



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I
Frères Mentouri Constantin I University
Université Frères Mentouri Constantine I

Faculté des sciences de la technologie
Département de génie climatique

Réf :

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de
Doctorat 3^{ème} cycle LMD en Génie Climatique

Présentée Par :

Meftah Nabil

Thème

**Analyse critique de la politique énergétique concernant la
promotion de l'efficacité énergétique dans le secteur du
bâtiment en Algérie.**

Spécialité: Génie climatique

Soutenue publiquement le 25 /04/2024 devant le jury composé de :

Pr. Gomri Rabah	Professeur université Constantine 1	Président
Pr. Mahri Zine Labidine	Professeur université Constantine 1	Rapporteur
Dr. Trad Abderrachid	Maitre de conférences université Constantine 1	Examineur
Pr. Chiba Younes	Professeur université de Médéa	Examineur
Dr. Taloub Djedid	Maitre de conférences université de Msila	Examineur
Dr. Ghellab Amel	Maitre de conférences université de Jijel	Examinatrice

« Année 2023-2024 »

Dédicace

À la mémoire de ma chère mère,

En ce jour de réussite, je ne peux m'empêcher de ressentir votre absence, chère maman. Votre amour, vos encouragements et votre sagesse continuent de guider mes pas. Cette thèse est dédiée à votre mémoire, un hommage à la force et à la détermination que vous m'avez inculquées.

À mon cher père,

Votre présence a été une source constante de force et de soutien. Vos conseils avisés et votre amour inconditionnel ont été des piliers essentiels tout au long de ce parcours. Cette réussite est également un témoignage de l'héritage précieux que vous avez partagé avec moi.

À ma bien-aimée femme,

Ton amour, ta patience et ton soutien inébranlable ont illuminé chaque étape de cette aventure. Merci d'avoir partagé ces moments avec moi et d'avoir été ma compagne dans cette quête de connaissance.

À mes précieux enfants, Khadidja et Mohamed,

Votre présence est la lumière qui a éclairé les jours sombres. Puissiez-vous grandir en gardant le souvenir de votre grand-mère dans vos cœurs, une source d'inspiration pour surmonter les défis avec grâce.

À mes frères Yacine et Brahim, et à mes sœurs Fatna et Faiza,

Votre soutien indéfectible a été le roc sur lequel je me suis appuyé dans les moments difficiles. Merci d'avoir partagé ce parcours avec moi.

À tous ceux qui me connaissent.

Meftah nabil

Remerciement

Avec l'aide de Dieu tout-puissant, j'ai pu accomplir ce modeste travail

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

*Tout d'abord, je souhaite exprimer ma gratitude envers mon directeur de thèse, le Professeur **Mahri Zine Labidine**. Votre guidance éclairée, votre soutien constant et votre expertise ont été des éléments cruciaux tout au long de ce parcours. C'est avec humilité que je reconnais l'influence positive de votre direction dans la réussite de ce travail.*

*Je souhaite également remercier le Professeur **Gomri Rabah**, chef du département de génie climatique, Votre leadership éclairé et vos orientations stratégiques ont créé un environnement propice à l'excellence.*

Un merci particulier aux membres du jury, dont la présence et l'expertise ont enrichi cette soutenance :

- *Pr **Chiba Younes**, Professeur à l'Université de Médéa, en tant qu'examineur.*
- *Dr**Taloub Djedid**, Maître de conférences à l'Université de Msila, en tant qu'examineur.*
- *Dr **Trad abderrachid** Maître de conférences à l'Université de Constantine 1, en tant qu'examineur.*
- *Dr **Ghellab Amel** Maître de conférences à l'Université de Jijel, en tant qu'examinatrice.*

Chacun de vous a joué un rôle crucial dans l'évaluation de ce travail, et je suis reconnaissant pour le temps et l'expertise que vous avez consacrés.

Enfin, ma gratitude s'étend à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à cette thèse. Votre soutien a été une source d'inspiration.

Que cette humble réalisation soit le reflet de l'apprentissage, de la collaboration et de la persévérance.

Ces remerciements seraient incomplets s'ils ne mentionnaient pas tous les membres de ma famille qui m'ont soutenu durant cette recherche.

Résumé

Tous les pays du monde cherchent à rationaliser la consommation d'énergie dans les bâtiments, en Algérie la consommation d'énergie ne cesse de croître, et la tendance n'est pas prête à s'inverser ces dernières années, malgré les initiatives qui visent à freiner la demande d'énergie, pour réaliser cet objectif, l'Algérie a instauré une politique énergétique pour minimiser cette consommation à l'horizon 2030.

Cette thèse a pour objectif d'évaluer les mesures mises en place par le gouvernement algérien à travers une étude comparative des politiques adoptées par les pays du monde, notamment en matière de réglementation thermique dans les bâtiments.

L'étude a conclu qu'il est nécessaire d'activer un certain nombre de mesures pour améliorer l'efficacité énergétique et renforcer l'utilisation des énergies renouvelables pour atteindre les objectifs fixés.

Mots clés: *politique énergétique, efficacité énergétique dans le bâtiment, réglementation thermique, Trnsys, transfert thermique*

Abstract

All countries in the world are seeking to rationalize energy consumption in buildings, in Algeria energy consumption continues to grow, and the trend is not about to be reversed in recent years. Despite the initiatives aimed at curbing energy demand, in order to reach this objective, Algeria has introduced an energy policy to minimize this consumption by 2030.

This thesis aims to evaluate the measures launched by the government through a comparative study of the policies adopted by countries around the world, particularly in terms of thermal regulation in buildings.

The study concluded that it is necessary to activate a number of measures to improve energy efficiency and strengthen the use of renewable energies to achieve the objectives set.

Keywords: *Energy consumption, Energy efficiency, Energy policy, Building thermal regulations, Heat transfer*

تسعي كل دول العالم إلى ترشيد استهلاك الطاقة في المباني، في الجزائر تزايد استهلاك الطاقة بشكل كبير في السنوات الأخيرة، وللمحد من هذا الطلب المتزايد وضعت الجزائر سياسة لتعزيز من كفاءة الطاقة ضمن برامج للتنمية الطاقات المتجددة والفعالية الطاقوية أفاق2030. تهدف هذه الأطروحة إلى تقييم التدابير التي أطلقتها الحكومة من خلال دراسة مقارنة للسياسيات المنتهجة من طرف دول العالم خاصة فيما يتعلق بالتنظيم الحراري في المباني. خلصت الدراسة إلى ضرورة تفعيل جملة من الإجراءات لتحسين النجاعة الطاقوية و تعزيز استخدام الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة.

الكلمات الدالة

استهلاك الطاقة، الكفاءة الطاقوية، سياسة الطاقة، التنظيم الحراري في المباني، نقل الحرارة

Chapitre 1 : Classification énergétique des bâtiments, labels et audit.....	13
1.1 Classification énergétique d'un bâtiment.....	13
1.2 Différentes labels énergétique des bâtiments.....	14
1.2.1 BBC-Effinergie.....	14
1.2.2 Passiv-hauss.....	15
1.2.3 Minergie.....	15
1.2.4 Breeam.....	16
1.2.5 Leed.....	16
1.2.6 Label HQE.....	17
1.2.7 BCA green mark.....	17
1.3 Différents bâtiments à efficacité énergétique.....	19
1.3.1 Bâtiments à basse consommation.....	19
1.3.2 Habitat passif.....	19
1.3.3 Bâtiments à énergie positive.....	19
1.3.4 Maisons à zéro énergie.....	19
1.4 Diagnostic de performance énergétique.....	20
1.5 Audit énergétique d'un bâtiment.....	22
1.5.1 Audit énergétique en Algérie.....	22
1.5.2 Audit énergétique en Europe.....	23
Chapitre 2 : Etude comparative de la consommation énergétique en Algérie et dans le monde ...	26
2.1 Etude comparative de la consommation énergétique en Algérie, Etats-Unis, chine et France 27	
2.1.1 En Algérie.....	27
2.1.2 En USA.....	27
2.1.3 En Chine.....	27
2.1.4 En France.....	28
2.2 Consommation de pétrole.....	28
2.2.1 En Algérie.....	28
2.2.2 En USA.....	28
2.2.3 En Chine.....	29
2.2.4 En France.....	29

2.3	Consommation de gaz	29
2.3.1	En Algérie	29
2.3.2	En USA	29
2.3.3	En Chine.....	30
2.3.4	En France	30
2.4	Consommation de l'électricité	30
2.4.1	En Algérie	30
2.4.2	En USA	30
2.4.3	En Chine.....	31
2.4.4	En France	31
2.5	Emissions de CO ₂	32
2.5.1	Comparaison d'émission de CO ₂ entre l'Algérie et ETATS –UNIS.....	33
2.5.2	Comparaison d'émission de CO ₂ entre l'Algérie et la chine	33
2.6	Etude comparative de la consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie, Etats-Unis, Chine et France	34
2.6.1	En Algérie	34
2.6.2	En USA	36
2.6.3	En Chine.....	38
2.6.4	En France	39
2.7	Etude comparative de la consommation énergétique finale par secteur en Algérie, Etats-Unis, Chine et France	41
2.7.1	En Algérie	41
2.7.2	En USA	42
2.7.3	En Chine.....	43
2.7.4	En France	45
	Conclusion	46
	Chapitre 3 : Etude comparative des politiques liées à l'efficacité énergétique en Algérie et dans le monde	47
3.1	Programmes et mesures incitatives adoptées pour la promotion de cette efficacité	48
3.1.1	Points positifs de ces programmes	48
3.1.2	Défis et les points d'amélioration de ces programmes.....	48
3.1.3	Plan d'action en matière d'efficacité énergétique	49
3.1.3.1	Programme Eco-Bat	51
3.1.3.2	Programme Prop-air.....	52
3.1.3.3	Programme Al-sol.....	53

3.1.3.4	Programme Top-industrie	53
3.1.3.5	Eco-lumière.....	54
3.1.4	Programme national d'efficacité énergétique	55
3.2	Difficultés rencontrées dans l'application de ces mesures en Algérie	56
3.2.1	Barrières au développement d'efficacité énergétiques des énergies renouvelables 56	
3.2.1.1	Barrières économiques.....	57
3.2.1.2	Barrières techniques	57
3.2.1.3	Barrières institutionnelles	57
3.2.1.4	Barrières socioculturelles	58
3.3	Insuffisances relevées dans ces mesures.....	58
3.3.1	Insuffisance liée à la politique	58
3.3.1.1	Dispositifs de financements.....	58
3.3.1.2	Coopération internationale et l'investissement dans le domaine énergétique ..	59
3.3.1.3	Insuffisance liée à l'application des mesures	59
3.3.1.4	Difficultés en matière de coordination.	61
3.3.1.5	Obstacles liée à l'investissement (réalisation des nouveaux projets).....	61
3.3.2	Difficultés et obstacles lié à la transition énergétique en Algérie	62
3.3.2.1	Obstacles liés à la gouvernance	62
3.3.2.2	Financement de la transition énergétique	63
3.3.2.3	Expertise et obstacles technologiques.....	65
3.3.2.4	Accès à l'énergie et la question des subventions	67
3.4	Possibilités d'améliorations de ces mesures.....	68
3.4.1	Financement de transition énergétique.....	68
3.4.2	Suivi de l'évolution de l'efficacité énergétique	69
3.4.3	Leviers d'intervention des Pouvoirs Publics pour Favoriser l'Efficacité Énergétique 69	
3.4.4	Coopération internationale dans le domaine d'efficacité énergétique.....	70
3.4.5	Evaluation des politiques d'efficacité énergétique.....	71
3.4.6	Structures institutionnelles impliquées dans la politique liée à l'efficacité énergétique	71
3.4.7	Aspects recherche et développement liés au PNEREE.....	72
3.4.8	Aspects réglementaires liés au PNEREE	72
	Conclusion	75

Chapitre 4 : Etude comparative de la réglementation thermique adoptée en Algérie et dans le monde	78
4.1 Réglementation thermique algérienne	79
4.1.1 Présentation de la réglementation thermique RT 2016	81
4.1.1.1 Données climatiques de la réglementation thermique	82
4.1.2 Description de la réglementation thermique	82
4.1.2.1 Exigence de la réglementation thermique	83
4.1.2.2 Les règles de calcul des apports et de déperditions	84
4.1.3 Insuffisances relevées dans cette réglementation	87
4.1.3.1 RTB2016 s'appliquent qu'aux bâtiments neufs.....	87
4.1.3.2 Absence d'évaluation énergétique des équipements HVAC et les performances de l'enveloppe du bâtiment	87
4.1.3.3 Règlement fournit une méthodologie de dimensionnement des systèmes de chauffage et de climatisation, avec absence d'indication de l'efficacité	88
4.1.4 Possibilités d'améliorations de cette réglementation	88
4.1.4.1 Exigence de l'obtention du permis de construire à la réalisation des vérifications thermiques réglementaires.....	88
4.1.4.2 Limité de transmission thermique conformément aux coefficients de référence88	
4.1.4.3 Exigence de l'évaluation des efficacités énergétiques des systèmes HVAC.....	89
4.1.4.4 Exigence d'intégration des énergies renouvelables.....	89
4.1.4.5 Application de la RTB sur les bâtiments neufs et existes (rénovation énergétique).....	90
4.2 Différents réglementations thermique dans le monde	92
4.2.1 Réglementation thermique française	92
4.2.2 La réglementation thermique canadien.....	96
4.2.2.1 Évolution du code énergétique des bâtiments du Canada	96
4.2.2.2 Économies d'énergie grâce au respect du code	98
4.2.2.3 Démonstration de la conformité	99
4.2.3 Réglementation thermique des Etats-Unis	100
4.2.4 Réglementation thermique chinoise	101
Conclusion	103
Chapitre 5 : Modélisation et simulation du comportement thermique d'un bâtiment d'habitation	106
5.1 Introduction	106
5.2 Présentation de cas d'étude	107

5.3	Vérification de conformité de cas d'étude	111
5.3.1	Calcul d'hiver	111
5.3.2	Calcul d'été	112
5.4	Méthodologie de l'étude et simulation des besoins énergétique	113
5.5	Présentation de l'outil de simulation	113
5.5.1	Logiciel Trnsys.....	113
5.5.2	Meteonorme	114
5.5.3	Paramétrage de cas de base.....	114
5.6	Estimation des besoins énergétiques en chauffage et en climatisation.....	116
5.6.1	Les mesures de l'efficacité énergétique passives	116
5.6.2	Simulation numérique.....	117
5.6.2.1	Impact de l'isolation thermique.....	117
5.6.2.2	Impacte de type de fenêtre	117
5.6.2.3	Impact de la compacité du bâtiment	118
5.6.2.4	Impact de l'orientation du bâtiment.....	118
5.6.2.5	Impact de changement de température extérieur et température de consigne.....	118
5.6.3	Résultats et discussion	119
5.6.3.1	Impact de l'isolation.....	119
5.6.3.2	Impact de type des fenêtres	120
5.6.3.3	Impact des surface vitrées	121
5.6.3.4	Impact de compacité.....	131
5.6.3.5	Impact de l'orientation.....	132
5.6.3.6	Résultats de simulation pout changement de température extérieur et température de consigne	135
5.6.4	Validation des résultats de la simulation	136
5.6.5	Résumé des solutions énergétique passives dans le secteur bâtiments	137
	Conclusion	138
	Conclusion générale	141
	Références bibliographiques	143

Tableau 1-1 : Tableau récapitulatif des principaux labels européens	18
Tableau 3-1 : Degré de réalisation des objectifs du programme de développement des énergies renouvelables en Algérie pour 2020	60
Tableau 3-2 : Objectif et description de la mesure.....	70
Tableau 3-3 : Mesures réglementaire	70
Tableau 4-1 : Evolution de la réglementation thermique algérienne.....	81
Tableau 4-2 : Evolution de la réglementation thermique française	93
Tableau 5-1 : Données climatiques du bâtiment.....	107
Tableau 5-2: Données dimensionnel du bâtiment	108
Tableau 5-3: Caractéristiques des matériaux	108
Tableau 5-4 : Compositions des murs extérieures	108
Tableau 5-5 : Compositions des murs intérieures	109
Tableau 5-6 : Composition de plancher bas	110
Tableau 5-7:Composition de Toiture	110
Tableau 5-8: Caractéristiques des fenêtres.....	111
Tableau 5-9 : Consigne de température selon DTR 2016.....	113
Tableau 5-10 : différentes variantes de simulation	117
Tableau 5-11 : Type de vitrage utilisé	118
Tableau 5-12: Résultats de simulation isolation thermique	120
Tableau 5-13 : Besoin énergétique en fonction de type de fenêtre.....	120
Tableau 5-14 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade Est)	122
Tableau 5-15 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade NORD)	122
Tableau 5-16 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade ouest).....	123
Tableau 5-17 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade sud)	124
Tableau 5-18 : Besoin énergétique de chauffage	125
Tableau 5-19 : Besoin énergétique de climatisation	126
Tableau 5-20 : Besoin énergétique de chauffage	127
Tableau 5-21 : Besoin énergétique de climatisation	127
Tableau 5-22: Besoin énergétique de chauffage	128
Tableau 5-23: Besoin énergétique de climatisation (N, E, O, S) fenêtre peu émissif	129
Tableau 5-24 : Résultats de simulation de compacité du bâtiment	131
Tableau 5-25 : Résultat de simulation pour changement des températures de consigne	135
Tableau 5-26: Résultat de simulation pour changement des températures extérieur de base....	135

Figure 1-1 : Consommation énergétique en KWH /m ² .an	14
Figure 1-2 : Le diagnostic de la performance énergétique	21
Figure 1-3 : Audit énergétique d'un bâtiment.....	22
Figure 1-4 : Schéma des aspects de l'audit énergétique d'un bâtiment.....	23
Figure 1-5 : Processus d'un audit énergétique	24
Figure 2-1 : Emission de CO ₂ En Algérie/ USA	33
Figure 2-2 : Emissions de CO ₂ en Algérie et la Chine	33
Figure 2-3 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie (2010)	35
Figure 2-4 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie (2015)	35
Figure 2-5 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie (2017)	36
Figure 2-6 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Usa (2010)	36
Figure 2-7 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Usa (2015)	37
Figure 2-8 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Usa (2017)	37
Figure 2-9 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Chine (2010)	38
Figure 2-10 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Chine(2015)	38
Figure 2-11 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Chine (2017)	39
Figure 2-12 : Consommation énergétique par forme d'énergie en France (2010).....	39
Figure 2-13 : Consommation énergétique par forme d'énergie en France (2015).....	40
Figure 2-14 : Consommation énergétique par forme d'énergie en France (2017).....	40
Figure 2-15 : Consommation finale par secteur en Algérie (2010).....	41
Figure 2-16 : Consommation finale par secteur en Algérie (2015).....	41
Figure 2-17 : Consommation finale par secteur en Algérie (2017).....	42
Figure 2-18 : Consommation finale par secteur en usa (2010)	43
Figure 2-19 : Consommation finale par secteur en usa (2015)	43
Figure 2-20 : Consommation finale par secteur en chine (2010)	44
Figure 2-21: Consommation finale par secteur en chine (2015)	44
Figure 2-22 : Consommation finale par secteur en France (2010)	45
Figure 2-23 : Consommation finale par secteur en France (2015)	45
Figure 3-1 : Les sources énergétiques en Algérie	55
Figure 3-2 : Evolution des coûts de la production d'électricité issue de sources renouvelables	60
Figure 4-1 : Les zones climatiques en Algérie.....	82
Figure 4-2 :Estimation de production des énergies renouvelables en Algérie.....	90
Figure 4-3 : Capacité de production électrique des énergies renouvelables en Allemagne 2008-2018	90
Figure 4-5 : Evolution de la réglementation thermique française.....	95
Figure 4-6 : Evolution de la réglementation thermique française.....	96
Figure 4-7 : Méthode de conformité énergétique.....	99
Figure 4-8 : Les réglementations thermiques verts	101
Figure 5-1 : Plan de masse de maison dar El-Beida	107

Figure 5-2 : OUTWALL composition	109
Figure 5-3 : Intwall composition	109
Figure 5-4 : Ground composition	110
Figure 5-5 : Roof composition	111
Figure 5-6 : FichierMeteonorm cas Dar-Elbeida Algérie	114
Figure 5-7 : Evolution annuelle de température a dar El-Beida	115
Figure 5-8 : Montant des factures énergétiques mensuelles (cas dar El-Beida) année 2023	115
Figure 5-9 : Trois formes simulation de l'impact de compacité du bâtiment	118
Figure 5-10 : Performance énergétique selon les variantes de simulation.....	120
Figure 5-11 : Besoin énergétique du bâtiment en fonction des types des fenêtres	121
Figure 5-12 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade Est)	122
Figure 5-13 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade NORD)	123
Figure 5-14 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade ouest)	124
Figure 5-15 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade sud)	125
Figure 5-16 : Besoin énergétique de chauffage (N, E, O, S) type double vitrage	126
Figure 5-17: Besoin énergétique de climatisation (N, E, O, S) type double vitrage.....	126
Figure 5-18: Besoin énergétique de chauffage (N, E, O, S) typetriple vitrage.....	127
Figure 5-19: Besoin énergétique de climatisation triple vitrage (N, E, O, S)	128
Figure 5-20: Besoin énergétique de chauffage (N, E, O, S) fenêtre peu émissif	129
Figure 5-21 : Besoin énergétique de climatisation (N, E, O, S) fenêtre peu émissif	130
Figure 5-22: Besoin énergétique annuel avec trois formes de compacité.....	131
Figure 5-23 : Impact de la compacité du bâtiment.....	132
Figure 5-24 : Impact de l'orientation du bâtiment	132
Figure 5-25 : Position du soleil dans le ciel.....	133
Figure 5-26 : Besoin énergétique de climatisation et chauffage en fonction d'orientation	134
Figure 5-27 : Besoin énergétique total selon orientation	135

Abréviations et acronymes

APRUE: Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'utilisation de L'énergie.

CNERIB: Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment

CEREFEE

DTR: Documents Techniques Réglementaires

CO₂: dioxyde de carbone

GES: gaz à effet de serre

GPL: gaz de pétrole liquéfié

GPL /c: Gaz de pétrole liquéfié carburant

GNc: gaz naturel carburant

KWH: kilo watt heure

Tep: tonne équivalent pétrole

Tb,e: Température extérieur de bas (hiver)

TSb,e: Température extérieur de base sèche (été)

EAT: Ecart annuel de température

Eb : Ecart diurne

Hr,e: Humidité relative extérieur

Hsb,e: Humidité spécifique

Ti,h: Température intérieur (hiver)

Ti,e: Température intérieur (été)

Er,i: Ecart diurne

Hr,e: Humidité relative intérieur

HSb,e: Humidité spécifique intérieur

Ti,h: Température intérieur (hiver)

Ti,e: Température intérieur (été)

Er,i: Ecart diurne

Hr,e: Humidité relative intérieur

HSb,e: Humidité spécifique intérieur

Le monde est confronté à des défis énergétiques sans précédent qui exigent une attention immédiate. La demande croissante, les ressources limitées, les impacts environnementaux et la nécessité de transition vers des sources durables sont autant de défis qui façonnent le paysage énergétique mondial. L'Algérie, en tant que nation dynamique au sein du paysage énergétique mondial, ne fait pas l'exception aux défis cruciaux qui se présentent, des défis qui nécessitent une mobilisation conjointe des efforts pour construire un modèle de consommation énergétique plus performant basé sur le mix énergétique, le conflit russo-ukrainien et son évolution ne laisse aucun doute que le monde va subir une mutation profonde à tous les niveaux économique et énergétique[1].

En Algérie la priorité c'est d'assurer une sécurité énergétique, mais ce n'est pas un objectif facile à atteindre, un défi à relever en matière de maîtrise de la consommation interne, pour cela, l'Algérie a mis en œuvre une politique énergétique à travers le lancement d'un programme national de l'efficacité énergétique (PNEE) à l'horizon 2030 (APRUE, 2015)

Ce programme vise généralement la réduction de la consommation énergétique de 9 %

Le présent travail a pour objectif d'évaluer l'efficacité énergétique dans le secteur bâtiment en se basant sur l'analyse des dispositifs publics qui visent à réduire la consommation énergétique. L'écart entre la planification et la réalisation en matière de politique énergétique résulte de l'insuffisance des mesures mises en place[2].

Dans une seconde phase, il est essentiel d'examiner les lacunes présentes dans la réglementation thermique des bâtiments adoptée en Algérie. Cette analyse vise à identifier de manière approfondie les critères de mise en œuvre de cette réglementation. Ainsi, en examinant de près la manière dont les étapes initialement définies pour la mise en œuvre de cette réglementation thermique, en particulier dans sa dernière version de 2016, sont effectivement suivies, et en tenant compte de l'absence de suivi et d'évaluation des actions concrètes réalisées, par exemple, des normes dépassées, déficit dans le suivi et l'évaluation, manque de coordination intersectorielles, absence d'incitations financières et des lacunes dans les contrôles peuvent être citées comme illustrations[3].

Il apparaît clairement que les divers mécanismes mis en œuvre ne suffisent pas à remédier significativement au déficit d'efficacité énergétique, d'une part, certaines barrières persistent car aucun outil approprié n'a été mis en place, et d'autre part, certains obstacles ne sont que partiellement résolus.

L'analyse de l'efficacité énergétique vise à évaluer l'impact réel des dispositifs adoptés, c'est-à-dire à déterminer dans quelle mesure ces interventions "renforcées" parviennent à surmonter les barrières qui n'ont pas pu être éliminées par les dispositifs actuels.

Le présent manuscrit contient deux parties : une partie théorique et une partie réservée la simulation.

Le premier chapitre porte sur état de l'art sur la classification énergétique des bâtiments par rapport à leur consommation d'énergie.

Le chapitre 2 traite la consommation énergétique en Algérie et dans le monde (dans tous les secteurs : industrie, transport, et spécifiquement dans le secteur du bâtiment).

Le chapitre 3 concerne l'étude comparative des politiques liées à l'efficacité énergétique en Algérie et dans le monde : Programmes et mesures incitatives adoptées pour la promotion de cette efficacité, Nous présentons les programmes et les mesures incitatives lancés par l'état algérien et les difficultés rencontrées dans l'application de ces mesures en Algérie, dans le deuxième axe nous présentons les insuffisances relevées dans ces mesures et les possibilités de leurs améliorations.

Le chapitre 4 traite le sujet de la réglementation thermique, il s'agit de faire une étude comparative de la réglementation thermique adopter en Algérie et dans le monde, leur impact sur la réduction de la consommation énergétique dans le secteur bâtiment, et de relever ensuite les insuffisances dans cette réglementation et de voir les possibilités d'améliorations.

Le chapitre 5 porte sur la modélisation et la simulation numérique du comportement thermique de bâtiment ou on intègre les mesures d'efficacité énergétique passives, la première étape décrit la sélection des bâtiments ainsi que les sites à utiliser dans cette étude, la deuxième phase est l'analyse des résultats obtenus, dans l'objectif de mettre en évidence certaines insuffisances relevées dans la réglementation thermique et de proposer des éventuelles améliorations.

Finalement, une conclusion générale synthèse les résultats de cette recherche.

Chapitre 1

Introduction

La classe énergétique est un indicateur fiable de la consommation, c'est un système de notification qui est synthétisée dans l'étiquette énergie comme les appareils électroménagers par exemple, le but principal de cette classification est de connaître la consommation énergétique d'un logement.

La classification énergétique des bâtiments est étroitement liée au diagnostic de performance énergétique, ce dernier doit être établi par un professionnel agréé permettant d'assurer son impartialité et la prise en charge tous les exigences définies par l'état, il existe des simulateurs permettent d'évaluer l'éventuel travail de rénovation énergétique, le diagnostic de performance énergétique est un diagnostic réalisé en France sur des biens immobiliers. C'est un des documents faisant partie du dossier de diagnostics techniques. En France un nouveau diagnostic de performance énergétique est entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2021, des améliorations majeurs ont été ajouté, des enjeux importants pour l'enrichir, il est réalisé au sein d'une maison et a pour objectif d'informer le locataire, acheteur et le propriétaire sur la quantité d'énergie utilisée par le bâtiment et les émissions de gaz à effets de serre, ce type de diagnostic s'inscrit dans le cadre de la politique énergétique afin de réduire la consommation énergétique des bâtiments est de limiter les émissions de gaz à effet de serre ; l'établissement du diagnostic de performance énergétique sont réglementés[4].

