

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Constantine 1  
Faculté des sciences de l'ingénieur  
Département de génie climatique

## **MEMOIRE**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

### **MAGISTERE**

En génie climatique

### **OPTION**

Thermique du bâtiment et de réfrigération



### **THEME:**

---

ETUDE DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE D'UN BATIMENT  
D'HABITATION A L'AIDE D'UN LOGICIEL DE SIMULATION

---



Par

**Mr. BOURSAS Abderrahmane**

DEVANT LE JURY :

Président: Pr. A. KAABI

Rapporteur: Pr. Z. MAHRI

Examineur: Pr. M.S. ROUBAH

Examineur: MC. S. ZID

Université Constantine 1

Université Constantine 1

Université Constantine 1

Université Constantine 1

**2012-2013**

# TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	I
LISTE DES FIGURES : .....	V
LISTE DES TABLEAUX : .....	VII
NOMENCLATURE : .....	VIII
INTRODUCTION : .....	1
CHAPITRE I : ÉTUDE COMPARATIVE DE LA SITUATION ENERGETIQUE ENTRE L'ALGERIE, LES ÉTATS-UNIS, LE CANADA ET LA FRANCE .....	3
1. INTRODUCTION:.....	3
2. ETUDE COMPARATIVE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE EN ALGERIE, AUX ÉTATS-UNIS, CANADA ET EN FRANCE .....	4
2.1. ETUDE COMPARATIVE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DU PETROLE .....	4
2.2. ETUDE COMPARATIVE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DU GAZ .....	5
2.3. ETUDE COMPARATIVE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DE L'ELECTRICITE : ....	5
2.4. L'EMISSION DE CO2 PAR HABITANT (DUE A LA CONSOMMATION DU FIOUL) : .....	6
3. ETUDE DETAILLEE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE : .....	6
3.1. CONSOMMATION FINALE PAR TYPE D'ENERGIE : .....	7
3.2. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE PAR SECTEUR .....	11
4. ETUDE DE LA CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL PAR TYPE D'ENERGIE: .....	15
4.1. LA CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL EN ALGERIE: .....	15
4.2. LA CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL EN FRANCE : .....	16
4.3. LA CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL AU CANADA : .....	17
4.4. LA CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL AUX ÉTATS-UNIS : .....	18
5. CONCLUSION : .....	20
BIBLIOGRAPHIE .....	21
CHAPITRE II: PANORAMA DE L'EVOLUTION DES POLITIQUES D'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE SECTEUR DU BATIMENT .....	22
1. INTRODUCTION : .....	22
2. LES ORIGINES DE LA CRISE ENERGETIQUE : .....	23
3. AGENCES DE MAITRISE DE L'ENERGIE : .....	25
4. LE ROLE DES AGENCES DE MAITRISE DE L'ENERGIE : .....	26
5. LA POLITIQUE ENERGETIQUE EN ALGERIE : .....	26
5.1. LE PROGRAMME ECO-BAT : .....	28
5.2. FINANCEMENT DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE : .....	28

5.3.	PROGRAMME TRIENNAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE «2011-2013» :.....	28
5.4.	LA COOPERATION INTERNATIONALE : .....	30
5.5.	PROJET PILOTE DE LOGEMENT AVEC EFFICACITE ENERGETIQUE AU CNERIB : .....	31
5.6.	LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE : .....	31
6.	LA POLITIQUE ENERGETIQUE EN FRANCE:.....	33
6.1.	LE PREBAT : .....	34
6.2.	LE GRENELLE ENVIRONNEMENT : .....	34
6.3.	LA REGLEMENTATION THERMIQUE : .....	35
6.4.	LES AUDITS ENERGETIQUES : .....	36
6.5.	DISPOSITIFS INCITATIFS FINANCIERS ET AIDES FISCALES : .....	36
6.6.	DIAGNOSTIC DE PERFORMANCE ENERGETIQUE :.....	37
6.7.	LE PROGRAMME « HABITER MIEUX » : .....	38
6.8.	LA LUTTE CONTRE LA PRECARITE ENERGETIQUE.....	39
6.9.	LE FONDS EUROPEEN DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET REGIONAL : .....	39
6.10.	ORIENTER LES ACHATS DES CONSOMMATEURS : .....	40
7.	LA POLITIQUE ENERGETIQUE AU CANADA:.....	42
7.1.	LE CODE NATIONAL DE L'ENERGIE POUR LES BATIMENTS :.....	43
7.2.	LA NORME R-2000 : .....	44
7.3.	ENERGY STAR® POUR LES MAISONS NEUVES : .....	45
7.4.	ÉNERGUIDE : .....	45
7.5.	ÉCONOMIES D'ENERGIE : .....	46
7.6.	FINANCEMENT NOVATEUR DANS LE BATIMENT :.....	46
7.7.	PRISE DE DECISIONS ECLAIREES : .....	47
7.8.	L'EFFICACITE ENERGETIQUE AU CANADA : .....	47
8.	LA POLITIQUE ENERGETIQUE DES ÉTATS-UNIS : .....	50
8.1.	HISTORIQUE : .....	50
8.2.	LA CONSOMMATION ENERGETIQUE :.....	51
8.3.	UNE NOUVELLE ÈRE : .....	53
8.4.	RESPECT DES CODES : .....	53
8.5.	CODE DE L'ÉE ET LA METHODOLOGIE DE L'ANALYSE DES COUTS : .....	54
8.6.	PROGRAMMES D'EFFICACITE ENERGETIQUE.....	55
8.7.	CREDITS D'IMPOT FEDERAL POUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE : .....	58
8.8.	LA COMMISSION ALLIANCE SUR LA POLITIQUE NATIONALE D'ÉE : .....	59
9.	CONCLUSION : .....	61
	BIBLIOGRAPHIE .....	63
	CHAPITRE III : SOLUTIONS ET TECHNIQUES D'EFFICACITE ENERGETIQUE....	67
1.	INTRODUCTION : .....	67
2.	DEFINITIONS : .....	68
3.	LES SOLUTIONS D'EFFICACITE ENERGETIQUE PASSIVES : .....	70
3.1.	COMPACTE DU BATIMENT : .....	70
3.2.	L'ORIENTATION : .....	71

3.3.	REPARTITION DES PIECES :	72
3.4.	SOLAIRE PASSIF :	72
3.5.	SURFACES VITREES:	74
3.6.	PROTECTION SOLAIRE :	77
3.7.	ISOLATION :	79
3.8.	ÉTANCHEITE A L' AIR :	81
3.9.	VENTILATION:	84
4.	COMPORTEMENT DES CONSOMMATEURS:	85
4.1.	LA PERFORMANCE DES EQUIPEMENTS :	86
4.2.	SYSTEME DE CHAUFFAGE :	86
4.3.	FAIRE SECHER LE LINGE A L' AIR LIBRE :	86
4.4.	L' ECLAIRAGE :	86
4.5.	CONTROLE PROTECTION SOLAIRE ET GESTION DES VOLETS :	87
5.	LES SOLUTIONS D'EFFICACITE ENERGETIQUE ACTIVES .....	87
5.1.	LA MESURE DES CONSOMMATIONS :	88
5.2.	SYSTEMES DE REGULATION ET D' AUTOMATISME :	89
5.3.	GESTION DE LA PROTECTION SOLAIRE :	90
5.4.	PRODUCTION D' ENERGIE SOLAIRE :	90
5.5.	SYSTEMES ET EQUIPEMENTS PERFORMANTS :	91
5.6.	LA DOMOTIQUE:	92
6.	CONCLUSION :	93
	BIBLIOGRAPHIE .....	94
	CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES .....	97
1.	INTRODUCTION:	97
2.	OBJECTIF DE L' ETUDE:	97
3.	COORDONNEES GEOGRAPHIQUES ET ZONE CLIMATIQUE :	97
4.	PARAMETRE DU BATIMENT (CAS DE BASE):	98
4.1.	PLAN GENERAL DU CAS DE BASE :	98
4.2.	DIMENSIONS ET ZONAGE DU PROJET :	98
4.3.	CARACTERISTIQUES THERMIQUES DES MATERIAUX .....	99
5.	METHODOLOGIE DE L' ETUDE DES BESOINS ENERGETIQUES:	99
6.	OUTILS DE SIMULATION .....	100
6.1.	LOGICIEL DE SIMULATION :	100
6.2.	LES DONNEES METEOROLOGIQUES:	101
7.	ETAT DES LIEUX DES BESOINS THERMIQUES DU CAS DE BASE :	101
8.	LES MESURES D'EFFICACITE ENERGETIQUE:	103
8.1.	LA COMPACTE DU BATIMENT :	104
8.2.	LA REPARTITION DES PIECES:	105
8.3.	LES TYPES DE FENETRES:	106

8.4.	LES SURFACES VITREES.....	106
8.5.	LES TYPES DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION:.....	106
8.6.	L'IMPACT DE L'ISOLATION:.....	107
8.7.	LA PROTECTION SOLAIRE PERMANENTE:.....	107
9.	CONCLUSION:.....	108
	CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSION.....	109
1.	INTRODUCTION :.....	109
2.	RESULTATS DE LA SIMULATION:.....	110
2.1.	L'IMPACT DES MESURES D'EFFICACITES ENERGETIQUES PASSIVES :.....	110
2.1.4	LES SURFACES VITREES .....	111
2.1.5	LES TYPES DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION: .....	117
2.1.6	L'IMPACT DE L'ISOLATION:.....	117
2.1.7	LA PROTECTION SOLAIRE PERMANENTE:.....	118
3.	DISCUSSIONS:.....	119
3.1.	ANALYSE DES RESULTATS :.....	119
3.1.1.	COMPACTITE DU BATIMENT:.....	119
3.1.2.	REPARTITION DES PIECES :.....	119
3.1.3.	TYPES DE FENETRES :.....	120
3.1.4.	LES SURFACES VITREES :.....	120
3.1.5.	TYPE DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION :.....	121
3.1.6.	L'IMPACT DE L'ISOLATION :.....	121
3.1.7.	LA PROTECTION SOLAIRE PERMANENTE :.....	121
3.2.	LE CAS OPTIMISE :.....	122
3.3.	VALIDATIONS DES RESULTATS :.....	123
	CONCLUSION :.....	125
	BIBLIOGRAPHIE.....	126
	ANNEXE:.....	127

## LISTE DES FIGURES :

FIGURE 1 CONSOMMATION DU PETROLE EN (MT) .....	4
FIGURE 2 CONSOMMATION DE GAZ EN (BCM) .....	5
FIGURE 3 CONSOMMATION D'ELECTRICITE (TWH) .....	5
FIGURE 4 EMISSION DE CO2 EN MT PAR AN .....	6
FIGURE 5 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN ALGERIE EN 2005 .....	7
FIGURE 6 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN ALGERIE EN 2010 .....	7
FIGURE 7 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN FRANCE EN 2005.....	8
FIGURE 8 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN FRANCE EN 2010.....	8
FIGURE 9 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AU CANADA EN 2005 .....	9
FIGURE 10 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AU CANADA EN 2010 .....	9
FIGURE 11 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AUX ÉTATS-UNIS EN 2005 .....	10
FIGURE 12 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AUX ÉTATS-UNIS EN 2010 .....	10
FIGURE 13 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN ALGERIE PAR SECTEUR EN 2005 .....	11
FIGURE 14 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN ALGERIE PAR SECTEUR EN 2010 .....	11
FIGURE 15 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN FRANCE PAR SECTEUR EN 2005.....	12
FIGURE 16 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE EN FRANCE PAR SECTEUR EN 2010.....	12
FIGURE 17 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AU CANADA PAR SECTEUR EN 2005 .....	13
FIGURE 18 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AU CANADA PAR SECTEUR EN 2010 .....	13
FIGURE 19 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AUX USA PAR SECTEUR EN 2005 .....	14
FIGURE 20 CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE AUX USA PAR SECTEUR EN 2010 .....	14
FIGURE 21 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL EN ALGERIE EN 2005 .....	15
FIGURE 22 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL EN ALGERIE EN 2010 .....	15
FIGURE 23 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL EN FRANCE EN 2004 .....	16
FIGURE 24 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL EN FRANCE EN 2010 .....	16
FIGURE 25 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL AU CANADA EN 2005.....	17
FIGURE 26 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL AU CANADA EN 2010.....	17
FIGURE 27 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL AUX ÉTATS-UNIS EN 2005.....	18
FIGURE 28 CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL AUX ÉTATS-UNIS EN 2010.....	18
FIGURE 29 COURSE DU SOLEIL L'HIVER.....	71
FIGURE 30 OMBRAGE VEGETAL SELON L'ORIENTATION .....	78
FIGURE 31 LOCALISATION DES POINTS SINGULIERS .....	82
FIGURE 32 PLAN GENERALE DU CAS DE BASE .....	98
FIGURE 33 EVOLUTION ANNUELLE DE LA TEMPERATURE INTERIEURE. ....	102
FIGURE 34 L'EVOLUTION MENSUELLE DES BESOINS ENERGETIQUES. ....	102
FIGURE 35 MONTANT DES FACTURES ENERGETIQUES MENSUELLES .....	103
FIGURE 36 DIMENSIONS DE LA PROTECTION SOLAIRE .....	107
FIGURE 37 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (COMPACTE DU BATIMENT) .....	110
FIGURE 38 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (REPARTITION DES PIECES) .....	110
FIGURE 39 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (TYPE DE FENETRES).....	111
FIGURE 40 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE EST).....	111
FIGURE 41 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE NORD) .....	112
FIGURE 42 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE OUEST) .....	112
FIGURE 43 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE SUD) .....	113
FIGURE 44 BESOIN ENERGETIQUE DU CHAUFFAGE EN FONCTION DES SURFACES VITREES ; SIMPLE VITRAGE .....	113

FIGURE 45 BESOIN ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN FONCTION DES SURFACES VITREES ; SIMPLE VITRAGE .....	113
FIGURE 46 BESOIN ENERGETIQUE TOTAL EN FONCTION DES SURFACES VITREES SIMPLE VITRAGE .....	114
FIGURE 47 BESOIN ENERGETIQUE DU CHAUFFAGE EN FONCTION DES SURFACES VITREES DOUBLE VITRAGE .....	114
FIGURE 48 BESOIN ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN FONCTION DES SURFACES VITREES DOUBLE VITRAGE .....	114
FIGURE 49 BESOIN ENERGETIQUE TOTAL EN FONCTION DES SURFACES VITREES DOUBLE VITRAGE .....	114
FIGURE 50 BESOIN ENERGETIQUE DU CHAUFFAGE EN FONCTION DES SURFACES VITREES TRIPLE VITRAGE .....	115
FIGURE 51 BESOIN ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN FONCTION DES SURFACES VITREES TRIPLE VITRAGE .....	115
FIGURE 52 BESOIN ENERGETIQUE TOTAL EN FONCTION DES SURFACES VITREES TRIPLE VITRAGE .....	115
FIGURE 53 BESOIN ENERGETIQUE DU CHAUFFAGE EN FONCTION DES SURFACES VITREES DOUBLE VITRAGE PEU EMISSIF.....	116
FIGURE 54 BESOIN ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN FONCTION DES SURFACES VITREES DOUBLE VITRAGE PEU EMISSIF.....	116
FIGURE 55 BESOIN ENERGETIQUE TOTAL EN FONCTION DES SURFACES VITREES DOUBLE VITRAGE PEU EMISSIF .....	116
FIGURE 56 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (TYPES DES MATERIAUX) .....	117
FIGURE 57 L'EVOLUTION DU BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (L'IMPACT DE L'ISOLATION) ...	117
FIGURE 58 DIMENSIONNEMENT DE LA PROTECTION SOLAIRE .....	118
FIGURE 59 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (PROTECTION SOLAIRE PERMANENTE) .....	118

## **LISTE DES TABLEAUX :**

TABLEAU 1 ZONES ET DIMENSIONS DU CAS DE BASE .....	98
TABLEAU 2 CARACTERISTIQUES THERMIQUES DES MATERIAUX .....	99
TABLEAU 3 ZONES ET DIMENSIONS DES FORMES (COMPACITE DU BATIMENT).....	104
TABLEAU 4 ZONES ET DIMENSIONS DES FORMES (REPARTITION DES PIECES) .....	105
TABLEAU 5 CARACTERISTIQUES DES FENETRES.....	106
TABLEAU 6 CARACTERISTIQUES THERMIQUES DES MATERIAUX .....	106
TABLEAU 7 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (COMPACITE DU BATIMENT).....	110
TABLEAU 8 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (REPARTITION DES PIECES).....	110
TABLEAU 9 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (TYPE DE FENETRES) .....	111
TABLEAU 10 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE EST) .....	111
TABLEAU 11 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE NORD).....	112
TABLEAU 12 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE OUEST).....	112
TABLEAU 13 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (SIMPLE VITRAGE, FAÇADE SUD).....	113
TABLEAU 14 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (TYPES DES MATERIAUX).....	117
TABLEAU 15 BESOIN ENERGETIQUE ANNUEL (PROTECTION SOLAIRE PERMANENTE).....	118

## **NOMENCLATURE :**

**BBC** Bâtiments basse consommation  
**BBIO** Besoin bioclimatique  
**BTP** Bâtiments et travaux publics  
**BTS** Béton de terre stabilisée  
**C** Chaleur spécifique  
**CEE** Certificats d'économies d'énergie  
**CEP** Coefficient de Consommation conventionnelle  
**COP** Coefficient de performance  
**CVC** Chauffage ventilation climatisation  
**d** Densité  
**DPE** Diagnostic de Performance Energétique  
**ECS** Eau chaude sanitaire  
**EE** Efficacité énergétique  
**EEA** Efficacité énergétique active  
**E<sub>f</sub>** Energie finale  
**E<sub>U</sub>** Energie utile  
**E<sub>p</sub>** Energie primaire  
**g** Coefficient de transmission  
**GES** Gaz à effet de serre  
**GPL** Gaz de pétrole liquéfié  
**LFC** Lampes fluorescentes compactes  
**PCI** Pouvoir calorifique inférieur  
**PIB** Produit intérieur brut  
**PME** Petites et moyennes entreprises  
**PV** Photovoltaïque  
**R** Résistance thermique  
**RT** Réglementation thermique  
**S** Surface  
**Tep** Tonne équivalent pétrole  
**TIC** Température intérieure conventionnelle  
**TWh** Téra watt heure  
**U** Coefficient de déperdition thermique  
**U<sub>w</sub>** Coefficient de déperdition thermique des fenêtres  
**V** Volume  
**η** Rendement  
**λ** Conductivité thermique

# INTRODUCTION :

Le monde entier est confronté à une augmentation de la consommation énergétique d'une façon accrue depuis déjà plusieurs décennies. Cette augmentation remet fondamentalement en cause le modèle économique qui est tributaire pour son développement d'une quantité colossale d'énergie.

Cette énergie reste dans l'écrasante majorité, d'origine fossile donc non renouvelable à court et moyen terme et qui est la première source des émissions de gaz à effet de serre dans un monde qui souffre déjà des effets de l'activité humaine sur son environnement.

Cette augmentation met en péril le mode de gestion de ses ressources aussi bien pour les pays importateurs qui du fait de la raréfaction des réserves d'énergie, se trouvent confrontés à la question de la sécurité d'approvisionnement et au prix juste de l'énergie ; alors que les pays exportateurs comme l'Algérie qui a besoin de liquidité pour se développer voit une part importante de ses ressources financières consacrées à assurer, à coût de subventions, une grande consommation énergétique domestique.

Tous les pays ne sont pas égaux devant cette situation, c'est ainsi que le choix de maître en lumière l'évolution des bilans énergétiques de quatre pays. Les États-Unis qui ont le modèle de la consommation énergétique le plus extrême, le Canada qui est connu pour être l'un des pays leader en matière d'efficacité énergétique enfin la France et l'Algérie dont les modèles énergétiques sont assez semblables. Cette évolution montre que le secteur du bâtiment, le résidentiel en particulier est le premier consommateur d'énergie ce qui en fait la première cible.

Pour déterminer s'il y'a une relation entre le bilan énergétique des quatre pays et des politiques énergétiques en amont, l'examen de l'impact de ces politiques à travers leurs rôles et leurs évolutions est nécessaire. A travers la comparaison des différentes politiques, il se dégagera ce qui peut inspirer la politique d'efficacité énergétique en Algérie.

La maîtrise de la notion d'efficacité énergétique exige de présenter l'ensemble des techniques, méthodes ainsi que les solutions et les pistes de réflexion qui s'intéressent à cette problématique. Des solutions qui peuvent être actives, passives ou bien qui touchent au comportement du consommateur, la focalisation se fera sur les solutions les plus adaptées au climat local et les techniques qui n'exigent pas une énergie pour leurs fonctionnements et sans bousculer les habitudes constructives.

Le présent travail a pour objectif l'étude de l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment résidentiel conditionné par des données météorologique de la ville de Constantine, pour l'optimiser afin de le rendre le plus performant.

Cet objectif exige une méthodologie axée sur les méthodes numériques par la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS. La simulation se fera sur un bâtiment modélisé et qui servira de cas de base et de référence, pour déterminer l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives séparément et ressortir à chaque fois les paramètres des cas optimaux qui seront regroupés pour former le cas optimisé.

# **CHAPITRE I : Étude comparative de la situation énergétique entre l'Algérie, les États-Unis, le Canada et la France**

## **1. Introduction:**

La flambée de la consommation d'énergie dans le monde ces dernières décennies est un fait incontestable. En 2012 malgré un monde économique au ralenti, la consommation énergétique est restée très vorace.

Cette croissance a engendré de nouveaux défis, aussi bien sur le plan environnemental qu'économique :

Changement climatique liée à l'augmentation des gaz à effets de serre générés en grande part par le CO<sub>2</sub> dû à la production et la consommation d'énergie et aussi sur le plan économique.

La problématique de l'accès à l'énergie du fait de la pression croissante sur les ressources disponibles, ce qui remet en cause la garantie d'un droit d'accès à l'énergie à un tarif raisonnable, mais aussi la sécurité d'approvisionnement pour les états importateurs et une gestion durables des ressources primaires pour les pays exportateurs.

Pour ces raisons structurelles, plusieurs pays ont opté pour des politiques publiques visant à maîtriser les dépenses et la gestion énergétique de leurs états à travers des mesures d'efficacité énergétique dans un premier temps, puis vers une éventuelle transition énergétique, vers une énergie durable avec moins d'impact sur l'environnement.

Dans un premier temps l'intérêt sera porté sur l'évolution de l'activité énergétique de l'Algérie au cours de ces vingt dernières années tout en ayant comme point de comparaison le « développement » énergétique de trois autres pays à savoir les États-Unis, le Canada et la France.

Dans un second temps mettre en évidence l'impact particulier du secteur du bâtiment dans chaque pays sur son bilan énergétique, comparé aux autres secteurs économiques (Transport, Agriculture et industrie).

## 2. Etude comparative de la consommation énergétique en Algérie, aux États-Unis, Canada et en France

### 2.1. Etude comparative de la consommation énergétique du pétrole

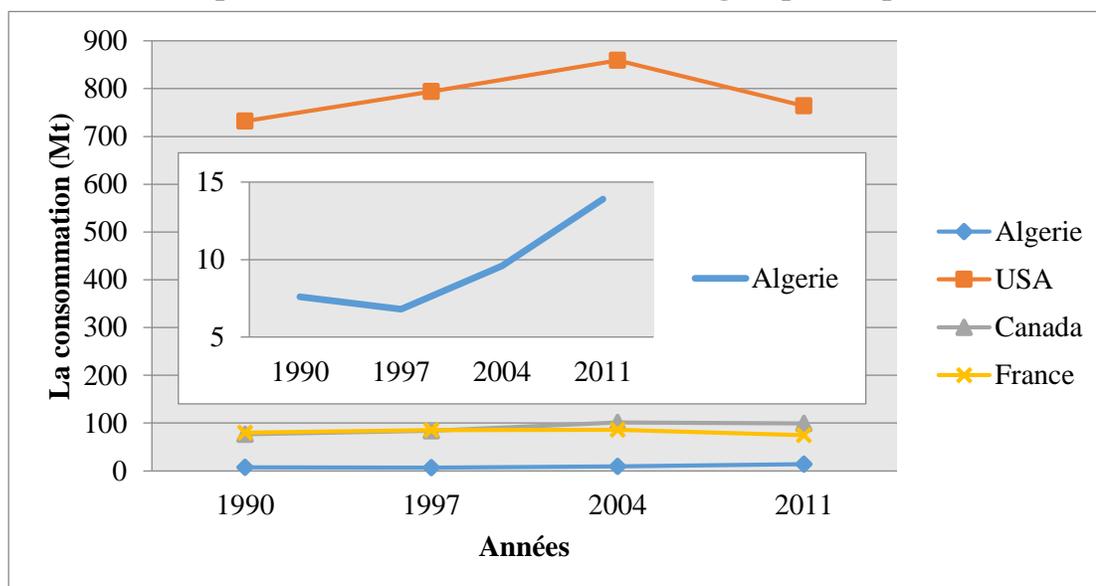


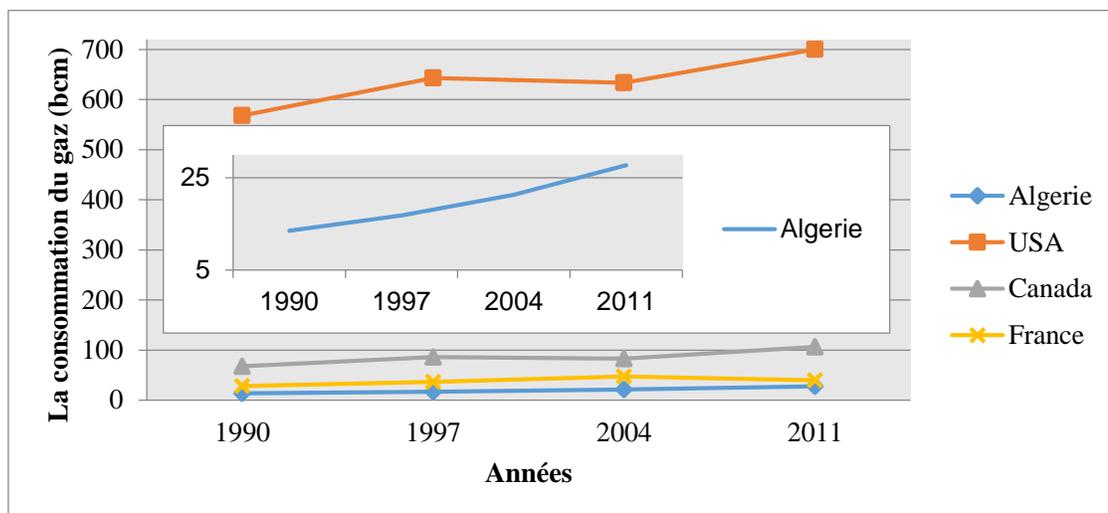
Figure 1 Consommation du pétrole en (Mt)

(ENERDATA, 2012)

En Algérie, la consommation a été stable dans les années 90 mais elle connaît depuis les années 2000 une augmentation continue qui ne cesse de s'accroître.

La consommation du pétrole a connu une explosion continue entre les années 90 et 2000 aux États-Unis mais connaît depuis 2004 un vrai ralentissement. En France et au Canada, elle est plutôt stable avec une légère baisse ces dernières années à cause des tarifs en hausse et surtout de la conjoncture économique.

## 2.2. Etude comparative de la consommation énergétique du gaz

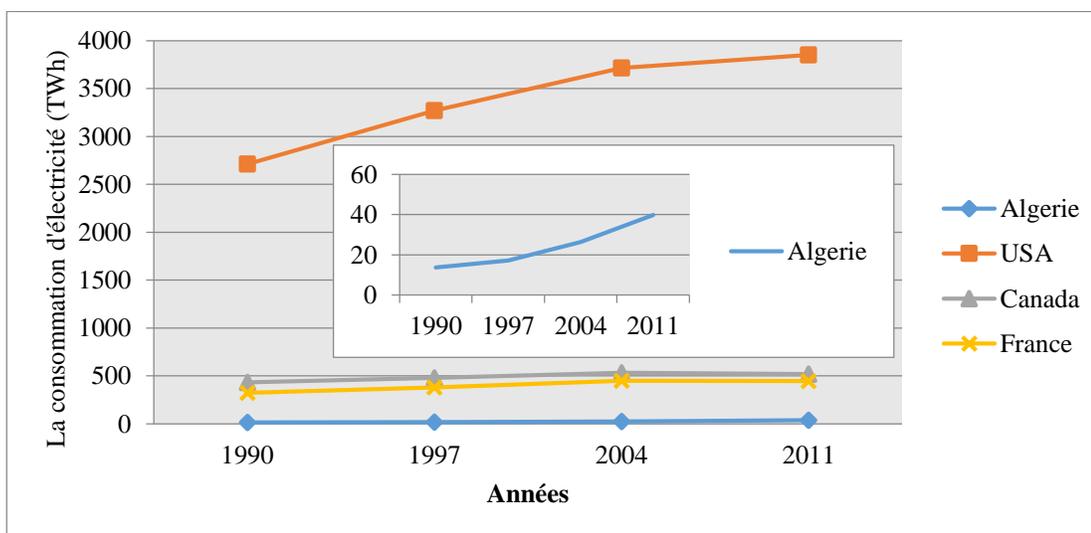


**Figure 2 Consommation de gaz en (bcm)<sup>1</sup>**

(ENERDATA, 2012)

En Algérie la tendance est haussière surtout depuis les années 2000 à l'image du pétrole. Le **figure 2** montre aussi que la consommation du gaz est encore en augmentation flagrante aux États-Unis, après une stabilité certaine entre 1997 et 2004 ce qui peut expliquer la baisse de la consommation du pétrole, enfin une stabilité de la consommation de gaz relative au Canada et en France.

## 2.3. Etude comparative de la consommation énergétique de l'électricité :



**Figure 3 Consommation d'électricité (TWh)**

<sup>1</sup> Billion cubic meters of natural gas

(ENERDATA, 2012)

La consommation d'électricité connaît une augmentation continue en Algérie. Tout comme le pétrole et le gaz, l'explosion de la consommation d'électricité est sensible aussi depuis début 2000, cela s'explique en partie grâce ou à cause de la reprise économique enregistré et soutenue par un court des hydrocarbures favorable. Au Canada et en France l'augmentation se fait sur la base d'un rythme stable. Les USA connaissent une croissance continue mais le rythme de cette dernière ralenti depuis les années 2000.

#### 2.4. L'émission de CO2 par Habitant (due à la consommation du fioul) :

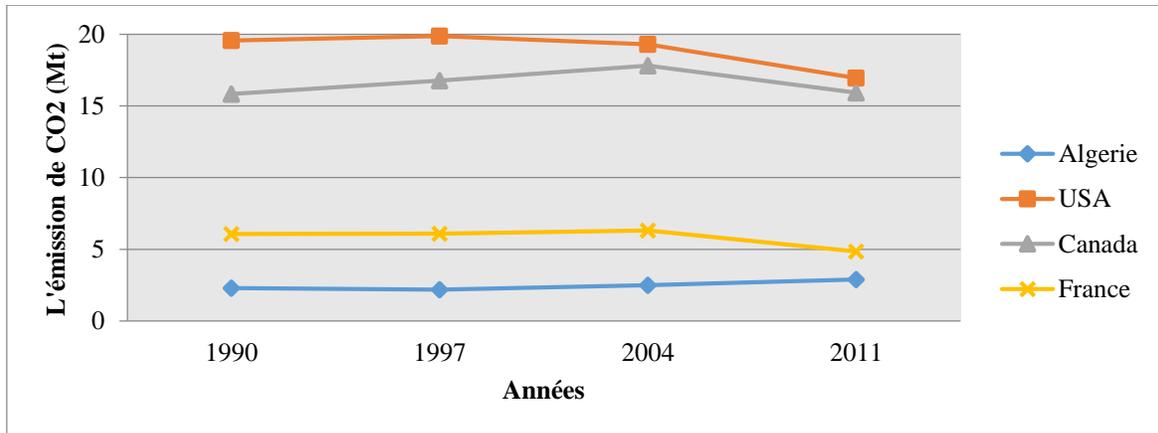


Figure 4 Emission de CO2 en Mt par an

(ENERDATA, 2012)

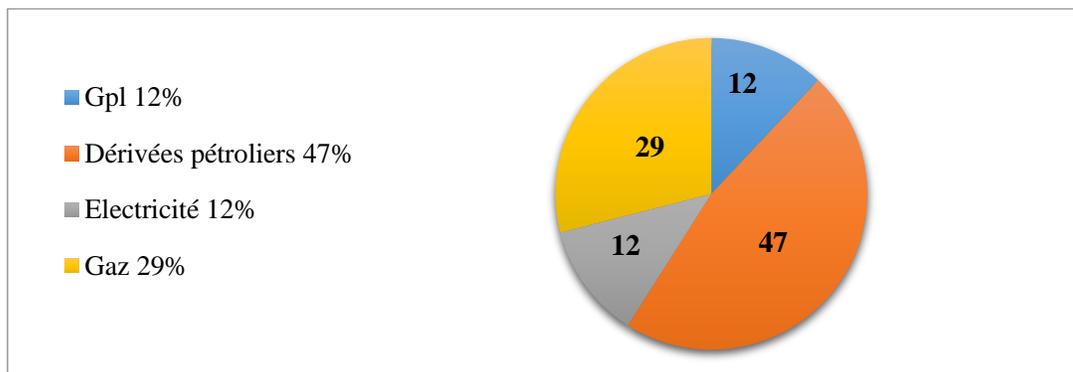
L'évolution des émissions de CO2 confirment la tendance générale de la consommation des énergies fossiles et de l'électricité, en effet seul l'Algérie est confrontée à l'explosion de son bilan énergétique du fait de son développement économique non-maitrisé, tandis que les trois autres pays connaissent une certaine stabilité et une intensité énergétique en baisse ce qui influe directement sur leurs émissions de CO2.

### 3. Etude détaillée de la consommation énergétique finale :

Pour bien faire apparaitre les changements d'habitudes dans la consommation énergétique opérées par les directives gouvernementales visant à la maitrise de l'énergie, il s'agit de comparer l'évolution de la distribution de la consommation par type d'énergie et le type d'énergie utilisée dans le secteur résidentiel sur deux périodes pour chacun des pays choisis afin de dégager dans les faits les résultats de cette politique ou le cas contraire démontrer la vacuité de cette dernière.

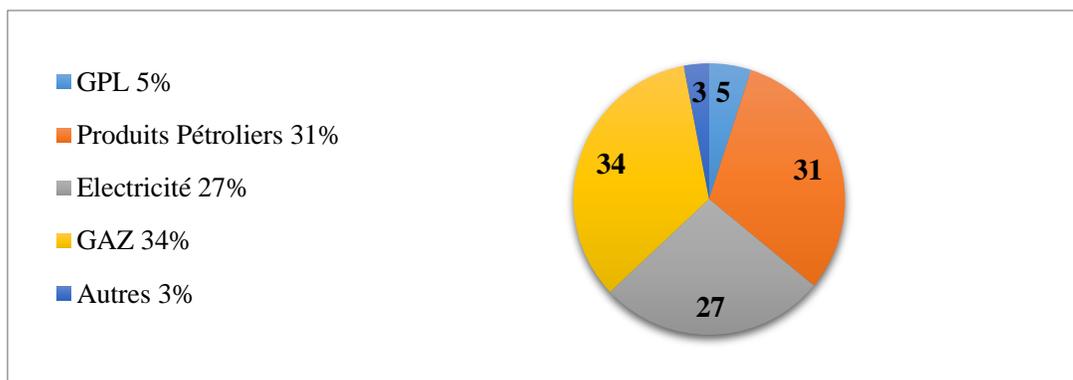
### 3.1. Consommation finale par type d'énergie :

#### 3.1.1. Consommation finale par type d'énergie en Algérie :



**Figure 5 Consommation énergétique finale en Algérie en 2005**

(APRUE, 2007)



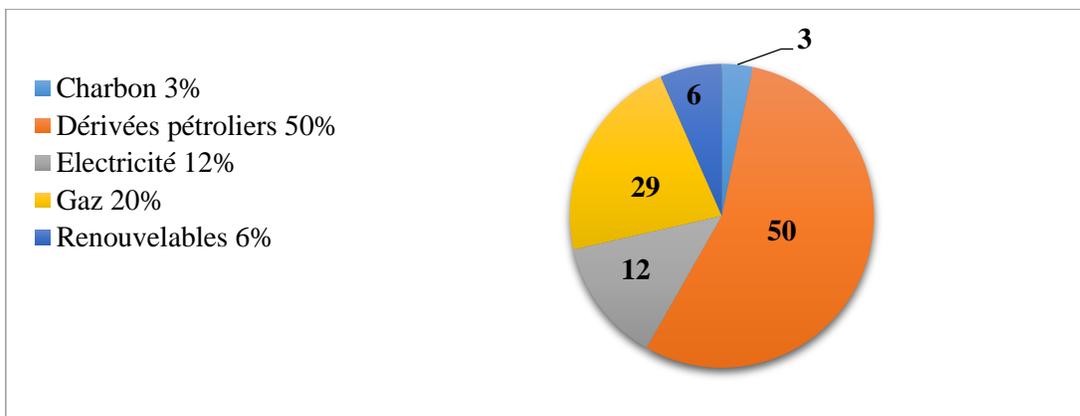
**Figure 6 Consommation énergétique finale en Algérie en 2010**

(APRUE2010)

La consommation énergétique en 2005 a comme source exclusive des énergies de nature primaires (Gaz et pétrole). L'Algérie reste massivement dépendante aux produits pétroliers qui représentent quasiment la moitié de l'assiette énergétique globale. Le constat s'inverse puisque la production électrique repose presque entièrement sur une production à base de centrales alimentées aux gaz, dans ce cas, ce dernier devient la source dominante. Le GPL qui représente 12 % est un sous produit gazier. Nous arrivons donc à 41% d'énergie d'origine gazière.

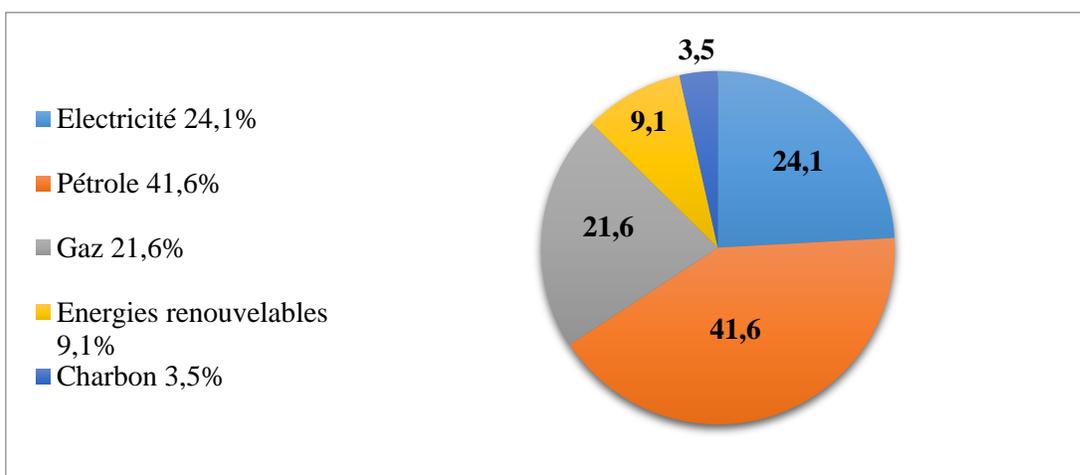
En 2010 la consommation finale par type d'énergie montre que : les produits pétroliers sont en nets replis passant de 47% à 31%, l'électricité a progressé passant de 12% à 27%, le gaz se stabilise plus au moins en gagnant cinq points culminants ainsi à 34% et le GPL est lui le grand perdant en chutant de 12% à seulement 5% de la consommation globale.

### 3.1.2. Consommation finale par type d'énergie en France :



**Figure 7 Consommation énergétique finale en France en 2005**

(L'AMI, 2012)



**Figure 8 Consommation énergétique finale en France en 2010**

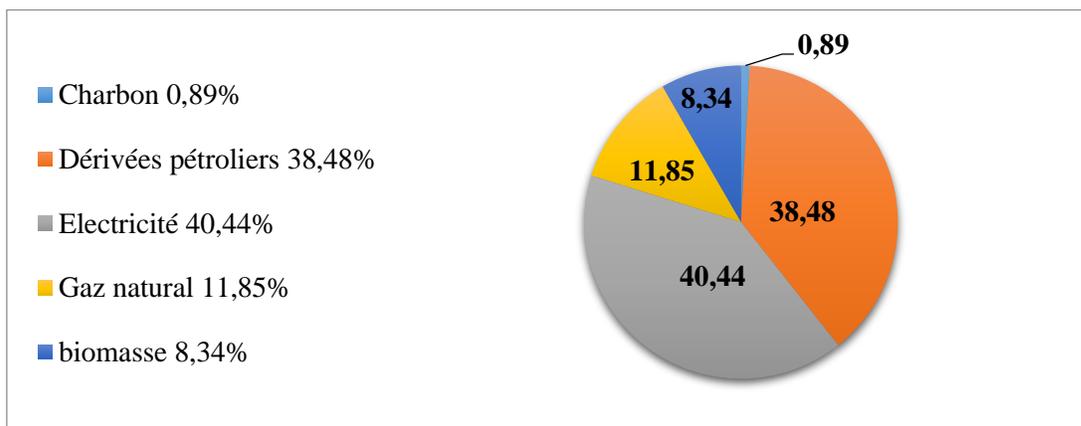
(Commissariat général au développement durable, 2011)

La consommation énergétique en France par type d'énergie fait apparaître que les produits pétroliers représentent la moitié du type d'énergie utilisée, suivi du gaz naturel ce qui démontre la grande dépendance de la France envers les importations et pointe du doigt la faiblesse du modèle énergétique français : risque dû aux coûts (volatilité des cours du pétrole et de gaz) et à la disponibilité du produit. Par ailleurs la part de l'électricité est identique à celle de l'Algérie mais contrairement à cette dernière, son origine est nucléaire à 75 %, cette technologie qui est présentée comme non polluante car non émettrice de CO<sub>2</sub>, a néanmoins la particularité d'utiliser une matière première rare : l'uranium. Cela remis en cause l'argumentation privilégiant ce type d'énergie qui est supposé donner plus de sécurité énergétique à la France ; cela sans parler des problèmes de déchets radioactifs engendrés par l'exploitation nucléaire qui reste suspendus. Il faut noter la présence timide des énergies dites renouvelables qui ne représentent à peine 6% de la consommation totale.

En cinq ans la consommation énergétique en France a changé, les produits pétroliers dominant encore avec 41.6 % mais ils sont en reculent par rapport à l'année 2005, l'électricité progresse de plus de 100% atteignant ainsi les 24.1% de la consommation globale. Le gaz et le charbon dans une moindre mesure sont en retrait représentant 21.6% et 3.5%.

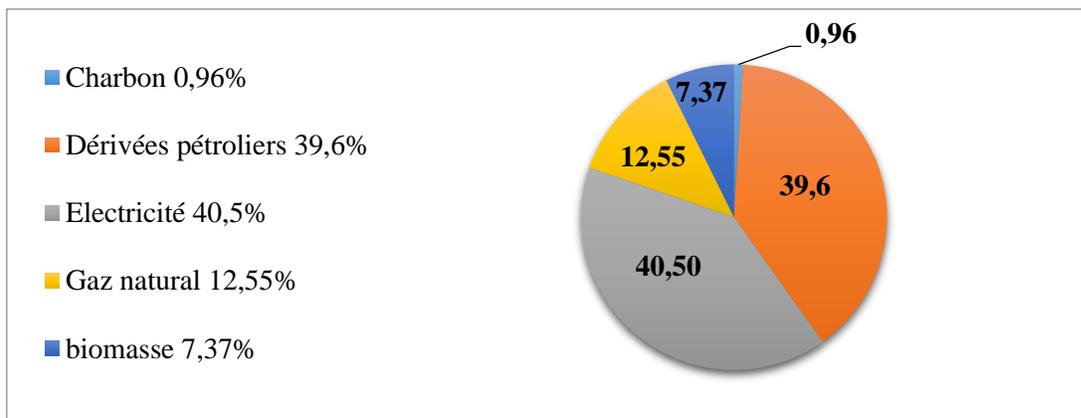
L'énergie renouvelable progresse, représentant environ 9%. Ces données font apparaitre que la France privilégie de plus en plus l'électricité comme sources d'énergie, forte en cela, d'une industrie nucléaire en position de leader et possédant le plus grand parc de centrales nucléaires au monde.

### 3.1.3. Consommation finale par type d'énergie au Canada :



**Figure 9 Consommation énergétique finale au Canada en 2005**

(Québec, 2007-2012)



**Figure 10 Consommation énergétique finale au Canada en 2010**

(Québec, 2007-2012)

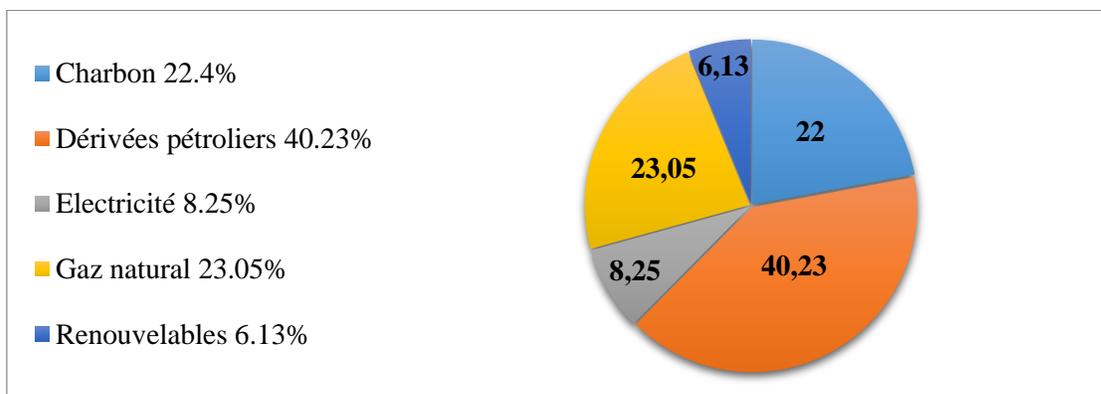
Le model Canadien est dépendant de l'électricité qui représente 40.44% de l'ensemble de l'énergie consommée, Les produits pétroliers représentent aussi une part importante 38.48%. Le pourcentage de la consommation de gaz qui s'élève seulement

à 11.85 % loin de celui de l'Algérie 41%. L'électricité qui représente une part relativement importante surtout comparée à l'Algérie et à la France est produite grâce aux nombreux barrages hydrauliques dont bénéficie le Canada, ce qui rend ce mode de consommation plus respectueux de l'environnement.

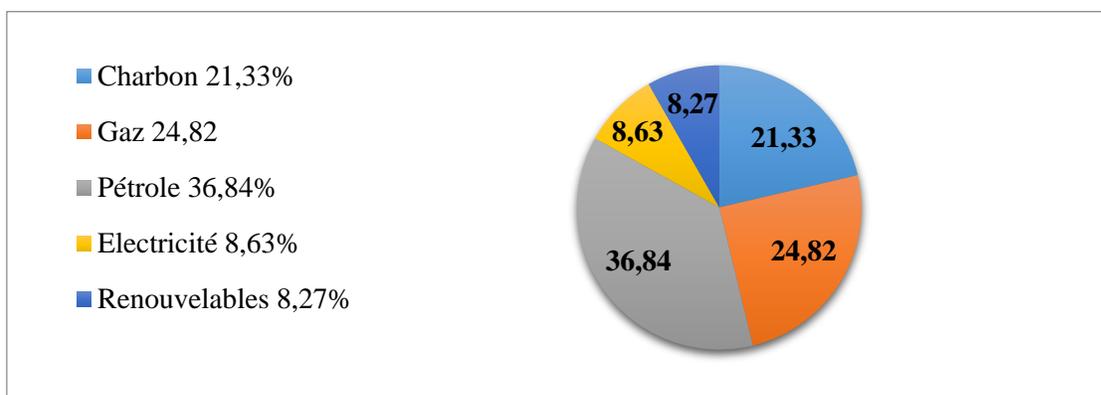
La consommation du charbon représente seulement 0.89% et l'énergie d'origine renouvelable est inexistante si on exempt l'électricité et la biomasse, cette dernière représente 8.34%.

Entre 2005 et 2010, il y a peu de variations au niveau de la répartition de la consommation par type d'énergie au Canada, à part la consommation des produits pétroliers qui se rapproche encore plus de celle de l'électricité. Le niveau du charbon, de la biomasse et du gaz montrent peu de variation. Ce qui démontre une certaine cohérence énergétique.

#### 3.1.4. Consommation finale par type d'énergie aux USA :



**Figure 11 Consommation énergétique finale aux États-Unis en 2005**  
(DOE/EIA, 2012)



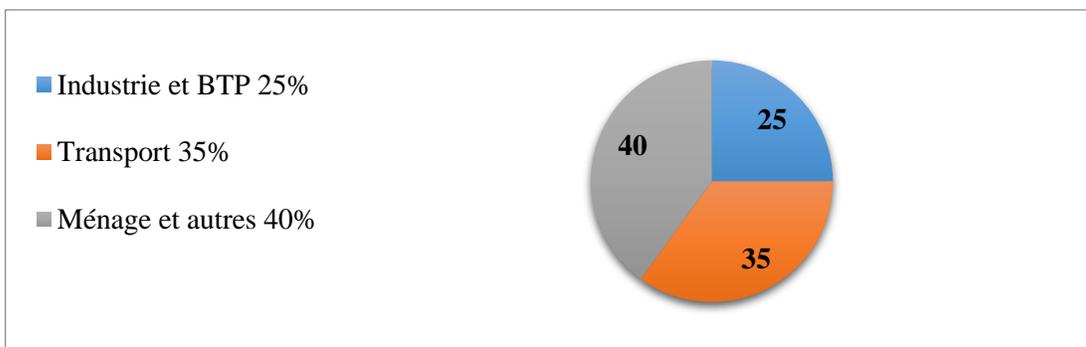
**Figure 12 Consommation énergétique finale aux États-Unis en 2010**  
(DOE/EIA, 2012)

La consommation énergétique des États-Unis est largement dominée par les produits pétroliers à hauteur de 40% suivie du gaz 23%, le charbon a une place importante qui

représente à lui seul un quart de la consommation globale, c'est sans aucune mesure comparable aux modèles français et canadien. L'électricité ne représente que 8% ce qui est très peu comparé aux autres types surtout si on garde à l'esprit les 40% consommés au Canada. En 2010 les énergies renouvelables sont au même niveau que celles de la France. Les produits pétroliers restent dominants mais ils sont en recul, ils ne représentent que 36.84%, le gaz et les énergies renouvelables sont en progression, respectivement de 1.2 et de 2 points, cette dernière énergie est quasiment au même niveau que l'électricité qui reste stable à 8.63%. La part du charbon reste importante avec 21.33% mais elle est en repli de 1 point par rapport à l'année 2005. Même si le bilan énergétique des États-Unis reste déséquilibré, on peut néanmoins noter les prémices d'un début de rééquilibrage.

