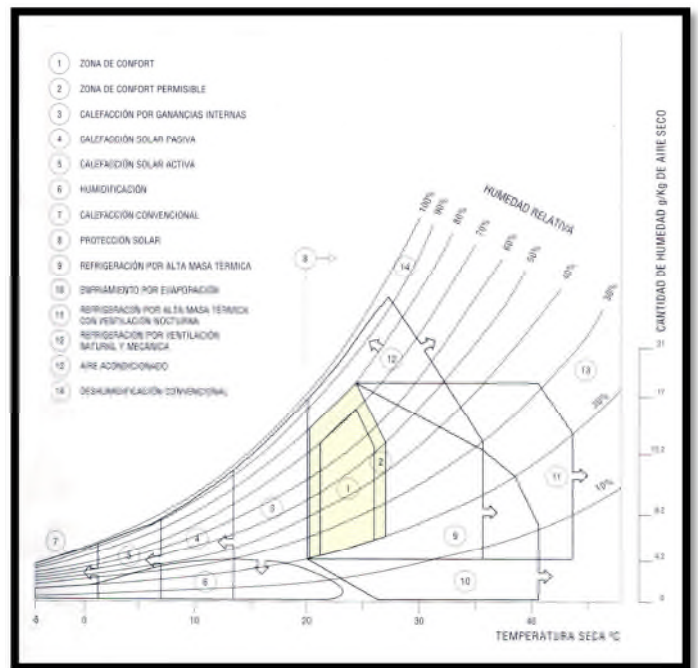


Figure IV .3 :Isothermes de la ville de Tlemcen

2-3-LE DIAGRAMME de GIVONI

- LE DIAGRAMME de GIVONI a pour but de donner des recommandations climatiques pour un site donné, les droites sont tracées comme suit :
- Le 1er point est donné par la température max avec le pourcentage d'humidité min du mois donné afin de déterminer les besoins en conception du projet.
- Le 2eme point est donné par la température max avec le pourcentage d'humidité min du mois donné

Figure IV .4
LE DIAGRAMME de GIVONI



2-4 Tableau psychométrique :

- La deuxième étape permet de déterminer les isothermes, en fonctions des tranches horaires.
- La figure représente les isothermes de TLEMCCEN, elles sont partagées selon les courbes des températures en trois zones :

Zone 1 : zone de surchauffe :

-Elle est inscrite dans la zone limitée par la courbe supérieure à 25°C, pour les mois de juin, juillet et aout.

-nous devons rechercher un maximum d'ombre par des moyens conceptuels et/ou mécanique et prévoir :

- 1- Une inertie thermique importante ou une isolation adéquate.
- 2- Une ventilation nocturne.
- 3- Un refroidissement par humidification.

Zone 2 : zone de confort :

Comprise entre la courbe 18°C et 25°C, pour les mois de mai, juin, septembre et octobre. Pour le mois de juin, nous constatons des zones d'inconforts pendant la journée qui se traduit par une température assez élevée et une fraîcheur pendant le soir et la nuit

Zone 3 : zone froide :

De 5°C à 18°C, elle est limitée par la courbe des températures de 18°C et supérieur à 5°C pour les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars, avril.

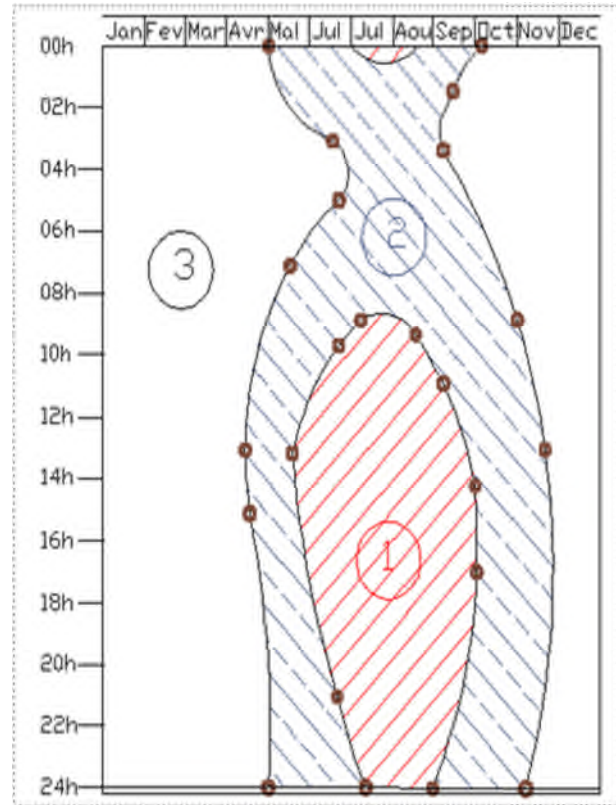


Figure IV .5 : Tableau psychométrique

Face à cette situation il est nécessaire de prévoir un système de chauffage passif rayonnant pendant toute l'après midi pour ces mois, afin de réduire l'utilisation de systèmes de chauffages, et aussi de réduire la consommation d'énergie.

2-5-Le diagramme solaire :

-Il donne la position du soleil à toute heure du jour, n'importe quel mois de l'année pour la région de Tlemcen, il est utile pour le positionnement des ouvertures, débord de toiture, brise soleil, végétations.

-Le diagramme solaire pour une latitude donnée, permet de visualiser l'azimut et l'hauteur du soleil pendant les heures de la journée et suivant les saisons.

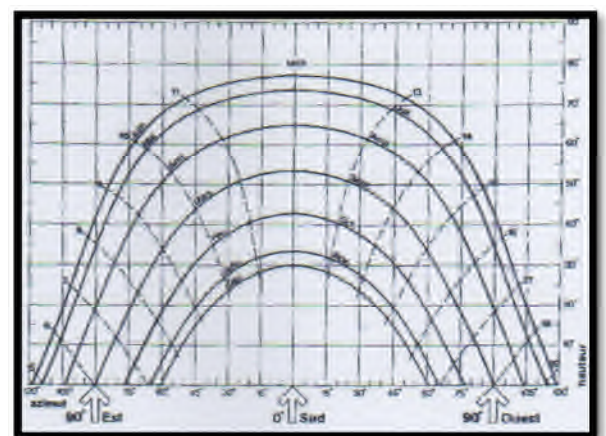


Figure IV .6 : Le diagramme solaire

3) Etude du bâtiment :

3.1) Présentation du bâtiment



Figure IV.7 photos de bâtiment

Le bâtiment sur lequel est basée notre étude est un bâtiment à usage résidentiel puisqu'il abrite les logements dans une cité (300 logements à bouhanak, Mansourah), date à laquelle il a été construit.

Ce bâtiment est situé à l'ouest de la ville de Tlemcen

Il présente une superficie d'environ 119.80 m² (dans un terrain d'assiette global de 3500 m² de toute la cité des) sur cinq niveaux.

Il est composé de cinq niveaux comme étages courant qui contient articulé par un espace commun celle de la cage d'escalier dont on a deux logement en F3 par palier chacun contient le programme surfacique démontré dans le tableau suivant :

Espace	Surface
Séjour	18.02 m ²
Chambre 1	13.70 m ²
Chambre 2	11.85 m ²
Cuisine	11.15 m ²
Salle de bain + Wc	04.58 m ²
Hall	07.00 m ²
Total	65.79 m²

Tableau IV.2 programme surfacique du logement

-Situation du bâtiment :

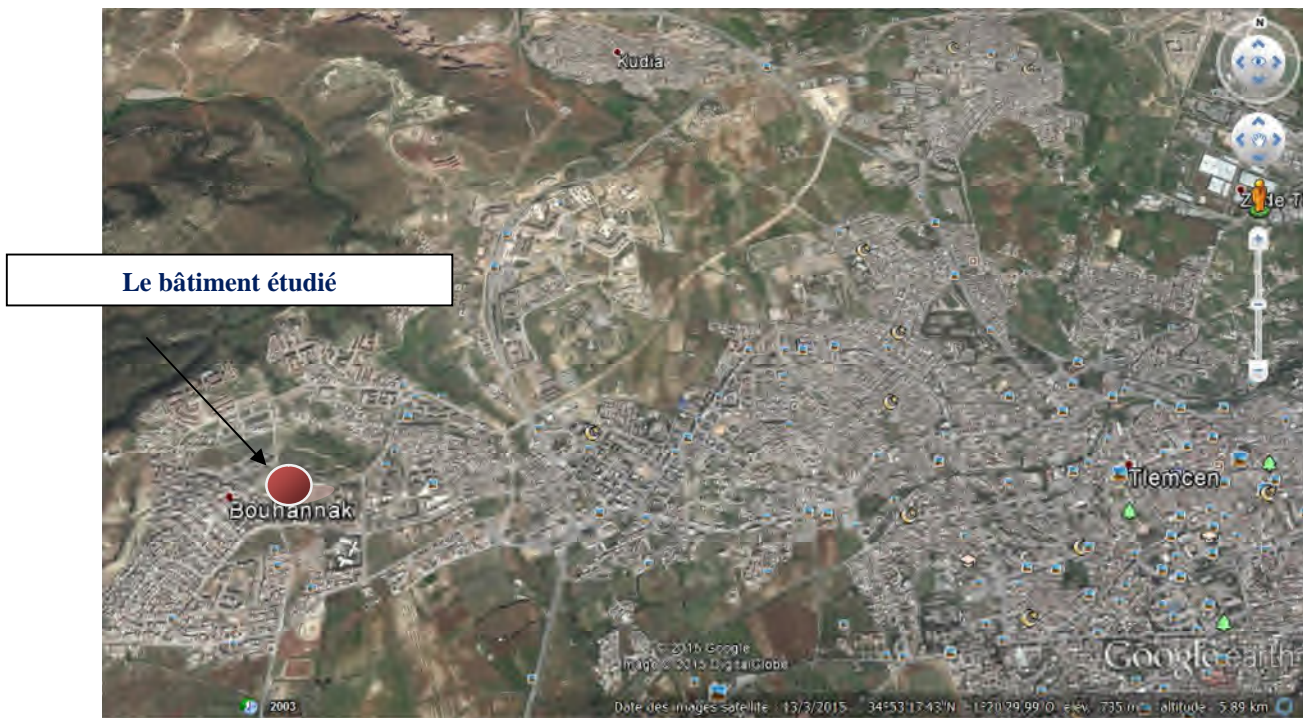


Figure IV .9 La situation du bâtiment par rapport à la ville de Tlemcen

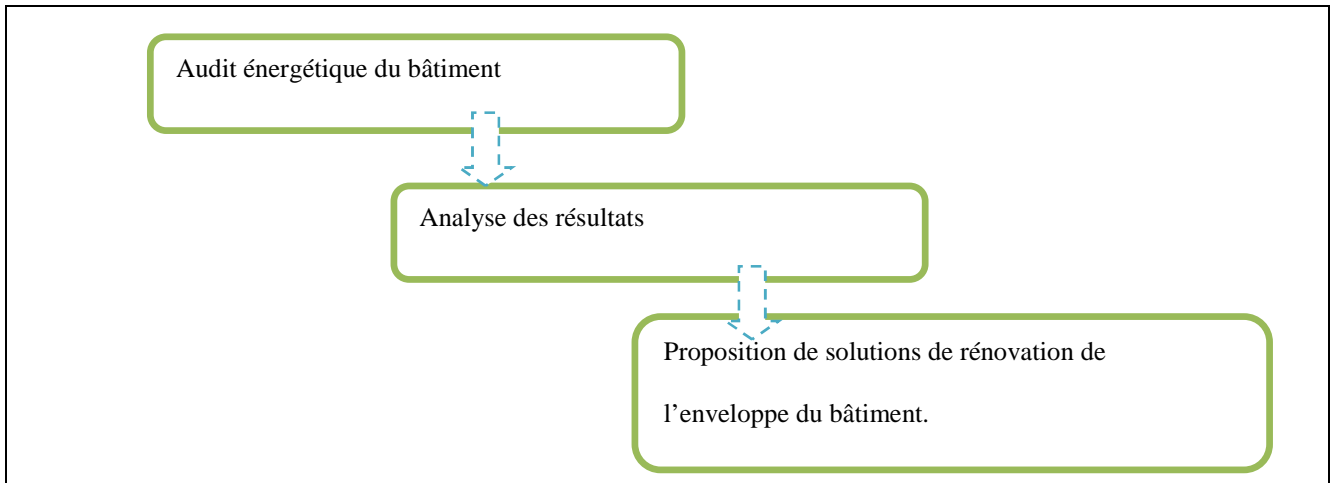


Figure IV .10 La situation du bâtiment par la cité

3.2) Vues en plans :

3.3) Démarche suivie

Nous avons adopté la démarche suivante :



3.4) Diagnostic énergétique du bâtiment actuel :

3.4.1) Objectif et démarche :

L'objectif de ce diagnostic énergétique est d'évaluer les consommations actuelles de ce bâtiment. L'étude portera plus particulièrement sur les Données d'activités, les Données administratives, les Types d'énergies utilisées, les consommations de chauffage d'électricité et de climatisation et Le poste eau chaude sanitaire. Les différents appareils utilisés.