Un diagnostic de performance énergétique décrit le bâtiment (surface, orientation, murs, fenêtres, matériaux ...ext), ainsi que ces équipements de chauffage, de refroidissements, de production d'eau chaude, la ventilation.

La lecture du diagnostic de performance énergétique est facilitée par deux étiquettes a 7 classes de A à G (A correspondant à la meilleur performance énergétique, G à la plus mauvaise), le diagnostic comprend également des suggestions qui permettent de connaître les mesures les plus efficace pour la réduction de consommation énergétique, un diagnostic de performance énergétique a pour objectif d'inciter à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments[5].

Pour déterminer la classe énergétique d'un bâtiment, il est possible de réaliser un diagnostic de performance énergétique ou un audit énergétique.

L'audit énergétique est plus approprié dans le cadre de travaux de rénovation énergétique car il est basé sur un bilan et de recommandations plus détaillé.

Chapitre 1 : Classification énergétique des bâtiments, labels et audit

1.1 Classification énergétique d'un bâtiment

Le concept de classe énergétique naît en 1992 à l'échelle de l'Union européenne, l'idée est de créer un classement de consommation énergétique pour permettre aux consommateurs de comparer les performances énergétiques, aujourd'hui, la grande majorité des classifications énergétiques donnent des notes allant de A à G.

Actuellement, toutes les habitations en France se voient attribuer une classe énergétique lors du diagnostic de performance énergétique (DPE). Ce DPE doit obligatoirement être présenté lors de la mise en vente ou location d'un bien immobilier ; il vise à informer le futur occupant des performances énergétiques qui peuvent être attendues de cet appartement ou maison[6].

Pour aider les consommateurs à se repérer facilement, ces classements utilisent également un code couleur. Le vert correspond au A et le rouge au G.

Le classement énergétique d'un appartement ou d'une maison est présenté sous la forme d'une lettre, qui va de A (bâtiment économe en énergie) à G (bâtiment gourmand en énergie). La signification du classement énergie d'un logement est la suivante :

- ✓ Catégorie A: le logement consomme moins de 50 kwh/m²/an
- ✓ Catégorie B: le logement consomme entre 51 et 90 kwh/m²/an
- ✓ Catégorie C: le logement consomme entre 91 et 150 kwh/m²/an
- ✓ Catégorie D: le logement consomme entre 151 et 230 kwh/m²/an
- ✓ Catégorie E: le logement consomme entre 231 et 330 kwh/m²/an
- ✓ Catégorie F: le logement consomme entre 331 et 450 kwh/m²/an
- ✓ Catégorie G: le logement consomme plus de 450 kwh/m²/an

Comme indiqué ci-dessus (Figure 1-1), la classe énergétique sont données en fonction de la consommation d'énergie par année et par m².

Chapitre 1

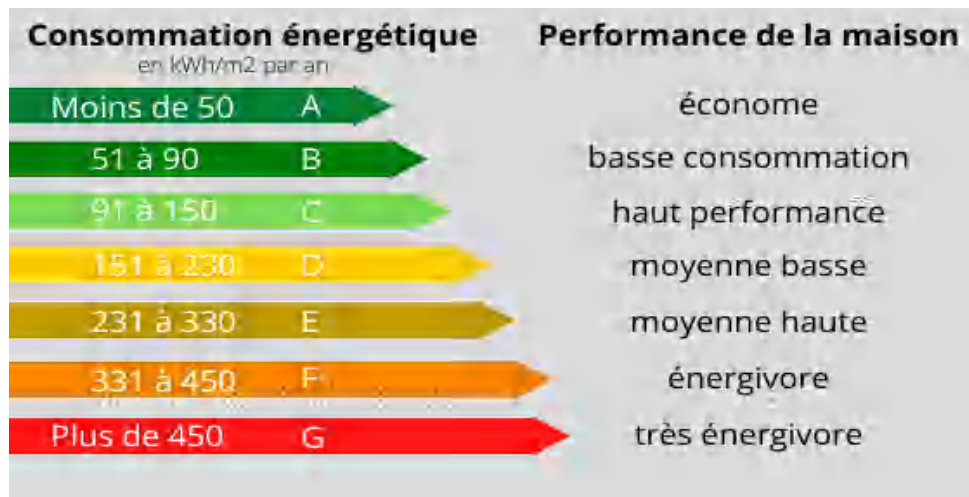


Figure 0-1 : Consommation énergétique en KWH /m².an [7].

Le kwh/m²/an, représente la consommation en énergie à anticiper par mètre carré et par an[8].

Il est évident qu'un logement de catégorie F ou G est un logement qui souffre de nombreux ponts thermiques et d'une isolation médiocre.

Au contraire, une maison de catégorie A ou B est une maison parfaitement isolée, et qui sera économe en énergie.

1.2 Différentes labels énergétique des bâtiments

La certification énergétique des bâtiments comprend des programmes et des politiques qui évaluent la performance d'un bâtiment et ses systèmes de services énergétiques.

Les systèmes d'évaluation des bâtiments durables aident les concepteurs à relever les défis environnementaux et à réduire l'empreinte carbone des bâtiments grâce à des exigences en matière de planification, de conception et de construction des installations à haute performance, des différents systèmes de classification sont développés pour différents types de bâtiments et structures nouvelles ou existantes[9], Elle peut être volontaire ou obligatoire pour tout ou une partie du secteur des bâtiments et de la construction. En citant les systèmes mondiaux suivant :

1.2.1 BBC-Effinergie

BBC-Effinergie est un label français de performance énergétique des bâtiments. Opter pour une construction ou un projet de construction labellisée BBC (Bâtiment à Basse Consommation), c'est bénéficier d'un grand confort au sein de l'habitat, en été comme en hiver, grâce à des performances énergétiques élevées. De plus, investir dans un habitat BBC c'est aussi se garantir une facture d'énergie minimale.

Ce logement vous garantit une haute performance énergétique grâce à :

Chapitre 1

- ✓ Une isolation optimisée.
- ✓ Une bonne étanchéité à l'air, notamment aux endroits sensibles (fenêtres, portes).
- ✓ Une ventilation contrôlée permanente de type double flux, qui assure confort et qualité de l'air.
- ✓ Une orientation favorisant la lumière naturelle.
- ✓ L'utilisation d'énergies renouvelables pour le chauffage, le rafraîchissement et l'eau chaude sanitaire,

Afin d'obtenir ce label, la consommation d'énergie dans le cas de logements neufs, ne doit pas dépasser les 50 kWh /m².an et aux cas de logement résidentiel existants ne doit pas dépasser 80kWh /m².an[10].

1.2.2 Passiv-hauss

Passiv-Haus est un label allemand de performance énergétique des bâtiments, ce label a pour but de créer des bâtiments passifs qui consomment très peu d'énergie en se basant sur l'utilisation des apports de chaleurs solaires, d'électroménagers, humaines, etc.

La maison passive converse la chaleur de toutes ces sources à l'intérieur grâce à une isolation thermique de haute performance dans les murs, les sols[11], les toits et les fenêtres.

Les principaux critères du Label Passiv-Haus

- ✓ Besoin de chaleur et chauffage : $\leq 15 \text{ kwh/m}^2/\text{an}$
- ✓ Besoin énergie primaire : $\leq 120 \text{ kwh/m}^2/\text{an}$
- ✓ Etanchéité à l'air : $\leq 0.6 \text{ v/h}$ sous 50 Pascal
- ✓ Pont thermique: $\phi \leq 0.01 \text{ W/m.k}$

1.2.3 Minergie

Le label Minergie est un label Suisse de confort et de performance énergétique pour les bâtiments neufs et rénovés, ce label repose sur les piliers suivants : une bonne isolation de l'enveloppe du bâtiment, un approvisionnement énergétique hautement efficace basé sur les sources d'énergies renouvelables et un renouvellement contrôlé de l'air.

Il existe plusieurs labels disponibles en fonction des objectifs de performance.

- ✓ *MINERGIE – Standard*

Dans le neuf : 38 kwh/m²/an

Dans la rénovation : 60 kwh/m²/an

- ✓ *MINERGIE – P (Passif)*

30 kwh/m²/an avec un besoin de chauffage inférieur à 15 kwh/m²/an

Chapitre 1

✓ MINERGIE ECO – MINERGIE P ECO

Ce label est destiné pour l'évaluation de la performance écologique (Certification depuis la suisse)[12].

1.2.4 Breeam

BREEAM « Building Research Establishment Environmental Assessment Method » est un standard Britannique de certification bâtiment le plus répandu à travers le monde. Chaque type de bâtiment a son référentiel d'évaluation (BREEAM Habitations, Etablissement scolaires, Hôpitaux, International, Tribunaux, Industriel, Bureaux, centres commerciaux, ...).

L'évaluation BREEAM, simple et pragmatique, permet, grâce à une rapide analyse, de calculer la performance environnementale d'un bâtiment.

Critères de labellisation :

- ✓ 10 catégories de problématiques environnementales : gestion, bien-être et santé, énergie, transport, matériaux, eau, déchets, paysage et écologie, pollution, innovation.
- ✓ Un système de pondération de ces catégories.
- ✓ Des outils d'évaluation de méthodes, produits et matériaux de construction [13].

1.2.5 Leed

Le label LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) est un programme American de standardisation des bâtiments respectant des critères de haute qualité environnementale.

LEED permet d'évaluer l'impact et la performance environnementale des bâtiments, la certification LEED a pour objectif de promouvoir les bâtiments écologiques et de réduire leurs impacts environnementaux lors de leur construction et pendant leur exploitation.

Critères de labellisation

- ✓ Aménagement écologique des sites
- ✓ Gestion efficace de l'eau
- ✓ Énergie et atmosphère
- ✓ Matériaux et ressources
- ✓ Qualité des environnements intérieurs

Innovation et processus de design[14].

Chapitre 1

1.2.6 Label HQE

Haute Qualité Environnementale, Elle consiste à maîtriser les impacts de la construction sur l'environnement.

Un "bâtiment HQE" répond à une attente environnementale, au sens de qualité de vie, à la fois pour les usagers et pour la collectivité. Il doit être harmonieux avec son paysage, doit intégrer les services urbains (assainissement et écoulement des eaux pluviales, collecte sélective des déchets, réseaux de chaleur, ...), réduire les consommations de ressources naturelles (matériaux, énergie, eau...) et des rejets (gaz à effet de serre...)[15].

Critères de labellisation

- ✓ Le confort
- ✓ La santé
- ✓ L'éco-construction
- ✓ L'éco-gestion

1.2.7 BCA green mark

BCA Green Mark est un système d'évaluation de bâtiments écologiques basé à Singapour, utilisé pour évaluer l'impact et la performance d'un bâtiment. Il fournit un cadre complet pour évaluer la performance environnementale globale des bâtiments neufs et existants afin de promouvoir des pratiques de conception, de construction et d'exploitation durables dans les bâtiments.[16]

Les critères d'évaluation couvrent :

- Efficacité énergétique.
- Efficacité de l'eau.
- Protection environnementale.
- Qualité de l'environnement intérieur.
- Autres fonctionnalités vertes et innovation.

En fonction de l'évaluation globale et de la notation des points, le bâtiment sera certifié pour avoir obtenu les certifications BCA Green Mark Platinum, Gold Plus, Gold et Certifié[16].

Chapitre 1

Tableau 0-1 : Tableau récapitulatif des principaux labels européens[17].

Critères	RT 2005	HPE-BBC 2005	Minergie	Passiv'Haus
Labels	HPE 2005	BBC-Effinergie	Minergie standard	Passiv'Haus
Organisme certificateur	Certivea	Certivea	Minergie	Institut Passiv'Haus
Energie considérée	Primaire	Primaire	Primaire	Primaire/Utile
Performance Neuf	130 kwhep/m ² /an	50 kwhep/m ² /an	38 kwhep/m ² /an	15 kwhep/m ² /an
Performance Rénovation	—	80 kwhep/m ² /an	60 kwhep/m ² /an	120 kwhep/m ² /an
Pondération lieu	Oui	Oui	Non	Non
Pondération altitude	Oui	Oui	Oui	Oui
Bâtiments concernés	Neuf	Neuf/réhabilitation	Neuf/réhabilitation	Neuf/réhabilitation
Etanchéité Maison	<0.8m ³ /(h.m ²) (i4)	<0.8m ³ /(h.m ²) (i4)	<0.6 vol/h (N50)	0.6 vol/h (N50)
Etanchéité tertiaire	<1.2m ³ /(h.m ²) (i4)	<1.2m ³ /(h.m ²) (i4)	<1.5 vol/h (N50)	<0.6 vol/h (N50)

Il existe un grand nombre de certifications et labels internationaux dans le secteur du bâtiment. Les principaux sont listés ci-dessus.

Dans le secteur du bâtiment les certifications et labels garantissent à l'occupant un certain niveau de qualité, de confort et un niveau de consommation énergétique réduit.

Les logements certifiés ont été pensés et construits de manière à réduire leur impact sur l'environnement. Ce sont également un signe de performance souvent supérieure à celle imposée par les réglementations nationales.

Chapitre 1

1.3 Différents bâtiments à efficacité énergétique

1.3.1 Bâtiments à basse consommation

Le concept de bâtiment basse consommation (BBC) met l'accent sur les économies d'énergie et l'aspect thermique. Selon certains, le plus important est de commencer par améliorer l'enveloppe du bâtiment pour limiter les déperditions thermiques. Cette démarche est depuis peu référencée sous la forme d'un label dénommé BBC-Effinergie, qui atteste d'une consommation de 50 kWh/ m²/an d'énergie primaire (avec des variantes selon la zone climatique et l'altitude). Elle comprend également un contrôle de l'étanchéité à l'air, qui doit être inférieur à 0,6 m³ par heure et par mètre carré, ces objectifs peuvent être atteints sans difficulté et à des coûts raisonnables avec des techniques et des matériaux actuels éprouvés[18].

1.3.2 Habitat passif

C'est en Allemagne qu'a été développé le concept de « Passiv-Haus ». Comme le label BBC français, il concerne des maisons à très faible consommation d'énergie, dont les performances, fixées par le Passiv-haus de Darmstadt, sont une consommation de 15 kWh/m²/an pour le chauffage, une consommation en énergie primaire inférieure à 120 kWh/m²/an et une excellente étanchéité à l'air. Ces résultats sont rendus possibles par une isolation renforcée et des apports en chauffage passif. Mais la norme Passiv-haus et le label suisse Minergie-P (sensiblement équivalent) insistent tous deux sur l'isolation. Ce label allemand est délivré en France par l'association de la maison passive france. La limite de cette démarche réside dans le coût élevé des grandes épaisseurs d'isolants, des vitrages très performants et des équipements techniques. Il est en outre nécessaire de prévoir un appoint en chauffage pour pallier un manque d'ensoleillement de plusieurs jours[19].

1.3.3 Bâtiments à énergie positive

Elles produisent plus d'énergie qu'elles n'en consomment grâce des équipements de production d'électricité (panneaux solaires, éoliennes, etc.). Le principe généralement appliqué de revendre l'électricité produite à la société de production à un prix avantageux, ce qui permet d'éviter les problèmes de stockage et d'acheter l'électricité du réseau en cas de besoin[20].

1.3.4 Maisons à zéro énergie

Le principe des maisons autonomes est de produire directement l'énergie nécessaire au chauffage et à l'éclairage, sans dépendre d'un fournisseur extérieur, et de gérer son

Chapitre 1

approvisionnement en eau (récupération de l'eau de pluie, des cours d'eau, etc.), ainsi que son traitement (par lagunage : l'eau est filtrée par les racines des plantes). Cette démarche va de part avec une réduction de ses besoins et l'utilisation d'équipements peu gourmands en énergie. Elle implique un changement de comportement par rapport aux habitudes actuelles[21].

1.4 Diagnostic de performance énergétique

Grâce au diagnostic de performance énergétique, il est désormais facile de connaître la classe énergie d'une maison ou d'un appartement avant l'achat ou la location d'un bien immobilier. Cet indice concret est idéal pour nous permettre d'anticiper la consommation énergétique d'un logement.

Pour conclure sur ce point de classe énergétique, rappelons que seul un diagnostic de performance énergétique permet de connaître la classe énergie d'une maison.

Le diagnostic de performance énergétique est un diagnostic réalisé en la plus part des pays développés de monde sur des biens immobiliers. Il est un des documents faisant partie du dossier de diagnostics techniques[22].

Dans ce cas, il est bon de savoir que la classe énergétique d'un logement est tout simplement un indice de sa consommation annuelle en énergie. Cet indice est exprimé sous la forme d'une lettre, qui donne un indice des performances énergétiques du bâtiment.

Cette information est déterminée à l'issue d'un DPE, qui étudie notamment l'isolation d'un bien immobilier, mais aussi ses méthodes de chauffage et climatisation[23].

Depuis le premier janvier 2011, le gouvernement français a instauré une nouvelle obligation sur le marché de l'immobilier. En effet, tout logement devant réaliser un Diagnostic de Performance Énergétique doit maintenant publier la classe énergie lorsqu'une annonce immobilière est publiée pour sa mise en vente. Ce classement fait de lettres allant de A à G, de la meilleure performance à la moins bonne, permet de donner une information fiable à l'acquéreur du logement[23].

Chapitre 1



Figure 0-2 : Le diagnostic de la performance énergétique [24].

La classe énergie d'une maison ou d'un appartement sert à donner une information précise à d'éventuels acquéreurs sur la performance énergétique de ce logement. L'étiquette ou la note attribuée n'est donc pas en elle-même une donnée de contrôle de la consommation énergétique du logement, mais une synthèse du diagnostic de performance énergétique (DPE). En effet, c'est à la suite du DPE, cet examen précis de l'habitation à réaliser tous les dix ans, que la classe énergie d'une habitation sera établie. En vérifiant plusieurs points spécifiques comme le chauffage, le refroidissement ou la production d'eau chaude sanitaire, le DPE permet d'estimer la consommation d'un logement. C'est à partir de ses conclusions qu'une lettre entre A (pour la meilleure performance) et G (pour la moindre performance) sera attribué.

La mesure énergétique d'une maison ou d'un appartement se dévoile sous la forme de deux étiquettes complémentaires, la classe énergie et la classe GES, qui définit les émissions de gaz à effet de serre en kg de CO_2 . La première permet d'annoncer aux éventuels acheteurs la consommation annuelle de l'habitation, en prenant en compte le chauffage, la

Chapitre 1

climatisation et la production d'eau chaude sanitaire. Celle-ci est estimée en kWh/m²/an, ce qui permet de comparer les logements entre eux.

1.5 Audit énergétique d'un bâtiment

L'audit énergétique de bâtiment est un diagnostic qui a pour objectif d'ériger un état des lieux de la consommation énergétique d'un bâtiment, et localisé des actions immédiats et potentielles de réduction de la consommation énergétique (chauffage, climatisation, eau chaude, électricité, il contient des préconisations et un plan d'action pour améliorer l'efficacité énergétique de la construction[25].



Figure 0-3 : Audit énergétique d'un bâtiment [26].

1.5.1 Audit énergétique en Algérie

L'activité d'audit énergétique a été lancée effectivement en 2014, conformément aux dispositions du décret exécutif n°05-495 du 26 décembre 2005[27], modifié et complété relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie[28].

Quarante-trois (43) agréments d'auditeurs énergétiques ont été délivrés à ce jour, après instruction favorable des services concernés conformément aux dispositions du décret n°13-424[29].

La prestation d'audit énergétique constituera la démarche initiale pour avoir une bonne définition des actions de maîtrise de l'énergie dans les secteurs économiques, l'étude approfondie des postes énergivores mettra en évidence les économies d'énergie et déterminera l'impact aux meilleurs coûts sur les investissements envisageables[30].

Cette démarche vise à étudier et optimiser la consommation d'énergie, après une collecte d'informations ; cette opération permettra à l'organisme en charge

- d'identifier les gisements d'économie d'énergie.

Chapitre 1

- de proposer des solutions d'améliorations des performances énergétiques.
- d'augmenter l'efficacité énergétique.
- de réduire l'impact carbone dans les rejets à l'atmosphère.
- la réduction des factures d'énergie.
- de mettre au point un plan d'action des solutions retenues.

En cas d'augmentation des tarifs de l'énergie, l'audit aidera les consommateurs à maîtriser leurs coûts d'exploitation de limiter l'impact de cette hausse sur le bilan de l'énergie.

Les recommandations des prestations de l'audit aident à une maîtrise de l'énergie, et couvriront donc tous les aspects financiers, environnementaux et de gestion, comme indiqué au Figure 1-4

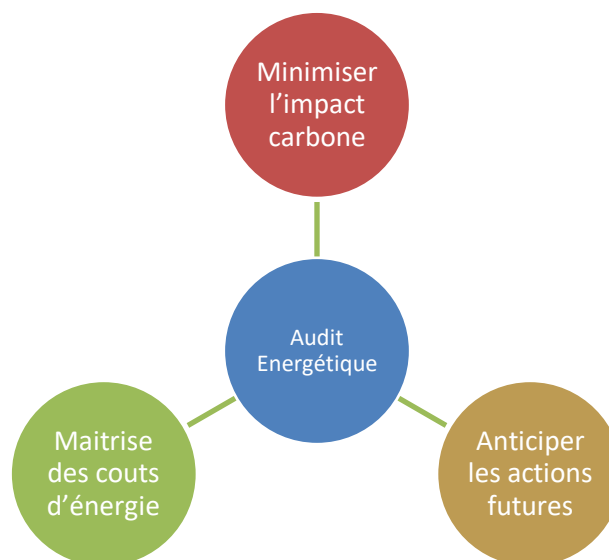


Figure 0-4 : Schéma des aspects de l'audit énergétique d'un bâtiment

1.5.2 Audit énergétique en Europe

L'audit énergétique des bâtiments est encadré par la norme EN 16247-2, laquelle établit les exigences, la méthodologie et les livrables associés à ce type d'audit.

Ils permettent d'identifier les principaux postes de consommation et de mettre en évidence les pistes d'amélioration. Il permet également de quantifier les économies d'énergie réalisables et d'évaluer la rentabilité des pistes identifiées.

La réalisation d'un audit implique une analyse détaillée des flux énergétiques en présence, mais aussi des différents procédés de production et de fonctionnement de l'entreprise. Cet exercice consiste à mettre en relation le type d'énergie et la quantité qui est consommée et pourquoi cette énergie a été consommée, l'audit énergétique permet ainsi de savoir à quoi l'énergie est utilisée, et en quelle quantité[31].

Chapitre 1

Cette sorte de photographie du fonctionnement énergétique présente un grand intérêt. Cela permet en effet de savoir le poids énergétique et financier de chacune des étapes de la production, des différents départements, de l'éclairage ou du chauffage des bâtiments.

Dans le secteur bâtiments, les consommations d'énergie sont principalement dues à l'éclairage, au chauffage et à la climatisation du bâtiment. La consommation du bâtiment sera relativement similaire d'une année à l'autre, ne variant uniquement qu'en fonction des conditions climatiques, l'audit énergétique est un état des lieux détaillé des performances énergétiques de l'immeuble, effectué par un auditeur reconnu, grâce à un logiciel spécialisé, l'auditeur évalue la performance énergétique de l'immeuble en examinant le chauffage, la production d'eau chaude, l'isolation, la ventilation, etc. Il peut ainsi repérer les éventuels points faibles de l'immeuble et formuler des conseils personnalisés pour rationaliser la consommation énergétique, l'audit énergétique permet de prendre conscience de la qualité de des installations énergétiques et des comportements quotidiens. Il fournit des conseils personnalisés et chiffrés pour consommer l'énergie de la manière plus rationnelle.



Figure 0-5 : Processus d'un audit énergétique [32].

Chapitre 1

Conclusion

Les études bibliographiques et l'état de l'art présentés dans cette partie ont permis clairement identifier les enjeux, les objectifs de classification énergétiques des bâtiments et les caractéristiques des bâtiments performants, de proposer une définition énergétique du bâtiment et d'identifier les outils les plus adaptés à cette classification.

La classification énergétique des bâtiments permet d'informer clairement sur la consommation énergétique d'un bâtiment, le label a pour objectif de contrôler et d'approuver un ensemble d'éléments contribuant à obtenir une haute performance énergétique, le dernier label à voir le jour est le label Effinergie+ qui apportera une importante évolution de la certification des bâtiments efficaces en énergie.

L'audit énergétique de ces bâtiments, de même que leur conception, nécessitent l'usage des formules et de méthodes dont les principales ont été présentées dans ce chapitre.

L'audit énergétique une fois réalisé va permettre de diminuer la consommation énergétique et de réduire les émissions de gaz à effet de serre, il aura aussi un effet sur la facture énergétique et un gain substantiel pour l'entreprise consommatrice d'énergie et un accroissement de l'efficacité énergétique, d'un point de vue général, l'audit énergétique permet de :

- Répondre à la réglementation.
- Réduire les pertes et le gaspillage d'énergie.
- Identifier des gisements d'économie d'énergie.
- Obtenir une vision globale de la gestion de l'énergie de l'entreprise.
- Engager l'entreprise dans la transition énergétique...

L'audit énergétique offre pour bénéfices 15 à 25 % d'économie sur un site en moyenne .

Chapitre 2 : Etude comparative de la consommation énergétique en Algérie et dans le monde

Introduction

Le débat sur l'énergie et son discours ont radicalement changé au 21st siècle, le paradigme continuera à changer avec le temps à venir. Ce phénomène se situera dans le contexte des consommateurs et producteurs ; ainsi que l'environnement, contrairement aux temps anciens, l'énergie aujourd'hui devient une priorité non seulement pour l'Ouest, mais aussi pour d'autres marchés de consommation[33].

Dans un contexte mondiale marqué , à la fois par la hausse des prix et de la demande , et par une baisse des réserves des énergies fossiles , des enjeux majeurs s'imposent en matière de réduction de la consommation énergétique , en Algérie la consommation annuelle d'énergie est en moyenne de 1,4 tonne équivalent pétrole par habitant et augment 4 % chaque année ,en effet l'Algérie affronte deux enjeux énergétique majeur , une croissance soutenu de la demande énergétique et un dépendance aux énergies fossiles.

En parallèle si la consommation intérieure du pays continue de croître, alors que l'état ne mesure pas ses plans d'exportation ou n'accélère pas ses projets d'énergie renouvelable et les projets d'efficacité énergétique, la production du pays pourrait atteindre un point de faillite avant 2050. La raison pour laquelle la consommation énergétique des Algériens a connu une croissance exponentielle au cours des dernières décennies réside dans les secteurs non producteurs, notamment les ménages et les services communs, qui ont enregistré la plus forte augmentation de la demande énergétique, déjà constatée en 2019, les chiffres de la consommation intérieure ont atteint près de 67 000 millions de tonnes d'équivalent pétrole. Cela représente 43 % de la production totale, ce qui est loin des 21,8 % consommés en 2007[34].

Dans ce chapitre l'intérêt sera porté sur la consommation énergétique de l'Algérie au cours des dix dernières années, et de faire une comparaison avec trois autre pays, afin d'analyser dans la perspective de réduire la consommation énergétique.

Chapitre 2

2.1 Etude comparative de la consommation énergétique en Algérie, Etats-Unis, chine et France

2.1.1 En Algérie

La consommation énergétique de l'Algérie est en augmentation constante, elle a absorbé une grande partie de la production destinée à l'exportation et se développe beaucoup plus rapide que la faible capacité de production d'hydrocarbures depuis 2014. Selon certains rapports, la majeure partie de ce qui sera découvert et produit ces prochaines années couvrira à peine la consommation intérieure, en effet, d'après des chiffres du ministère de l'énergie, la consommation de gaz naturel, en 2022, s'était élevée à plus de 51,7 millions de TEP. Pour sa part, la Sonelgaz table sur des besoins de 47 milliards m³ en 2023 et 75 milliards m³ en 2030. Les perspectives et prévisions d'évolution démontrent une explosion de la consommation future [35].

2.1.2 En USA

La consommation énergétique aux États-Unis a atteint un niveau record de 101,3 quadrillions (Btu) en 2018, en hausse de 4% par rapport à 2017 et de 0,3% par rapport au précédent record de 2017. L'augmentation enregistrée en 2018 a été la plus forte augmentation de la consommation d'énergie, en termes absolus et en pourcentage, depuis 2010.

La consommation de combustible les fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon) a augmenté de 4% en 2018. La consommation de gaz naturel a atteint un niveau record, avec une hausse de 10% par rapport à 2017. Cette augmentation du gaz naturel, associée à des augmentations moins importantes de la consommation de combustibles à base de pétrole, d'énergies renouvelables et d'énergie nucléaire, a plus que compensé la baisse de 4% du charbon[35].