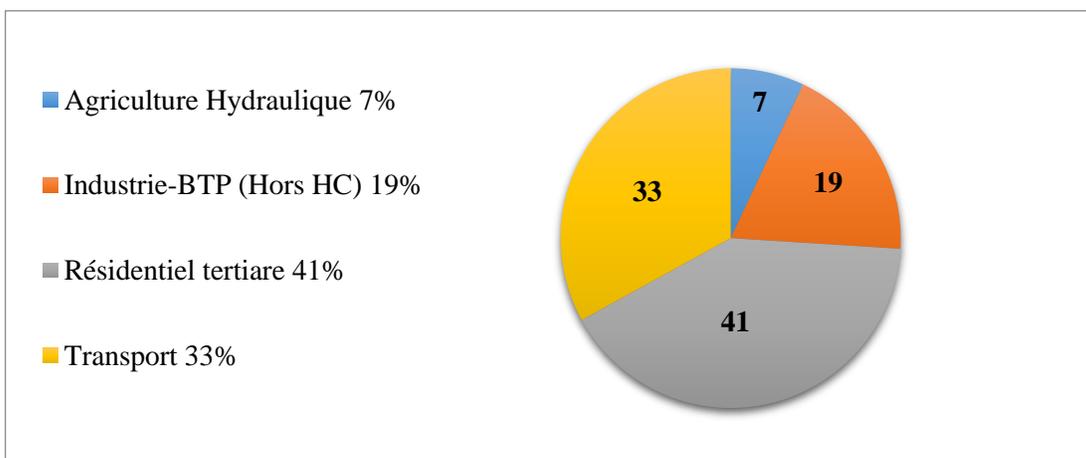
### 3.2. La Consommation énergétique finale par Secteur

#### 3.2.1. La consommation finale en Algérie par secteur :



**Figure 13 Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2005**

(APRUE, 2007)



**Figure 14 Consommation énergétique finale en Algérie par secteur en 2010**

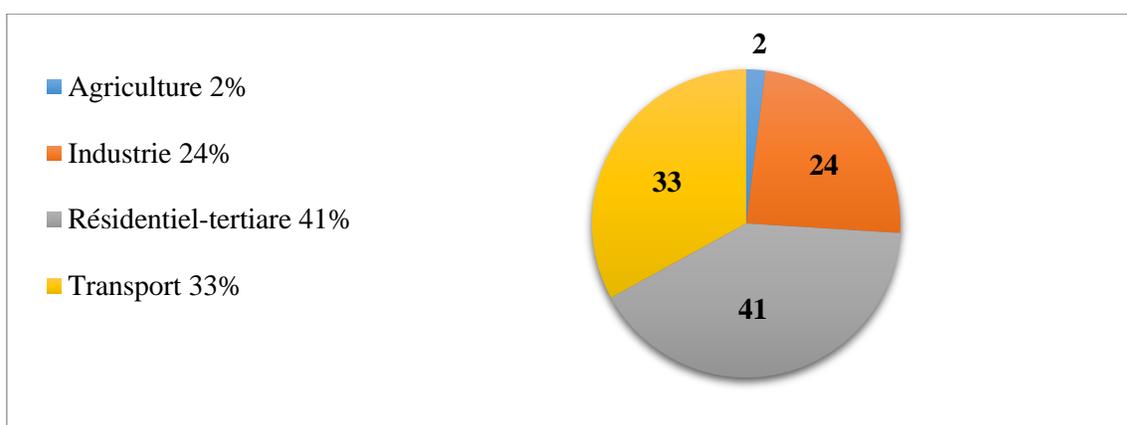
(APRUE2010)

En 2005, Le secteur des ménages et autres, est le secteur qui inclut le secteur résidentiel-tertiaire avec le secteur de l'agriculture, est le secteur le plus demandeur d'énergie avec 40%, l'industrie a une part de 25% et le transport 35%.

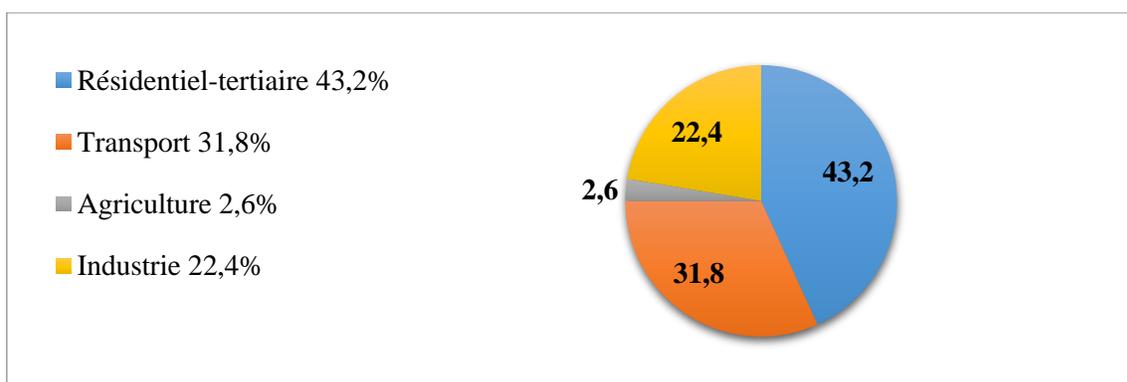
En 2010, le secteur résidentiel-tertiaire est celui qui demande le plus d'énergie avec pas moins de 41%, suivi du secteur du transport avec 33%, vient ensuite loin le secteur de l'industrie et de l'agriculture avec respectivement 19% et 7%. Ces statistiques indiquent qu'il est urgent de rééquilibrer la consommation en passant par une politique de réduction de la consommation et/ou un réajustement à travers l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment.

Comparé à l'année 2005, en 2010 le secteur résidentiel-tertiaire reste encore le plus énergivore, d'autant plus que la consommation du secteur de l'agriculture est comptabilisée séparément du secteur résidentiel-tertiaire.

### 3.2.2. Consommation finale en France par secteur :



**Figure 15 Consommation énergétique finale en France par secteur en 2005**  
(L'AMI, 2012)

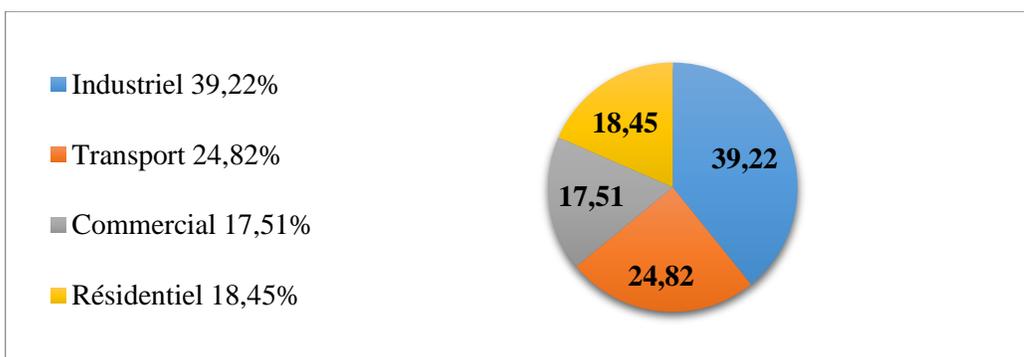


**Figure 16 Consommation énergétique finale en France par secteur en 2010**  
(Commissariat général au développement durable, 2011)

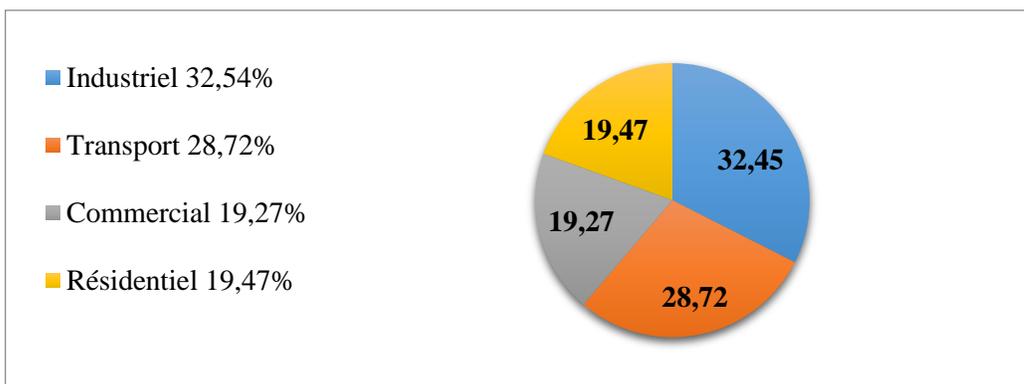
La France dispose d'un parc de logement de 33 millions dont 27.7 millions de logements qui font office de résidence principale soit un taux d'occupation de deux personnes par logement. Ce qui frappe du premier coup d'œil, c'est que la consommation énergétique finale par secteur en France est quasiment identique à celle de l'Algérie à deux petites différences qui restent peu significatives : 24% pour l'industrie en France contre 19% côté Algérien et 2% pour l'agriculture au lieu de 7%.

Le secteur tertiaire-résidentiel reste en 2010 dominant et en progression de 2.2 points avec 43.2%, l'industrie et le transport sont en recul de 1.6 point pour l'industrie avec 22.4% et 1.2 point pour le transport. L'agriculture stagne à 2.6% L'écart entre le secteur résidentiel-tertiaire et les autres secteurs ne cessent de se creuser d'année en année.

### 3.2.3. Consommation finale au Canada par secteur :



**Figure 17 Consommation énergétique finale au Canada par secteur en 2005 (Québec, 2007-2012)**

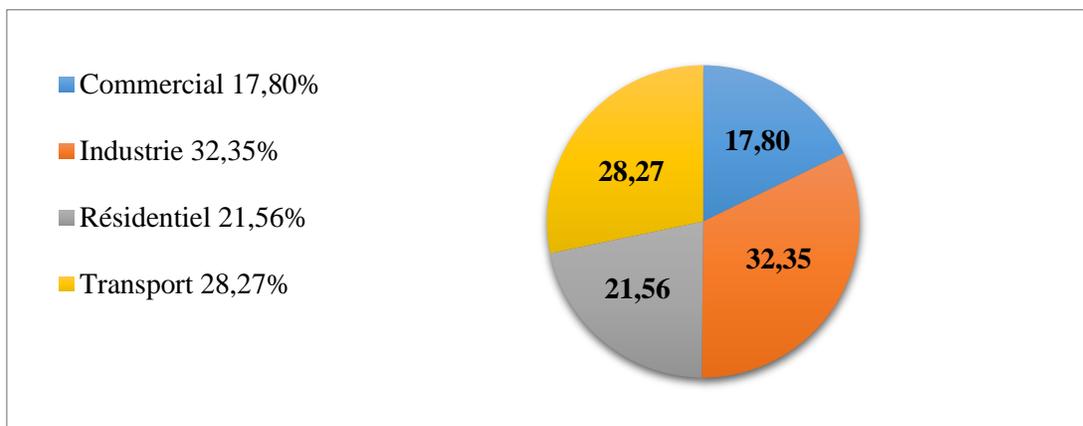


**Figure 18 Consommation énergétique finale au Canada par secteur en 2010 (Québec, 2007-2012)**

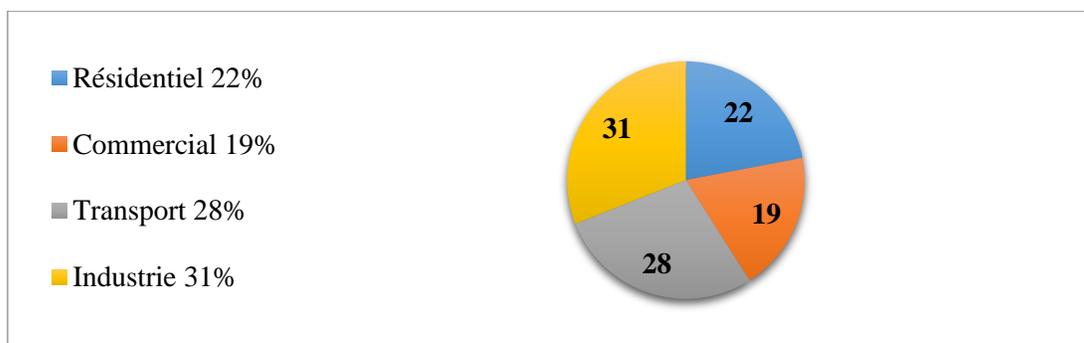
En 2005, la consommation énergétique au Canada se répartie plus au moins équitablement entre le commercial et le résidentiel avec respectivement 17.51%, 18.45% de la consommation finale, le secteur du transport représente 24.82% et enfin le secteur le plus gourmand à la différence de l'Algérie et de la France est celui de l'industrie avec 39.22%. En 2010, la proportion de la consommation énergétique des secteurs

commercial et résidentiel est très proche 19.27% et 19.47%. L'industriel reste le secteur le plus dominant mais a perdu presque 7 points par rapport à l'année 2005. Le secteur du transport progresse à 28.72% et se rapproche dangereusement du secteur industriel.

### 3.2.4. Consommation finale aux États-Unis par secteur :



**Figure 19 Consommation énergétique finale aux USA par secteur en 2005**  
(DOE/EIA, 2012)

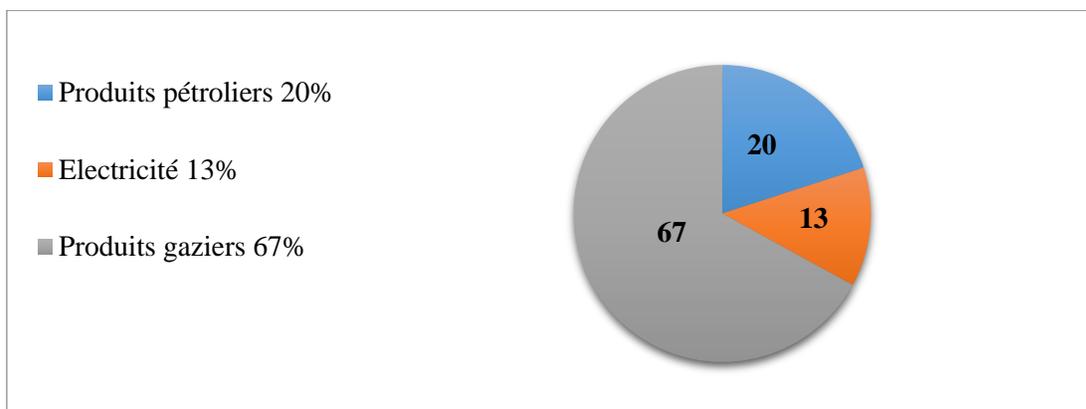


**Figure 20 Consommation énergétique finale aux USA par secteur en 2010**  
(DOE/EIA, 2012)

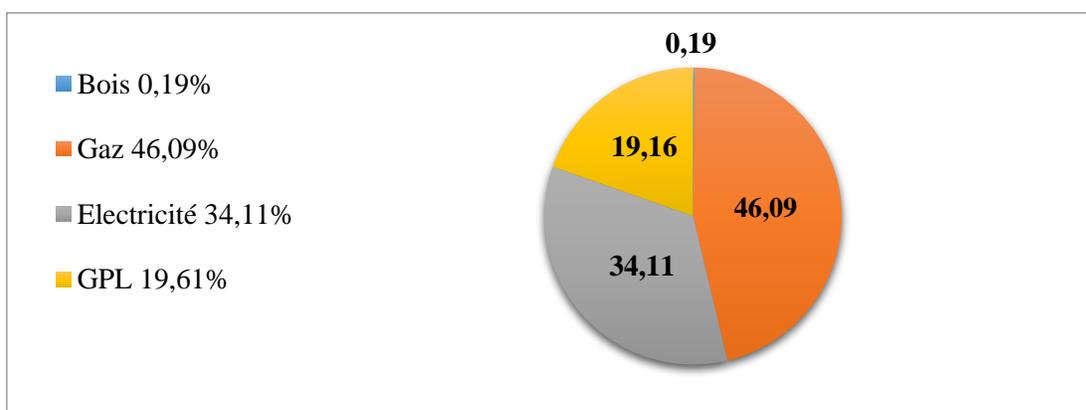
Le secteur le plus consommateur tout comme au Canada est le secteur industriel avec 32.35%, le secteur du transport représente lui 28.27% proche de celui de l'Algérie et de la France. Les secteurs résidentiel et commercial suivent avec 21.56% et 17.8%. En 2010, peu ou pas de changement dans la répartition de la consommation par secteur, l'industrie domine toujours avec 31% suivi du transport avec 28% arrive ensuite le résidentiel avec 22% et enfin le commercial avec 19%. Ce peu de changement indique qu'il n'y pas de changement dans la politique économique des États-Unis qui influe sur la répartition de la consommation énergétique finale.

## 4. Etude de la consommation du secteur résidentiel par type d'énergie:

### 4.1. La consommation du secteur résidentiel en Algérie:



**Figure 21 Consommation du secteur résidentiel en Algérie en 2005**  
(APRUE, 2007)



**Figure 22 Consommation du secteur résidentiel en Algérie en 2010**  
(APRUE2010)

En Algérie le parc de logement est estimé à 5'745'645 unités, dont 62% est urbain et une moyenne d'occupation de 6 personnes par foyer.

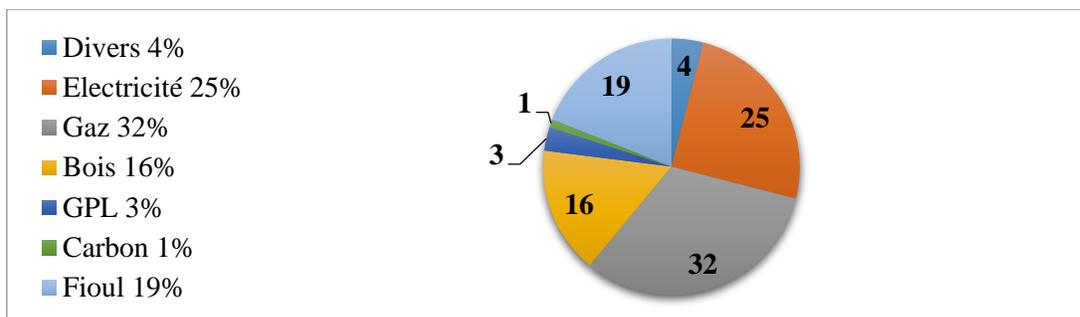
D'après les statistiques de l'année 2010 la consommation finale du secteur résidentiel en Algérie a franchi les 8.9 millions (APRUE2010) de TEP<sup>2</sup>.

Les deux figures précédentes représentent les principaux types d'énergie utilisée dans le secteur résidentiel. En 2005, à leurs têtes les produits gaziers avec 67% alors qu'en 2010 la consommation des produits gaziers baissent à 65.88% suivis des produits pétroliers avec 20% en 2005 et vont complètement disparaître des énergies consommées dans le

<sup>2</sup> TEP : tonne équivalent pétrole

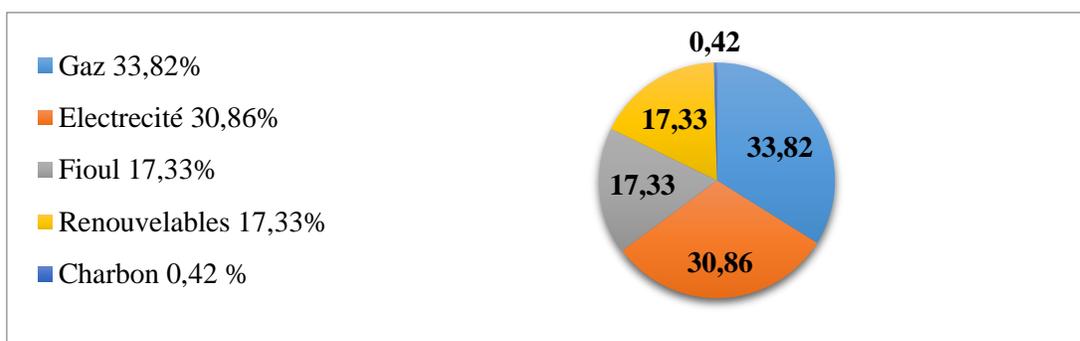
résidentiel au profit de l'électricité qui atteint 13% en 2005 pour culminer à 34.11% soit **262%** d'augmentation en à peine 5 ans. Il est essentiel de rappeler que le gaz est la principale ressource utilisée pour la production électrique, dans ce cas la part du gaz frôle les 100% dans le secteur résidentiel. Loin de s'équilibrer le bilan énergétique dans le secteur résidentiel en Algérie est devenu dépendant complètement au gaz, cette dépendance est le signe de sa fragilité et vulnérabilité.

#### 4.2. La consommation du secteur résidentiel en France :



**Figure 23 Consommation du secteur résidentiel en France en 2004**

(ADEME, 2012)



**Figure 24 Consommation du secteur résidentiel en France en 2010**

(Commissariat général au développement durable, 2011)

NB : Les pompes à chaleur et le solaire thermique utilisés pour le chauffage collectif sont comptabilisés avec le tertiaire.

Le secteur du bâtiment en 2005 représente une grande partie des émissions de CO<sub>2</sub>, il est aussi le plus gourmand en énergie. L'examen des principales sources d'énergies employées dans le secteur du bâtiment en particulier celui du résidentiel fait apparaître que la principale énergie est le gaz suivi de l'électricité et du fioul et du bois qui sont les principaux sources de chauffage pour le parc de logement qui compte en 2005 : plus de 30 millions de logements, dont plus de 25 millions sont des résidences principales.

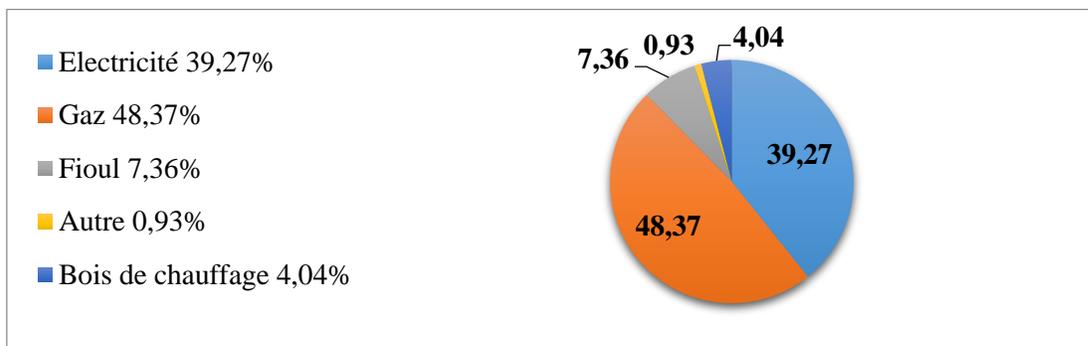
En 2010 la principale source d'énergie utilisée dans le résidentiel en France reste le gaz avec 33.82% et l'électricité 30.86%, ce qui était déjà le cas en 2005 mais le fait nouveau

c'est que les énergies renouvelables atteignent 17.33% le même chiffre que celui des produits pétroliers.

Le charbon est en voie de disparition avec seulement 0.42%, le bois et le GPL ont complètement disparu des statistiques.

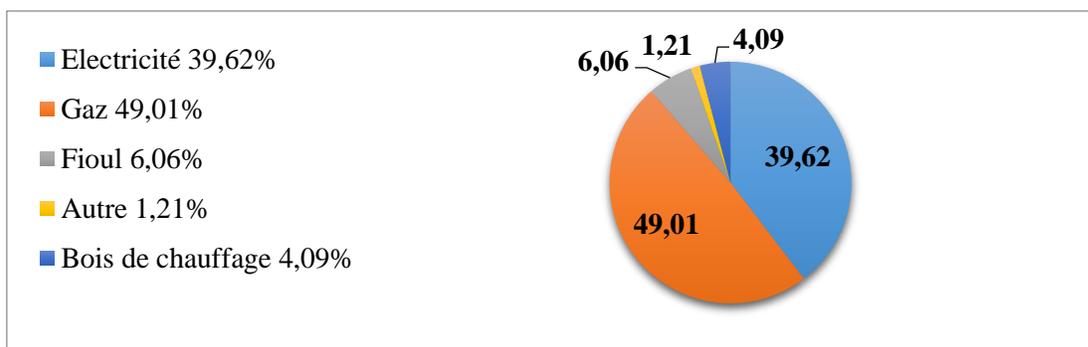
Ces chiffres montrent l'effort qu'a entrepris l'état en matière d'énergies renouvelables sans pour autant s'intéresser à la question de l'efficacité énergétique car ce secteur est de plus en plus très gourmands et l'énergie la plus efficace reste l'énergie non consommée.

#### 4.3. La consommation du secteur résidentiel au Canada :



**Figure 25 Consommation du secteur résidentiel au Canada en 2005**

(Office of Energy Efficiency, 2007)



**Figure 26 Consommation du secteur résidentiel au Canada en 2010**

(L'Office de l'efficacité énergétique, 2012)

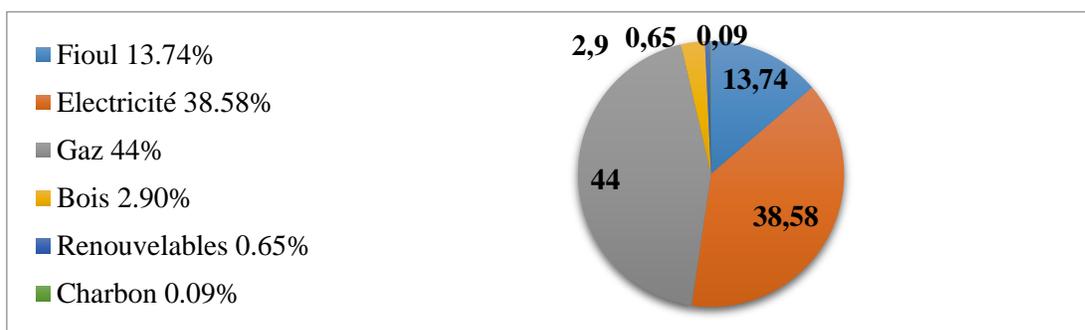
La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel, a oscillé entre 7 et 8 millions de TEP au cours des 25 dernières années (Québec, 2007-2012) . Les autorités canadiennes ont entrepris depuis quelques années une politique visant à améliorer l'isolation des logements et du rendement des équipements de chauffage ce qui a contribué selon eux à stabiliser l'accroissement de la demande en énergie en dépit de l'augmentation du nombre de logement qui dépasse l'augmentation de la population, passant de 10,01 millions en 1991 à 13,32 millions logements en 2011 (Canada, 2012) .

Les principales sources qui dominent le secteur résidentiel restent le gaz 42% et l'électricité avec 36% et on notera l'absence des énergies renouvelables.

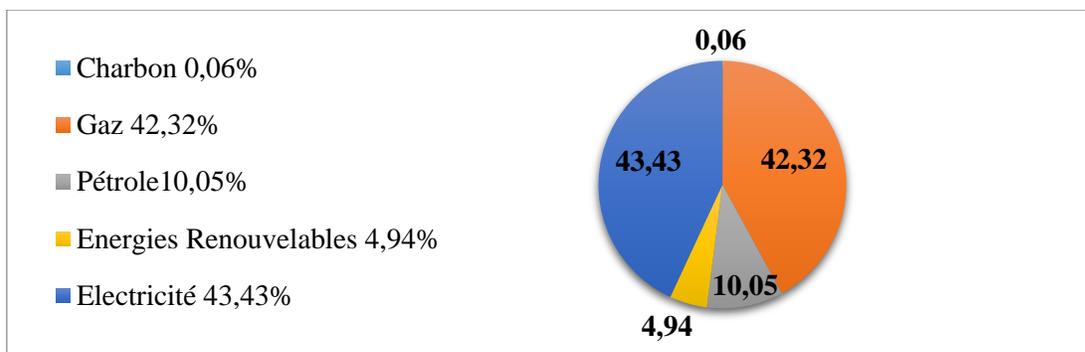
La dépendance au gaz dans le secteur résidentiel c'est accrue. Le gaz atteint en 2010, 49,01% de la consommation ensuite vient l'électricité avec 39.62%. Le bois de chauffage est au même niveau avec 4.09%, le fioul régresse à 6,06%.

Il est à noter que non seulement la consommation d'énergie au Canada dans le secteur est resté stable en dépit de l'augmentation significative du nombre d'habitant et de logements ce qui démontre l'efficacité de la maîtrise d'énergie surtout en comparaison avec le cas de l'Algérie qui consomme dans le secteur résidentiel 8.9 millions Tep pour un peu pré 6 millions de logement, le Canada consomme entre 7 et 8 millions Tep pour un peu plus 13 millions de logement. En plus le Canada obéit à des conditions climatiques plus sévères et un niveau de confort supérieur, cela démontre le potentiel énorme dont dispose l'Algérie en termes d'économie d'énergie.

#### 4.4. La consommation du secteur résidentiel aux États-Unis :



**Figure 27 Consommation du secteur résidentiel aux États-Unis en 2005**  
(DOE/EIA, 2012)



**Figure 28 Consommation du secteur résidentiel aux États-Unis en 2010**  
(DOE/EIA, 2012)

Le secteur résidentiel aux États-Unis est le secteur le plus énergivore, l'énergie la plus utilisée est encore une fois le gaz avec 44% suivi de l'électricité 38% et du fioul avec 13.74%, le bois et le charbon sont peu utilisés, il faut noter aussi la faible part des

énergies renouvelables dans le résultat global avec 0.65%. En 2010 le gaz n'est plus la principale source d'énergie consommée dans le résidentiel, il a été détrôné par l'électricité qui représente 43.43% de la consommation, le gaz se maintient malgré tout à un niveau élevé 42.32%. Le pétrole perd plus de 3 points avec 10.5% au lieu des 13.74% consommé en 2005 et les énergies renouvelables font leurs percées avec 4.94%, le charbon tends à disparaître avec seulement 0.06%. La consommation des ménages aux États-Unis se tourne principalement à l'image de la France vers l'électricité.

## **5. Conclusion :**

La maîtrise de l'énergie est un enjeu majeur du développement économique qui va de pair avec le développement durable. Pour l'ensemble des quatre pays qu'au-delà de leurs différences (climat, économie, politique, besoin, mode de vie) ils sont tous confrontés au problème de la rareté des ressources énergétiques, cette rareté débouche vers un grand défi, celui de savoir gérer efficacement et surtout raisonnablement ces mêmes ressources afin de répondre de la façon la plus adéquate à la soif croissante en énergie de leurs populations.

Le secteur résidentiel étant le plus consommateur, cela est d'autant plus vrai pour le modèle énergétique Algérien, avec en plus une croissance soutenue du fait de la demande accrue sur le nombre de logements neufs, construit sans prendre en considération la problématique de l'énergie et le taux d'équipement des ménages en appareils demandeurs d'énergie qui ne cesse de progresser.

Partout dans le monde, le secteur résidentiel est un secteur en pleine expansion, mais l'impact de ce secteur n'est pas neutre sur l'économie et surtout sur l'environnement car il a des demandes spécifiques en terme d'énergie. Le chauffage et la climatisation représentent la part principale, l'eau chaude sanitaire, la cuisson et l'électricité spécifique (Bureautique, appareils ménagers, éclairage) sont d'autres postes de consommation.

Il s'agit maintenant de prendre les mesures indispensables pour réduire cet impact à l'image du Canada qui depuis les dernières années est devenu un des pays leader dans le domaine de l'efficacité énergétique devenant ainsi un modèle pour les pays développés pour la gestion durable de leurs énergies et pour les pays en voie de développement un autre chemin possible pour se développer, tout en évitant de passer par les mêmes erreurs des pays industrialisés.

## BIBLIOGRAPHIE

**ADEME. 2012.** Domaines d'intervention BÂTIMENT. *ADEME*. [En ligne] Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 2012. [Citation : 22 12 2012.] <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&catid=12612#tit3>.

**APRUE. 2007.** *Consommation Énergétique Finale de l'Algérie, Chiffres clés Année 2005*. [PDF] ALGER : APRUE, 2007.

**Canada, Gouvernement du. 2012.** Recensement de 2011 : Chiffres de population et des logements. *Statistique Canada*. [En ligne] 2012. [Citation : 25 12 2012.] <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/120208/dq120208a-fra.htm>.

**COMMISSARIAT GENERAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE. 2011.** *BILAN ENERGETIQUE DE LA FRANCE POUR 2010*. [pdf] PARIS : Service de l'observation et des statistiques, 2011.

**DOE/EIA. 2012.** *Annual Energy Review 2011*. [pdf] Pittsburgh : U.S. Government Online Bookstore, 2012. 061-003-01161-6.

**ENERDATA. 2012.** *ENERDATA*. [En ligne] Global Energy Intelligence, 2012. [Citation : 25 11 2012.] <http://www.enerdata.net/>.

**L'AMI, Association. 2012.** Les consommations d'énergie en France. *L'encyclopédie du développement durable*. [En ligne] Editions des Récollets, société coopérative à capital variable, 2012. [Citation : 20 12 2012.] <http://encyclopedie-dd.org/>.

**L'Office de l'efficacité énergétique. 2012.** *Tableaux de la Base de données complète sur la consommation d'énergie*. [Exel] s.l. : L'Office de l'efficacité énergétique, 2012.

**logement, Société canadienne d'hypothèques et de. 2008.** Parc des logements occupés selon le type d'habitation et le mode d'occupation, 1991 - 2006. *Société canadienne d'hypothèques et de logement*. [En ligne] Mai 2008. [Citation : 25 12 2012.] [http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/inso/info/obloca/tadedo/tadedo\\_007.cfm](http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/inso/info/obloca/tadedo/tadedo_007.cfm).

**Office of Energy Efficiency. 2007.** *2007 Survey of Household Energy Use (SHEU-2007) – Detailed Statistical Report*. [pdf] s.l. : Office of Energy Efficiency, 2007.

**Québec, Gouvernement du. 2007-2012.** Consommation d'énergie par forme. *Ressources naturelles Québec*. [En ligne] Gouvernement du Québec, 2007-2012. [Citation : 25 12 2012.] <http://www.mrn.gouv.qc.ca/energie/statistiques/statistiques-consommation-forme.jsp>.

# **CHAPITRE II: Panorama de l'évolution des politiques d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment**

## **1. Introduction :**

Le secteur du bâtiment à travers sa construction et son exploitation est générateur d'une somme importante d'énergie, cela reste vrai pour la globalité du monde, exception faite de quelque pays comme c'est le cas du Canada.

Ce chapitre sera l'occasion d'apercevoir s'il y a ou non une corrélation entre le bilan énergétique des pays et une politique énergétique en amont, en examinant leurs évolutions et leurs incidences, ainsi déterminé si elle constitue un véritable levier pour répondre au besoin croissant, non seulement en terme énergétique. On peut réduire cette problématique à l'interrogation suivante:

*Arriver à une meilleure efficacité énergétique, suppose-t-il vraiment un passage obligé par une réglementation initiée par les pouvoirs publics ?*

A travers ce chapitre, il sera exposé l'évolution des politiques énergétiques des pays sélectionnés lors du chapitre précédent, en faisant une généalogie des prises en considération des questions liées à la maîtrise de l'énergie et le développement durable, pour dégager des éléments de réponses. En premier lieu l'intérêt se portera aux agences de maîtrise de l'énergie qui cristallisent et englobent les efforts politiques et aux différents programmes qu'elles mettent en place. Ainsi que, les réglementations thermiques qui diffèrent en fonction du modèle politique de chaque pays et voir s'il y a des études quantitatives et qualitatives lorsqu'il y a des évolutions de ces réglementations. Ensuite la présentation du rôle des incitations financières qui prennent des formes différentes, tel que les crédits, les aides financières et les exonérations fiscales. Enfin sur cette base il s'agira d'extrapoler sur les horizons et les perspectives offertes à chacun des pays.

## **2. Les origines de la crise énergétique :**

Le modèle économique mondial actuel est à bout de souffle, il est fondé sur deux faux postulats à savoir des sources énergétiques primaires disponibles en abondance et à moindre coût. Le deuxième est l'absence d'impact de leurs utilisations sur la santé et l'environnement, or il s'avère aujourd'hui avec certitude que les ressources énergétiques conventionnelles, suite à des années de gaspillage et d'une gestion non durable, non plus que quelques décennies de vie dans les plus optimistes projections, rajoutées à cela la multiplication ces dernières années des scandales sanitaires et des catastrophes environnementales liés à l'exploitation et l'utilisation des énergies fossiles, citant à titre d'exemple la triste marée noire au large du golfe du Mexique d'une base offshore d'une société pétrolière qui a causé la dégradation de toute un écosystème et met en danger la survie de milliers de pêcheurs de la région dévasté par des millions de litres de pétroles brut d'une société attiré par des profits de plus en plus grand au dépend de la sécurité de ses installations. Même si à première vue cet exemple semble éloigner du propos de ce mémoire à savoir l'efficacité énergétique dans le bâtiment il est néanmoins assez symptomatique d'une société de consommation « affolé » par la perceptives que l'énergie dont a besoin son moteur est en voie d'épuisement.

Face à cette crise énergétique dû à l'explosion croissante de la consommation énergétique d'un côté et à sa raréfaction d'un autre et afin de faire face aux changements climatiques engendrés par deux siècles d'industrialisations intenses, les gouvernements et les législateurs ont entrepris un ensemble de textes et de lois visant la maîtrise de l'énergie dans un premier temps puis le développement d'énergie alternative plus respectueuse de l'environnement, afin de sortir de cette crise et d'assurer un modèle économique viable dans le temps. Cette crise est l'occasion idéale pour ériger un mode un peu plus juste dans le domaine énergétique, économique et social et ainsi faire de ce moment le lieu d'une remise en question des fondements même de la « civilisation » humaine.

Il s'agit de s'intéresser au premier volet c'est-à-dire à l'efficacité énergétique. Elle demeure l'un des principaux axes de la lutte contre le changement climatique et de la précarité énergétique. Le secteur du bâtiment est le plus énergivore, c'est pour cela qu'il doit être la première cible des politiques d'efficacité énergétique.

Les émissions de gaz à effet de serre sont essentiellement liées à la consommation des énergies fossiles. Ces dernières sont largement utilisées dans le secteur du bâtiment aussi bien dans l'utilisation finale du consommateur mais aussi afin de produire les matériaux nécessaires pour construire ces bâtisses.

Or il se trouve, dans au moins un des pays choisis pour cette étude à savoir l'Algérie, la construction des logements est devenue un axe prioritaire de la politique de développement du pays. Le secteur du bâtiment est en plein expansion résultant d'un retard accumulé de plusieurs décennies de manque de logement. En Algérie, le déficit de logements est évalué

à 1,2 *million* d'unités et avec le rythme élevé de croissance de la population les besoins ne font qu'accroître, sans oublier l'effet de désertification rurale délaissant ainsi leurs maisons traditionnelles qui ont souvent bénéficié à leur insu, d'une très grande efficacité énergétique grâce à des méthodes bioclimatiques qui ont fait leur preuve, au profit d'habitations neuves le plus souvent construites sans la moindre considération énergétique. Il est donc très probable que cette tendance haussière de la consommation énergétique de l'habitat s'accroisse à cause d'une politique fortuite en matière de logement, couplée à une demande d'énergie non maîtrisée dans un contexte de généralisation de l'accès à l'électricité et de demande en confort de plus en plus élevée.

Pour les pays importateurs l'objectif est de diminuer leur dépendance énergétique et facture énergétique et permettre à l'argent économisé de financer d'autres activités économiques et d'un autre côté respecter ses engagements internationaux pour ceux qui ont pris l'engagement, notamment dans le cadre de la lutte contre le changement climatique avec les différents protocoles signés.

Alors que pour les pays exportateurs de pétrole, ont eux aussi tout intérêt à mettre en place une politique visant à l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment. En effet, la hausse continue de la consommation énergétique contribue à la diminution des exportations et par là même à une réduction des capacités de financement de l'activité économique, puisque ces pays sont finalement amenés à percevoir moins de liquidités. S'engager dans une politique d'efficacité énergétique permettrait ainsi aux pays dont le solde énergétique est excédentaire à l'instar de l'Algérie de préserver leurs ressources, qui constituent leur axe principal de développement économique.

Ainsi les notions de maîtrise de l'énergie et d'efficacité énergétique prennent alors, plus que jamais, tout leur sens. Les quatre États, quelle que soit leur situation énergétique, avec des choix stratégiques différents dans chaque pays peuvent baser leur développement sur d'autres types d'énergie tout en essayant de maîtriser par ailleurs leur consommation énergétique par la mise en place de politiques d'efficacité énergétique volontaristes et adaptées, notamment dans le secteur du bâtiment. Pour se faire, ils vont devoir relever le défi de mobiliser de nombreux acteurs : les architectes, les concepteurs et les ingénieurs, les constructeurs et entrepreneurs, les propriétaires et exploitants de construction, les industriels, les sociétés d'énergie et aussi la communauté universitaire. Pour faire converger leurs intérêts autour d'une même cause.

### 3. Agences de maîtrise de l'énergie :

Les pays ont mis en place des agences de maîtrise de l'énergie chargées de proposer des textes législatifs et de mettre en application les décrets et lois votés relatifs à la maîtrise de l'énergie , tel est le cas pour l'Algérie avec L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (**APRUE**).

L'APRUE fondée en 1985, elle a un statut d'établissement public à caractère commercial et industriel, sous tutelle du Ministère de l'énergie et des mines. Elle a pour mission principale « la mise en œuvre de la politique nationale de maîtrise de l'énergie, et ce à travers la promotion de l'efficacité énergétique » (APRUE, 2011). Elle se donne pour missions principales :

- La coordination et l'animation de la politique nationale de maîtrise de l'énergie.
- La mise en œuvre et le suivi du Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME).
- La sensibilisation et la diffusion de l'information sur la maîtrise de l'énergie en direction des différentes cibles (grand public, professionnels, milieu scolaire...).
- Le montage de programmes et de projets sectoriels en partenariat avec les secteurs concernés (Industrie, Bâtiment, Transports, ...) (APRUE, 2011).

Les trois autres pays se sont aussi dotés de leurs agences d'énergie à l'image de la France avec l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (**ADEME**) créée en 1990 après plusieurs fusions. Elle se donne quatre grandes missions principales :

- **Connaître**: L'ADEME assure l'animation et participe au financement de la recherche et de l'innovation. Elle participe également à la constitution et à l'animation de systèmes d'observation pour mieux connaître l'évolution des filières.
- **Convaincre et mobiliser**: L'information et la sensibilisation des publics sont des conditions essentielles de réussite des politiques en matière d'environnement. Dans ce cadre, l'ADEME met en œuvre, avec des partenaires pour démultiplier les effets, des campagnes de communication de grande ampleur pour faire évoluer les mentalités, les comportements et les actes d'achats et d'investissement.
- **Conseiller** : L'ADEME assure un rôle de conseil pour orienter les choix des acteurs socio-économiques. La diffusion directe par des relais de conseils de qualité est une composante majeure de la mise à disposition de l'expertise de l'Agence (aide aux maîtres d'ouvrage, soutien aux relais et réseaux d'acteurs pour démultiplier l'offre de conseils). L'ADEME élabore également des outils et des méthodes adaptés aux attentes de ces acteurs.

- **Aider à réaliser:** Pour les aides directes à la concrétisation des projets, l'ADEME déploie des types de soutien financier gradués. Elle favorise également la mise en œuvre de références régionales et nationales (ADEME, 2013).

Le Canada c'est doté lui d'un office dédié exclusivement à l'efficacité énergétique : **L'Office de l'efficacité énergétique (OEE)** le 1er avril 1998 il a comme mandat de renforcer et d'élargir la portée de l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique (Canada, 2011).

Les États-Unis s'occupent des questions d'efficacité énergétique en collaboration avec plusieurs entités à savoir : le département de l'énergie (**DOE**) et l'**EPA** agence de protection de l'environnement, pour mettre en œuvre des codes et des programmes en particulier ceux traitant d'efficacité énergétique, que ce soit au niveau national ou à travers des programmes locaux reliés par les agences implantées dans chaque état afin de les aider à répondre au mieux à la spécificité de chacun d'eux .

#### **4. Le rôle des agences de maîtrise de l'énergie :**

Dans un premier temps, les politiques d'efficacité énergétique dans ces pays s'appuient sur la mise en place d'une institution gouvernementale chargée de la maîtrise de l'énergie. Cette institution a pour fonction d'élaborer des instruments réglementaires visant à diffuser l'efficacité énergétique et de les mettre en œuvre.

Les agences de maîtrise de l'énergie sont chargées, en coopération avec les ministères concernés, d'élaborer des instruments réglementaires, incitatifs, mais également des mesures d'accompagnement pour promouvoir la maîtrise de l'énergie, notamment dans le secteur de l'habitat. Une fois conçus, et pour faciliter leur mise en œuvre et application, ces différents instruments sont réunis dans un cadre législatif. Ainsi, plusieurs textes réglementaires ont été édictés pour concrétiser la maîtrise de l'énergie. Néanmoins, le cadre législatif relatif à la maîtrise de l'énergie est distinct selon les quatre pays, tant dans sa consistance que dans son application.

#### **5. La politique énergétique en Algérie :**

La politique algérienne en terme d'efficacité énergétique, essentiellement dans le secteur du bâtiment se traduit par les actions de quelques entités : l'**APRUE** soutenu par son bras financier le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (**FNME**) et le Programme National de Maîtrise de l'Energie (**PNME**). A cela il faudra ajouter la collaboration des centres de recherches liés au domaine des bâtiments comme le centre du développement des énergies renouvelables (**CDER**) et le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (**CNERIB**) et bien évidemment le ministère de l'Energie et des Mines. Il s'agit de voir dans le détail l'état des lieux de ces politiques et éventuellement le suivi et les prémices de résultat ou le cas contraire les obstacles qui entravent leurs exécutions.

L'Algérie grand pays exportateur de pétrole et de gaz a vu sa politique énergétique changée après le premier choc pétrolier, ainsi la diminution des cours du pétrole a vidé les caisses de l'état et par là même ses capacités à financer l'économie du pays. C'est ainsi que pour la première fois les responsables ont pris conscience de l'obligation de définir une politique d'efficacité énergétique, le ministère de l'énergie a proposé un modèle de consommation énergétique basé sur le recours au gaz naturel et le développement du GPL dans les transports.

La politique énergétique algérienne, repose aujourd'hui sur quatre axes : une agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie ; un cadre réglementaire assuré par la loi de 1999 ; un fonds national pour la maîtrise de l'énergie et des mesures d'incitations et d'accompagnement.

Le PNME constitue le cadre d'exercice de la politique algérienne d'efficacité énergétique, puisqu'il définit ses objectifs et les moyens de sa mise en œuvre sur la base d'études de perspectives énergétiques et de données socioéconomiques. Le programme se décline sous forme d'un plan d'action qui s'intéresse à l'ensemble des secteurs de consommation, notamment celui du bâtiment.

Aussi, pour assurer l'animation et la coordination de la politique de maîtrise de l'énergie, l'Algérie met en place en 2004 le Comité intersectoriel de la maîtrise de l'énergie. Ce Comité a notamment pour mission d'organiser la concertation et le développement des partenariats public privé.

Dans les années 1990, l'Algérie développe plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Suite à une réflexion sur la consommation 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, il détermine aussi les zones climatiques. Ces DTR ont par la suite été approuvés par le ministère de l'Énergie et des Mines et ont fait l'objet, en 2000, d'un décret portant sur la réglementation thermique dans les bâtiments neufs en application à la loi relative à la maîtrise de l'énergie adoptée le 28 juillet 1999.

Outre les normes et exigences d'efficacité énergétique portant sur l'isolation thermique dans les bâtiments neufs, la loi sur la maîtrise de l'énergie introduit des normes de performance énergétique des appareils fonctionnant à l'électricité, au gaz et aux produits pétroliers. Cette loi prévoit également le financement des actions relatives à la maîtrise de l'énergie par la mise en place d'un Fonds national, qui permettra notamment de mettre en œuvre les différentes mesures incitatives financières prévues par cette même loi.

Le FNME est alimenté par des taxes sur la consommation énergétique (électricité et gaz) prélevées auprès des gros consommateurs (hors PME et ménages), et peut être abondé par des fonds internationaux.

En cas de non-respect des dispositions énoncées par la loi relative à la maîtrise de l'énergie, des sanctions sont prévues. Elles peuvent se traduire par des taxes, par exemple sur les appareils neufs fonctionnant à l'électricité, au gaz ou aux produits pétroliers dont la consommation est excessive par rapport aux normes d'efficacité énergétique, des amendes pour les établissements qui ne se conforment pas à l'obligation d'audit énergétique, ou d'autres sanctions, notamment pour l'infraction aux dispositions relatives à l'étiquetage et la non-conformité aux normes établies par la réglementation thermique dans les bâtiments neufs.