Ces résultats constitueront par la suite, la base de la démarche d'amélioration énergétique du bâtiment.

Ainsi, nous avons effectué ce diagnostic en tenant compte qu'aucun relevé de consommations énergétiques n'était disponible. Peu après, nous avons finalement eu accès à un document officiel venant relativiser nos résultats. Les données sont basées de l'état actuelle et la consommation basant aux chiffres donnés par l'organisme habilité (consommation du GAZ et de l'électricité voir facture Sone gaz), ainsi des calcul de déperdition thermique qu'on va l'effectués.

Une fois le modèle validé, nous avons pu y introduire les différents scénarios d'occupation, d'occultation, de chauffage, de climatisation ... recueillis lors d'un audit énergétique du bâtiment. Les résultats alors obtenus représentent les consommations énergétiques du bâtiment dans son usage actuel.

3.4.2) Audit énergétique :

Données administratives	
Nom	immeuble
Activité	logement
Localisation	Mansourah -Tlemcen-
Année de construction	1992

Tableau IV.3 : Données administratives du bâtiment.

Données d'activités	
Nombre de bâtiments	1
Surface totale	143.86m ²
Surface logement	65,79 m ²
Nombre de logements	10(F3)

Tableau IV.4 Données d'activités du bâtiment

Notre requête serve de d'avoir la consommation réelle du bâtiment choisi a étudié en besoin énergétique notamment l'électricité et le GAZ les résultats sont illustrer sur le tableau Tableau IV.1 :

	Nbre d'habitant	Période de consommation	Consommation de l'électricité (KW)	Consommation du GAZ (m3)
Bloc B	43	Du 01/04/2014 au 30/06/ 2014	40 897	30 340
		Du 01/07/2014 au 30/09/ 2014	45 314	10 387
		Du 01/10/2014 au 31/12/ 2014	61 022	8 348
		Du 01/01/2015 au 31/03/ 2015	47 160	22 514

Tableau IV.5 : consommation énergétique du bâtiment (source : Sonelgaz)

Données d'activités	
Nombre d'habitants	43
Surface chauffée	615,9 m ²
Volume chauffé	3341.52 m ³
Nombre de logements	10

Types d'énergies	
Gaz : Chauffage	Électricité: Autres appareils

Tableau IV.7 : types d'énergie utilisée dans le bâtiment.

Tableau IV.6 : Données d'activités du bâtiment.

Appareil	Puissance	Nb /appartement	Durée d'utilisation
Réfrigérateur	3.3 KWH	1	24H
Télévision	85 W	1 à 2	25H/semaine en moyenne
Lave-linge	2300 W	1	14H (2fois/semaine)
Ordinateur	150 W	1 à 2	15h/semaine en moyenne
Climatiseur	3.3 KWH	1	30 h/semaine en moyenne.
Fer à repasser	1000 W	1	2 h /semaine.
Four électrique	1650W	1	4H/semaine

Tableau IV.8 : Systèmes électriques utilisés.

- **Identification des zones chauffées et non chauffées**

Le chauffage est assuré dans chaque logement par un simple poêle à gaz.

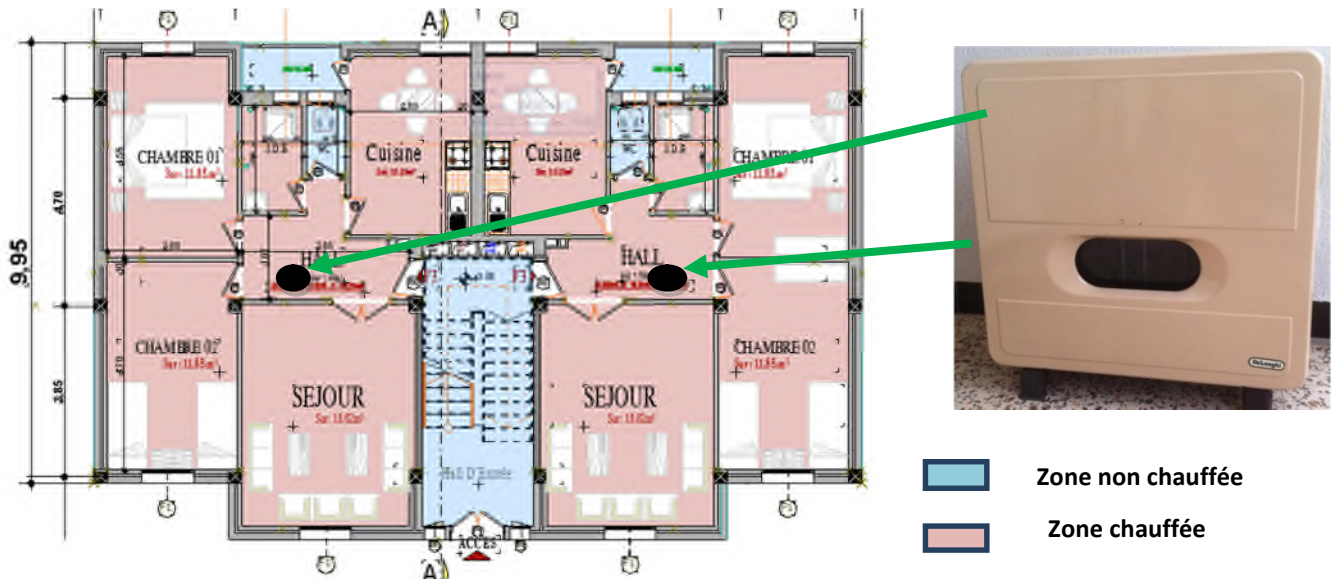


Figure IV.11 : Identification des zones chauffées et non chauffées par logement.

- **Masques proches et lointains :**

Aucun masque lointain significatif ne vient entamer l'accès au soleil du bâtiment
On note la présence de quelques arbres au sud.

- **Données météorologiques du site**

Définies par la station météorologique de Tlemcen et le DTR, les données climatique du site sont les suivantes:
BOUHANAK –commune de Mansourah –Tlemcen → zone B B (climat arrière littoral montagne)

Caractérisé par des hivers froids plus au moins humides et des étés chauds et secs.

Températures annuelle moyenne : 17

- **Fréquence des vents :**

La direction principale des vents est Nord/ouest.
Le vent dominant est de provenance Nord/ouest.
Les vents restent relativement moyenne .

- **Architecture :**

Son concept architectural revêt un caractère très simple, avec des façades monotone .
Le bâtiment est constitué d'une forme rectangulaire.

- **Orientation:** Le bâtiment est orienté Nord / Sud.
- **Système constructif:** Poteau- poutre.
- **Réhabilitation:** le bâtiment n'a subi jamais des travaux de réhabilitation sauf quelques travaux d'étanchéité et de peinture

3. 5) Calcul des déperditions thermique : suivant le document technique réglementaire DTR C 3-2 : Le Document Technique Réglementaire (DTR) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements.

Wilaya	Communes	Zone
13 TLEMCEM	Groupe de Communes 1 : Beni Rached - Dar Yaghmouracene - Ghazaouet - Honaine - Marsa Ben M'Hidi - Msirda Fouaga - Souahlia - Souk Thlata	A
	Groupe de Communes 2 : Aïn Ghoraba - Aïn Tallout - Azaïls - Beni Bahdel - Beni Boussaïd - Beni Semiel - Beni Snouss - El Aricha - El Bouihi - El Gor - Sebdu - Sidi Djillali	C
	Groupe de Communes 3 : Toutes les communes autres que celles figurant aux groupes de communes 1 et 2.	B

Tableau IV.9 Source (D.T.R. C 3-2)

(Tlemcen –zone B) (DTR) : Le bâtiment étudié est dans la **zone B**

La zone B comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'atlas tellien

ZONE	t _{be} (en °C)	Altitude (m)
B	< 500	2
	500 à 1000	1
	□ □ 1000	1

Tableau IV.10 les valeurs de la température extérieure de base **Source (D.T.R. C 3-2)**

Les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieur, $r = 1/h_i$, et extérieur $r = 1/h_e$, sont données dans le tableau 1.2.

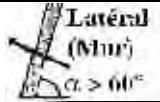
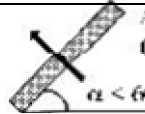
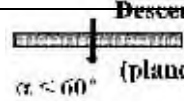
$\frac{1}{h}$ en m ² .°C/W	Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
	1/h _i	1/h _e	1/h _i + 1/h _e	1/h _i	1/h _e	1/h _i + 1/h _e
 Latéral (Mur) α > 60°	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
 Ascendant (toiture) α < 60°	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
 Descendant (plancher) α < 60°	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau IV.11 : Les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieur, $r = 1/h_i$, et extérieur $r = 1/h_e$, **Source (D.T.R. C**

3-2)

Matériau	Conductivité λ (w/m ² °C)	Capacité thermique C (j/kg°C)	Masse volumique ρ (kg/m ³)
Plâtre	0.35	936	960
Béton	1.45	1080	1450
Brique creuse	0.48	936	900
Mortier de ciment	1.4	780	1890
Bitume	0.23	1656	1100
Graviers	1.0	792	18000
Carreaux de mosaïque de marbre dit "granito".	2.1	2200	936
Sable sec	0.6	1300	823

Tableau IV.12 : Les valeurs des caractéristiques des différents matériaux Source (D.T.R. C 3-2

. Résistance thermique (en m ² .°C/W				
Entrevous en béton courant ⁽¹⁾ Forme des entrevous :	Hauteur des entrevous (en cm)			
	12	16	20	25
Dalle de compression en béton courant	0,12	0,14	0,16	0,19

Tableau IV.13 : Résistance thermique Entrevous e Source (D.T.R. C 3-2

o lame d'air, e = 10 cm r = 0,16 (chapitre 3 .DTR)

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage Simple	-	Bois	5,0	5,5
		Métal	5,8	6,5

Tableau IV.14 : Les coefficients K_{vN} des vitrages nus Source (D.T.R. C 3-2

COEFFICIENT K DES PORTES

. Portes courantes

:

	Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
Portes en bois		
- Portes opaques	3,5	2
- Portes avec une proportion de vitrage < 30%	4,0	2,4
- Portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4,5	2,7
Portes en métal		
- Portes opaques	5,8	4,5
- Portes équipées de vitrage simple	5,8	4,5

Tableau IV.15 : Les coefficients K (en W/m².°C) des portes courantes Source (D.T.R. C 3-2

Deperditions au niveau de rez de chaussée : $D = D_{\text{mur}} + D_{\text{fenetre}} + D_{\text{porte}}$

$$D_s = K \cdot A \quad [W/C]$$

$$1/k = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5, \quad R = E/\lambda$$

Tableau IV.16 : Deperditions au niveau de rez de chaussée

Désignation	composition	e (cm)	R (w/m²°C)	1/H _e +1/H _i (Tableau IV.6)	K	A(m²)	Déperdition (W/C°)
Mur extérieur du logement (30cm) contact avec l'extérieur	Mortier de ciment	2	0.014	0.17	1.31	119.6	156.67
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Lame d'air	5	0.16				
	Brique creux de 8 trous	10	0.20				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (béton) contact avec l'extérieur	Mortier de ciment	2	0.014	0.17	2.51	1.71	4.29
	béton	30	0.2				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (béton) contact avec local non chauffé (cage d'escalier)	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	2.87	20.30	58.26
	béton	15	0.1				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (brique) contact avec local non chauffé (cage d'escalie+séchoir)	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	1.23	28.83	35.46
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Lame d'air	5	0.16				
	Brique creux de 8 trous	10	0.20				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur intérieur (béton) contact avec local non chauffée sanitaire	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	2.23	18.93	42.21
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Mortier de ciment	2	0.014				

Désignation	composition	e (cm)	R	1/H _e +1/H _i	K	A(m²)	Déperdition (W/C°)
Plancher bas RDC	Béton	20	0.13	0.34	1.69	143.8	243.02
	Sable sec	2	0.03				
	Carreaux granito	2	0.09				
Fênetre f1	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	13.44	67.2
Fênetre f3	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	1.44	7.2
Porte P2	Opaque métal	/	/	/	4.5	4.13	18.58
Porte P3	Portes avec une proportion de vitrage < 30%	/	/	/	2.4	6.0	14.4
Porte P4 bois	Portes avec une proportion de vitrage < 30%	/	/	/	2.4	3.0	7.2
Porte PM métal	Portes équipées de vitrage simple	/	/	/	5.8	3.5	20.3
Les autres murs interieurs D= 0 (contactavec un lieu chauffé)							

Deperditions au niveau de l'étage 1,2,3: $D_s = D_{\text{mur}} + D_{\text{fenetre}} + D_{\text{porte}}$

$$D_s = K \cdot A \quad [W/C]$$

$$1/k = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5, \quad R = E/\lambda$$

Tableau IV.17 : Deperditions au niveau de l'étage 1,2,3

Désignation	composition	e (cm)	R	1/H _e +1/H _i	K	A(m ²)	Déperdition (W/C°)
Mur extérieur du logement (30cm) contact avec l'extérieur	Mortier de ciment	2	0.014	0.17	1.31	119.6	156.67
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Lame d'air	5	0.16				
	Brique creux de 8 trous	10	0.20				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (béton) contact avec l'extérieur	Mortier de ciment	2	0.014	0.17	2.51	1.71	4.29
	béton	30	0.2				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (béton) contact avec local non chauffé (cage d'escalier)	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	2.87	20.30	58.26
	béton	15	0.1				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (brique) contact avec local non chauffé (cage d'escalie+séchoir)	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	1.23	28.83	35.46
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Lame d'air	5	0.16				
	Brique creux de 8 trous	10	0.20				
Mur intérieur (béton) contact avec local non chauffée sanitaire	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	2.23	18.93	42.21
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Mortier de ciment	2	0.014				

Fênêtre f1	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	13.44	67.2
Fênêtre f3	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	1.44	7.2
Fênêtre cage d'escalie	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	1.4	7
Porte P2	Opaque métal	/	/	/	4.5	4.13	18.58
Porte P3	Portes avec une proportion de vitrage < 30%	/	/	/	2.4	6.0	14.4
Porte P4 bois	Portes avec une proportion de vitrage < 30%	/	/	/	2.4	3.0	7.2

Les autres pièces D=0 (contact avec local chauffé)

Plancher haut D=0 (contact avec local chauffé).