2.1.3 En Chine

La consommation d'énergie de la Chine a connu une croissance rapide au cours des trois dernières décennies, suscitant de vives inquiétudes quant à l'ajustement futur de la structure de consommation d'énergie de la Chine. Selon les estimations, En 2021, la Chine a à elle seule compté pour 26,5% de la consommation mondiale d'énergie, et même pour 53,8% de la consommation planétaire de charbon. la consommation totale d'énergie de la Chine passera 4470 mtep en 2040[36], les carburants propres (gaz, nucléaire et renouvelables) auraient pu constituer une alternative efficace aux combustibles fossiles classiques (charbon et pétrole) et offrir beaucoup plus de potentiel. En outre, le secteur industriel présente des potentiels de réduction beaucoup plus importants que les autres secteurs.

Chapitre 2

Enfin, ce document suggère que le gouvernement Chinois devrait incorporer la prise en compte de l'ajustement de la structure de consommation d'énergie dans les politiques et mesures énergétiques existantes.

2.1.4 En France

La consommation d'énergie primaire en France métropolitaine en 2017 a été de 7.870 kilos équivalent pétrole par seconde (compteur), soit 248,2 millions de tonnes équivalent pétrole (mtep) par an. Une consommation énergétique en augmentation de 0,7 % par rapport à 2016. La France est le 6^{ème} consommateur mondial d'énergie[35] .

2.2 Consommation de pétrole

2.2.1 En Algérie

L'augmentation de la consommation locale en pétrole était due à la demande croissante en énergie, influencé par croissance économique ,urbanisation rapide, expansion de l'industrie, subvention énergétique, croissance démographique et manque d'efficacité énergétique, la nécessité de rationaliser la consommation des matières énergétiques produites localement et de les exporter, relevant que l'Algérie produisait près de 11,5 millions de tonnes de carburants par an (essence, gasoil et kérosène), La consommation nationale de carburant a atteint environ 17,7 millions de tonnes en 2022 (+3% par rapport à 2021) [35] .

2.2.2 En USA

Seule une petite quantité de pétrole brut est directement consommée aux États-Unis. Presque tout le pétrole brut produit ou importé aux États-Unis est transformé en produits pétroliers tels que l'essence, le carburant diesel, le mazout de chauffage et le carburéacteur, qui sont ensuite consommés. Les liquides issus du traitement du gaz naturel sont également consommés sous forme de produits pétroliers. Les biocarburants renouvelables, tels que l'éthanol et le biodiesel, sont utilisés comme substituts ou additifs aux produits pétroliers raffinés. Les États-Unis Energy Information Administration (EIA) inclut les biocarburants dans la consommation de produits pétroliers. EIA utilise le produit fourni en tant que proxy pour les États-Unis.

En 2018, les États-Unis ont consommé en moyenne environ 20,5 millions de barils de pétrole par jour, soit un total d'environ 7,5 milliards de barils de produits pétroliers [35] .

Chapitre 2

2.2.3 En Chine

Selon un rapport de l'Agence Américaine d'information sur l'énergie (EIA), la Chine a surpassé les Etats-Unis en importations de pétrole brut en 2017, avec 8,4 millions de barils par jour (bpj) contre 7,9 millions pour les Etats-Unis [35] .

2.2.4 En France

Selon les derniers chiffres publiés par le Comité Professionnel du Pétrole (CPDP), les livraisons de carburants routiers sur le marché français ont baissé à 4,283 millions de mètres cubes en août 2018 (- 1,6 %) par rapport à août 2017. Les livraisons de supercarburants sans plomb sont en hausse de 5,3 % et celles de gasoil sont en baisse de 3,5 %.

La part du gasoil dans la consommation française de carburants routiers reste encore prépondérante en baisse, 76,5 % en août 2018 par rapport à août 2017 (- 1,5 %).

Sur les huit premiers mois de l'année 2018, la consommation française de carburants routiers a baissé de 0,8 % par rapport aux huit premiers mois de l'année 2017 : 4,4 % pour les supercarburants et – 2,1 % pour le gazole.

2.3 Consommation de gaz

2.3.1 En Algérie

L'Algérie a produit 100 milliards de mètres cubes par jour de gaz en 2017, dont 55 milliards de mètres cubes/jour ont été exportés, alors que le reste a servi à combler la demande interne, si la voracité des consommateurs a été tempérée pour les produits pétroliers en 2017, grâce à l'électricité dont la hausse de consommation continue de peser sur les capacités d'exportation de l'Algérie, ainsi, selon le bilan du secteur pour 2017, la consommation nationale d'énergie a connu une hausse modérée (+1,5%) pour atteindre 57 millions de tonnes équivalent pétrole (tep), tiré essentiellement par la consommation de gaz naturel (+3%), alors que celle des produits pétroliers a baissé (-1,2%), pour le gaz naturel, la consommation nationale a atteint 40,4 milliards de mètres cubes en 2017[35].

2.3.2 En USA

Les statistiques montrent la consommation de gaz naturel aux États-Unis entre 1995 et 2018. Les États-Unis ont consommé environ 30 000 milliards de pieds cubes de gaz naturel en 2018. Le secteur industriel était le principal consommateur.

Chapitre 2

2.3.3 En Chine

Un nouveau rapport montre que la consommation de gaz naturel en Chine a grimpé de 16,6% en un an, pour atteindre 276,6 milliards de mètres cubes. Le gaz importé constitue la part du lion de la croissance alors que la demande devance la production nationale.

L'augmentation intervient alors que le gouvernement poursuit ses efforts pour augmenter la part du mix énergétique du gaz naturel dans le pays afin de réduire la dépendance au charbon hautement polluant, notamment pour chauffer le nord du pays pendant les mois d'hiver[35].

2.3.4 En France

L'évolution de la consommation de gaz naturel en France entre 2006 et 2021, mesurée en milliards de mètres cubes[37]. En 2016, près de 43 milliards de mètres cubes de gaz naturel ont été consommés en France. Ce chiffre représente une baisse par rapport au niveau de 2006 alors qu'il on y avait consommé 44 milliards de mètres cubes en gaz naturel [35].

2.4 Consommation de l'électricité

2.4.1 En Algérie

La demande en électricité en Algérie a connu une évolution importante et particulièrement en périodes estivale, atteignant des pics de consommation importants. Cette forte augmentation de la demande est une conséquence directe du changement des habitudes du consommateur et l'amélioration de sa qualité de vie, ainsi que la pulsion donnée au secteur économique et industriel.

La consommation d'électricité en 2017 a connu une hausse de 10% comparativement à l'année 2016. Elle s'est située à 60 GW, cette dernière a été tirée par la demande des clients de la haute tension avec une hausse de 20%. Ainsi, la demande a enregistré des pics en termes de puissance maximale appelée (PMA) durant la saison estivale de 2017. Ces dernières ont atteint un pic de 14,2 GW. En forte hausse (+11%) par rapport à la pointe de l'été 2016 qui fut de 12,8 GW [35].

2.4.2 En USA

En 2017, les ventes d'électricité sur le marché de détail américain ont atteint 3 682 TWh, soit près de 2% de moins qu'en 2016. Cette baisse – la plus importante depuis la crise économique de 2009 – est sensible dans tous les secteurs et est « largement imputable au temps doux » de l'an dernier bien que d'autres facteurs aient également une incidence sur

Chapitre 2

la consommation (prix de l'électricité, efficacité énergétique, contexte économique, etc..), explique l'EIA.

Les besoins de chauffage l'hiver, et plus encore de climatisation l'été, ont été réduits en 2017, indique l'EIA qui rappelle que les secteurs résidentiels absorbent chacun près de 37% de la demande américaine d'électricité, l'industrie comptant pour les 26% de besoins restants[35].

2.4.3 En Chine

En 2016, l'industrie représentait 63,9 % de la consommation d'électricité, contre 16,3 % pour la consommation résidentielle, 6,4 % pour le tertiaire, 2,2 % pour le transport et 2,1 % pour l'agriculture on retrouve la prépondérance de l'industrie constatée au niveau de l'énergie finale consommée, la consommation d'électricité de la Chine, un baromètre clé de l'activité économique, a affiché une croissance régulière au cours des onze premiers mois de 2022, la consommation a augmenté de 3,5% sur un an pour atteindre environ 7.860 milliards de kilowattheures (kWh) en 2022.

L'électricité consommée par l'industrie primaire a bondi de 9,7% en base annuelle lors des onze premiers mois. L'électricité consommée par les industries secondaire et tertiaire a respectivement augmenté de 1,5%, et de 4,1%. La consommation d'électricité dans le secteur résidentiel a augmenté de 12% sur un an[35].

2.4.4 En France

En 2023 La consommation électrique moyenne en France est de 5133 kWh par an et par ménage. Au total, en 2022, la France a consommé 459,3 TWh d'électricité 46,3% de ces 459,3 TWh ont été consommés par les entreprises et les professionnels, 37,6% par les résidentiels, et 16,1% par les grandes industries.

La consommation brute d'électricité en France métropolitaine a atteint 478 TWh en 2018, soit 0,8% de moins qu'en 2017. Pour rappel, le début d'année dernière avait été « exceptionnellement doux », janvier 2018 étant le plus chaud des mois de janvier depuis 1900. À l'inverse, les températures de février 2018 avaient été inférieures de 2,2°C à la normale saisonnière[35].

Ces variations de température ont un impact important sur la consommation d'électricité en France, compte tenu de « la composition du parc de chauffage à dominance électrique » : en hiver, chaque degré en moins peut générer au niveau national un appel de puissance supplémentaire de 2 400 MW (gradient thermique) selon le gestionnaire du réseau de transport d'électricité. « Corrigée de l'aléa climatique et des effets calendaires » (29 février

Chapitre 2

pour les années bissextiles), la consommation française d'électricité est restée relativement stable au cours des dix dernières années, indique le gestionnaire de réseau.

2.5 Emissions de CO₂

L'Algérie est l'un des plus importants émetteurs de CO₂ parmi les pays en développement et le troisième parmi les pays africains. Il s'est engagé à réduire les émissions de carbone d'au moins 7% d'ici 2030. Cependant, le respect de cet objectif peut être une tâche difficile sans compromettre la croissance économique. La relation entre les émissions de CO₂ et la croissance économique en Algérie est complexe, en prenant en compte la consommation d'énergie, la consommation d'électricité, les exportations et les importations tout au long de la période allant de 1970 à 2010, la croissance économique en Algérie continuera à augmenter les émissions. Les résultats indiquent également qu'une augmentation de la consommation d'énergie et de la consommation d'électricité augmente les émissions de CO₂ et que les exportations et les importations les affectent respectivement de manière négative et positive. Il est donc nécessaire de promouvoir les politiques en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Des réformes de la réglementation sont nécessaires pour faciliter les investissements étrangers avec lesquels ces politiques sont menés[35].

En 2021, les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) en Algérie ont enregistré une hausse de 4,051 mégatonnes, soit une augmentation de 2,4% par rapport à l'année précédente.

Le total des émissions de CO₂ pour l'année 2021 s'élevait à 173,001 mégatonnes, classant l'Algérie au 152e rang parmi les 184 pays évalués en fonction de leurs émissions de CO₂, du moins au plus polluant [36].

En plus de considérer les émissions totales de CO₂, qui dépendent logiquement de diverses variables, dont la population du pays, il est pertinent d'analyser les émissions par habitant. Les données révèlent qu'en 2021, les émissions de CO₂ par habitant en Algérie ont connu une augmentation, atteignant 3,93 tonnes par habitant[37].

Chapitre 2

2.5.1 Comparaison d'émission de CO₂ entre l'Algérie et ETATS –UNIS

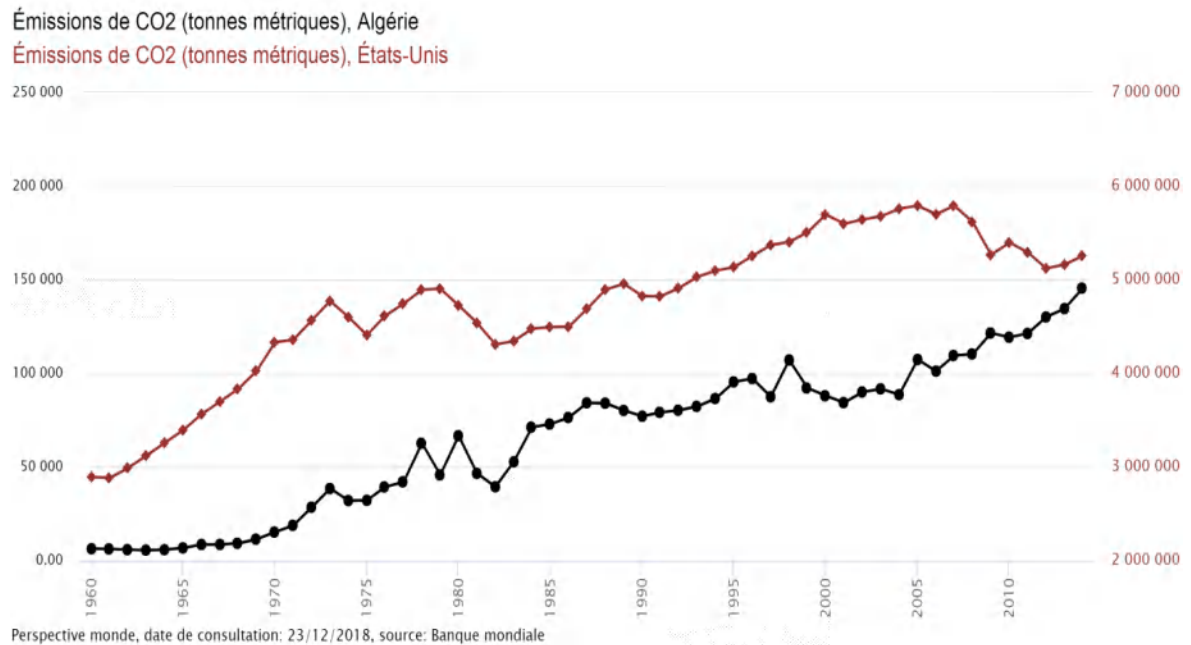


Figure 0-1 : Emission de CO₂ En Algérie/ USA [38].

2.5.2 Comparaison d'émission de CO₂ entre l'Algérie et la chine

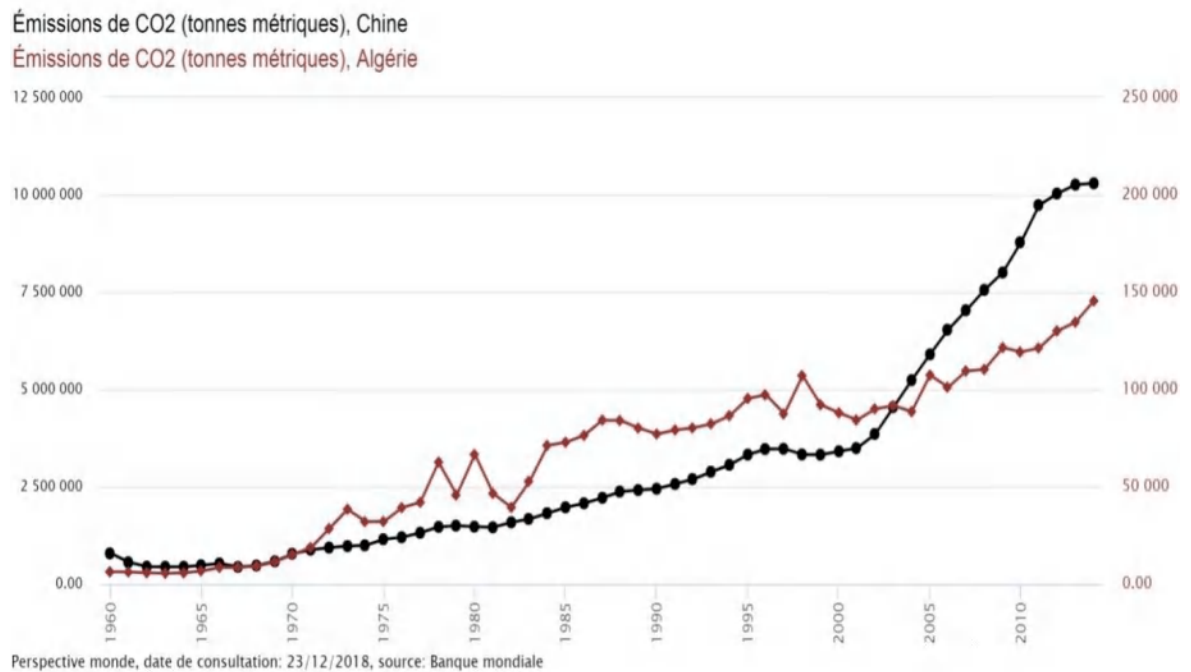


Figure 0-2 : Emissions de CO₂ en Algérie et la Chine [38].

Chapitre 2

Le gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO_2) est un gaz incolore, inodore et non toxique, formé lors de la combustion du carbone et de la respiration d'êtres vivants, et considéré comme gaz à effet de serre. On entend par émissions la libération de gaz à effet de serre ou de précurseurs de tels gaz dans l'atmosphère au-dessus d'une zone et au cours d'une période donnée. Une tonne métrique équivaut à 1000 kilogrammes (plus de 2200 livres)[39].

Les émissions de gaz à effet de serre atteindront un niveau record pour l'année 2018, nous éloignas encore un peu plus de l'objectif commun de réduire le réchauffement climatique à moins de 2°C d'ici 2100 par rapport à l'ère préindustrielle. Cette information a été donnée par Agence Internationale de l'Energie (AIE), les niveaux enregistrés pour les neuf premiers mois de l'année montrent déjà un record en matière d'augmentation des émissions de gaz à effet de serre nouvelles, pour d'atteindre nos ambitions en matière de limitation du réchauffement climatique, les pays définiront les différents mécanismes par lesquels ils comptent atteindre l'objectif climatique. Le GIEC (le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) a d'ores et déjà averti qu'il faudrait des efforts inédits dans tous les secteurs, et que si technologiquement, l'ambition était réalisable, la volonté politique serait le déterminant de l'atteinte de l'objectif.

2.6 Etude comparative de la consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie, Etats-Unis, Chine et France

2.6.1 En Algérie

Les figures (2-3,2-4,2-5) montrent bien que la consommation énergétique par forme d'énergie de l'Algérie est en augmentation constante et elle semble absorber une grande partie de la production destinée à l'exportation et se développe beaucoup plus rapidement que la faible capacité de production d'hydrocarbures depuis 2014. Selon certains rapports, la majeure partie de ce qui sera découvert et produit ces prochaines années couvrira à peine la consommation intérieure.

Chapitre 2

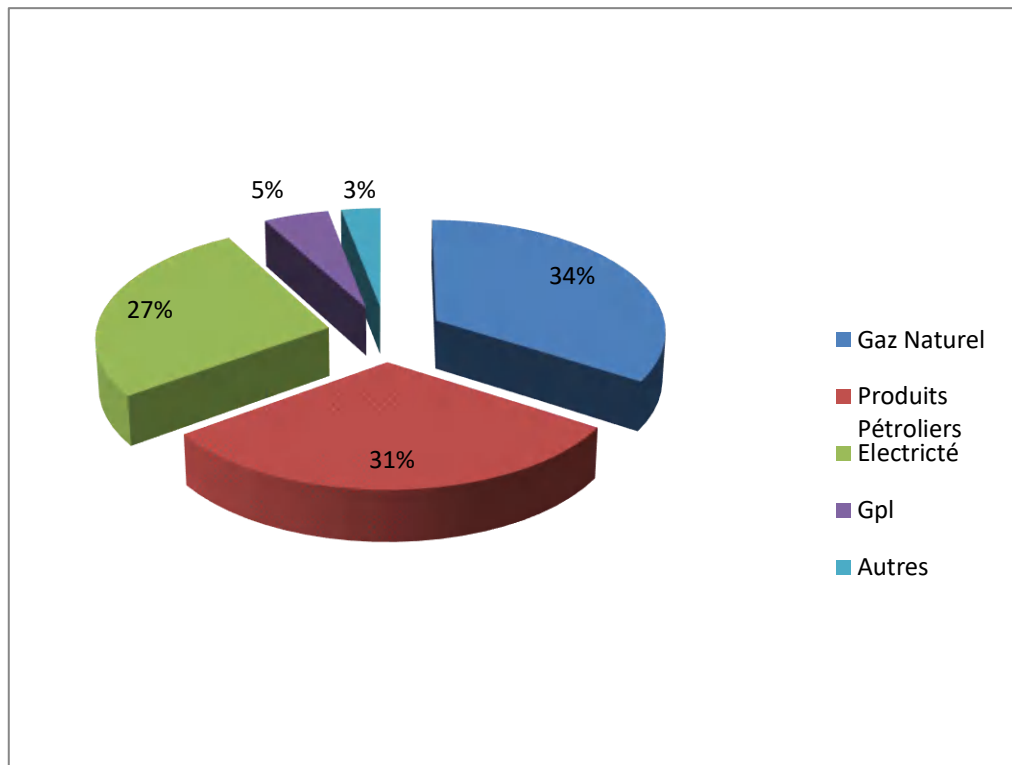


Figure 0-3 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie (2010)

(APRUE ,2010)

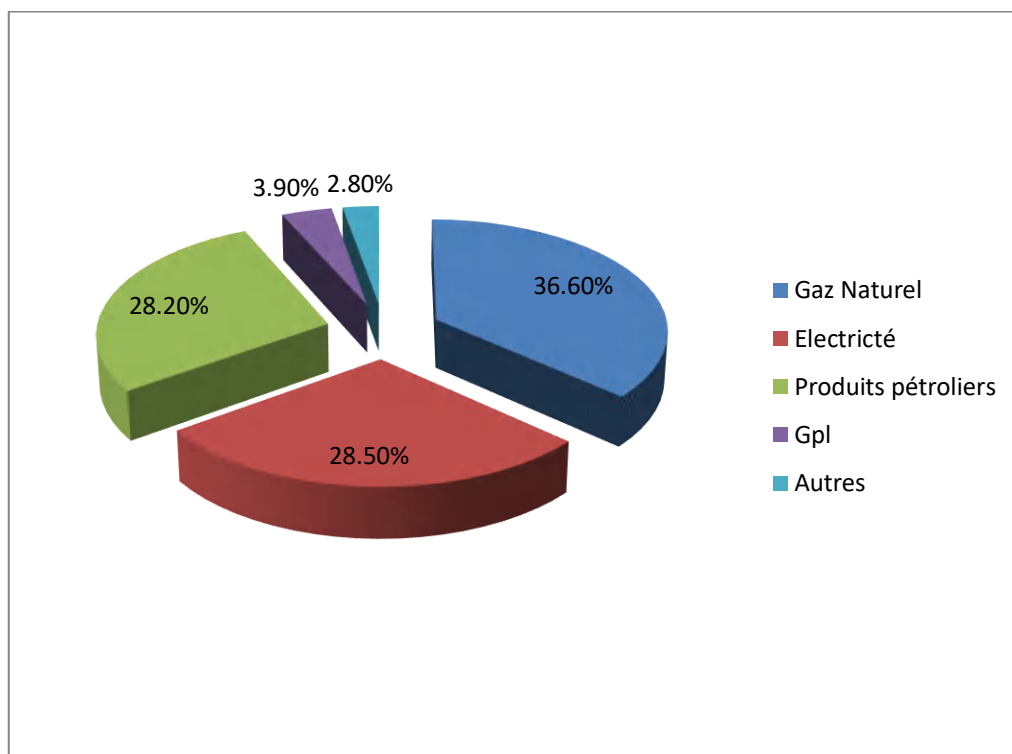


Figure 0-4 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie (2015)

(APRUE ,2015)

Chapitre 2

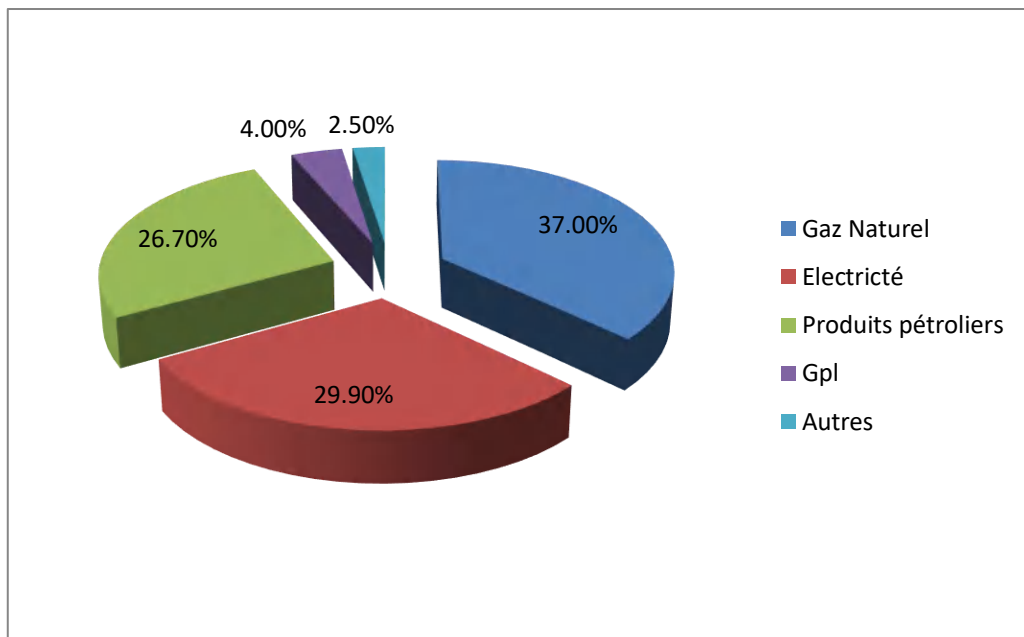


Figure 0-5 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Algérie (2017)

(APRUE ,2017)

2.6.2 En USA

Les figures (2-6,2-7,2-8) illustrent le modèle énergétique en usa qui et dépend aux énergies fossiles.