L'APRUE dispose d'un certain nombre de programmes et d'initiative visant la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment :

#### 5.1. Le programme ECO-BAT :

Le programme prévoit l'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation par :

- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique.
- La réalisation d'une action démonstrative, preuve de la faisabilité des projets à haute performance énergétique en Algérie.
- La provocation d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.

#### 5.2. Financement de la maîtrise de l'énergie :

Le FNME est l'instrument public spécifique d'incitation de la politique de maîtrise de l'énergie. Il a pour objet de contribuer à l'impulsion et au développement, à terme, d'un marché de la maîtrise de l'énergie à travers, des mesures financières (**cf. Annexe 1**).

#### 5.3. Programme triennal d'efficacité énergétique «2011-2013» :

Le programme triennal d'efficacité énergétique « 2011-2013 » émane lui-même du programme national des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique, adopté par le Conseil des Ministres en février 2011.

Le programme d'efficacité énergétique, obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies concourant à la préservation des ressources et la systématisation d'une consommation utile et optimale (**pour les volets du programme cf. Annexe 1**) (APRUE, 2011).

L'APRUE est chargée de réaliser le programme d'efficacité énergétique notamment par :

### **L'isolation thermique des bâtiments :**

En Algérie, le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore. Sa consommation représente plus de 42% de la consommation finale.

Les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur portent notamment sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettront de réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et la climatisation d'un logement d'environ 40% (APRUE, 2011).

### **Projet d'isolation thermique de 600 logements neufs :**

Ce premier projet pilote est déjà lancé par l'APRUE en partenariat avec le Ministère de l'Habitat. Pour sa mise en œuvre, des conventions ont été signées avec la Caisse Nationale du Logement (CNL) et les OPGI de 11 wilayas choisies, couvrant l'ensemble des zones climatiques du pays.

### **Programme quinquennal PNME 2010-2014 :**

Dans le cadre du PNME 2010-2014, un programme de construction de 3000 logements neufs, efficaces en énergie et 4000 logements existants à réhabiliter thermiquement, est proposé et est actuellement en cours de validation (APRUE, 2011).

### **Projet d'isolation thermique de 1500 logements :**

L'isolation thermique totale ou partielle de 1500 logements, soit une moyenne de 500 logements rénovés par an à travers:

- Remplacement des menuiseries existantes par celles étanches avec double vitrage;
- Mise en place d'une isolation thermique.

### **Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie :**

L'objectif assigné à la stratégie d'action est l'interdiction de la commercialisation des lampes à incandescence (lampes classiques couramment utilisées par les ménages) sur le marché national et ceci, à l'horizon 2020.

### **Introduction des principales techniques de climatisation solaire :**

L'utilisation de l'énergie solaire pour la climatisation est une application à promouvoir particulièrement au Sud du pays, d'autant que les besoins en froid coïncident à la plupart du temps avec la disponibilité du rayonnement solaire (fonctionnement au fil du soleil).

Par ailleurs, le champ de capteurs solaires pourrait aussi servir à la production d'eau chaude sanitaire et au chauffage des locaux pendant la saison froide. Le rendement global de l'installation est de ce fait très intéressant.

#### 5.4. La coopération internationale :

La coopération internationale revêt une importance particulière pour l'Agence, notamment en termes d'expérience pour l'élaboration et le pilotage des programmes de maîtrise de l'énergie, de mise à disposition de l'expertise internationale et de transfert de savoir-faire aux cadres-ingénieurs de l'APRUE.

A travers les actions inscrites au titre de la coopération internationale, l'APRUE se charge de la promotion et de la politique algérienne de maîtrise de l'énergie au niveau international et du marché algérien de la maîtrise de l'énergie.

L'APRUE a développé un tissu de relations, tant dans le cadre bilatéral que multilatéral (APRUE, 2011).

##### 5.4.1. MED-ENEC :

L'efficacité énergétique dans le secteur de la construction dans les pays méditerranéens MED-ENEC est un projet méditerranéen financé par l'union Européenne. Il a pour objectif :

- Donner une impulsion aux mesures d'efficacité énergétique et d'énergie solaire dans le secteur de la construction.
- Sensibiliser et informer les décideurs des pays bénéficiaires sur les procédés de construction soucieux des économies d'énergie et sur les technologies des équipements efficaces.
- Proposer des solutions rentables soucieuses de l'impact sur l'environnement.

##### 5.4.2. Coopération APRUE- MED-ENEC II Project :

Formation d'auditeurs énergétiques dans le bâtiment en collaboration avec le **MED-ENEC Project** et le Département de l'Energie de la Ligue Arabe, l'APRUE a organisé une formation de consultants algériens pour la réalisation d'audits énergétiques dans le secteur du bâtiment, et ce du 29 Janvier au 02 Février 2012,

Le but de cette formation était de qualifier ces consultants capables de réaliser des audits énergétiques détaillés dans le secteur du bâtiment et d'établir un programme de travail adéquat pour leur réalisation.

Il est à noter que nous avons pris part à cette formation, nous avons conclu que bien que ce soit la première expérience de l'APRUE pour la formation d'auditeur énergétique dans le secteur du bâtiment, le but initial a été rempli, en grande partie grâce au soutien actif du MED-ENEC, ce qui démontre le véritable intérêt d'une telle opération et que la coopération internationale a défaut d'apporter des projets clés à la main, galvanise et pousse les autorités locales à entamer de telles initiatives.

### 5.5. Projet pilote de logement avec efficacité énergétique au CNERIB :

Le projet méditerranéen d'efficacité énergétique dans le secteur de la construction (MED-NEC Project), a été officiellement lancé les 27 et 28 Mars 2006 à Damas pour mettre en œuvre des mesures relatives à l'efficacité énergétique dans le bâtiment à travers l'application de la réglementation thermique, l'utilisation des énergies renouvelables et le développement de nouveaux matériaux et systèmes constructifs à haute performance énergétique.

L'objectif principal de ce projet est l'introduction de la démarche d'économie d'énergie dans l'acte de bâtir et ce aux niveaux de la conception et de la mise en œuvre. Ce projet se distingue des constructions classiques par l'utilisation des éléments suivants :

- Système constructif à base de maçonnerie porteuse chaînée,
- Matériau de construction localement disponible à savoir le BTS (Béton de Terre Stabilisée), le liant utilisé pour la stabilisation du bloc est le ciment avec une concentration pondérale maximale de 5%.

### 5.6. Lutte contre le changement climatique :

L'Algérie a pris en charge la problématique des changements climatique à travers l'intégration de la notion du développement durable dans le cadre des programmes de développement et elle a ratifié en 1993 la convention cadre des nations unies pour les changements climatiques (CCNUCC).

Dans le secteur du bâtiment, la cause essentielle des émissions des gaz à effets de serre est directement liée à la consommation de l'énergie d'origine fossile, utilisée pour l'exploitation résidentielle (chauffage et climatisation, éclairage, ventilation...) des bâtiments, de même pour la production des matériaux de construction.

La loi relative à la maîtrise d'énergie définit les conditions, les moyens d'encadrement et la mise en œuvre de la politique nationale de maîtrise d'énergie (**cf. Annexe 1**).

Cependant, malgré toutes ces dispositions, il semblerait que la volonté politique algérienne soit axée d'avantage sur le prix des matières premières. Avec l'envolée des prix des énergies fossiles, l'engouement pour la maîtrise de l'énergie devient visible à la fin des années 1980, puis aurait disparu et cette préoccupation reléguée au second plan. En témoigne l'inefficacité du mécanisme de contrôle et de sanction et par la même la non application de la réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Ainsi, pour répondre à la pénurie de logements, les critères de construction prioritaires sont la rapidité et le faible coût, et aucune réflexion sur la conception des bâtiments n'est engagée. Aussi, les agences de maîtrise de l'énergie ne dispose pas d'assez d'influence ni des moyens nécessaires pour porter l'efficacité énergétique en tant qu'axe principal de la politique énergétique et de logement.

Les politiques mises en œuvre n'ont pas permis de placer de manière concrète la maîtrise de l'énergie au cœur des priorités nationales. Les politiques d'efficacité énergétique dans l'habitat peinent à atteindre les acteurs concernés et sa diffusion est ralentie par de nombreux obstacles. Le principal obstacle économique à l'efficacité énergétique réside dans la structure des prix de l'énergie. En effet, des prix de l'énergie subventionnés impliquent des temps de retour sur investissement très longs et rendent les projets de politiques d'efficacité énergétique non profitables.

L'Algérie s'est lancée dans une politique de libéralisation du secteur de l'électricité et du gaz et donc de rattrapage des prix, il est en effet prévu que les prix de l'électricité et du gaz augmentent, si cette tendance se vérifie, il est probable que le secteur privé et les ménages soient plus sensibles à l'efficacité énergétique. Il serait de l'intérêt des ménages d'accroître l'efficacité énergétique de leur habitat et de leurs équipements. Une autre hérésie consiste dans le fait de continuer à exploiter et exporter les ressources énergétiques, alors que cela ne traduit pas un besoin en réserve de devise étrangère, ce qui implique de vendre au prix des cours actuelles alors que du fait de la raréfaction inévitable des matières premières, leurs prix est inexorablement amené à augmenter au fil du temps. Autrement dit : *vendre plus de pétrole aujourd'hui, c'est avoir moins de profit demain.*

Malheureusement l'Algérie n'est pas souveraine dans ce domaine, en attendant l'éveil des consciences, on doit commencer par au moins maîtriser la consommation énergétique nationale en particulier dans le secteur le plus énergivore en occurrence le secteur du bâtiment, qui représente à lui seul près de la moitié de la consommation énergétique finale.

## **6. La politique énergétique en France:**

La politique française en matière d'efficacité énergétique dans les bâtiments s'appuie sur un programme piloté par l'ADEME. Il est inscrit au sein du Grenelle de l'environnement 1 et 2. Ce programme s'articule autour de la nouvelle réglementation thermique RT 2012, qui représente une avancée significative en termes d'exigences. À côté des réglementations et autres certifications, un autre levier est employé, il s'agit des incitations financières et réduction d'impôts destinées à inciter les usagers à rénover leur habitations en vue de mieux les isoler ou les chauffer. Le troisième grand volet est tout ce qui a trait à l'information et l'éducation énergétique des usagers et des outils disponibles pour faciliter les démarches dans la perspective de réaliser des travaux de rénovation ou simplement d'audit énergétique.

La France étant membre de l'union Européenne, l'UE tend à harmoniser les politiques énergétiques des 27 pays membres.

La France aujourd'hui, compte 31 millions de bâtiments résidentiels représentant une superficie de plus de 2 milliards de m<sup>2</sup> (ADEME, 2013). Les bâtiments tertiaires représentent plus de 900 millions de m<sup>2</sup>. 20 millions des logements ont été construits avant les premières réglementations thermiques, qui datent de 1975. Ces logements très énergivores représentent 58% du parc et plus de 75% de la consommation d'énergie du secteur. Leur rénovation est donc devenue une priorité.

Dans le cadre du Grenelle Environnement, l'objectif a été fixé de réduire la consommation d'énergie primaire dans les bâtiments existants de 38 % d'ici à 2020 et de rénover 400000 logements par an à compter de 2013 (seul 150000 logements ont été rénovés). La France renforce en outre progressivement ses réglementations thermiques pour les bâtiments neufs. Ainsi, en France métropolitaine :

- le niveau « Bâtiment Basse Consommation » est généralisé avec la RT 2012,
- le niveau « Bâtiment à Energie Positive » sera l'objectif de la RT 2020.

Pour accompagner ce changement, de nombreux instruments et mécanismes réglementaires par les autorités publiques, ainsi que plusieurs programmes ont été mis en place. Lancé en 2004, le Programme de Recherche et d'expérimentation sur l'Energie dans le Bâtiment (PREBAT) permet par l'expérimentation et la diffusion de solutions nouvelles en matière d'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs et anciens. Côté privé, de nombreux laboratoires de recherche, bureaux d'étude et d'ingénierie, architectes, gestionnaires de services, entreprises et industriels de la construction, se sont également mobilisés. La formation dans toutes les disciplines de la construction a été adaptée aux nouvelles exigences techniques et de nouveaux métiers sont apparus (ex : auditeur énergétique).

Afin de rendre les bâtiments plus efficaces en termes de consommation d'énergie, de nombreuses technologies ont été développées ou perfectionnées, notamment pour

l'isolation, la ventilation, le chauffage, ou la gestion des apports en lumière et en chaleur. Ces technologies s'appliquent à la construction de bâtiments neufs et à la rénovation des bâtiments existants, qu'il s'agisse de maisons individuelles ou de logements collectifs.

Voici les grands axes de la révolution énergétique en France :

- L'isolation : est le premier poste à cibler pour un haut niveau d'efficacité énergétique.
- Ventilation hygiénique et consommation énergétique.
- Systèmes de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) performants.
- Chaudières à condensation.
- Chaudières basse température.
- Conception intelligente du bâtiment.
- Eclairage basse consommation.
- Domotique.

Basée sur la mise en réseau des équipements électriques d'un bâtiment, la domotique regroupe plusieurs technologies comme l'électronique, l'automatisme, l'informatique et les télécommunications.

#### 6.1. Le PREBAT :

En 2004, la France a lancé le PREBAT « *préparer l'avenir du bâtiment* », c'est un programme de recherche, de développement et d'expérimentation visant à permettre la généralisation des bâtiments à énergie positive dans le neuf et l'existant à l'horizon 2020.

#### 6.2. Le Grenelle Environnement :

Le Grenelle Environnement est un vaste processus de concertation. Son objectif : préparer de manière participative des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable en France. Initié en 2007, le Grenelle de l'Environnement comprenait six groupes de travail thématiques dont un portant spécifiquement sur la lutte contre les changements climatiques et la maîtrise de la demande d'énergie. Ces engagements ont ensuite été discutés au Parlement français. La loi Grenelle 1, qui fixe les objectifs et orientations principales a été votée à la quasi-unanimité en août 2009. La loi Grenelle 2, votée le 12 juillet 2010, définit quant à elle les mesures concrètes ainsi que leur mise en œuvre.

##### 6.2.1. Plan bâtiment du Grenelle Environnement :

Le Grenelle de l'Environnement comprend un important programme de réduction des consommations énergétiques dans tous les secteurs du bâtiment. Des objectifs en termes de réglementations thermiques fixent une limite maximale à la consommation énergétique des

bâtiments en fonction de leur utilisation (bâtiments tertiaires, bâtiments d'habitation...) et de leur nature (neufs, existants).

#### 6.2.2. Bâtiments neufs :

Pour les constructions neuves, le Grenelle de l'Environnement a fixé comme objectif la généralisation des bâtiments basse consommation (BBC) en 2012 et des bâtiments à énergie positive à l'horizon 2020. Toutes les constructions neuves doivent présenter une consommation d'énergie primaire inférieure à un seuil de  $50 \text{ kWh/m}^2\text{an}$  en moyenne (équivalent au label BBC) :

A partir de fin 2011 pour les bâtiments publics et les bâtiments tertiaires, ainsi que pour les constructions à usage d'habitation réalisées dans le cadre du programme national de rénovation urbaine ; à partir du 1er janvier 2013 pour tous les bâtiments résidentiels à usage d'habitation. Le Grenelle Environnement a fixé un objectif global de réduction de la consommation d'énergie primaire dans les bâtiments existants de 38 % d'ici à 2020.

Pour relever ce défi, un grand plan de rénovation de l'immobilier de l'Etat a été engagé dès 2008, avec une enveloppe de 200 M€ pour la rénovation des bâtiments publics ; la rénovation des logements sociaux, bâtiments tertiaires privés et logements privés. 800000 logements sociaux d'habitat à loyer modéré (HLM) parmi les plus énergivores devront être rénovés.

#### 6.2.3. La rénovation des logements en climat tropical :

Depuis le 1er mai 2010, la première réglementation thermique spécifique au climat chaud et humide (Plan Bâtiment Durable, 2013). S'applique aux territoires et départements d'autres mers anciennement colonisé (Guadeloupe, en Martinique, en Guyane et à La Réunion), pour tous les logements neufs, individuels et collectifs. De nombreux dispositifs incitatifs, financiers ou d'information et de sensibilisation contribuent à mettre en œuvre ces objectifs.

### 6.3. La réglementation thermique :

Pour réduire durablement les dépenses énergétiques, le Grenelle de l'Environnement définit un programme de réduction des consommations énergétiques des bâtiments.

La nouvelle réglementation thermique RT 2012 a été mise en place. Elle s'applique aux constructions neuves, aux extensions et aux surélévations de bâtiments existants.

La RT 2012 comporte trois exigences de résultats définie par trois coefficients :

#### 6.3.1. Le coefficient Bbio :

Ou Besoin bioclimatique conventionnel, exprime les besoins liés au chauffage, à la climatisation et à l'éclairage. Un bon *Bbio* c'est des besoins énergétiques limités grâce à une conception réfléchie.

Un *Bbio* performant s'obtient en optimisant le bâtiment indépendamment des systèmes énergétiques mis en œuvre :

- a. en travaillant sur l'orientation et la disposition des baies afin de favoriser les apports solaires en hiver tout en s'en protégeant en été,
- b. en privilégiant l'éclairage naturel,
- c. en prenant en compte l'inertie pour le confort d'été,
- d. en limitant les déperditions thermiques grâce :
  - à la compacité des volumes,
  - à une bonne isolation des parois opaques (murs, dalle et toiture) et des baies (fenêtres et portes donnant sur l'extérieur ou sur un local non chauffé).

#### 6.3.2. Le coefficient Cep :

Ou coefficient de Consommation conventionnelle d'énergie primaire porte sur les consommations annuelles ramenées au  $m^2$  liées aux cinq usages suivants : chauffage, climatisation (s'il y a lieu), eau chaude sanitaire, éclairage, et auxiliaires tels que les pompes et les ventilateurs.

#### 6.3.3. Le coefficient Tic :

Caractérise la température intérieure conventionnelle en période de forte chaleur. Sa limitation vise à assurer, en été, de part et d'autre, un bon niveau de confort et à éviter les surchauffes sans qu'il soit nécessaire de climatiser.

#### 6.4. Les audits énergétiques :

Les audits énergétiques sont une manière utile d'informer les consommateurs sur les actions possibles pour améliorer l'efficacité énergétique de leur logement. Principalement développés dans l'industrie et le tertiaire, ils sont de plus en plus proposés aux ménages, conformément à la directive bâtiments.

#### 6.5. Dispositifs incitatifs financiers et aides fiscales :

##### 6.5.1. L'éco-prêt à taux zéro :

Afin de promouvoir l'efficacité énergétique dans le parc des bâtiments existants, la France a instauré l'éco-prêt à taux zéro. Ce dispositif depuis sa mise en place en avril 2009 a déjà permis fin 2010 la rénovation de 100000 logements. Destiné aux particuliers pour le financement des travaux de rénovation les plus rentables, le prêt se décline en trois options :

- mise en œuvre d'un « bouquet de travaux »,
- atteinte d'un niveau de « performance énergétique globale » minimal du logement,

- réhabilitation d'un système d'«assainissement non collectif » par un dispositif ne consommant pas d'énergie

Il permet d'emprunter jusqu'à 30000 € pour financer des travaux d'amélioration énergétique du logement (sous conditions). (Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement, 2012).

#### 6.5.2. L'éco-prêt HLM :

Pour le parc des logements sociaux, des incitations financières ont également été mises en place. L'Etat et la Caisse des dépôts ont mobilisé 1,2 milliard d'euros sur la période 2009-2010 afin de financer la rénovation thermique de logements sous la forme de prêts à taux bonifiés.

#### 6.5.3. Le crédit d'impôt développement durable :

Ce dispositif fiscal, mis en place en 2005, est en vigueur jusqu'en 2015. C'est une disposition fiscale permettant aux ménages de déduire de leur impôt sur le revenu une partie des dépenses réalisées pour certains travaux d'amélioration énergétique portant sur une résidence principale (ADEME, 2013).

#### 6.5.4. Le certificat d'économie d'énergie (CEE):

Le dispositif des CEE repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie (électricité, gaz, chaleur, froid, fioul domestique et carburants automobiles). Un objectif triennal est défini, puis réparti entre les opérateurs en fonction de leurs volumes de ventes.

Ces objectifs sont assorti d'une pénalité financière de 0,02 €/kWh pour les vendeurs d'énergie ne remplissant pas leurs obligations dans le délai imparti. Les certificats d'économies d'énergie sont attribués, sous certaines conditions, aux acteurs réalisant des actions d'économies d'énergie.

Les vendeurs d'énergie peuvent s'acquitter de leurs obligations par la détention de certificats d'un montant équivalent. Certificats obtenus à la suite des actions entreprises en propre par les opérateurs ou par l'achat à d'autres acteurs ayant mené des actions. Le secteur du bâtiment a représenté en première période près de 90 % des CEE délivrés (Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement, 2012).

### 6.6. Diagnostic de Performance Energétique :

Depuis 2006, le DPE renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment, en évaluant sa consommation d'énergie et son impact en termes d'émission de gaz à effet de serre. Le DPE est obligatoire pour la vente d'un bâtiment ou de locaux résidentiels et tertiaires ainsi que pour la location de logements. Il doit être réalisé par un diagnostiqueur certifié par un organisme accrédité. La lecture du DPE est facilitée par deux étiquettes (énergie et CO<sub>2</sub>) à 7 classes de A à G (A correspondant à la meilleur

performance, G à la plus mauvaise) (Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie, 2013).

#### 6.7. Le programme « habiter mieux » :

Établissement public d'État, l'Agence nationale de l'habitat (Anah) a pour mission de mettre en œuvre la politique nationale de développement et d'amélioration du parc de logements privés existants. Pour atteindre cet objectif, elle accorde notamment des subventions pour l'amélioration des résidences principales de propriétaires occupants modestes ou de logements locatifs de propriétaires bailleurs privés, en échange de contreparties sociales.

Pour permettre de réaliser des travaux de rénovation thermique pour :

- bien chauffer,
- diminuer les factures d'énergie.

HABITER MIEUX, c'est un accompagnement personnalisé réalisé par un organisme compétent et reconnu par les pouvoirs publics. Un spécialiste se déplace pour :

- réaliser le diagnostic thermique du logement.
- élaborer un projet de travaux.
- monter un dossier de financement.
- suivre le bon déroulement des travaux.

Les Caractéristiques du logement :

- Il doit avoir plus de 15 ans à la date où le dossier est déposé.
- Il ne doit pas avoir donné lieu à d'autres financements de l'État comme un prêt à taux zéro depuis 5 ans.

##### 6.7.1. L'aide du programme "Habiter Mieux" :

Dans le cadre des Investissements d'avenir, l'État a créé un programme d'aide à la rénovation thermique des logements.

Ce Programme national "Habiter Mieux" est doté d'un fonds de 500 millions d'euros et géré par l'Anah. Il est destiné à aider 300000 propriétaires occupants à financer les travaux de rénovation thermique les plus efficaces, pour diminuer de façon significative les déperditions d'énergie de leur logement.

Le montant de l'aide "Habiter Mieux" est fixé à 1600 €.

- Cette aide peut être complétée par la collectivité locale sur le territoire duquel est situé le logement. Le montant de ce complément est laissé à discrétion de la collectivité. Dans ce cas, l'aide "Habiter Mieux" versée par l'Anah est automatiquement augmentée

du même montant, dans la limite de 500 e. Le montant maximum de l'Aide "Habiter Mieux" majorée est donc de 2100 e, auquel s'ajoute le complément de la collectivité.

- Une avance de 70 % maximum du montant total de l'aide du programme "Habiter Mieux" et de l'aide de l'Anah peut être versée au bénéficiaire au démarrage des travaux.

## 6.8. La lutte contre la précarité énergétique

La loi Grenelle 2 pose cette définition de la précarité énergétique : « est en situation de précarité énergétique une personne qui éprouve dans son logement des difficultés particulières à disposer de la fourniture d'énergie nécessaire à la satisfaction de ses besoins élémentaires en raison de l'inadaptation de ses ressources ou de ses conditions d'habitat »

Plus de 13 % des ménages français sont aujourd'hui considérés en situation de précarité énergétique (Chérel, 2010) et sont obligés de consacrer au moins 10 % de leurs revenus à l'achat d'énergie pour leur logement, ce phénomène résulte de la combinaison de trois facteurs principaux :

- La vulnérabilité des foyers à faibles revenus
- La mauvaise qualité thermique des logements occupés : Les 3/4 du parc se situent dans les classes D, E, F ou G soit des consommations de plus de 150 kWh par m<sup>2</sup> et par an (Lechevin, 2013)
- Le coût croissant de l'énergie.

L'Engagement de la France contre la précarité énergétique :

- Réhabiliter les logements de 300000 propriétaires occupants modestes en situation de forte précarité énergétique, notamment en milieu rural.
- Une Aide de Solidarité Ecologique pour prendre en charge le coût des travaux et un dispositif de solvabilité des ménages très modestes ( Borloo, et al., 26 janvier 2010)

Des programmes aussi ont été développés pour le logement et les ménages en situation de précarité, ainsi depuis 1984, il existe des aides financières directes aux impayés dans le cadre des Fonds de Solidarité pour le Logement (FSL) pilotés par les conseils généraux et en 2004 pour l'électricité et puis en 2008 pour le gaz, ont été créés les tarifs sociaux de l'énergie (TPN et TSS), récemment élargis dans le cadre de la Loi Brottes (avril 2013)

## 6.9. Le Fonds Européen de Développement Economique et Régional :

Le FEDER est le principal instrument financier de l'Union européenne pour réduire l'écart entre les niveaux de développement des régions du sud et du nord européennes et rattraper le retard des régions les moins favorisées. Son champ d'intervention couvre les dépenses liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables dans les logements des personnes à faibles revenus. Les bailleurs sociaux peuvent donc faire appel à une partie du

FEDER pour la réhabilitation de leurs logements (Fonds Européen de Développement Régional, 2013).

#### 6.10. Orienter les achats des consommateurs :

Trois actions permettent d'agir sur les comportements d'achats d'équipements performants:

- L'étiquetage, les campagnes d'information et les aides financières.
- La réglementation demeure l'instrument privilégié dans le secteur des bâtiments avec la certification des bâtiments pour favoriser le respect des normes, un renforcement de l'information et du conseil en efficacité énergétique à destination du consommateur.

Depuis 2006, si l'efficacité énergétique demeure l'un des principaux axes de la lutte contre le changement climatique, elle est aussi pleinement intégrée dans l'élaboration d'une politique énergétique commune. Celle-ci vise à regrouper l'ensemble des volets constituant la politique de l'énergie au sein d'une même stratégie européenne, définie autour de plusieurs chantiers prioritaires : le marché intérieur du gaz et de l'électricité, la sécurité d'approvisionnement, la diversification du bouquet énergétique, l'exemplarité dans la lutte contre le changement climatique, la recherche et l'innovation et enfin la politique extérieure commune.

Les dates clés dans l'évolution de l'harmonisation des politiques communes en termes d'efficacité énergétique en UE (ADEME, 2013) (**cf. Annexe 1**).

A travers ce parcours il est clair que la réglementation thermique 2012, a constitué un tournant dans la politique énergétique de la France. En effet bien que les questions de maîtrise de l'énergie ont été pris en considération tardivement et en parallèle à l'existence d'un nombre conséquent de programme d'efficacité énergétique, ils ont eu des effets limités preuve en est le déséquilibre et l'augmentation croissante de la consommation énergétique finale, de même que la répartition inégale de la consommation par secteur. Les projections et les projets en cours d'élaboration notamment la prochaine réglementation thermique 2020, qui vise des bâtiments à énergie positive donne l'impression qu'il y a une volonté politique sinon une nécessité d'affronter les questions de maîtrise de l'énergie et par la même rattraper le retard occasionné depuis des décennies.

Malgré l'inconsistance et la faiblesse de cette politique, elle est devenue hélas pour un certain nombre de pays émergents, un modèle de référence et de révérence à l'image de l'Algérie ; qui a non seulement épousé des techniques a priori non adapté complètement à son climat et ses particularités mais aussi vidé ces initiatives d'efficacité énergétique de leurs substances. On se retrouve alors en Algérie en face de textes réglementaires et de programmes transformés en coquilles vides.

## **7. La politique énergétique au Canada:**

Les Canadiens ont de plus grandes maisons, mais y vivent moins nombreux. En 2009, la surface habitable moyenne était de 11 % plus grande qu'en 1990. Plus particulièrement, la surface habitable moyenne s'élevait à 116 mètres carrés (m<sup>2</sup>) en 1990 comparativement à 129 m<sup>2</sup> en 2009. Au cours de la même période, le nombre de personnes par ménage a diminué, passant de 2,8 en 1990 à 2,5 en 2009 (Office de l'efficacité énergétique, 2011).

Cette tendance, s'ajoutant à la croissance de la population, s'est traduite par la construction d'un plus grand nombre de logements et, par conséquent, par une hausse de la consommation d'énergie. Le ménage moyen a réduit sa consommation d'énergie de 18 % depuis 1990.

L'intensité énergétique du secteur résidentiel est habituellement exprimée comme la consommation d'énergie par ménage. Elle peut également être exprimée comme l'énergie consommée par mètre carré de surface habitable.

L'intensité énergétique par ménage a chuté de 18 %, passant de 129,6 GJ en 1990 à 106 GJ en 2009 en dépit d'une hausse du nombre d'appareils ménagers utilisés par le ménage moyen, de la surface d'habitation et de l'utilisation de climatiseurs. La consommation d'énergie par mètre carré a diminué de 25 % pour passer de 1,06 à 0,79 GJ.

Une partie de la baisse de la consommation d'énergie par ménage pour l'éclairage peut être attribuable à l'utilisation accrue des lampes fluorescentes compactes (LFC), souvent appelées ampoules fluorescentes compactes qui requièrent moins d'énergie pour produire un certain niveau d'éclairage. Avant 2000, on trouvait peu de LFC dans le secteur résidentiel; toutefois, en 2009, les LFC représentaient environ 24 % des ampoules utilisées.

En 2009, l'amélioration de l'efficacité énergétique s'est traduite par des économies d'énergie de 8,9 milliards de dollars dans le secteur résidentiel. L'amélioration de l'efficacité énergétique du secteur résidentiel a entraîné des économies considérables entre 1990 et 2009. Cette amélioration comprend des changements apportés à l'enveloppe thermique des habitations (isolation, fenêtres, etc.) et au rendement énergétique des appareils consommateurs d'énergie dans la maison, tels que les chaudières, les appareils ménagers, les appareils d'éclairage et les climatiseurs.

L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel s'est améliorée de 37 % entre 1990 et 2009, ce qui a permis aux Canadiens, en 2009, de réduire leur facture et leur consommation d'énergie de 8,9 milliards de dollars et de 470,6 PJ, respectivement. (Office de l'efficacité énergétique, 2011)

Au Canada l'efficacité énergétique s'appuie sur quatre grands axes principaux : le code de l'énergie, un règlement pour les constructions R2000, un étiquetage énergétique pour les maisons ENERGY STAR® et Énerguide, pour faciliter la comparaison énergétique entre

deux habitation et ainsi privilégié celles qui sont les moins gourmandes. Enfin il existe une multitude d'incitation financière propre à chaque province ou il est difficile de les citer.

### 7.1. Le Code national de l'énergie pour les bâtiments :

Il a été publié en 2011 et onze provinces et territoires ont déjà amorcé le processus de son adoption ou de mise en place de mesures équivalentes. Élaborées et approuvées dans le cadre d'une approche de consensus facilitée par le gouvernement fédéral et à laquelle ont participé les provinces, les territoires et l'industrie, les exigences contenues dans ce Code de 2011 sont 25 % plus rigoureuses que les précédentes.

De plus, des travaux sont en cours afin de publier un nouveau code en 2016, ce qui permettra d'améliorer continuellement le rendement énergétique du parc immobilier canadien tout en tenant compte des innovations technologiques et des nouvelles préférences exprimées par les occupants. Ces améliorations s'appliqueront à 80% des bâtiments neufs construits chaque année, contribuant ainsi grandement à réduire les coûts de l'énergie dans un secteur qui représente près d'un sixième de la consommation d'énergie au Canada.

Depuis 2007, les gouvernements ont amélioré leurs normes de rendement afin d'éliminer les appareils les moins efficaces du marché. Le gouvernement fédéral et six gouvernements provinciaux ont mis en œuvre des normes touchant 47 produits, notamment une sélection de générateurs d'air chaud à gaz, de laveuses et d'appareils d'éclairage de service. Les pouvoirs fédéraux et provinciaux s'efforcent d'aligner leurs normes de rendement et leurs méthodes d'essai afin d'en faciliter la conformité pour l'industrie et aider les Canadiens à maximiser leurs économies d'énergie.

#### 7.1.1. Amélioration des codes de l'énergie pour les bâtiments :

Élaboration, promotion et adoption du Code national de l'énergie pour les bâtiments au Canada en 2011, qui fixe un seuil de rendement énergétique minimal pour les bâtiments de moins de trois étages et qui tient compte des plus récentes normes et pratiques, notamment l'éclairage naturel et la ventilation améliorée.

Ce programme est en vigueur depuis 12 ans et a été appliqué dans 1500 bâtiments; il a été établi que le seuil de rendement du Code de 2011 est réalisable aussi bien du point de vue financier que technique.

#### 7.1.2. Les résultats du code 2011 :

##### **Économies d'énergies :**

Durant la durée de vie type des bâtiments, soit de 40 à 60 ans, les propriétaires de bâtiments profiteront d'économies liées aux coûts de l'énergie lorsque les immeubles seront construits conformément au Code de 2011 plutôt qu'en fonction des seuils du code précédent.

L'ensemble des bâtiments construits conformément au Code de 2011 dans les provinces qui l'ont adopté devrait entraîner des économies d'énergie de  $17 \times 10^7$  joules/an, ou 350 millions de dollars par année, en 2020 (Ressources naturelles Canada, 2011).

#### **Économies liées à l'environnement :**

Des réductions de plus d'une mégatonne d'émissions sont prévues d'ici 2020 en ce qui a trait aux bâtiments construits conformément au Code de 2011, ce qui représente 2% des émissions liées à l'énergie de ce secteur pour 2009.

#### **Amélioration de la productivité :**

Dans les bâtiments verts efficaces, l'éclairage naturel et l'amélioration de la qualité de l'air contribuent à réduire le nombre de jours de maladie et à accroître la productivité.

#### **Avantage commercial :**

Les propriétaires se distinguent des autres par la qualité de leurs bâtiments et profitent de taux de location et de prix de vente avantageux par rapport à ce que l'on peut observer pour des bâtiments pourtant semblables. Les grandes entreprises et institutions du Canada exigent que les contrats de location comportent certains éléments « verts ».

Les prochaines étapes de la mise en œuvre du code de 2011 par les provinces et territoires sont (**cf. Annexe 1**).

#### 7.2. La norme R-2000 :

La norme R-2000 est une norme volontaire administrée par *Ressources naturelles Canada* (RNCan); un réseau d'organismes de services et de professionnels se font la promotion partout au Canada. Toutes les maisons R-2000 sont construites par des constructeurs autorisés et formés, elles sont évaluées, examinées et testées par des inspecteurs indépendants du secteur privé, et sont certifiées par le gouvernement du Canada. Les maisons certifiées R-2000 sont beaucoup plus éco-énergétiques que celles qui sont construites selon les exigences minimales du code du bâtiment et ont des éléments supplémentaires tels que les caractéristiques en matière d'air pur et de hauts niveaux d'isolation. Cela se traduit en économies d'énergie, en confort accru, et un environnement plus sain pour le propriétaire.

La Norme R-2000, approuvée par l'industrie, prescrit les exigences de rendement technique pour l'efficacité énergétique, l'étanchéité à l'air à l'intérieur de la maison et les responsabilités en matière d'environnement dans le secteur de la construction des maisons.

Le gouvernement et l'industrie gèrent la technologie R-2000 en consultant les chercheurs, les constructeurs de maisons, les fabricants de produits et d'autres spécialistes du domaine de l'habitation. (Ressources naturelles Canada, 2010).

Les exigences techniques R-2000 viennent s'ajouter aux conditions établies par les codes du bâtiment provinciaux et aux spécifications municipales en matière de bâtiments.

### 7.3. ENERGY STAR® pour les maisons neuves :

L'initiative ENERGY STAR® pour les maisons neuves fait la promotion de la construction de maisons neuves dont l'efficacité énergétique est plus grande que celles construites selon les exigences minimales du code du bâtiment. L'efficacité accrue de ces maisons se traduit par des diminutions de coûts énergétiques pour les propriétaires.

Les maisons homologuées ENERGY STAR® sont disponibles dans plusieurs régions du Canada (Ressources naturelles Canada, 2011).

#### 7.3.1. Les caractéristique des maisons neuves homologuées ENERGY STAR® :

Voici quelques-unes des caractéristiques que les constructeurs ont l'habitude d'intégrer dans les maisons neuves homologuées ENERGY STAR® :

##### **Systèmes de chauffage et de climatisation:**

Habituellement, il est nécessaire d'installer des appareils de chauffage, thermopompes, thermostats et foyers énergétiques. Lorsque l'on utilise des appareils de chauffage, le rendement énergétique annuel de ces appareils doit respecter les exigences rigoureuses du Canada en matière de rendement minimal.

##### **Fenêtres, porte-fenêtre et puits de lumière :**

Les fenêtres, les portes vitrées et les puits de lumière sont tous conformes aux exigences de haute efficacité des fenêtres homologuées ENERGY STAR®. Cette caractéristique peut faire diminuer les coûts d'énergie de plus de 10%.

##### **Murs et plafonds :**

L'isolation des plafonds et des murs d'une maison homologuée ENERGY STAR® est supérieure aux exigences des codes du bâtiment. Au moyen de cette isolation accrue, la perte de chaleur est réduite, le système de chauffage ou de climatisation est moins sollicité et la maison demeure plus confortable.

#### 7.3.2. Les avantages d'une maison homologuée ENERGY STAR® :

- Un coût inférieur.
- Une meilleure qualité d'air est synonyme de santé et de confort.
- Moins d'énergie dépensée signifie moins de polluants.

### 7.4. Énergide :

C'est une méthode pour appuyer l'étiquetage, les codes et les appuis financiers relatifs aux maisons. Le système de cote Énergide (SCE) offre une méthode facile d'utilisation permettant de comparer le rendement énergétique de n'importe quelle maison neuve ou existante

## 7.5. Économies d'énergie :

Grâce aux 750 000 maisons qui devraient être construites conformément à des codes reposant sur le SCE révisé d'ici 2020 et grâce aux types d'achat et de rénovations soutenus et encouragés par le SCE, les propriétaires de maisons du Canada auront économisé 810 millions de dollars par année jusqu'en 2020.

D'ici 2020, 40000 de ces maisons respecteront les normes rigoureuses de R-2000 et ENERGY STAR®.

## 7.6. Financement novateur dans le bâtiment :

Le financement novateur offre la possibilité de multiplier les capitaux privés afin de stimuler la rénovation des maisons et des bâtiments. Les approches novatrices de financement peuvent représenter une piste de solution pour continuer à profiter de l'élan créé par les différents programmes résidentiels et commerciaux de rénovation lancés par les gouvernements au cours des cinq dernières années. Pour se faire, il faut trouver de nouveaux moyens d'accroître les investissements privés dans le but d'aider les Canadiens à obtenir les mises de fonds initiales dont ils ont besoin pour rénover les maisons et les bâtiments et aussi dans le but d'aider l'économie canadienne à réaliser son plein potentiel d'efficacité.

### 7.6.1. Accès au financement :

Pour les gouvernements, cela réduit la nécessité de fournir une aide financière directe aux propriétaires de maisons et aux autres intervenants qui doivent trouver des fonds pour payer les améliorations éco-énergétiques. Dans le secteur résidentiel, ces nouvelles approches permettront aux propriétaires de maisons qui choisissent de déménager de transférer les frais de crédit à l'acquéreur, ce qui permet d'entreprendre des travaux de rénovation plus importants.

### 7.6.2. Économies d'énergie :

En tirant parti des capitaux du secteur privé, il sera possible de réaliser des économies d'énergie estimées de 20 % en moyenne pour les maisons, et de 15 à 40 % pour les bâtiments.

### 7.6.3. Accroissement de la valeur des propriétés :

Les bâtiments éco-énergétiques sont plus faciles à vendre à prix élevé, car ils offrent une qualité d'air intérieur et un confort supérieurs, tout en permettant à leurs propriétaires d'être moins exposés à la hausse des prix de l'énergie. Par rapport à un immeuble commercial ordinaire, le prix de vente moyen d'un bâtiment homologué ENERGY STAR® est 28 % plus élevé, alors que le prix de vente moyen d'un bâtiment détenant la certification LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*) est 90% supérieur (Canada, 2011).

## 7.7. Prise de décisions éclairées :

Les entreprises et les propriétaires de maisons peuvent surmonter les principaux défis associés aux rénovations, notamment l'absence d'une analyse de rentabilité convaincante pour motiver les prêteurs ou influencer sur les décisions d'investissement de l'entreprise; l'absence d'évaluation adéquate des caractéristiques de durabilité des maisons et des bâtiments; le peu de risque perçu se rattachant aux investissements dans l'efficacité énergétique en raison des défauts de remboursement.

Les prochaines étapes de la mise en œuvre des actions d'efficacité énergétique au CANADA sont (cf. **Annexe 1**).

## 7.8. L'efficacité énergétique au Canada :

### 7.8.1. Résultats :

Il est à souligner, les avantages que procure la réduction du gaspillage d'énergie et l'importance de la reconnaissance du rôle essentiel que les gouvernements peuvent jouer dans la progression de l'efficacité énergétique, grâce à leurs investissements dans des programmes et l'adoption de politiques et de règlements qui éliminent les obstacles à l'action et façonnent ainsi le marché.

Les améliorations continues sur le plan de l'efficacité énergétique sont essentielles à la compétitivité de l'économie à l'échelle internationale et au niveau de vie des Canadiens. Cependant, le Canada est confronté à des défis liés à son climat froid, l'étendue de son territoire, la dispersion importante de sa population et son secteur industriel axé sur les ressources et à une forte consommation d'énergie.

En ce qui a trait à ces défis, de véritables gains ont pourtant été réalisés dans la diminution de la demande d'énergie. Entre 1990 et 2009, la population du Canada a augmenté de 22 %. Durant cette même période, son produit intérieur brut (PIB) a augmenté de 57 %, alors que sa consommation d'énergie n'a augmenté que de 23 %. Ainsi, cela signifie que même si l'économie canadienne est en croissance et que le pays produit plus de biens et services, il consomme beaucoup moins d'énergie par unité de PIB que lors des deux dernières décennies. Cette réduction de la consommation d'énergie par unité de PIB rapporte gros. En 2009 seulement, les gains réalisés relativement à l'efficacité énergétique se sont traduits par des économies annuelles de 27 milliards de dollars canadiens sur les coûts énergétiques assumés par les Canadiens, sans oublier l'évitement d'une quantité d'émissions de gaz à effet de serre estimée à 81 mégatonnes. Toutefois, il faut quand même prendre d'autres mesures pour aider les Canadiens à réduire leur consommation et économiser de l'argent, tout en diminuant les impacts environnementaux associés à la consommation d'énergie.

Au cours des dernières années, plusieurs facteurs ont influencé la consommation d'énergie, aussi bien au Canada qu'ailleurs dans le monde. L'impact combiné de ces éléments et d'autres changements représente un potentiel accru d'efficacité énergétique, notamment :

### 7.8.2. Rétablissement de l'économie mondiale :

Même si le PIB mondial réel a connu une baisse marquée en 2009, il a été suivi d'une reprise de plus de 5 % en 2010, puis d'une hausse estimée à 3,8 % en 2011. En 2012 et aussi en 2013, la croissance économique mondiale devrait se poursuivre à un taux modéré de 3,1 % (Banque du Canada, 2012).

### 7.8.3. Demande croissante pour l'énergie :

Dans l'ensemble, entre 1990 et 2009, la consommation d'énergie s'est accrue de 23 % au Canada. La croissance la plus marquée a été observée dans le secteur du transport de marchandises, dont la consommation d'énergie a augmenté de 67%

Le secteur résidentiel a enregistré une augmentation de 11 %, tandis que la consommation d'énergie pour le transport de passagers a connu une hausse de 19 % dans ces secteurs, le changement de mode de vie et la prolifération de produits consommateurs d'énergie expliquent principalement l'accroissement de la consommation. (Office de l'efficacité énergétique, 2011)

### 7.8.4. Intensité énergétique améliorée :

Entre 1990 et 2009, la croissance économique a fait un bond de 57 %. Cette croissance équivaut à environ 150 % de l'augmentation générale de la consommation d'énergie, ce qui a entraîné une amélioration de l'intensité énergétique (la quantité d'énergie requise par unité de PIB) de 21 %. De même, la consommation d'énergie générale par personne s'est accrue de seulement 1 %, même si comparativement à l'année 1990, chaque ménage a augmenté son utilisation de biens et services à consommation d'énergie par habitant. (Office de l'efficacité énergétique, 2011)

### 7.8.5. Accroissement de l'intérêt à l'égard des mesures d'efficacité énergétique :

La sensibilisation et l'intérêt à l'égard de l'efficacité énergétique a augmenté, comme l'illustrent notamment les programmes très médiatisés de rénovation résidentielle et l'accroissement du nombre et de la portée des programmes proposés par les gouvernements et les services publics. Dans son rapport publié à la fin de 2011 intitulé « **Un Canada éco-énergétiques** » il est stipulé :

Créer une culture de l'économie d'énergie, le Conseil canadien des chefs d'entreprise a reconnu l'incidence d'une meilleure efficacité énergétique sur la productivité et la compétitivité.

En 2009, les Canadiens ont dépensé environ 152 milliards de dollars canadiens en coûts d'énergie pour le chauffage et la climatisation des maisons et des bureaux et pour l'usage des appareils ménagers, des véhicules et des procédés industriels. Cela représente presque 13 % du produit intérieur brut du pays. Or, les Canadiens auraient dépensé 27 milliards de dollars de plus en énergie si des mesures d'efficacité énergétique n'avaient pas été prises depuis 1990. Plus de 600.000 maisons ont été rénovées grâce à des programmes concertés des gouvernements fédéraux, provinciaux et territoriaux, qui ont permis aux participants

d'économiser plus de 400 millions de dollars en coûts énergétiques annuels. Depuis 1998, plus d'un million de propriétaires de maisons se sont procuré une évaluation basée sur le système de cote ÉnerGuide. Celui-ci est utilisé à l'échelle du pays et met à contribution des professionnels formés en vérification énergétique, fait appel à des étiquettes de reconnaissance du rendement énergétique et propose d'autres outils qui aident les Canadiens à prendre des décisions éclairées au moment d'acheter une maison ou d'effectuer des rénovations, en vue de réduire les coûts d'énergie ( ministres de l'énergie fédéral, provinciaux et territoriaux., 2012).

## **8. La politique énergétique des États-Unis :**

Après avoir parcouru l'évolution des politiques d'efficacité énergétique dans chacun des trois pays, à savoir l'Algérie, la France et le Canada, le tour est venu d'explorer les politiques en matière d'efficacité énergétique pour le quatrième pays, en occurrence les États-Unis.

Dans l'imaginaire collectif les États-Unis représentent le « diable » en terme de consommation énergétique, consommation qui rime souvent avec gaspillage, preuve en est le mode de vie souvent extravagant adopté par les Étatsuniens. Model décrié par quelques militants, soucieux de préserver la planète souvent à raison ; il cristallise en quelque sorte leur combat sur les États-Unis ce qui a comme effet négatif, de détourner les regards sur le reste du monde qui prend comme référence le modèle de développement économique américain, pour dire les choses clairement le model capitaliste dans sa version la plus libérale , pour nous faire croire que non seulement il est le seul model possible, sinon dans les analyses les plus honnêtes le moins pire, mais qu'il faut accepter de payer le prix cher: c'est à dire la destruction simple est claire de nos ressources et de notre environnement sur l'autel du développement économique.

Il nous est apparu nécessaire sinon primordial d'explorer dans les détails, loin des mythes et des fascinations, la réalité de ce modèle à travers le survol des différentes politiques énergétiques qui ont modelé le paysage du secteur des bâtiments et en particulier le résidentiel pour les raisons citées précédemment (le secteur le plus consommateur) aux Etats unis ces dernières décennies.

A travers trois étapes différentes : Les codes et normes énergétiques qui régissent la construction résidentielle, les programmes ciblés d'efficacité énergétique en élargissant pour ce qui est des équipements et des constructions dites «vertes», puis le volet financier pour ce qui est des incitations financières en matière de soutien et développement des pratiques éco-énergétiques et enfin en guise de conclusions les perceptives d'avenir avec le projet ENERGY 2030.

### **8.1. Historique :**

La configuration des bâtiments a changé au cours du dernier siècle pour répondre aux besoins sociaux et aux nouvelles habitudes. Le siècle a vu aux USA, l'avènement du gratte-ciel et des zones pavillonnaires en réponse à la rareté de l'immobilier dans des villes américaine souvent surpeuplées, laissant de côté le souci énergétique à l'image rappelant nous de ce qui arrive actuellement en Algérie.

L'industrie du bâtiment semble aujourd'hui entrer dans une nouvelle ère, ce changement est motivé par la nécessité d'optimiser et de conserver les ressources et de trouver des points de croissances supplémentaires dans un marché saturé de l'immobilier.

Les concepteurs, développeurs et propriétaires cherchent des moyens pour réduire au minimum les coûts d'exploitation et les impacts environnementaux des bâtiments, tout en augmentant leur fonctionnalité, les tendances «vertes» deviennent de plus en plus visibles sur le marché. L'amélioration des technologies dans les appareils d'éclairages, les fenêtres, l'isolation, ainsi que la conception globale du bâtiment ont permis d'offrir de nombreux services avec une énergie à défaut d'être inférieure est devenu plus efficace.

L'ensemble des données statistiques qui suivent proviennent du ( U.S. Department of Energy) et (Construction, McGraw-Hill) sauf mention contraire.