Déperditions au niveau du 4eme étage: $D = D_{mur} + D_{fenetre} + D_{porte}$

$$D_s = K \cdot A \quad [W/C]$$

$$\sum R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5, \quad R = E/\lambda \cdot 1/k = \sum R + 1/h_e + 1/h_i$$

Tableau IV.18: Déperditions au niveau 4eme étage

Désignation	composition	E cm	R	1/H _e 1/H _i	K	A(m ²)	Déperdition (W/C°)
Mur extérieur du logement (30cm) contact avec l'extérieur	Mortier de ciment	2	0.014	0.17	1.31	119.6	156.67
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Lame d'air	5	0.16				
	Brique creux de 8 trous	10	0.20				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (béton) contact avec l'extérieur	Mortier de ciment	2	0.014	0.17	2.51	1.71	4.29
	béton	30	0.2				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (béton) contact avec local non chauffé (cage d'escalier)	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	2.87	20.30	58.26
	béton	15	0.1				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur extérieur du logement (brique) contact avec local non chauffé (cage d'escalie+séchoir)	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	1.23	28.83	35.46
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Lame d'air	5	0.16				
	Brique creux de 8 trous	10	0.20				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Mur intérieur (béton) contact avec local non chauffée sanitaire	Mortier de ciment	2	0.014	0.22	2.23	18.93	42.21
	Brique creux de 8 trous	10	0.2				
	Mortier de ciment	2	0.014				

Désignation	composition	E cm	R	1/H _e 1/H _i	K	A(m ²)	Déperdition (W/C°)
Plancher haut Toiture	Gravier roulé	3	0.3	0.22	2.02	143.86	290.4
	bitume	0.9	0.04				
	Entrevous béton	16	0.14				
	Mortier de ciment	2	0.014				
Fênetre f1	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	13.44	67.2
Fênetre f3	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	1.44	7.2
Fênetre cage d'escalie	Simple vitrage en menuiserie bois	/	/	/	5.0	1.4	7
Porte P2	Opaque métal	/	/	/	4.5	4.13	18.58
Porte P3	Portes avec une proportion de vitrage < 30%	/	/	/	2.4	6.0	14.4
Porte P4 bois	Portes avec une proportion de vitrage < 30%	/	/	/	2.4	3.0	7.2

$$D_t = D_s + D_r + D_l$$

D_s : Les déperditions par transmission surfacique

D_r : Déperdition par renouvellement d'air

D_l : Les déperditions linéiques

$$D_t = (D_{mur} + D_{porte} + D_{fenetre} + D_{plafond} + D_{plancher}) + D_r + D_l$$

$$D_s = 674.79 + (431.77 \times 3) + 722.17$$

$$D_s = 3888.37 \text{ w/c}^\circ$$

Déperdition par renouvellement d'air :

$$D_r = 0.34 \times \text{Taux} \times V_h, \quad V_h = 3341.52 \text{ m}^3$$

$$0.34 \times 1 \times 3341.52 \quad \text{Tau} = 1$$

$$D_r = 1136.11 \text{ w/c}^\circ$$

Les déperditions linéiques

$$D_l = 20\% D_s$$

$$D_l = 538.45 \text{ w/c}^\circ$$

$$D_t = 2692.27 + 1136.11 + 538.45$$

$$D_t = 4366.83 \text{ w/c}^\circ$$

Calcul Déperditions de références :

$$D_{réf} = a \times S1 + b \times S2 + c \times S3 + d \times S4 + e \times S5$$

-Les S_i (en m^2) représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur. 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 portes-fenêtres. 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 $W/m^2 \cdot ^\circ C$), sont donnés dans le tableau. Ils dépendent de la nature du logement et de la zone climatique

zone	Logement individuel					Logement en immeuble collectif				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
	1,10	2,40	1,40	3,50	4,50	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50
B	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
B'	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,90	2,40	1,20	3,50	4,50
C	1,10	2,40	1,20	3,50	4,50	0,85	2,40	1,20	3,50	4,50
D	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50
D'	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50	2,40	3,40	1,40	3,50	4,50

$$S1=147.02m^2, S2=143.86m^2, S3=1140.42m^2 ; S4=78.72m^2 ; S5=96.28m^2$$

$$D_{réf} = 0,90 \times 147.02 + 2,40 \times 143.86 + 1.2 \times 1140.42 + 3.5 \times 78.72 + 4.5 \times 96.28 / D_{réf}=2554.85 \text{ w/c}^\circ$$

Les déperditions par transmission D_T du logement doivent vérifier.. $D_t \leq 1.05 \times D_{ref}$ [W/°C] -

- D_T déperditions par transmission du logement,
- D_{ref} (en W/°C) représente les déperditions de référence.

$$1.05 \times D_{ref} = 1.05 \times 2554.85 = 2682.59 \text{ w/c}^\circ \quad D_t = 4366.83 \text{ w/c}^\circ$$

➤ Conclusion du diagnostic

Après avoir réalisé un diagnostic énergétique du bâtiment, qui nous a permis de mettre en valeur les postes de fortes consommations énergétiques.

On a trouvé le résultat suivant :

$$D_t \leq 1.05 \times D_{ref} \text{ (DTR)} \quad \Rightarrow \quad D_t = 4366.83 \text{ w/c}^\circ \text{ est supérieur à } 1.05 \times 2554.85 = 2682.59 \text{ w/c}^\circ$$

n'est pas vérifiée, D_T dépasse trop D_{ref}

Donc Le bâtiment présente une consommation en chauffage très élevée, qui s'explique par L'enveloppe relativement mal isolée et le débit d'infiltration important retenu dans nos calculs.

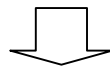
Nous avons également relevé des problèmes sur lesquelles pourront porter notre future Étude :

- 1) La climatisation et le chauffage fonctionnaient simultanément dans certaines pièces, ce qui engendre des consommations inutiles au niveau de la climatisation aussi bien qu'au niveau du chauffage.
- 2) Le bâtiment est très vorace en énergie. Nous préconiserons l'emploi de récupérateur de chaleur dans le bâtiment rénové. (Energies renouvelables)
- 3) On note de même qu'il y a de nombreux appareils téléviseurs, ordinateurs et réfrigérateurs dans le bâtiment. Ces appareils dégagent une forte chaleur qui n'est absolument pas valorisée.

En Algérie les valeurs des coefficients k des parois sont très souvent supérieur à $1.1 \text{ w/m}^2\text{C}$, alors que dans les pays, ou une réglementation thermique stricte est appliquée ses valeurs sont souvent comprise entre 0.25 et $0.5 \text{ w/m}^2\text{c}$



Absence d'application de réglementation thermique en Algérie



La construction des bâtiments énergivores

Il faut déclencher l'alarme

Etablissement un programme de rénovation énergétique

3.6) Solutions proposées :

Faisant suite aux techniques de la rénovation énergétique citée dans le chapitre III, et suivant les données apportées au paravent de notre cas d'étude nous apportons aux solutions suivants dont nous citons chaque cas avec illustrations accompagnés des critères adéquats ;

Les actions sur l'enveloppe considérées dans cette étude sont :

Solution 1 : Isolation thermique des parois extérieures.

Solution 2 : Restauration ou remplacement des baies vitrées.

Solution 3 : Variante 3 : Ajout d'une véranda.

Solution 4 : Restauration ou remplacement des baies vitrées.

Solution 5 : Amélioration de la des dispositifs de régulation/programmation

Solution 6 : l'orientation des locaux.

Solution 7: L'aménagement de l'espace et amélioration de l'éclairage naturel et artificiel..

Solution 8: Mise en place d'une toiture végétalisée

Solution 8: Intégration des énergies renouvelables.

Solution 8: Mise en place d'une toiture végétalisée

- **Solution1: Isolation thermique des parois par l'extérieur**

Dans ce cas nous allons mesurer l'impact de la mise en place d'une isolation par l'extérieur sur les besoins énergétiques du bâtiment.

-*Choix de l'isolant :*

Pour nos simulations nous avons choisi la laine de verre. Cet isolant a l'avantage d'être un matériau très peu cher, possédant des vertus isolantes intéressantes et qui a une énergie grise moins élevée que le traditionnel polystyrène. On l'utilise dans le bâtiment pour l'isolation thermique et l'isolation phonique ou encore comme absorbant pour la correction acoustique ou dans la protection contre les incendies.

La différence de consommation du bâtiment avec une isolation en laine de verre et en ouate de cellulose est quasiment nulle moins de 1 % en faveur de la ouate de cellulose.

-*Mise en œuvre:*

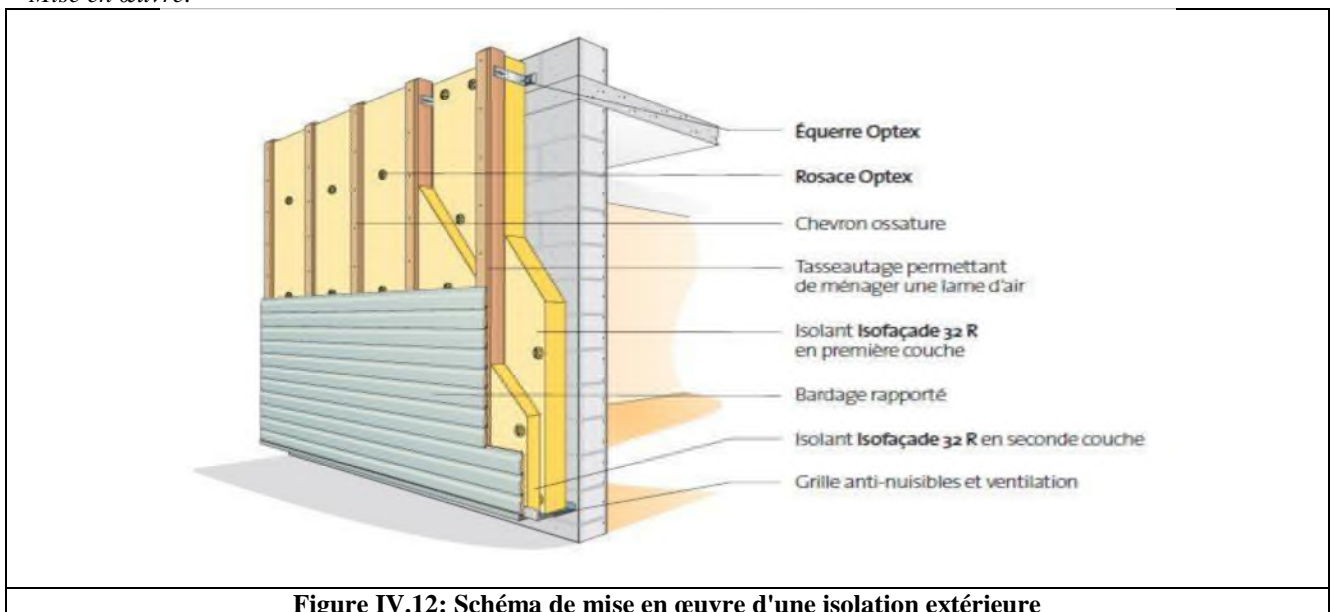


Figure IV.12: Schéma de mise en œuvre d'une isolation extérieure

Constat et mise en garde

Les murs des constructions en Algérie sont généralement en maçonnerie, certains en panneaux préfabriqués en béton armé, Leur épaisseur et leur masse sont importantes mais ne jouent en aucun cas un rôle d'isolant. En revanche, leur inertie thermique a une forte incidence sur la mise en régime et les variations thermiques du bâtiment ainsi que sur le confort d'été.