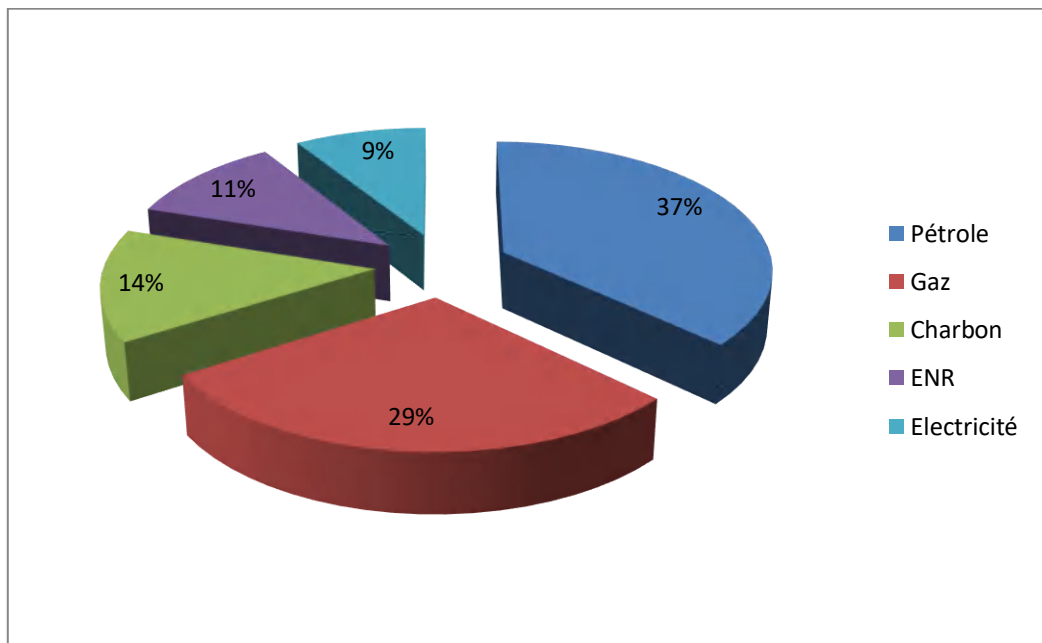


Figure 0-6 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Usa (2010)

(Our world in data, 2010)

Chapitre 2

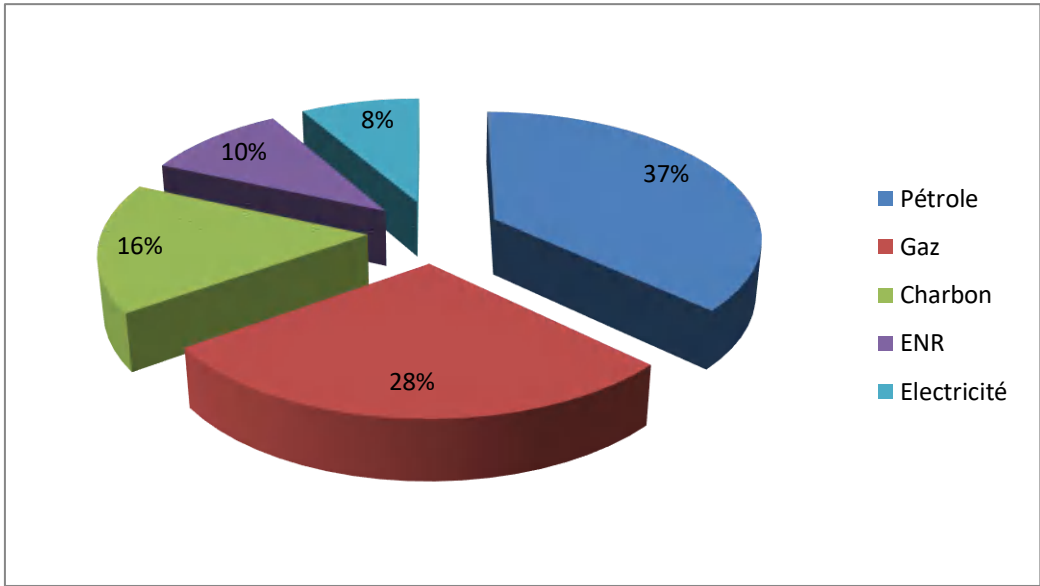


Figure 0-7 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Usa (2015)

(Our world in data, 2015)

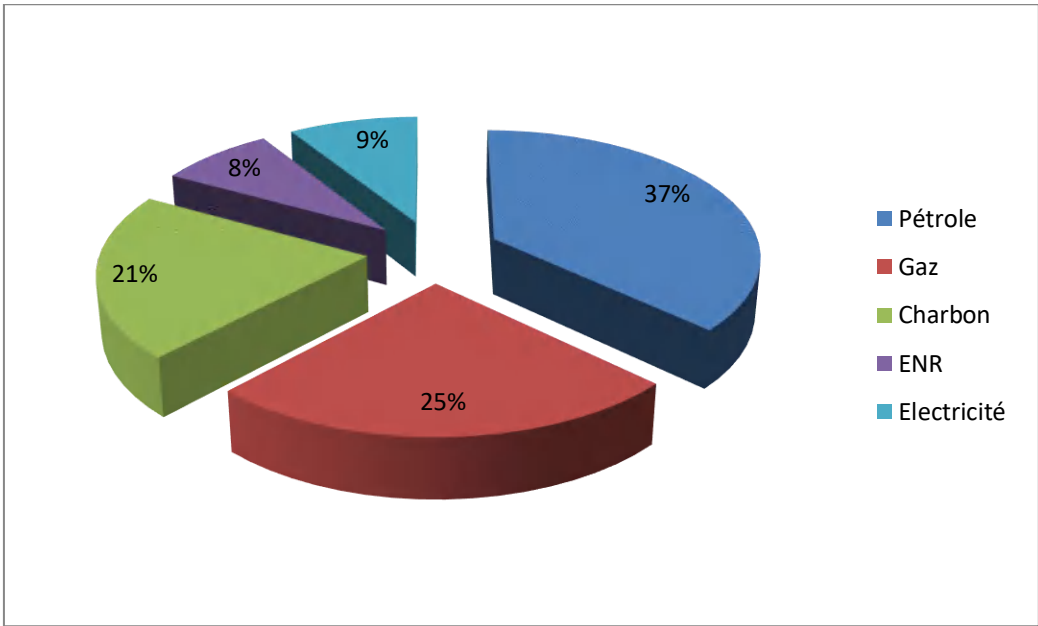


Figure 0-8 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Usa (2017)

(Our world in data, 2017)

Chapitre 2

2.6.3 En Chine

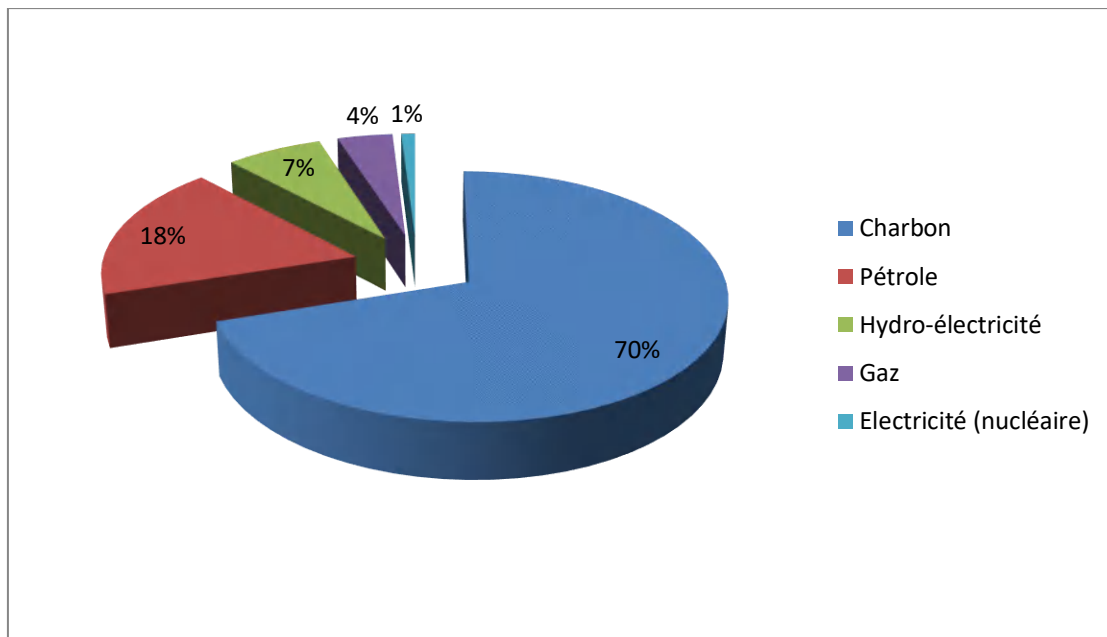


Figure 0-9 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Chine (2010)

(World energy , 2010)

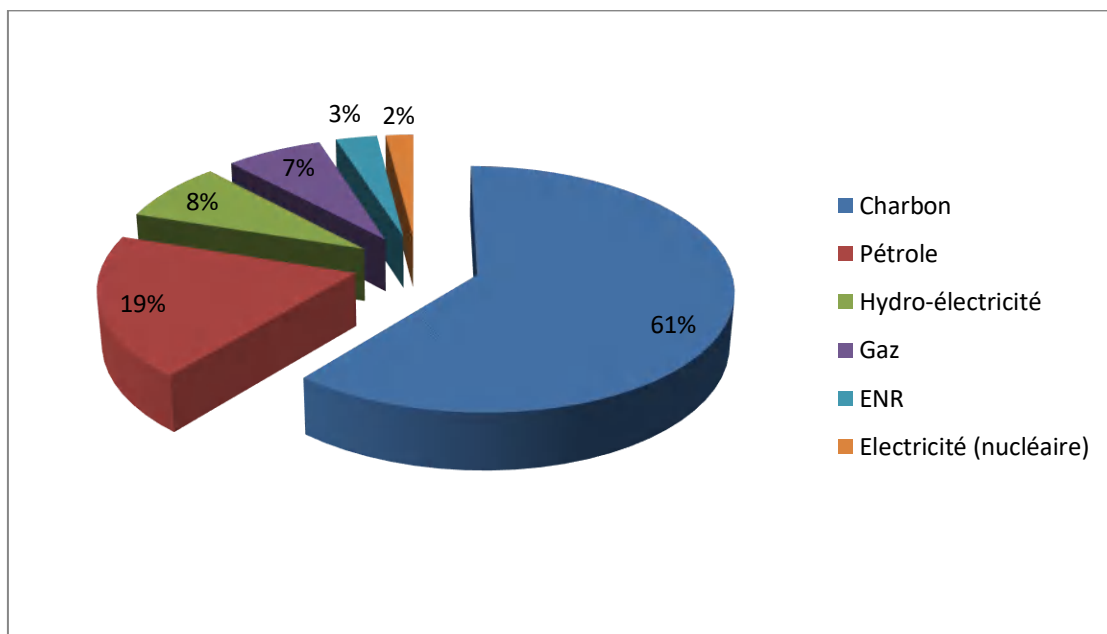


Figure 0-10 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Chine(2015)

(World energy, 2015)

Chapitre 2

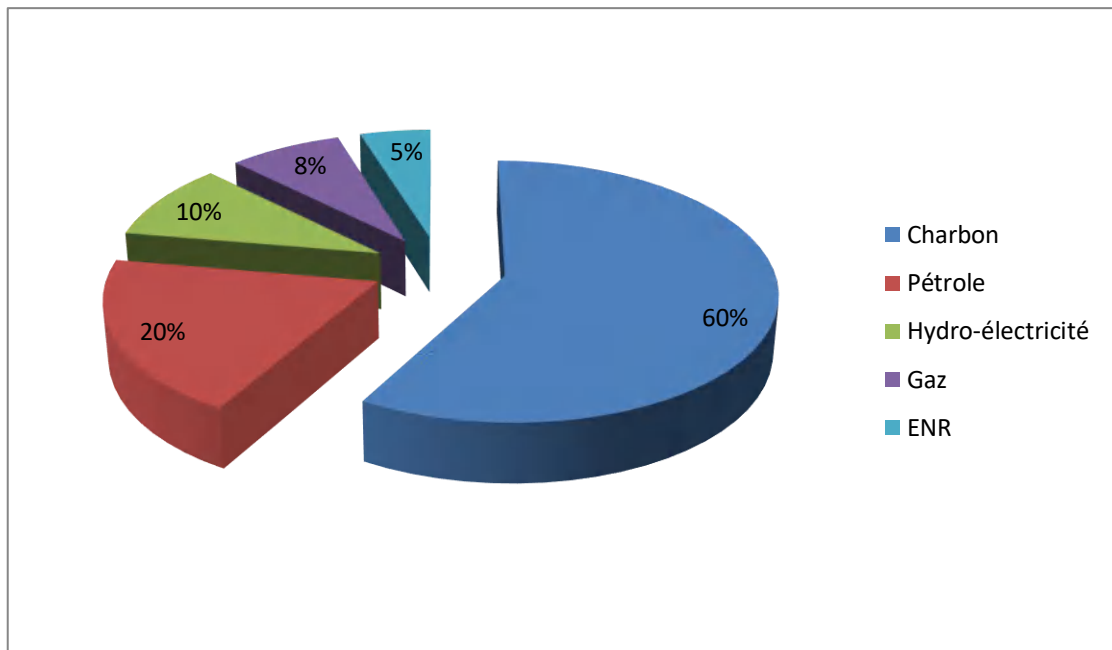


Figure 0-11 : Consommation énergétique par forme d'énergie en Chine (2017)

(World energy, 2017)

2.6.4 En France

Les figures (2-12,2-13,2-14) illustrent l'orientation de modèle énergétique française vers l'utilisation énergies renouvelables

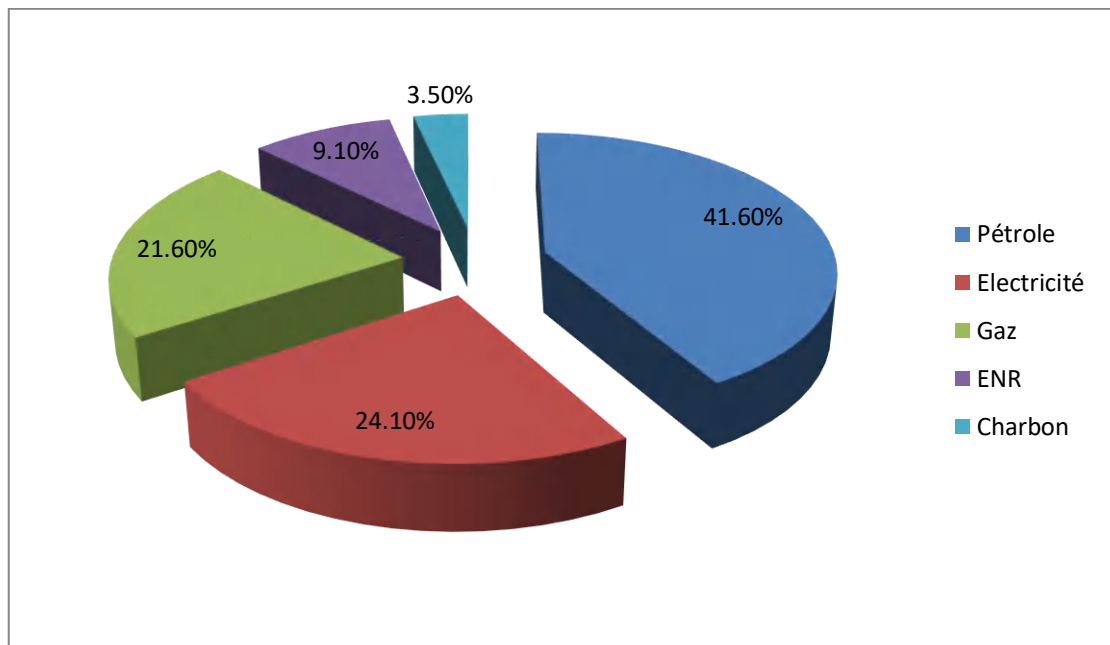


Figure 0-12 : Consommation énergétique par forme d'énergie en France (2010)

(Ener data , 2010)

Chapitre 2

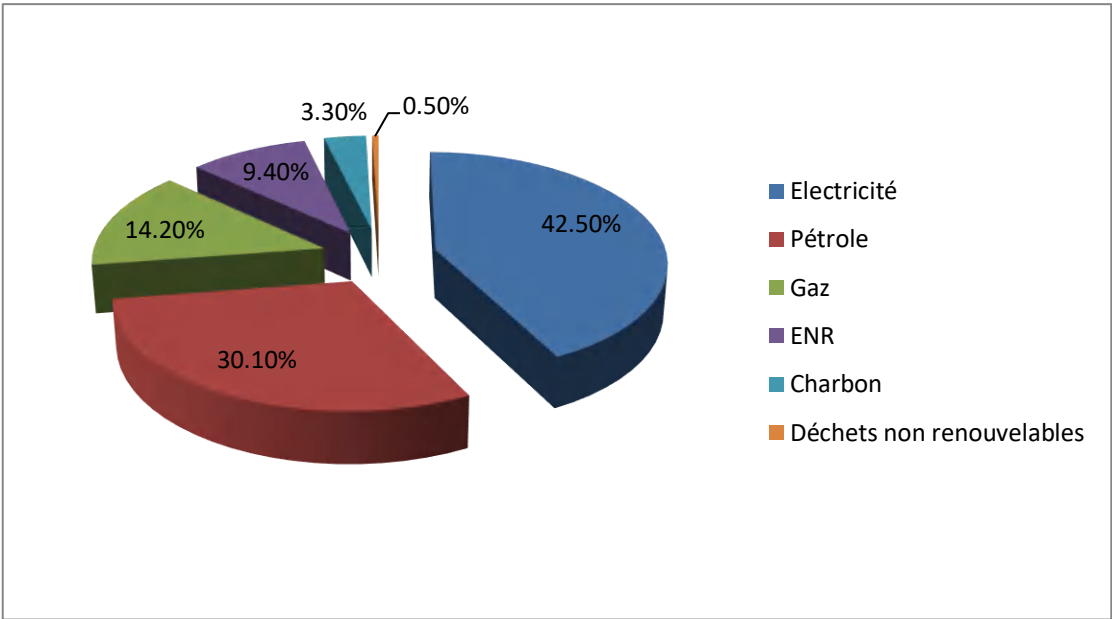


Figure 0-13 : Consommation énergétique par forme d'énergie en France (2015)
(Enerdata , 2015)

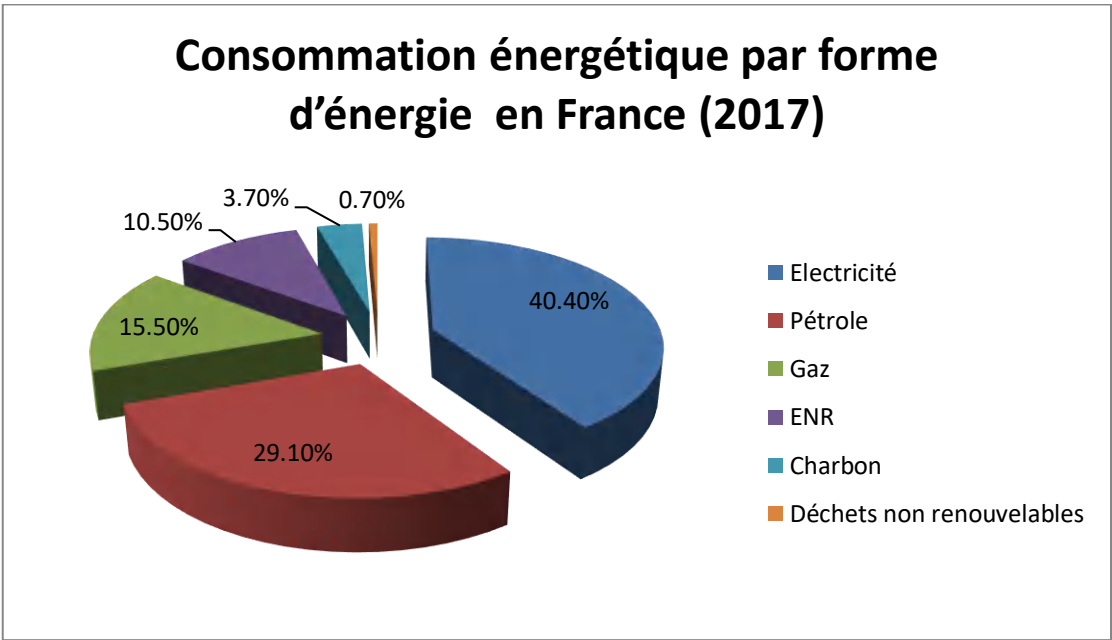


Figure 0-14 : Consommation énergétique par forme d'énergie en France (2017)
(Enerdata , 2017)

Chapitre 2

2.7 Etude comparative de la consommation énergétique finale par secteur en Algérie, Etats-Unis, Chine et France

2.7.1 En Algérie

Le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie en Algérie, il absorbe 41% de la consommation totale d'énergie finale, d'après les informations publiées de l'agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (Aprue 2015), Les figures (2-15,2-16,2-17) illustrent que le secteur bâtiment en Algérie est le plus énergivore.

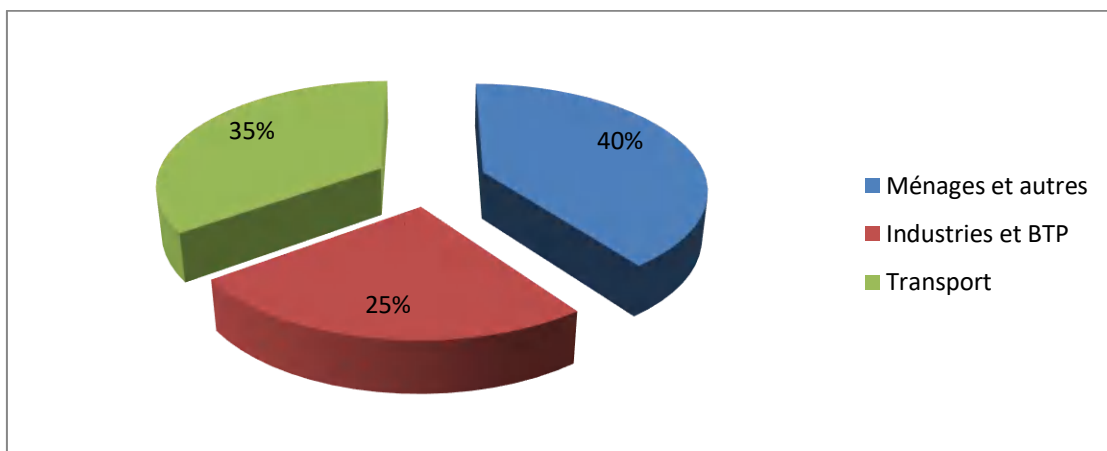


Figure 0-15 : Consommation finale par secteur en Algérie (2010)

(APRUE , 2010)

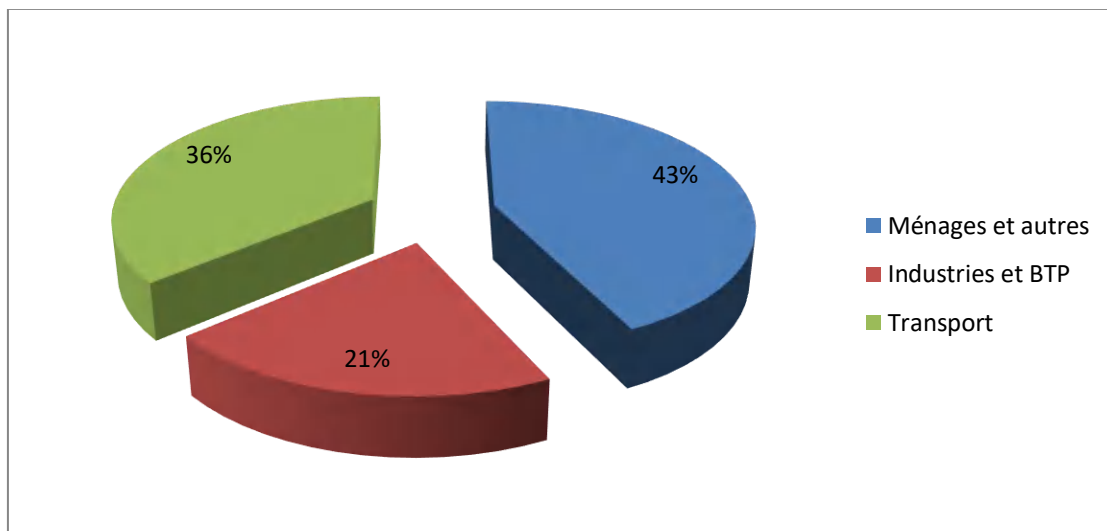


Figure 0-16 : Consommation finale par secteur en Algérie (2015)

(APRUE , 2015)

Chapitre 2

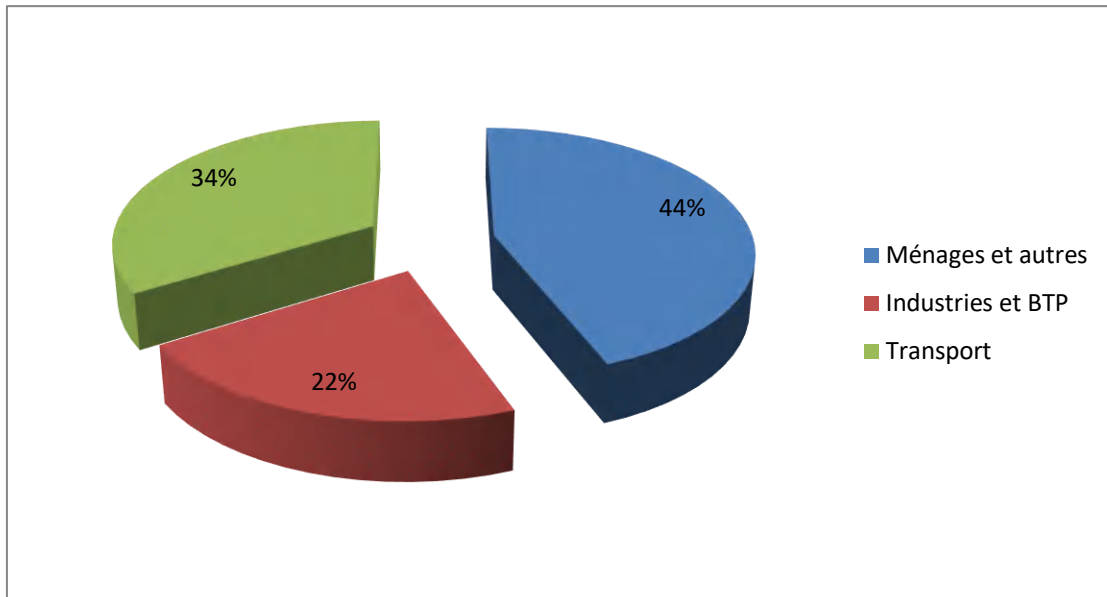


Figure 0-17 : Consommation finale par secteur en Algérie (2017)

(APRUE , 2017)

2.7.2 En USA

En 2018, les secteurs résidentiel et commercial représentaient environ 40% (ou environ 40 quadrillions d'unités thermiques britanniques) de la consommation totale d'énergie aux États-Unis, (EIA) des États-Unis publient des estimations de la consommation d'énergie mensuelle et annuelle du secteur résidentiel et du secteur commercial, principalement liées au bâtiment. Ces secteurs représentent la quasi-totalité de la consommation d'énergie dans les bâtiments américains[40].

La consommation d'énergie du secteur commercial inclut également la consommation d'énergie pour l'éclairage public et extérieur, ainsi que pour le traitement de l'eau et des eaux usées. Cependant, ces utilisations d'énergie contribuent relativement peu à la consommation totale d'énergie du secteur commercial[41].

Les figures (2-18,2-19,2-20) illustrent une diminution de consommation énergétique dans le secteur bâtiment.

Chapitre 2

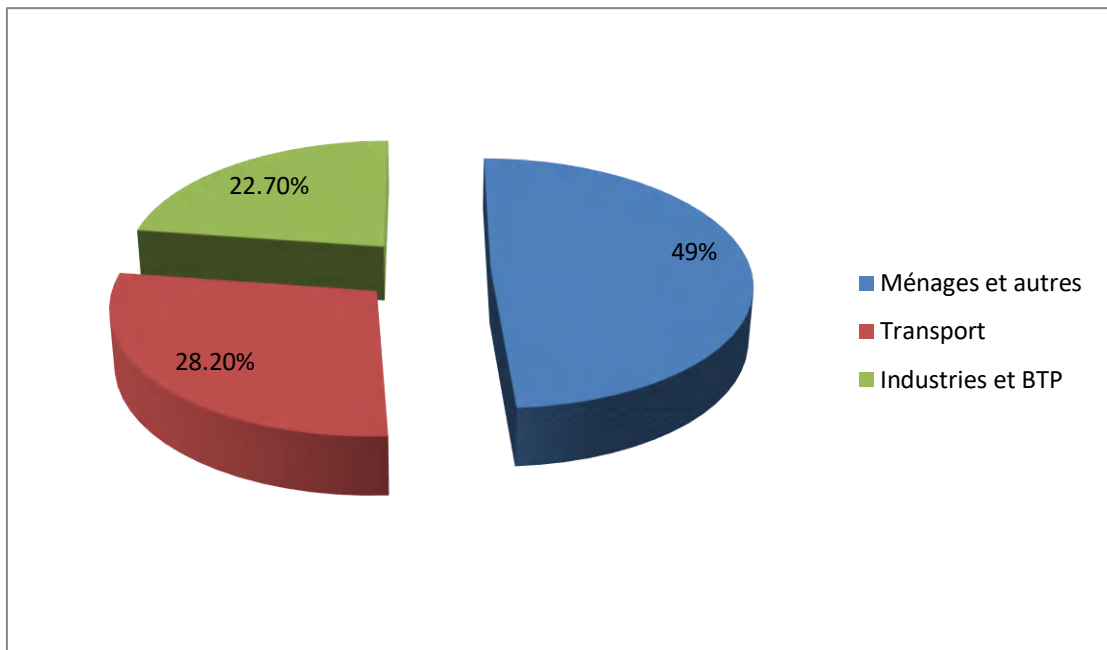


Figure 0-18 : Consommation finale par secteur en usa (2010)

(Our world in data, 2010)

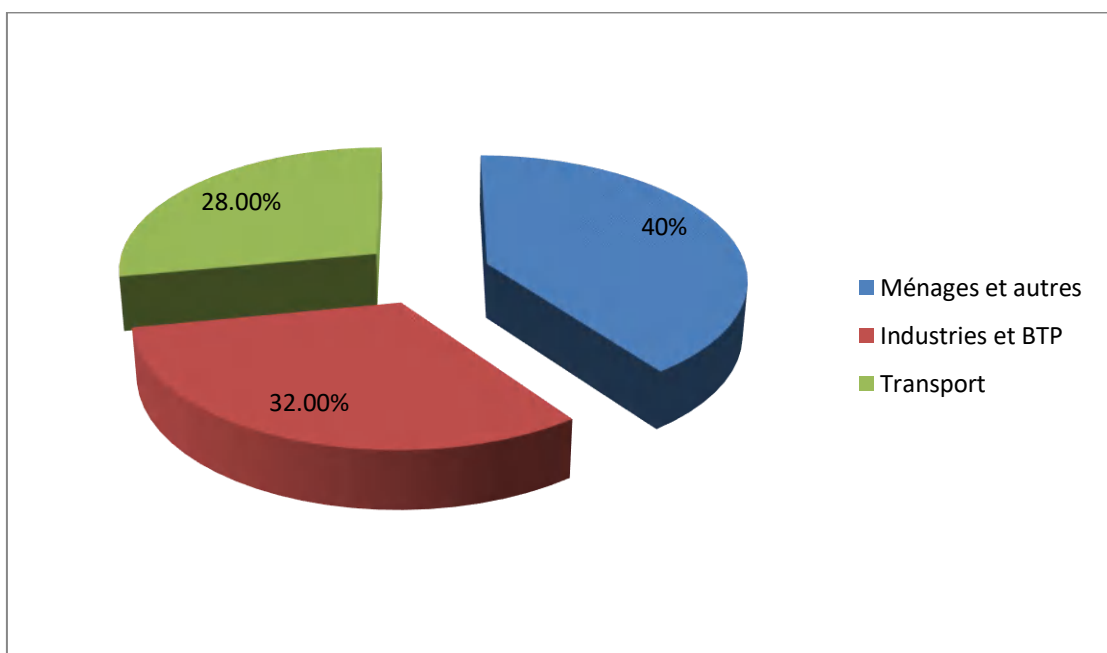


Figure 0-19 : Consommation finale par secteur en usa (2015)

(Our world in data, 2015)

2.7.3 En Chine

Les taux de croissance les plus élevés en Chine sont ceux du transport et du tertiaire, ce qui indique une évolution rapide vers une structure moderne. La progression de la part de l'industrie aux dépens de celle du résidentiel dénote l'intensité du processus d'industrialisation ; cette évolution devrait s'inverser dans un avenir proche, le

Chapitre 2

gouvernement ayant décidé un rééquilibrage du développement en faveur de la consommation des ménages en 2017 la consommation des ménages représente 20% de consommation énergétique finale[42].