La demande en énergie des bâtiments que ce soit l'éclairage, le chauffage, la climatisation, l'eau chaude sanitaire et autres équipements des bâtiments a connu, au fil du temps une croissance dans l'ensemble, on estime aujourd'hui l'énergie consommée dans l'ensemble des foyers américains à environ 40 milliards de Btu par an (Construction, McGraw-Hill). Aujourd'hui, 113 millions de foyers et plus de 4,7 millions immeubles commerciaux consomment plus d'énergie que le secteur du transport ou de l'industrie, ce qui représente près de 40 % de la consommation totale d'énergie des États-Unis.

La facture totale de l'énergie utilisée dans les bâtiments américains a dépassé 369 milliards de dollars en 2005 (U.S. Department of Energy, 2005).

Le nombre des ménages américains a augmenté de près de 40 % passant de 80 millions en 1980 à 113 millions en 2005, tiré par la croissance de la population. Aux États-Unis la population est passée de 228 millions en 1980 à près de 300 millions en 2005. Cette croissance de 30 % est plus lente que la croissance dans les ménages (40%), la taille des ménages (personnes par ménage) a diminué de 7 % au cours de cette même période. Depuis 1980, le nombre de logements aux États-Unis a grandi tandis que le nombre d'occupants par maison a diminué. Ce qui a comme effet direct l'augmentation vertigineuse de la consommation. La croissance démographique a conduit à une augmentation de la création de logements neufs. Les mises en chantier ont été en moyenne d'environ 1,5 millions par an de 1960 jusqu'à présent. La construction annuelle de logement a chuté à moins de 1 million en Mars 2008, après avoir atteint un sommet de plus de 2 millions de maisons par année entre 2005 et 2006. L'activité économique globale, est un facteur déterminant pour la croissance du secteur. De 1980 à 2005, le PIB a plus que doublé passant de 5,8 trillions de \$ à 12,4 trillions de \$. Sur la même période la surface des ménages a augmenté d'environ 50 %. Le secteur de la construction contribue à plus de 6 % du PIB, soit plus de 775 milliards de dollars en 2005. La valeur des rénovations a atteint près de 400 milliards de dollars en 2005. Construction et rénovation contribution au PIB à hauteur de 9 % en 2005.

## 8.2. La consommation énergétique :

La croissance globale du marché immobilier américain, a entraîné une augmentation de la consommation d'électricité. Comme on l'a vu lors du précédent chapitre l'électricité est la

principale source d'énergie et cette prédominance croit. Le gaz naturel est la deuxième plus grande source d'énergie et le pétrole est classé très loin à la troisième place.

La demande en électricité a connu une croissance de 58 % de 1985 à 2006. Les bâtiments consomment 70 % de l'électricité produite aux États-Unis (U.S. Energy Information Administration, January 27, 2012) (U.S. Energy Information Administration, January 27, 2012) . De nouvelles utilisations portent cette hausse. Les fours à micro-ondes étaient présents dans 8 % des foyers en 1978, en 1997 ils sont dans 83 % des ménages. Au cours de cette même période, le nombre de ménages disposant d'air conditionné a augmenté de 56 % à 78%. Les ordinateurs, inexistant il y a 25 ans, sont maintenant presque la norme dans les foyers américains.

L'électricité est devenue la plus importante source d'énergie des bâtiments pour environ 72 % en 2005. La combustion du charbon et du gaz naturel pour alimenter les bâtiments en électricité, couplée à la combustion directe du gaz naturel, fait des bâtiments le plus grand responsable des émissions de dioxyde de carbone aux États-Unis. Avec l'augmentation de la consommation d'électricité des bâtiments, cette proportion a augmenté d'environ un tiers du total en 1980 à près de 40 % en 2005 (Construction, McGraw-Hill).

Les prix de l'électricité ont baissé au cours de cette période et par conséquent, les dépenses pour l'électricité n'ont pas augmenté aussi rapidement que son utilisation globale. Pourtant, les dépenses en électricité ont augmenté de 144 milliards de dollars en 1980 à 238 milliards en 2005. L'utilisation du gaz naturel, la deuxième plus grande source d'énergie du secteur du bâtiment, est restée pratiquement inchangée de 1980 à 2005 et a diminué en tant que pourcentage de l'utilisation totale de 28 % en 1980 à seulement 20 % en 2005. Pourtant, les dépenses ont augmenté de manière significative en raison d'une augmentation de plus de 60 % du prix du gaz naturel. Le pétrole (principalement utilisé comme combustible de chauffage domestique) a baissé entre 1980 à 2005, passant d'un peu plus de 3 milliards BTU à environ 2,3 milliards BTU. Les dépenses totales ont également diminué de manière significative due à une diminution d'usage, même si les prix ont augmenté de 10 % au cours de cette période. La croissance de la consommation d'énergie des bâtiments a entraîné une hausse des émissions de dioxyde de carbone de près d'un tiers des émissions totales des États-Unis en 1980 à près de 40 % en 2005.

Dans une perspective mondiale, les bâtiments américains représentaient environ 9 % des émissions de dioxyde de carbone dans le monde en 2005 (2318 millions de tonnes). En 2010 (Construction, McGraw-Hill) les États-Unis sont responsables de 20% des émissions de dioxyde de carbone (2517 millions de tonnes) (U.S. Energy Information Administration, January 27, 2012) dans le monde et les bâtiments américains sont responsables de 8% d'émission dans le monde. Les émissions de dioxyde de carbone des bâtiments américains dépassent ceux du Japon, de la France et le Royaume-Uni réunis.

### 8.3. Une nouvelle ère :

Certaines utilisations de l'énergie sont devenues beaucoup plus efficaces grâce à des équipements plus performants. En conséquence, de 1985 à 2005, l'intensité énergétique du secteur résidentiel a diminué de 9 %. L'indice d'intensité énergétique du secteur résidentiel, basée sur la consommation d'énergie par mètre carré, est à la baisse depuis 1985, avec les plus fortes baisses observées au début des années 1990. Cela bien évidemment n'a pas empêché l'augmentation de la consommation totale d'énergie tirée par la croissance du nombre de ménages et la taille des maisons.

La croissance de la demande d'énergie a été atténuée par l'amélioration de l'intensité énergétique, ainsi l'augmentation de la consommation d'énergie sont atténués par:

- Les codes et les normes obligatoires, qui comprennent des normes fédérales d'équipement, les codes du bâtiment de l'énergie de l'État et des normes d'équipement, et les codes de l'énergie du bâtiment locaux. Tel que : la norme **ASHRAE** ; **MEC** (model energy code) ; **IECC** (international energy conservation code) ; **DOE** (departement of energy) ; **ICC** (international code council) ; **MEC** (model energy code). (**cf. annexe1**).
- De nombreux programmes existent pour l'efficacité énergétique : **ENERGY STAR**, **Building America**, **Environments for Living**, et **LEED** pour les maisons, **EarthCraft House**, **Green Building** et **AirPlus Intérieur** et autres.
- Politiques et incitations telles que les crédits d'impôt fédéral et des Etats.

### 8.4. Respect des codes :

Établir et maintenir des mécanismes pour assurer le respect du code de l'énergie est important afin de parvenir à respecter certain objectifs, énergétiques et économiques : des économies d'énergie, des réductions de coûts, augmenter la valeur de revente du bâtiment, et minimiser l'impact environnemental. BECP (Building Energy Codes Program) a produit une collection de documents et d'outils innovants pour aider l'industrie du bâtiment à réaliser, documenter et vérifier la conformité aux codes de l'énergie. BECP a également développé des méthodologies et des outils pour aider les états et les localités pour mesurer et rendre compte du respect du code de l'énergie, et il fournit une assistance technique sans frais pour aider les constructeurs à se conformer au code.

L'évaluation de la conformité à l'Energy Code est le processus consistant à vérifier que les bâtiments neufs ou rénovés répondent aux besoins prévus par les codes énergétiques. DOE a développé une méthodologie et des outils pour aider les États et les administrations pour mesurer et signaler leur taux de conformité. L'International Code Council (ICC) et ASHRAE organisations fournissent également des outils et des matériaux pour soutenir la formation au code de l'énergie. Des logiciels tels que REScheck <sup>TM</sup> et ComCheck <sup>TM</sup> peuvent également être utilisés pour démontrer la conformité.

L'Office Building Technologies (BTO) (U.S. Department of Energy , 2013) favorise aussi une plus grande adoption des code et tends à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments de 50%, et aider les États à atteindre 90% (U.S. Department of Energy, 2013) de conformité avec les codes de l'énergie

### 8.5. Code de l'EE et la méthodologie de l'analyse des coûts :

Le code IECC est mis à jour tous les trois ans, il est révisé et adopté dans des forums ouverts aux publics. Les intervenants comprennent: les architectes, les concepteurs et les ingénieurs, les représentants d'organisations des codes et des organismes de réglementation provinciaux et locaux, les constructeurs et entrepreneurs, les propriétaires et exploitants de construction, l'industrie, les sociétés d'électricité et aussi les groupes de défense de l'énergie et la communauté universitaire. Tel est la première spécificité du mode de fonctionnement des codes aux USA, un mode participatif à l'inverse des trois autres pays, ou l'élaboration des codes est l'apanage des gouvernements.

Selon la façon dont les codes énergétiques pour les bâtiments évoluent, il peut être nécessaire d'identifier des outils supplémentaires pour évaluer les impacts des changements plus spécialisés. Quand une nouvelle version du Code international pour la conservation de l'énergie est publiée, le DOE évalue le nouveau code dans son ensemble, ce qui aidera les États et les administrations locales intéressées à l'adoption des nouveaux codes.

Le département américain de l'Énergie (DOE) évalue les codes publiés pour aider les États et les administrations locales à mieux comprendre les impacts de la mise à jour des codes énergétiques résidentiels. Une méthodologie (M, et al., 2011) a été mise en place pour évaluer la performance énergétique et économique des codes énergétiques résidentiels. Cette méthode permet de s'assurer que les propositions du DOE sont efficaces à la fois sur le plan de l'énergie mais aussi rentable.

L'évaluation de la rentabilité nécessite deux étapes : estimer l'impact énergétique théorique d'un changement de code et d'évaluer comment cet impact concerne le coût de la mise en œuvre du changement.

La méthodologie DOE contient deux évaluations principales (todd, et al., 2012) :

- Économies d'énergie
- Rapport coût-efficacité (méthodologie **cf.annexe1**).

#### 8.5.1. Comparaison des codes énergétiques :

En 2010, une étude (M, et al., 2011) sur l'évolution des codes a montré que dix-neuf modifications ont été évaluées comme ayant un impact positif majeur sur l'efficacité énergétique et 37 modifications qui ont été évalué comme ayant un impact positif mineur sur l'efficacité énergétique. Six changements ont été identifiés comme ayant un impact négatif mineur sur l'efficacité énergétique.

Selon les données de 2010 (RG , et al., 2013) , 537 157 permis de construire ont été délivrés au niveau national pour les mises en chantier de logements résidentiels de faible hauteur.

Si tout cela a été construit selon l'édition IECC 2009 un total de 8,59 trillions Btu serait sauvé chaque année par rapport à l'IECC 2006. En comparaison, pour le même nombre de mises en chantier, l'IECC 2012 permettrait d'économiser 26,32 trillions Btu par rapport à l'IECC 2006.

Le passage de l'IECC 2006 à IECC 2009 a réduit les dépenses énergétiques annuelles de 10,8% à 18.2 % d'économies dans les coûts de l'énergie, sur la base des coûts énergétiques commerciales moyennes nationales pour l'électricité et le gaz naturel pour l'IECC 2010 (M , et al., 2011) , alors que celui de 2012 les réduit de 32,1% (Building technologies program, 2013)

L'économie de coûts de cycle de vie sur une période de 30 ans (Building technologies program, 2013), donne une moyenne d'épargne variante selon les zones climatiques (de la plus chaudes à la plus froides) entre 1944 \$ à 9147 \$ encore plus spectaculaire avec celui de 2012, elle varie entre 2280 \$ et 23900 \$. Les codes résidentiels et commerciaux permettrait de réduire la consommation d'énergie primaire dans les bâtiments d'environ 0,5 milliards de Btu par an d'ici 2015 et de 3,5 quadrillions de Btu par an d'ici 2030. C'est l'équivalent de l'énergie produite par 260 moyennes centrales électriques (450 MW par centrale).

D'ici 2015, le total des économies annuelles des propriétaires serait de plus de 4 milliards de dollars. Ce chiffre peut s'élever à plus de 30 milliards de dollars en 2030.

Les Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>: les émissions de CO<sub>2</sub> seraient réduites d'environ 3 pour cent en termes de projections des émissions nationales de CO<sub>2</sub> en 2030 (US Department of Energy, 2010)

## 8.6. Programmes d'efficacité énergétique

L'agence américaine de la protection de l'environnement (**EPA**) (ENVIRONMENTAL AGENCY PROTECTION, 2012) dispose de vastes programmes sur les questions d'efficacité énergétique et de construction écologiques qui s'articule autour de sept grands axes :

- Efficacité énergétique et énergies renouvelables
- Matériaux et spécifications des constructions écologiques
- Réduction des déchets
- Réduction des substances toxiques
- Qualité de l'air intérieur
- Croissance intelligente et le développement durable

- L'économie de l'eau

L'agence US de la protection de l'environnement avec le programme ENERGY STAR (ENERGY STAR, 2013) du département US de l'énergie vise à favoriser les partenariats avec les constructeurs, les fabricants de produits et les consommateurs pour améliorer l'efficacité énergétique des maisons et des divers composants du bâtiment. Ce programme se décline sous plusieurs formes :

- ENERGY STAR est un programme qui se focalise sur la construction de maisons neuves. (cf. **Annexe1**)
- ENERGY STAR Home Improvement fournit des informations sur la rénovation éco- énergétique.
- ENERGY STAR pour les entreprises est un programme qui vise à aider les entreprises à améliorer la performance énergétique de leurs bâtiments.
- EPA's Green Power Partnership est un programme qui fournit des renseignements sur les sources d'énergie renouvelables et les avantages de leur utilisation.
- EPA's Heat Island Reduction Initiative: littéralement la réduction de l'îlot de chaleur, il collabore avec les collectivités pour réduire l'effet d'îlot de chaleur causée par des modèles urbains de développement. (cf. **Annexe1**)
- Cool roofs (rafraîchissement des toits) : fournit des informations sur les économies d'énergie à réaliser à partir des toits. (cf. **Annexe1**)
- Green Roofs (Toits verts) : fournit des informations sur la sauvegarde de l'eau et de l'énergie grâce aux toits végétalisés. (cf. **Annexe1**)

#### 8.6.1. Intérieur AirPlus :

Est un label complémentaire d'*ENERGY STAR* (United States Environmental Protection Agency, 2013). Les maisons construites selon le label *AirPlus intérieur* comprennent des caractéristiques visant à réduire les contaminants qui peuvent conduire à une mauvaise qualité de l'air intérieur, y compris les moisissures, l'humidité, le radon<sup>3</sup>, monoxyde de carbone, les produits chimiques toxiques. L'humidité conduit à la moisissure et d'autres polluants biologiques qui peuvent causer des problèmes de santé.

Le radon est un gaz radioactif invisible, inodore et naturel il est la deuxième cause de cancer du poumon aux Etats-Unis. Les résidus de parasites, comme les rongeurs et cafards, peut déclencher des allergies et crises d'asthme. *AirPlus intérieur* prend aussi en considération les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation et d'évacuation des

---

<sup>3</sup> Le radon est un gaz radioactif naturel, présent dans les régions granitiques et volcaniques

combustions, qui s'ils sont mal conçus peuvent affecter la qualité de l'air intérieur. Le label préconise aussi l'utilisation de matériaux avec moins de produits chimiques.

#### 8.6.2. Le programme Building America de l'énergie :

Est une source d'innovations dans la performance énergétique du bâtiment, sa durabilité, sa qualité et son accessibilité (U.S. Department of Energy, 2013). Ce programme de recherche en partenariat avec l'industrie apporte des innovations pour le marché. Par exemple, le *Solution Center* ( U.S. Department of Energy, 2013) qui fournit des informations sur le bâtiment pour les professionnels qui cherchent à acquérir un avantage concurrentiel en offrant des maisons de haute performance. Il met en place des réunions (U.S. Department of Energy , 2013) qui réunissent chercheurs et partenaires industriels pour améliorer l'efficacité énergétique des maisons. Enfin des équipes de recherche (U.S. Department of Energy, 2013) et des laboratoires nationaux ( U.S. Department of Energy, 2012 ) offrent une expertise pour l'industrie de constructions spécialisées.

#### 8.6.3. The Environments for Living :

C'est une initiative de *Masco Accueil Services, Inc.*, une société *Masco*. Le programme a été lancé en 2001, en réponse à un besoin croissant pour des services professionnels pour soutenir les constructeurs de maisons dans l'application des pratiques de construction éco-énergétiques sur le terrain. Le programme propose une suite complète de services clés en main pour les constructeurs. Ceux-ci comprennent des examens pré-plans qui utilisent des logiciels d'analyse de l'énergie des maisons, des diagnostics et des tests (MASCO, 2011).

#### 8.6.4. LEED :

*LEED* ou Leadership in Energy and Environmental Design est un outil de construction écologique qui s'occupe de l'ensemble du cycle de vie du bâtiment. *LEED* fournit aux propriétaires et aux exploitants un cadre pour identifier et mettre en œuvre la conception écologique pratique et mesurable du bâtiment, d'exploitation et de solutions de maintenance. Il s'applique à tous les types de bâtiments et travaille tout au long du cycle de vie du bâtiment. Il fournit une vérification indépendante (The Green Building Certification Institute est l'administrateur du programme de certification LEED). Il atteste que le bâtiment a été conçu et construit en utilisant des stratégies visant à atteindre la haute performance dans les domaines clés : de la santé humaine et l'environnement, développement durable du site, les économies d'eau, l'efficacité énergétique, le choix des matériaux et la qualité de l'environnement intérieur ( U.S. Green Building Council, 2013). **(cf. Annexe1)**

La réglementation est aussi influente pour les propriétaires de bâtiments neufs et existants, tandis que les incitations (subventions/taxes) sont légèrement plus influentes (68 contre 60) pour la construction de nouveaux bâtiments verts. Ainsi aussi bien pour les constructeurs que pour les propriétaires deux facteurs ressortent clairement : Les économies d'énergies à

réaliser pour diminuer les factures énergétiques et la réglementation. Ainsi ce sont là deux axes primordiaux pour la définition d'une politique énergétiques efficace.

#### 8.6.5. Green Building (National Association of Home Builders) :

Le programme *Green Building National NAHB* a deux composantes principales, des lignes directrices pour la construction et un système de notation. Le modèle *GREEN Directives NAHB* d'accueil du bâtiment, qui ont été publiés en 2005, reconnaît trois niveaux de rendement des bâtiments écologiques: *bronze*, *argent* et *or*. Un projet résidentiel peut être certifié sur le modèle *Green Home Building Guidelines NAHB* et la norme nationale 700-2008 *Green Building ICC*. Cette norme est supérieure à la *CICE 2006* pour un minimum de 15%. En Janvier 2010, il y avait 850 projets agréés et 500 projets avec des inspections régulières (National Association of Home Builder, 2013).

#### 8.6.6. EarthCraft House:

*EarthCraft* maison est une norme construite sur la base d'*ENERGY STAR* et *IECC 2006*. Développé par *Southface énergie Group, Inc.* en partenariat avec le *DOE*. Le programme est utilisé dans l'Alabama, Caroline du Sud, Tennessee, Virginie et en Géorgie. La Ville de Nashville offre des incitatifs pour les maisons de *EarthCraft*. (EarthCraft, 2013)

#### 8.7. Crédits d'impôt fédéral pour l'efficacité énergétique :

Tous les produits homologués *ENERGY STAR* sont éligibles à un crédit d'impôt. *ENERGY STAR* distingue les produits économes en énergie qui, bien qu'ils puissent coûter plus cher à l'achat que les modèles standards, ils redeviennent rentables en vue de la baisse des factures d'énergie dans un laps de temps raisonnable, de surcroît sans un crédit d'impôt.

Le Crédit d'impôt fédéral 2012-2013 s'applique comme suit (*ENERGY STAR*, 2013) :

*Aux 6 catégories de produits ci-dessous:*

10% de coût jusqu'à de 500 \$ ou un montant entre 50 \$ - 300 \$ pour les maisons existantes et qui font office de résidence principale. Les nouvelles constructions et les locations ne sont pas admissibles.

- **Biomasse Poêles**
- **Chauffage, ventilation, climatisation**
- **Isolation**
- **Toits (métal et d'asphalte)**
- **Chauffe-eau non solaire**
- **Portes et fenêtres**

*Ce qui suit s'applique aux 3 catégories de produits ci-dessous:*

30% du coût sans limite supérieure pour les maisons existantes et les nouvelles constructions. Résidences principales et de résidences secondaires, locations non éligible.

- **Pompes à chaleur géothermiques**
- **Les petites éoliennes (Résidentiel)**
- **Systèmes d'énergie solaire**

*Ce qui suit s'applique à la seule catégorie de produit ci-dessous:*

30% du coût, jusqu'à 500 \$ par 0,5 kW de capacité d'énergie, maisons existantes et nouvelles constructions admissibles. Résidence principale uniquement. Locations et résidences secondaires ne sont pas admissibles.

- **Piles à combustible.**

Les incitations financières offertes par les services publics ont joué un rôle majeur dans la stratégie visant à promouvoir l'efficacité énergétique des bâtiments. 48 États offrent plus de 1000 aides, subventions et des prêts pour améliorer la performance énergétique des bâtiments. Les Pompes à chaleur est la technologie la plus populaire (59% des incitations), les chauffe-eau sont également inclus dans près de la moitié des incitations offertes.

#### 8.8. La Commission Alliance sur la politique nationale d'EE :

La Commission Alliance sur la politique nationale d'efficacité énergétique a été créée en 2012 afin d'identifier des solutions pour augmenter la productivité de l'énergie américaine et donner un coup d'accélérateur à l'économie. Lorsque la productivité énergétique est améliorée, l'économie est en mesure de produire davantage de biens et de services en utilisant moins d'énergie, cela permet aussi d'augmenter les emplois. En termes économiques, cela signifie faire plus de PIB de chaque unité d'énergie consommée.

La Commission Alliance sur la politique nationale d'efficacité énergétique vise à doubler la productivité de l'énergie US d'ici 2030, et une de ses nombreuses façons d'atteindre cet objectif est de créer des codes de l'énergie plus stricte pour les bâtiments.

La Commission a créé Energy 2030 , une série de recommandations de politique qui pousse les décideurs à tous les niveaux de gouvernement local, régional et fédéral de prendre des mesures dans trois domaines clés:

- Investir dans la productivité de l'énergie dans tous les secteurs de l'économie.
- Moderniser les infrastructures des États-Unis, les bâtiments, le transport et l'équipement.
- Sensibiliser les consommateurs, chefs d'entreprise et les décideurs à encourager l'utilisation judicieuse de l'énergie (U.S. Department of Energy, 2013).

En termes de modernisation des infrastructures aux États-Unis, un rapport publié en 2011 indique que l'efficacité énergétique doit être utilisée comme une stratégie de réduction des

émissions des GES. «L'EPA, l'état et régulateurs locales devraient, dans la mesure du possible, encourager l'efficacité énergétique comme une stratégie de réduction des émissions et, le cas échéant, de permettre des mesures d'efficacité » (The Alliance to Save Energy, 2011), affirme le rapport. En outre, le rapport d'*Energy 2030* recommande plus de rigueur que la plupart des codes du bâtiment de l'énergie.

La Commission de l'Alliance sur la politique nationale d'efficacité énergétique dit que si, ses propositions sont adoptées, en 2030 aux États-Unis, ils pourraient (The Alliance to Save Energy, 2011):

- Créé 1,3 million d'emplois en plus.
- Réduire les coûts d'énergie moyens des ménages.
- Une augmentation du PIB de près de 2 pour cent.
- Diminution des importations d'énergie de plus de 100 milliards de dollars par an.
- Réduire les émissions de CO2 d'un tiers.
- 75% des bâtiments américains seront neufs ou rénovés en 2035.

## 9. Conclusion :

Après ce long déroulement, nous pouvons dégager quelques éléments clés, pour l'ensemble des quatre pays afin de retenir des solutions qui ont fait leurs preuves pour s'en inspirer et les adapter à la politique Algérienne, qui souffre d'un mal chronique engendré par plusieurs facteurs en particulier une aliénation sur la France, suite à des années d'allégeance intellectuelle. L'Algérie se trouve dotée d'une politique énergétique calquée.

L'absurdité de cette situation se présente dans le fait que quitte à être dans une forme de dépendance intellectuelle autant l'être envers une politique forte (réglementaire et législatif) preuve en est l'exemple du Canada qui dans sa relation avec les États-Unis a trouvé une forme pragmatique pour transformer son aliénation pour devenir à défaut d'être le leader, l'une des politiques énergétiques les plus abouties. Cela n'est pas bien sûr dans notre esprit une apologie de l'aliénation, mais à défaut de sortir de cette mécanique pour retrouver et développer des techniques ancestrales, il est préférable d'analyser les politiques mises en œuvre au niveau global et de renforcer la coopération internationale.

Une autre approche, consiste dans le fait de mettre en place des initiatives ciblées qui ont une portée large, surtout lorsque la situation énergétique des bâtiments est délicate, la moindre action bien réfléchie et qui touche une problématique généralisée tel que l'isolation thermique, l'éclairage efficace ou rationaliser la consommation, produit des effets salvateurs.

On impliquant les vendeurs de l'énergie, afin de réaliser impérativement des économies d'énergie surtout dans le secteur du bâtiment, ils peuvent prendre part à l'effort gouvernemental sous la forme : des certificats d'économies d'énergie, des audits énergétiques, la sensibilisation et la vulgarisation de l'efficacité énergétique, revoir et actualiser le mode de facturation énergétique... etc.

Les incitations financières peuvent être une autre piste primordiale pour soutenir les actions d'efficacité énergétique, car le bénéfice est direct sans attendre un délai excessif, à l'image de l'Amérique du nord qui grâce à des politiques stimulantes amasse des dizaines de milliards de dollars par an rien qu'en ciblant la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment.

Il s'agit aussi de favoriser des équipements et des matériaux efficaces en passant par un étiquetage rigoureux et des incitations financières à l'achat, ainsi privilégier les équipements à basses consommations et les matériaux locaux ; participe au développement de l'économie locale.

Sans oublier la réglementation thermique, qui doit être contraignante et suivie de textes d'applications, le cas échéant des sanctions pour le non-respect de la réglementation, pour éviter l'exemple de l'Algérie qui s'est dotée d'une panoplie de textes réglementaires mais qui sont restés non opérationnels.

Nous avons observé que le modèle politique a un rôle crucial dans la détermination des modalités réglementaires ainsi suivant le régime (fédérale ou république) la conception et la mise en œuvre des actions différentes dans les quatre pays présentés, en France où l'état est jacobin (centralisé) ce qui a comme limite les spécificités de chaque zone climatique ainsi que des solutions alternatives tel que l'isolation par l'extérieur ou le chauffage à bois. Par contre aux États-Unis ou les systèmes politiques et fédéraux, l'état produit une réglementation nationale laissant la charge aux états et aux localités et territoires, le soin de se conformer ou bien de l'adapter toute en les accompagnants grâce à un soutien logistique et financier. De même que le Canada qui s'inspire du modèle étatsunien.

Cela semble a priori contradictoire avec notre constatation du premier chapitre, lorsqu'on a cru - sur la base de la répartition équilibrée de la consommation énergétique par secteur - que la politique canadienne est efficace par contre les États-Unis est le modèle à éviter,

Notre démonstration nous a permis d'éclairer le rapport entre l'efficacité énergétique et la politique, donc l'action du législateur a une réelle incidence que dans le cas où celle-ci est menée conjointement avec des programmes ciblés et une répression mesurée, une volonté affichée et soutenue aux niveaux nationaux et l'implication de tous les partenaires concernés.

L'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment à l'image des politiques peut prendre des différents aspects matérialisés par une multitude de technique et de méthode, ainsi que des solutions et des pistes qui restent à défricher, ce qui fera l'objet de notre prochain chapitre.

## BIBLIOGRAPHIE

**Borloo, Jean-Louis, Valérie , LETARD et Benoist , APPARU. 26 janvier 2010.** *Solidarité Ecologique* : « Pour que le Grenelle Environnement bénéficie pleinement aux territoires ruraux et aux plus modestes touchés par la précarité énergétique ». [pdf] Paris : Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat, 26 janvier 2010.

**ministres de l'énergie fédéral, provinciaux et territoriaux. 2012.** *Faire progresser l'efficacité énergétique au Canada: résultats d'ici 2020 et au-delà*. Canada : la Reine du chef du Canada, 2012. M144-166/1-2012F-PDF.

**Ressources naturelles Canada. 2010.** ENERGY STAR au Canada. *Ressources naturelles Canada*. [En ligne] Ressources naturelles Canada, 15 12 2010.

**U.S. Department of Energy.** *energy.gov*. [En ligne] <http://energy.gov/>.

**U.S. Department of Energy . 2013.** Building Energy Codes Program. *Building Technologies Office*. [En ligne] 2013. <http://www.energycodes.gov/>.

**U.S. Department of Energy. 2013.** Building Technologies Office. *Building America Solution Center*. [En ligne] U.S. Department of Energy, 2013. [http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba\\_solution\\_center.html](http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba_solution_center.html).

—. **2012** . National Laboratories Supporting Building America . *Building Technologies Office*. [En ligne] U.S. Department of Energy, 19 07 2012 . [http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba\\_national\\_labs.html](http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba_national_labs.html).

**U.S. Green Building Council. 2013.** LEED. *USGBC*. [En ligne] U.S. Green Building Council, 2013. <http://www.usgbc.org/leed>.

**ADEME. 2013.** *ADEME*. [En ligne] ADEME, 2013. <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=40387&ref=17597&nocache=yes>.

—. **2013.** Espace Éco-citoyens. *ADEME*. [En ligne] ADEME, 2013. <http://ecocitoyens.ademe.fr/financer-mon-projet/renovation/credit-dimpot-developpement-durable>.

—. **2013.** Notre carte d'identité. *ADEME*. [En ligne] ADEME, 2013. [Citation : 6 1 2013.] <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13089>.

**APRUE. 2011.** Coopération internationale. *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 09 01 2013.] <http://www.aprue.org.dz/cooperation.html>.

—. **2011.** programme ECO-BAT. *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 07 01 2013.] <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-bat.html>.

—. **2011.** PROGRAMME TRIENNAL D'EFFICACITE ENERGETIQUE « 2011-2013 ». *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 08 01 2013.]

—. **2011.** Programme triennal d'efficacité énergétique" 2011-2013" . *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 08 01 2013.] <http://www.aprue.org.dz/Isolation%20thermique%20des%20batiments.html>.

—. 2011. QUI SOMME NOUS? *APRUE*. [En ligne] APRUE, 2011. [Citation : 4 1 2013.] <http://www.aprue.org.dz/maitrise-energetique.html>.

**Banque du Canada. 2012.** *Le Rapport sur la politique monétaire de la Banque du Canada*. Ottawa : Banque du Canada, 2012. 1925-3176.

**Building technologies program. 2013.** *National Energy and Cost Savings for New Single- and Multifamily Homes: A Comparison of the 2006, 2009, and 2012 Editions of the IECC*. s.l. : US Department of energy, 2013.

**Canada, Ressources naturelles. 2011.** Notre organisation. *Ressources naturelles Canada*. [En ligne] GOUVERNEMENT DU CANADA, 07 09 2011. [Citation : 05 02 2013.] <http://oee.rncan.gc.ca/organisme/4590>.

**Chérel. 2010.** Précarité énergétique: Une nouvelle dynamique contre l'exclusion. *ADEME ET VOUS*. 2010, 12.

**Construction, McGraw-Hill. Energy Efficiency Trends in Residential and Commercial Buildings**. s.l. : U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency.

**EarthCraft. 2013.** home. *EarthCraft*. [En ligne] Southface Energy Institute, 2013. [Citation : 15 08 2013.] <http://www.earthcraft.org/>.

**ENERGY STAR. 2013.** ENERGY STAR. *ENERGY STAR*. [En ligne] ENERGY STAR, 2013. <http://www.energystar.gov/>.

—. 2013. Federal Tax Credits for Energy Efficiency. *ENERGY STAR*. [En ligne] ENERGY STAR, 30 01 2013. [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=tax\\_credits.tx\\_index](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=tax_credits.tx_index).

**ENVIRONMENTAL AGENCY PROTECTION. 2012.** Green Building. *EPA*. [En ligne] EPA Home, 19 décembre 2012. <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/components.htm#energy>.

**Fonds Européen de Développement Régional. 2013.** Synthèses de la législation de l'UE. *Fonds Européen de Développement Régional*. [En ligne] FDER, 2013. [http://europa.eu/legislation\\_summaries/employment\\_and\\_social\\_policy/job\\_creation\\_measures/l60015\\_fr.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/employment_and_social_policy/job_creation_measures/l60015_fr.htm).

**Lucas, ZT Taylor. Fernandez. RG. 2012.** [En ligne] 2012. Methodology for Evaluating Cost-Effectiveness of Residential Energy Code Changes. ZT Taylor.Fernandez. RG Lucas April 2012.

**M , Halverson, M , Rosenberg et B , Liu. 2011.** *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1 2010 Final Determination Quantitative Analysis*. [pdf] Oak Ridge : PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY, 2011.

**M, Halverson, et al. 2011.** *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1 -2010 Final Qualitative Determination*. [PDF] s.l. : U.S. Department of Energy, 2011. AC05-76RL01830.

**MASCO. 2011.** The Environments For Living® Program. *The Environments For Living*. [En ligne] Masco Home Services, Inc., 2011. [http://www.environmentsforliving.com/EFLPublicSite/index.jsp?action=gl\\_about](http://www.environmentsforliving.com/EFLPublicSite/index.jsp?action=gl_about).

**Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie. 2013.** Diagnostic de Performance énergétique. *MINISTERE DE L'ECOLOGIE? DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE*. [En ligne] MINISTERE DE L'ECOLOGIE? DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE, 2013. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Diagnostic-de-Performance,855-.html>.

**Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement. 2012.** L'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ). *Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement*. [En ligne] Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement, 2012. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-eco-pret-a-taux-zero-en-13.html>.

—. **2012.** L'éco-prêt logement social. *Logement, hébergement, bâtiment, construction, ville durable, urbanisme et aménagement*. [En ligne] Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement, 2012. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-eco-pret-logement-social,13160.html>.

**National Association of Home Builder. 2013.** Green Building, Remodeling & Development . *National Association of Home Builder*. [En ligne] NAHB, 2013. <http://www.nahb.org/generic.aspx?genericContentID=194088>.

**Office de l'efficacité énergétique. 2011.** *Évolution de l'efficacité énergétique au Canada de 1990 à 2009*. Ottawa : s.n., 2011. 1926-8262.

**Plan Bâtiment Durable. 2013.** Page sommaire. *Plan Bâtiment Durable*. [En ligne] Plan Bâtiment Durable, 2013. [http://www.legrenelle-environnement.fr/spip.php?page=sommaire\\_plan\\_batiment](http://www.legrenelle-environnement.fr/spip.php?page=sommaire_plan_batiment).

*Précarité d'aujourd'hui, précarité en devenir, partageons les constats*. **Bruno, Lechevin. 24 mai 2013.** Amiens : Conseil général de la Somme, 24 mai 2013.

**Ressouces naturelles Canada. 2010.** En quoi consiste R-2000? *Ressouces naturelles Canada*. [En ligne] Ressources naturelles Canada, 07 12 2010. <http://oee.rncan.gc.ca/residentiel/personnel/maisons-neuves/r-2000/11011>.

**Ressources naturelles Canada. 2011.** Accueil l'Office de l'efficacité énergétique. *Ressources naturelles Canada*. [En ligne] Ressources naturelles Canada, 24 10 2011. <http://oee.rncan.gc.ca/accueil>.

—. **2011.** écoÉNERGIE sur l'efficacité énergétique pour les habitations. *Ressources naturelles Canada*. [En ligne] Ressources naturelles Canada, 08 09 2011. <http://oee.rncan.gc.ca/organisme/17094>.

**RG , Lucas, VV , Mendon et S, Goel. 2013.** *nergy Use Savings for a Typical New Residential Dwelling Unit Based on the 2009 and 2012 IECC as Compared to the 2006 IECC*. [pdf] Springfield : PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY, 2013. AC05-76RL01830.

**The Alliance to Save Energy. 2011.** Alliance Commission on National Energy Efficiency Policy. *Alliance to Save Energy*. [En ligne] The Alliance to Save Energy, 2011. <http://www.ase.org/programs/ee-commission.202-857-0666>.

**todd, taylor, nick, fernandez et robert, lucas. 2012.** documents. *www.energycodes.gov*. [En ligne] avril 2012. [https://www.energycodes.gov/sites/default/files/documents/residential\\_methodology.pdf](https://www.energycodes.gov/sites/default/files/documents/residential_methodology.pdf).

**U.S. Department of Energy . 2013.** Building America Meetings. *Building Technologies Office*. [En ligne] U.S. Department of Energy , 2013. [http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba\\_meetings.html](http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba_meetings.html).

—. **2013.** home. *Building Technologies Office*. [En ligne] 2013. <http://www1.eere.energy.gov/buildings/>.

**U.S. Department of Energy. 2005.** *2005 Buildings Energy Data Book*. [PDF] Washington : U.S. Department of Energy, 2005.

—. **2013.** Advancing Building Energy Codes. *Building Technologies Office*. [En ligne] U.S. Department of Energy, 05 2013. <http://www1.eere.energy.gov/buildings/codes.html>.

—. **2013.** Building America Research Teams. *Building Technologies Office*. [En ligne] U.S. Department of Energy, 2013. [http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba\\_research\\_teams.html](http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba_research_teams.html).

—. **2013.** Building America: Bringing Building Innovations to Market. *Building Technologies Office*. [En ligne] U.S. Department of Energy, 2013. [http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba\\_index.html](http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/ba_index.html).

—. **2013.** residential building. *Building Technologies Office*. [En ligne] U.S. Department of Energy, 2013. <http://www1.eere.energy.gov/buildings/residential/index.html>.

**U.S. Energy Information Administration. January 27, 2012.** state. *eia*. [En ligne] January 27, 2012. <http://www.eia.gov/electricity/state/pdf/sep2010.pdf>.

**United States Environmental Protection Agency. 2013.** Indoor airPLUS Advantages. *EPA United States Environmental Protection Agency*. [En ligne] EPA Home, 27 février 2013. <http://epa.gov/indoorairplus/advantages.html>.

**US Department of Energy. 2010.** *Building Energy Codes101*. [PDF] s.l. : Department of Energy, 2010. PNNL-SA-70586.

**Yves, Cochet. 2000.** *Stratégie et moyens de développement de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelables en France : rapport au Premier ministre*. s.l. : La Documentation française, 2000.

# **CHAPITRE III : Solutions et techniques d'efficacité énergétique**

## **1. Introduction :**

La partie précédente de ce travail, a été consacré aux situations énergétiques et politiques de l'Algérie à la lumière de trois autres orientations politiques (la France, le Canada et les États-Unis). Ce chapitre sera ainsi l'occasion de donner les définitions nécessaires à la maîtrise du concept « d'efficacité énergétique » et d'observer de façon synthétique les solutions et les techniques mises en œuvre jusqu'à présent, ces solutions peuvent se diviser en trois entités :

- Les solutions passives qui englobe : l'enveloppe et l'orientation du bâtiment, le solaire passif, la ventilation naturelle...etc.
- Les solutions actives tel que: la régulation, la domotique, les énergies renouvelables et la ventilation assisté.
- Le comportement des usagers.

Dans le domaine de l'efficacité énergétique chaque « chapelle » dispose d'une stratégie propre à ses orientations et idéologies. Le choix sera de transcender ces clivages et de proposer une présentation qui englobe et se focalise sur les techniques les plus appropriées au climat local. Malgré l'aspect hétéroclite de la somme de solutions proposées, elle garde une cohérence par rapport à l'objectif de ce chapitre : mettre à la disposition des pouvoirs publics et des particuliers des solutions, pour atteindre une plus grande performance énergétique et ainsi sortir du marasme écologique/économique/énergétique dans lequel se noie l'Algérie.

## 2. Définitions :

### **Efficacité énergétique:**

Il existe plusieurs définitions de l'efficacité énergétique, nous retiendrons quelques-unes : C'est le rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée (en général supérieure du fait des pertes) (FFB, 2010).

L'efficacité énergétique c'est réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utilisé l'énergie à qualité de vie constante (Salomon, et al., 2004).

L'efficacité énergétique se définit comme une consommation en énergie moindre pour le même service rendu. La notion d'efficacité énergétique est à distinguer de celle de l'intensité énergétique, qui représente la quantité d'énergie consommée pour produire une quantité de PIB. Elle ne se confond pas non plus avec celle de sobriété énergétique. Cette dernière est consensuelle si elle vise à éviter les gaspillages (De Béthencourt, et al., 2013).

De ces trois définitions se dégage un point commun, l'efficacité énergétique vise à réduire le rapport entre l'énergie utile et la consommation énergétique. On rajoutera le fait que la performance énergétique et aussi à distinguer de la notion d'efficacité énergétique qui est intimement liée à un objectif politique signifié en amont.

### **Bâtiment à Basse Consommation:**

Bâtiment à basse consommation est un concept qui a été élaboré et mis en place sous forme de label par une association française, l'utilisation de la notion de Bâtiment à Basse Consommation est restrictive et n'est peut être employé que dans le cas où un bâtiment a obtenu le label français BBC. Il se définit comme suit :

C'est un bâtiment qui consomme, pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires et la climatisation,  $50 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$  en énergie primaire (mètre carré de SHON module selon la zone climatique et l'altitude) (FFB, 2010).

Le label BBC peut être obtenu grâce à des combinaisons bâti/équipements qui permettent d'atteindre les seuils de performances indiqués (AITF, 2013).

On ajoutera que ce label a disparu au profit de la réglementation thermique 2012 qui l'inclut, ainsi toute les constructions résidentielles neuves doivent être des bâtiments à basse consommation, par ailleurs les rénovations thermique sont aussi contrainte de ne pas dépasser le seuil de  $80 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$ .

### **Bâtiments passives:**

Le terme PassivHaus est un Label qui a été développé par l'institut de recherche allemand PassivHaus, - est dont le label BBC s'est inspiré - dont les besoins de chauffage (en énergie utile) sont de l'ordre de  $15 \text{ kWh}/\text{m}^2.\text{an}$  et la consommation en énergie primaire est inférieure à  $120 \text{ kWh}/\text{m}^2.\text{an}$  pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité. Ce terme peut être employé pour : un bâtiment qui est quasiment autonome pour ses

besoins en chauffage. Il utilise les apports gratuits (solaires, métaboliques, d'équipements) et présente une bonne isolation, le chauffage devenant un simple appoint. La référence allemande est appelée Passivas (FFB, 2010).

### **Bâtiments à Zéro énergie:**

C'est une notion qui est apparue suite à la construction d'une maison sans consommation de chauffage, sa consommation peut être assurée par une installation solaire, ce qui ramène sa consommation à zéro.

### **Bâtiments à énergie positive:**

La définition d'une construction à énergie positive serait la suivante:

Un ouvrage "passif" ou à très bas niveau de consommation d'énergie qui serait doté d'équipements de production d'énergie qui lui confèrent un bilan énergétique positif. En clair, ce type de construction produit plus d'énergie qu'il n'en consomme (EDIPA, Février 2010).

C'est la maison dont le bilan énergétique est positif, elle produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme (via des capteurs photovoltaïques, chauffage à énergie renouvelable...).

Ce type d'habitation demande un investissement initial très important (ÉCOCONSO, 2009).

### **Bâtiments bioclimatiques:**

La conception bioclimatique d'un bâtiment vise à optimiser l'utilisation des apports solaires et de la circulation naturelle de l'air, limitant ainsi le recours au chauffage et à la climatisation. Elle valorise les avantages du terrain (orientation du bâtiment), l'orientation des pièces, les surfaces vitrées, L'inertie du bâtiment... (FFB, 2010)

Les maisons bioclimatiques ne retiennent que l'influence du climat, se protègent passivement de ses inconvénients, valorisent toujours passivement ses atouts (ÉCOCONSO, 2009)

Les maisons bioclimatiques reposent sur l'idée que l'édifice peut, par le choix de son orientation et sa conception, tirer le maximum d'énergie des éléments naturels et en particulier du climat et de la topographie locale (ÉCOCONSO, 2009). L'architecture bioclimatique doit respecter certaines contraintes qui sont développées en (cf. **Annexe 2**).

### **Construction durable:**

L'écoconception vise à produire des biens de consommation ou matériaux conçus, dès l'amont de la chaîne de fabrication, en limitant leurs impacts environnementaux (énergie, eau, air...), dans les conditions techniques et économiques du moment. C'est une démarche préventive qui prend en compte le cycle de vie du produit, depuis (l'extraction des matières premières jusqu'à son élimination en fin de vie (FFB, 2010).

Alors que, l'écoconstruction est utilisée pour toute construction qui, tout en assurant confort et santé des occupants, limite au mieux les impacts sur l'environnement, en cherchant à s'intégrer le plus respectueusement possible dans un milieu et en utilisant le plus possible les ressources naturelles et locales (FFB, 2010).

### **Maison écologique:**

Les bâtiments écologiques diffèrent des bâtiments conventionnels en raison de l'intégration d'objectifs sociaux et économiques. Les considérations environnementales correspondent en gros aux impacts écologiques directs et indirects, comme des émissions réduites de gaz à effet de serre ou une consommation d'eau réduite. Les considérations sociales peuvent être directement liées au bâtiment en soi (comme de l'air sain et confortable ou une lumière naturelle) ou déborder le cadre du bâtiment (promotion de l'utilisation des transports en commun ou densification urbaine). La construction de bâtiments écologiques respecte un processus unique de réalisation de projet (Lucuik, et al., 2005). Pour les caractéristiques distinctives des maisons écologiques voir **Annexe 2**.

### **Maisons solaires:**

Précurseurs des maisons bioclimatiques, elles n'utilisent que le soleil direct comme solution d'économie d'énergie (ÉCOCONSO, 2009).

## **3. Les solutions d'efficacité énergétique passives :**

Nous avons choisis d'organiser les solutions d'EE en trois catégories distinctes, qui ont trait à leurs rapports à l'énergie utilisée, ainsi la première catégorie dite passive regroupe toutes les solutions qui n'exigent pas une consommation énergétique pour leurs fonctionnements (conception, ventilation naturel, solaire passif, vitrage, isolation) à l'inverse de la catégorie active où une source d'énergie est requise, la troisième catégorie celle du comportement humain concerne le choix et l'utilisation raisonnée des usages énergétiques dans le bâtiment.

### **3.1. Compacité du bâtiment :**

Le choix de la compacité du bâtiment est une source très importante d'économie aussi bien en énergie qu'en investissement. Les pertes de chaleur sont en fonction de la surface des parois en contact avec l'extérieur ou avec le sol : pour un même volume et une même surface, une habitation plus compacte consomme moins d'énergie.

Bien sûr, la conception bioclimatique n'a pas pour objectif l'hyper-compacité. Il est cependant important de savoir, lors de la conception d'une habitation, que toute diminution de la compacité génère automatiquement des consommations d'énergie et des coûts d'investissement plus élevés (Salomon, 2000).

Un bâtiment compact est un bâtiment qui a un rapport faible entre la surface des parois extérieures et la surface habitable. Sans brider la conception architecturale, il est plus

économique et bénéfique pour l'efficacité thermique de retenir des formes plutôt compactes.

Les pertes sont donc d'autant plus réduites que ces surfaces sont optimisées par rapport au volume habitable. La réduction des décrochés de façades et l'optimisation de la compacité du bâtiment sont les clés de la réussite d'un projet sur le plan énergétique (AITF, 2013).

Un bâtiment «découpé» nécessitera un effort particulier pour bien isoler l'ensemble des décrochements et coupures, car ils représenteront une part non négligeable dans les déperditions et les points faibles pour l'étanchéité à l'air. Le traitement de certains ponts thermiques pourra s'avérer difficile ou impossible (effinergie, 2008).

### 3.2. L'orientation :

Le soleil est souvent recherché l'hiver alors qu'on essaye de s'en protéger l'été ; les figures ci-contre (figure 29 et figure 30) montrent la course du soleil suivant la saison :

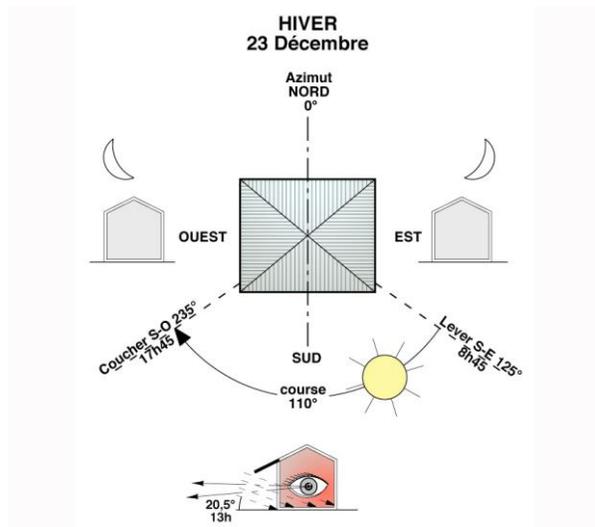


Figure 29 Course du soleil l'hiver

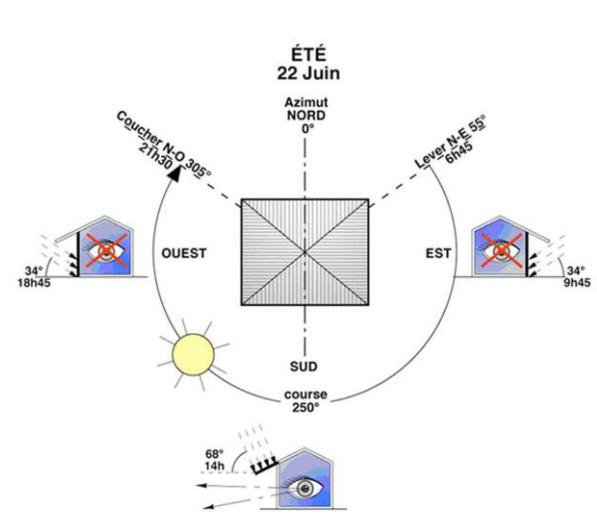


Figure 30 Course du soleil l'été

- En hiver, la course du soleil est limitée et seules les façades orientées au Sud apportent un complément solaire significatif par rapport aux besoins de chauffage.
- L'été, la course du soleil est beaucoup plus longue et plus haute. Les façades Est et Ouest font l'objet de surchauffe et devront être équipées de dispositifs de protection.