Les murs constituent la surface de déperdition la plus importante. Leur isolation est évidemment fortement recommandée mais elle se heurte à trois problèmes :

- Le contrôle de l'humidité : les murs de maçonnerie montés en moellons de pierre, mortier de chaux et parfois de terre conduisent facilement l'humidité du sol par capillarité ; cette humidité s'évapore par les faces intérieures et extérieures et ne crée pas en général de désordre particulier tant que les enduits de ces deux faces restent poreux. C'est pour cela qu'il ne faut pas utiliser pour les parements extérieurs des mortiers de ciment ou autres préparations étanches (comme on le ferait sur des murs de parpaing) mais un mortier de chaux aérien traditionnel. Il en est de même du côté intérieur où l'enduit plâtre traditionnel laisse passer suffisamment d'air pour assainir le mur. Il faut donc éviter les doublages étanches (type plaques de plâtre) en particulier au rez-de-chaussée.

-La préservation des décors intérieurs et de l'architecture de façade : le respect de l'architecture des façades exclut en général la technique d'isolation par l'extérieur. De même, beaucoup de maisons possèdent encore des décors intérieurs intéressants (plinthes moulurées, corniches de plafond, cheminées...) qu'il faut aussi préserver, ce qui limite les possibilités d'isolation intérieure. Dans les maisons ordinaires, ces décors ne concernent souvent qu'un niveau et une seule façade et il est possible d'isoler le reste des parois.

- La réduction des surfaces et des largeurs de passage, dans les maisons construites sur une parcelle étroite, il est parfois difficile de rajouter une épaisseur d'isolation importante en particulier le long de murs mitoyens. L'épaisseur d'isolation peut alors être diminuée mais il faut éviter de l'interrompre complètement pour éviter tout risque de condensation sur ces parties de murs et créer des ponts thermiques.

L'épaisseur d'isolation optimale est de 10 cm, à réaliser en enduit chaux-chanvre. Toute autre technique est fortement déconseillée, car elle peut conduire à terme au dépérissement des murs.

Cette dernière technique d'enduit relativement nouvelle a l'avantage de faire corps avec le mur de maçonnerie et d'être perméable à l'air, ce qui évite les risques d'humidité. Elle ne permet cependant pas de faire disparaître l'humidité là où elle se manifestait déjà. Un autre de ses avantages est de pouvoir faire varier son épaisseur suivant les endroits où l'enduit est appliqué, s'ajustant ainsi aux détails constructifs de la maison (retour dans les ébrasements de fenêtre par exemple).

Avantages

Les dépenses généralement engagées sont modérées mais les incidences constructives et architecturales (traitements spécifiques, détails...) de la pose d'isolant peuvent entraîner certains surcoûts. Un gain allant de 10% à 20% sur la consommation totale peut aisément être obtenu. La suppression des parois froides et l'augmentation des températures de surface améliorent fortement l'impression de confort.

La protection solaire des baies vitrées en période estivale, en stoppant la transmission des rayons solaires, peut pallier l'élévation trop importante des températures.

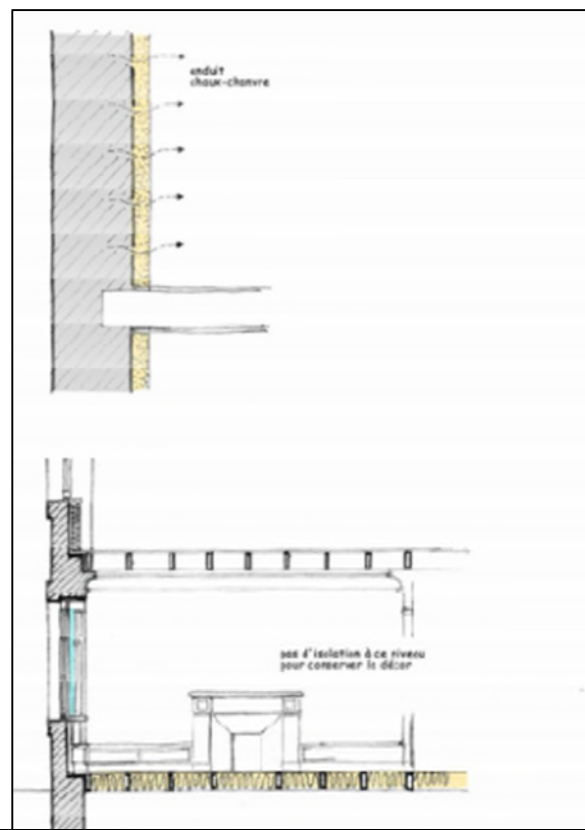


Figure IV.13: Schéma de mise en œuvre d'une isolation

- **Solution 2 : Restauration ou remplacement des baies vitrées**

Confortation des menuiseries existantes en bois

La menuiserie est en bon état et peut supporter une réfection de ses vitrages :

- soit en appliquant un survitrage intérieur ; dans ce cas, le survitrage est à la dimension de l'ouvrant,
- soit en remplaçant des vitrages d'origine par des doubles vitrages minces qui respectent le découpage en petit bois actuel de la fenêtre.

Le calfeutrement des joints par joints élastomères est facile à réaliser et efficace mais peu durable ; des joints métalliques sont probablement préférables.

Pose d'une double fenêtre

La double fenêtre est mise en place en arrière (côté intérieur) de la baie d'origine qui, elle, reste en place. Si une isolation intérieure est prévue, la double fenêtre prend logiquement place en continuité du doublage isolant.

Avantages et inconvénients

Le coût de la pose d'une double fenêtre reste inférieur à celui du remplacement de la baie existante pour un résultat d'isolation thermique et acoustique un peu supérieur.

Les principaux inconvénients sont la difficulté d'accès à la fenêtre de façade et la réduction de l'éclairage naturel.

La présence d'un radiateur dans l'embrasure pose un problème supplémentaire de bonne convection de l'air chaud.

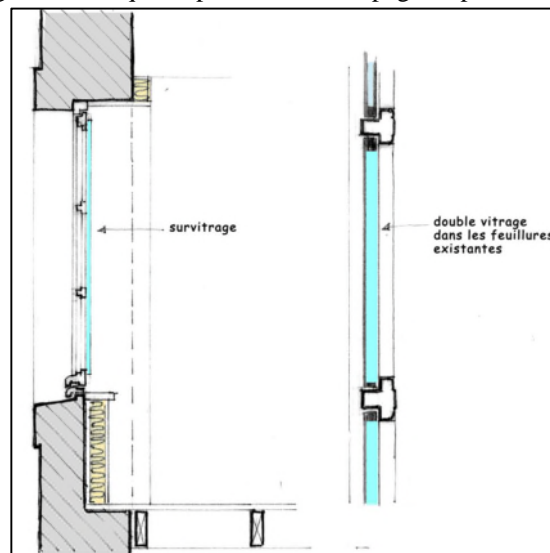


Figure IV.14 : Schéma de double vitrage

Remplacement des ouvertures

Le remplacement des ouvertures ne doit pas compromettre l'aspect de la façade. Pour les façades protégées du Secteur Sauvegardé et pour toutes les façades à caractère patrimonial la nouvelle menuiserie devra reprendre les caractéristiques de celle d'origine.

Avantages et inconvénients

En termes d'économies d'énergie et de confort thermique et acoustique les avantages du remplacement sont à peu près les mêmes que ceux d'une double fenêtre. Ce choix s'impose évidemment si la menuiserie d'origine est en trop mauvais état pour être restaurée.

L'amélioration de l'étanchéité des ouvertures peut nécessiter la pose d'une ventilation mécanique pour assurer un renouvellement d'air intérieur suffisant.

Les volets extérieurs jouent un rôle non négligeable pour le confort thermique. Fermés la nuit, l'hiver, ils renforcent le pouvoir isolant des fenêtres mais surtout réduisent l'effet déperditif du rayonnement nocturne ; fermés le jour, l'été, ils évitent les apports solaires internes non souhaitables à cette saison. Les volets roulants sont en revanche incompatibles avec la préservation de l'aspect patrimonial de la plupart des façades.

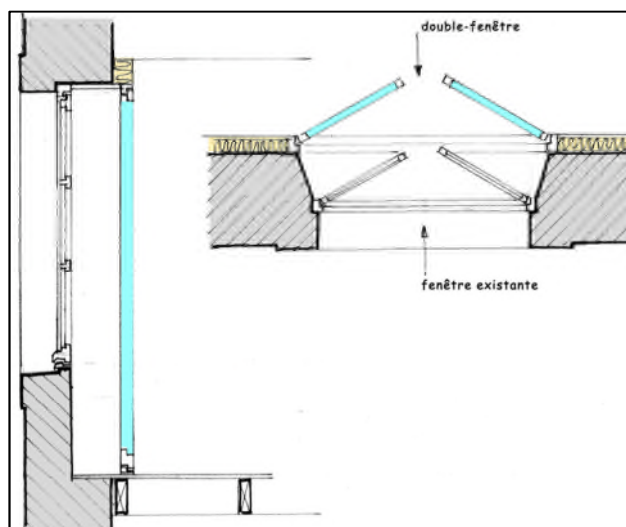


Figure IV.15: Schéma de double fenêtre

On a pris pour le remplacement des ouvertures par des fenêtres (pvc) en double vitrage.

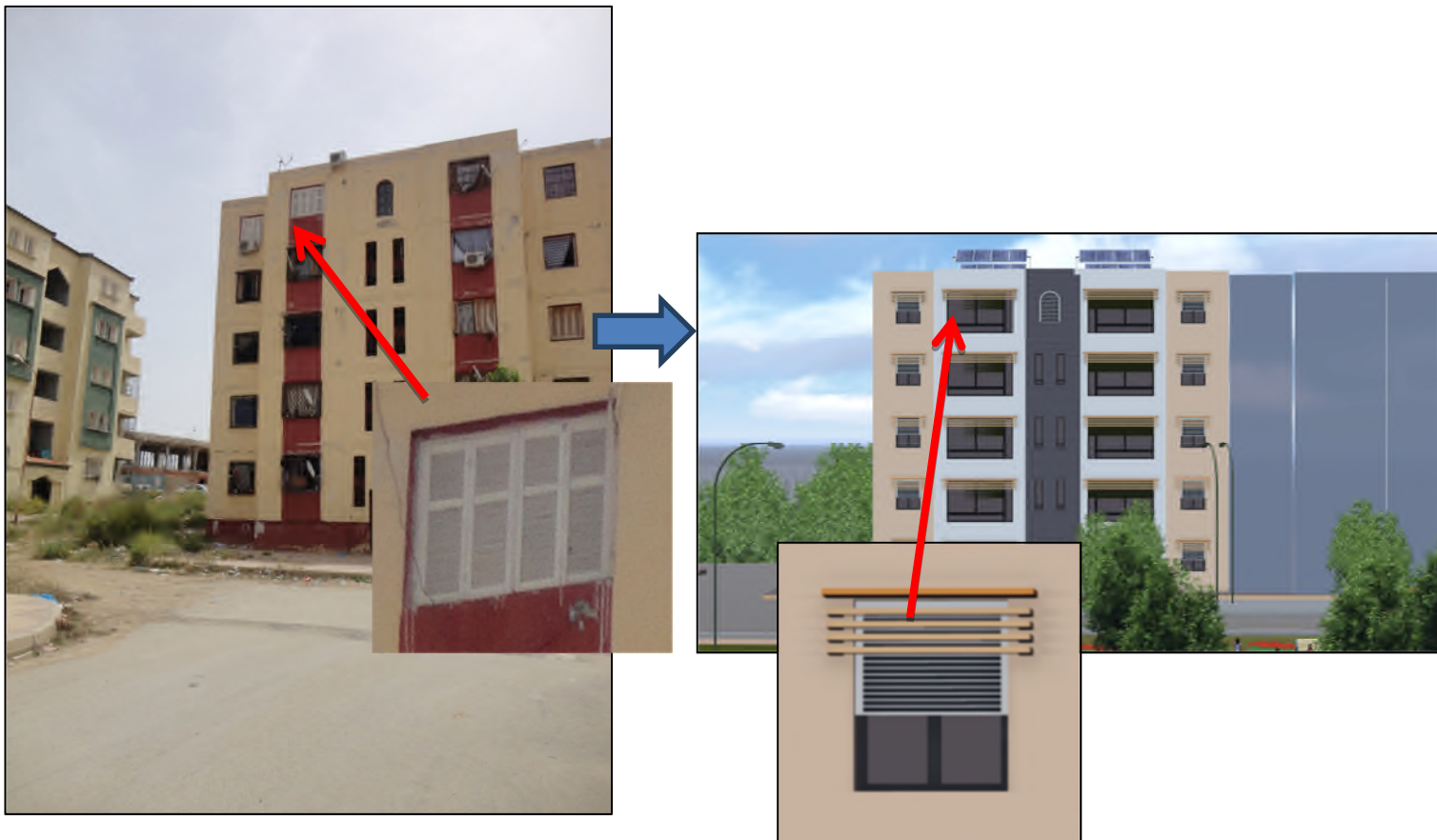


Figure IV.16: changement des ouvertures.