Les figures (2-20,2-21) illustrent la part importante de consommation énergétique de secteur bâtiment chinoise.

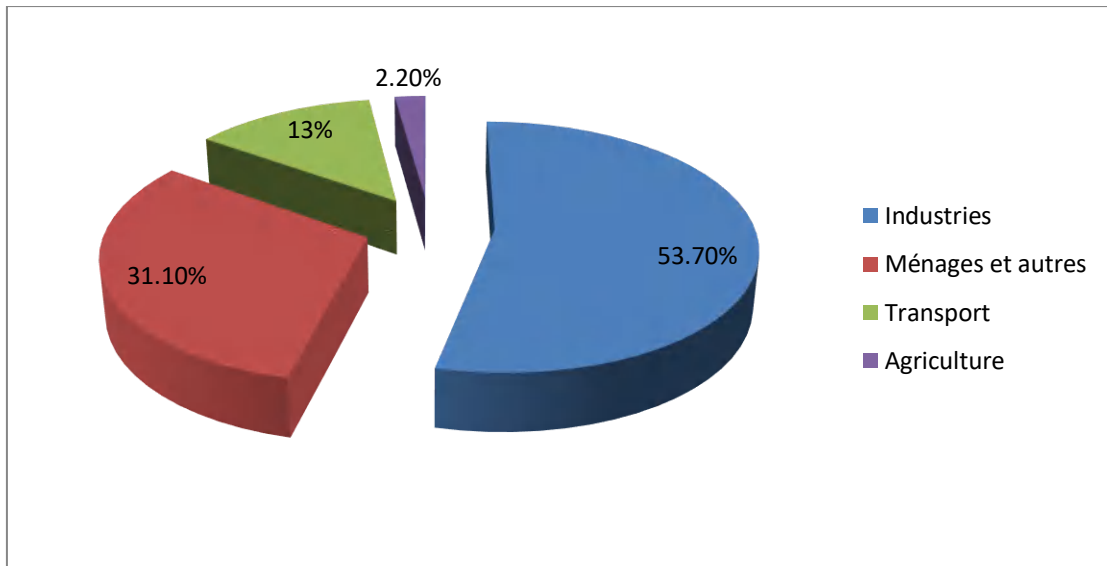


Figure 0-20 : Consommation finale par secteur en chine (2010)

(World energy , 2010)

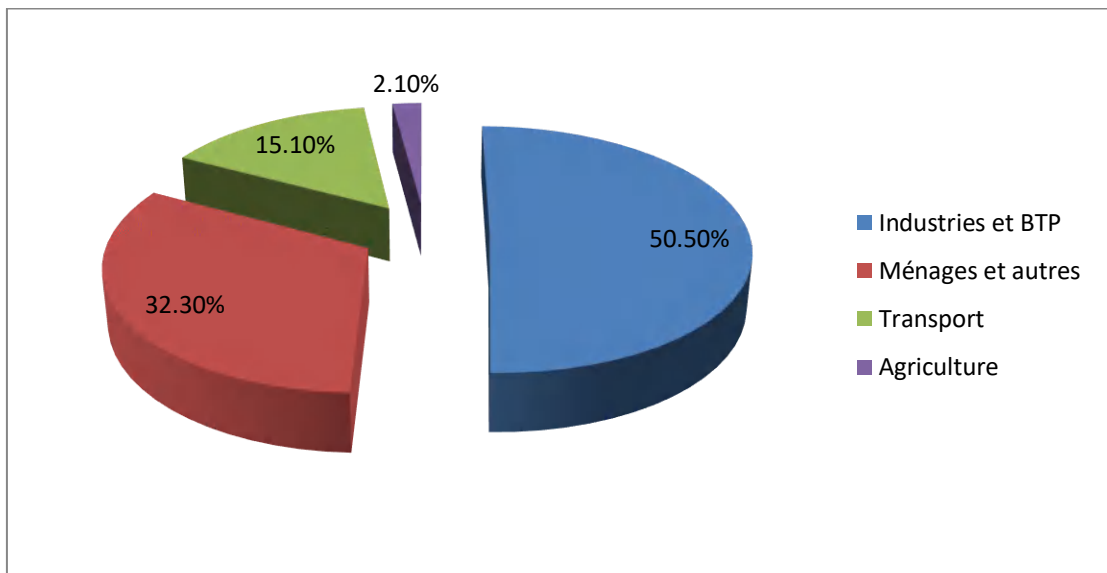


Figure 0-21: Consommation finale par secteur en chine (2015)

(World energy , 2015)

Chapitre 2

2.7.4 En France

Selon les chiffres publiés par l'Ademe en 2017, le bâtiment est de loin le premier poste de consommation d'énergie en France avec 42% de l'énergie consommée pour les bâtiments résidentiels et tertiaire. Le secteur du bâtiment se place ainsi devant les transports (30%). L'industrie (25%) et l'agriculture (3%). De plus le bâtiment représente 19% des émissions de gaz à effet de serre du pays[43].

Les figures (2-22,2-23) illustrent que le secteur bâtiment est le plus énergivore.

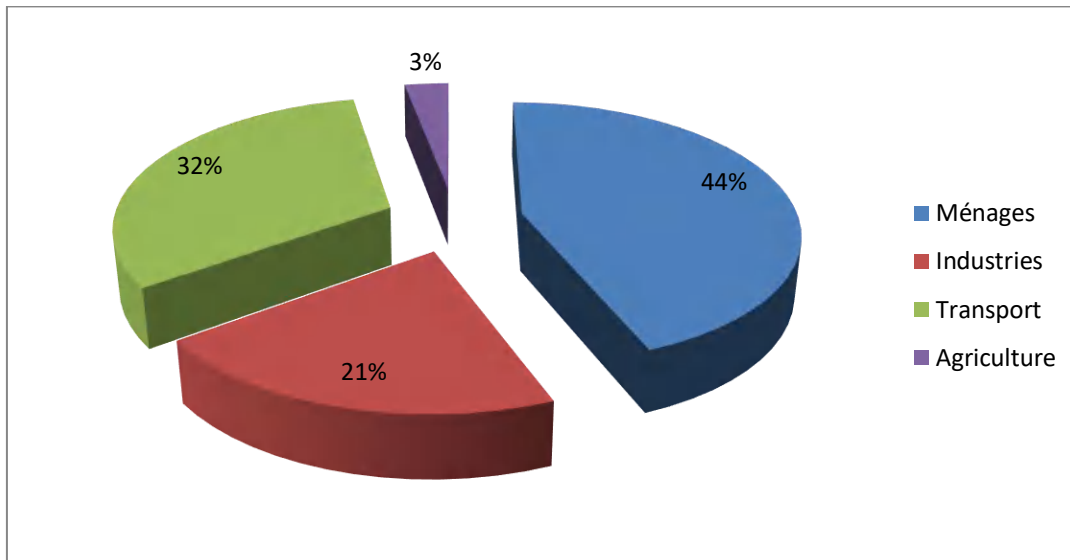


Figure 0-22 : Consommation finale par secteur en France (2010)

(Enerdata , 2010)

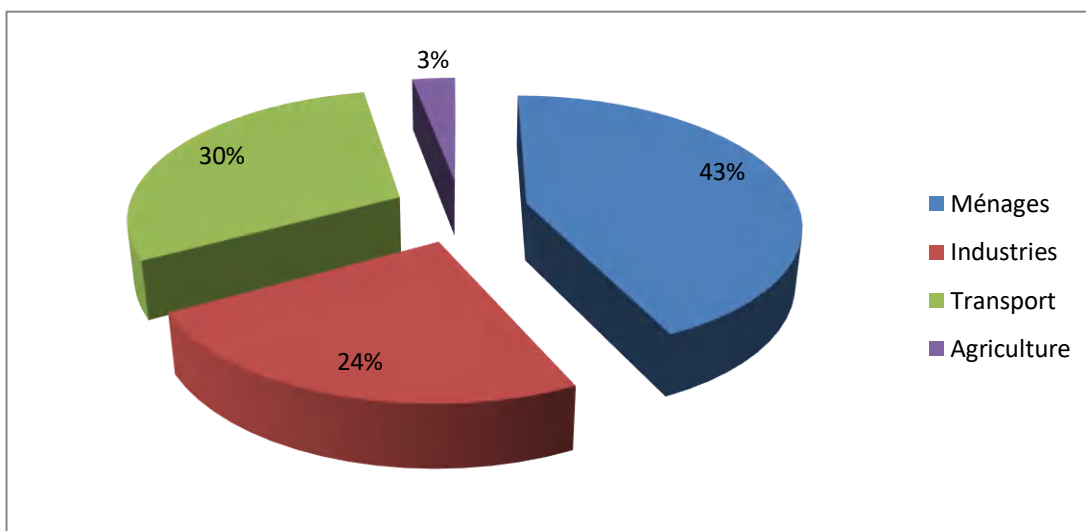


Figure 0-23 : Consommation finale par secteur en France (2015)

(Enerdata , 2015)

Chapitre 2

Conclusion

La courbe de consommation interne en Algérie continuera à croître au rythme actuel, sans aucune forme d'économie d'énergie, et tant que les énergies renouvelables ne renforceront pas leur production pour satisfaire à la fois l'augmentation de la demande interne et externe, à partir de 2030, les énergies vertes, combinées aux réserves de gaz naturel, seront les garants de la sécurité énergétique du pays. Mais le retard pris dans l'élaboration des plans d'énergie renouvelable freine le pays.

D'ici 2033, les réserves de gaz et d'hydrocarbures et la forte consommation intérieure ne permettront pas à notre pays d'exporter, par exemple, plus de 10 % de sa production de gaz naturel. Ces chiffres contrastent fortement avec les 58% exportés en 2019, ou les 80% en 1980. "Les estimations montrent qu'à partir de 2028, ou 2030 au plus tard, un choix devra être fait entre la consommation intérieure et les exportations, et qu'à partir de 2035, ou 2040 au plus tard, la production intérieure de gaz ne sera plus suffisante.

L'étude comparative fait ressortir que l'Algérie continuera à marcher vers l'insuffisance énergétique.

Chapitre 3 : Etude comparative des politiques liées à l'efficacité énergétique en Algérie et dans le monde

Introduction

L'Algérie est confrontée à de nombreux défis, notamment une population en croissance rapide, un ralentissement de la croissance économique, ces défis sont exacerbés par des problèmes mondiaux et régionaux, tels que le changement climatique, les problèmes énergétiques sont au centre d'un grand nombre de ces défis. Qui se caractérise par une forte dépendance au pétrole et au gaz naturel dans la couverture de ses besoins énergétiques, bien qu'étant d'importants producteurs d'énergie, malheureusement l'Algérie a du mal à répondre à la demande énergétique intérieure croissante. La nouvelle politique énergétique basée sur les énergies renouvelables représente donc une stratégie prometteuse pour répondre à cette demande. Concrétiser la transition énergétique, à travers un plan d'action tracé à l'horizon 2035 visant à augmenter les capacités d'exploitation des énergies renouvelables[44].

En Algérie quelques actions isolées initiées au début en matière d'énergies renouvelables et efficacité énergétique.

Cela concorde en fait avec la création des premières institutions publiques chargées de leur développement et suivi respectifs: soit le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) en 1988 et l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) en 1985. Le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME), le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB)[45], le Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME), commissariat aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique (CEREFEE), ministère de la transition énergétiques et des énergies renouvelables (MTEER)[46], et bien évidemment le ministère de l'énergie et mines, depuis, plusieurs programmes visant un objectif de réduction de consommation énergétiques, ont été initiés avec un appui financier direct de l'état dans le cadre d'une politique énergétique efficace. A ce titre, il y a lieu de citer le programme national de développement des énergies renouvelables et efficacité énergétique (PNEREE) 2011 et sa version actualisé 2015[47]. Pour le volet de l'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel à travers des actions visant, entre autres, à limiter le gaspillage de l'énergie moyennant l'encouragement des solutions à base de ressources

Chapitre 3

renouvelables telles que les chauffe-eau solaires ou à efficacité énergétique prouvée comme les lampes basse consommation pour l'éclairage électrique, En effet et pour une multitude de raisons réelles, notamment sur les plans technique et économique.

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie.

3.1 Programmes et mesures incitatives adoptées pour la promotion de cette efficacité

L'efficacité de ces programmes dépend de leur mise en œuvre effective, de la participation des parties prenantes, de la disponibilité de financements et de l'adaptation continue aux progrès technologiques.

3.1.1 Points positifs de ces programmes

Abondance de Ressources Naturelles : L'Algérie est riche en ressources énergétiques, en particulier le pétrole et le gaz naturel, ce qui constitue une base importante pour son économie.

Diversification du Mix Énergétique : Des initiatives visant à diversifier le mix énergétique ont été lancées, avec des investissements dans les énergies renouvelables. Des projets solaires et éoliens ont été développés pour augmenter la capacité de production d'électricité à partir de sources renouvelables.

Partenariats Internationaux : Des partenariats avec des entreprises et des investisseurs étrangers ont été établis pour stimuler l'exploration et la production d'hydrocarbures, ainsi que pour développer des projets d'énergies renouvelables.

Politiques de Subvention Énergétique : Le gouvernement algérien a mis en place des politiques de subvention énergétique pour atténuer l'impact des fluctuations des prix du pétrole sur les consommateurs et les industries.

3.1.2 Défis et les points d'amélioration de ces programmes

Dépendance Économique : L'Algérie est fortement dépendante des exportations d'hydrocarbures, ce qui la rend vulnérable aux fluctuations des prix mondiaux du pétrole et du gaz.

Chapitre 3

Efficacité Énergétique : Malgré des efforts pour promouvoir l'efficacité énergétique, il existe des domaines où des améliorations sont nécessaires, notamment dans le secteur de la construction et de l'industrie.

Gestion des Revenus : La gestion des revenus générés par les ressources énergétiques nécessite une attention continue pour assurer une utilisation transparente, efficace et durable des fonds.

Transition Énergétique : La transition vers des sources d'énergie plus durables et la réduction de la dépendance aux combustibles fossiles sont des défis complexes qui nécessitent une planification à long terme et une mise en œuvre efficace.

Développement des Énergies Renouvelables : Bien que des progrès aient été réalisés, le développement des énergies renouvelables peut être entravé par des défis liés à l'infrastructure, à la réglementation et au financement.

Réformes Structurelles : Des réformes structurelles sont nécessaires pour créer un environnement propice aux investissements, à l'innovation et à la diversification économique.

3.1.3 Plan d'action en matière d'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique est appelée à jouer un rôle important dans le contexte énergétique national, caractérisé par une forte croissance de la consommation tirée, notamment, par le secteur domestique avec la construction de nouveaux logements, la réalisation d'infrastructures d'utilité publique et la relance de l'industrie, la réalisation de ce programme par une diversité d'actions et de projets, devrait favoriser l'émergence, à terme, d'un marché durable de l'efficacité énergétique en Algérie[48].

Les retombées économiques et sociales de l'intégration de la dimension efficacité énergétique dans les différents secteurs d'activité sont multiples. Cette intégration permet d'améliorer le cadre de vie du citoyen mais constitue, également, une réponse appropriée au défi de conservation de l'énergie avec ses implications bénéfiques sur l'économie nationale, en termes de création d'emplois et de richesse, en plus de la préservation de l'environnement.

Le programme se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie. Il s'agit principalement du bâtiment, du transport et de l'industrie[49].

Chapitre 3

➤ Pour le secteur du bâtiment :

Le programme vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes, autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles. Des mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des logements.

Il s'agit également de favoriser la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment les chauffe-eaux solaires et les lampes économiques : l'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant moins d'énergie.

La mise en place d'une industrie locale des isolants thermiques et des équipements et appareils performants (les chauffe-eaux solaires ; lampes économiques) constitue l'un des atouts pour le développement de l'efficacité énergétique dans ce secteur.

Globalement, on prévoit plus de 30 millions de TEP qui seront économisées, d'ici 2030 réparties comme suit :

- 1- Isolation thermique : l'objectif est d'atteindre un gain cumulé évalué à plus de 7 millions de TEP ;
- 2- Chauffe -eau solaire : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie à plus de 2 millions de TEP ;
- 3- Lampe à basse consommation: Les gains en énergie escomptés, à l'horizon 2030 sont estimés à près de 20 millions de TEP ;
- 4- Eclairage public : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie de près d'un (01) million de TEP, à l'horizon 2030 et d'alléger la facture énergétique des collectivités.

➤ Pour le secteur des transports :

Le programme vise à promouvoir les carburants les plus disponibles et les moins polluants, en l'occurrence, le GPLc et le GNc: l'objectif étant d'enrichir la structure de l'offre des carburants et de contribuer à réduire la part du gasoil, en plus des retombées bénéfiques sur la santé et l'environnement. Ceci se traduirait par une économie, d'ici 2030, de plus de 16 millions de TEP[50].

➤ Pour le secteur de l'industrie

Le programme vise à amener les industriels à plus de sobriété dans leurs consommations énergétiques. En effet, l'industrie représente un enjeu pour la maîtrise de l'énergie du fait que sa consommation énergétique est appelée à s'accroître à la faveur de la relance de ce secteur. Pour ce secteur, c'est plus de 30 millions de TEP qui seront économisées.

Pour plus d'efficacité énergétique, il est prévu :

Chapitre 3

- La généralisation des audits énergétiques et du contrôle des procédés industriels qui permettront d'identifier les gisements substantiels d'économie d'énergie et de préconiser des plans d'actions correctifs.

En synthèse, la mise en œuvre concrète du programme national d'efficacité énergétique sur le terrain vise à ralentir progressivement la croissance de la demande énergétique. Par conséquent, les économies d'énergie cumulées attendues s'élèveraient à environ 93 millions de tonnes équivalent pétrole (TEP), avec 63 millions de TEP d'ici 2030 et le reste au-delà de cette période.

Il est donc crucial de souligner l'importance de ce programme d'économies d'énergie, nécessitant la concrétisation de diverses mesures. Cela inclut notamment la participation active des parties concernées, telles que l'industrie publique et privée, ainsi que l'ajustement du cadre juridique régissant l'efficacité énergétique.

3.1.3.1 Programme Eco-Bat

✓ Contexte :

Le secteur résidentiel est à l'origine de 41% de la consommation d'énergie finale en Algérie. Les perspectives de développement du parc de logements conduiront à un accroissement exponentiel de cette consommation énergétique. Dans ce contexte, la réalisation de logements efficaces énergétiquement s'impose comme une nécessité à la maîtrise des consommations énergétiques du secteur résidentiel[51].

✓ Objectifs :

Le programme ECO-BAT vise les objectifs suivants :

- Améliorer le confort thermique des habitations et réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation.
- Mobiliser les acteurs du secteur du bâtiment autour de la question de l'efficacité énergétique.
- Réaliser une action démonstrative qui constitue une preuve de la faisabilité des projets à haute performance énergétique en Algérie.
- Susciter un effet d'entraînement pour encourager l'intégration des aspects liés à la maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale [52].

La mise en œuvre du programme ECO-BAT sera soutenue par des mesures incitatives sous forme d'expertise et d'un apport financier du Fond National pour la maîtrise de l'énergie. Elle sera également accompagnée d'une bonne médiation ainsi que du lancement de cycles de formation à destination des bureaux d'études et des maîtres d'ouvrage.

Chapitre 3

Enfin, des journées techniques regroupant l'ensemble des acteurs du secteur du bâtiment seront également organisées.

Appel à manifestation d'intérêt pour les experts thermiciens en bâtiment.

Cible de bénéficiaire :

- OPGI : Office de Promotion et de Gestion Immobilières.
- Fond National pour la Maîtrise de l'Energie

3.1.3.2 Programme Prop-air

Le secteur des transports actuel représente plus de 41 % de la consommation totale d'énergie, ce qui en fait l'un des principaux consommateurs dépendant à 96 % des hydrocarbures liquides. Malgré cela, le GPL ne représentant que de 5 % de la consommation de carburant des véhicules, un chiffre demeure au-dessous des ambitions gouvernementales, compte tenu des importantes réserves de GPL en Algérie et des avantages environnementaux multiples qu'offre cette source ,parallèlement, on observe une augmentation significative de l'utilisation de carburants diesel dans le parc automobile, ayant des conséquences négatives tant sur l'environnement que sur la santé publique. Cette situation a également des implications économiques, car l'Algérie est maintenant un importateur de ce type de carburant. Ce programme vise à remédier au déficit sur le marché national des carburants et à atténuer les impacts nocifs du transport, en particulier dans les zones urbaines densément peuplées, contribuant ainsi à améliorer la santé publique[53].

Objectifs :

- ✓ Sur le plan économique
 - Réduction de l'importation de carburants, qui ne cesse d'augmenter ces dernières années induites par l'augmentation du parc automobile et de la mobilité des usagers ;
 - La création d'emploi à travers la filière de conversion au GPL ;
 - La mise à la disposition des professionnels des transports d'une source d'énergie alternative abordable et respectueuse de l'environnement[54].
- ✓ Sur le plan environnemental
 - Réduction substantielle des gaz d'échappement dans les villes et par voie de conséquence la protection de la santé publique.

Chapitre 3

✓ Consistance :

Conversion de plus de 1,1 million de véhicules au GPL/c à l'horizon 2030 dont 850000 véhicules à 2023.

✓ Cibles:

Propriétaires de véhicules particuliers ou propriétaires de taxis et entreprises de taxis

Soutien technique :

Ce programme bénéficie notamment de :

- Soutien technique de la part de l'APRUE, notamment à travers l'élaboration d'un cahier des charges des spécifications liées à la qualité des kits GPL/c, ainsi que des règles concernant l'installation, la maintenance et les services après-vente.
- Accompagnement des installateurs et renforcement de leurs capacités.
- Suivi global de la mise en œuvre du programme.
- Conception et lancement d'une campagne de sensibilisation en vue d'inciter les bénéficiaires potentiels à adhérer.
- Contribution financière au coût d'installation du kit GPL/c à travers le Fonds National pour la Maîtrise de l'Énergie et pour les Énergies Renouvelables et de la Cogénération (FNMEERC).

3.1.3.3 Programme Al-sol

L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE) a initié diverses actions, notamment dans le cadre du Programme National de Maîtrise de l'Énergie, à travers le programme dénommé « ALSOL ». Ce programme a pour objectif de favoriser l'adoption des chauffe-eau solaires, d'instaurer une dynamique sur le marché, de stimuler la création de nouveaux acteurs industriels, tout en développant des réseaux d'installateurs et de prestataires de services énergétiques. À terme, on prévoit la production locale de chauffe-eau solaires et l'établissement d'un marché pérenne pour le solaire thermique en Algérie[55].

3.1.3.4 Programme Top-industrie

Ce programme visant à promouvoir l'efficacité énergétique dans le secteur industriel en Algérie. Ces programmes peuvent inclure des incitations financières, des conseils techniques, des formations et d'autres mesures visant à encourager les entreprises à adopter des pratiques plus durables sur le plan énergétique.

Chapitre 3

A pour objectif de confirmer et affiner le potentiel d'économie d'énergie à travers les actions d'audit énergétique et d'études, proposer des solutions techniques pour maîtrise de consommation énergétique, accompagner les entreprise pour des actions d'amélioration d'efficacité énergétique, cofinancé à travers le fonds, les projets d'investissement liée à la transition énergétique et le développement durable[56].

3.1.3.5 Eco-lumière

✓ Context:

L'éclairage domestique est à l'origine de 32% de la consommation électrique des ménages algériens. Il est également responsable de la formation de la pointe de puissance nationale. Dans ce contexte, l'utilisation des lampes économiques représente une opportunité de réduction de la consommation électrique et d'écèlement de la pointe nationale.

✓ Objectifs :

Le programme ECO-LUMIERE a pour objectifs :

D'introduire l'éclairage performant dans les ménages algériens ;

D'améliorer le confort et réduire la facture d'électricité des ménages ;

De réaliser une économie d'énergie de 100 Gwh/an, pour la collectivité ;

De favoriser l'émergence d'un marché national de lampes économiques.

Consistance du programme :

Le programme ECO-LUMIERE portera sur la diffusion d'un million de lampes dans les ménages algériens. Les lampes économiques sont destinées à remplacer les lampes à incandescence. Elles seront diffusées sur l'ensemble du territoire national.

Les meilleures lampes économiques existantes sur le marché international seront distribuées à un prix concurrentiel.

La figure 3-1, montre bien que, le gaz naturel est la principale source d'énergie en Algérie avec un taux 65% du mix énergétique, tandis que le pétrole ne représente 35%. Cette énergie (le gaz naturel) est la principale source de production d'électricité avec un taux de 99%.