Il est préférable pour le logement quand cela est possible, une orientation Nord/Sud (c'est-à-dire qui offre une plus grande façade au sud), car cette orientation est la plus passivement profitable et donne le meilleur compromis entre apports de chaleur et apports lumineux en toute saison (apports solaires d'hiver facilement maîtrisables l'été) ; les expositions plein-Est et plein-Ouest nécessitent des protections solaires en été, difficilement compatibles avec les apports lumineux. Veiller à éviter une mono-exposition nord des logements en privilégiant les bâtiments traversant (accès à deux façades opposées) ou bi-orientés.

Considérer la trajectoire des vents pour favoriser la ventilation naturelle nocturne l'été, source de rafraîchissement (Agence TEKHNE architectes, Mai 2006).

Les paramètres de l'orientation sont déterminants et liés à la destination des lieux :

- Les besoins en lumière.
- L'utilisation des rayons solaires pour chauffer.
- Le besoin de se protéger du soleil contre les surchauffes.
- La présence de vents dominants froids de l'hiver (on diminue ainsi la consommation de chauffage).

L'ensoleillement des pièces orientées au sud est le plus facile à maîtriser. L'ensoleillement d'hiver est maximal et l'ensoleillement d'été minimum (DOMUS Matériaux Écologiques).

### 3.3. Répartition des pièces :

En matière d'orientation et d'architecture le travail du concepteur doit consister à combiner au mieux apports du soleil d'hiver et protections du soleil en été et en mi saison :

- Les pièces occupées en permanence durant la journée devraient de préférence être orientées au sud.
- Les chambres seront plutôt situées au sud et à l'est, profitant du lever du soleil. Elles garderont ainsi leur fraîcheur en fin de journée.
- Veiller à limiter dans la cuisine les apports solaires sur les vitrages sud-ouest, souvent générateurs de surchauffe.
- Une serre ou véranda placée au sud permet, tout en apportant de la chaleur en hiver, de créer un espace intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur.
- Les espaces peu ou non chauffés (entrée, atelier, garage) seront plutôt disposés à l'ouest ou au nord. Si le vent est souvent violent, un sas d'entrée sera nécessaire pour éviter que l'air froid ne s'infilte dans la maison (Salomon, 2000).
- regrouper les pièces qui sont moins chauffées en général.
- regrouper les points de puisage d'eau chaude sanitaire et les rapprocher de la production (effinergie, 2008).

### 3.4. Solaire passif :

Le solaire passif fait appel à trois principes : le captage, le stockage et la distribution de l'énergie du soleil.

La conception attentive d'un bâtiment solaire permet : d'utiliser les gains solaires reçus pour les besoins de chauffage instantané et de stocker le reste sous forme de masse thermique intrinsèque ou de dispositifs de stockage expressément conçus à cette fin.

Exploiter le rayonnement solaire pour l'éclairage naturel, ce qui requiert une distribution efficace dans les pièces ou sur les plans de travail, tout en évitant l'effet d'éblouissement.

Les systèmes de chauffage solaire passifs se rangent en deux grandes catégories : à gains directs et à gains indirects :

- Le système passif à gain directe tire parti directement de l'énergie solaire, sans l'intervention d'appareils mécaniques. Dans sa forme la plus simple, le soleil qui s'infiltré par la fenêtre réchauffe la pièce. La masse thermique à l'intérieur du bâtiment absorbe une partie de la chaleur et la libère le soir venu.
- Le système passif à gains indirects séparé des locaux chauffés est un système isolé. (Robertson, et al., 2012)

#### 3.4.1. L'éclairage naturel :

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie dans le bâtiment. Le système visuel de l'homme, au cours de son évolution, s'est parfaitement adapté aux caractéristiques de la lumière naturelle fournie par le soleil. C'est la raison pour laquelle son efficacité lumineuse est nettement supérieure à celles des principales sources d'éclairage artificiel. A flux lumineux égal, l'éclairage naturel amène deux à trois fois moins de chaleur au local que l'éclairage artificiel. Ceci est particulièrement important lorsque l'éclairage artificiel représente (par ses pertes thermiques) une des principales charges de climatisation (SIA, 1990).

**L'éclairage par les fenêtres :** garantit le contact visuel indispensable avec l'extérieur et présente peu de risques d'infiltrations d'eau par pluie battante. Il présente cependant des inconvénients : l'éclairage n'est pas uniforme sur le plan de travail, et la luminosité peut être trop élevée au voisinage des fenêtres. L'apport significatif de lumière par un vitrage vertical est limité à une distance correspondant à deux fois la hauteur supérieure de la fenêtre, soit environ 3 à 4 mètres.

**L'éclairage par le plafond :** (appelé aussi éclairage zénithal) a une efficacité bien supérieure à l'éclairage par les fenêtres, même par ciel couvert. La lumière provient en effet de la partie centrale du ciel, plus lumineuse. L'éclairage est alors plus uniforme durant toute la journée, et donne une lumière diffuse sans zones d'ombres. L'éclairage par le plafond est très bien adapté aux locaux profonds ou aux plans de travail pour éviter de recourir trop tôt dans la journée à l'éclairage artificiel. Par contre, il présente des inconvénients : le risque d'infiltration d'eau et d'exposition à la poussière est plus important que pour une fenêtre; une ouverture en plafond mal isolée peut provoquer d'importantes pertes thermiques hivernales (Salomon, et al., 2004).

L'Algérie possède des potentialités très valables et des occasions exceptionnelles, à savoir :

- l'ensoleillement excessif et donc la disponibilité d'un éclairage favorable à longueur d'année sur la plupart des régions du pays (environ 3300 heures/an).
- l'héritage d'un patrimoine urbanistique et architectural vernaculaire attestant l'existence d'un très riche répertoire référentiel de stratégies spatiales relatives à l'éclairage naturel (Belekhhal, et al., Juin 2003).

La lumière naturelle est non polluante, gratuite et parfaitement adaptée à notre confort visuel, la capter avec efficacité c'est découvrir un véritable gisement

### 3.5. Surfaces vitrées:

Autrefois, la taille des fenêtres était limitée pour éviter les déperditions excessives en hiver. Aujourd'hui, avec des fenêtres performantes équipées de volets efficaces, cet aspect s'atténue considérablement.

Les caractéristiques nécessaires d'une fenêtre :

- Éclairage et occultation,
- Vue dehors (ouverture visuel),
- Pénétration du soleil et protection solaire (gain solaire),
- Etanchéité et ventilation, (Benradouane, et al., 2008)

Le composant de construction le plus utilisé par l'énergie solaire passive est la fenêtre. C'est l'élément de captage le plus répandu. Les fenêtres apportent à la fois chaleur et lumière et permettent d'accumuler directement et très simplement la chaleur.

Au cours d'une année, la perte d'énergie, pour la plupart des fenêtres, est plus importante que le gain en énergie. Les fenêtres à haut rendement thermique peuvent réellement fournir de l'énergie utile, elles ont un meilleur rendement en terme d'énergie utile annuelle que les parois isothermes les mieux isolées (effinergie, 2008).

L'orientation, l'agencement et la performance des fenêtres revêtent de l'importance dans la conception d'un bâtiment solaire passif. Des fenêtres orientées vers le sud permettent même de gagner plus d'énergie solaire, durant la saison de chauffe, qu'elles ne perdent de chaleur. Cette disposition judicieuse des baies vitrées permettra, en outre, de limiter l'éclairage artificiel (effinergie, 2008)

Il existe deux façons de déterminer l'aire de vitrage orientée au sud. Elle peut se calculer en pourcentage de l'aire totale du mur extérieur, méthode peu utile puisqu'elle n'a aucune incidence sur ce qui se passe au-delà du mur, ou en pourcentage de l'aire de plancher chauffée, qui tient compte du volume du bâtiment (Robertson, et al., 2012).

### 3.5.1. L'orientation des surfaces vitrées :

L'heure et la date où l'énergie reçue est au maximum dépendent de la latitude et de l'orientation du mur. La terre effectue une rotation de 15° à l'heure; lorsque la fenêtre est orientée à 30° sud-est, les gains thermiques maximaux seront obtenus deux heures avant le midi solaire. Les façades est et ouest reçoivent le rayonnement maximal annuel en été, alors que la façade sud reçoit son maximum annuel vers la fin de l'automne et de l'hiver.

Les fenêtres orientées au nord fournissent un éclairage indirect constant assorti d'un gain thermique minime, mais peuvent également occasionner des déperditions de chaleur et de l'inconfort pendant la saison froide. Les fenêtres orientées au sud bénéficient d'un fort ensoleillement direct et indirect variable au cours de la journée. Limiter les gains calorifiques peut poser problème pendant la saison de chauffage. Il est facile d'ombrager ces fenêtres en les surmontant de dispositifs horizontaux correspondants.

Les fenêtres orientées à l'est et à l'ouest entraînent davantage d'éblouissement et de gains thermiques, en plus d'être plus difficiles à ombrager, car le soleil est plus près de l'horizon.

#### **Les règles générales à suivre pour l'orientation des fenêtres :**

- Déterminer la taille, la hauteur et la sorte de vitrage des fenêtres séparément pour chaque façade;
- Maximiser l'exposition au sud;
- Optimiser l'exposition au nord;
- Minimiser l'exposition à l'ouest lorsque le soleil est au plus bas, car elle risque d'occasionner la surchauffe. (Robertson, et al., 2012)

### 3.5.2. Typologies des fenêtres :

Comme une vitre ne laisse pas passer 100% du rayonnement solaire reçu, il est aisé de comprendre que plus une fenêtre comportera de couches vitrées, plus elle bloquera le rayonnement. En pratique, cette constatation peut être utile pour bien choisir ses vitres :

- **le simple vitrage** est le moins performant thermiquement mais laisse passer quasiment les calories solaires.
- **le double vitrage** est moins performant thermiquement que le triple vitrage mais laissera davantage passer les calories solaires.
- **le triple vitrage** reste plus isolant que le double vitrage mais freinera davantage les calories solaires qui ne pourront pas arriver dans la maison.

Comme la performance des fenêtres dépend de plusieurs critères à savoir les types des matériaux, la conception, l'étanchéité et l'isolation ...etc. ces critères sont à prendre en considération pour déterminer le type des fenêtres:

- **La fenêtre basse émissivité** : possède un film métallique fixé sur l'intérieur des vitres du double vitrage. Ce film permet la réflexion de la chaleur vers l'extérieur en été et l'arrêt du froid hivernal.
- **La fenêtre à isolation renforcée** : est une fenêtre basse émissivité qui voit l'air contenu dans son double vitrage remplacé par un gaz rare (argon, krypton). Ce gaz rare permet de freiner la perte des calories de façon plus efficace que l'air classique.
- **La fenêtre triple vitrage** : est encore plus performante qu'une vitre double vitrage car elle possède deux lames d'air et trois vitres, ce qui empêche encore plus aux calories de fuir vers l'extérieur. Pour rendre la fenêtre triple vitrage encore plus performante. Il est également possible de la doter d'un film de basse émissivité et d'un gaz rare. On parle alors d'un triple vitrage à isolation renforcée.

En bioclimatisme chaque détail compte. Bien choisir ses fenêtres, les disposer au bon endroit et surtout les adapter en fonction de la pièce permet d'obtenir le meilleur rendement calorifique possible tout en participant au confort (Claude Altayrac & Aline Aublé, 2011).

Il y a trois grands moyens d'améliorer l'efficacité énergétique des fenêtres existantes:

- Réparer.
- Rénover.
- Ajouter du vitrage, en installant des contre-fenêtres extérieures ou intérieures; remplacer la fenêtre ou certaines parties de la fenêtre. Afin de modifier les fenêtres pour en accroître la performance on peut ajouter une deuxième ou une troisième couche de verre ce qui fait diminuer grandement la valeur U (et augmenter la valeur R) tout en conservant un important CARS. Cette caractéristique est très avantageuse du point de vue du chauffage solaire passif. (Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, 2011)

Le dormant constitue souvent le maillon thermique le plus faible de la fenêtre. Bien que le dormant (châssis et meneaux) n'occupe que de 10 à 25 % de l'aire du vitrage des bâtiments, il peut expliquer jusqu'à la moitié des déperditions de chaleur de la fenêtre et se prêter grandement à la formation de condensation (Robertson, et al., 2012).

Des fenêtres à bon rendement énergétique vont :

- Augmenter le confort. De telles fenêtres réduisent les courants d'air froid et contribuent à accroître la sensation de chaleur à l'intérieur durant la saison de chauffage.
- Limiter la condensation. Les surfaces intérieures de fenêtres à bon rendement énergétique demeurent plus chaudes, ce qui signifie que le taux d'humidité relative peut être plus élevé à l'intérieur sans pour autant provoquer de condensation sur les fenêtres (n'oubliez pas qu'aucune fenêtre, même énergétique, n'empêchera la condensation si le taux d'humidité dans votre maison est trop élevé).

- Epargner de l'argent. En réduisant les fuites d'air et en améliorant le rendement thermique des fenêtres, par exemple par l'installation de contre-fenêtres
- Durer plus longtemps. La condensation peut causer une détérioration prématurée des fenêtres, de même que des murs et des finis, entraînant un entretien ou un remplacement coûteux.
- Réduire la consommation d'énergie et son incidence environnementale.

### 3.6. Protection solaire :

De nombreux types de protections solaires existent : permanentes ou fixes (vitrages spéciaux, films autocollants, auvents, avancées architecturales), mobiles (stores extérieurs, volets).

Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. Si possible, elle maintiendra la possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante (IBGE, 2010).

#### 3.6.1. Les protections mobiles :

Stores extérieurs, claustras, panneaux coulissants, etc. Elles sont utilisées en fonction des besoins, et permettent une protection efficace en été tout en bénéficiant des apports solaires en hiver.

**Les protections solaires placées à l'intérieur du bâtiment :** Sont peu efficaces, elles laissent en effet pénétrer le soleil dans la pièce avant de transformer le rayonnement en chaleur. Par contre, elles permettent d'éviter le rayonnement direct sur une personne. Si elles n'influencent pas la température, elles n'en ont pas moins un impact sur le confort ressenti.

#### 3.6.2. Les protections permanentes :

Au sud, la longueur des protections solaires permanentes doit être comprise entre une fois et une fois et demie la hauteur de la fenêtre. Au sud, ces éléments restent de dimensions raisonnables. À l'est et à l'ouest, pour atténuer le soleil rasant, ceux-ci deviennent disproportionnés. Les protections permanentes ne permettent pas d'atténuer totalement le rayonnement diffus qui, selon les périodes de l'année, représente une part importante du rayonnement global (Office fédéral de l'énergie OFEN, Maison des cantons).

Deux types de protections permanentes sont à considérer:

**Auvents, avancées architecturales, etc. :** Elles offrent une protection différente selon la position du soleil. Leur dimensionnement doit donc être correctement réalisé pour être efficaces. Par exemple, pour qu'un auvent protège complètement une fenêtre orientée au Sud lorsqu'au solstice d'été le soleil est au zénith, il faut que sa profondeur soit au moins égale à la moitié de la hauteur de la fenêtre (IBGE, 2010).

**Vitrages solaires ou films autocollants sur les vitrages :** Ils limitent les gains solaires aussi bien en hiver qu'en été, et réduisent les niveaux de lumière naturelle à l'intérieur.

Certains vitrages, dits sélectifs, permettent un compromis en filtrant le soleil tout en conservant une transmission lumineuse proche de celle des vitrages « normaux » (IBGE, 2010).

### 3.6.3. Protection végétal :

Le principe de la toiture végétale (aussi : toit vert ou toit végétalisé) existe depuis la préhistoire. Il consiste à recouvrir d'un substrat végétalisé un toit plat ou à faible pente (jusqu'à 35° et rarement plus, au-delà, on parlera de mur végétalisé).

Selon l'épaisseur de substrat et le degré d'arrosage souhaité, on pourra faire une plantation de type extensive, semi-extensive ou intensive.

La toiture végétalisée présente de nombreux avantages, tant sur le plan de l'esthétique et de la durabilité, que dans une perspective de protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain.

### 3.6.4. Protection végétale des murs :

Le mur végétal est une paroi qui s'élève parallèlement aux murs du bâtiment à protéger. Selon son orientation et sa composition, le mur vert servira à la fois d'écran contre les vents dominants, les intempéries, le bruit, l'ensoleillement mais également la pollution. Il peut jouer un rôle en matière de microclimat et de qualité de l'air (Bouattour, et al., 2009).

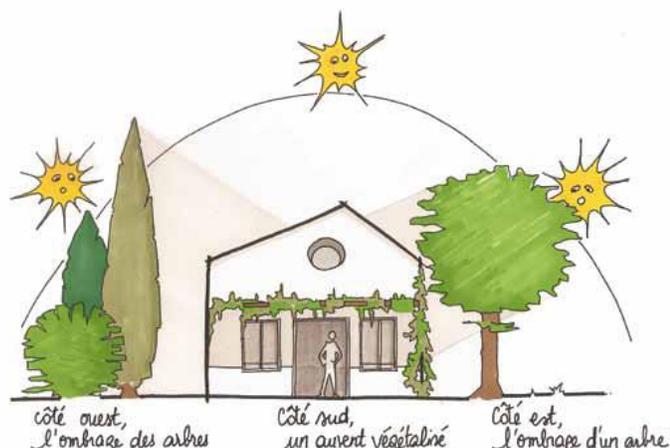
La végétation offre une aide précieuse pour se protéger des ardeurs d'un soleil estival, autant pour créer une ombre saisonnière que pour en limiter les rayonnements indirects.

Mais il est indispensable que ces ombrages soient adaptés aux orientations concernées pour offrir une protection optimale en été sans réduire l'apport de chaleur hivernal.

Dans la grande majorité des cas, on privilégie les feuillages caducs dont l'absence hivernale permet au rayonnement d'atteindre la maison.

Le choix des essences végétales est très important car outre le caractère caduc du feuillage, elles déterminent également l'ampleur de l'ombre portée, la période de chute des feuilles et le coefficient de bois du végétal nu. (DELMET)

On peut encore mentionner les protections solaires végétales intégrées aux façades ou aux



**Figure 30 Ombrage végétal selon l'orientation (DELMET)**

toitures (IBGE, 2010).

### 3.6.5. Réflexion et Absorption passif :

Quand le rayonnement solaire frappe une surface, une partie est absorbée mais une autre est réfléchi. Selon les situations, il peut être intéressant de privilégier l'une par rapport à l'autre.

**Réfléchir pour ne pas s'échauffer :** Pour ne pas monter en température, une surface doit réfléchir le maximum d'énergie solaire afin qu'elle ne s'accumule pas à l'intérieur. Cette faculté de réflexion varie d'un matériau à l'autre, mais dépend essentiellement de sa couleur. On parle du facteur de réflexion solaire du matériau, c'est-à-dire de son albédo.

**Absorber pour réduire l'échauffement :** Dans certaines situations, il est préférable que l'énergie solaire ne soit pas trop réfléchi pour ne pas provoquer un échauffement indirect. C'est le cas des sols aux abords des bâtiments qui, en réfléchissant une partie du rayonnement, contribuent à échauffer davantage les murs de façade (DELMET).

### 3.7. Isolation :

#### 3.7.1. Critères de sélection d'un isolant :

Choisir un isolant ou un système offrant un  $U_{paroi}$  le plus faible possible (le coefficient de conductivité thermique en  $W/m.K$  de l'isolant doit donc être le plus faible possible).

Concevoir des systèmes constructifs de liaisons de parois minimisant les ponts thermiques structurels.

Choisir un isolant ayant la perméabilité à l'eau la plus faible possible (Dessons, et al., 2011).

**Solutions :** Solution classique d'isolation extérieure ou intérieure. Sachant que dans le cas d'une isolation par l'intérieur, les ponts thermiques peuvent représenter une forte part des déperditions, cette solution sera plutôt réservée au cas de réhabilitation,

#### 3.7.2. Système d'isolation rapportée par l'intérieur :

L'isolation rapportée par l'intérieur permet de traiter aisément les jonctions avec les menuiseries, portes, balcons, ... ainsi que celles avec l'isolation des combles et toitures.

Pour respecter les conditions de confort d'été, la masse des murs n'étant pas en contact avec les volumes intérieurs, il sera pertinent de composer avec des parois intérieures lourdes.

C'est la technique dominante, qui peut se traduire par des ponts thermiques importants au niveau des planchers intermédiaires et des refends lorsque ceux-ci sont maçonnés. En maison individuelle, le poids de ces ponts thermiques est assez limité, entre autre parce que des solutions simples de traitement existent.

En revanche, au fur et à mesure que le nombre de niveaux augmente, le traitement des ponts thermiques des planchers intermédiaires nécessite le recours à des solutions de rupteurs thermiques plus complexes ou à des structures intégrant le traitement thermique.

### 3.7.3. Système d'isolation rapportée par l'extérieur :

L'isolation thermique par l'extérieur permet de supprimer les ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires et des refends. Elle permet également de tirer parti de l'inertie des murs pour récupérer les apports solaires en hiver et pour réduire l'inconfort en été (effinergie, 2008).

Placer l'isolation à l'extérieur permet d'optimiser principalement :

- Les performances thermiques du bâtiment dans son ensemble.
- Le coût global de l'opération.
- L'entretien. (ADEME, 2006)

En revanche, ce type d'isolation (sous enduit, vêture, bardage, ...) implique des précautions spécifiques de mise en œuvre pour garantir le traitement thermique de la jonction avec les planchers bas, les encadrements de fenêtres, portes, loggias, balcons, etc. et les acrotères des toitures plates ou les combles. Le groupement du mur manteau a décrit des solutions de traitement des points singuliers en isolation par l'extérieur (effinergie, 2008).

### 3.7.4. Les types d'isolants :

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

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

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

**Isolation par gaz piégé :** Le principe est le même que celui de l'air immobile mais dans ces isolants, l'air est remplacé par un gaz ayant un coefficient de conductivité thermique plus faible que celui de l'air. C'est le cas par exemple des mousses de polyuréthane, du polystyrène expansé et du polystyrène extrudé.

**Isolation par le vide :** Le vide est le meilleur isolant possible car, en l'absence de matière, les déperditions de chaleur par conduction et par convection ne peuvent pas s'opérer. Seul le transfert par rayonnement est possible (ACTIS, 2012).

**Isolants minces réfléchissants :** Produits très étanches à la vapeur d'eau en provenance de l'intérieur des logements pouvant donner lieu à des condensations importantes qui pourront provoquer le pourrissement du bois ou la corrosion du métal (Dessons, et al., 2011).

### 3.7.5. Les éléments d'isolation :

**Isolation des ponts thermique :** Les principaux ponts thermiques à traiter:

- les jonctions avec la toiture.
- les jonctions avec les menuiseries.
- les jonctions avec les planchers intermédiaires et bas.
- les poutres.

Ces ponts thermiques doivent être limités en conception, en s'attachant à avoir une «frontière» d'isolant autour du bâtiment (AITF, 2013).

**Isolation de la toiture :** Il est nécessaire de définir une épaisseur d'isolation importante, ce qui aura pour effet de diminuer fortement les déperditions thermiques en hiver et d'apporter un meilleur confort thermique d'été :

- *Isolation des combles perdus :* Pas de problème particulier pour atteindre les niveaux d'isolation requis avec des fortes épaisseurs.
- *Isolation en rampant sous toiture :* Les toitures recevant une quantité importante de rayonnement solaire, le confort d'été peut être problématique. Des précautions doivent être prises, notamment l'inclusion des fenêtres.
- *Toiture terrasse :* Des résistances thermiques importantes sont également à mettre en œuvre. Dans le cas d'une isolation par l'extérieur, prévoir, dès la conception, des acrotères dont la configuration permet d'isoler leur pourtour. (effinergie, 2008)

**Planchers bas :** L'isolant est mis en œuvre soit sous dalle flottante, soit sous dalle de terre-plein (isolant rattaché ou entrevous isolants ou isolation sous radier), soit les deux. Dans le cas de plancher bas à ossature (sur pilotis), on pourra choisir de placer l'isolant dans l'épaisseur de l'ossature et de faire le choix d'épaisseurs d'isolants encore plus importantes (effinergie, 2008).

### 3.8. Étanchéité à l'air :

Assurer un bon niveau d'étanchéité à l'air dans un bâtiment consiste à maîtriser les flux d'air qui circulent à travers les orifices volontaires (bouches de ventilation et entrées d'air) et à limiter les flux incontrôlés pouvant causer inconfort, et gaspillage d'énergie.

Les principaux enjeux liés à l'étanchéité à l'air sont :

- Le confort thermique.
- La facture énergétique,
- La conservation du bâti.
- Maintenir la performance des isolants thermiques tout au long de la vie du bâtiment.

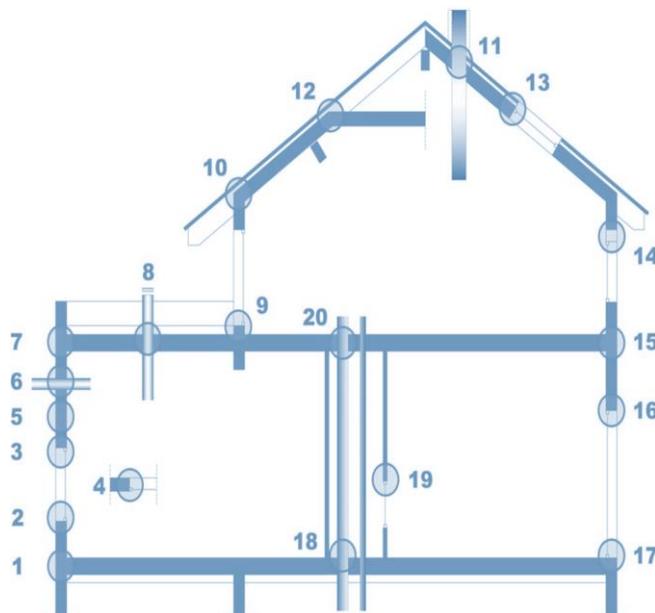
Traiter le problème de l'étanchéité à l'air du bâtiment revient à s'attaquer à tous les points sensibles de manière transversale sur l'ensemble des lots techniques et non techniques.

### 3.8.1. Principe de la « peau » étanche et continue :

Le principe fondamental pour assurer une bonne étanchéité de l'enveloppe est de réaliser une « peau » étanche et continue. En plan et en coupe, le concepteur doit pouvoir suivre cette peau avec un crayon, sans le décoller de la feuille. Chaque liaison entre composants doit être analysée afin de prévoir les matériaux qui assureront l'étanchéité à l'air de façon pérenne à cet endroit. En traitant une liaison donnée, le concepteur doit garder à l'esprit la continuité de la peau sur les liaisons avoisinantes (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2010).

### 3.8.2. Les liaisons entre deux matériaux différents :

1. Liaison mur/plancher bas.
2. Liaison menuiserie/ appui.
3. Liaison menuiserie/ linteau.
4. Liaison menuiserie/ tableau.
5. Paroi courante.
6. Traversée de paroi.
7. Liaison mur/ plancher terrasse.
8. Traversée de plancher terrasse.
9. Liaison mur/ plancher intermédiaire.
10. Liaison mur/ toiture inclinée.
11. Traversée de toiture inclinée.
12. Plafond de toiture inclinée.
13. Liaison fenêtre de toiture.
14. Liaison mur/ Bloc baie.
15. Liaison mur/ plancher intermédiaire.
16. Liaison porte d'entrée/ linteau.
17. Liaison porte d'entrée/ seuil.
18. Traversée de plancher bas.
19. Trappe d'accès gaine technique.
20. Traversée de plancher intermédiaire.



**Figure 31 Localisation des points singuliers**

### 3.8.3. Traitement des pénétrations des réseaux :

Les réseaux d'électricité, de ventilation, de gaz, d'eau ou de téléphone doivent être conçus pour traverser la peau étanche en un minimum de points. Une stratégie efficace consiste à réaliser une pénétration unique pour chaque réseau, puis à distribuer les circuits à l'intérieur du volume chauffé sans percer la peau étanche. Le problème se résume alors à traiter cette pénétration unique.

Pour le cas particulier du passage des réseaux électriques, une solution performante consiste à placer le tableau électrique en volume chauffé, puis à travailler dans l'enveloppe étanche sans jamais la traverser. La mise en place d'un vide technique entre le plan d'étanchéité et le nu intérieur de la construction permet de s'affranchir pour l'ensemble des passages des câbles électriques du risque de percements accidentels et intempestifs de ce plan d'étanchéité (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 2010).

### 3.8.4. Les avantages et les inconvénients de l'étanchéité à l'air :

Un bâtiment dont l'étanchéité à l'air est de mauvaise qualité peut voir ses besoins de chauffage augmentés de plusieurs  $kWh_{ep}/m^2.an$  par rapport à une réalisation de qualité. L'impact énergétique d'une mauvaise étanchéité à l'air est particulièrement important si le climat est froid ou venté.

Lorsque les bâtiments sont peu compacts, la qualité d'étanchéité à l'air est encore plus importante.

Les défauts d'étanchéité se traduisent par des infiltrations d'air parasites et ont un impact en termes de déperditions, de confort, de santé, d'acoustique et d'efficacité des systèmes de ventilation.

Pour obtenir une bonne étanchéité à l'air, il est nécessaire d'intégrer cette préoccupation dès la phase de conception, en particulier, en limitant le nombre de pénétrations de l'enveloppe (effinergie, 2008).

Le fonctionnement des bâtiments étanches à l'air présente quelques particularités qui peuvent avoir des conséquences très dommageables :

Ces bâtiments ne « bénéficient » plus des entrées d'air parasites qui assuraient jadis une part importante du renouvellement d'air hygiénique. Il s'ensuit que la ventilation mise en place doit assurer son service sans faille, de façon continue, quelles que soient les conditions météorologiques extérieures. Il est donc généralement nécessaire de mettre en œuvre une ventilation mécanique qui induit une surconsommation électrique, mais il faut s'assurer que celle-ci fonctionne correctement, que les filtres sont nettoyés fréquemment, que les débits sont suffisants et équilibrés (Sidler, OCTOBRE 2012).

### 3.9. Ventilation:

Une meilleure isolation thermique, une meilleure étanchéité à l'air, une utilisation généralisée du chauffage, l'emploi du vitrage performant, réalisés sans une ventilation adéquate, aggravent considérablement les problèmes de condensation et de moisissures dans les habitations (Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie., 2003).

Renouveler l'air a également pour fonction d'évacuer la vapeur d'eau et d'éviter ainsi des condensations et dégradations. Cela permet enfin un fonctionnement normal et sans danger des appareils de combustion.

La ventilation d'un logement est donc absolument impérative pour maintenir une ambiance intérieure confortable. Or en hiver, lorsque la température est basse, le réchauffement de l'air froid entrant dans le logement représente une part très importante des besoins de chauffage (Salomon, et al., 2004).

#### 3.9.1. Les moyens de la ventilation naturelle :

Les moyens de mettre « naturellement » l'air en mouvement sont connus depuis longtemps, ces moteurs sont :

**Le tirage thermique :** Il résulte des forces ascensionnelles de masses d'air chauffées placées dans un environnement plus froid. En période de chauffage, l'air dans un conduit de ventilation ou de fumée est plus chaud et plus léger que l'air extérieur. Il tend à s'échapper en partie haute du conduit et à instaurer une dépression en partie basse. L'air extérieur, plus froid et plus dense, pénétrant par les entrées d'air des pièces principales, tend à combler ce vide en traversant le logement ; la circulation de l'air qui en résulte assure la ventilation. La pression motrice due au tirage thermique est proportionnelle à la hauteur du conduit de ventilation et à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.

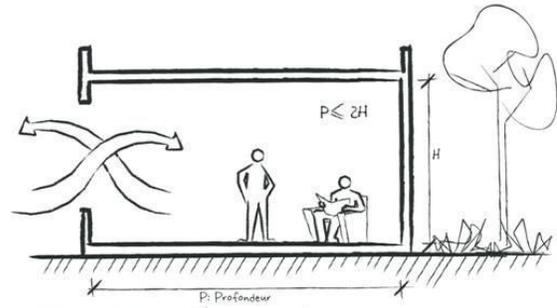
**La pression éolienne :** Quand le vent rencontre un bâtiment, il comprime l'air sur les parois qui lui font face et crée, en général, des dépressions sur les autres. Les passages qui mettent en communication le logement avec l'extérieur (grilles de ventilation, débouchés des conduits en toiture...) sont soumis à des pressions différentes qui entretiennent une circulation de l'air à travers le logement. Bien entendu, pour que les conduits ne refoulent pas lorsque le vent souffle, leurs débouchés en toiture doivent être implantés dans des zones où règnent les plus fortes dépressions quelle que soit l'orientation du vent. La contribution du vent dans le «moteur » naturel dépend autant de sa vitesse que de son orientation. Elle est donc très dépendante de l'orientation du bâtiment vis-à-vis des vents dominants (AVEMS, 2010).

### 3.9.2. Les types de ventilation naturelle :

#### **Ventilation d'un seul côté : mono exposé**

Elle n'est pas adaptée si la façade donne sur une rue bruyante, ou une source de pollution.

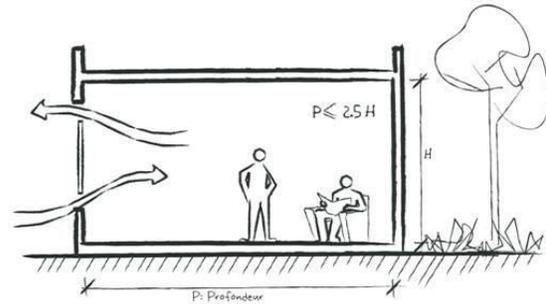
Il est recommandé que l'ouvrant ait une hauteur d'au moins 1,5m.



#### **Ventilation mono-exposée ouverture double :**

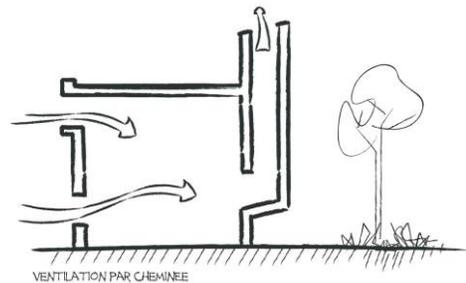
#### **Ventilation transversale:**

Intégrer des dispositifs facilitant le passage de l'air, tels que des grilles de transfert.



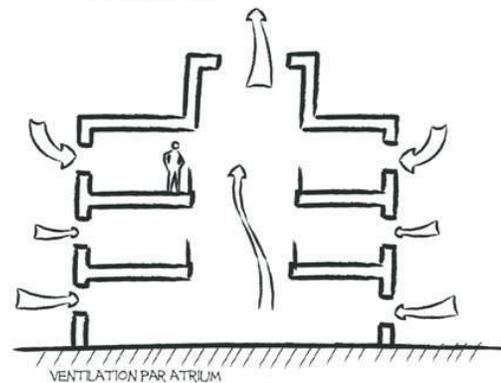
#### **Ventilation par cheminées :**

C'est un cas de ventilation transversale, donc la règle de moins de 5 fois la hauteur sous plafond pour la longueur de la zone ventilée s'applique. Le point essentiel à respecter est que l'air dans la cheminée soit plus chaud que l'air ambiant. Les cheminées solaires sont une bonne solution à cette problématique.



#### **Ventilation par atrium**

L'intérêt de l'atrium est que le volume de bâtiment que l'on peut ventiler naturellement est doublé par rapport au cas précédent de la cheminée placée sur un côté, puisque l'entrée d'air se fait des deux côtés du bâtiment, tandis que l'extraction se fait au milieu. (Raoust, et al., 2010)



## 4. Comportement des consommateurs:

Aucun progrès significatif en matière d'efficacité énergétique ne pourra être fait sans mobilisation des citoyens en tant que consommateurs. Ainsi le rôle du consommateur se résume dans le choix des équipements, leurs gestions et enfin la maintenance. Voici à titre indicatif une série de mesures et prérogatives à suivre :

#### 4.1. La performance des équipements :

Pour réduire sa consommation électrodomestique, quatre types d'actions sont possibles :

- Choisir impérativement un appareil très performant : Lors de l'achat ou du remplacement d'un appareil électroménager ou d'une ampoule électrique.
- Etudier le dimensionnement des appareils : Un surdimensionnement implique inévitablement une surconsommation.
- Supprimer toutes les veilles possibles dans le logement : Lorsque certains appareils ne sont pas utilisés, ils continuent pourtant à consommer de l'énergie.
- Préférer les appareils séparés au lieu d'appareils combinés : La consommation de l'ensemble est toujours moindre.
- S'arranger en cuisine pour rendre impossible la juxtaposition des appareils de production de froid et de cuisson (plaques, cuisinière ou four). (Sidler, Mai 2009)

#### 4.2. Système de chauffage :

##### **Surveiller les radiateurs :**

20 °C dans les pièces à vivre, 18 °C dans les chambres, c'est bon pour la santé, le porte-monnaie et l'environnement. Un degré de moins, de 20°C à 19°C, c'est peut-être un pull en plus, mais c'est surtout environ 7 % de consommation en moins.

##### **Entretenir la chaudière :**

C'est nécessaire pour la sécurité, pour la « santé » de la chaudière (moins de risques de panne, longévité accrue du matériel) et celle des finances.

##### **Améliorer les radiateurs existants :**

Pour que vos radiateurs consomment moins d'énergie sans les changer, équipez-les d'un robinet thermostatique qui va les maintenir à la température choisie, compte tenu du type d'occupation de la pièce (chambre ou séjour) et des apports gratuits de chaleur (exposition sud, etc.). (ADEME, juillet 2013)

#### 4.3. Faire sécher le linge à l'air libre :

Le sèche-linge peut être un gros consommateur d'énergie. Profitez de l'air libre ou d'un local bien ventilé pour faire sécher votre linge. C'est la meilleure solution, car sinon le séchage du linge prend de l'énergie au système de chauffage

#### 4.4. L'éclairage :

##### **Profiter de la lumière naturelle :**

Organisez vos activités (en cuisine...) et disposez votre ameublement (bureau, fauteuil...) en fonction de l'éclairage naturel afin de limiter le recours à l'éclairage artificiel.

### **Éclairer efficacement :**

Les lampes « basse consommation » durent 6 à 7 fois plus longtemps que les ampoules à incandescence et permettent de réaliser entre 75 et 80 % d'économies d'énergies (ADEME, juillet 2013).

#### **4.5. Contrôle protection solaire et gestion des volets :**

Pour des locaux occupés en permanence, une régulation manuelle sera efficace si l'occupant est conscient de la nécessité de se protéger du soleil dès qu'il apparaît. Il ne faut en effet pas attendre d'avoir trop chaud pour abaisser le store. Dans les locaux inoccupés en journée, par exemple des logements en semaine, il suffira, en été, de veiller à fermer les volets ou à abaisser les stores le matin avant de partir, pour éviter une montée en température des locaux pendant la journée.

La gestion des volets en hiver. L'ouverture des volets pendant la journée permet de profiter des apports solaires, leur fermeture la nuit permet de réduire les consommations de chauffage.

La gestion des protections solaires et de l'ouverture des fenêtres en été pour, à la fois, se protéger du soleil et profiter de la rafraîchissement naturelle et gratuit qu'offre l'air extérieur la nuit (effinergie, 2008).

### **5. Les solutions d'efficacité énergétique actives**

L'efficacité énergétique dite « active » (EEA). Basée sur une offre de produits performants et de systèmes intelligents de régulation, d'automatismes et de mesure.

L'efficacité énergétique active permet de :

- réduire la facture énergétique.
- réduire les consommations d'énergie.
- améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie juste nécessaire.

Ces solutions peuvent être mises en place rapidement et présentent des temps de retour sur investissement particulièrement courts, alors que les solutions relatives au bâti, dites « passives », s'inscrivent dans des stratégies à plus long terme, impliquant des investissements qui concernent le gros œuvre.

L'EEA nécessite une approche « sur mesure » prenant en compte les besoins et objectifs spécifiques de chaque client. Elle se décline en une large gamme de solutions, allant du produit performant (moteurs à haut rendement, lampe basse consommation, etc.) au contrat de performance globale et durable.

L'EEA peut être mise en œuvre soit dans le cadre d'une approche globale, soit par application. Optimisées individuellement ou de manière combinée, les actions suivantes permettent de réaliser des économies d'énergie significatives :

- Mesure des consommations.
- Régulation CVC.
- Gestion de la protection solaire.
- Production de l'énergie renouvelable.
- Installation des équipements performants.
- La domotique. (GIMÉLEC, 2008)

#### 5.1. La mesure des consommations :

La mesure constitue un élément-clé de la définition, de la réussite et de la pérennité d'une démarche par son usage important et croissant, l'électricité joue un rôle-clé dans ce processus car elle offre de nombreuses solutions d'efficacité énergétique active, c'est-à-dire d'utilisation de l'énergie juste nécessaire par les :

- automatismes et la régulation des usages,
- fonctions de mesure et de télé service des usages élémentaires.

La mise en place de systèmes électriques et de services associés peut générer directement jusqu'à 30 % d'économies d'énergie grâce à :

- Des systèmes de pilotage et d'automatisation des unités de production thermique (chaude et froide).
- Une régulation de l'éclairage, des entraînements à vitesse variable appliquées aux pompes et ventilateurs.
- Des Contrats de Performance Energétique (CPE).

Quelques exemples de solutions :

- le comptage, le comptage intelligent,
- l'instrumentation,
- les centrales de mesure, ou l'EMS (Système de gestion de l'énergie).

##### 5.1.1. La mesure électrique :

Existe dans toute installation sous la forme du compteur tarifaire grâce auquel est établie la facture de consommation électrique. C'est le premier indicateur et il délivre l'énergie consommée globale.

Le suivi de ce compteur permet de connaître son niveau de consommation et éventuellement son profil de charge global.

Pour appliquer un plan de performance énergétique, il est nécessaire d'étendre la mesure à d'autres paramètres électriques.

#### 5.1.2. La mesure du gaz naturel :

Tenir compte de la pression et des variations de température. Dans la plupart des cas, on se sert de compteurs à cadran pour les mesures locales de la consommation de gaz naturel. Bien que ces compteurs soient équipés d'un dispositif de lecture des impulsions, cette option est rarement utilisée, principalement à cause de considérations financières présumées. (GIMÉLEC, 2008)

#### 5.2. Systèmes de régulation et d'automatisme :

Pour les équipements de chauffage, de ventilation ou d'éclairage qui permettent d'adapter la consommation aux conditions extérieures et en fonction de la présence de personnes. En outre, ces systèmes fournissent l'information aux occupants sur leur propre consommation. Pour mener à bien une démarche d'efficacité énergétique active, il est indispensable de disposer d'éléments de référence via une analyse détaillée de la situation d'origine et d'indicateurs de mesure par usage utiles tout au long de cette démarche.

La régulation permet en premier lieu de respecter les températures de consignes, point fondamental de la consommation du poste chauffage.

En effet, les déperditions énergétiques d'un bâtiment sont en fonction de ses caractéristiques thermiques propres et augmentent avec l'écart de température entre intérieur et extérieur (pour un passage de 19 à 20 °C, l'augmentation est d'environ 7 % de ces déperditions pour une température extérieure moyenne de 5°C). (AITF, 2013)

L'automatisme et la régulation sont nécessaires à la performance de toute installation.

Ces systèmes permettent ainsi de :

- Consommer ce qui est nécessaire, quand et où c'est nécessaire.
- Améliorer et modifier le comportement humain pour s'affranchir des mauvaises habitudes.

Le retour d'expérience démontre des réductions de 10 à 20 % des consommations énergétiques dans de nombreuses applications.

Quelques exemples de solutions :

Les systèmes motorisés performants, les automates, les systèmes de régulation (GTB, GTC, GTE, BMS), les automatismes, la détection de présence...

### 5.3. Gestion de la protection solaire :

Des installations de protection solaire, de préférence variables, motorisées et automatisées, rendent dynamique le rayonnement solaire à travers les vitrages et régularisent le climat intérieur en fonction du climat extérieur.

Des installations de protection solaire variables et automatisées rendent le rayonnement solaire à travers les fenêtres dynamique et adaptable :

- Pendant les journées chaudes, les systèmes d'ombrage protègent de la surchauffe. Jusqu'à 90% du rayonnement thermique peut être stoppé à l'extérieur des vitrages, évitant ou réduisant ainsi l'énergie utilisée pour une climatisation inutile.
- En cas d'aération naturelle du bâtiment, les lamelles ouvertes de la protection solaire aident à une aération optimale et au refroidissement pendant la nuit.
- Pendant les journées froides, l'énergie solaire peut être utilisée comme appoint pour le chauffage.
- Pendant la nuit, la perte de chaleur vers l'extérieur est réduite (Association des fournisseurs suisses VSR, 2007).

### 5.4. Production d'énergie solaire :

#### 5.4.1. Energies solaires thermiques :

Les installations solaires de production d'eau chaude domestique varient en complexité, en efficacité et en coût.

Dans les cas des chaudières qui chauffent l'eau pour le chauffage des locaux en même temps que pour la production de l'eau chaude domestique, les capteurs solaires pourraient permettre aux chaudières de s'arrêter en été et de produire de l'eau chaude domestique uniquement à partir de l'énergie solaire.

Les installations de production d'eau chaude domestique (ECD) solaires agissent en supplément des chauffe-eau classiques. Les systèmes les plus courants utilisent les capteurs plans vitrés sur circuit fermé de glycol. Un échangeur de chaleur transfère l'énergie du glycol à un ou plusieurs réservoirs de stockage solaire. Ces derniers sont habituellement raccordés en série au chauffe-eau classique. Celui-ci démarre pour maintenir l'eau à la température de consigne si l'énergie solaire ne suffit pas.

La production d'énergie varie suivant les saisons, et en fonction de l'emplacement, de l'efficacité du capteur, de l'angle et de l'orientation du capteur.

#### 5.4.2. Energies solaires photovoltaïques :

L'effet photovoltaïque convertit l'énergie solaire directement en électricité. Lorsque les rayons du soleil frappent une cellule photovoltaïque, des électrons dans un matériau semi-conducteur se détachent de leur orbite atomique et se déplacent dans une seule direction.

Ce phénomène crée de l'électricité en courant continu qui peut soit être utilisé immédiatement, être converti en courant alternatif ou être emmagasiné dans un accumulateur. Aussitôt que les rayons du soleil frappent leur surface, les cellules produisent de l'électricité.

Les installations PV peuvent s'employer comme source unique d'électricité d'un bâtiment ou être jumelées à d'autres sources comme une génératrice ou un raccordement au secteur. (Robertson, et al., 2012)

## 5.5. Systèmes et équipements performants :

### 5.5.1. Système de ventilation double-flux :

Grâce à un échangeur de chaleur entre l'air du bâtiment et l'air frais, appelé centrale double flux, on réchauffe l'air frais avec la chaleur de l'air évacué, sans mélanger les flux.

La qualité des ventilations double flux peut être variable : il requiert de choisir un produit présentant une bonne efficacité de récupération de l'échangeur, avec des moteurs à faible consommation d'énergie (à courant continu...) (AITF, 2013).

La récupération de chaleur peut également s'effectuer au moyen de pompes à chaleur permettant le transfert de chaleur entre l'air extrait et l'air insufflé. Ces installations sont plus complexes, plus coûteuses, mais autorisent d'importantes économies de fonctionnement.

### 5.5.2. Pompes à chaleur (PAC) :

Le principe de fonctionnement d'une PAC est identique à celui d'un réfrigérateur.

Alors qu'un réfrigérateur évacue ses calories pour rafraîchir son atmosphère, la pompe à chaleur va chercher les calories d'une source froide (air extérieur, sol, nappe phréatique) pour les injecter à l'intérieur du volume à chauffer.

On définit l'efficacité d'une PAC (son « COP ») par le rapport de l'énergie « utile», la chaleur restituée (pour le chauffage), sur l'énergie coûteuse, le travail fourni à la PAC (électricité).

Il existe plusieurs types de pompes à chaleur : eau/eau, air/eau, air/air...

Le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second, le mode de diffusion de la chaleur (soufflerie, circuit d'eau chaude, plancher chauffant avec fluide frigorigène).

Plus la source contenant l'énergie à prélever (sol, air, nappe phréatique) est stable et proche de la température de consigne, plus la performance (COP) de la PAC est élevée. (AITF, 2013)

### 5.5.3. Chaudière gaz à condensation :

Dans les chaudières à condensation, la chaleur résiduelle contenue dans les gaz d'échappement est récupérée sous forme de vapeur d'eau par voie de condensation.

Leur rendement peut dépasser les 109 % (sur PCI, pour 40/30° C et 30 % de charge).

La température du retour est un facteur clé pour la bonne récupération de la chaleur latente de la vapeur contenue dans les gaz de combustion. D'où l'importance du choix d'un régime de température compatible avec le choix de la condensation.