Le double vitrage est une solution très appréciée, de nos jours, tout simplement parce qu'il réunit tout ce que le vitrage doit apporter à une habitation :

- une bonne isolation thermique
- une bonne isolation phonique
- une sécurité optimale
- un certain esthétisme
- du confort

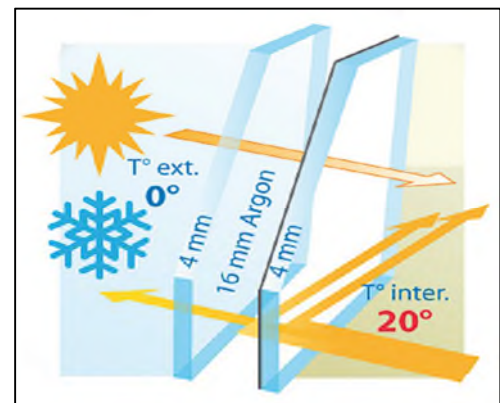


Figure IV.17: le double vitrage

avantages :

- Une économie globale sur tous les postes et en particulier le poste énergétique ;
- une sécurité accrue, car il est moins facile de briser les vitres de vos fenêtres afin de rentrer par effraction dans votre habitation ;

- une isolation acoustique optimale de votre environnement,
- une excellente isolation thermique de votre habitation.

- **Solution 3 : Ajout d'une véranda**

Installation d'une serre véranda

Cette installation consiste en un doublage d'une partie de la façade (arrière) par un volume vitré non chauffé qui va assurer un rôle de tampon (isolant) entre l'intérieur et l'extérieur. Si l'orientation au soleil est favorable elle devient une sorte de capteur solaire qui peut réchauffer le mur auquel elle est adossée et réchauffer l'air ambiant par une simple ouverture des baies entre l'espace de vie et la véranda. En termes d'agrément, cet espace peut devenir jardin d'hiver, prolongement de l'espace de vie à la mi-saison. Il doit pouvoir être très ventilé, grâce à des ouvrants verticaux, pour éviter les surchauffes d'été. La toiture peut également être protégée du soleil par des stores amovibles. Le sol doit être lourd et inerte pour tempérer les fortes variations de température jour/nuit.



Figure IV.18: Ajout d'une véranda

Avantages

La véranda peut régler en partie les problèmes d'isolation des parois de la façade et éviter le remplacement de menuiseries de façade peu performantes. Un fort taux de transparence des vitrages doit être recherché pour ne pas réduire de manière sensible l'éclairage naturel des pièces de séjour situées en arrière.

Réalisation d'une extension habitable du logement Il s'agit alors d'un volume chauffé qui agrandit la surface habitable de la maison. Il ne constitue pas vraiment un dispositif d'économie d'énergie mais, s'il est correctement isolé, la consommation globale de la construction n'en sera pas ou peu augmentée. L'intérêt de ce type d'extension est en particulier de créer une pièce lumineuse. Les surfaces vitrées sont donc généreuses et fortement transparentes ; elles nécessitent d'être protégées du soleil pour réduire les surchauffes liées à l'ensoleillement.

Avantages

Les coûts sont importants mais les gains en termes d'agrément et d'extension de l'espace habitable sont conséquents sans entraîner des consommations supplémentaires de chauffage sensibles. Suivant l'orientation de la façade à laquelle elle est accolée, et selon l'importance des masques, cet espace, serre ou véranda, peut jouer soit le rôle de capteur solaire, soit d'espace tampon ; les relations avec les espaces de vie sont alors à régler en conséquence. La véranda extension devra être très lumineuse et bien réfléchir la lumière, pour limiter l'effet d'occultation du ciel qui réduit l'éclairage naturel intérieur des pièces situées en arrière. Enfin, la surface de la toiture de la véranda pourra accueillir, si les conditions s'y prêtent (bonne exposition vers le sud, connexion facile réseau de chauffage d'eau) des panneaux solaires pour le préchauffage de l'eau chaude sanitaire.

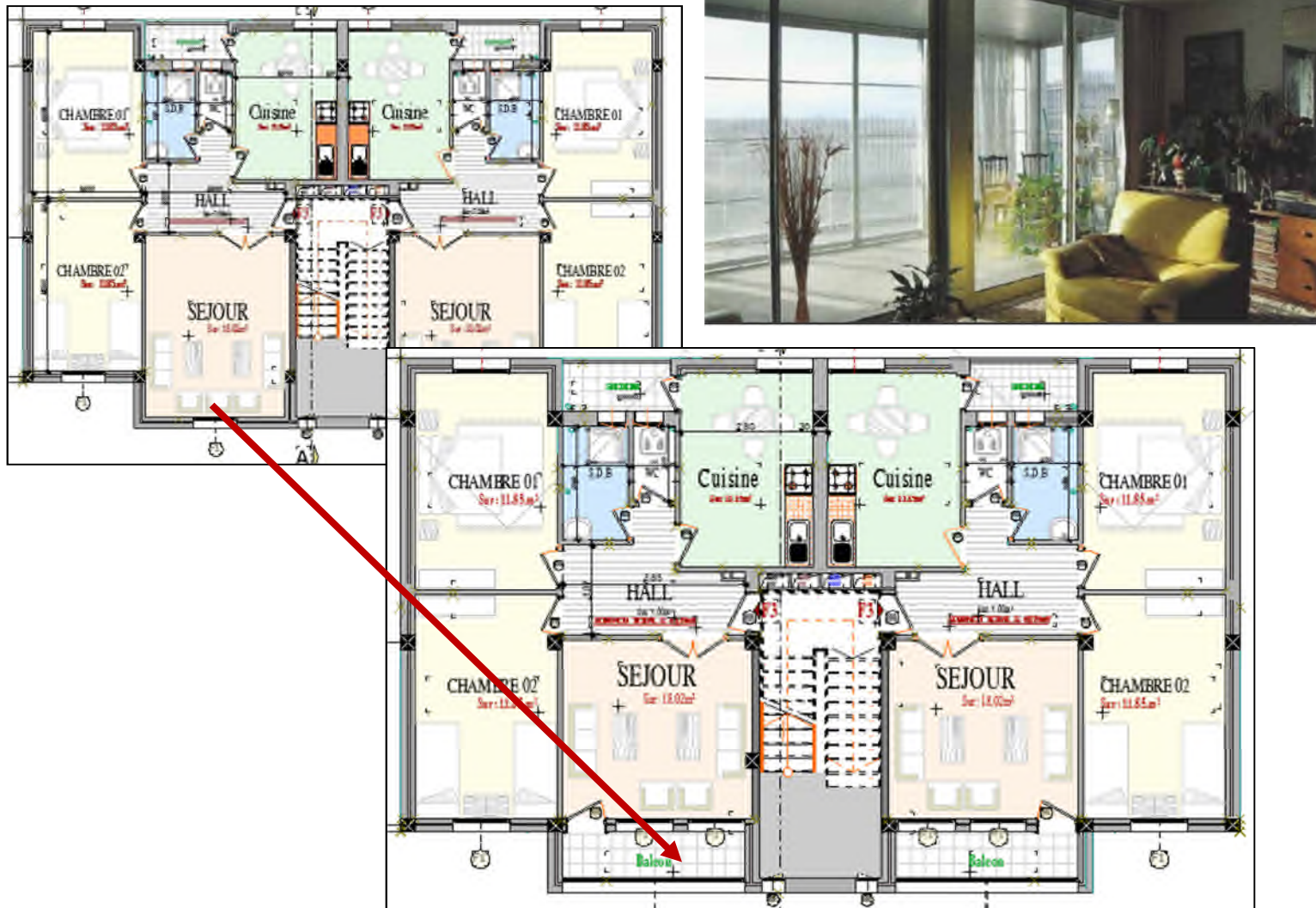


Figure IV.19: Ajout d'une véranda

A l'opposé d'une réponse exclusivement technique (ajout de matière isolante et de systèmes de production d'énergie), le projet consiste la création de nouveaux espaces. Constituée de balcons et jardins d'hiver sur les façades sud, l'extension des logements permet de capter et se protéger de l'énergie solaire en plus d'atténuer les nuisances sonores du boulevard. Différentes couches composent cet espace créé : des rideaux d'ombrage situés derrière les parois en polycarbonate transparent des jardins d'hiver, ainsi que des rideaux thermiques et phoniques à l'intérieur des logements, accolés aux châssis vitrés coulissants. Ces différents filtres permettent aux occupants de réguler eux-mêmes et de façon simple les apports de chaleur et de lumière naturelle.

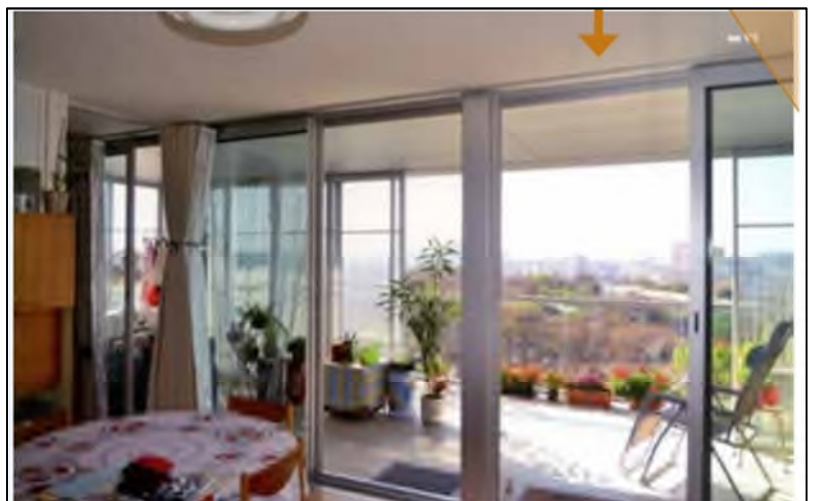


Figure IV.20: photo jardin d'hiver.

Solution 4 : Restauration ou remplacement des baies vitrées :

Une des particularités de l'habitat ancien c'est sa porosité à l'air, comme à l'eau d'ailleurs. Les baies sont rarement totalement étanches, les murs respirent, la toiture laisse passer l'air, et, ces infiltrations contribuent cependant au maintien en bon état des constructions. Sur le plan thermique pur et celui des consommations, ces déperditions sont catastrophiques et les premières mesures de réhabilitation consistent à rendre la construction étanche en intégrant de l'isolation ou en remplaçant portes et baies vitrées. Il est alors nécessaire d'harmoniser les interventions de réhabilitation avec la nécessité de maintenir une ventilation suffisante pour le confort mais aussi pour la santé de la construction (voir fiche 3). Dans tous les cas la ventilation naturelle des caves doit être maintenue.

Pose d'une VMC ventilation mécanique simple flux: La meilleure façon de maîtriser les débits d'air circulant dans le logement est l'installation d'une ventilation mécanique contrôlée. Une VMC simple flux comprend les éléments suivants :

- Entrées d'air par des bouches intégrées en partie haute des baies (neuves ou pas) des pièces principales (séjour, salon, chambres),
 - Bouches d'extraction dans les pièces humides (cuisine, salles d'eau, WC) reliées à un réseau de gaines,
 - Extracteur suspendu dans les combles perdus si possible relié à une sortie de toiture pour évacuer l'air extrait.
- Cette VMC simple flux peut être de type auto réglable (entrées d'air et extractions à débits constants) Ou hygro réglables (débits variables en fonction de l'hygrométrie dans les pièces). Cette dernière est plus performante techniquement mais présente l'inconvénient de réduire les débits, et dans un bâti ancien, nous préconisons de ne pas trop limiter ces circulations d'air, souvent salvatrices pour la pérennité du bâtiment.

Avantages

Débits contrôlés, ventilation générale et permanente. Investissement moindre dans la mesure où la maison s'y prête (passage de gaines faciles) pour des économies générées rapidement et une certaine assurance au niveau de la durabilité du bâtiment.