Chapitre 3

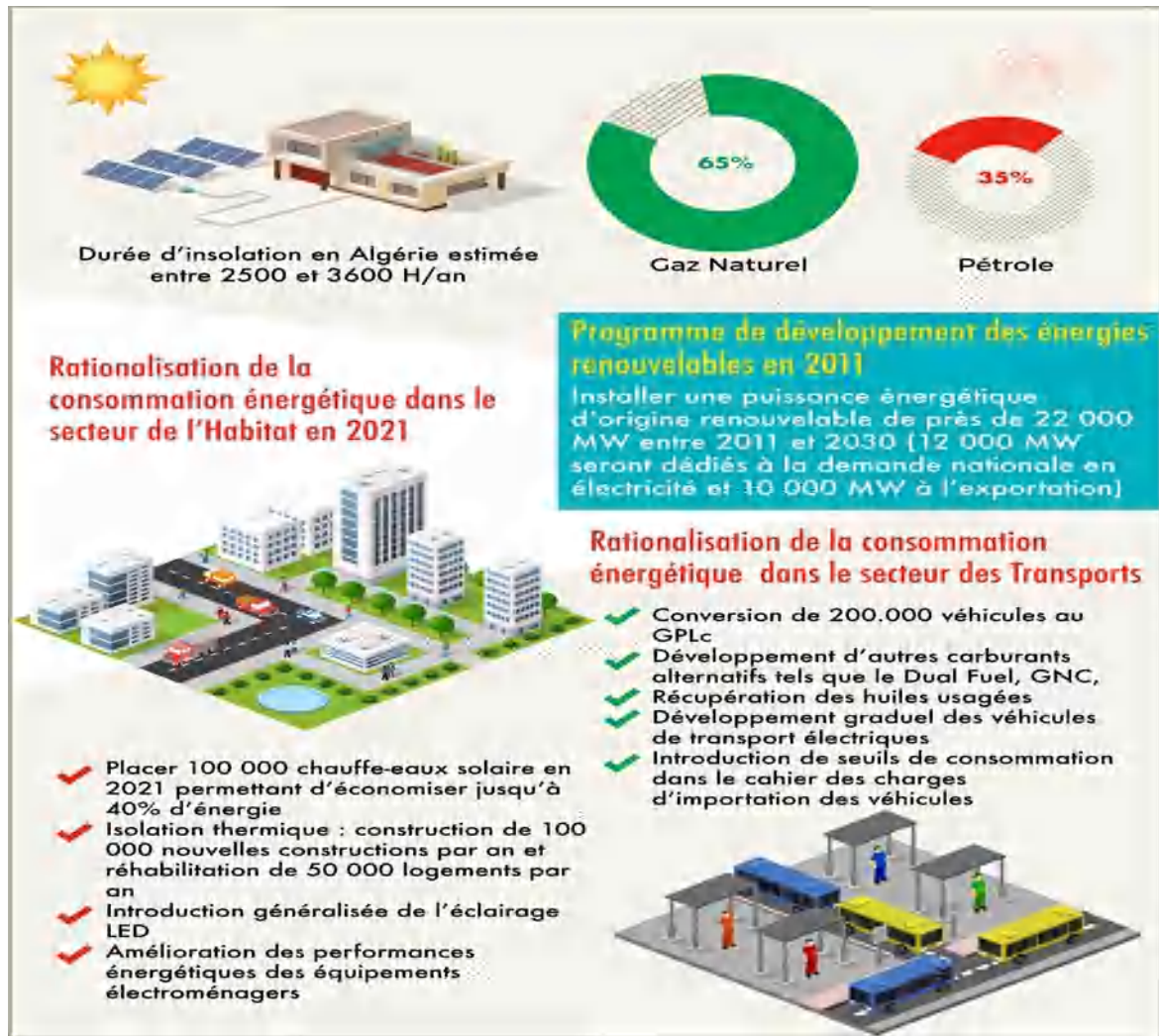


Figure 0-1 : Les sources énergétiques en Algérie[52].

3.1.4 Programme national d'efficacité énergétique

Le programme dédié à l'efficacité énergétique témoigne de la volonté de l'Algérie de promouvoir une utilisation plus responsable de l'énergie, tout en explorant toutes les avenues visant à préserver les ressources et à standardiser une consommation utile et optimale.

L'objectif essentiel de cette démarche en faveur de l'efficacité énergétique réside dans la production identique de biens ou de services, mais en minimisant au maximum la consommation d'énergie. Ce programme comprend des initiatives qui favorisent l'utilisation des formes d'énergie les plus adaptées aux divers besoins, impliquant ainsi des ajustements comportementaux et des améliorations des équipements [35], [50].

Pour concrétiser ces objectifs, le programme envisage d'introduire des mesures d'efficacité énergétique dans trois secteurs clés : le bâtiment, le transport et l'industrie. Il encourage également la mise en place d'une industrie locale dédiée à la fabrication de lampes

Chapitre 3

performantes, de chauffe-eau solaires, ainsi que d'isolants thermiques, en promouvant l'investissement aussi bien local qu'étranger, néanmoins, quelques années après le lancement du programme, actualisé en 2015 et révisé en 2017, les résultats s'avèrent très modestes (une production de 400 MW à la réalisation de ce programme ambitieux nécessite des investissements colossaux estimés à 120 milliards de dollars. L'objectif de ce programme est de porter la part des énergies renouvelables à 40% du mix énergétique d'ici à 2030. Le programme des ER (2011-2030) (PNEREE , 2016) est défini en quatre phases:

- 2011-2013 : Installation d'une puissance totale de 110 MW.
- 2014-2015 : Capacité de puissance installée de 650 MW.
- 2016-2020 : La puissance installée devrait atteindre environ 2600MW et une possibilité d'exportation de 2000 MW.
- Une capacité supplémentaire d'environ 12000 MW devrait être installée d'ici 2030 et une possibilité d'exportation jusqu'à 10 000MW partir des ER.

3.2 Difficultés rencontrées dans l'application de ces mesures en Algérie

A travers son programme d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables, l'Algérie compte se positionner comme un acteur déterminé dans la production de l'électricité à partir des filières solaires et éolienne en intégrant la biomasse, la cogénération et la géothermie. Ces filières énergétiques seront les moteurs d'un développement économique durable à même d'impulser un nouveau modèle de croissance économique.

Néanmoins, quelques années après le lancement du programme, actualisé en 2015 et révisé en 2017, les résultats s'avèrent très modestes (une production de 400 MW à partir des énergies renouvelables). Le but de ce chapitre de recherche est de répondre sur la question suivante : quelles sont les barrières qui freinent ces mesures en Algérie .

3.2.1 Barrières au développement d'efficacité énergétiques des énergies renouvelables

Dans la plupart des pays, le déploiement des énergies renouvelables fait face à plusieurs contraintes ou barrières qui entravent leur diffusion et développement. Une large littérature s'est focalisée sur cette question afin de déterminer et d'analyser les principales barrières et les mesures à prendre pour les surmonter [53], dans cette littérature plusieurs types de barrières sont dressés, en l'occurrence, nous avons choisi de mettre en lumière que les barrières adaptées au contexte de l'Algérie. Celles-ci peuvent être regroupées en quatre

Chapitre 3

grandes catégories : barrières économiques ; techniques ; institutionnelles et socioculturelles. Les barrières économiques représentent de véritables freins pour la promotion des ER en Algérie[54].

3.2.1.1 Barrières économiques

- Les coûts élevés associés aux technologies des énergies renouvelables contribuent à un prix de l'énergie issu de celles-ci qui est prohibitif, créant ainsi une barrière à l'entrée sur le marché de l'électricité.
- Le manque de financement, qu'il provienne du secteur public ou privé, pour investir dans les énergies renouvelables constitue un défi majeur. Malgré les efforts déployés en Algérie pour le financement des énergies renouvelables, les montants alloués restent insuffisants par rapport à d'autres pays tels que l'Inde ou le Maroc.
- Le marché présente des lacunes dans l'internalisation des coûts des externalités négatives, résultant de l'utilisation de méthodes conventionnelles de production d'électricité, telles que la pollution et les émissions de gaz à effet de serre, dans le prix de l'électricité.
- La production des nouvelles technologies est souvent très coûteuse, ce qui limite leur utilisation et propagation.

3.2.1.2 Barrières techniques

Les barrières techniques ou technologiques sont liées aux activités de recherche et développement dans les énergies renouvelables [55]. Dans le cas de l'Algérie ce type de barrière concerne les points suivants :

- Le manque de subventions aux instituts de recherche pour développer les technologies des ER.
- Les risques et l'incertitude sur le design, l'installation et la performance de certaines technologies.
- Le manque de compétences nécessaires pour le développement, la fabrication et la maintenance des technologies.

3.2.1.3 Barrières institutionnelles

Les barrières institutionnelles sont d'ordre stratégique, réglementaire ou politique pour le développement et la promotion des énergies renouvelables et efficacité énergétique [54], [55], les pouvoirs publics en Algérie ont dû revoir la politique des ER à cause des motifs suivants :

- Ambiguïté des stratégies et des politiques publiques.

Chapitre 3

- Manque ou absence des réglementations pour gérer le secteur des énergies renouvelables.
- La bureaucratie des administrations en charge de ces questions.
- Procédures administratives inadéquates (exemple : l'annulation du projet 600 logement à basse consommation.
- Non implication des parties prenantes dans la promotion des énergies renouvelables.

Le premier programme national dédié au développement et la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (PNEREE) en Algérie, a été adopté sur la base d'une estimation de l'évolution de la puissance installée préalablement établie et présentée par le ministère de l'énergie et des mines (MEM), qui a tablé sur une consommation annuelle globale à terme de 150 TWh/an.

3.2.1.4 Barrières socioculturelles

Les barrières socioculturelles peuvent à leur tour constituer de véritables obstacles à la diffusion des énergies renouvelables. Elles sont présentes dans beaucoup de recherches ,[54], [55] et concernent notamment :

Le manque d'information des ménages sur les impacts environnementaux négatifs et les coûts/avantages induits par l'utilisation de chaque type de technologie.

L'absence d'incitations envers les consommateurs pour l'utilisation des énergies renouvelables ; le manque de sensibilisation de la société sur les questions de pollution et d'environnement, génère un comportement d'insouciance vis-à-vis de ces questions ; le pouvoir d'achat très bas des ménages influence le choix des priorités des dépenses.

3.3 Insuffisances relevées dans ces mesures

Constatant le manque d'harmonie dans l'exécution des étapes initialement tracées quant à la mise en œuvre du PNEREE, notamment sa dernière version de 2015, ainsi que l'absence de suivi et d'évaluation de ce qui a été effectivement réalisé.

3.3.1 Insuffisance liée à la politique

3.3.1.1 Dispositifs de financements

L'Algérie est très dépendante financièrement des revenus d'exportation de pétrole et surtout de gaz.

Le pays aurait besoin d'un prix du pétrole d'environ 170 dollars par baril en 2021, selon le FMI, pour atteindre l'équilibre budgétaire, soit l'un des prix d'équilibre les plus élevés parmi les exportateurs de pétrole. Les recettes pétrolières et gazières représentaient la

Chapitre 3

quasi-totalité des revenus d'exportation (entre 90% et 95% selon les années), entre 40% et 60% du budget de l'État

A titre d'exemple en Algérie le financement des travaux de l'isolation thermique des bâtiments restent timide, 1000 logements répartis à travers le territoire national bénéficieront de programme national d'efficacité énergétique visant l'isolation thermique (Eco bat).

3.3.1.2 Coopération internationale et l'investissement dans le domaine énergétique

Un exemple de coopération énergétique entre l'Algérie et l'Allemagne est le projet desertec, l'objectif ciblé est d'accompagner l'Algérie dans la réalisation d'un projet dans le domaine des énergies renouvelables et notamment de l'hydrogène vert, qui peut être utilisé à la place du gaz naturel. Concernant ce projet, qui était prévu dans le cadre d'un partenariat entre l'Algérie et l'Allemagne, il n'a pas vu le jour parce que les banques ont refusé de le financer en raison de son coût d'investissement « dépassant 450 milliards de dollars ».

Il convient de rappeler que ce méga projet avait été lancé en 2010 pour l'exploitation du potentiel énergétique des déserts de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (MENA) puis exporter de l'électricité verte vers l'Europe.

Le projet est trop cher et ambitieux face à la réalité du terrain. Ses ambitieux objectifs reposent sur le fait que chaque kilomètre carré de désert reçoit annuellement une énergie solaire équivalent à 1,5 million de barils de pétrole, selon ses initiateurs et qu'un carré de 254 kilomètres de côtés, au désert, suffirait pour répondre à la demande mondiale d'électricité.

3.3.1.3 Insuffisance liée à l'application des mesures

L'Algérie a élaboré plusieurs programmes de développement de l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables depuis 2011, mais ces ressources ne contribuent encore que modestement aux besoins en énergie du pays. Le 3 février 2011, le gouvernement algérien a approuvé le premier programme national destiné au développement et à la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique : le PNEREE. Le programme visait à atteindre une capacité de production d'énergie renouvelable de 22 000 (MW) pour 2030, dont 10 000 MW étaient destinés à l'exportation, afin d'atteindre 40 % d'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique total, l'actualisation du PNEREE en 2015 a principalement été motivée par d'importantes réductions dans les coûts d'investissements pour la production d'électricité issue de différentes sources d'énergie renouvelable, notamment le solaire photovoltaïque (PV), tel qu'indiqué sur la figure 3-2. En

Chapitre 3

conséquence, la part d'énergie solaire concentrée (CSP) a été réduite du moins d'un tiers de ce qui avait été prévu à l'origine dans la version précédente du programme (elle est passée de 7 200 MW à 2 000 MW). Concernant le solaire photovoltaïque, sa part a été presque multipliée par cinq (passant de 2 800 MW à 13 575 MW)

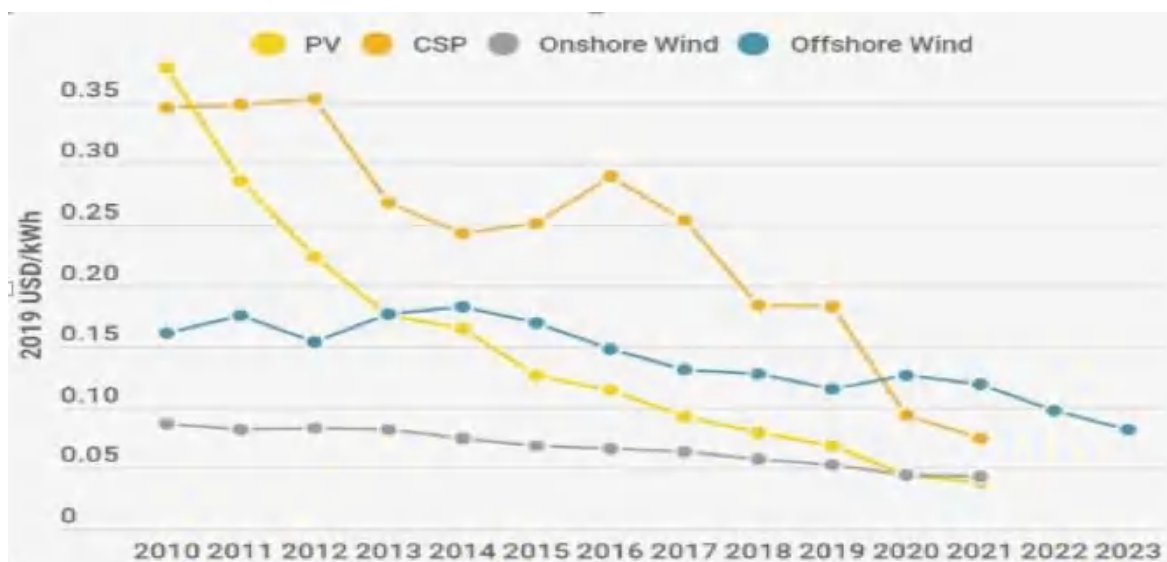


Figure 0-2 : Evolution des coûts de la production d'électricité issue de sources renouvelables [56].

Cependant, ni le programme de 2011, ni son actualisation de 2015 n'ont été mis en œuvre de manière significative : à ce jour, l'Algérie n'a installé qu'environ 425 MW de capacité solaire, ce qui est très loin de l'objectif du programme de 4 500 MW pour 2020.

Le développement de la capacité prévue a été freiné par un manque de coordination dans l'exécution du PNEREE, y compris dans la dernière version de 2015, de même que par un manque de surveillance et d'évaluation, et avant tout un manque d'engagement politique sérieux pour la transition énergétique.

Tableau 0-1 : Degré de réalisation des objectifs du programme de développement des énergies renouvelables en Algérie pour 2020 [50].

Source	Cible en 2020(MW)	Installée en 2020(MW)	Réalisations %
Solaire photovoltaïque (PV)	3 000	400	13.33
Eolienne	1 010	50	5
Biomasse	360	0	0
Géothermique	5	0	0
L'énergie solaire concentrée (CSP)	—	25	—
Total	4 375	475	10.7

Chapitre 3

En dépit de publicité qui lui a été accordée, ce programme n'a pas atteint ses objectifs. L'Algérie vise à réaliser cet objectif dans les délais fixés. Afin d'accélérer le développement des énergies renouvelables, un haut-commissariat aux Energies renouvelables, rattaché au premier ministre, et un ministère de la transition énergétique et des énergies renouvelables ont été créés en 2019 et 2020 respectivement. Pour concrétiser les objectifs tracés.

3.3.1.4 Difficultés en matière de coordination.

Des entraves liées à l'absence de coordination entre les différents secteurs, l'insuffisance en termes de compétences techniques et la non-conformité des modes de financement actuels, le manque de coordination a toujours été l'apanage de l'administration. Cette caractéristique a bloqué beaucoup de nombreux projets dans de nombreux secteurs, et on a toujours laissé faire. C'est le cas à titre illustratif dans le bâtiment. Alors que le programme national d'efficacité énergétique devrait toucher 100 000 logements/ an, le butin reste maigre. Et pour cause, les techniques d'isolation thermique se font toujours attendre, à l'exception des projets pilotes lancés dans 600 logements dans les wilayas d'Alger et Djelfa qui a été abandonné, l'introduction des énergies renouvelable dans la construction se fait à pas de tortue. Il était pourtant question de réaliser 4000 logements en 2018 conformément au programme tracé dont l'objectif pour rappel est d'économiser 63 millions de tonnes équivalent pétrole (Tep), pour un montant financier de 42 milliards de dollars. Un objectif difficile à atteindre avec des moyens réduits et des projets bâclés avec à la clé des logements énergivores, comme l'illustrent les pics de consommation d'énergie électrique durant la saison estivale.

3.3.1.5 Obstacles liés à l'investissement (réalisation des nouveaux projets)

✓ Programme national de transition énergétique 2020

Face à cette inertie dans la poursuite des objectifs du programme de 2015-2030, en 2019 le gouvernement a souligné sa détermination à rattraper son retard dans le secteur de l'énergie renouvelable. Un nouveau programme a été élaboré, le programme national de transition énergétique 2020, dont l'objectif révisé est d'atteindre une capacité basée sur le solaire PV de 16 000 MW dès 2035, cet objectif est un élément déterminant de la transition énergétique algérienne. Des centrales photovoltaïques reliées au réseau national devraient générer 15 000 MW en 2035, dont la première tranche de 4 000 MW est prévue pour 2024 ; les 11 000 MW restants devant être déployés dès 2030. Pour concrétiser ces plans,

Chapitre 3

le projet « Tafouk I » a été annoncé en mai 2020, avec l'objectif de générer 4 000 MW de capacité solaire PV .

✓ Développements récents dans le secteur des énergies renouvelables

Approuvé en 2020, le plan algérien de produire 16 000 MW d'énergie renouvelable en 2035 avait été lancé en décembre 2021. La nouvelle Société Algérienne des Énergies Renouvelables (SHAEMS Spa), détenue par les deux entreprises publiques Sonatrach et Sonelgaz, a été chargée par le ministère de la transition énergétique et des énergies renouvelables de gérer le processus d'appel d'offres. La SHAEMS investira également dans chaque société projet, soit toute seule, soit en partenariat avec d'autres entités publiques et/ou privées. Si l'offre est acceptée, cela aboutira à la signature d'un contrat d'achat d'électricité pour 25 ans.

3.3.2 Difficultés et obstacles liés à la transition énergétique en Algérie

La distance entre les centres de demande et les centres d'approvisionnement constitue le premier obstacle à l'exploitation de l'importante capacité solaire de l'Algérie. Les centres de demande se situent au nord du pays, où la densité urbaine empêche la création de projets d'envergure. Mais l'approvisionnement s'effectue dans le Sahara, dans la moitié sud du pays, où l'ensoleillement et l'espace sont abondants. Outre le problème d'isolement, les conditions climatiques (entre autres considérations) impliquent que le coût de la construction d'installations solaires PV est 30 % plus élevé en Algérie par rapport à la moyenne mondiale.

3.3.2.1 Obstacles liés à la gouvernance

L'absence d'une stratégie énergétique à long terme constitue un important frein pour la gouvernance de la transition énergétique : les initiatives de développement des énergies renouvelables sont inefficaces, fragmentées et manquent de coordination. Le secteur énergétique algérien a mis du temps à s'adapter au besoin urgent mondial d'énergies renouvelables engendré par le changement climatique. Comme nous l'avons résumé plus haut, l'Algérie a annoncé des plans ambitieux, mais leur mise en œuvre piétine en raison d'une mauvaise gestion, d'un manque de stratégie énergétique unifiée et d'une volonté politique insuffisante. Que les politiques et réglementations dans le secteur s'inspirent des autres pays ou qu'elles se développent en interne, leur mise en œuvre reste entravée par la bureaucratie et la corruption.

Le secteur énergétique est centralisé à Alger ; il est dirigé par le ministère de l'énergie et des mines et par les monopoles du pétrole, du gaz et de l'électricité détenus par sonatrach

Chapitre 3

et sonelgaz. Dans ce système de gouvernance centralisée hautement autoritaire, il est peu probable que les idées des spécialistes soient entendues et acceptées. Les objectifs de l'industrie des combustibles fossiles ne sont guère affectés par l'action populaire. Il est donc nécessaire d'adopter une approche stratégique plus flexible, participative et transparente, afin que les Algériens puissent prendre part aux discussions et proposer des solutions aux problèmes énergétiques du pays. En outre, l'inclusion des citoyens dans la prise de décision sur l'énergie stimulerait leur sentiment d'appropriation des biens énergétiques publics, ce qui pourrait modifier le comportement de la population, qui adopterait ainsi une attitude plus responsable et plus constructive. Rétablir la confiance entre le gouvernement et la population, en favorisant l'ouverture et la responsabilité, et avant tout en respectant les décisions des citoyens, serait une première étape vers l'instauration d'une démocratie énergétique en Algérie. Des alternatives plus décentralisées pourraient donner au peuple le pouvoir de choisir comment générer, consommer et échanger de l'énergie, tout en préservant le rôle essentiel de l'État en tant que gestionnaire, contrôleur et législateur.

L'Algérie souffre d'une grave pénurie d'eau qui menace la sécurité alimentaire du pays, entre autres conséquences, et risque de provoquer l'effondrement de l'agriculture et le déplacement des communautés locales. Ainsi, en août 2021, d'importants incendies ont détruit des dizaines de milliers d'hectares de forêts dans le nord du pays, et entraîné la mort d'au moins 90 personnes. Cependant, malgré les impacts catastrophiques évidents du changement climatique sur le pays survenus ces dernières années, ce sujet est rarement abordé dans les plans énergétiques du pays, en partie à cause de la faiblesse institutionnelle du ministère de l'environnement et énergie renouvelables. Il est donc urgent d'inclure la variable climatique dans les futurs politiques et scénarios énergétiques.

3.3.2.2 Financement de la transition énergétique

Malgré la réduction des coûts des technologies solaires et éoliennes, les projets d'énergie renouvelable nécessitent toujours une forte injection de capital. Le financement de la transition représente donc un défi immense pour l'Algérie. Trois options de financement national semblent envisageables : des fonds publics, des fonds privés algériens et des investissements directs étrangers.

Dans le contexte actuel de crise économique, les fonds publics sont de plus en plus sollicités pour répondre à ce qui est considéré comme des doléances socio-économiques plus urgentes, et ne peuvent donc apporter qu'un soutien limité à la transition à court

Chapitre 3

terme. Cependant, un examen approfondi de la position économique de l'Algérie pendant les deux dernières décennies met en évidence un gaspillage énorme et une mauvaise gestion des finances publiques, qui s'ajoutent à une corruption bien ancrée. Pour permettre une transition significative et équitable en Algérie, l'État doit se démocratiser et mettre un terme à la corruption endémique. Ce dernier doit également jouer un rôle plus important dans la transition, engager davantage de fonds publics et défendre un financement climatique conséquent sur la scène internationale. En outre, il convient de rappeler que lorsque les prix du pétrole augmentent (comme c'est le cas actuellement), cela offre la possibilité de créer des fonds souverains pour financer nationalement la modernisation des systèmes énergétiques.

La nécessité de financements significatifs pour faciliter une transition énergétique équitable dans les économies dépendantes du pétrole, comme l'Algérie. Il évoque des sources potentielles de financement, notamment des fonds destinés à réparer les dommages liés au changement climatique et à payer la dette écologique des pays du Nord. Cependant, des doutes persistent quant à la mise en œuvre de telles mesures, comme illustré par le cas du financement de la COP26 pour l'abandon du charbon en Afrique du Sud. L'importance éthique et morale du paiement de la dette climatique par les pays riches du Nord envers les pays du Sud, soulignant la nécessité de transferts de richesses plutôt que de nouveaux prêts. En outre, il critique le manque de considération des politiques climatiques internationales pour les besoins spécifiques des pays producteurs de pétrole à revenu intermédiaire comme l'Algérie, appelant à des politiques mondiales efficaces qui tiennent compte de ces réalités. Pour ce qui est de la situation interne, il est évident que l'Algérie fait preuve d'un manque de volonté politique pour financer la transition énergétique. Par exemple, un fonds spécial avait été mis en place en 2015 pour financer les programmes de développement des énergies renouvelables, mais il n'a pas été utilisé de façon efficace du fait de l'absence d'un décret exécutif définissant une mesure juridique sur l'utilisation de ce fonds. Les politiques souveraines dans le pays interdisent l'endettement extérieur et limitent le financement international aux secteurs vitaux et stratégiques tels que l'énergie à hauteur de 49 %, contre 51 % pour les partenaires algériens. Cependant, en raison des pressions exercées par le lobby capitaliste local et mondial de l'énergie, qui affirme que le cadre réglementaire « précaire » et « rigide » de l'Algérie décourage l'investissement étranger, le critère souverain minimum de 49/51 pour cent a été abandonné pour les projets concernant les énergies renouvelables. La classe d'investisseurs privés en Algérie, principalement composée de fonds familiaux, préfère participer à des projets générant des

Chapitre 3

profits rapidement, qui leur permettent de récupérer leur capital le plus vite possible, contrairement aux projets de développement des énergies renouvelables, pour lesquels ils devront attendre un certain temps avant d'obtenir un retour sur investissement. En outre, après une décennie de fausses promesses et d'engagements non tenus, les investisseurs en Algérie ont perdu confiance dans les programmes d'énergie renouvelable du pays. Cependant, depuis l'annonce du PNEREE en 2011, certains investisseurs privés se sont efforcés d'établir une chaîne de valeur du solaire PV pour soutenir le programme.

Malgré les grandes déclarations faites par les élites politiques algériennes sur le déploiement de l'énergie renouvelable, très peu de progrès ont été réalisés pour financer une transition énergétique via les trois sources susmentionnées. En parallèle, l'Algérie a manqué l'opportunité cruciale offerte par la manne pétrolière de 2004-2014, d'utiliser les revenus considérables générés pour s'industrialiser, diversifier son économie, entreprendre une transition énergétique solide et créer des emplois verts, alors que les prix du pétrole et du gaz étaient très élevés. Les superprofits réalisés à cette période ont été détournés par une élite prédatrice corrompue.

Pour conclure cette discussion sur le financement de la transition énergétique, il serait intéressant pour l'Algérie d'élaborer des stratégies pour encourager les citoyens à investir dans des projets de développement d'énergies renouvelables à petite échelle au niveau local, et de soutenir des projets développés par les communautés. Cette forme de démocratie énergétique directe peut permettre de créer des emplois et d'autonomiser les communautés.

3.3.2.3 Expertise et obstacles technologiques

Contrairement aux technologies pétrolières et gazières depuis longtemps maîtrisées, l'Algérie manque d'expertise dans les technologies vertes. Ceci s'explique principalement par le manque d'intérêt politique pour ces dernières affiché ces dernières années, ainsi que par la désindustrialisation de l'économie algérienne depuis le début des réformes néolibérales mises en place dans les années 1980. Le processus de libéralisation et la transition vers l'économie de marché se sont accompagnés de l'élimination des connaissances à la fois théoriques et pratiques dans le secteur, ce qui a entraîné la fermeture des instituts spécialisés dans des domaines essentiels tels que les secteurs de l'énergie, de l'acier et du textile. À l'issue d'une campagne menée contre l'éducation secondaire technique, les sections techniques qui avaient contribué à la formation d'ingénieurs et de techniciens supérieurs pendant des décennies ont été abandonnées. Le

Chapitre 3

nombre d'experts disponibles pour soutenir le programme de transition énergétique, notamment en ce qui concerne l'énergie renouvelable, l'efficacité énergétique et l'ensemble des activités économiques et industrielles associées, est encore bien inférieur au contingent nécessaire, il est donc essentiel de développer la recherche appliquée et la formation pratique. L'Algérie a besoin de pouvoir bénéficier du transfert de technologies et des compétences managériales de pays qui ont réussi leur transition. Une telle coopération devrait permettre le renforcement des capacités des ressources humaines et matérielles de l'Algérie. Pour ce faire, il faudrait pouvoir dépasser les limites actuelles des monopoles technologiques, ainsi que le système de propriété intellectuelle appliqué par les accords de libre-échange et les institutions financières internationales.