Il existe des méthodes astucieuses pour récupérer très efficacement la condensation :

- Préchauffage de l'ECS.
- Régime de chauffage basse température (60-45 ou 50-40).
- Retour dit « froid » et retour dit « chaud », les retours les plus froids permettant de récupérer la condensation. (AITF, 2013)

### 5.6. La domotique:

Localiser les principaux potentiels d'économie et d'optimisation. À titre d'exemple, l'adaptions des systèmes de programmation, harmonisations des variations de température ou affinages des réglages du système de régulation. Ces petites améliorations peuvent déjà donner d'excellents résultats :

- Relevé automatique des compteurs.
- Monitoring de la consommation d'énergie via des compteurs (gaz, électricité, eau, etc.).
- Possibilité d'intégration de différents niveaux dans la structure de compteurs (groupe de bâtiments, site, bâtiment, etc.).
- Calcul des incidences sur l'environnement (p. ex. les émissions de CO<sub>2</sub>). (Building Technologies, 2012)

## **6. Conclusion :**

L'efficacité énergétique à travers les mesures soulignées auparavant, est bénéfique autant pour le consommateur à travers l'allègement de ces factures énergétiques, que pour l'environnement, car la maîtrise de l'énergie atténue la pression sur l'impact environnemental.

Sans oublier l'impact sur les aspects socio-économiques, qui se concrétise par le fait que les économies d'énergies se traduisent par un gain substantiel au niveau des ressources financières.

Le pari a été pris de ne pas mentionner l'ensemble des mesures car elles n'entrent pas dans le cadre de ce travail, d'un autre côté l'attention a été portée principalement sur les techniques d'efficacités énergétiques dites passives, cet impérative a été dicté par le souci de mettre en lumière des solutions qui vont être simulées dans la prochaine étape afin d'analyser leurs impact sur les besoins énergétiques du bâtiment.

## BIBLIOGRAPHIE

**ACTIS. 2012.** *Efficacité énergétique des bâtiments: Lever les freins à l'innovation sur le marché de l'isolation.* Limoux : ACTIS S.A., 2012.

**ADEME. juillet 2013.** *Être écocitoyen à la maison: Toutes les solutions pour un logement économe et facile à vivre.* Paris : ADEME, juillet 2013. 978-2-35838-235-9.

—. **2006.** *Mur manteau (isolation par l'extérieur).* [PDF] Bordeaux : ADEME, 2006.

**AITF. 2013.** *Bâtiment Basse Consommation.* [PDF] Paris : AITF/EDF, 2013.

**AVEMS. septembre 2010.** *Guide de la ventilation naturelle et hybride "VNHY"®.* [PDF] Paris : beezart, septembre 2010.

**Belekhal, A et Tabet Aoul, K. Juin 2003.** L'éclairage naturel dans le bâtiment. Référence aux milieux arides à climat chaud et sec. *Courrier du Savoir.* Juin 2003, 04.

**Benradouane, N et Benyoucef, B. 2008.** La fenêtre et son rôle dans la conception des maisons bioclimatiques. *Revue des Energies Renouvelables CICME.* 2008, 08.

**Bouattour, Mohamed et Alain, Fuchs. 2009.** *La végétalisation des bâtiments.* [PDF] Paris : DREIF (Direction régionale de l'Équipement Ile de France ), 2009.

**Building Technologies. 2012.** *Économisez sur l'énergie, pas sur le confort.* [pdf] Huizingen : Siemens SA, 2012.

**cd2e. 2009.** *Document comparatif des labels de performance énergétique.* [PDF] Paris : cd2e, 2009.

**Claude Altayrac & Aline Aublé. 2011.** Le guide ultime de la fenêtre. *ma maison bioclimatique.* [En ligne] Claude Altayrac & Aline Aublé, 31 12 2011. [Citation : 19 07 2013.] <http://www.mamaisonbioclimatique.fr/maison/le-guide-ultime-de-la-fenetre/>.

**De Béthencourt, Anne et Chorin, Jacky. 2013.** *Efficacité énergétique : un gisement d'économies ; un objectif prioritaire.* Paris : Les éditions des JOURNAUX OFFICIELS, 2013. 978-2-11-120906-0/0767-4538.

**DELMET, PAULINE.** *Rafraîchir sa maison naturellement, Végétation, aération, ventilation, brumisateurs, puits canadien, fontaine et plan d'eau.* [PDF] Paris : ULMER.

**Dessons, Alix, Cambillau, Gilles et Dessons, David. 2011.** *Vitrage et isolation des parois opaques.* [PDF] Paris : Raspail, 2011.

**Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie. 2003.** *Guide pratique de la ventilation naturelle des habitations.* [PDF] Bruxelles : Fonds de Formation professionnelle de la Construction., 2003.

**DOMUS Matériaux Écologiques.** *La maison bioclimatique.* [PDF] BRIVE : © DOMUS Matériaux Écologiques.

**ÉCOCONSO. 2009.** Les maisons bioclimatiques. *ÉCOCONSO.* ÉCOCONSO, 2009, 156.

**EDIPA. Février 2010.** Le mensuel du concepteur et de l'entreprise. *Chaud Froid Performance (CFP).* EDIPA, éd. parisiennes, Février 2010, 731.

- effinergie. 2008.** *Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation.* Paris : TMG, 2008.
- FFB. 2010.** *Les 100 mots de la construction durable.* [PDF] Paris : FFB, 2010.
- GIMÉLEC. 2008.** *La Mesure dans un projet d'efficacité énergétique.* [pdf] Paris : GIMÉLEC PROMOTION, 2008.
- **2008.** *Mener à bien un projet d'efficacité énergétique Bâtiments et collectivités.* [pdf] Paris : GIMÉLEC PROMOTION, 2008.
- IBGE. 2010.** *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments.* [PDF] Bruxelles : Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, 2010.
- Lucuik, Mark, et al. 2005.** *Analyse de rentabilité pour les bâtiments écologiques au Canada.* Ottawa : MORISON HERSHFIELD, 2005. 2052223.00.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. novembre 2010.** *Mémento de conception et de mise en oeuvre à l'attention des concepteurs, artisans et entreprises du bâtiment.* [PDF] Paris, La Défense : ETAMINE, novembre 2010.
- Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada. 2011.** *Amélioration du rendement énergétique des fenêtres.* [PDF] Canada : Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, 2011. M144-52/2011F.
- Office fédéral de l'énergie OFEN, Maison des cantons.** *Eviter les surchauffes estivales.* [PDF] Berne : SuisseEnergie, Maison des cantons, SuisseEnergie, Conférence des services cantonaux de l'énergie.
- Raoust, M, et al. 2010.** *Ventilation naturelle et ventilation mécanique dans les bâtiments à haute qualité environnementale.* [PDF] s.l. : ICEB (Institut pour la conception environnementale du bâti), 2010.
- Robertson, Keith et Athienitis, Andreas. 2012.** *L'énergie solaire pour les bâtiments.* [PDF] CANADA : SCHL (Société canadienne d'hypothèques et de logement), 2012.
- Salomon, Thierry. 2000.** *Architecture solaire et conception climatique des bâtiments.* [PDF] Montpellier : l'Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) et l'Ordre des Architectes, 2000.
- Salomon, Thierry et Bedel, Stéphane. 2004.** *La maison des [néga]Watts: Le guide malin de l'énergie chez soi.* Mens : Terre vivante, 2004. 2-904082-77-8.
- SIA. 1990.** *Le Soleil. Chaleur, Lumière dans le Bâtiment.* Lausanne : EPFL, 1990.
- Sidler, Olivier . Mai 2009.** *Comment diviser par 2 sa consommation électrodomestique.* [PDF] FELINES sur RIMANDOULE : ENERTECH, Mai 2009. 090503.
- Sidler, Olivier. OCTOBRE 2012.** *L'étanchéité à l'air des bâtiments.* [PDF] Paris : Mutuelle des Architectes Français assurances, OCTOBRE 2012.
- **Avril 2010.** *L'étanchéité à l'air des bâtiments, pourquoi et comment faire ?* [PDF] FELINES Sur RIMANDOULE : Enertech, Avril 2010.

**Ville de Grenoble, Agence TEKHNE architectes. Mai 2006.** *Guide de la Qualité Environnementale dans l'Architecture et l'Urbanisme.* [PDF] Grenoble : TEKHNE, Mai 2006.

**VSR. 2007.** *Economiser l'énergie avec des systèmes de protection solaire automatiques.* [pdf] Zurich : Association des fournisseurs suisses de systèmes de protection contre le soleil et les intempéries, 2007.

# Chapitre IV : Matériels et méthodes

## 1. Introduction:

Ce chapitre va définir l'objectif de l'étude ainsi que les paramètres du bâtiment cas de base, qui est créé selon des paramètres qui reflètent au plus pris la réalité de la construction résidentielle en Algérie ; ces paramètres impliquent les dimensions, les différentes zones, les caractéristiques des matériaux qui composent l'enveloppe du bâtiment en plus des coordonnées géographiques.

Le second temps sera l'occasion de développer la méthodologie choisie pour l'étude des besoins énergétiques, ainsi que la pertinence du choix de l'outil de simulation.

En dernier lieu on évoquera les mesures d'efficacités énergétiques passives, qui impliquent des modifications sur la structure du cas de base, ces modifications seront mentionnées pour chaque mesure.

## 2. Objectif de l'étude:

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'évolution des besoins énergétiques en fonction des mesures d'efficacité énergétique passives et les conditions de confort thermique, d'un bâtiment de base créé selon des paramètres qui reflètent au plus pris la réalité de la construction résidentielle en Algérie.

## 3. Coordonnées géographiques et zone climatique :

Les coordonnées géographiques du bâtiment de base correspondent à la ville de Constantine:

Latitude : 36,17° Nord

Longitude : 6,37° Est

Il est situé en zone climatique **B**, et son altitude est de 694 m

#### 4. Paramètre du bâtiment (cas de base):

##### 4.1. Plan général du cas de base :

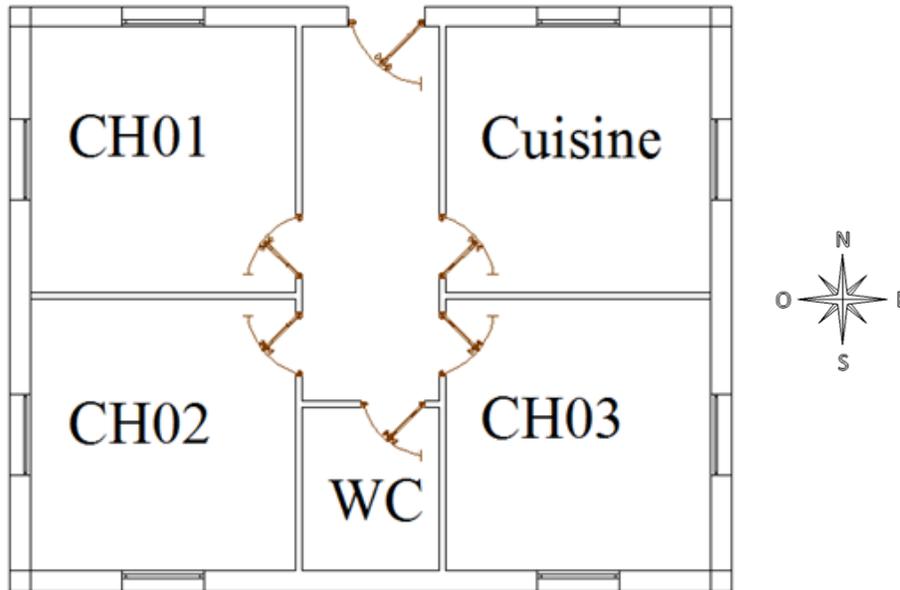


Figure 32 Plan générale du cas de base

##### 4.2. Dimensions et zonage du projet :

Le bâtiment a une surface de  $80 \text{ m}^2$ , pour un volume de  $240 \text{ m}^3$ . L'entrée du bâtiment est orientée vers le nord comme l'indique la figure ci-dessus. Les murs extérieurs non isolés sont en brique creuse d'une épaisseur de  $15 \text{ cm}$  avec un enduit extérieur en mortier de ciment et l'intérieur en plâtre ; alors que les séparations sont en brique creuse de  $10 \text{ cm}$  l'enduit est en plâtre sur les deux côtés. Le plancher bas est constitué d'une couche en pierre d'une épaisseur de  $20 \text{ cm}$  suivie de  $10 \text{ cm}$  de béton, couvert de carrelage (la sous-chape est en mortier de ciment d'une épaisseur de  $2 \text{ cm}$ ). La toiture est en béton-hourdi d'une épaisseur de  $20 \text{ cm}$  et une chape en mortier de ciment et un enduit intérieur en plâtre.

Dans notre cas, chaque pièce est modélisée par une seule et unique zone thermique, le tableau présente les caractéristiques de chaque zone.

Tableau 1 Zones et dimensions du cas de base

Zones	Hauteur (m)	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface ( $\text{m}^2$ )	Volume ( $\text{m}^3$ )
A1 (CH1)	3	4	4	16	48
A2 (CH2)	3	4	4	16	48
B1 (Couloir)	3	2	4	8	24
B2 (Salle d'eau)	3	2	4	8	24
C1 (Cuisine)	3	4	4	16	48
C2 (CH3)	3	4	4	16	48
<b>Total</b>				80	240

Les surfaces vitrés sont de 10% de la surface du plancher (ce qui représente environ 6.67 % surface vitrée par façade). Avec des fenêtres à simple vitrage qui ont un coefficient  $U = 5.74 W / (m^2 \cdot K)$  et un coefficient  $g = 0.87$ .

#### 4.3. Caractéristiques thermiques des matériaux

Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés dans le cas de base sont représentées dans le tableau :

**Tableau 2** Caractéristiques thermiques des matériaux

Matériaux	Conductivité thermique ( $KJ/h m K$ )	Chaleur spécifique ( $KJ/kg K$ )	Densité ( $kg/m^3$ )	Epaisseur ( $m$ )
Brique creuse	1.7	0.79	720	0.15
Brique creuse	1.8	0.79	720	0.10
Enduit extérieur	4.15	1	1700	0.01
Enduit plâtre	1.26	1	1500	0.01
Mortier	4.15	0.84	2000	0.01
Carrelage	6.14	0.7	2300	/
Béton	7.56	0.8	2400	0.1
Pierre	5	1	2000	0.2
Béton Hourdi	4.801	0.65	1300	0.2

### 5. Méthodologie de l'étude des besoins énergétiques:

L'étude des besoins énergétiques du projet passe par la réalisation de series de simulations thermiques dynamiques :

Une simulation **du cas de base**, qui repose sur un modèle de base et de laquelle on déduit la consommation du cas de base.

Des simulations **du cas optimisé** qui repose sur un modèle du projet exploitant les mesures d'efficacité énergétique et de laquelle on déduit la consommation du cas optimisé.

On distinguera alors deux types de données d'entrée :

- Les données identiques entre le modèle de base et les modèles du projet. Il s'agit :

De la **volumétrie** (surface, volume, surface des façades...)

Des **données météorologiques**

Et des **schémas d'utilisation** (apports internes et consignes de température...)

**Consignes de température:** Selon le document technique réglementaire en application en Algérie, les températures de confort pour le chauffage et la climatisation dans les chambres sont respectivement ( $21^{\circ}C$ ,  $24^{\circ}C$ ) et les autres espaces (cuisine, salle d'eau et couloir) sont ( $18^{\circ}C$ ,  $27^{\circ}C$ ).

- Les données qui seront autorisées à évoluer entre le modèle de base et les modèles du projet et qui traduiront ainsi le gain énergétique. Il s'agit :

De La **compacité du bâtiment**.

De la **répartition des pièces d'intérieures**.

Des **types des fenêtres**.

Des **surfaces vitrées**.

Des **types des matériaux de construction**.

De l'**impact de l'isolation**.

De La **protection solaire permanente**

## **6. Outils de simulation**

### 6.1. Logiciel de simulation :

Il existe un nombre important de logiciels dédiés à la simulation énergétique. Les logiciels existants diffèrent entre eux par les algorithmes qu'ils utilisent, par leur interface utilisateur et finalement par leurs vocations et leurs domaines d'application.

Le logiciel utilisé dans le cadre de cette présente étude est : **TRNSYS** version **16**.

### **Présentation du logiciel TRNSYS**

TRNSYS est :

- un programme réalisant des simulations dynamiques
- un programme basé sur une approche modulaire
- une méthode pour créer de nouveaux modèles en plus de ceux de la bibliothèque de modèles de systèmes thermiques et de composants auxiliaires (données météo, histogrammes, ...)
- un solveur pour la résolution de systèmes d'équations

Développeurs :

- *SOLAR ENERGY LABORATORY* (Code source de TRNSYS, TRNSED),
- *TRANSOLAR* (Type 56, PREBID = TRNBUILD),
- *CSTB* (Interface graphique IISiBat) = Simulation Studio

### **TRNSYS prend en compte :**

Les variations horaires :

- Du taux d'occupation

- De la puissance de l'éclairage et des équipements divers
- Des consignes de températures et du fonctionnement du système chauffage et climatisation.

Les effets d'inertie thermique

Les effets de ventilation naturelle

Cent zones thermiques au maximum et les échanges thermiques entre ces zones (par conduction, convection et rayonnement)

Couplage avec systèmes : systèmes solaires, mur trombe, serre, production d'électricité...

Sorties : + 80 sorties possibles (énergie sensible et latente, échanges radiatifs des fenêtres, stores...)

Modèle d'humidité pour la prise en compte des phénomènes de sorption aux parois (TRNSYS, 2005)

## 6.2. Les données météorologiques:

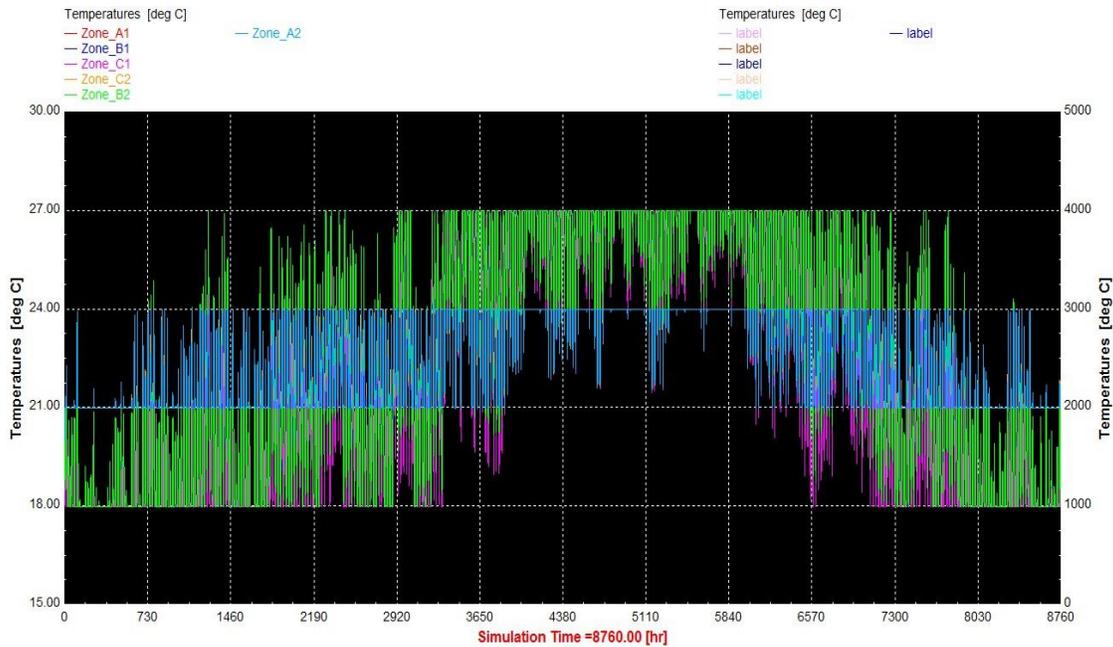
Les données météorologiques qu'il convient d'utiliser pour la simulation thermique sont par défaut celles de la station météorologique Ain el Bey, Constantine. Correspondants à la zone géographique du projet.

Dans notre cas, les données météorologiques du modèle de base sont identiques en tout point à celles des modèles du projet:

- La température
- L'humidité
- La vitesse et direction du vent
- Le rayonnement solaire

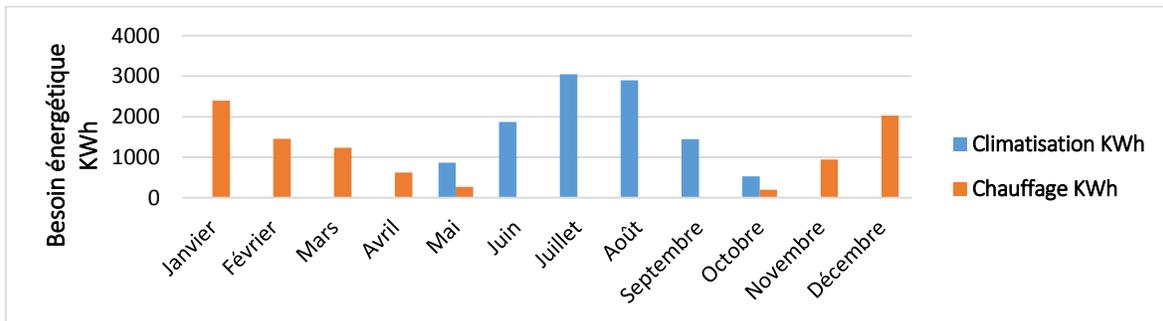
## 7. Etat des lieux des besoins thermiques du cas de base :

Cette étape consiste à paramétrer le logiciel TRNSYS avec les données caractéristiques du cas de base à l'aide du TRNBUILD (Type 56) ainsi que les données météorologiques de Constantine, et on fixe le pas de calcul à une heure pour chaque itération, enfin on simule pour obtenir l'évolution de la température moyenne de l'air à l'intérieur de chaque zone ainsi que les besoins énergétiques de chauffage et de climatisation en énergie utile ( $E_U$ ). La figure ci-dessous montre l'évolution de la température.



**Figure 33 Evolution annuelle de la température intérieure.<sup>4</sup>**

Les besoins énergétiques de chauffage et de climatisation en énergie utile ( $E_U$ ) du bâtiment (cas de base) se révèlent être de l'ordre de 9180 (KWh/an) pour le chauffage et de 11060 (KWh/an) pour la climatisation soit un besoin total annuel de 20240 (KWh).

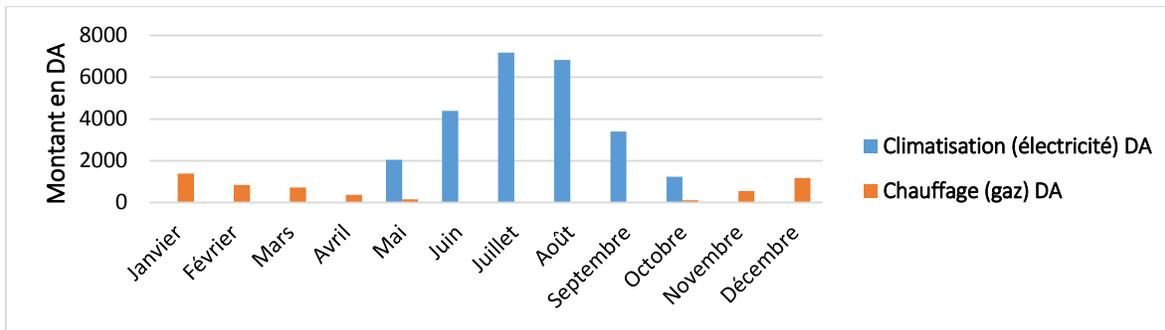


**Figure 34 L'évolution mensuelle des besoins énergétiques.**

La performance énergétique de notre cas est de l'ordre de  $253 \frac{KWh_{EU}}{m^2an}$  (on obtient cette performance on divisant le besoin total annuel par la surface du bâtiment  $80 m^2$ ).

On estime la facture énergétique annuelle (Energie finale) selon le prix de la 2<sup>ème</sup> tranche de l'électricité et du gaz à 31346,00 DA soit une moyenne trimestrielle de 7836,50 DA, on obtient ce résultat si on considère que le système de climatisation a un  $COP = 2$  et le rendement du système de chauffage est  $\eta = 0.6$ .

<sup>4</sup> TRNSYS Simulation studio



**Figure 35 Montant des factures énergétiques mensuelles**

## **8. Les mesures d'efficacité énergétique:**

On s'intéressera uniquement aux mesures d'efficacité énergétique passives qui nécessitent ni une assistance énergétique ni une intervention des occupants, ces mesures concernent l'enveloppe du bâtiment et visent à rendre le cas de base le plus efficace possible. La simulation se fera selon sept scénarios, qui prennent en comptes ces paramètres:

- La compacité du bâtiment.
- La répartition des pièces d'intérieures.
- Les types des fenêtres.
- Les surfaces vitrées.
- Les types des matériaux de construction.
- L'impact de l'isolation.
- La protection solaire permanente.

Dans ce qui suit on présentera la méthode de la mise en œuvre de ces mesures à travers la simulation qui a trait à chaque cas et ainsi dégager le cas optimale qui réunira l'ensemble de l'optimale de chaque cas, chaque mesure implique des modifications par rapport au cas de base du point de vue de chaque scénario.

## 8.1. La compacité du bâtiment :

La première mesure consiste à simuler et étudier l'impact de la compacité, ainsi nous retiendrons trois formes spécifiques en dégradant la compacité du cas de base comme le montre le tableau ci-dessous.

**Tableau 3 Zones et dimensions des formes (Compacité du bâtiment)**

		Zones	Hauteur	Largeur	Longueur	Surface	Volume						
Forme 01 (Cas de base)	<table border="1"> <tr> <td>A1</td> <td>B1</td> <td>C1</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>B2</td> <td>C2</td> </tr> </table>	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A1 CH1	3	4	4	16	48
		A1	B1	C1									
		A2	B2	C2									
		B1 COULOIR	3	2	4	8	24						
		B2 WC	3	2	4	8	24						
		C1 CUISINE	3	4	4	16	48						
		A2 CH2	3	4	4	16	48						
		C2 CH3	3	4	4	16	48						
Somme					80	240							
		Zones	Hauteur	Largeur	Longueur	Surface	Volume						
Forme 02		A1 CH1	3	4	4	16	48						
		B1 Couloir	3	2	4	8	24						
		C1 Cuisine	3	4	4	16	48						
		B2 WC	3	2	4	8	24						
		C2 CH2	3	4	4	16	48						
		C3 CH3	3	4	4	16	48						
		Somme					80	240					
		Zones	Hauteur	Largeur	Longueur	Surface	Volume						
Forme 03		A1 CH1	3	4	4	16	48						
		B1 COULOIR	3	2	4	8	24						
		B2 WC	3	2	4	8	24						
		C2 CUISINE	3	4	4	16	48						
		C3 CH2	3	4	4	16	48						
		D3 CH3	3	4	4	16	48						
		Somme					80	240					

## 8.2. La répartition des pièces:

Notre cas de base se compose de six zones, pour déterminer la meilleure répartition de ces six zones par apport au besoin énergétique on inter changera la position des zones comme l'indique le tableau et simuler à chaque fois le besoin énergétique annuel.

**Tableau 4 Zones et dimensions des formes (Répartition des pièces)**

	Zones	Hauteur	Largeur	Longueur	Surface	Volume
Forme 01 (Cas de base)	A1 CH1	3	4	4	16	48
	B1 COULOIR	3	2	4	8	24
	B2 WC	3	2	4	8	24
	C1 CUISINE	3	4	4	16	48
	A2 CH2	3	4	4	16	48
	C2 CH3	3	4	4	16	48
	Somme				80	240
	Zones	Hauteur	Largeur	Longueur	Surface	Volume
Forme 02	A1 CUISINE	3	4	4	16	48
	B1 COULOIR	3	2	4	8	24
	B2 WC	3	2	4	8	24
	C1 CH1	3	4	4	16	48
	A2 CH2	3	4	4	16	48
	C2 CH3	3	4	4	16	48
	Somme				80	240
	Zones	Hauteur	Largeur	Longueur	Surface	Volume
Forme 03	A1 CH1	3	4	4	16	48
	B1 COULOIR	3	2	4	8	24
	B2 WC	3	2	4	8	24
	C1 CH2	3	4	4	16	48
	A2 CUISINE	3	4	4	16	48
	C2 CH3	3	4	4	16	48
	Somme				80	240
	Zones	Hauteur	Largeur	Longueur	Surface	Volume
Forme 04	A1 CH1	3	4	4	16	48
	B1 COULOIR	3	2	4	8	24
	B2 WC	3	2	4	8	24
	C1 CH3	3	4	4	16	48
	A2 CH2	3	4	4	16	48
	C2 CUISINE	3	4	4	16	48
	Somme				80	240

### 8.3. Les types de fenêtres:

Ce cas présent sera l'étude de l'influence du type des fenêtres sur les besoins énergétiques utiles, cela on employant quatre types de fenêtres dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau qui suit :

**Tableau 5 Caractéristiques des fenêtres**

Fenêtres	Coefficient de déperdition $U(W/m^2 K)$	Coefficient de transmission $g (%)$	Hauteur (m)	Largeur (m)
Simple vitrage	5.74	87.00	1.00	0.80
Double vitrage	2.95	77.70	1.00	0.80
Triple vitrage	2.00	70.00	1.00	0.80
Double vitrage peu émissif	1.76	59.70	1.00	0.80

### 8.4. Les surfaces vitrées

Ce cas aura comme objet l'étude de la simulation de la proportion de la surface vitrée par rapport aux façades extérieures (de 0% à 90% surface vitrée par façade), pour déterminer le pourcentage optimal de la surface vitrée pour chaque façade. L'opération sera renouvelée pour les quatre types de fenêtres (Simple vitrage, double vitrage, triple vitrage et double vitrage peu émissif).

### 8.5. Les types des matériaux de construction:

La simulation se fera sur la pertinence du choix des matériaux des façades extérieures, ainsi nous retiendrons cinq types de matériaux en plus de notre cas de base qui est construit en brique creuse, à savoir le parpaing, le béton, la paille, la pierre, la terre crue ainsi que deux composition : Double murette en briques creuses (15cm et 10cm) avec une lame d'air (5cm) et le mélange terre crue paille. La simulation intègrera deux épaisseurs différentes pour la brique et le parpaing. Le choix des épaisseurs des matériaux est motivé par leurs disponibilités sur le marché algérien sous cette forme, ce qui porte le nombre de cas à dix. Les caractéristiques des matériaux sont décrites dans le tableau suivant :

**Tableau 6 Caractéristiques thermiques des matériaux**

Matériaux	Conductivité thermique ( $KJ/h m K$ )	Chaleur spécifique ( $KJ/kg K$ )	Densité ( $kg/m^3$ )	Epaisseur (m)
Brique creuse	1.70	0.79	720	0.15
Brique creuse	1.80	0.79	720	0.10
Lame d'air	9.216	1.227	1	0.05
Parpaing	4.007	0.65	1300	0.10
Parpaing	3.79	0.65	1300	0.20
Béton	7.56	0.80	2400	0.1
Paille	0,252	1.70	100	0.45
Terre crue	0.72	1.00	750	0.45
Terre crue-paille	0.603	1.17	580	0.45
Pierre	5.00	1.00	2000	0.45

## 8.6. L'impact de l'isolation:

L'impact de l'isolation sera au cœur de cette simulation en effet nous avons opté uniquement pour le polystyrène expansé comme isolant pour les matériaux conventionnels dont les caractéristiques thermiques sont:

$$\lambda = 0.141 \text{ (KJ/h m K)}, C = 1.38 \text{ (KJ/kg K)} \text{ et } d = 25 \text{ (kg/m}^3\text{)}.$$

L'isolant sera utilisé selon plusieurs épaisseurs qui varient entre 1 cm et 10 cm, pour les façades extérieures, la toiture et le plancher bas ; afin de déterminer à la fois la partie qu'il faut isoler en priorité et l'épaisseur de l'isolant qui garantit un besoin énergétique optimal.

Pour les cas dont les murs extérieur sont en matériaux « naturelles », la toiture sera doté d'une isolation avec de la paille (une demi botte d'épaisseur 22,5cm), les caractéristiques thermiques de la paille sont les même que ceux définit dans le tableau 6.

## 8.7. La protection solaire permanente:

L'objectif sera de déterminer l'opportunité d'une protection solaire permanente comme mesure passive d'efficacité énergétique sur le cas de base avec fenêtres simple vitrage ; en modifiant la dimension de la protection solaire ( $d$  et  $s$ ) en fonction de la hauteur de la fenêtre comme le montre la figure.

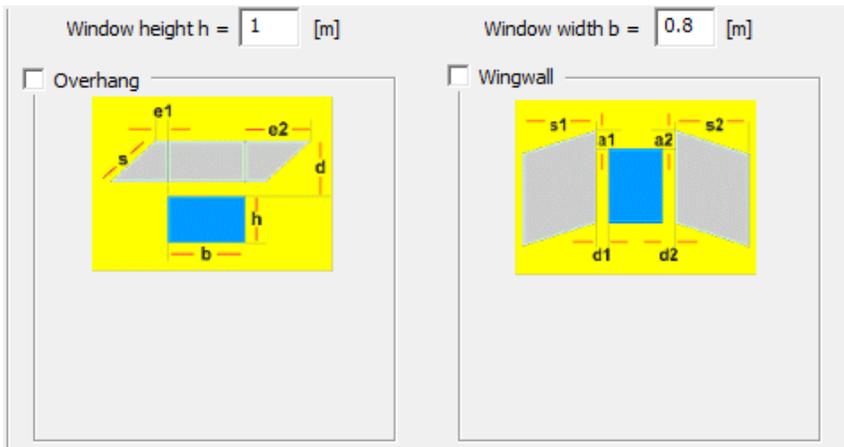


Figure 36 Dimensions de la protection solaire<sup>5</sup>

<sup>5</sup> TRNSYS Simulation studio

## **9. Conclusion:**

L'objectif de l'étude étant mis au point : évaluer l'évolution des besoins énergétiques en fonction des mesures d'efficacité énergétique choisies, sur un bâtiment conçu sur la base des habitudes constructives et de données géographiques et météorologiques locales.

Le logiciel TRNSYS sera utilisé pour faire les simulations :

La première est la simulation de cas de base, qui intègre les données spécifiques du bâtiment (cas de base) afin de simuler les besoins énergétiques de ce dernier. La deuxième, la simulation du cas optimisé qui consiste à appliquer une-à-une les mesures d'efficacité pour dégager en chaque mesure -suivant l'impact de cette dernière- sur le besoin énergétique du cas de base ; le cas optimisé serait la somme des cas optimaux de chaque mesure.

Ce chapitre a été consacré aux matériels et méthodes qui seront mis en œuvre pour cette étude, le prochain sera dédié aux résultats des simulations du projet.

# **CHAPITRE V : Résultats et discussion**

## **1. Introduction :**

Ce chapitre se focalisera sur la simulation de l'impact des mesures d'efficacité énergétique passives sur les besoins énergétiques du bâtiment de base,

L'objectif assigné à ce travail est de faire sortir le modèle qui correspond à un bâtiment le plus efficace possible en tenant compte des mesures précédemment citées. Cet objectif passe par la comparaison de l'influence de chaque mesure passive avec le cas de base pour faire ressortir l'impact de chaque paramètre indépendamment et ainsi éviter l'effet des interactions des paramètres.

L'impact des mesures d'efficacité énergétique sera étudié séparément en se référant au cas de base pour chaque mesure. Après avoir préalablement paramétrer le cas de base et simuler ces besoins énergétiques. Cette démarche permettra de déterminer l'impact de chaque mesure qui sera matérialisé par une évolution du besoin énergétique du nouveau cas, s'en suit la comparaison de l'influence des mesures par rapport à la proportion d'énergie économisée.

## 2. Résultats de la simulation:

### 2.1. L'impact des mesures d'efficacités énergétiques passives :

#### 2.1.1 La compacité du bâtiment:

Tableau 7 Besoin énergétique annuel (Compacité du bâtiment)

Besoin énergétique (Energie utile)	Forme 01 (Cas de base)	Forme 02	Forme 03
Chauffage (KWH)	9180	10290	11710
Climatisation (KWH)	11060	11530	11160
Besoin total (KWH)	20240	21820	22870
Performance énergétique	253,00	272,75	285,88
Energie économisée (%)		-7,81	-12,99

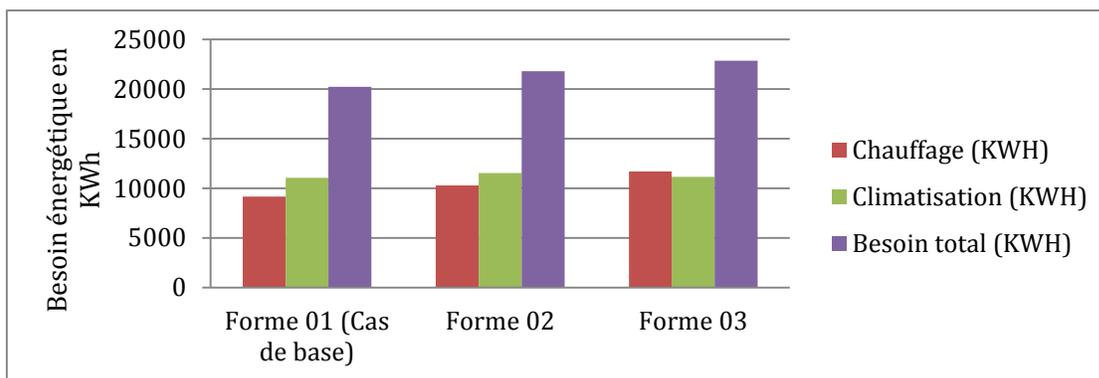


Figure 37 Besoin énergétique annuel (Compacité du bâtiment)

#### 2.1.2 La répartition des pièces:

Tableau 8 Besoin énergétique annuel (Répartition des pièces)

Besoin énergétique (Energie utile)	Forme 01 (Cas de base)	Forme 02	Forme 03	Forme 04
Chauffage (KWH)	9180	9173	9268	9274
Energie économisée (%)		0,08	-0,96	-1,02
Climatisation (KWH)	11060	11050	10900	10910
Besoin total (KWH)	20240	20223	20168	20184
Performance énergétique	253,00	252,79	252,10	252,30
Energie économisée (%)		0,08	0,36	0,28

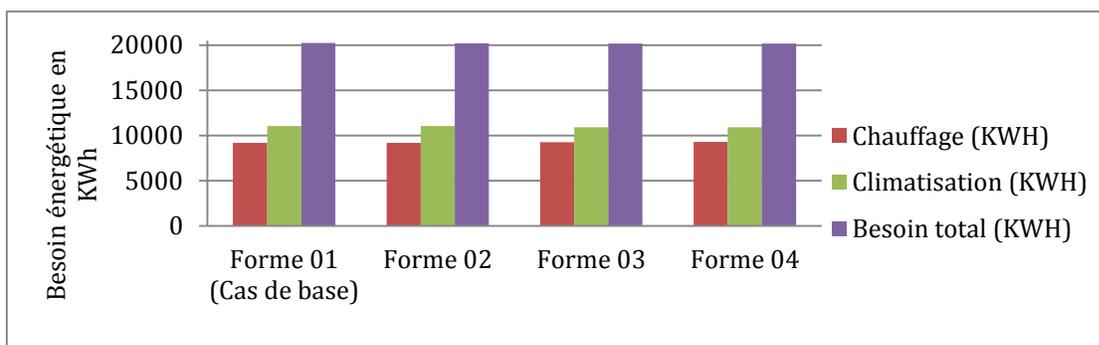
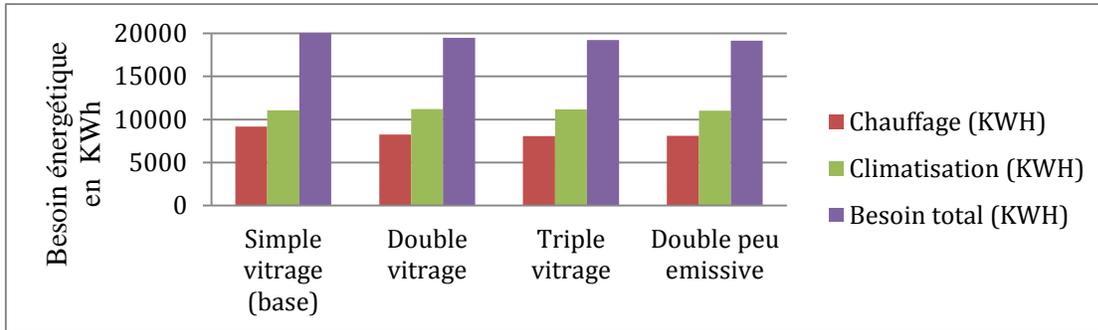


Figure 38 Besoin énergétique annuel (Répartition des pièces)

### 2.1.3 Les types de fenêtres:

**Tableau 9 Besoin énergétique annuel (Type de fenêtres)**

Besoin énergétique (Energie utile)	Simple vitrage (base)	Double vitrage	Triple vitrage	Double peu émissif
Chauffage (KWH)	9180	8259	8064	8095
Climatisation (KWH)	11060	11220	11170	11040
Besoin total (KWH)	20240	19479	19234	19135
Performance énergétique	253,00	243,49	240,43	239,19
Energie économisée (%)		3,76	4,97	5,46



**Figure 39 Besoin énergétique annuel (Type de fenêtres)**

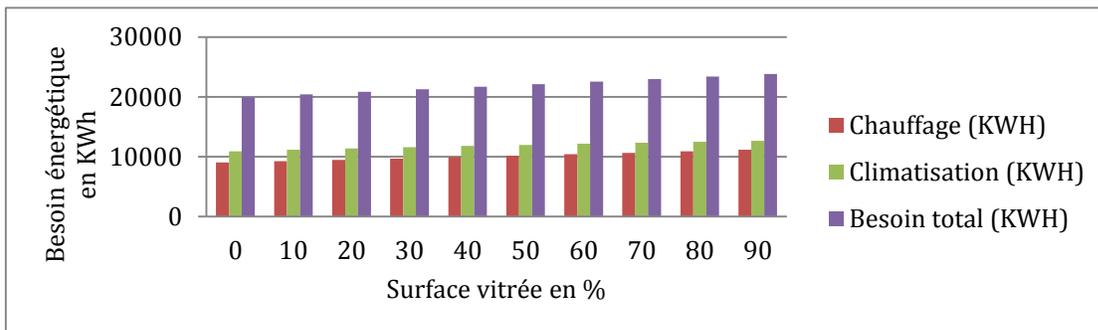
### 2.1.4 Les surfaces vitrées

#### 2.1.4.1 Simple vitrage

- **Façade Est :**

**Tableau 10 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Est)**

Besoin énergétique (KWh)	6.67% (base)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
Chauffage	9180	9049	9247	9457	9678	9908	10150	10390	10650	10910	11170
Climatisation	11060	10910	11140	11360	11570	11780	11970	12160	12330	12500	12650
Besoin total	20240	19959	20387	20817	21248	21688	22120	22550	22980	23410	23820
Performance énergétique	253,00	249,49	254,84	260,21	265,60	271,10	276,50	281,88	287,25	292,63	297,75
Energie économisée (%)		1,39	-0,73	-2,85	-4,98	-7,15	-9,29	-11,41	-13,54	-15,66	-17,69

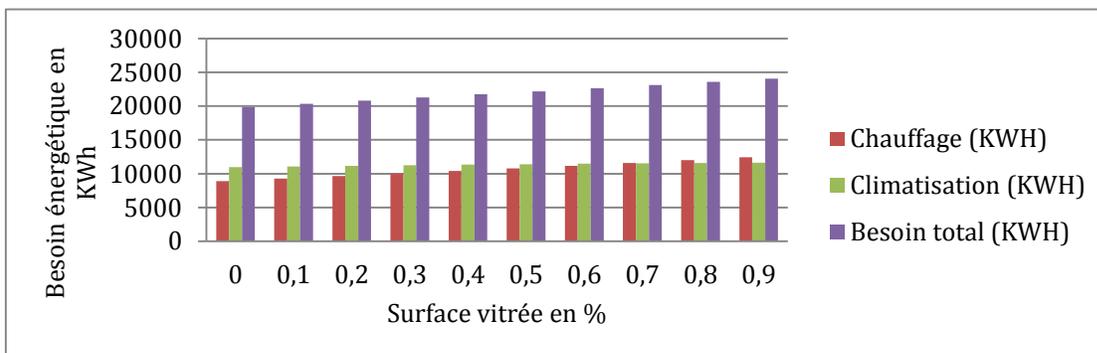


**Figure 40 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Est)**

- **Façade Nord :**

**Tableau 11 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Nord)**

Besoin énergétique (KWh)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
<b>Chauffage</b>	8897	9259	9630	10010	10390	10780	11180	11590	11990	12410
<b>Climatisation</b>	10980	11080	11170	11260	11340	11410	11480	11540	11600	11650
<b>Besoin total</b>	19877	20339	20800	21270	21730	22190	22660	23130	23590	24060
<b>Performance énergétique</b>	248,46	254,24	260,00	265,88	271,63	277,38	283,25	289,13	294,88	300,75
<b>Energie économisée (%)</b>	1,79	-0,49	-2,77	-5,09	-7,36	-9,63	-11,96	-14,28	-16,55	-18,87

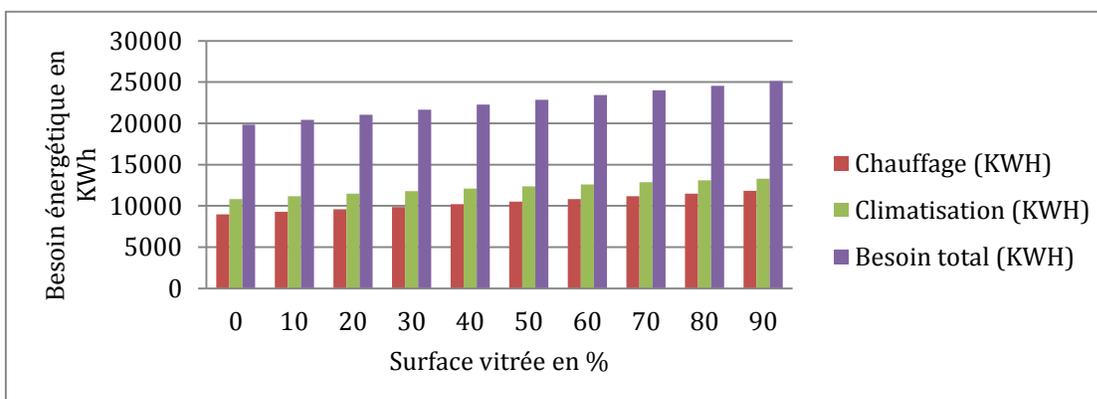


**Figure 41 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Nord)**

- **Façade Ouest :**

**Tableau 12 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Ouest)**

Besoin énergétique (KWh)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
<b>Chauffage</b>	8989	9276	9572	9876	10190	10500	10830	11160	11490	11830
<b>Climatisation</b>	10840	11170	11490	11790	12080	12350	12610	12850	13080	13300
<b>Besoin total</b>	19829	20446	21062	21666	22270	22850	23440	24010	24570	25130
<b>Performance énergétique</b>	247,86	255,58	263,28	270,83	278,38	285,63	293,00	300,13	307,13	314,13
<b>Energie économisée (%)</b>	2,03	-1,02	-4,06	-7,05	-10,03	-12,90	-15,81	-18,63	-21,39	-24,16

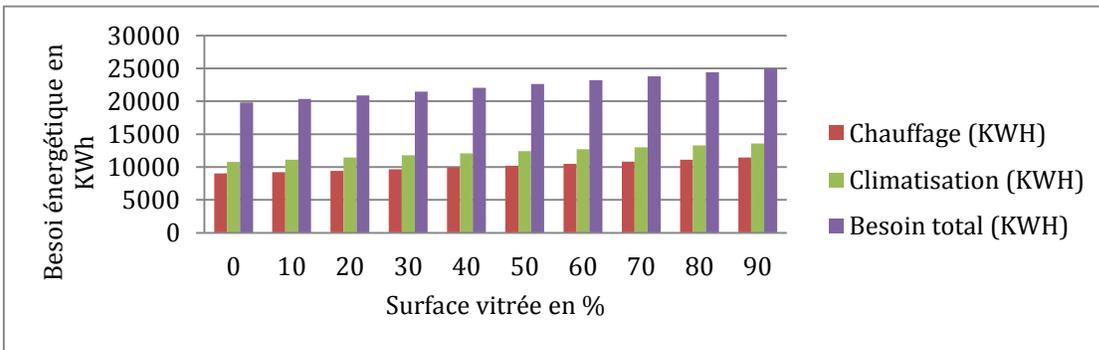


**Figure 42 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Ouest)**

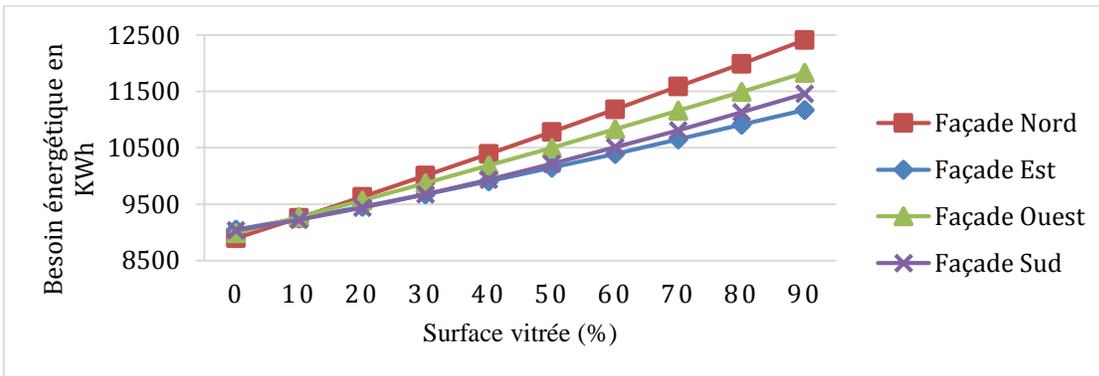
- **Façade Sud :**

**Tableau 13 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Sud)**

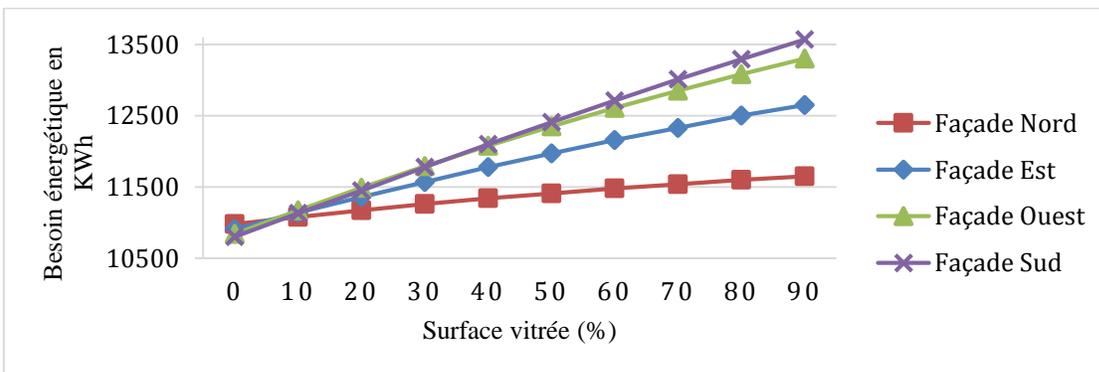
Besoin énergétique (KWh)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
<b>Chauffage</b>	9041	9226	9440	9678	9938	10220	10510	10810	11130	11460
<b>Climatisation</b>	10800	11130	11450	11780	12100	12410	12710	13010	13290	13570
<b>Besoin total</b>	19841	20356	20890	21458	22038	22630	23220	23820	24420	25030
<b>Performance énergétique</b>	248,01	254,45	261,13	268,23	275,48	282,88	290,25	297,75	305,25	312,88
<b>Energie économisée (%)</b>	1,97	-0,57	-3,21	-6,02	-8,88	-11,81	-14,72	-17,69	-20,65	-23,67