Figure IV.22: ventilation mécanique dans un logement

- ✓ Air neuf ;entre par les pièces principales
- ✓ Air pollué rejeté par la cuisine et les toilettes,

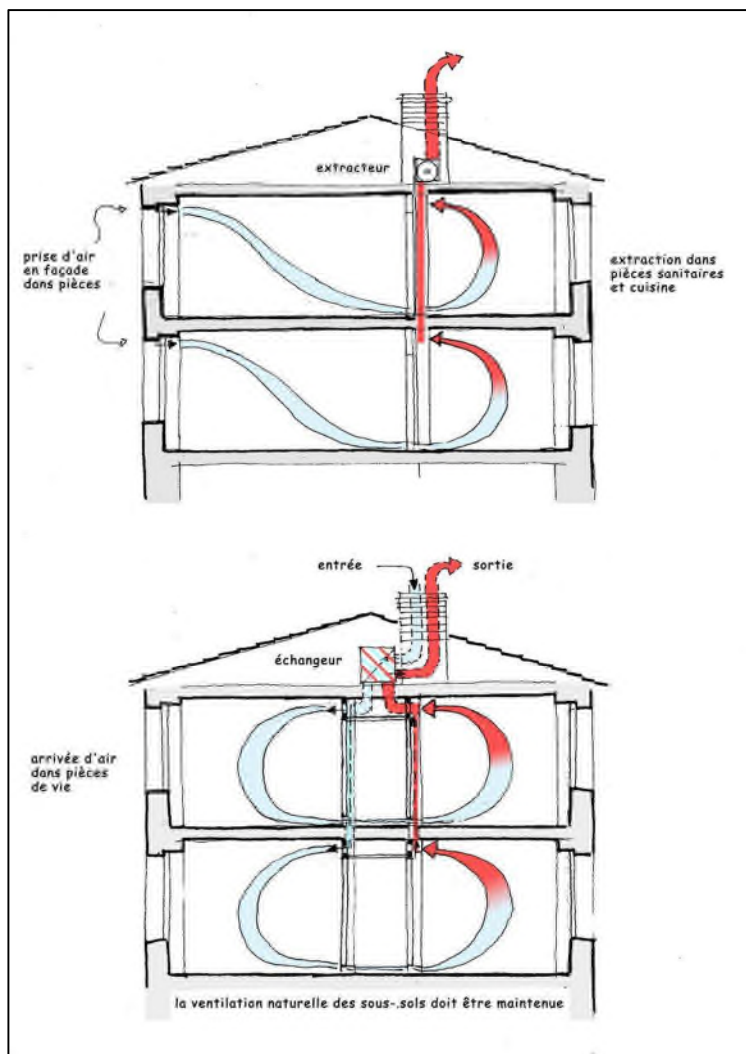
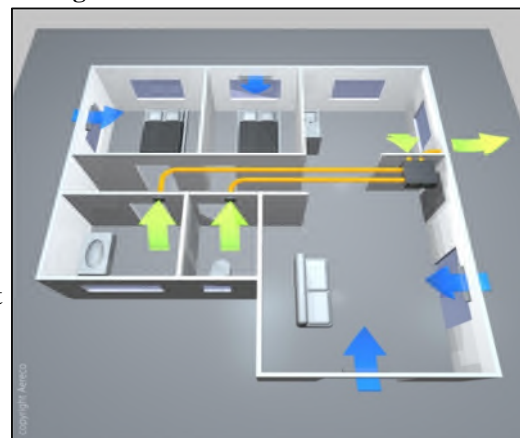


Figure IV.21: contrôle de ventilation



Solution 5 : Amélioration de la des dispositifs de régulation/programmation

Le changement du système de chauffage actuel par la mise en place d'un système de chauffage collectif (une chaudière collective)

Constat

Un système de chauffage n'est réellement performant que dans la mesure où il s'accompagne de dispositifs de régulation et programmation également performants. L'installation d'une chaudière ou d'un équipement de chauffage neuf intègre généralement une régulation thermique spécifique, mais pas forcément totalement appliquée sur l'ensemble des composants du système (comme les radiateurs par exemple). Pour les chaudières déjà en place, il est souhaitable de vérifier les systèmes de contrôle et de régulation / programmation et de les améliorer. Des gains importants de consommations peuvent être ainsi facilement obtenus (jusqu'à 15% pour des équipements existants sans aucune régulation autre qu'une intervention manuelle).



Figure IV.23 : régulateur

Amélioration de la régulation : il s'agit de contrôler les températures intérieures pièce par pièce pour mieux atteindre la température de confort souhaitée (19°C par exemple). Ceci passe généralement par l'installation de robinets thermostatiques sur les radiateurs existants de façon à avoir un contrôle assez fin de la température dans la pièce. Une sonde d'ambiance murale peut être installée dans la pièce principale, faisant alors bien souvent office de thermostat programmable.

Avantages

Plus la régulation sera optimisée plus la chaudières s'adaptera aux réels besoins des occupants et procurera du confort. Dans le cadre d'un remplacement de chaudière, cette dernière sera certainement équipée d'une sonde extérieure, permettant en intérieure, d'anticiper les écarts de température extérieure.

Amélioration de la programmation : il s'agit cette fois d'optimiser les périodes de chauffe en programmant des scénarii présence / absence et donc de jouer sur deux régimes de température : confort / réduit. Une différence de 3°C entre les deux régimes (19°C / 16°C) apportera des économies intéressantes. Il paraît presque évident de chauffer moins quand on est absent ou quand on dort. Il faut toutefois que l'installation s'y prête : attention aux questions de déphasage, d'inertie thermique, de masse des matériaux. Ceci est également à proscrire avec des émetteurs de type plancher chauffant, le temps de réaction du système étant trop long, ceci aurait l'effet inverse sur la facture de chauffage et le confort.

Avantage

Economies vite réalisables pour un investissement moindre. L'intérêt est de chauffer où il faut, quand il faut, ce qui procure confort et économies. Des technologies sans fil permettent de s'adapter à une chaudière existante sans travaux. Il existe une large gamme de thermostats programmables du plus simple au plus sophistiqué.

Isolation des réseaux de distribution :

Dans le cas de chaudières et/ou ballons d'eau chaude

existants positionnés dans la cave,

l'isolation des réseaux de chauffage et d'eau chaude sanitaire

régulation s'avère primordiale. Il s'agit d'entourer les conduites en question d'un matériau isolant (coquille en mousse isolante) qu'on appelle un calorifuge. Ceci permet simplement de limiter les pertes thermiques tout au long du réseau en dehors du volume chauffé. Mieux vaut conserver la chaleur dans la tuyauterie jusqu'à sa destination finale plutôt que de réchauffer sa cave

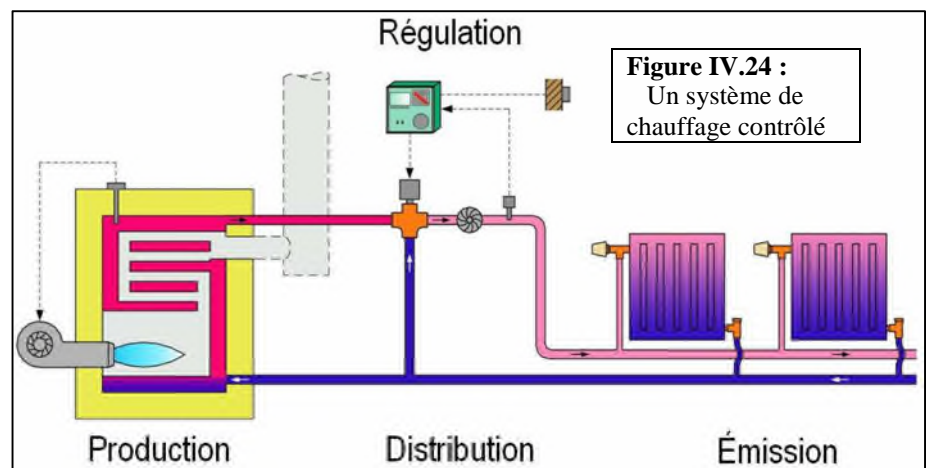


Figure IV.24 :
Un système de
chauffage contrôlé

Avantages

C'est le geste le plus simple à faire pour commencer à optimiser son installation thermique. Très faible investissement, retour immédiat.

La combinaison de toutes ces améliorations peut conduire jusqu'à 15% d'économie sur la facture

Solution 6: l'orientation des locaux

La conception d'un bâtiment, son implantation, son orientation influence notablement sur son comportement thermique, en été ou en hiver,

- Par l'exposition au soleil,
- Par la protection ou l'exposition au vent.

Orienter vers le sud les pièces de jour (séjour, salon, cuisine, et y mettre le plus possible de larges baies vitrées (10 à 20 m²), en prévoyant des dispositifs d'ombrage pour l'été. Vitrer sans excès les pièces situées à l'est et à l'ouest, et ne pas mettre de fenêtres au nord. Disposer des espaces tampon au nord : sanitaires. Pour un logement bien conçu, les apports solaires peuvent compenser 40% des déperditions, et le surcoût d'investissement peut être nul.

Pour notre cas, on va pas toucher à la répartition des pièces, à part l'intégration de large baies vitrées à la façade sud avec des dispositifs d'ombrage pour l'été.

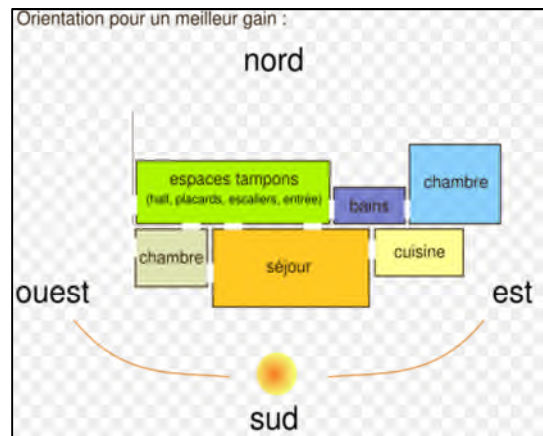
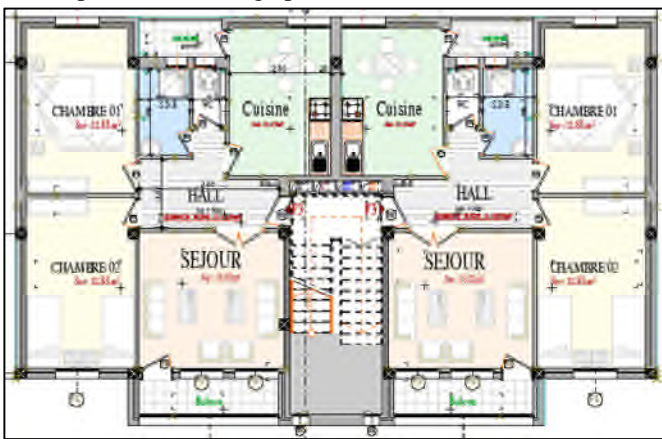


Figure IV.25: une conception bioclimatique

Solution 7 : L'aménagement de l'espace et amélioration de l'éclairage naturel et artificiel.

L'aménagement de l'espace peut s'effectuer grâce à la décoration intérieure. Cette dernière y joue un rôle important, ainsi que la couleur utilisée. En effet, les couleurs dégagent un langage :

- les couleurs foncées, qui absorbent la lumière, expriment une sensation d'oppression et de fatigue.
- les couleurs claires, qui réfléchissent la lumière, illuminent une pièce et encouragent la propreté donnent un aspect lumineux et accueillant.
- les couleurs flashy augmentent le dynamisme.
- les couleurs dans les tons bois réchauffent l'atmosphère et permettent une ambiance naturelle.

De plus, nous pouvons incorporer des plantes vertes.



Figure IV.26 : les couleurs claires des murs et des menuiseries favorisent une ambiance plus douce

D'autres moyens divers pour améliorer les conditions d'éclairage :**- Augmenter la pénétration du soleil et le niveau de visibilité du Ciel en réduisant les masques.**

- Augmenter les prises de jour.
- Améliorer la transparence. Les vitrages constituent un filtre à la transmission solaire et lumineuse.
- Améliorer les réflexions lumineuses.
- Aménager en fonction des sources d'éclairage naturel.
- Augmenter l'efficacité lumineuse des dispositifs d'éclairage artificiel : par le Remplacement des ampoules à incandescence qui dépensent la plus grande part de leur énergie en chaleur par des ampoules à économies d'énergie

Coûts et avantages

Les coûts d'intervention sont généralement faibles ou du moins intégrés dans des opérations dont le but essentiel n'est pas la recherche d'efficacité lumineuse (relookage du logement, travaux d'aménagements du jardin, reprise d'enduit de façades, remplacement des fenêtres...). Dans toute intervention, il est toujours important de questionner tous les aspects du projet de réhabilitation dont celui de l'éclairage.

La mise en place d'un bon système d'éclairage, qui profite au mieux de la lumière du jour, améliore le Confort, l'agrément visuel et la santé, tout en réduisant les dépenses d'éclairage.