Le défi majeur de la transition énergétique dans les pays du Sud réside dans l'établissement d'un contrôle sur la technologie et l'industrialisation, nécessaires pour une intégration économique réussie vers une économie verte génératrice d'emplois. Cela implique un changement de paradigme, avec une plus grande implication de l'État et des investissements significatifs, ainsi que des financements climatiques provenant des pays développés. Une approche de "contenu local" est cruciale pour le renforcement d'un secteur national des énergies renouvelables en Algérie. Les projets d'énergies renouvelables doivent jouer un rôle stratégique en favorisant la fabrication locale des composants solaires, permettant ainsi le développement d'une économie solaire locale et la réduction des coûts associés aux importations de matériaux. Bien que ce type de stratégie bénéficierait à l'économie locale, en particulier le marché de l'emploi, elle serait extrêmement difficile à mettre en œuvre en Algérie où la chaîne de valeur de l'industrie locale n'est pas encore complètement structurée : elle en est à ses balbutiements, et une grande partie de la production locale ne répond pas aux normes internationales. Dans ce contexte, les investisseurs étrangers font actuellement pression pour éliminer l'exigence de contenu local, qu'ils considèrent comme un obstacle à l'investissement les empêchant d'engranger d'importants bénéfices. Pourtant, même si l'abandon de ces mesures pourrait éventuellement attirer davantage de fonds et stimuler le secteur de l'énergie, l'économie, l'industrie et le marché de l'emploi algériens n'en tireraient aucun profit. C'est pourquoi il est crucial d'envisager des solutions efficaces pour créer et améliorer la technologie et les compétences, en dépassant le système de propriété intellectuelle appliqué par les pays occidentaux et les monopoles technologiques, et en créant des partenariats gagnant-gagnant avec des pays du Sud tels que la Chine.

Chapitre 3

3.3.2.4 *Accès à l'énergie et la question des subventions*

Le marché de l'énergie algérien est encore dominé par le gouvernement. Cependant, le modèle économique non durable des entreprises publiques et leur mauvaise gestion ont suscité des appels à la privatisation et à mettre fin aux subventions. Pour s'adapter aux changements radicaux que connaît actuellement le secteur énergétique, l'entreprise publique Sonelgaz doit adopter des réformes techniques, managériales et financières afin d'être économiquement viable, mais aussi plus responsable et transparente. Par ailleurs, il est également impératif de procéder à des réformes progressives des subventions.

L'électricité est actuellement fortement subventionnée en Algérie : les foyers paient l'équivalent de 0,038 \$ par kilowatt heure (KWh) pour l'électricité (1/7^e du prix payé au Royaume-Uni). Les entreprises payent 0,033 \$. Ces prix bas, qui sont très inférieurs aux coûts de production (environ 1/3 des coûts de production), grâce aux subventions.

Il convient également de mentionner d'autres subventions indirectes, telles que les subventions aux combustibles fossiles, étant donné que l'électricité du pays provient essentiellement de ces derniers. Malheureusement, avec le système fiscal régressif de l'Algérie, ces subventions profitent moins aux classes pauvres qu'elles n'enrichissent les entrepreneurs et détenteurs de capitaux dans le pays. Une réforme des subventions équitable constitue donc un impératif politique et économique. Cette réforme doit être progressive pour les couches de population les plus modestes. Les classes les plus riches et les groupes capitalistes (qui, par conséquent, augmentent leurs profits) doivent être exclus de cette réforme, qui permettrait d'améliorer la vie des personnes les plus vulnérables de la société.

L'Algérie fait face à une double crise socio-économique et politique, face à cette crise associée aux répercussions économiques très lourdes du Covid-19, l'abandon total des subventions à l'énergie n'est pas envisageable dans un futur proche du point de vue politique, et constituerait une injustice pour les millions d'Algériens paupérisés ces dernières années. Par exemple, en réponse à la baisse mondiale des prix du pétrole en 2020, avec une économie en recul de 6 % selon le FMI et le déclin des réserves de devises, qui sont passées de 62 milliards \$ à 47 milliards \$ fin 2020, le gouvernement a limité son engagement en matière de dépenses sociales en les réduisant de 30 %. Malgré cela, le pays a accusé un important déficit budgétaire, qui a atteint 18,4 % du PIB en 2021, outre l'augmentation de la pauvreté, l'économie algérienne est encore sous tension, même si la guerre en Ukraine pourrait se révéler être une bénédiction pour les dirigeants algériens, avec l'envolée des prix du pétrole et du gaz.

Chapitre 3

L'intégration de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable dans le programme de subventions du gouvernement pourrait être une solution pour promouvoir le déploiement de l'énergie renouvelable. Cependant, le paradigme de la politique climatique néolibérale mondiale s'est avéré inefficace pour désinciter le recours aux combustibles fossiles, à travers un modèle de tarification du carbone et en promouvant des investissements dans les technologies à faible intensité de carbone, moyennant des subventions et en favorisant des structures contractuelles. Ce paradigme politique considère les gouvernements comme des protecteurs du capital des acteurs privés, entravant la résolution des problèmes sociaux et environnementaux. En générant des déficits d'investissements considérables et de par leur inefficacité technologique, Les tentatives de privatisation du marché ont été inefficaces pour instaurer la transition énergétique nécessaire en Algérie. Ainsi, une prise d'engagement politique robuste en faveur de la refonte du secteur énergétique public algérien s'avère essentielle. Cela implique une intégration régulée des acteurs du secteur privé, ainsi qu'une gouvernance des entreprises publiques plus participative, transparente et démocratique[57].

3.4 Possibilités d'améliorations de ces mesures

3.4.1 Financement de transition énergétique

Le flambée des prix de pétrole et de gaz des années 2000 a rétabli l'équilibre fiscal du pays et a permis des investissements conséquents, mais la chute brutale des prix du pétrole depuis juin 2014 et pendant la pandémie de Covid-19 (bien que la situation soit désormais inversée avec l'invasion de l'Ukraine par la Russie) remet en question la stratégie économique et énergétique du pays. Les recettes des exportations ne couvraient que 67 % du total des importations en 2015, tandis que le fonds de régulation des recettes et les réserves de devises ont enregistré une baisse régulière, passant de 121,9 milliards dollars en octobre 2016 à 42 milliards \$ en mars 2021, il ressort que les recettes de pétrole et gaz est une arme à double tranche, le pouvoir public doit bénéficier de cette opportunité.

La vulnérabilité de l'économie algérienne aux fluctuations des marchés mondiaux en raison de sa forte dépendance aux recettes des hydrocarbures. La pandémie de Covid-19 a accentué la crise économique, entraînant un déficit budgétaire croissant et une contraction économique. Bien que les prix du pétrole aient augmenté, cela peut entraver une transition énergétique verte en renforçant la logique économique de la rente. Il est souligné que l'Algérie doit rapidement transformer son économie et adopter une transition économique et énergétique vers des activités durables[58]. Les risques liés à la dépendance continue

Chapitre 3

aux hydrocarbures sont exposés, mettant en garde contre l'exploration de nouveaux gisements. L'opportunité actuelle de fonds importants, due à la hausse des prix du pétrole, est soulignée, mais l'accent est mis sur la nécessité d'une priorité immédiate à la transition énergétique et à la diversification économique pour assurer la souveraineté nationale. Des instruments stratégiques pour gérer une sortie progressive du pétrole et du gaz, notamment une gouvernance démocratique, sont proposés. La nécessité de sensibiliser le public aux dangers du changement climatique est soulignée, ainsi que la mobilisation de la jeunesse pour la justice climatique. Des recommandations spécifiques sont proposées, telles que la mise en place de commissions citoyennes et d'un ministère dédié pour une transition juste. L'expérience d'autres pays dans l'élimination graduelle de la production au charbon est citée comme un modèle à suivre, avec des points clés tels que des objectifs ambitieux, une approche inclusive, un équilibre des pouvoirs, des structures décisionnelles transparentes, des changements structurels et une mobilisation de l'aide internationale.

3.4.2 Suivi de l'évolution de l'efficacité énergétique

Au cours des dernières années, l'efficacité énergétique des bâtiments est passée d'un secteur plus appréciable à un secteur prioritaire. Malheureusement, les objectifs bien définis ne se traduisent pas toujours par des mesures efficaces : L'écart entre les performances prévues et atteintes est parfois immense et ne génèrent qu'un faible retour sur investissement, donc il est nécessaire de surveiller les tendances d'efficacité énergétique afin de pouvoir évaluer l'impact réel des politiques d'efficacité énergétique[59].

3.4.3 Leviers d'intervention des Pouvoirs Publics pour Favoriser l'Efficacité Énergétique

Les pouvoirs publics peuvent agir sur l'efficacité énergétique à travers la combinaison de solution de différentes natures.

- Mesures informatives : les mesures informatives visent à mieux renseigner les consommateurs sur les opportunités d'investissements d'efficacité énergétique rentables pour eux compte-tenu des éléments de marchés : prix, coûts, taux d'intérêt, etc..., et leur faire prendre conscience des enjeux liés aux gains d'efficacité énergétique ,ces mesures sont à faible coût public, mais leur "rendement" est également assez faible[60].
- Mesures financières incitatives : Les mesures financières incitatives visent à diminuer le coût apparent des investissements d'efficacité énergétique pour les

Chapitre 3

consommateurs, afin de déclencher des décisions d'investissement qui n'auraient pas été prises autrement compte-tenu des éléments de marché et de la rationalité.

- Économiques des consommateurs. Les deux grandes familles de ce type de mesures sont les subventions et les déductions fiscales/crédit d'impôt. Ce sont des mesures assez coûteuses pour le contribuable, mais évidemment populaires, et leur "rendement" est relativement élevé au regard des éléments de marché[61].

Le tableau (3-2) ci-dessous donne quelques exemples.

Tableau 0-2 : Objectif et description de la mesure

Objectif	Description de la mesure
Améliorer la performance énergétique de bâtiment	Imposé un double vitrage Crédit d'impôt pour les investissements d'isolation
Audit énergétique	Aide financier aux diagnostics

- ✓ Mesure économique : Les mesures économiques visent à intégrer les externalités, économiques et environnementales, liées aux consommations énergétiques, dans les processus décisionnels des consommateurs relatifs à l'acquisition, l'amélioration ou l'utilisation des équipements générant ces consommations.
- ✓ Mesures réglementaire : Toutes les mesures visent à réduire la consommation énergétique.

Le tableau (3-3) donne quelques exemples.

Tableau 0-3 : Mesures réglementaire

Objectif	Description de la mesure
Bâtiment	Norme d'isolation
Equipment de chauffage/climatisation	Norme de dimensionnement

3.4.4 Coopération internationale dans le domaine d'efficacité énergétique

La coopération internationale est un engagement pour œuvrer en synergie le renforcement de développement à travers la conclusion de partenariat avec une vision multidimensionnel mutuellement bénéfique, au regard des potentialités et opportunités du secteur énergétique algérien et du savoir-faire des pays avancés dans le domaine énergétique, les axes de

Chapitre 3

coopération qui pourrait être approfondie avec les pays développés sont notamment : la recherche de projets concrets qui intègrent la maîtrise des technologies de production, les transferts de savoir-faire et d'expertise, la formation et la recherche-développement[62].

3.4.5 Evaluation des politiques d'efficacité énergétique

L'évaluation des résultats de politique énergétique doit viser à éclairer les enjeux de cette politique, est a pour objet d'apprécier l'efficacité de cette politique en comparants ses résultats aux objectifs assignés et aux moyennes mises en œuvre, il est considéré comme outil de renforcement des capacités d'action, en Algérie cette mission a été attribuée au commissariat aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique, qui est un organe de conception d'une stratégie nationale de développement de politique énergétique algérienne ,et un instrument d'aide à la mise en œuvre et à l'évaluation de la politique nationale, pour réaliser ses missions , le commissariat doit créer des unités régionales ou locales[63] .

3.4.6 Structures institutionnelles impliqués dans la politique liée à l'efficacité énergétique

L'Algérie a effectué de nombreux arrangements institutionnels pour intégrer les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique et diversifier ainsi ses ressources énergétiques afin d'amorcer sa transition énergétique. A cet effet, plusieurs institutions publiques ont été créées afin d'accompagner cette mutation, dont :

- Direction des énergies nouvelles et renouvelables et de l'efficacité énergétique.
- Direction du développement, de la promotion, et de la valorisation des énergies renouvelables sous tutelle de l'ex-ministère de l'environnement et des énergies renouvelables.
- Commissariat aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique : créé auprès du premier ministre (décret exécutif n°19-280 du 20 Octobre 2019), le commissariat aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique (CEREFE) est un instrument d'aide à la mise en œuvre et à l'évaluation de la politique nationale. dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.
- Ministère de la transition énergétique et des énergies renouvelables est créé suite au remaniement ministériel du 23 juin 2020.

Ces structures institutionnelles nécessitent une évaluation approfondie et une reconstruction pour atteindre les objectifs ciblés.

Chapitre 3

3.4.7 Aspects recherche et développement liés au PNEREE

Dès le début et étant donné l'aspect éminemment innovateur des modes de gestion et conversion des énergies renouvelables, il est apparu que le programme national en question (PNEREE), doit être accompagné par des actions coordonnées en matière de recherche et développement, si l'on veut que le pays trouve une place compatible avec ses possibilités (gisements importants, étendue territoriale...) dans ce créneau économique émergent et d'avenir, de ce fait, la première version écrite du PNEREE a expressément souligné cette ambition, en citant nommément certains centres de recherche et autres organismes nationaux, comme partenaires à part entière dans la mise en œuvre d'un tel programme. Ainsi, le Centre de Recherche et de Développement de l'Electricité et du Gaz (CREDEG), affilié à Sonelgaz, l'Agence de Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) et la société spécialisée dans le développement des énergies renouvelables (New EnergyAlgeria (NEAL)), ont été appelés à s'impliquer dans le programme. Cela étant en étroite collaboration avec les centres de recherche attachés au MESRS, dont l'Unité de Développement de la Technologie du Silicium (UDTS) ainsi que le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER). C'est dans ce contexte que ce dernier a piloté un Programme National de Recherche (PNR) en énergies renouvelables, étalé sur la période 2010-2012, où 460 chercheurs ont été impliqués, dont plus de 320 enseignants chercheurs et 134 chercheurs permanents autour de 108 projets retenus.

3.4.8 Aspects réglementaires liés au PNEREE

Afin d'ouvrir la voie à une activité économique compatible avec l'aspect décentralisé de la production d'électricité à base de ressources renouvelables, la législation Algérienne en la matière a pris les devants dès 2002 en libérant complètement le domaine de production d'électricité. En effet, la Loi n° 02-01 du 05 février 2002, modifiée et complétée, relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisations (JO n° 08 du 06 février 2002), a entre autres, institué un opérateur marché (non installé à ce jour) au même titre que l'opérateur système ainsi qu'une commission de régulation du secteur (Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz (CREG)). C'est cette dernière qui a pour mission de veiller au fonctionnement concurrentiel et transparent du marché national de l'électricité et du gaz, dans l'intérêt des consommateurs ainsi que les opérateurs impliqués. C'est cette loi qui a par ailleurs ouvert la porte à l'introduction de textes spécifiques favorables à la promotion des énergies renouvelables pour accompagner la mise en œuvre du PNEREE, notamment sur le plan financement. Ainsi, la loi de finance complémentaire pour

Chapitre 3

2011 (Loi n°11-11 du 18 juillet 2011), a relevé de 0.5% à 1 % le niveau de la redevance pétrolière qui alimente essentiellement le Fonds National des Energies Renouvelables (FNER), mis en place sous forme d'un compte d'affectation spéciale (CAS) du Trésor dont le champ d'application est étendu aux installations de cogénération. Dans le même ordre d'idées, on citera également le décret exécutif n°13-218, paru en juin 2013, fixant les conditions d'octroi des primes au titre des coûts de diversification de la production nationale d'électricité. Enfin, on ne peut clôturer ce chapitre sans signaler le fait qu'il y a bien eu une introduction en 2014 du concept des tarifs d'achat garantis (Feed-in-Tariffs), comme outil de rémunération des productions décentralisées d'électricité injectée au réseau national et ce à base d'éolien et solaire photovoltaïque (Arrêté du 2 février 2014, JO n° 23 du 23 Avril 2014). Ceci a en fait été préparé en prélude à un appel à investisseurs dans des installations solaires photovoltaïques de puissances comprises entre 1 et 10 MWc, auxquels un contrat d'achat de leurs productions par le gestionnaire du réseau du transport est garanti sur vingt ans selon une grille de tarification assez avantageuse, dont les détails ont été publiés dans le même arrêté.

Cependant, la réalité a montré que le manque d'une préparation rigoureuse de cette initiative, résultant d'une résistance manifeste au changement de certains acteurs concernés, n'a pas permis sa mise en œuvre. En effet, les rares investisseurs qui se sont aventurés à suivre la procédure publiée sur le site de la CREG, butaient sur le premier document demandé, soit l'autorisation de raccordement au réseau, qui reste un préalable de garantie incontournable.

Sur un autre plan, aucun organisme agréé au niveau national n'était apte à délivrer le certificat de garantie d'origine exigé pour bénéficier du régime spécial institué dans le but d'asseoir les fondements d'un développement réel des énergies renouvelables. En conclusion, pas une seule soumission d'investissement n'a vu le jour dans le cadre de cette initiative, pourtant connue comme alternative éprouvée à travers le monde, lorsqu'il s'agit d'encourager toute contribution citoyenne à un développement durable à base de ressources renouvelables.

Enfin, une première édition des règles techniques de raccordement et Règles de conduite du système électrique ou «Grid-Code » intégrant les énergies renouvelables, a été publié par Ministère de l'Energie en 2019 [31], soit bien après la réalisation des centrales solaires de shariket kahraba wa taket moutadjadida (SKTM), Il s'agit en fait de l'actualisation du même document publié en 2008, fixant les conditions de raccordement des seules centrales

Chapitre 3

classiques au réseau de transport (HT et THT). Pour ce qui est des règles de raccordement des installations de production d'électricité à base de ressources renouvelables au réseau de distribution (HTA et BT), tout reste à faire.

Conclusion

Le développement de politique énergétique en Algérie pour réussir une meilleure transition énergétique, devra se développer selon deux axes : un renforcement des efforts d'exploration du territoire et d'amélioration des rendements des gisements existants afin de renouveler nos réserves et renforcer nos capacités de production et le dégagement des ressources financières nécessaires au financement de cette transition d'une part, et d'autre part le recours aux développement des nouvelles énergies renouvelables et l'efficacité énergétique .

La situation et les problématiques propres à l'Algérie reflètent celles de nombreux autres pays riches en gaz et en pétrole, au moment de faire face à la nécessaire transition énergétique mondiale. L'Algérie a manqué de nombreuses occasions d'entreprendre sa transition énergétique, à cause de la réticence jusqu'à il y a peu de l'élite au pouvoir à en faire une priorité. Avec la crise économique mondiale actuelle, le pays aura du mal à financer la transition énergétique tout en évitant simultanément une dégradation des conditions socio-économiques (notamment en continuant à subventionner l'alimentation en électricité de la population). En effet, la paix sociale dépend de la disponibilité de l'énergie à faibles coûts.

En plus de ces problèmes internes, la transition énergétique mondiale risque d'alourdir le fardeau du pays. Outre l'impact direct sur les entreprises publiques de pétrole et de gaz, leurs employés et leurs familles, une transformation énergétique globale pourrait entraîner une chute des recettes d'exportation de pétrole et un effondrement économique, menant à l'appauvrissement de nombreux Algériens.

La transition de l'Algérie serait compromise car une stratégie axée sur l'exportation prévaudrait sur la résolution des problèmes énergétiques et économiques nationaux. Si les fonds limités attribués à la transition énergétique de l'Algérie sont utilisés pour construire ou rénover des infrastructures servant à l'exportation, le pays aura du mal à répondre à ses demandes de transformation énergétique locales, il serait plus logique et plus équitable de traiter en priorité le besoin de transition énergétique du pays.

Pour qu'elle soit juste, la transition ne doit pas se limiter à un passage aux technologies d'énergie verte, mais doit également garantir la protection des employés du secteur du pétrole et du gaz, et aussi leur inculquer les compétences nécessaires à leur intégration sur le marché du travail vert. Par ailleurs, un accès à une énergie abordable et fiable doit être garanti pour tout le monde,

Chapitre 3

Bien qu'il soit crucial de consolider l'implication du secteur public dans la transition énergétique, les institutions doivent également être mieux gérées et devenir plus transparentes et responsables. Enfin, de meilleures politiques et mécanismes doivent être mis en place pour permettre une distribution uniforme des richesses, de même qu'un secteur énergétique plus démocratisé qui permette aux Algériens de participer activement à la détermination de leur propre avenir, et de trouver de véritables solutions aux problèmes liés à l'énergie. Avant tout, l'Algérie doit s'engager à soutenir les initiatives en faveur du climat, à définir des objectifs élevés de réduction des émissions et à refuser tout investissement futur qui ne soit pas conforme à l'Accord de Paris. Par la suite, il s'agira de bien préparer l'abandon progressif des combustibles fossiles, la communauté internationale devra apporter sa coopération pour mettre en œuvre une sortie programmée et équitable de l'industrie des combustibles fossiles, et éviter un effondrement dramatique de l'économie algérienne. Enfin, le pays a besoin de communiquer efficacement avec la population au sujet des problèmes actuels et futurs liés à l'énergie, et des risques économiques qui menacent le secteur du pétrole et de l'énergie, afin d'inciter la population algérienne à accepter et à coopérer à l'application des mesures nécessaires pour réduire les risques économiques liés à la transition énergétique.

Chapitre 4 : Etude comparative de la réglementation thermique adoptée en Algérie et dans le monde

Introduction

La réglementation thermique est un ensemble de lois visant à la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment, ceci pour assurer le confort des occupants du bâtiment et réduire les émissions de polluants locaux et globaux et diminuer les charges d'exploitation des locaux (notamment le chauffage).

Les enjeux de la réglementation thermique sont économiques pour réduire la facture énergétique, enjeux environnementaux pour réduire l'effet de serre dans le cadre des accords de Rio¹⁵ et du protocole de Kyoto¹⁶, enjeux sociaux pour assurer un meilleur confort des personnes. Les économies d'énergie ont pour objectif une stabilisation du niveau des émissions de CO₂ à celui de 1990 à l'horizon 2008-2012.

La réglementation thermique donne un seuil réglementaire de performance pour notre habitation, lieu de travail ou lieu de vie. Ce seuil tient compte de nombreux paramètres dont l'isolation bien entendu, l'ensoleillement, la ventilation, les équipements et système de chauffage, et de leur finesse de régulation et de programmation. La réglementation thermique est un ensemble de règles obligatoires à observer lors de la construction des bâtiments afin de réduire leur consommation d'énergie tout en assurant le confort des utilisateurs, par exemple ; la réglementation thermique 2005 en France, devrait avoir pour objectif une diminution de 40% de la consommation énergétique en 2020, et de 15% en 2005 et rendre l'utilisation de la réglementation thermique plus aisée pour les maîtres d'ouvrage et constructeurs (CSTB)[64].

Chapitre 4

L'évolution constante des enjeux énergétiques et environnementaux place la réglementation thermique du bâtiment au cœur des préoccupations mondiales. Dans ce contexte, une étude comparative des normes en vigueur s'avère être un outil précieux pour évaluer, analyser et optimiser les approches réglementaires adoptées à travers différentes régions du monde. Comprendre les spécificités et les nuances de chaque cadre normatif offre l'opportunité d'identifier les meilleures pratiques, de repérer les lacunes, et de favoriser l'émergence d'innovations dans la conception des politiques. Cette introduction pose les bases de notre démarche, soulignant l'importance de cette étude comparative dans le contexte actuel, où la durabilité et l'efficacité énergétique sont des impératifs essentiels pour l'avenir du secteur du bâtiment. Nous explorerons ainsi les différentes réglementations thermiques en vigueur, avec pour objectif ultime d'inspirer des ajustements stratégiques et des améliorations significatives dans notre approche locale, conformément aux meilleures pratiques mondiales.

4.1 Réglementation thermique algérienne

Depuis plusieurs années, l'Algérie mène une politique d'amélioration de la gestion de ses ressources énergétiques. La mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Celle-ci a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs. L'application de cette réglementation thermique devait aboutir obligatoirement à l'isolation thermique des bâtiments neufs.

L'Algérie a connue à partir de l'année 1997 la naissance de nouvelles réglementations technique qui concerne l'isolation thermique DTR C3-2 et DTR C3-4, des années jusqu'à nos jours cette réglementation n'a pas connue une sévérité en application surtout dans le domaine public de bâtiments, et comme un outil qui facilite le calcul le CDER a mis en application le logiciel RETA qui va faciliter la tâche en termes d'étude et de contrôle pour l'application des présent DTR [65].

Une réflexion est engagée actuellement pour porter ce niveau d'économie à plus de 40%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été menées sur des logements types. Il ressort de l'étude qu'en agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation d'été.

Chapitre 4

Le Centre Nationale d'Etudes et de Recherches Intégrées des bâtiments (CNERIB) a édité trois documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment (DTR) qui contiennent des informations techniques nécessaires à la conception, le calcul, et l'exécution des ouvrages avec différents matériaux.

Ces documents techniques réglementaires sont :

- Le DTR C 3-2 : qui établit les règles de calcul des déperditions calorifiques pour les bâtiments à usage d'habitation. L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce DTR consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé déperditions de référence). Le respect de ce seuil devrait permettre une économie de 20 à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant se réaliser au détriment du confort des utilisateurs. Les méthodes de calculs présentées dans ce DTR sont des méthodes simples, testées par ailleurs, suffisantes en principe pour trouver des solutions techniques admissibles
- Le DTR C 3-4 : qui fixe les méthodes de calcul des apports calorifiques des bâtiments et celles de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments.
- Le DTR C 3-31 : relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation répond au souci de l'efficacité énergétique, objet des préoccupations contenues dans la loi 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie. Ce DTR permet de définir les principes généraux qui réglementent la conception des installations de ventilation naturelle et de fournir les méthodes de calcul nécessaires pour les dimensionner. Néanmoins, ce dernier ne traite pas des conduits de fumée d'évacuation des produits de combustion des appareils à gaz, ni des systèmes de désenfumage (évacuation des fumées en cas d'incendie), le CNERIB a édité trois versions de DTR qui s'améliorent d'une version à l'autre, on trouve la version de 1998 (1ère version), puis celle de 2005 et actuellement on est à la version 2016. La dernière version a connu les changements suivants :

- Les deux DTR d'hiver et d'été sont fusionnés en un seul DTR,
- Ajout d'exemples de calcul,
- Introduction du nouveau zonage climatique,
- Réduction des déperditions de références de 10 %,
- Ajout de calcul du coefficient K des murs rideaux.

Les documents techniques réglementaires visent à :

- Enrichir de la réglementation technique spécifique à notre pays,
- Améliorer la qualité de la construction,
- Contribuer à l'élaboration des normes algériennes.

Chapitre 4

Selon l'APRUE, la mise en application de la réglementation thermique des bâtiments permettra de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 30% à 40% pour les besoins en chauffage et en climatisation.

Malheureusement, au jour d'aujourd'hui cette réglementation n'est toujours pas entrée en vigueur, en raison entre autres de l'inexistence d'organisme devant vérifier son application, mais aussi en raison de l'absence d'outils opérationnels permettant aux bureaux d'études en architectures d'intégrer les exigences de cette réglementation dans la conception des bâtiments. Effectivement, et c'est ce que nous avons constaté sur le terrain ; la quasi-totalité des bureaux d'étude n'ont pas une copie de cette réglementation. Sa mise en application, nécessite, donc, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs.

Tableau 0-1 : Evolution de la réglementation thermique algérienne

RT 1997	En Algérie la réglementation thermique de 1997 des bâtiments de 1997 a été conçue pour réduire la consommation de chauffage al 'ordre de 25%
RT 2011	Réglementation thermique des bâtiments Règles de calcul des déperditions calorifiques DTR C3.2 DTR C3.4
RT 2016	Nouvelle version de la réglementation thermique des bâtiments

4.1.1 Présentation de la réglementation thermique RT 2016

En 2016, une nouvelle version de la réglementation thermique algérienne pour le bâtiment est éditée par le ministère de l'habitat, de l'urbanisme et de la ville. L'application de cette réglementation thermique doit aboutir obligatoirement à l'isolation thermique des bâtiments neufs, avec comme objectif de réduire la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation.