**Figure 43 Besoin énergétique annuel (Simple vitrage, façade Sud)**



**Figure 44 Besoin énergétique du chauffage en fonction des surfaces vitrées ; simple vitrage**



**Figure 45 Besoin énergétique de la climatisation en fonction des surfaces vitrées ; simple vitrage**

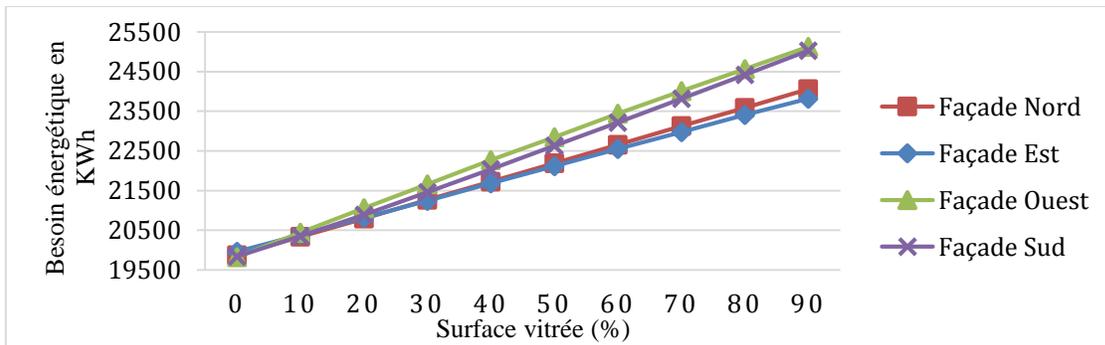


Figure 46 Besoin énergétique total en fonction des surfaces vitrées simple vitrage

#### 2.1.4.2 Double vitrage:

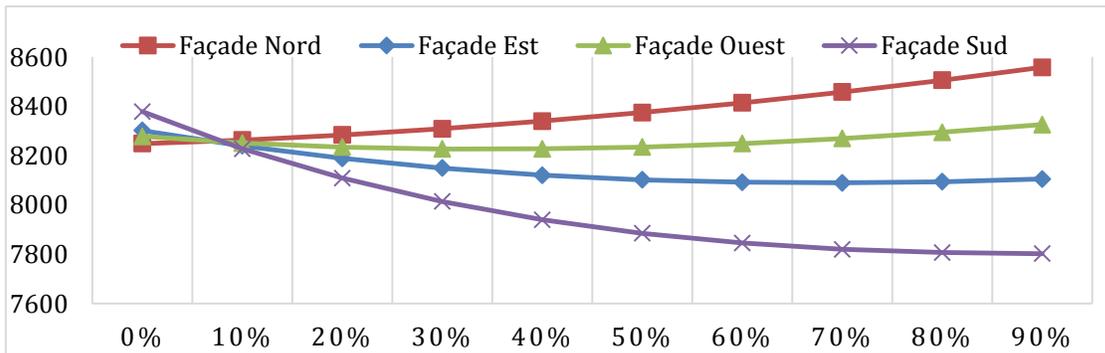


Figure 47 Besoin énergétique du chauffage en fonction des surfaces vitrées double vitrage

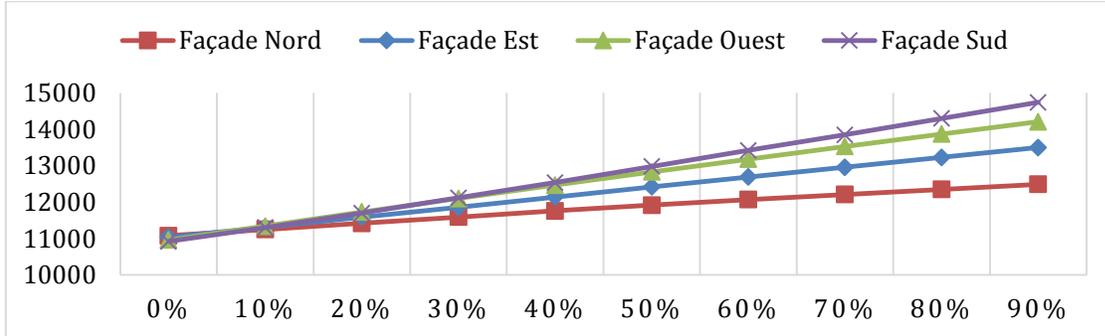


Figure 48 Besoin énergétique de la climatisation en fonction des surfaces vitrées double vitrage

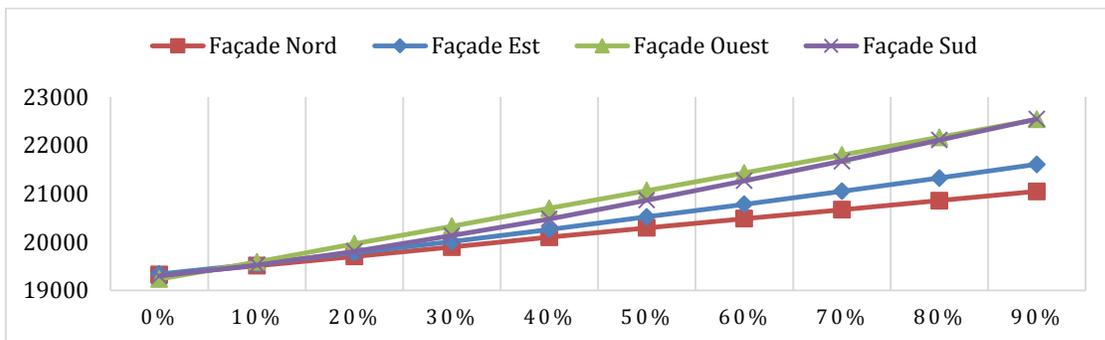
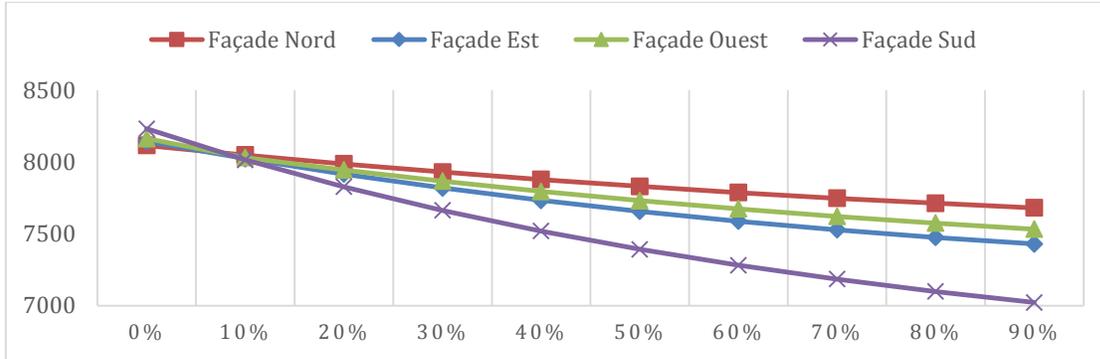
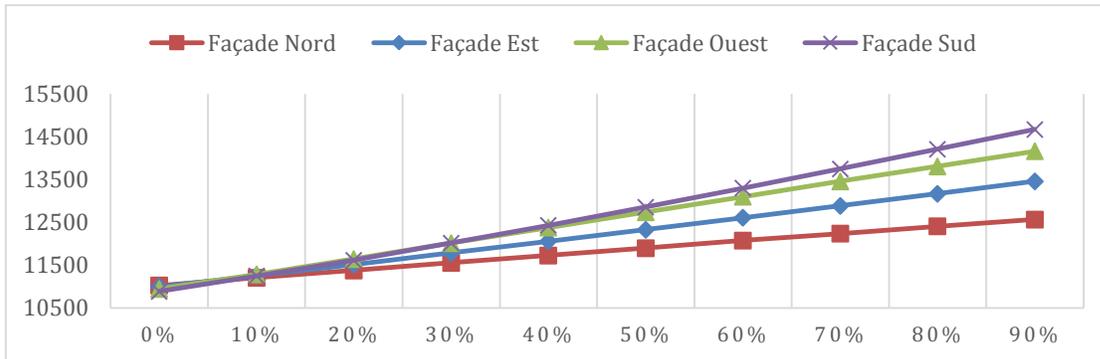


Figure 49 Besoin énergétique total en fonction des surfaces vitrées double vitrage

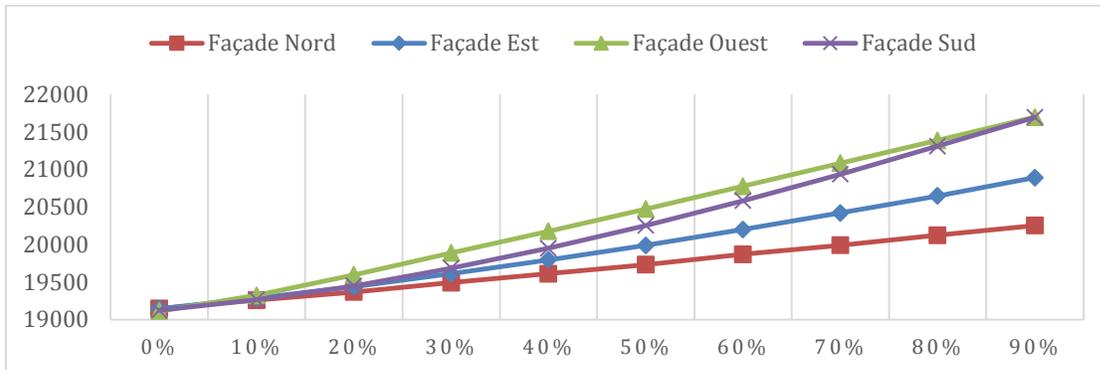
### 2.1.4.3 Triple vitrage:



**Figure 50 Besoin énergétique du chauffage en fonction des surfaces vitrées triple vitrage**

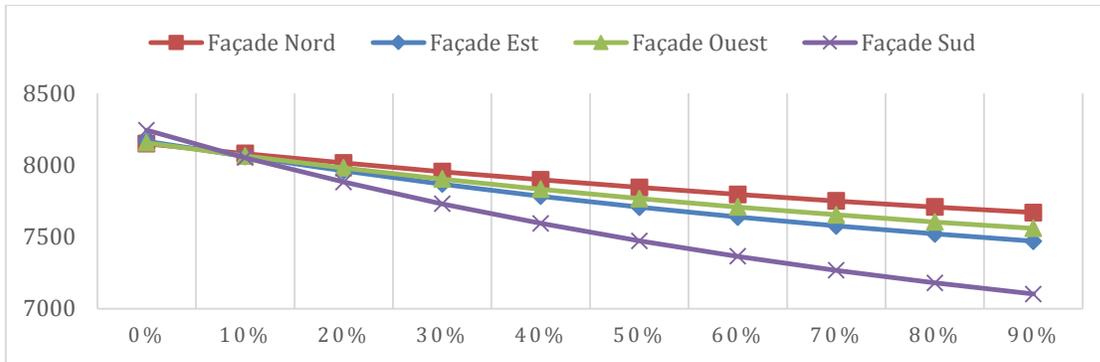


**Figure 51 Besoin énergétique de la climatisation en fonction des surfaces vitrées triple vitrage**

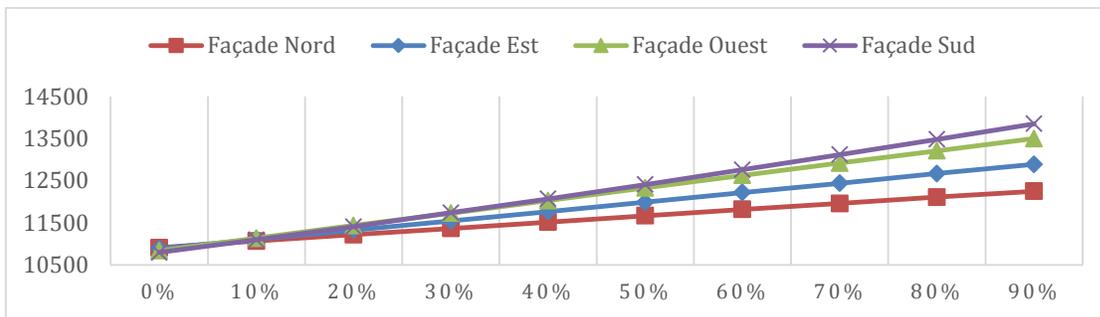


**Figure 52 Besoin énergétique total en fonction des surfaces vitrées triple vitrage**

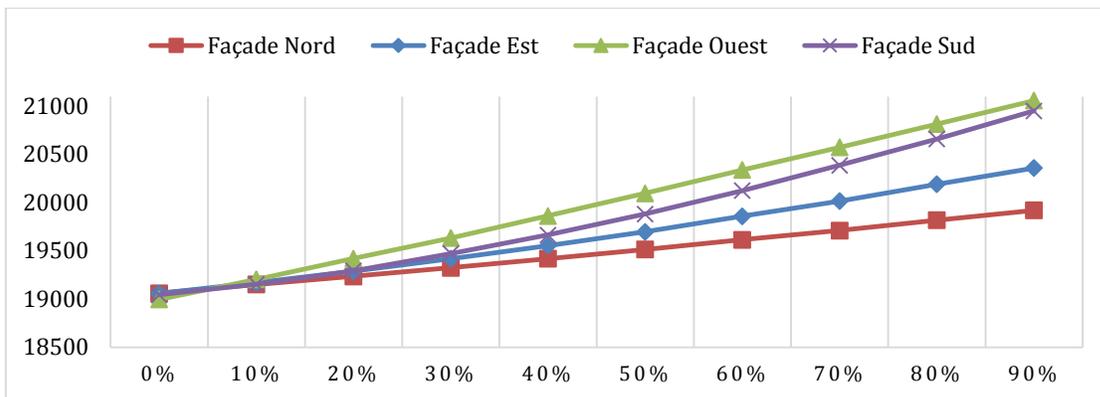
#### 2.1.4.4 Double vitrage peu émissif :



**Figure 53** Besoin énergétique du chauffage en fonction des surfaces vitrées double vitrage peu émissif



**Figure 54** Besoin énergétique de la climatisation en fonction des surfaces vitrées double vitrage peu émissif

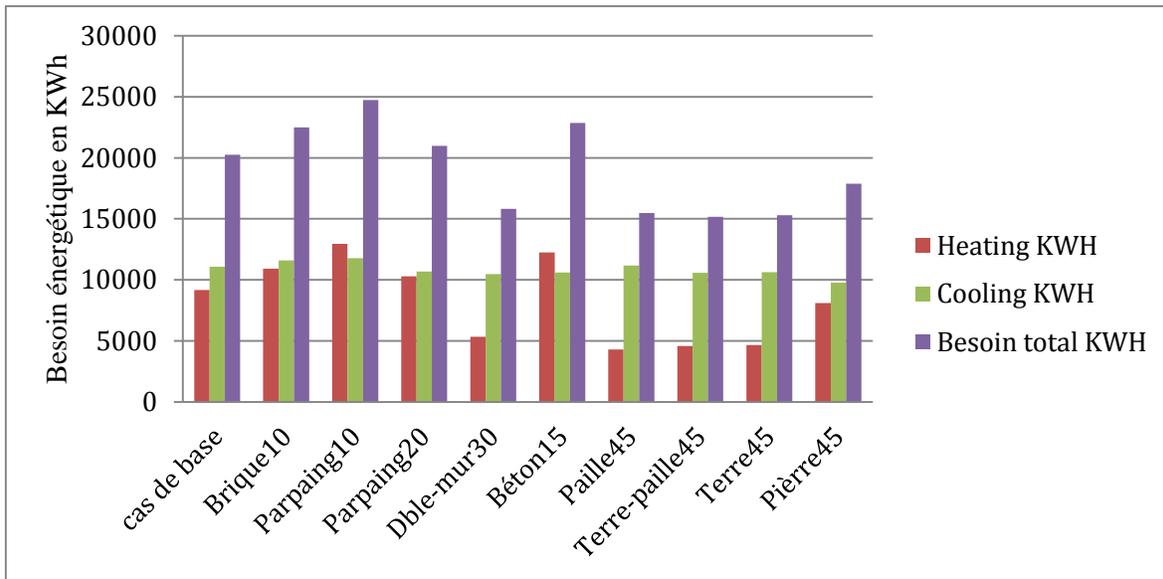


**Figure 55** Besoin énergétique total en fonction des surfaces vitrées double vitrage peu émissif

### 2.1.5 Les types des matériaux de construction:

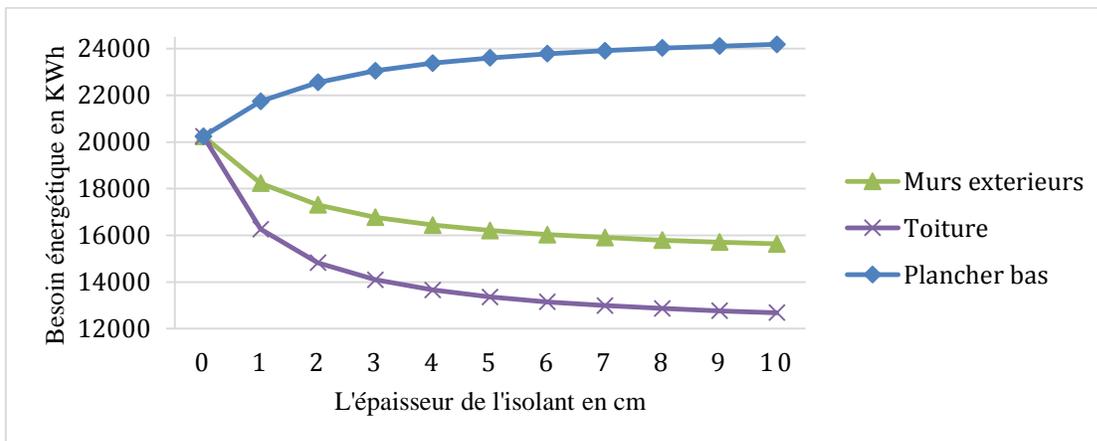
**Tableau 14 Besoin énergétique annuel (Types des matériaux)**

Besoin énergétique (KWh)	Brique (15cm) (base)	Brique (10cm)	Parpaing (10cm)	Parpaing (20cm)	Double murette (30cm)	Béton (15cm)	Paille (45cm)	Terre-paille (45cm)	Terre crue (45cm)	Pierre (45cm)
<b>Chauffage</b>	9180	10910	12940	10300	5334	12250	4125	4579	4652	8105
<b>Climatisation</b>	11060	11590	11780	10690	10470	10600	10950	10580	10640	9760
<b>Besoin total</b>	20240	22500	24720	20990	15804	22850	15075	15159	15292	17865
<b>Performance énergétique</b>	253,00	281,25	309,00	262,38	197,55	285,63	188,44	189,49	191,15	223,31
<b>Energie économisée (%)</b>		-11,17	-22,13	-3,71	21,92	-12,90	25,52	25,10	24,45	11,73



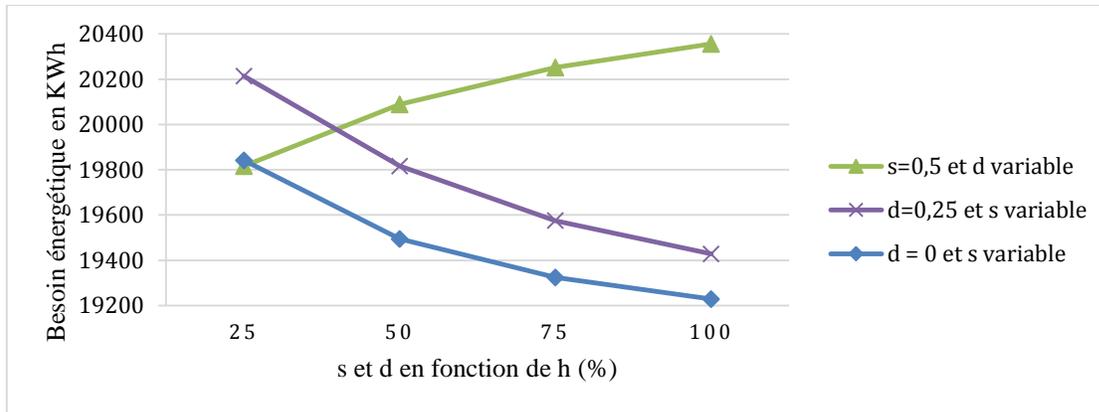
**Figure 56 Besoin énergétique annuel (Types des matériaux)**

### 2.1.6 L'impact de l'isolation:



**Figure 57 L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation)**

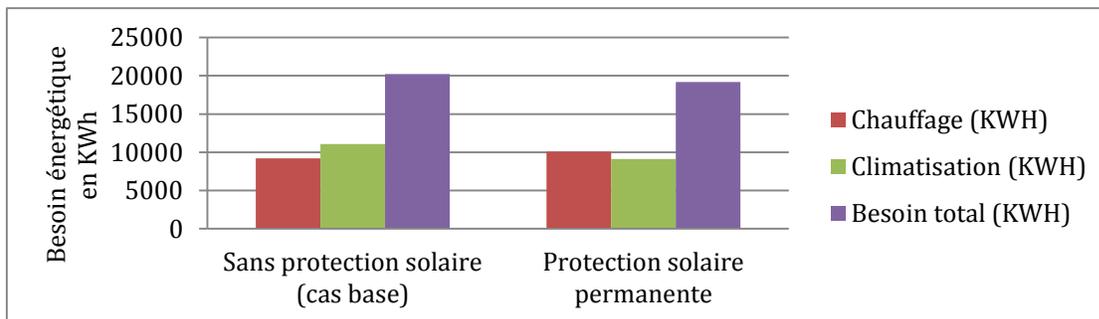
### 2.1.7 La protection solaire permanente:



**Figure 58 Dimensionnement de la protection solaire**

**Tableau 15 Besoin énergétique annuel (Protection solaire permanente)**

Besoin énergétique (KWh)	Sans protection solaire (cas base)	Avec protection solaire
<b>Chauffage</b>	9180	10090
<b>Climatisation</b>	11060	9110
<b>Besoin total</b>	20240	19200
<b>Performance énergétique</b>	253,00	240,00
<b>Energie économisée (%)</b>		5,14



**Figure 59 Besoin énergétique annuel (Protection solaire permanente)**

### 3. Discussions:

#### 3.1. Analyse des résultats :

La simulation du cas de base a donné un besoin énergétique total annuel de 20240 (KWh) soit 9180 (KWh) pour environ sept mois de fonctionnement du chauffage alors que pour plus de cinq mois de climatisation le résultat obtenu est de 11060 (KWh). Ce qui donne une performance énergétique pour le bâtiment d'une valeur de **253  $KWh_{E_U}/m^2an$** , cette valeur inclus 114,75  $KWh_{E_U}/m^2an$  uniquement pour le chauffage.

Il est à rappeler que le label Allemand *PassivHaus* (cf. **chapitre III**) exige pour le chauffage une performance de l'ordre de 15  $KWh_{E_U}/m^2an$ , est-il nécessaire d'indiquer que le cas de base a été simulé en incluant les données météorologiques de la ville de Constantine qui n'est pas connu pour avoir un hiver aussi rude que celui en Allemagne. D'ailleurs le même bâtiment (cas de base) simulé avec les données météorologiques de la ville de Stuttgart exige un besoin énergétique en chauffage de 24750 KWh (309,38  $KWh_{E_U}/m^2an$ ), soit vingt fois plus de ce que exige le label si le bâtiment est situé en Allemagne.

Afin d'atténuer les besoins énergétiques du cas de base nous avons proposé une série de mesure suivie de la simulation de leur impact sur le besoin énergétique du bâtiment.

##### 3.1.1. Compacité du bâtiment:

Les résultats pour la première mesure en occurrence la compacité de l'architecture montrent que la performance énergétique se détériore au fur et à mesure que la surface des façades extérieures augmente ainsi une baisse de la performance énergétique pour la forme 02 de 7,81% et pour la forme 03 (encore moins compacte) une baisse de l'ordre de 13%. La compacité qui souvent n'est pas prise en compte au cours de la conception et même lors des études thermiques alors que l'étude a montré sans ambiguïté le rôle non négligeable de la compacité pour la maîtrise énergétique. La forme du cas de base sera gardée car elle s'est avérée la plus compacte donc la plus efficace.

##### 3.1.2. Répartition des pièces :

Le bâtiment étudié a une répartition plutôt symétrique des zones, en plus le rapport des surfaces vitrées aux surfaces des façades est identique, ce qui a pour résultat une performance énergétique quasi identique en dépit du changement de répartition des pièces ainsi un gain d'énergie total de seulement 0,36% pour la forme 03 par rapport au cas de base, mais le gain pour la climatisation est quatre fois plus importants (1,45%) par rapport au gain total ;

L'influence de la répartition des pièces sur le besoin énergétique pour notre cas de base a été très limité cela n'interdit nullement que cette mesure sera bénéfique pour une autre conception.

### 3.1.3. Types de fenêtres :

Les résultats qui accompagnent le changement de type de fenêtre montrent que la qualité du vitrage influe sur le besoin énergétique total du bâtiment ainsi l'utilisation des fenêtres double vitrage peu émissif ont apporté un gain substantiel de 5,46% alors que le triple vitrage a apporté 4,97% de gain. En conséquence le gain énergétique n'est pas proportionnel au nombre de vitrage qui constitue la fenêtre mais de la qualité thermique de la fenêtre elle-même, car une fenêtre double vitrage performante a apporté un gain énergétique supérieur à celui obtenu par une fenêtre triple vitrage.

L'utilisation d'une fenêtre qui dispose d'un coefficient  $U_w$  trois fois inférieur à celui des fenêtres utilisées dans notre cas de base a apporté un gain modeste par rapport au cout d'investissement ce qui prolonge le temps du retour sur investissement. Cet état rend cette mesure non pas nécessaire mais complémentaire d'une approche globale, cependant la fenêtre double vitrage peu émissif sera retenu comme le cas optimale dans cette étape de simulation.

### 3.1.4. Les surfaces vitrées :

L'étude de l'impact de la répartition du pourcentage des surfaces vitrées dans chaque façade a pour but l'examen du gain énergétique en chauffage grâce aux apports solaire.

La première simulation a gardé les fenêtres à simple vitrage du cas de base qui disposent d'un grand coefficient de déperdition ( $5.74 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) qui a conduit à rendre la simulation des besoins énergétiques insensible aux gains énergétiques en modifiant la proportion des surfaces vitrées, pour toute les façades y compris la façade Sud.

Les fenêtres doubles vitrages ont été au centre de la deuxième simulation, concluant qu'il faut absolument éviter de disposer des fenêtres dans la façade Nord sous peine de voir ses besoins énergétiques explosés simultanément avec l'accroissement de la surface vitrée. Pour les autres façades un gain énergétique pour le chauffage est enregistré proportionnellement à l'augmentation des surfaces vitrées toutefois la façade sud, le gain est plus important et se stabilise au-delà de la moitié de la surface de la façade, par contre pour les façades Est et Ouest le gain augmente lentement pour atteindre le maximum quand la surface vitrée atteint le 1/3 de la façade.

Les deux derniers types de fenêtre (le triple vitrage et le double vitrage peu émissif), ont donné approximativement les mêmes résultats, à savoir un gain pour le chauffage de 23,51% au maximum pour le triple vitrage et 22,64% pour le double vitrage peu émissif pour leurs façades Sud, les trois autres façades elles enregistrent un pour cent de gain au moyenne pour dix pour cent de surface vitrée en plus.

La détermination de la proportion des surfaces vitrées pour chaque façade ne peut être définit à ce stade, car l'intégration de la protection solaire qui a pour objectif de baisser le

besoin en climatisation et d'augmenter celui du chauffage contrairement à l'augmentation de la surface vitrée, l'intégration de ces deux facteurs produit le cas optimal.

### 3.1.5. Type des matériaux de construction :

Le choix du type du matériau de construction c'est révélé fondamental dans la détermination du besoin énergétique total, en effet les résultats de la simulation ont montré que lors de l'utilisation de la botte de paille comme matériau de construction le gain énergétique peut atteindre jusqu'à 25,52%, alors que l'emploi du parpaing peut engendrer une baisse de la performance énergétique de pas moins de 22,13%. L'intervalle de l'impact du choix des matériaux de construction sur le besoin en énergie utile, peut atteindre jusqu'à **50%**.

Le parpaing (l'un des matériaux les plus utilisés) a une performance énergétique lamentable contrairement à la double murette en brique creuse qui a un gain énergétique de 21,92%.

Le détail des résultats montre que, le premier résultat doit être nuancé. En effet il faut intégrer d'autres paramètres qu'il faut retenir séparément: les besoins en climatisation et en chauffage. Sachant que l'énergie finale pour la climatisation est beaucoup plus importante, les matériaux qui privilègent le rafraîchissement passif tout en abaissant le besoin de chauffage sont les plus performants. Cette particularité va être confirmée grâce à l'optimisation finale qui retiendra les matériaux suivants : la botte de paille, le mélange terre crue paille, la double murette en brique et la pierre ; car leurs taux de gain sont proches. D'un autre côté quand certains matériaux minimisent le besoin en chauffage passif les autres favorisent le rafraîchissement.

### 3.1.6. L'impact de l'isolation :

Les résultats ont montré que l'isolation du plancher bas avait un impact négatif sur le gain énergétique total, par contre l'isolation de la toiture et des murs extérieurs ont un impact non négligeable bien que ce soit dans des proportions différentes.

L'isolation des murs extérieurs peut apporter un gain de l'ordre de 22,73%, mais l'isolation de la toiture dépasse largement celles des murs extérieurs, en plus l'isolation de la toiture permet une baisse du besoin énergétique en chauffage et en climatisation simultanément contrairement à l'isolation des murs extérieurs qui abaisse seulement le besoin en chauffage. Concernant l'épaisseur de l'isolant, on distinguera entre l'isolation des murs extérieurs et celle de la toiture car pour l'isolation des murs extérieurs on constate qu'après une épaisseur de 3cm la courbe du besoin énergétique en climatisation remonte contrairement à la courbe de l'isolation de la toiture.

### 3.1.7. La protection solaire permanente :

L'étude de la protection solaire permanente a montré que le besoin énergétique pour le chauffage a augmenté inversement à la climatisation qui a enregistré une baisse de plus de 19%, pour au final arriver à un gain énergétique total de plus de 5%.

Cette étude a intégré uniquement une protection solaire permanente (une avancée architecturale) qui manque d'un appoint pour protéger le vitrage par exemple la protection solaire végétale qui a l'avantage de protéger les surfaces vitrées du rayonnement solaire en été et de favoriser le solaire passif en hiver.

En dépit de ce manque qui s'explique par le souci de garder simplement les mesures complètement passives. Le gain énergétique total occasionné par la protection solaire permanente est proche de celui obtenu grâce au plus performant des fenêtres à savoir la fenêtre à double vitrage peu émissif.

### 3.2. Le cas optimisé :

Le cas de base a subi les mesures d'efficacité énergétique passives, en premier lieu la compacité et la répartition des pièces, ensuite l'ajout de la protection solaire. Ces trois mesures ont permis un gain énergétique de plus de 5%, puis l'ajout -au cas de base optimisé avec ces trois mesures- de l'optimisation du type de fenêtre a engendré un gain de plus de 10%.

Comme cela était prévu la prochaine étape consistait à définir le type du matériau le plus performant, ainsi les matériaux suivants sont retenus : la botte de paille, la pierre et la double murette en brique creuse. Le mélange terre-paille étant exclus car présentant un gain énergétique moindre au niveau du chauffage et de la climatisation par rapport aux trois autres matériaux.

La simulation du type des matériaux a montré que la paille représente le meilleur gain énergétique total, alors que la pierre présente le meilleur gain énergétique pour la climatisation. Bien que la double murette en brique creuse ne soit pas le meilleur matériau en terme d'optimisation énergétique, elle est retenue encore à ce stade dans l'optique de simuler son impact combiné avec son isolation par l'extérieur avec un isolant conventionnelle, suite à cela la double murette a prouvé une économie énergétique de 30,70% en dessous de celui de la paille qui s'établit à 31,79%, mais en ce qui concerne le gain énergétique pour la climatisation elle bénéficie d'un avantage par rapport à la paille.

A ce niveau de l'optimisation, trois matériaux sont à retenir : La botte de paille et la pierre sans isolation par l'extérieur et la double murette avec isolation. Le cas en botte de paille et en pierre ont leurs toitures isolées en paille d'une épaisseur de 22,5cm. Alors que la toiture du cas en double murette en brique creuse, est isolée avec du polystyrène expansé d'une épaisseur de 10cm.

Le résultat final donne la double murette en position avec une performance énergétique totale de **107  $KWh_{EJ}/m^2an$**  ce qui représente près de **2/3** d'économie d'énergie par rapport au cas de base (**253  $KWh_{EJ}/m^2an$** ), mais la botte de paille et la pierre comme matériaux de construction s'en tirent bien car la botte de paille demande un

besoin énergétique du chauffage de seulement **29,62  $KWh_{E_U}/an$**  ce qui en fait le matériau idéal si le but est de s'en passer du besoin énergétique du chauffage, alors que la pierre privilégie la diminution du besoin énergétique pour la climatisation jusqu'à près de la moitié (**47,08%**) par rapport au cas de base, ce qui en fait l'unique et la seule mesure qui a permis d'atteindre une telle efficacité.

### 3.3. Validations des résultats :

Une consultation de la littérature scientifique renseigne sur l'existence de plusieurs méthodes d'économie d'énergie. Les méthodes de simulation sont très performantes dans les analyses énergétiques de bâtiments, car elles traitent la majorité des paramètres significatifs reliés à la consommation d'énergie. Ainsi plusieurs études numériques ont été réalisées sur l'efficacité énergétique et sur l'optimisation des bâtiments résidentiels. Pour mettre en perspective la présente étude et dégager les points communs et les dissemblances, un choix de publications scientifiques a été retenu; elles s'intègrent dans une dimension nationale et internationale et montre l'intérêt croissant aux questions liées à la maîtrise de l'énergie en particulier dans le secteur du bâtiment.

(Fezzioui, et al., 2008) A l'aide du logiciel TRNSYS ont entrepris une simulation numérique d'un bâtiment avec les données météorologiques relatives à la ville de Béchar et de la ville de Tamanrasset.

Le résultat de cette étude a mis en évidence les aspects qui ont impact sur le besoin de refroidissement dans le Sud algérien. La mesure d'amélioration la plus justifiée économiquement selon eux est l'isolation de la toiture. L'isolation des murs est pertinente, mais pas trop rentable en cas d'un local conditionné. La protection solaire permet de limiter le gêne visuel dû à l'ensoleillement direct et à limiter les gains d'énergie directe lorsque l'énergie solaire est importante.

Par ailleurs le béton lourd sans isolation a donné les températures nocturnes les plus faibles avec une très forte fluctuation de température; l'utilisation des briques creuses avec lame d'air, briques de terre ont participé à la réduction des besoins de refroidissement.

(Guechhati, et al., 2010) Une comparaison de la consommation énergétique annuelle entre les différentes variantes (Isolation de la toiture et isolation des murs) pour chaque zone II en résulte globalement que toutes les solutions d'isolation proposées permettent de réduire la consommation d'énergie toutefois l'isolation externe est une solution énergétiquement meilleure que celle interne.

(Foura, et al., 2007) Le programme SimulArch fut utilisé bâtiment existant, appartement de type T3 est d'une superficie de  $75m^2$ . La structure du bâtiment est en béton armé et doté d'une enveloppe assez légère en parpaings dans la ville de Constantine. Les mesures simulées sont : l'isolation des murs et la surface du vitrage et l'emploi des fenêtres double vitrage puis la meilleure orientation des façades.

La simulation du comportement thermique du logement en période froide a montré que l'isolant a permis, à lui seul, de réduire les déperditions de l'ordre de 25%, la diminution des surfaces des ouvrants dans ce logement a fait économiser 14% d'énergie, Le double vitrage représente 11% de gain d'énergie. La réorientation de la façade principale du Nord-Ouest vers le Sud -Est a enregistré un gain de 14%.

(Samar , et al., 2011) La meilleur orientation, les surfaces vitrées et l'isolation thermique sont simulé avec le logiciel TRNSYS pour un bâtiment localisé dans la région méditerranéenne, les résultats montrent un gain annuel de l'énergie consommée de l'ordre de 27.59% grâce aux trois mesures combinées et une performance énergétique du bâtiment de  $64kWh/m^2.an$ .

(Garde, et al., 2006) L'objectif de cette étude est de réduire voire d'annuler la période de climatisation. Le principe de base de la méthodologie est d'essayer d'atteindre les conditions de confort thermique et visuel par des solutions passives (compacité, orientation et la protection solaire).

Le ratio de consommation énergétique totale est de  $165 kWh/an/m^2SU$ . Au final, le bâtiment consommera quatre fois moins d'énergie électrique qu'un bâtiment standard avec un ratio énergétique de  $17 kWh/an/m^2SU$

Cet inventaire partiel permet de démontrer l'intérêt de notre démarche qui s'inscrit dans un effort scientifique universel animé par le défi que constitue la combinaison de deux facteurs : le changement climatique et la crise énergétique. Le choix de simulé uniquement les mesures passives se révèle judicieux, en atteste les résultats semblable observé dans les études scientifiques citées.

## CONCLUSION :

Le secteur résidentiel est celui dont toutes les attentions en termes d'efficacité énergétique doivent être tournées, étant partout dans le monde le secteur responsable de la plus grande part de la consommation énergétique, cela est toute en plus vrai pour l'Algérie qui en l'espace de quelques années a vu croître son parc de logement sans la moindre prise en considération de la question de la maîtrise de l'énergie.

L'examen de l'évolution des politiques énergétiques des quatre pays étudiés a permis de conclure qu'il faut avoir une politique énergétique cohérente, adaptée à la spécification tant au plan climatique que économique et quelle respecte le mode de vie de chacun.

Une politique énergétique basée uniquement sur des textes législatifs et réglementaires forts soit-il n'a qu'une portée assez faible preuve en est la politique algérienne qui reste réduite à un amas de textes sans décrits d'application ni suivie.

Au lieu de subventionner massivement le prix de l'énergie, il est plus judicieux et efficace d'utiliser les sommes financières allouées à cette fin pour financer les incitations des mesures d'efficacité énergétique.

Le choix de simuler uniquement les mesures d'efficacité énergétique passives c'est au final révélé pertinent, car rien que en isolant la toiture le gain énergétique total obtenu est plus de 1/3 à l'aide d'un isolant conventionnel. Alors que ce résultat peut très bien être obtenu par l'emploi des matériaux naturels respectueux de l'environnement, sans prendre en considération la notion d'énergie grise ni même l'analyse du cycle de vie qui exclurait de fait les matériaux conventionnels. Les mesures d'efficacité énergétique passives ont chacune de leur côté apporté un gain énergétique mais dans des proportions différentes, c'est ainsi qu'il faut distinguer l'ordre de priorité suivant l'objectif assigné et les moyens financiers consacrés.

Cependant la simulation a exclu les équipements car l'objectif était de faire diminuer le besoin énergétique du bâtiment (énergie utile) et non pas sa consommation (énergie finale), cette démarche a permis de distinguer l'impact des mesures sans qu'il ne soit altéré par le fonctionnement des équipements. D'un autre côté cela éloigne les résultats de la réalité car les équipements sont généralement non adaptés aux besoins particuliers de chaque bâtiment.

Par ailleurs il est difficile de définir les apports internes réels qui influencent les résultats finals que ce soit pour le chauffage en le diminuant ou pour la climatisation en l'augmentant. Les données concernant les caractéristiques des matériaux ne correspondent pas exactement à ceux employés localement. Enfin l'analyse du cycle de vie n'a pas été entreprise ce qui aurait pu modifier le choix des cas optimaux.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**Fezzioui, N, et al. 2008.** Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien. *Revue des Energies Renouvelables*. CDER, 2008, Vol. 11, 1.

**Foura, S et Zerouala, M.S. 2007.** Simulation des paramètres architecturaux du confort d'hiver en Algérie. *Sciences & Technologie D*. 2007, Vol. 1, 26.

**Garde, François, et al. 2006.** *Réalisation d'un bâtiment à énergie positive à l'île de la réunion. De la phase programme à la conception*. Chambéry : INES, 2006.

**Guechhati, R, et al. 2010.** Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments: Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda. *Revue des Energies Renouvelables*. CDER, 2010, Vol. 13, 2.

**Samar , Jaber et Salman, Ajib. 2011.** Optimum, technical and energy efficiency design of residential building in Mediterranean region. *Elsevier. ScienceDirect*, 2011, Vol. Energy and Buildings, 43.

ANNEXE:

## **ANNEXE :**

<b>Annexe 1 :</b> .....	128
Les Mesures financières de la maîtrise de l'énergie en Algérie : .....	128
Les volets du programme algérien triennal d'EE: .....	129
La loi relative à la maîtrise d'énergie en Algérie : .....	129
Les dates clés des politiques communes en termes d'EE en UE : .....	129
Les étapes de la mise en œuvre des codes par les provinces et territoires : .....	130
Les codes et les normes de la politique énergétique des USA : .....	131
Code de l'efficacité énergétique et la méthodologie de l'analyse des coûts: .....	131
Économies d'énergie.....	131
Programmes d'efficacité énergétique aux USA : .....	132
ENERGY STAR® : .....	132
Dates clés.....	133
ENERGY STAR QI : .....	134
Home Yardstick : .....	134
EPA's Heat Island Reduction Initiative: .....	134
Actions.....	136
<b>Annexe 2 :</b> .....	140
Démarche HQE: Démarche Haute Qualité Environnementale .....	140
DPE: Diagnostic de performance énergétique .....	140
Energie primaire, finale, utile et grise:.....	140
L'énergie finale (Ef) : .....	140
Performance énergétique: .....	140
Le coefficient de compacité: .....	141
L'architecture bioclimatique .....	141
Quelques techniques bioclimatiques spécifiques .....	141
Solaire passif : .....	142
Bibliographie.....	144

## **Annexe 1 :**

### **Les Mesures financières de la maîtrise de l'énergie en Algérie :**

- L'octroi de crédits en concours définitif.
- L'octroi de prêts non rémunérés ou à taux réduits.
- La garantie des emprunts pour faciliter l'accès aux crédits.

#### **Cadre législatif :**

Le FNME a été mis en œuvre par la loi de finances de l'année 2000.

Le dispositif réglementaire actuel régissant le fonctionnement du FNME est constitué d'un décret et de deux arrêtés interministériels :

Le Décret n°2000-116 du 29 mai 2000 fixe les modalités de fonctionnement du FNME prévoit:

- Le financement des actions et projets inscrits dans le PNME.
- L'octroi de prêts non rémunérés consentis aux investissements porteurs d'efficacité énergétiques non-inscrits dans le PNME.
- L'octroi de garanties pour les emprunts effectués auprès des banques et établissements financiers.

L'Arrêté Interministériel du 17 septembre 2000, détermine la nomenclature des recettes et des dépenses imputables sur le compte d'affectation spéciale n°302 intitulé « Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie »:

Six domaines sont éligibles au financement par le FNME :

- Encadrement réglementaire et institutionnel de la Maîtrise de l'Energie.
- Sensibilisation, éducation et formation en économie d'énergie.
- Recherche et Développement liée aux projets d'amélioration de l'efficacité énergétique.
- Etudes de définition et de mise en œuvre de stratégies nationales d'efficacité énergétique à long terme.
- Aide au financement d'opérations visant l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'introduction de filières ou de technologies énergétiques nouvelles.

L'Arrêté Interministériel du 17 septembre 2000, précise les modalités de suivi et de l'évaluation du compte d'affectation spéciale n°302 intitulé « Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie » :

Cet arrêté stipule, notamment que :

- L'accès aux avantages du Fonds ouvert aux opérateurs nationaux des secteurs public et privé.
- Les modalités de mise en œuvre des actions et projets financés sont fixés par des conventions établies entre le bénéficiaire et le MEM.
- Le suivi et le contrôle sont assurés par les services du MEM.

Les recettes du FNME :

- Taxes sur la consommation d'énergie<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ces taxes sont prélevées par les entreprises SONELGAZ et SONATRACH.

- Le niveau des taxes, fixé par la loi de finances est calculé en fonction des objectifs arrêtés dans le PNME, Actuellement, seuls l'électricité et le GN sont concernés par ces taxes. A terme, les carburants seront également taxés.

#### Autres ressources

Outre les taxes sur les consommations d'énergie, le Fonds peut être approvisionné à travers :

- Des subventions de l'Etat.
- Le produit des taxes sur les appareils énergivores et des amendes prévues dans le cadre de la Loi sur la Maîtrise de l'énergie.
- Le produit des remboursements des prêts.
- Toutes autres ressources ou contributions.

La loi de finances 2000 a fixé le niveau de ces taxes à :

- 0,0015 DA/thermie pour le GN (HP et MP).
- 0,02 DA/KWH pour l'électricité (HT et MT).

#### **Les volets du programme algérien triennal d'EE:**

- L'isolation thermique des bâtiments.
- Le développement du chauffe-eau solaire.
- La généralisation de l'utilisation des lampes basse consommation.
- L'introduction de l'efficacité énergétique dans l'éclairage public.
- La réalisation de projets pilotes de climatisation au solaire.

#### **La loi relative à la maîtrise d'énergie en Algérie :**

Un décret exécutif (N°2000-90) adopté en avril 2000, portant sur la réglementation thermique des bâtiments neufs est venu accompagner cette loi. Ce décret institue l'obligation pour les bâtiments neufs de satisfaire à des performances minimales exprimées à travers des valeurs de référence pour l'enveloppe et qui constituent des limites à ne pas dépasser.

Ces valeurs de référence sont données dans trois documents techniques réglementaires (DTR C3.2 du 10/12/97, DTR C3.4 du 18/08/98 et DTR C3.3.1 du 14/11/05), élaborés par le Centre National d'Etudes et Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) et promulgués par arrêtés ministériels.

Ces DTR qui préconisent l'utilisation des matériaux localement disponibles tels que le Béton de Terre Stabilisée (BTS), la pierre et le plâtre, l'orientation adéquate des bâtiments, l'isolation de l'enveloppe et des planchers pour limiter les déperditions énergétiques en hiver et les apports calorifiques en été, la ventilation naturelle, l'éclairage et l'ombrage naturels, permettent aux maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrages et entreprises de réalisation de concevoir et d'exécuter des ouvrages à haute performance énergétique tout en garantissant les exigences requises en matière de stabilité, de résistance aux aléas naturels et de confort.

L'application de cette réglementation permet de réduire, en principe, de 30 à 40% la consommation d'énergie, hors poste cuisson ; ce qui contribuerait à réduire fortement la facture énergétique et les émissions des GES.

#### **Les dates clés des politiques communes en termes d'EE en UE :**

- 1992 Directive sur le rendement des chaudières à eau alimentées en combustibles liquides ou gazeux. Les chaudières conformes aux exigences de rendement sont certifiées par l'apposition du marquage « CE ».

- *2000* Programme européen sur le changement climatique : Développer une stratégie européenne pour atteindre les objectifs de Kyoto. Les Etats membres portent l'accent sur les mesures de réduction des émissions les plus prometteuses, notamment dans les secteurs de l'approvisionnement en énergie et de l'industrie.
- *Plan d'action pour l'efficacité énergétique 2000-2006*  
Réduire la consommation énergétique de 1% par an jusqu'en 2010.  
Il s'agit d'intégrer l'efficacité énergétique aux autres politiques communautaires, de renforcer les politiques existantes en la matière et d'en élaborer de nouvelles (transport, équipements, industrie, bâtiment, secteur public).
- *2002* Directive sur la performance énergétique des bâtiments  
Fixer aux Etats membres des exigences minimales sur la performance énergétique des bâtiments neufs et anciens.
- *2006* Plan d'action pour l'efficacité énergétique de l'Union pour la période 2007-2013  
Réduire la consommation d'énergie de l'Union de 20% en 2020.  
Des avancées significatives sont réalisées dans les secteurs du bâtiment, des équipements et appareils électroménagers, des transports.
- *2006* *Livre vert* « Une stratégie européenne pour une énergie sûre, compétitive et durable »  
L'efficacité énergétique est intégrée dans la lutte contre le changement climatique
- *2007* *Politique européenne de l'énergie*  
L'objectif de 20% d'économies d'énergie en 2020 par rapport au scénario tendanciel y est réitéré en lien avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et parmi un ensemble d'orientations ayant trait au marché intérieur de l'énergie, à la sécurité d'approvisionnement, au développement des technologies énergétiques, à l'énergie nucléaire et à la sensibilisation du public.
- *2008* *Paquet Energie Climat*  
Il rappelle l'objectif de 20% de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de 20% d'énergies renouvelables. L'efficacité énergétique est entendue comme un moyen d'y parvenir.