Figure IV.27: une couleur blanche (claire)

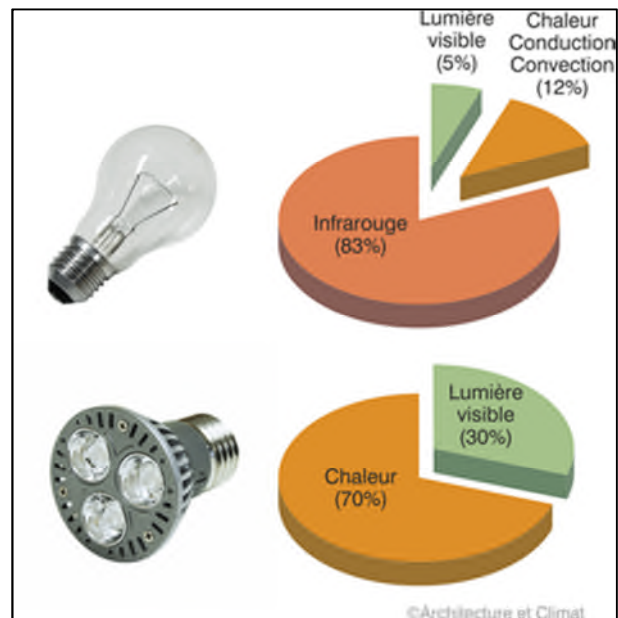


Figure IV.28: changement de lampes existantes

- **Solution 8 : Mise en place d'une toiture végétalisée**

La mise en place d'une toiture végétalisée comprend la mise en place d'une couche d'isolant..

On choisit la laine de roche comme isolant, correspondant à une classe d'incompressibilité élevée, afin de garder les performances du matériau malgré le poids des éléments qui s'applique sur lui. Il peut également être remplacé par d'autres isolants toujours de classe

Le toit vert est un concept utilisant un mélange de terre et de végétaux enracinés sur les toits permettant de réaliser des toitures bien isolées phoniquement, étanches à l'air et à l'eau, résistantes au vent et au feu. Le tout se faisant avec des matériaux facilement disponibles.

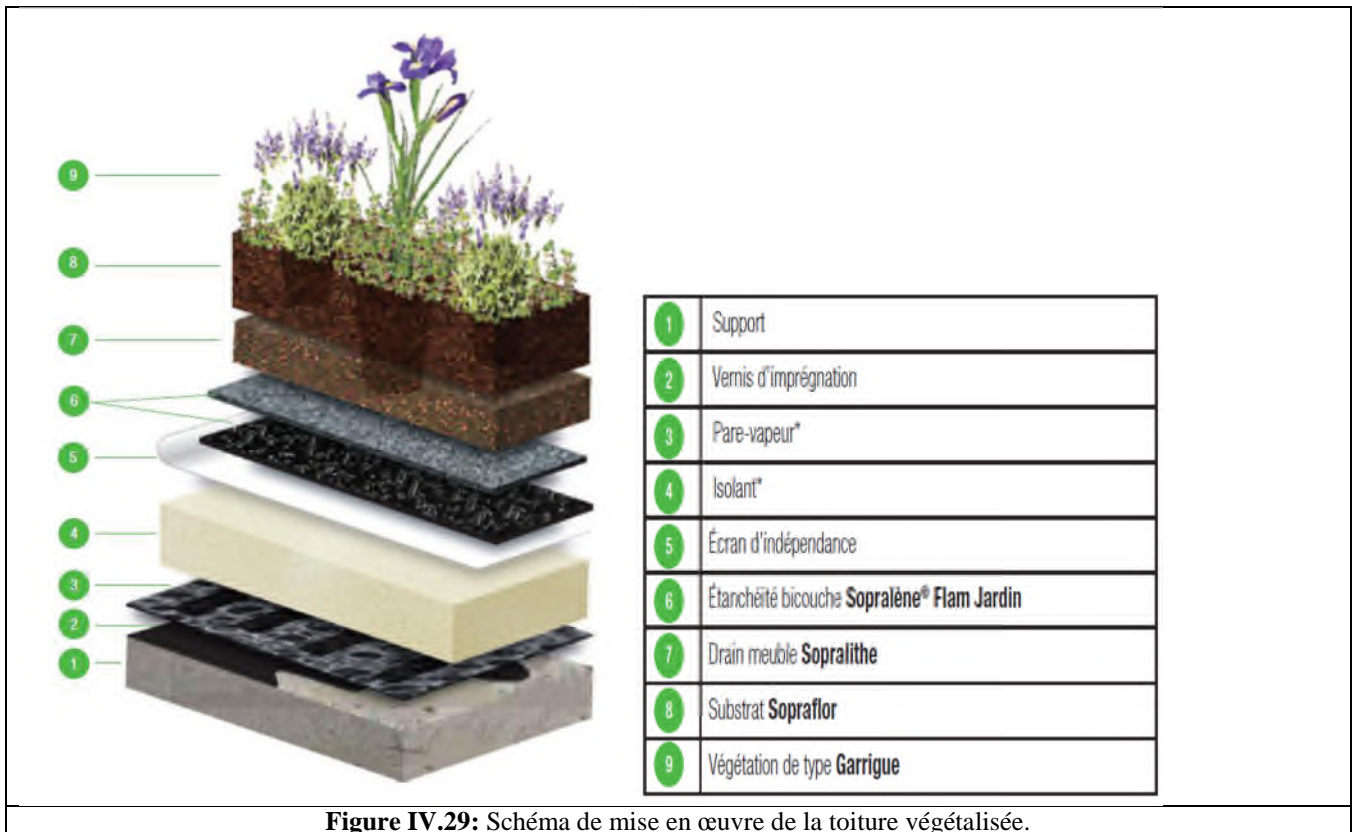


Figure IV.29: Schéma de mise en œuvre de la toiture végétalisée.

Avantages

Intérêt écologique et sanitaire

- Une diminution des taux de CO et CO₂.
 - Une augmentation de la superficie disponible en espace de nature
 - Des effets bénéfiques sur le climat, les microclimats, l'hygrométrie, et donc sur la santé et le bien-être des habitants.
- Un impact très positif sur l'eau avec une filtration et une épuration biologique des eaux de pluies.

Impacts techniques

- Une protection de l'étanchéité résulte du fait que les matériaux imperméabilisants résistent plus longtemps à l'abri des ultraviolets (UV) et du rayonnement thermique solaire.
- Une protection contre les chocs thermiques

- **Solution 9 : Intégrer les énergies renouvelables**

- ✓ **L'énergie solaire**

L'énergie reçue chaque année par la terre représente 10 000 fois la consommation énergétique totale de l'homme. Il y a donc notre à disposition une source d'énergie gratuite, non polluante et disponible partout pour 5 milliards d'années encore.

L'eau chauffée par le soleil à travers des capteurs peut être utilisée pour différentes applications :

- l'eau chaude sanitaire individuelle et collective
- le chauffage de l'habitation
- la production d'électricité

- ✓ **Le chauffe-eau solaire**

L'orientation idéale pour les capteurs est plein sud avec une inclinaison de 45° par rapport à l'horizontale. Une toiture exposée à l'est ou à l'ouest peut recevoir des capteurs mais avec un rendement diminué de 10 à 15%. Le dimensionnement de l'installation dépend des besoins de l'utilisateur.

Une installation correctement dimensionnée couvre entre 40 et 70 % des besoins en eau chaude, ce qui réduit d'autant la consommation d'énergie d'appoint, entraînant une économie financière et évitant l'émission de gaz à effet de serre.

L'hiver, l'eau froide est préchauffée par l'installation solaire, avant d'être portée à la température de consigne par

l'appoint (résistance électrique ou chaudière).

L'été, le solaire couvre la totalité des besoins (sauf si manque d'ensoleillement sur plusieurs jours).

Il est fortement recommandé d'installer un système de comptage lors de l'installation de votre chauffe-eau, il permet de :

- repérer les dysfonctionnements permettant de les corriger rapidement,
- connaître précisément l'énergie économisée et donc le retour sur votre investissement.

L'énergie produite dans la journée peut être stockée pour être ensuite distribuée dans les émetteurs de chaleur, dans ce cas on parle de **système combiné eau chaude et chauffage solaire**.

Le système est composé de quatre éléments :

- les capteurs solaires

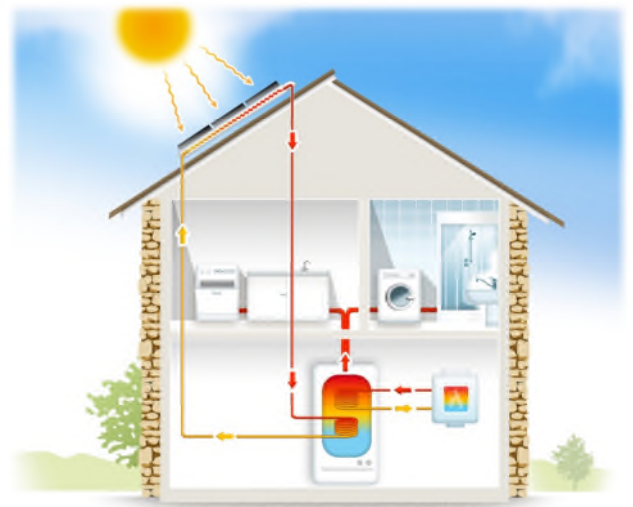


Figure IV.30: fonctionnement d'une installation solaire

- le dispositif de stockage (ballon-tampon ou dalle) qui va stocker l'eau chauffée par l'intermédiaire du fluide caloporteur
- des émetteurs de chaleur
- une régulation

Ces deux derniers éléments sont reliés par un circuit hydraulique. Comme pour l'eau chaude, il faut prévoir un système d'appoint pour les jours sans soleil.

La surface de capteurs solaires nécessaires pour assurer l'eau chaude sanitaire et le chauffage est d'environ 10 % de la surface de plancher auquel s'ajoute 1m^2 par habitant dans le logement. Il faut compter environ 50 à 60 litres/personne pour le dimensionnement du ballon de stockage.

✓ **L'eau chaude solaire collective**

L'énergie solaire peut être utilisée pour préchauffer l'eau chaude sanitaire dans les logements collectifs, ce qui permet de réduire la quantité d'énergie d'appoint à apporter et donc les charges pour les locataires.

✓ **La production d'électricité**

Le solaire photovoltaïque a pour particularité de transformer la lumière en courant électrique.

La cellule photovoltaïque se compose principalement de silicium, matériau dit semi-conducteur, dont la propriété est de générer de l'électricité quand il reçoit la lumière du soleil, c'est l'effet photovoltaïque.

Le courant est collecté par une grille conductrice en partie supérieure et un métal conducteur en face arrière. La cellule photovoltaïque est un générateur électrique élémentaire.

Les cellules ne générant qu'une petite quantité d'électricité (0.6 V), il est impératif de les assembler en série pour augmenter la tension. Plusieurs cellules mises en série forment donc un module photovoltaïque et des modules mis en série forment le générateur photovoltaïque. Les cellules de silicium sont de faible épaisseur et très fragiles. Il est nécessaire de les protéger des intempéries par une vitre transparente. Elles sont dépourvues de tout mouvement de pièces mécaniques ce qui permet aux fabricants d'offrir des performances avec +/- 10% de pertes sur 25 ans.

L'unité utilisée pour caractériser la puissance d'un générateur photovoltaïque est le watt crête (W_c). C'est la puissance délivrée sous un ensoleillement optimum de 1000 W/m^2 et à 25°C (les performances sont fonctions de la température).

Ces énergies renouvelables intégrées au bâtiment vont assurer :

- **L'éclairage de la cage d'escaliers.**
- **L'éclairage extérieur de la cité.**
- **L'eau chaude sanitaire.**



Figure IV.31 : l'emplacement des panneaux solaires et photovoltaïques au niveau de la toiture

- **Solution 10 : protection solaire.**

Par l'ajout d'un brise-soleil ou pare-soleil au niveau de la façade sud (c'est un élément d'architecture servant à diminuer l'inconfort lié au rayonnement direct du soleil).

Il permet de protéger tout ou partie d'une façade, d'un sol (rue, cour intérieure, terrasse...) de l'exposition solaire pour éviter la surchauffe ou l'éblouissement.

Une orientation judicieuse permet de contrôler les apports solaires (chaleur, lumière, rayonnement ultra-violet) selon l'heure ou la saison. L'influence sur la correction des variations saisonnières est d'autant plus perceptible que le bâtiment se situe dans une région proche du cercle polaire, où les variations de hauteur de soleil par rapport à l'horizon sont les plus importantes.

En été, le soleil peut être caché, et en hiver il peut pénétrer jusqu'au fond d'une pièce pour mieux l'éclairer et la chauffer.