### **Les étapes de la mise en œuvre des codes par les provinces et territoires :**

- *2014-2015* jusqu'à onze provinces et territoires mettront en œuvre des processus en vue d'adopter ou d'adapter le Code de 2011 : Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve-et-Labrador, Yukon.
- *2016* : Publication de lignes directrices sur la rénovation afin d'améliorer l'efficacité des bâtiments existants, car 80 des bâtiments qui existeront en 2020 sont déjà bâtis et ne seront pas visés par le Code de 2011.
- *2016* : Publication du Code de 2016 pour veiller à ce que l'avancement des technologies et des pratiques de construction soit intégré aux pratiques de référence et à ce que le rendement énergétique des bâtiments continue de s'améliorer au Canada.
- *2012-2016* : Appuyer le système de cote ÉnerGuide et les statistiques qui lui sont associées afin d'être en mesure d'évaluer les programmes de financement novateurs, et collaborer avec les services publics pour faciliter la réalisation des projets.

## **Les codes et les normes de la politique énergétique des USA :**

Une des stratégies pour améliorer la performance du bâtiment est de promulguer des codes de l'énergie stricte pour les nouvelles constructions et des rénovations majeures. Les codes du bâtiment sont souvent basés sur un code model national, telles que la norme **ASHRAE 90.1** ou **IECC**.

Deux codes de l'énergie du bâtiment de référence primaires peuvent être adoptées par les États et les administrations locales pour réglementer la conception et la construction de nouveaux bâtiments: le Code « international » pour la conservation de l'énergie (**IECC**), et la norme 90.1 *Energy Standard* ANSI / ASHRAE / IESNA pour les bâtiments.

Le premier code énergétiques résidentiel américains était la norme ASHRAE 90-75 en 1975.

En 1983, la première édition du Code modèle de l'énergie (**Model Energy Code MEC**), renommé le Code international pour la conservation de l'énergie (CICE) en 1998 (**The International Energy Conservation Code IECC**). La plupart des États ont intégré une version de l'IECC dans leur code du bâtiment. En 2006, IECC permet environ 14 % d'économie que le code 1975 et 30% entre l'IECC 2006 et l'IECC 2012. Chaque norme adoptée par le DOE est conçu pour atteindre l'amélioration maximale de l'efficacité énergétique qui est techniquement faisable et économiquement justifiée.

En 1992, seuls quatre États et deux territoires américains avaient un code de l'énergie qui satisfait aux exigences de la Loi sur la politique énergétique de 1992, Code modèle de l'énergie 1992 (**Model Energy Code MEC 92**). Alors que les autres États avaient un code plus ancien que MEC 92. En Août 2008, l'ensemble des états adhérer au code national à l'exception de douze États et un territoire américain qui ont un code d'état.

L'IECC s'adresse aux bâtiments résidentiels et commerciaux. ASHRAE 90.1 couvre les bâtiments commerciaux. L'IECC a adopté la norme ASHRAE 90.1 pour les bâtiments commerciaux. L'IECC est développé sous l'égide de l'ICC. L'International Code Council (ICC) qui a été créé en 1994 comme une organisation à but non lucratif dédiée au développement d'un ensemble de normes nationales de construction. (INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., 2012)

DOE (*Département of Energy*) peut fournir une assistance technique aux États pour améliorer et mettre en œuvre des codes énergétiques pour les bâtiments résidentiels de l'État ou pour promouvoir la conception et la construction de bâtiments résidentiels à haut rendement.

DOE peut également fournir un financement incitatif pour les États afin d'appliquer des codes énergétiques pour les bâtiments résidentiels à forts rendement. Le montant du financement sera basé sur les mesures proposées par l'État pour améliorer et mettre en œuvre des codes de l'énergie résidentiels et à promouvoir l'efficacité énergétique grâce à l'utilisation des codes.

## **Code de l'efficacité énergétique et la méthodologie de l'analyse des coûts:**

La méthodologie DOE contient deux évaluations principales:

- Économies d'énergie
- Rapport coût-efficacité

### **Économies d'énergie**

L'énergie est modélisée à l'aide du DOE *EnergyPlus* logiciel (office energy efficiency renewable energy, 2002) pour deux types de bâtiments résidentiels :

- *Individuelle* : Une maison de deux étages

- *Familiale* : Un bâtiment de trois étages avec 18 unités (6 unités par étage).

*EnergyPlus* prévoit heure par heure, une simulation de la consommation d'énergie d'une maison pendant une année complète, basée sur les données météorologiques d'un lieu.

#### *Rapport coût-efficacité*

La méthodologie de DOE tient compte des avantages de la construction des maisons à haut rendement énergétique sur une période d'analyse de 30 ans (91% des nouveaux logements ont été achetés grâce à un prêt alors que seulement 9% ont été achetés avec de l'argent. En conséquence, le DOE calcule la rentabilité en supposant que l'acheteur de la maison finance l'achat par une hypothèque de 30 ans) (Lucas, 2012)

Le DOE évalue les codes de l'énergie sur la base de trois mesures de rentabilité: Coût du cycle de vie, Flux de trésorerie, Récupération simple.

Le Coût du cycle de vie est la principale mesure de rentabilité des codes énergétiques résidentiels. Le rapport coût-efficacité des propositions de modification du code est l'approche la plus directe pour atteindre l'équilibre souhaité de premiers coûts et les économies d'énergie à long terme.

### **Programmes d'efficacité énergétique aux USA :**

Ce programme se décline sous plusieurs formes :

#### **ENERGY STAR® :**

C'est un programme environnemental de l'Agence américaine de protection de l'environnement. Dans un souci de protection de l'environnement l'agence met à disposition du public et des entreprises des moyens d'épargner de l'argent et dans le même temps de protéger l'environnement grâce à un rendement énergétique supérieur, ce programme a été créé par l'EPA en 1992, sous l'autorité de la Loi sur l'assainissement de l'Air, la *Clean Air Act* (Senate USA, 2004 ) qui vise à réduire la pollution de l'air. En 1996, EPA et le DOE annoncent leur partenariat ENERGY STAR®. En 2005, le Congrès a adopté la Loi sur la politique énergétique. L'article 131 de la loi modifie l'article 324 (42 USC 6294) (Thomson Reuters business, 2013) de la Loi sur la politique énergétique et ordonne la mise en place d'un programme afin d'identifier et de promouvoir les produits et les bâtiments économes en énergie, pour améliorer la sécurité énergétique et réduire la pollution grâce à un étiquetage énergétique volontaire. Après plus d'une vingtaine d'années, le programme ENERGY STAR® a selon les autorités stimulé des pratiques et services énergétiques efficaces grâce à des outils de mesure objectifs et l'éducation des consommateurs, ce qui au final contribue à créer plus d'emplois et stimuler l'économie en générale. La consommation d'énergie dans le résidentiel, représente un tiers des émissions de GES aux États-Unis. ENERGY STAR a contribué à réduire la consommation d'énergie et réalise en même temps des réductions importantes de gaz à effet de serre ce qui contribue à des avantages sur la santé mais aussi sur le plan économique. Plus d'un million de foyers, ont été construits aux normes ENERGY STAR entre 1995 et 2008 (Construction, McGraw-Hill, 2010) . 840.000 maisons ENERGY STAR construites en permet d'économiser un montant estimé à 200 millions de dollars par an (Construction, McGraw-Hill, 2008).

- En 2006 Le programme, maisons ENERGY STAR, représente 12% marché national.

- En 2012 le programme à permet des économies estimées à plus de 230 milliards de dollars sur les factures d'électricité et d'éviter plus de 1,8 milliards de tonnes de gaz à effet de serre au cours des deux dernières décennies (EPA, 2012).

Pour maintenir la confiance des consommateurs et améliorer la surveillance des produits certifiés ENERGY STAR®, l'EPA a mis en œuvre les exigences de certification et des tests par des tiers. Pour les produits: Afin de gagner le label, les produits homologués ENERGY STAR® doivent être certifiées par une tierce partie basée sur des tests en laboratoires reconnus par l'EPA. Pour les maisons neuves: la vérification de l'efficacité énergétique d'une maison par un organisme tiers est obligatoire pour gagner l'étiquette ENERGY STAR. Il y a deux chemins pour vérifier qu'une maison est conforme aux directives ENERGY STAR : la première méthode (post construction) est celle où un logiciel est utilisé pour calculer la consommation énergétique de la maison pour vérifier qu'elle répond bien aux exigences de la norme. La deuxième méthode (pré construction) les constructeurs construisent la maison en utilisant un ensemble de spécifications de construction qui répondent aux exigences du programme prescrit.

En 2010, plus de 1,4 millions de nouveaux logements et plus de 20000 installations portent la certification ENERGY STAR® de l'EPA. Entre 2008-2011 l'EPA a examiné plus de 35000 bâtiments ENERGY STAR®. Les bâtiments ont montré une moyenne de 7% d'économies d'énergie et des réductions d'émissions de GES de l'ordre de 6% sur trois ans.

Aujourd'hui, une machine à laver ENERGY STAR® utilise environ 70% moins d'énergie et 75% moins d'eau qu'une machine à laver standard utilisé il y a 20 ans (EPA, 2012).

En 2012, l'EPA a instauré de nouvelles exigences plus rigoureuses pour les maisons afin de bénéficier du label ENERGY STAR®. Les maisons certifiées en vertu des nouvelles exigences sont au moins 15% plus efficaces que celles construites en 2009, pour offrir un gain de performances pouvant atteindre 30% par rapport aux maisons neuves traditionnelles et une facture énergétique annuelle moyenne des ménages de 2003.40 \$ les maisons ENERGY STAR® permettent de gagner, en moyenne, environ 300 \$ par an (Construction, McGraw-Hill, 2010). ENERGY STAR® a permis aux entreprises, aux organisations et aux consommateurs d'économiser 24 milliards de dollars seulement en 2012.

Aujourd'hui, 85 % des Américains reconnaissent le label ENERGY STAR®. Parmi les ménages qui ont sciemment acheté un permis produit certifié ENERGY STAR®, environ 75% estime que l'étiquette a constitué un facteur important dans leur décision.

### ***Dates clés***

- **1991** Janvier: EPA introduit le programme Green Lights, un programme de partenariat visant à promouvoir des systèmes d'éclairage efficaces dans les bâtiments commerciaux et industriels (L'ancêtre d'ENERGY STAR®).
- **1992** Juin: EPA lance la première gamme de produits répondant aux exigences.
- **1995** Octobre: EPA lance les maisons certifiées ENERGY STAR®, sont 30% plus efficaces
- **1996** Juin: EPA et le DOE annoncent leur partenariat ENERGY STAR®.
- **1997** Décembre: ENERGY STAR® s'élargit pour inclure les maisons.
- **2001** Juillet: États-Unis et le Canada annoncent un accord de partenariat sur ENERGY STAR®.
- **2002** Décembre: les Américains ont acheté plus d'un milliard de produits homologués.

- **2003** Octobre: 50% des premiers constructeurs américains participent au programme ENERGY STAR® pour les maisons neuves.
- **2004** Mars: La notoriété ENERGY STAR® atteint 56%.
- **2005** Février: La notoriété ENERGY STAR atteint 60% au niveau national.  
Mars: de 1 sur 10 nouveaux logements construits en 2004 sont certifiés.
- **2006** Mars: les Américains ont acheté plus de deux milliards de produits homologués  
Décembre: le nombre total de maisons certifiées à travers le pays à près de 750.000.
- **2007** Avril: La notoriété ENERGY STAR atteint 65%.
- **2009** Avril: La notoriété ENERGY STAR atteint plus 75%.  
Juillet: ENERGY STAR maisons, un taux de pénétration de près de 17% pour 2008.  
Novembre: Le nombre de maisons certifiées aux États-Unis dépasse le million.
- **2011** Mars: La notoriété atteint plus de 80%  
Septembre: La part de marché des maisons atteint 25%.

### ENERGY STAR QI :

Près de la moitié de tous les équipements de chauffage et de refroidissement dans les foyers américains ne fonctionnent pas à leur capacité affichée ou supposer cela est dû généralement à une mauvaise installation, ce qui signifie que les propriétaires paient des surcoûts d'exploitation au cours de toute la vie de l'équipement. C'est pourquoi le programme **ENERGY STAR QI** aide les propriétaires à trouver des entrepreneurs qui installent le chauffage, la ventilation et la climatisation suivant les directives **QI**. Ainsi en achetant des équipements de haute efficacité et surtout correctement installé, le consommateur peut faire baisser ses factures d'énergie, ces améliorations peuvent réduire sa facture de chauffage et de refroidissement de 30%.

Les estimations des économies potentielles avec **QI** est de 18% à 36% pour les climatiseurs et pompes à chaleur et 11% à 18% pour le chauffage. Cela permet aussi d'augmenter le confort de la maison, et prolonger la vie des équipements.

### Home Yardstick :

L'EPA fournit une évaluation simple de la consommation annuelle d'énergie d'une maison par rapport aux maisons semblables. Il n'est pas destiné à remplacer un audit énergétique réalisé par un professionnel.

### Le Green Power Partnership :

C'est un programme volontaire qui encourage les organisations à utiliser l'énergie verte comme un moyen de réduire les impacts liés à l'utilisation de l'électricité conventionnelle.

### EPA's Heat Island Reduction Initiative:

Le terme «îlot de chaleur» décrit des zones construites qui sont plus chaudes que les zones rurales environnantes. La température de l'air moyenne annuelle d'une ville de 1 million ou plus d'habitants peut être 1.8 à 5.4 ° F (1-3 ° C) plus chaude que son environnement. Dans la soirée, la différence peut être de plus de 22 ° F (12 ° C). Ces îlots de chaleur peuvent affecter les habitants par la demande croissante d'énergie, des coûts de conditionnement d'air, la pollution atmosphérique et de gaz à effet de serre, de maladies et mortalité liée à la chaleur. Sur une chaude journée d'été ensoleillée, les températures de surface du toit et des revêtements peuvent être 50-90 ° F (27-50 ° C) plus chaud que l'air, tandis que les toits

ombragés, souvent dans un cadre plus rural, restent proche de températures de l'air. Ces îlots de chaleur urbains, en particulier pendant l'été, vont avoir de multiples impacts sur l'atmosphère urbaine. Les températures alors que certains effets peuvent être bénéfiques, comme l'allongement de la croissance des plantes la majorité d'entre eux sont négatifs. Ces effets comprennent:

- Augmentation de la consommation d'énergie.
- Des émissions élevées de polluants atmosphériques et de GES.
- La santé et le confort humain.
- Altération de la qualité de l'eau.

Les températures estivales élevées dans les villes augmentent la demande d'énergie pour la climatisation. La recherche montre que la demande d'électricité pour rafraîchissement d'air augmente de 1,5 - 2,0% pour chaque 1°C d'augmentation de la température de l'air, à partir de 68 jusqu'à 77 ° F (20 à 25 ° C), ce qui suggère que 5-10% de la demande d'électricité est utilisée pour compenser l'effet d'îlot de chaleur (EPA, 2013).

#### *Des émissions élevées de polluants atmosphériques et des gaz à effet de serre*

Comme décrit ci-dessus, les îlots de chaleur urbains augmentent la demande en énergie électrique en été. Les entreprises qui fournissent de l'électricité s'appuient généralement sur des centrales à combustibles fossiles pour répondre à une grande partie à cette demande, ce qui à son tour conduit à une augmentation des émissions de polluants atmosphériques, des polluants qui sont nocifs pour la santé humaine. L'utilisation accrue des centrales thermiques à combustible alimentées augmente également les émissions de gaz à effet, qui contribuent au changement climatique mondial.

#### *Santé humaine et Confort*

Les îlots de chaleur urbains peuvent affecter la santé humaine, en contribuant à un malaise général, des difficultés respiratoires, épuisement, coup de chaleur, et mortalité liée à la chaleur, ils peuvent aussi exacerber l'impact des vagues de chaleur pour les populations sensibles, comme les enfants, les personnes âgées. Les périodes de chaleur excessive sont particulièrement dangereuses et peuvent entraîner des taux de mortalité supérieurs à la moyenne. Les Centers for Disease Control and Prevention (Centers for Disease Control and Prevention) estiment qu'entre 1979-2003, les expositions à la chaleur excessive ont contribué à plus de 8000 décès (Centers for Disease Control and Prevention, 2004) prématurés aux États-Unis. Ce chiffre dépasse le nombre de décès résultant d'ouragans, foudre, tornades, les inondations et les tremblements de terre combinés.

#### *Altération de la qualité de l'eau*

Les hautes températures des chaussées et des toits peuvent chauffer les eaux de ruissellement. Des tests ont montré que les trottoirs qui sont à 100 ° F (38 ° C) peuvent élever la température initiale des eaux de pluie de près de 70 ° F (21 ° C) à plus de 95 ° F (35 ° C) (Watson, 2010) . Ces eaux pluviales chauffé devient généralement les eaux de ruissellement, qui se déverse dans les égouts pluviaux et soulève des températures de l'eau qui chemine jusqu'aux ruisseaux, rivières et les lacs. La température de l'eau affecte tous les aspects de la vie aquatique, en particulier le métabolisme et la reproduction de nombreuses espèces aquatiques. Les brusques changements de température dans les écosystèmes aquatiques résultant du ruissellement des eaux pluviales chaudes peuvent être particulièrement stressants, voire mortelles pour la vie aquatique.

## **Actions**

Les collectivités peuvent prendre un certain nombre de mesures pour réduire les effets des îlots de chaleur en été.

- L'augmentation du nombre d'arbres et du couvert végétal.
- L'installation de toits verts (aussi appelés «jardins» ou «éco-toits»)
- L'installation de matériaux réfléchissant sur les toits.
- Des pavés qui emmagasinent moins de chaleur.

### **Cool Roofs:**

Ils peuvent réduire l'utilisation d'énergie, la pollution atmosphérique et les émissions de GES, les incidents liés à la chaleur.

Refroidir les trottoirs peut indirectement contribuer à réduire la consommation d'énergie, la pollution atmosphérique et les gaz à effet de serre. Selon la technologie utilisée, les trottoirs froids peuvent améliorer la gestion des eaux pluviales et la qualité de l'eau, augmenter la durabilité de la surface, améliorer l'éclairage nocturne, et réduire le bruit.

Les arbres et la végétation des surfaces diminuent les températures de l'air en donnant de l'ombre et par évapotranspiration. Les surfaces ombrées, par exemple, peuvent être 20-45 ° F (11-25 ° C) (J, et al., 1990) plus fraîche que les températures maximales de matériaux non ombrés. L'évapotranspiration, seul ou en combinaison avec l'ombrage, peut aider à réduire les températures estivales de pointe de 2-9 ° F (1,5 ° C) (EPA, 2013).

L'utilisation des arbres et de la végétation en milieu urbain apporte des avantages au-delà de l'atténuation des îlots de chaleur urbains, y compris:

Réduction de la consommation d'énergie: arbres et la végétation diminuent la demande de climatisation.

Ils enlèvent aussi les polluants atmosphériques et stock le dioxyde de carbone.

La végétation réduit le ruissellement et améliore la qualité de l'eau en absorbant et en filtrant l'eau de pluie.

L'ombre des arbres peut ralentir la détérioration de la chaussée, diminuant la quantité de l'entretien nécessaire enfin la végétation a une valeur esthétique et atténue le bruit.

Une étude des programmes de foresterie urbaine dans cinq villes américaines a montré que ces villes ont dépensé environ 15 \$ - 65 \$ par an et par arbre, avec des bénéfices nets annuels allant d'environ 30 \$ - 90 \$ par arbre (McPherson, 2005).

### **Green Roofs (Toits verts) :**

Un toit vert (jardin sur le toit) est une couche végétale cultivée sur un toit. Les toits verts offrent de l'ombre et récupèrent la chaleur de l'air par évapotranspiration, réduisant la température de la surface du toit et l'air ambiant. Durant les chaudes journées d'été, la température de surface d'un toit vert peut être plus froide que la température de l'air, tandis que la surface d'un toit conventionnel peut être jusqu'à 90 ° F (50 ° C) (K, et al., 2003).

Les toits verts peuvent être installés sur une large gamme de bâtiments, d'installations industrielles et de résidences privées. Les toits verts sont de plus en plus populaires aux États-Unis, avec environ un millions de mètres carrés installés en juin 2008 (Greenroof, 2013).

En plus de réduire les îlots de chaleur urbains, les avantages des toits verts comprennent:

- *Consommation d'énergie réduite*: Les toits verts absorbent la chaleur et agissent comme des isolants pour les bâtiments, ils réduisent l'énergie nécessaire pour assurer le refroidissement et le chauffage.
- *Réduire la pollution atmosphérique et de gaz à effet de serre*: En réduisant la demande de climatisation, les toits verts peuvent diminuer la pollution d'air et de gaz à effet de serre. La végétation peut aussi enlever les polluants atmosphériques et les émissions de GES par la séquestration et le stockage du carbone.
- *Amélioration de la santé humaine et de confort*: Les toits verts, en réduisant le transfert de chaleur par le toit du bâtiment, peuvent améliorer le confort intérieur.
- *Qualité de la gestion des eaux pluviales*: Les toits verts peuvent réduire et ralentir le ruissellement des eaux pluviales en milieu urbain; ils filtrent aussi les polluants des précipitations.
- *Amélioration de la qualité de la vie*: Les toits verts peuvent apporter une valeur esthétique et un habitat pour de nombreuses espèces.

Les coûts estimatifs de l'installation d'un toit vert commencent à 10 \$ par pied carré (107 \$ /m<sup>2</sup>) pour une vaste toiture simple et 25 \$ le pied carré (269 \$ /m<sup>2</sup>) pour les toits intensifs. Les coûts d'entretien annuels pour chaque type de toiture peuvent s'étendre de \$ 0,75-1,50 \$ par pied carré (8 à 16 \$ /m<sup>2</sup>) (S, et al., 2003).

Les chercheurs commencent à effectuer des analyses de cycle de vie détaillées, afin de déterminer les avantages nets de toits verts. A l'Université de Michigan une étude a comparé les coûts des toits conventionnels avec le coût d'un 21000 pied carré (1950 m<sup>2</sup>) de toit vert et tous ses avantages, tels que la gestion des eaux pluviales et l'amélioration de la santé publique par l'absorption d'oxydes d'azote. Le toit vert coûterait 464000 \$ pour l'installation par rapport à 335000 \$ pour un toit conventionnel en 2006. Cependant, au cours de sa vie, le toit vert permettrait d'économiser environ 200000 dollars pour l'ensemble du bâtiment. Près des deux tiers de ces économies proviendraient des besoins énergétiques réduits pour le bâtiment avec le toit vert (Clark C. P, et al., 2008).

Cool roofs (rafraichissement des toits) :

Une haute réflectivité solaire<sup>2</sup> est la caractéristique la plus importante d'un *cool roof*, elle aide à réfléchir la lumière du soleil et de la chaleur, ce qui réduit la température du toit. La haute émissivité thermique<sup>3</sup> joue également un rôle, en particulier dans les climats qui sont chauds et ensoleillés. Ensemble, ces propriétés permettent aux toits d'absorber moins de chaleur et de rester jusqu'à 50-60 ° F (28-33 ° C) plus frais que les matériaux conventionnels (Konopacki, 1998)

Grâce au programme ENERGY STAR®, l'EPA et le DOE aident les consommateurs à identifier les produits les plus éco-énergétiques (rafraichissant) pour les toitures. Les

---

<sup>2</sup> Réflectivité solaire est une mesure de l'aptitude d'un matériau de surface pour refléter la lumière du soleil y compris le visible, l'infrarouge, l'ultraviolet et les longueurs d'onde, sur une échelle de 0 à 1. Réflectance solaire est aussi appelé «albédo».

<sup>3</sup> L'émissivité d'un matériau se réfère à sa capacité à évacuer la chaleur absorbée. Les scientifiques utilisent un nombre entre 0 et 1, ou 0% et 100%, pour exprimer l'émissivité. À l'exception des métaux, la plupart des matériaux de construction ont une émissivité de 0,85 (85%).

matériaux de toiture avec le label ENERGY STAR® ont les caractéristiques suivantes (ENERGY STAR, 2013):

- Toitures à faible pente doivent avoir une réflectance solaire initiale de  $\geq 0,65$ . Après 3 ans, la réflectance solaire doit être  $\geq 0,50$ .
- Toits à forte pente doivent avoir une réflectance solaire initiale de  $\geq 0,25$ . Après 3 ans, la réflectance solaire doit être  $\geq 0,15$

*Cool Roofs* fournissent un certain nombre d'avantages : atténuation de la chaleur, consommation d'énergie réduite, réduction de la pollution atmosphérique et des émissions de gaz à effet de serre. Amélioration de la santé humaine et de confort.

Les revêtements rafraîchissants sur un toit à faible pente pourraient coûter 1,50-0,75 \$ par pied carré (8 à 16 \$ /m<sup>2</sup>), Le surcoût pour les toitures froides par rapport aux matériaux traditionnels sont de zéro à 5 ou 10% par mètre carré pour la plupart des produits, ou de 10 à 20 % pour un toit intégré avec un revêtement frais utilisé à la place de l'asphalte lisse ou d'un revêtement en aluminium. (Levinson, 2002)

Une étude menée en Californie (EPA, 2013) a révélé que les toitures froides économisent près de 50 % par pied carré par an. Ce nombre inclut la prime pour les produits de toiture rafraîchissante et l'augmentation des coûts de chauffage en hiver ainsi que les économies d'énergie en été et les coûts de main-d'œuvre et de matériel au fil du temps en raison de la durée de vie des toitures rafraîchissantes par rapport aux toits conventionnels.

### Refroidir les chaussées

Le terme se réfère actuellement aux matériaux qui reflètent le plus d'énergie solaire, améliorent l'évaporation de l'eau afin de rester plus frais que les revêtements classiques. Les matériaux de revêtement classiques peuvent atteindre des températures estivales maximales de 120-150 ° F (48-67 ° C) (EPA, 2013). En raison de la grande superficie couverte par les chaussées en milieu urbain (près de 30-45% de la couverture terrestre basée sur une analyse des quatre villes diversifiées géographiquement) (Rose, 2003), ils sont un élément important à considérer dans l'atténuation des îlots de chaleur. Refroidir les trottoirs peut être créé avec les technologies existantes (comme l'asphalte et le béton) ainsi que des approches plus récentes telles que l'utilisation de revêtements verts ou de l'herbe. Les technologies de la chaussée fraîche ne sont pas aussi avancées que d'autres stratégies d'atténuation des îlots de chaleur, et il n'existe aucune norme officielle ou un programme d'étiquetage pour désigner les matériaux, mais refroidir les chaussées permet de :

- Réduire le ruissellement des eaux pluviales et l'amélioration de la qualité de l'eau
- Réduction du bruit des pneus : ils peuvent réduire le bruit des pneus de deux à huit décibels et maintenir les niveaux de bruit en dessous de 75 décibels, bien que la réduction du bruit puisse diminuer au fil du temps (Glazier, 1991)
- Amélioration de la sécurité: les trottoirs de la chaussée perméables peuvent améliorer la sécurité en réduisant les projections d'eau de véhicules en mouvement et en augmentant la traction grâce à une meilleure évacuation de l'eau.
- Une meilleure visibilité de nuit: les trottoirs réfléchissants peuvent améliorer la visibilité de nuit, réduisant potentiellement les besoins d'éclairage.

LEED, Ou Leadership in Energy and Environmental Design:

Les systèmes d'évaluation LEED ont généralement 100 points plus six points d'innovation sur le plan de la conception et quatre points prioritaires régionaux, pour un total de 110 points. Les Projets obtiennent la certification s'ils gagnent des points en fonction des niveaux suivants:

- Certifié: 40-49 points
- Argent: 50-59 points
- Or: 60-79 points
- Platine: 80 points

Avec près de un milliard de mètres carrés de bâtiment participant aux systèmes de notation et 140000 de mètres carrés certifié par jour dans le monde *International LEED* vise à devenir un symbole mondial ce qui tend vraiment à le devenir. L'utilisation de LEED en dehors des États-Unis continue de croître rapidement. À la fin de 2012, environ 40% de tous les mètres carrés qui ont obtenu la certification LEED existait en dehors des États-Unis.

À la fin de l'année 2009, un total de 26 385 projets avait été enregistré avec l'US Green Building Council (USGBC), tandis que 4327 projets ont obtenu la certification LEED.

Cependant, il est important de noter que la part du parc immobilier qui est certifié LEED est encore très faible, 0.5 % pour les projets enregistrés et moins 0.1% pour les projets certifiés. En moyenne, les maisons certifiées LEED consomment de 20 à 30% de moins, elles peuvent être construites pour le même coût que les maisons traditionnelles et sont revendus plus cher en moins de temps que les maisons traditionnelles.

## **Annexe 2 :**

### **Démarche HQE: Démarche Haute Qualité Environnementale**

Volontaire, elle prend en compte, dans la réalisation d'un projet de construction et/ou d'aménagement, les critères environnementaux définis en 14 cibles regroupées en 4 familles: éco-gestion, écoconstruction, confort et santé. Dans le cadre de l'opération, un système de management environnemental est également mis en place.

### **DPE: Diagnostic de performance énergétique**

État des lieux énergétique d'un bâtiment. Il prend en compte les éléments de l'enveloppe et les équipements techniques et donne lieu à un classement en termes de consommation énergétique et d'émission de gaz effet de serre conventionnelle. Ce classement figure sur une étiquette énergie et climat. Il est obligatoire pour les bâtiments neufs et pour toute transaction immobilière (location et vente).

### **Energie primaire, finale, utile et grise:**

L'énergie finale (Ef) :

Elle correspond à l'énergie arrivant dans l'habitation avant sa transformation en énergie utile par le système choisi (par exemple : électricité du secteur, stère de bois...).

L'énergie finale n'est pas l'unité d'énergie utilisée pour comparer les consommations d'un bâtiment avec un autre.

L'énergie utile (eu) : correspond aux besoins bruts/primaires de l'enveloppe.

Elle correspond aux déperditions thermiques de l'enveloppe auxquelles on soustrait les apports passifs solaires ainsi que les apports thermiques provenant de l'activité humaine (métabolique) et du fonctionnement des appareils (apports utiles). Elle permet donc d'apprécier pleinement la performance thermique de l'enveloppe ainsi que la gestion des apports solaires. L'énergie utile équivaut aux besoins de chauffage à couvrir afin d'obtenir une température intérieure de confort prédéfinie

*Energie Utile*

= *Déperditions thermiques de l'enveloppe*

– *(Apports thermiques du métabolisme humain et du fonctionnement des appareils)*

L'énergie primaire (ep) : est utilisée en valeur de référence pour la plupart des labels.

Elle représente l'énergie réellement consommée avec prise en compte de la filière amont de production. Elle prend en compte la nature de l'énergie utilisée (solaire, bois, électricité...) et pondère donc l'énergie finale en fonction de l'impact environnemental de la ressource utilisée. Le vecteur de pondération énergétique est fixé par les pays pour chaque filière et peut varier du fait de la diversité de modes de production d'énergie employés.

L'énergie primaire correspond à des produits énergétiques dans l'état (ou proches de l'état) dans lequel ils sont fournis par la nature: charbon, pétrole, gaz naturel ou bois. (AITF, 2013)

### **Performance énergétique:**

Indicateur qui traduit la quantité d'énergie, calculée ou mesurée, nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques liés à une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut notamment l'énergie utilisée pour le chauffage des locaux, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement éventuel, la ventilation et l'éclairage. Plus la quantité d'énergie est faible et plus la performance énergétique est bonne (AITF, 2013).

## **Le coefficient de compacité:**

Le coefficient de compacité  $C$  est le rapport  $S/V$  entre la surface totale extérieure  $S$  des parois et le volume habitable  $V$ . Plus  $c$  est faible, plus le bâtiment est compact. Un coefficient  $c$  inférieur à 0,70 correspond à une très bonne compacité (Salomon, et al., 2004).

## **L'architecture bioclimatique**

L'architecture bioclimatique n'est pas chose nouvelle, nos ancêtres suivaient déjà la plupart de ses principes. Malheureusement, ce type de construction a été oublié pendant quelques temps et est remis au goût du jour récemment en y incluant des progrès de la technique.

Quelques principes qui guident la conception des maisons bioclimatiques :

**L'implantation et l'intégration au relief :** les façades vitrées sont à placer vers le sud et le bâtiment sera abrité par un talus ou un écran de végétation afin d'optimiser l'ensoleillement et de minimiser les pertes dues aux vents froids.

**Le volume de la maison :** une forme compacte est à préférer pour éviter les déperditions thermiques (en été comme en hiver). Afin d'augmenter le confort thermique, des matériaux tels que la dalle massive, l'argile, ...seront utiliser pour leurs propriétés d'inertie thermique et ainsi créer des accumulations de chaleur ou de fraîcheur.

**La disposition des pièces de vie :** Au Sud, peut accueillir une serre non chauffée. C'est un espace tampon, capteur de calories et de lumière habité temporairement. Au côté Nord, on place les pièces nécessitant peu de chauffage (garage cellier...) pour jouer le rôle de 'zone tampon' entre l'extérieur et l'habitation. C'est le principe de la « double enveloppe ».

**Des parois performantes :** permettant des gains en chaleur passive et en lumière naturelle

- L'inertie thermique : utilisation de matériaux lourds à l'intérieur ayant la capacité de stocker les calories (exemple : un sol en pierre sombre isolé dans une serre bien exposée), permettant un déphasage jour/nuit.
- L'isolation : performante et de préférence posée par l'extérieur pour réduire les ponts thermiques.
- Le vitrage : à placer de préférence au sud pour profiter des apports caloriques du soleil et de la lumière. Le double vitrage est de mise.
- Les matériaux : l'utilisation de matériaux 'bio', respirant et hygroscopiques permet une régulation naturelle de l'humidité ambiante.
- Les murs : les murs exposés au soleil doivent être plutôt sombres (les couleurs sombres accumulent le rayonnement solaire tandis que les couleurs claires le réfléchissent), l'entrée principale doit être protégée par un sas pour limiter l'entrée/sortie de l'air chaud ou froid (ÉCOCONSO, 2009)

## **Quelques techniques bioclimatiques spécifiques**

**Les serres bioclimatiques :** c'est volume vitré capteur, séparé du logement par une paroi munie de fenêtres ou de porte-fenêtre. C'est un espace tampon occultable, et naturellement ventilée. Sa conception (isolation, dimensionnement, sol, etc.) est très variable et peut mener à des bilans thermiques très différents.

**Les murs capteurs et les murs trombes :** c'est un mur constitué d'un vitrage disposé devant une paroi lourde, et séparé par une lame d'air. La masse du mur accumule, conduit et diffuse la chaleur par rayonnement vers l'intérieur de l'habitation.

Le mur trombe comporte en plus des orifices de communication entre la lame d'air et l'espace de vie, permettant aussi un transfert thermique par convection naturelle.

**Les puits canadiens** : c'est un échangeur thermique constitué de canalisations souterraines dans lesquels l'air transite avant d'arriver à la maison. Selon la saison, l'air s'y réchauffe ou s'y refroidit. A 2 m de profondeur, la température du sol est régulière et ne dépend pas de la météorologie.

**La ventilation** : elle permet de renouveler l'air intérieur pour satisfaire les besoins en oxygène, évacuer la vapeur d'eau et réduire les pollutions intérieures. Elle peut être naturelle ou mécanique, couplée à un système de récupération de la chaleur ou à un puits canadien.

Ce sont là quelques pistes à suivre pour construire ou rénover son habitat 'à la mode bioclimatique'. Mais, il ne faut pas perdre de vue que l'habitat bioclimatique est aussi un mode de vie réfléchi et qu'on peut aussi résoudre un certain nombre de problèmes énergétiques en adoptant quelques comportements simples, comme vivre avec le soleil, ouvrir et fermer des protections nocturnes en hiver (volets), opter pour du double vitrage, ne pas surchauffer son logement... faisant des occupants des habitants actifs de leur maison.

### **Solaire passif :**

**Facteur d'absorption** : rapport du flux d'énergie rayonnante absorbée par une surface au flux d'énergie reçue.

**Système à l'énergie solaire actif** : installation mécanique de chauffage ou de climatisation stockant et distribuant la chaleur du soleil dans le bâtiment au moyen de moteurs, de pompes ou de valves.

**Cote énergétique (CE)** : système de cotation permettant de comparer l'efficacité thermique des fenêtres dans des conditions hivernales moyennes.

**Capteur solaire à tube sous vide** : capteur solaire employant des tubes individuels scellés sous vide autour d'une plaque absorbante métallique.

**Capteur plan** : type le plus courant de capteur solaire, vitré ou non.

**Système d'alimentation hybride** : combinaison d'un système solaire passif et d'un système solaire actif ou utilisation de plus d'une sorte de combustible pour le même dispositif.

**Pellicule à faible émissivité** : revêtement mis en œuvre sur le verre d'une fenêtre pour réduire les pertes de chaleur de l'intérieur sans toutefois réduire les gains solaires de l'extérieur.

**Système à l'énergie solaire passif** : installation de chauffage ou de climatisation fonctionnant par gravité, mouvement de chaleur ou évaporation pour recueillir et transférer l'énergie solaire.

**Chaleur latente** : aussi appelée chaleur de transformation, c'est l'énergie calorifique absorbée ou libérée par une substance lors d'un changement d'état, p. ex. la glace qui se change en eau et l'eau qui se transforme en vapeur.

**Système de panneaux photovoltaïques (PV)** : système convertissant l'énergie solaire en électricité. Peut s'utiliser de façon autonome ou avec une autre source d'énergie. (Peut se raccorder au principal réseau d'alimentation).

Résistance thermique (R - mesure anglaise; RSI – mesure métrique) : mesure établissant la résistance au mouvement de la chaleur traversant un matériau ou un assemblage (valeur inverse de la valeur U).

Solarium : balcon fermé tenant lieu de capteur solaire.

Constante solaire ( $1350 \text{ W/m}^2$ ) : quantité moyenne d'énergie solaire atteignant les couches supérieures de l'atmosphère de la terre.

Chauffe-eau domestique solaire : appareil d'appoint au chauffe-eau domestique traditionnel. L'appareil le plus répandu comporte des capteurs plans vitrés dans un système contenant du glycol circulant dans un circuit de chauffage fermé.

Coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS) :

Le coefficient d'apport par rayonnement solaire (CARS) est une mesure utile de la capacité d'une fenêtre à laisser passer l'énergie solaire. Le CARS est la quantité de gains solaires qu'autorise une fenêtre, divisée par la quantité d'énergie solaire disponible sur sa paroi extérieure; il s'agit d'un chiffre se situant entre 0 (mur massif) et 1 (fenêtre ouverte).

Le CARS peut se mesurer pour la fenêtre, y compris son dormant, ou l'aire de vitrage. Plus le CARS est élevé, plus la fenêtre capte l'énergie solaire avec efficacité. Si la surchauffe cause un motif d'inquiétude, l'emploi de fenêtres à faible coefficient d'apport par rayonnement solaire permettra d'exclure l'énergie solaire pour ainsi réduire la charge de climatisation.

Sud solaire : direction à 180 degrés du nord géographique (et non du nord magnétique).

Verre adaptatif : vitrage dont les propriétés optiques ou de transmission de la lumière solaire peuvent varier sous l'effet de la lumière (photochrome), de la chaleur (thermo-chrome) ou d'un courant électrique (électro-chrome).

Capteur solaire à thermosiphon : système raccordé à une boucle de circulation naturelle de l'eau chaude.

Valeur U : mesure ( $\text{W/m}^2/^\circ\text{C}$ ) du mouvement de chaleur à travers un matériau ou un assemblage.

Intercalaire isolant : Coupure thermique ou matériau à faible conductivité séparant les couches de vitrage d'une fenêtre. (Robertson, et al., 2012)

## BIBLIOGRAPHIE

**AITF. 2013.** *Bâtiment Basse Consommation*. [PDF] Paris : AITF/EDF, 2013.

**Centers for Disease Control and Prevention.** Centers for Disease Control and Prevention. *Centers for Disease Control and Prevention*. [En ligne] usa.gov. [Citation : 25 08 2013.] <http://www.cdc.gov/>.

—. **2004.** *Extreme Heat: A Prevention Guide to Promote Your Personal Health and Safety*. s.l. : Centers for Disease Control and Prevention, 2004.

**Clark C. P, Adriaens et F B, Talbot. 2008.** Green roof valuation: a probabilistic economic analysis of environmental benefits. *Environmental Science and Technology*. 2008, Vol. 42, 6.

**Construction, McGraw-Hill. 2008.** *Energy Efficiency Trends in Residential and Commercial Buildings*. s.l. : U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2008.

—. **2010.** *Energy Efficiency Trends in Residential and Commercial Buildings*. s.l. : U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2010.

**ÉCOCONSO. 2009.** LES MAISONS BIOCLIMATIQUES. ÉCOCONSO. ÉCOCONSO, 2009, 156.

**ENERGY STAR. 2013.** Roof Products Key Product Criteria. *ENERGY STAR*. [En ligne] ENERGY STAR, 2013. [Citation : 25 09 2013.] [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=roof\\_prods.pr\\_crit\\_roof\\_products&\\_\\_utma=172919287.513586047..](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=roof_prods.pr_crit_roof_products&__utma=172919287.513586047..)

**EPA. 2013.** Cool Pavements. *EPA*. [En ligne] EPA, 29 Aout 2013. [Citation : 15 09 2013.] <http://www.epa.gov/heatisland/mitigation/pavements.htm>.

—. **2013.** Cool Roofs. *EPA*. [En ligne] EPA, 29 Aout 2013. [Citation : 15 09 2013.] <http://www.epa.gov/heatisland/mitigation/coolroofs.htm>.

—. **2012.** Green Building. *www.epa.gov*. [En ligne] EPA, 19 décembre 2012. [Citation : 10 08 2013.] <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/components.htm#energy>.

—. **2013.** Heat Island Impacts. *www.epa.gov*. [En ligne] EPA, 29 août 2013. [Citation : 05 09 2013.] <http://www.epa.gov/heatisland/impacts/index.htm>.

**Glazier, G. S. Samuels. 1991.** *Effects of Road Surface Texture on Traffic and Vehicle Noise*. [PDF] s.l. : Transportation Research Record, 1991. 1312:141-44..

**Greenroof. 2013.** The International Greenroof & Greenwall Projects Database. *greenroofs*. [En ligne] Greenroof, 2013. [Citation : 24 08 2013.] <http://www.greenroofs.com/projects/plist.php>.

**INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC. 2012.** About ICC. *INTERNATIONAL CODE COUNCIL*. [En ligne] INTERNATIONAL CODE COUNCIL, INC., juin 2012. [Citation : 12 05 2013.] <http://www.iccsafe.org/AboutICC/Pages/default.aspx>.

- J, Huang, H, Akbari et H, Taha. 1990.** *The Wind-Shielding and Shading Effects of Trees on Residential Heating and Cooling Requirements.* [PDF] Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1990.
- K, Liu et B, Baskaran. 2003.** *hermal Performance of Green Roofs through Field Evaluation.* [PDF] s.l. : National Research Council of Canada, 2003. NRCC-46412.
- Konopacki, S., L. Gartland, H. Akbari, I. Rainer. 1998.** *Demonstration of Energy Savings of Cool Roofs.* [PDF] s.l. : Lawrence Berkeley National Laboratory, 1998. LBNL-40673.
- Levinson, R., H. Akbari, S. Konopacki, and S. Bretz. 2002.** *Inclusion of Cool Roofs in Nonresidential Title 24 Prescriptive Requirements .* [PDF] Berkeley : Lawrence Berkeley National Laboratory, 2002. LBNL-50451.
- Lucas, ZT Taylor. Fernandez. RG. 2012.** *Methodology for Evaluating Cost-Effectiveness of Residential Energy Code Changes.* s.l. : Energy Code, 2012.
- McPherson, E.G., J. R. Simpson, P. J. Peper, S. E. Maco, and Q. Xiao. 2005.** Municipal forest benefits and costs in five US cities. *Journal of Forestry.* 2005, Vol. 103, 8.
- office energy efficiency renewable energy. 2002.** Building Energy Codes Program. *office energy efficiency renewable energy.* [En ligne] EERE, 2002. [Citation : 15 06 2013.] <http://www.energycodes.gov/>.
- Robertson, Keith et Athienitis, Andreas. 2012.** *L'énergie solaire pour les bâtiments.* [PDF] Québec : SCHL CMHC , 2012.
- Rose, L., H. Akbari, H. Taha. 2003.** *Characterizing the Fabric of the Urban Environment: A Case Study of Greater Houston.* [PDF] Houston : Lawrence Berkeley National Laboratory., 2003. LBNL-51448..
- S, Peck et M, Kuhn. 2003.** *Design Guidelines for Green Roofs.* s.l. : Canada Mortgage and Housing Corporation and the Ontario Association of Architects, 2003.
- Salomon, Thierry et Bedel, Stéphane. 2004.** *La maison des [néga]Watts: Le guide malin de l'énergie chez soi.* Mens : Terre vivante, 2004. 2-904082-77-8.
- Senate USA. 2004 .** *Clean Air Act.* s.l. : Senate USA, 2004 .
- Thomson Reuters business. 2013.** codes. *findlaw.* [En ligne] Thomson Reuters business, 2013. [Citation : 05 08 2013.] <http://codes.lp.findlaw.com/uscode/42/77/III/A/6294>.
- Watson, andace J. 2010.** *Impacts of the Urban Design and Planning on Energy Use and Consumption.* [PDF] Shaanxi China : s.n., 2010.

## Résumé :

Ce mémoire présente l'évolution de la situation énergétique de l'Algérie à la lumière de celui des États-Unis, du Canada et de la France, à travers l'étude comparative de la consommation énergétique globale, par secteur et par type d'énergie. L'examen des politiques énergétiques qui reflètent la situation énergétique, permet de déterminer les initiatives à entreprendre pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment aussi bien pour les particuliers que les pouvoirs publics.

Les mesures d'efficacité énergétique passives pour le bâtiment sont mises en vedette. Elles peuvent diviser le besoin énergétique total d'un bâtiment soumis aux données météorologiques locales.

La méthodologie de ce travail porte sur les méthodes numériques utilisant la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS et son interface TRNBuild.

Le résultat a montré que l'emploi des mesures d'efficacité énergétique passives, à savoir : la compacité du bâtiment, la répartition des pièces intérieures et l'emploi des fenêtres performantes bien réparties dotées d'une protection solaire permanente bien dimensionnée et l'isolation thermique pour la double murette en brique creuse améliore la performance énergétique de près de  $2/3$  ; par ailleurs l'utilisation de la botte de paille comme matériau de construction est la meilleure solution pour permettre un bénéfice énergétique au niveau du chauffage, alors que la pierre permet d'obtenir le meilleur profit au niveau de la climatisation.

Mots clés: Efficacité énergétique, Besoin énergétique, Performance, TRNSYS, Bâtiment, Simulation.

## Abstracts:

This thesis presents the evolution of the energy situation in Algeria with a comparison to the situation prevailing in the United States, Canada and France. A comparative study is carried out in order to investigate the overall energy consumption by sector and type of energy and the energy policies that reflect this situation, in order to determine the initiatives that should be taken to improve the energy efficiency of buildings for both individuals and the public authorities. The passive energy efficiency measures applied to buildings are being showcased, because these measures can divide the total energy demands of a building in the local weather data.

The methodology of this work is based on numerical methods by the dynamic thermal simulation using the simulation software TRNSYS and TRNBuild interface. The result showed that the use of passive energy efficiency measures: the compactness of the building, the distribution of internal rooms and efficient windows with permanent sun protection and thermal insulation for the double wall with hollow brick improves energy efficiency by nearly  $2/3$ , also the use of straw bale as a building material is the most efficient solution in heating, while the stone allows obtain the maximum benefit in term of cooling.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Requirement, Performance, TRNSYS, Building Simulation.

## المخلص:

تعرض هذه المذكرة تطور وضع الطاقة في الجزائر ومقارنته مع الوضع السائد في الولايات المتحدة، كندا وفرنسا، من خلال دراسة مقارنة لإجمالي استهلاك الطاقة حسب طبيعة القطاع وحسب نوع الطاقة واستعراض السياسات التي تعكس هذا الوضع، لتحديد المبادرات الواجب اتخاذها لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني من طرف كل من الأفراد أو السلطات العامة. ويتم عرض تدابير كفاءة استخدام الطاقة "السلبية" للمباني لأن هذه التدابير وحدها قادرة على أن تقسم احتياج الطاقة الكلي لمبنى يخضع للظروف الجوية المحلية.

وتستند منهجية هذا العمل على الطرق العددية من أجل محاكاة النماذج الحرارية الديناميكية باستخدام برنامج المحاكاة TRNSYS بواجهته TRNBuild. وأظهرت النتيجة أن استخدام تدابير كفاءة الطاقة السلبية: وهي دمج حجم المبنى، وتوزيع الغرف الداخلية والنوافذ الفعالة الموزعة بشكل جيد والوقاية الدائمة من الشمس والمصممة بشكل جيد والعزل الحراري لحائط مزدوج من الأجر المجوف يحسن كفاءة الطاقة بنسبة تقارب  $2/3$ ، ومن جهة أخرى فاستخدام القش كمادة بناء هو أفضل حل لتوفير الطاقة عند التدفئة، في حين يسمح الحجر بالحصول على أفضل فائدة بالنسبة للتكييف.

الكلمات المفتاحية: كفاءة الطاقة، احتياجات الطاقة، فعالية، TRNSYS، مباني، محاكاة.