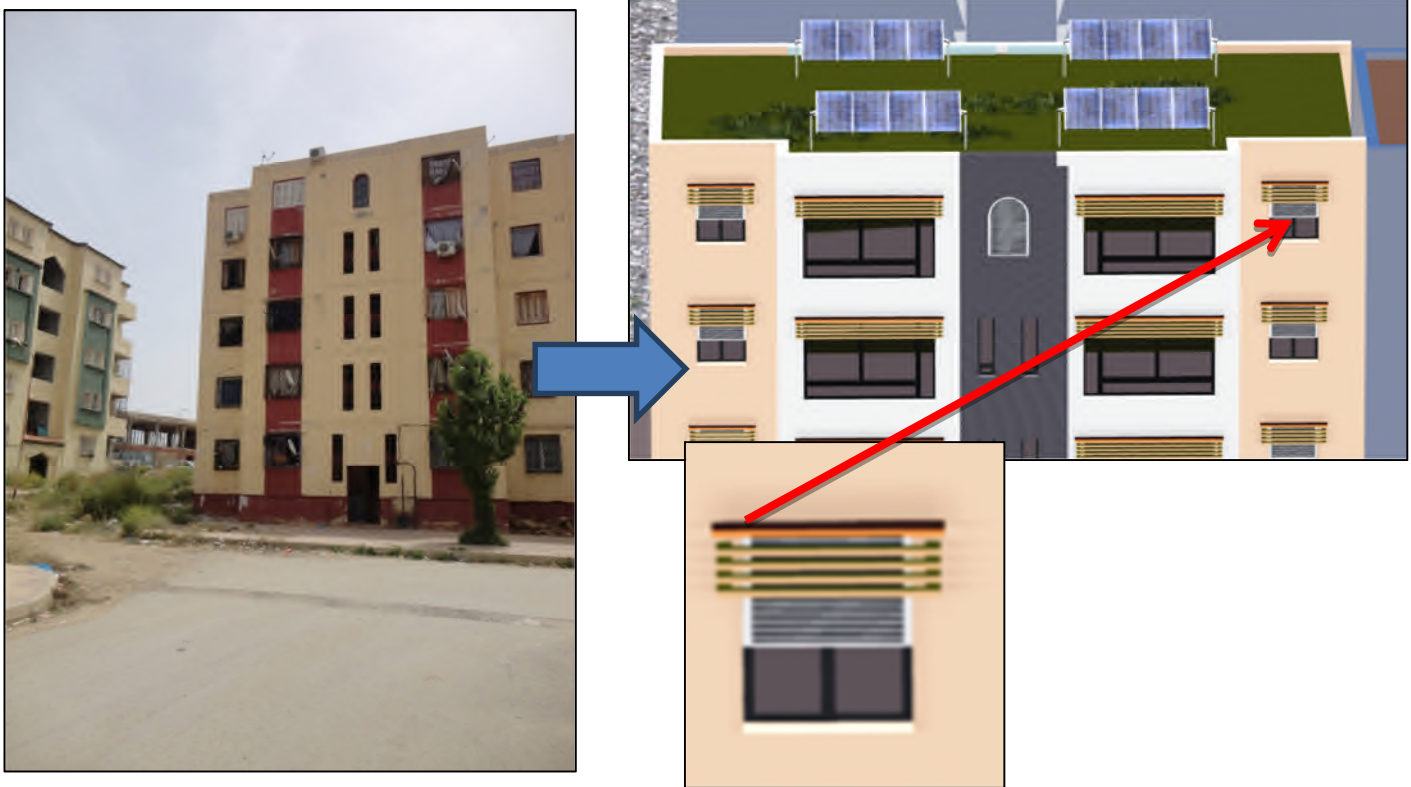


Figure IV.32: l'ajout d'un brise-soleil.

- **Autres solutions:**

On Prévoir une végétation saisonnière avec des arbres à feuilles caduques au sud, et des plans d'eau pour le rafraîchissement en été.



Figure IV.33: une vue d'ensemble du bâtiment.

Des perspectives pour les bâtiments énergivores :

Ce qui précède montre assez bien ou peuvent conduire les approches de conception trop partielle set de domaines de compétences trop cloisonnés Aujourd'hui, la construction de logements à faibles besoins en énergie n'est plus une simple affaire d'architecte et d'entreprise générale (sous-entendu de gros œuvre). Elle suppose au contraire une participation de l'ensemble des composantes de la maîtrise d'œuvre, et notamment d'un ingénieur énergétique et d'un économiste énergétique, et pas seulement thermicien ; car le problème des logements performants n'est plus uniquement une question de thermique ; l'électricité, tous usages confondus, est une composante essentielle de la facture des ménages.

Les solutions ne manquent pas pour faire baisser la facture énergétique des logements sociaux. Il faudrait seulement modifier les façons de travailler et de concevoir ensemble, et se défaire d'une certaine inhibition face à l'innovation. La Maîtrise de l'Energie apparaît en fait comme un formidable outil à disposition des Pouvoirs Publics pour réduire le poids du logement dans le budget des ménages, puisqu'elle agit comme un amplificateur des efforts consentis en investissement.

Rappelons qu'en Algérie le chauffage des locaux représente 45% de la dépense énergétique du secteur bâtiment, et même 56% en y incluant l'eau chaude sanitaire (qui atteint déjà le quart de la consommation des transports et est en rapide croissance). Aucun progrès n'est réalisé dans les performances énergétiques des bâtiments neufs dans le cadre d'une réglementation thermique. On doit cependant constater que beaucoup de mesures d'économies applicables à l'habitat ancien sont encore possibles, nullement appliquées en Algérie que chez nos voisins maghrébins. Des actions de substitution des sources d'énergie fossiles oratrices de CO₂ par des sources non génératrices de GES⁴¹ ne sont pas également développées en Algérie que chez nos voisins maghrébin ou d'Europe ; chauffage au bois, utilisation du solaire thermique et de la géothermie. Les conséquences sur le confort et la santé publique de quelques canicules peuvent induire un développement de la climatisation, faisant appel à des technologies non optimisées et coûteuses en énergie. Il serait souhaitable que cette tendance, probablement irrésistible, soit encadrée par une réglementation. Enfin, si l'on considère que les pays en voie de développement, la maîtrise des technologies de l'énergie dans l'habitat serait un enjeu important avec la croissance des grandes villes, qui demanderont la climatisation dans la zone chaude et le chauffage dans les zones froides. Pour le bâtiment, on peut avoir des solutions en perspective ; réduire considérablement le coût de la facture surtout dans les ménages et obtenir un confort beaucoup plus meilleur. Et on peut parvenir également à zéro effet de serre sans réduire le confort. Dans un bâtiment, l'énergie a trois grands usages :

Se chauffer (ou se refroidir), et on peut aller vers zéro consommation en commençant par une bonne isolation, et l'utilisation de matériaux à changement de phase, qui donnent de l'inertie au bâtiment et résolvent le confort d'été.

On doit pouvoir parvenir à ne consommer que très peu, et alors la question se pose de produire soi-même ce très peu. Ce sont alors les énergies renouvelables qui sont sollicitées, le soleil, le vent, la géothermie, la biomasse. Si on peut produire à l'année plus d'énergie qu'on en consomme, on obtient la maison à énergie positive. Il y a malgré tout la question du décalage dans le temps, puisque les moments de production ne sont pas les moments de consommation (jour/nuit, été/hiver, impossibilité de maîtriser les événements climatiques). Il y a aussi, parmi les solutions techniques, les pompes à chaleur, et les procédés qui utilisent la température du sol, à peu près constante. Les puits canadiens (ou provençaux) sont depuis longtemps une application de ces principes.

En résumé, les techniques à mobiliser sont :

- ✓ Une isolation renforcée,
- ✓ Des baies vitrées où il rentre plus d'énergie qu'il n'en sort,
- ✓ Un double flux généralisé (échangeurs de chaleur sur les extracteurs d'air)
- ✓ Recours au solaire thermique, notamment pour l'eau chaude sanitaire (1m² de capteur couvre la moitié des besoins d'une personne)

Pour le confort d'été, rafraîchissement naturel, en s'aidant notamment de matériaux à changement de phase (qui renforcent l'inertie du bâtiment) et de vitrages avec facteur solaire contrôlé

Tout ceci, peut s'appliquer où la demande d'énergie est constamment forte. La photovoltaïque et la géothermie sont couramment exploitées en Allemagne et

Maintenant en France.

Un programme doit se placer dans la perspective de l'objectif de réduction d'un facteur des émissions de gaz à effet de serre dans les bâtiments.

la réglementation thermique doit être appliquée strictement et en urgence pour arrêter la construction des bâtiments énergivores.

Conclusion générale :

Pour arriver aux solutions dont le concept majeur est la rénovation énergétique, il faut bien maîtriser les déperditions thermiques à travers les calculs de base pour arriver aux solutions adéquates devant un cas bien défini.

Tout cela découle d'une réglementation thermique qui existe mais le problème c'est son application dont on déclenche l'alarme parce que l'affaire est planétaire car il faut penser aux générations futures.

La rénovation énergétique n'est que la finalité de tout un processus qui exige une sensibilisation de tout le monde y compris la décision politique, et une réglementation rigoureuse lors du suivi et le contrôle continu pour le bien être des êtres humains

Bibliographie

Ouvrages :

1. **ADEME & AICVF** « Enseignement : programmer, concevoir, gérer les bâtiments à hautes performances énergétiques », Pyc Edition, Paris 1993.
2. **Bloch-Lainé J.M.** « Amélioration thermique de l'habitat existant Installations de chauffage et isolation des bâtiments », Ed. Le Moniteur, Paris 1977.
3. **Brigitte Vu** « La maison à énergie zéro », Ed. Eyrolles, Paris 2008.
4. **Capderou.M** « Atlas solaire de l'Algérie » tome 2 : aspect énergétique. Edition : OPU, Alger 1985.
5. **Chevalier J.M.** « Les nouveaux défis de l'énergie -Climat-Economie-Géopolitique », Ed. EconomicaAuteur 2009. [En ligne] <http://www.notre-planete.info>.
6. **Bernard Laponche Consultant Jose Lopez Directeur General, Ice Michel Raoust Directeur General, Terao Aymeric Novel Ingenieur, Terao Nils Devernois Charge De Mission, Afd Pilotage Du Programme Et Coordination Nils Devernoi** « La réhabilitation énergétique des bâtiments Enjeux et méthodes Programme de recherche dans la province du Hubei en Chine » Novembre 2011.
6. DTR.

Mémoires et Thèses :

1. **Mme NAIT Nadia** « la réhabilitation énergétique dans les logements collectifs existants cas du climat semi aride de Constantine » Thèse de magister, Constantine 2011.
2. **Abbaoui H.** « L'impact de la végétation sur le climat urbain dans les milieux arides », Thèse de magister, Biskra 2006.
3. **Abdou. S.** « Investigation sur l'intégration climatique de l'habitat traditionnel en région aride et semi-aride d'Algérie, cas de Constantine et Ouargla », Thèse de doctorat d'état, Université de Constantine 2003.
4. **Pierre Bécheret** « Mémoire de master 1 Architecture et cultures constructives Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble » mai 2013
5. **MEMOIRE ENSAL RENEC 2011 ARNAUD JULIAND ET JEAN-LUC FRENOT** « Création d'une formation des artisans aux techniques et méthodes de rénovation énergétique et écologique du bâti ancien » 09/12/2011.
6. **Medjelekh D.** « Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment. Cas de l'habitat de l'époque coloniale à Guelma », Mémoire de magister. Université Mentouri, Constantine 2006
7. **Moujalled B.** « Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés », Thèse de doctorat, Lyon 2007.

Rapports d'étude et articles publiés :

1. **Aktacir M.A. & Büyükalaca O. & Yılmaz T.A.** « A Case Study for Influence of Building Thermal Insulation on Cooling Load and Air-Conditioning System in the Hot and Humid Regions », Applied Energy, Vol. 87, N°2, pp. 599 - 607, 2010.
2. **Al-Sanea S.A & Zedan M.F.** « Effect of Insulation Location on Initial Transient Thermal Response of Building Walls », Journal of Thermal Envelope and Building Science 24, Pp 275-300, 2001.
3. **Al-Sanea S.A & Zedan M.F. & Al-Ajlan S.A.** « Effect of Electricity Tariff on the Optimum Insulation Thickness in Building Walls as Determined by a Dynamic Heat-Transfer Model », Applied Energy, Vol. 82, N°4, pp. 313 - 330, 2005.

4. Audition de José CAIRE et Patrick ALFANO, ADEME » La stratégie de l'ADEME en faveur de la rénovation énergétique » 8 avril 2014.

Auditi Revues, guides et Documents techniques:

1. AIE « Advanced Housing Renovation with Solar and Conservation », Agence Internationale de l'Energie, 2008. [En ligne] <http://www.iea-shc.org/task37/index.html>.