Depuis la première réglementation thermique l'Algérie est découpé en plusieurs zones climatique, chaque zone climatique est représenté par une station métrologiques de référence qui enregistre de nombreuse donnés (température et humidité d'air, vitesse du vent) la réglementation thermique contient les informations nécessaires à l'évaluation des performances thermiques des bâtiments (des données climatiques, les propriétés thermo physiques des matériaux de construction, il introduit les méthodes de

Chapitre 4

calcul des apports et déperditions de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment ainsi que pour le dimensionnement des puissances minimales de chauffage et de refroidissement.

4.1.1.1 Données climatiques de la réglementation thermique

Afin de tenir compte de la variabilité particulière du climat algérien, allant de sec et désertique au centre et au du sud au tempéré au nord, le RTB identifie chaque endroit du pays au moyen de deux zones climatiques distinctes, un pour l'hiver et l'autre pour les conditions estivales. En fonction de celles-ci, la performance thermique des bâtiments est calculée. En particulier, cinq zones climatiques (A, A1, B, C, D) sont désignées pour le climat hivernal et neuf (A, B, B1, B2, C, D, E, E1, F) pour le climat estival. Les paramètres météorologiques et thermiques associés à chaque zone sont donc associés à l'emplacement du bâtiment et utilisés pour chaque calcul dans le RTB.

La figure 4-1 illustre les zones climatiques adoptées en Algérie



Figure 0-1 : Les zones climatiques en Algérie

(CNERIB 1993)

4.1.2 Description de la réglementation thermique

Le document technique réglementaire intitulé « Réglementation thermique du bâtiment » constitue une réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment.

Chapitre 4

Le respect de ces seuils devrait permettre une économie sur la consommation d'énergie. pour le chauffage et la climatisation et garantir un meilleur confort

La RT 2016 comporte des règles de calcul des déperditions et des apports

- Règles de calcul des déperditions calorifiques (chauffage)
 - ✓ Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol
 - ✓ Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non-chauffés
 - ✓ Déperditions par renouvellement d'air
 - ✓ Règles de calcul des déperditions par renouvellement d'air
- Règles de calcul des apports calorifiques (climatisation)
 - ✓ Apports à travers les parois opaques
 - ✓ Apports à travers les parois vitrées
 - ✓ Apports de chaleur interne
 - ✓ Apport de chaleur par introduction d'air extérieur

4.1.2.1 Exigence de la réglementation thermique

Le DTR C 3-2 définit

- ✓ Une exigence réglementaire qui est exprimé en termes de performance énergétique minimale à atteindre par l'enveloppe de bâtiment, cette performance est traduite à travers le calcul de déperditions de référence
- ✓ Les conventions de calcul des déperditions
- ✓ Les conventions de calcul pour le dimensionnement des installations de chauffage- à travers le calcul des déperditions de base (cf. § 2.3) ; ce calcul constitue en fait la première étape dans la conception d'une installation.
- ✓ La méthode de calcul proposée dans le DTR se base sur un calcul en régime continu des températures.

Déperdition de référence

L'application de la réglementation consiste à vérifier que les déperditions par transmission D_T ne dépassent pas une certaine limite de déperdition thermique appelé déperdition de référence soit

$$D_T < 1,05 D_{\text{réf}} \dots\dots\dots(4-1)$$

Les déperditions de références sont calculées l'aide de la formule :

$$D_{\text{réf}} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5 \dots\dots\dots(4-2)$$

Chapitre 4

Où les S_i (en m^2) représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur, un comble, un vide sanitaire, un locale non chauffé ou le sol. Les coefficients a , b , c , d et e sont donnés en fonction de la nature du logement (individuel ou en immeuble collectif) et de la zone climatique. Ils correspondent en fait à des coefficients K globaux de référence. Les coefficients a , b , c , d et e sont propres à la réglementation algérienne et n'ont pas été choisis dans un sens restrictif ; ils devraient néanmoins permettre une économie d'énergie de l'ordre de 25%. Cet objectif est, en principe, "facile" à atteindre dans la mesure où les constructions en Algérie présentent des qualités thermiques médiocres.

La différence avec les réglementations en vigueur dans certains pays réside dans le fait que seules les déperditions par transmission sont réglementées. En effet, en Algérie, le mode d'aération le plus répandu est l'ouverture des fenêtres et baies par la manœuvre des occupants. Les dispositifs spécifiques tels que les conduits à tirage naturel, les systèmes mécaniques sont peu utilisés, et de toute façon non normalisés. D'autre part, les menuiseries installées ne sont pas elles aussi normalisées.

4.1.2.2 Les règles de calcul des apports et de déperditions

Pour le calcul des déperditions calorifiques D (en $W/^\circ C$) d'un logement, le DTR distingue

- Les déperditions DT à travers les parois opaques aériennes (qui ne soit pas en contact avec le sol) ;
- Les déperditions D_{sol} à travers les parois en contact avec le sol
- Les déperditions par renouvellement d'air DR

Les pertes DT par les parois aériennes sont calculées en effectuant la somme des produits $K \times A$ augmentée de la somme des produits $kl \times l$. Les coefficients surfaciques K (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) et linéiques kl (en $W/m \cdot ^\circ C$) sont les déperditions unitaires pour $1^\circ C$ d'écart.

$$D_T = \sum (K \times A) + \sum (kl \times l) \dots\dots\dots(4-3)$$

Le signe $\sum$ dans la formule (1) indique d'avoir à effectuer la somme des termes relatifs aux diverses surfaces et longueurs présentés par les parois. Le DTR fournit différentes formules de calcul des coefficients kl en fonction de la nature des liaisons.

Le DTR propose aussi pour le calcul des pertes linéiques une méthode forfaitaire. Le DTR préconise de prendre pour l'ensemble des pertes linéiques aériennes 20% des pertes surfaciques. La formule (1) devient

$$D_T = 1.2 \times (K \times A) \dots\dots\dots(4-4)$$

Chapitre 4

Cette valeur estime les pertes linéiques des cas courants rencontrés en Algérie de telle sorte que le calcul des coefficients k_l devient nécessaire si l'optimisation des installations est recherchée.

Les pertes vers l'extérieur au travers de volumes intermédiaires (combles, vides sanitaires, etc...) ou de locaux non chauffés nécessitent le calcul du coefficient Tau appelé aussi coefficient de réduction de température, un calcul détaillé de Tau peut s'effectuer grâce à la formule suivante :

$$\text{Tau} = \frac{d_e}{d_e + a_c} \dots\dots\dots(4-5)$$

Où

- a_c : (en $W/^\circ C$) représente les apports de chaleur des divers locaux chauffés vers le local non chauffé,
- d_e : (en $W/^\circ C$) représente les déperditions du local non chauffé vers l'extérieur.

Le DTR propose aussi des valeurs forfaitaires de Tau qui dispensent de tout calcul détaillé dans les cas courants.

La méthode de calcul adoptée pour estimer les déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol est basée sur le choix du profil des lignes de flux (méthode dite "courante les transferts sont supposés bidimensionnels et les lignes de flux dans le sol sont assimilées à des arcs de cercle concentriques centrés aux extrémités du bâtiment. Les déperditions D_{sol} pour un plancher bas ou un mur enterré sont données par

$$D_{sol} = K_s \times p \dots\dots\dots(4-6)$$

où

k_s - ($W/m.^\circ C$) coefficient de transmission linéique dont le DTR donne les valeurs.

p - (en m) désigne une longueur définie dans le DTR

Il faut noter que le coefficient k_s tient compte aussi bien des pertes surfaciques des parois en contact avec le sol que des pertes linéiques de ces mêmes parois.

Les déperditions par renouvellement d'air D_r tiennent compte des déperditions dues au fonctionnement théorique des dispositifs de ventilations (auxquelles on associe un débit spécifique Q_v en m^3/h), et des déperditions supplémentaires par infiltrations dues au vent (auxquelles on associe un débit parasite Q_s en m^3/h).

Le DTR considère pour l'établissement du bilan thermique les déperditions par renouvellement d'air moyennes, c'est-à-dire les plus probables elles s'expriment à travers l'expression

$$D_R = 0.34 \times (Q_v + Q_s) \dots\dots\dots(4-7)$$

Chapitre 4

Ces déperditions sont basées sur des valeurs conventionnelles inspirées de la réglementation étrangère seuls les débits extraits minimaux ont été définis par rapport au contexte algérien.

Calcul des déperditions de base :

Les déperditions de base telles que définies dans le DTR correspondent à des besoins du logement exprimés en termes de puissance (en W) et sont calculées indépendamment du système de chauffage. Théoriquement, il suffirait d'une puissance utile installée égale aux déperditions de base DB pour être en mesure d'assurer à l'ambiance intérieure, la température désirée. Dans la pratique, compte tenu de l'inertie du bâtiment (air et parois), et compte tenu des pertes calorifiques due au réseau de tuyauteries, la puissance fournie par une installation doit être supérieure à DB

Si on note D les déperditions totales (incluant les déperditions par renouvellement d'air), les déperditions de base DB (en W) pour un logement ont pour expression

$$DB = D \times (T_{bi} - T_{be}) \dots\dots\dots(4-8)$$

où

T_{bi} - (en °C) représente la température intérieure de base, ou encore la température sèche de l'air que l'on désire obtenir au centre des pièces du logement en l'absence de tout apport de chaleur autre que celui fourni par l'installation de chauffage.

T_{be} - (en °C) représente la température extérieure de base.

Bien entendu, la température extérieure de base n'est pas la température la plus basse enregistrée dans la zone climatique. T_{be} a été choisie de façon à aboutir à des déperditions de base, donc à des puissances de chauffage installées, "raisonnables". T_{be} varie en fonction de la zone climatique et de l'altitude, les zones climatiques considérées dans le cadre de la réglementation thermique sont les suivantes

- La zone A comprend le rivage de la mer et parfois le versant nord des chaînes côtières,
- La zone B comprend la plaine derrière le rivage de la mer et les vallées entre les chaînes côtières et l'atlas tellien ; au sein de cette zone, on distingue une sous-zone B' qui comprend la vallée de chlef ; les zones B et B', possèdent des caractéristiques climatiques hivernales similaires, la sous zone B', est en fait issue du zonage climatique d'été ;
- La zone C comprend les hauts plateaux compris entre l'atlas tellien et l'atlas saharien,
- La zone D comprend le Sahara, au sein de laquelle on distingue une sous-zone D'.

Le DTR donne pour chaque zone la liste des communes qui en font partie.

Chapitre 4

Une question se pose sur l'estimation des besoins par la formule des déperditions de base. En effet, les déperditions de base sont calculées en l'absence d'apports internes, au moment où l'ensoleillement est absent (la température est supposée minimale à 5h TSV), et sans tenir compte de la capacité calorifique des bâtiments.

Afin de permettre une meilleure prise en compte de la nature du climat algérien, dans lequel l'ensoleillement est présent tout au long de l'année et ceci dans toutes les zones climatiques, et de la nature des constructions (massives pour la majorité d'entre elles), il a été donné la possibilité d'utiliser des outils dynamiques dans un cadre réglementaire. L'option prise consiste à autoriser l'utilisation des outils dynamiques jusqu'à un certain seuil.

4.1.3 Insuffisances relevées dans cette réglementation

4.1.3.1 *RTB2016 s'appliquent qu'aux bâtiments neufs*

La nouvelle version 2016 de la réglementation thermique algérienne pour le bâtiment est éditée par le ministère de l'habitat, de l'urbanisme, et de la ville, l'application de cette réglementation thermique doit aboutir obligatoirement à l'isolation thermique des bâtiments neufs, avec comme objectif de réduire la consommation énergétique liée au chauffage et climatisation, les exigences de la RT2016 ne s'appliquant qu'aux bâtiments neufs, alors qu'un important potentiel d'efficacité énergétique en Algérie réside également dans la rénovation énergétique du parc immobilier existant.

Par ailleurs, la vérification de la conformité thermique est obligatoire pour tout bâtiment neuf mais dans la réalité, le contrôle de sa réalisation ne se fait qu'à la demande de maître d'ouvrage, et ce qui entraîne une mauvaise application des exigences de RTB.

4.1.3.2 *Absence d'évaluation énergétique des équipements HVAC et les performances de l'enveloppe du bâtiment*

La performance énergétique dans un bâtiment représente la quantité d'énergie consommée chaque année par un bâtiment. Elle varie selon son bâti, mais aussi selon le fonctionnement des équipements énergétiques. La performance énergétique des bâtiments s'avère être un enjeu majeur dans une démarche de réduction des consommations d'énergie, améliorer la performance énergétique d'un bâtiment revient à agir sur sa consommation en énergie. L'objectif est d'optimiser sa consommation estimée en énergie sur l'année tout en garantissant un certain niveau de confort thermique, depuis les années 1980, les fabricants d'équipements HVAC s'efforcent de rendre les systèmes qu'ils fabriquent plus efficaces. Cela était dû à l'origine à la hausse des coûts de l'énergie et, plus récemment,

Chapitre 4

l'amélioration de l'efficacité du système HVAC peut également contribuer à améliorer la santé et la productivité des occupants, par le passé, le chauffage de l'eau était plus efficace pour le chauffage des bâtiments et était la norme aux États-Unis. Aujourd'hui, les systèmes à air forcé peuvent doubler pour la climatisation et sont plus populaires.

4.1.3.3 Règlement fournit une méthodologie de dimensionnement des systèmes de chauffage et de climatisation, avec absence d'indication de l'efficacité

Les systèmes de chauffage et climatisation dans mauvaise état ou mal exploité augmentant la consommation énergétique du bâtiment ,il est important de fixer des objectifs ambitieux pour les performance énergétiques des systèmes de climatisation et chauffage à l'aide de label énergétique qui permet de classer les appareils, les logements équipée des systèmes de haut rendement consomme moins d'énergie, aussi un autre facteur important le mauvaise entretien impact grandement de rentabilité, aussi pour l'exploitation il important de rajuster graduellement le point de fonctionnement (21 °C en hiver, 24°C en été).

4.1.4 Possibilités d'améliorations de cette réglementation

Le gouvernement doit initier une étude de marché pour identifier les pratiques et les barrières afin de définir une stratégie pour 2035, la nouvelle réglementation doit fixer des objectifs atteindre, il doit fixer une limite maximale à la consommation d'énergie, les limites pertes de transmission thermique et un seuil minimal d'énergies renouvelables et elle demande également un bon confort d'été.

4.1.4.1 Exigence de l'obtention du permis de construire à la réalisation des vérifications thermiques réglementaires

Il est fortement recommandé qu'une étude thermique est obligatoire pour tout projet de construction et est indispensable à la validation du permis de construire, il faut exigé que tous permis de construction doit respecter la nouvelle réglementation thermique , cette exigence va encourage l'application de cette réglementation et par suite la construction des bâtiments moins énergivores, avant tout projet de construction il est indispensable de faire une étude thermique pour avoir la validation du permis de construire

4.1.4.2 Limité de transmission thermique conformément aux coefficients de référence

Pour réduire les transmissions thermiques à travers les parois de bâtiment il faut :

- Augmenter la compacité du bâtiment.
- Augmenter l'isolation de l'enveloppe.

Chapitre 4

- Bien gérer les nœuds constructifs.

4.1.4.3 Exigence de l'évaluation des efficacités énergétiques des systèmes HVAC

La nécessité d'accroître l'efficacité énergétique dans le secteur bâtiment d'atteindre l'objectif visant à réduire de la consommation énergétique en Algérie, et a appelé à la mise en œuvre complète et rapide des priorités établies dans un plan d'action à établir auparavant par les pouvoirs publics, ce plan d'action identifie les principales sources d'économies d'énergie potentielles rentables dans le secteur du bâtiment, un point important est d'améliorer l'efficacité énergétique des installations techniques de chauffage et de climatisation existantes, un entretien et une inspection réguliers des systèmes de chauffage et de climatisation par du personnel qualifié et agréé permettent de faire en sorte que le réglage de ces appareils reste conforme aux spécifications prévues, ce qui garantit une performance optimale sur le plan de l'environnement, de la sécurité et de l'énergie. Il convient de procéder régulièrement à une évaluation indépendante de l'ensemble du système de chauffage et de climatisation au cours de son cycle de vie, en particulier avant son remplacement ou sa rénovation, les intervenants devraient s'efforcer de combiner, dans la mesure du possible, les inspections et la certification.

L'établissement de rendement minimal en matière de l'efficacité énergétique est indispensable à travers la certification de ces équipements, ils doivent soumise à une réglementation d'efficacité énergétique.

4.1.4.4 Exigence d'intégration des énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont multiples et complémentaires : biomasse, solaire bioclimatique-thermique, photovoltaïque, pompe à chaleur, géothermie, cogénération, récupération de chaleur..., toutes peuvent jouer un rôle important dans la lutte contre les EGS. Pour augmenter leur part dans le bâtiment, il est essentiel d'améliorer rapidement le cadre réglementaire, technique et économique, vue de sa localisation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara).

Le climat en Algérie représente un vaste potentiel en matière d'énergie solaire. À l'échelle nationale, en raison de sa situation géographique, l'Algérie bénéficie de l'un des plus importants gisements solaires mondiaux. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures par an et peut même atteindre 3900 heures, en particulier dans les hauts plateaux et le Sahara. Ainsi, sur l'ensemble du pays, l'énergie solaire totale reçue quotidiennement sur une surface horizontale d'un mètre carré varie

Chapitre 4

entre 5,1 KWh au Nord et 6,6 KWh dans le grand sud., se traduisant par un potentiel de production d'électricité photovoltaïque pour les surfaces horizontales situé entre 1500 et 2100 kWh/kWc par an. Ce potentiel est significatif, surtout lorsqu'on le compare à celui de l'Allemagne, où même les régions les plus ensoleillées affichent un (GHI : global horizontal irradiation) inférieur à 300 kWh/m² par an. Il convient de noter que l'Allemagne, bien qu'étant le quatrième pays du monde et le premier en Europe en termes de production d'énergies renouvelables, présente des conditions solaires considérablement moins favorables que celles de l'Algérie.

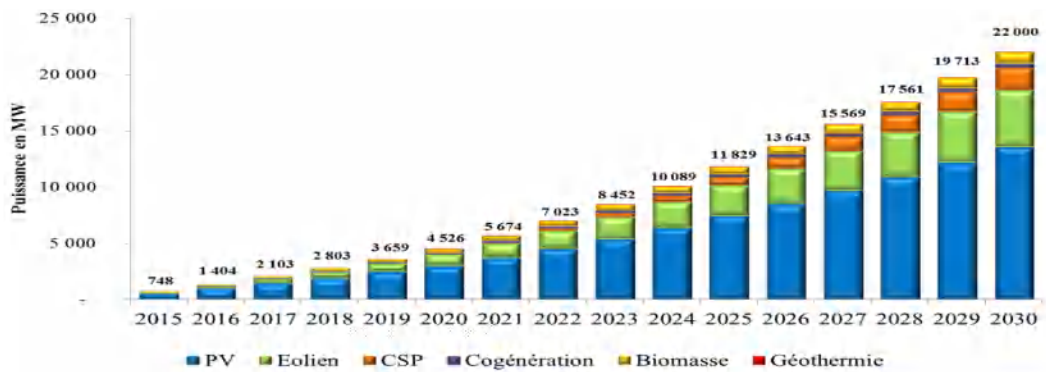


Figure 0-2 : Estimation de production des énergies renouvelables en Algérie [66].

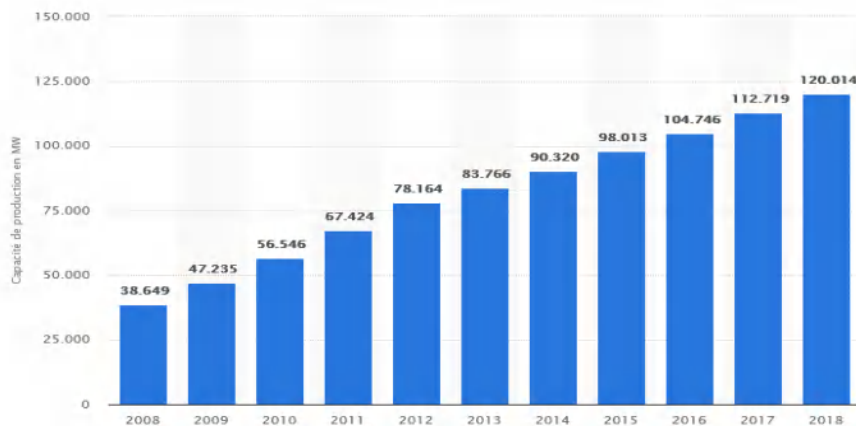


Figure 0-3 : Capacité de production électrique des énergies renouvelables en Allemagne 2008-2018[67].

4.1.4.5 Application de la RTB sur les bâtiments neufs et existes (rénovation énergétique)

La nouvelle réglementation doit induire des modifications importantes quant à l'isolation thermique, en cas d'importants travaux de ravalement, de réfection de toiture est surtout la toiture parce qu'il y a des grands déperditions thermique ou d'aménagement de locaux annexes des immeubles d'habitation, des bureaux, des commerces, des locaux d'enseignement et des hôtels, des travaux d'isolation doivent être engagés pour permettre

Chapitre 4

aux locaux existants d'atteindre un niveau de performance énergétique se rapprochant le plus possible des exigences imposées aux bâtiments neufs.

Les pouvoirs publics doivent prendre des résolutions drastiques afin de mettre fin au gaspillage énergétique et aller vers l'efficacité et la sobriété énergétique en mettant en place un plan global de rénovation thermique de tous les bâtiments tertiaires et résidentiels énergivores qui sont la cause de grandes déperditions thermiques.

Considérer la rénovation énergétique une priorité nationale, en identifiant tous les bâtiments résidentiels et tertiaires, en associant l'ensemble des parties prenantes dans un projet d'envergure nationale et pilotée en l'occurrence par l'APRUE (Agence pour la promotion et la rationalisation de l'énergie), massifier la rénovation des logements en industrialisant les actions les plus efficaces et en donnant la priorité à la précarité énergétique.

Accélérer la rénovation des bâtiments tertiaires, en particulier dans le parc public tels que les hôpitaux, les écoles, les collèges et lycées et les bâtiments des collectivités locales fréquentées au quotidien par le citoyen algérien, travers de la mobilisation de nouveaux financements ,accompagner l'évolution des compétences de la filière du bâtiment et le développement de l'innovation pour l'essor de solutions industrielles fiables et compétitives, au regard des conjonctures climatiques, économiques, géopolitiques et sociales. Il est incontestable que l'Algérie accuse un retard abyssal dans le domaine de la transition énergétique, elle souffre d'un défaut de lisibilité et de vision de la part des responsables en charge du secteur, cette absence totale de visibilité nuit grandement aux finances publiques à l'heure de faire des économies et lutter contre le changement climatique deviennent des exigences absolues.

Les principales solutions techniques de la rénovation thermique énergétique comprennent l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment c'est-à-dire l'éclairage, le chauffage, le rafraîchissement, la ventilation, l'eau chaude et idéalement l'énergie solaire celle-ci joue un rôle de filtre thermique qui aide à créer un microclimat à l'intérieur d'un bâtiment indépendamment des fluctuations météorologiques, sauf que la réalisation de ces travaux nécessite une maîtrise technique, tel que les modes de transfert de chaleur et le calcul des coefficients de déperdition thermique, il faut savoir que plus un local est mal isolé plus le coefficient de déperdition est élevé qui ne peut être mesuré qu'avec une caméra thermique.

Chapitre 4

4.2 Différents réglementations thermique dans le monde

4.2.1 Réglementation thermique française

Les normes françaises pour ce qui est de l'isolation thermique et le chauffage des logements se trouvent rassemblées dans le « règlement thermique 1988 des logements neufs » qui comprend entre autres l'arrêté du 5 avril 1988. Entré en vigueur en 1989, ce document règle la consommation d'énergie et l'installation des équipements de chauffage dans un logement, cet arrêté est complété par un certain nombre de règles de calcul décrivant en détails la manière de calculer les différents paramètres[68].

La consommation d'énergie relative au chauffage des nouvelles habitations était en 1988 inférieure de 42% par rapport à la consommation moyenne enregistrée en 1974, ce qui caractérise les normes françaises est que depuis 1974, aucune exigence n'a été formulée concernant la transmission thermique (coefficient K) des parois, les normes se concentrant sur les performances thermiques de l'ensemble du bâtiment, les normes indiquant des débits d'air maximum et minimum permettent entre autres de compenser une perméabilité trop importante en prévoyant une isolation et vice versa, et dans le cas où l'on ne désire pas effectuer des calculs trop compliqués, on peut toujours utiliser des solutions type approuvées. Les exigences d'isolation thermique sont plus sévères pour les habitations utilisant le chauffage électrique comparées à celles utilisant un autre type de chauffage.

A noter que les normes Françaises ont été revues en 2000 où une nouvelle réglementation RT 2000 a été adoptée et appliquée à partir de juin 2001, la RT 2000 a permis le passage d'une approche française à une approche européenne et s'appuie largement sur des méthodes de calcul et des caractéristiques définies dans les normes européennes.

Un nouveau renforcement des exigences au niveau de la performance énergétique des bâtiments, la prise en compte de la climatisation et de l'éclairage ainsi qu'un franc coup de pouce donné à la conception bioclimatique et aux énergies renouvelables sont quelques thèmes forts de la nouvelle réglementation thermique [69].

La RT 2005 se fixe comme principaux objectifs une amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs d'au moins 15 % et la limitation du recours à la climatisation. Mais ce n'est qu'une étape intermédiaire car le but à ne pas perdre de vue est une diminution de 40 % de la consommation énergétique des bâtiments en 2020... (CSTB, 2005)[70].

La réglementation thermique Française celle cadrant la thermique des bâtiments pour les constructions neuves en France. Son objectif principal est d'établir une limite maximale à

Chapitre 4

la consommation énergétique des bâtiments neufs, englobant le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage, la réglementation thermique des bâtiments version 2012 succède à plusieurs versions antérieures, aux exigences et aux champs d'application croissants (réglementation thermique 1974 puis 1982, 1988, 2000 et 2005.)[59].

Tableau 0-2 : Evolution de la réglementation thermique française

RT 1974	La première réglementation thermique date de 1974 (RT 1974), avec application en 1975. Elle fait suite au premier choc pétrolier de 1973 et est instaurée sous l'impulsion de Pierre Mesmer. Première réglementation thermique pour les bâtiments à usage d'habitation. La performance de l'enveloppe est définie par G, le coefficient de déperditions thermiques en W/m ³ . K Elle ne s'appliquait qu'aux bâtiments neufs d'habitation, imposant une isolation des parois et une régulation des systèmes de chauffage.
RT1976	Première réglementation thermique pour les bâtiments à usage autres que d'habitation.
RT1982	Le second choc pétrolier de 1979 va aboutir à la publication de la RT 1982. L'objectif de cette nouvelle réglementation thermique est une réduction de 20% de la consommation d'énergie des bâtiments par rapport à la RT 1974. Mise en place du coefficient B exprimant les besoins de chauffage annuel
RT1988	Deuxième réglementation avec des exigences de performances minimales de l'enveloppe et des systèmes mis en place. La RT 1988 est étendue aux bâtiments non résidentiels, création du coefficient C représentant les consommations de chauffage et d'eau chaude sanitaire.
RT 2000	Troisième réglementation, la RT2000 voit l'apparition d'une exigence de performance globale du bâtiment mais aussi de confort d'été. Elle est constituée du décret no 2000-1153 du 29 novembre 2000 et de divers arrêtés qui fixent principalement : - La consommation d'énergie primaire « Cep » doit être inférieure à une consommation de référence « Cep réf » exprimée en kW hep/an

Chapitre 4

	pour laisser toute liberté de conception aux architectes et aux bureaux d'études. Par conséquent la densité du bâtiment n'est pas prise en compte ; - La température atteinte en été doit être inférieure à une température de référence. - Des performances minimales sont requises pour une série de composants (sécurité). Cette réglementation prend en compte les consommations de chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage des locaux.
RT 2005	Cette RT impose une exigence de consommation avec une réduction de 15%. Elle définit des caractéristiques thermiques de références ainsi que des caractéristiques thermiques minimales à respecter. Elle concerne les bâtiments neufs et les extensions dont le permis de construire a été déposé après le 1er septembre 2006 et avant le 31 décembre 2012. La consommation conventionnelle d'énergie primaire Cep est maintenant exprimée en kW hep/ (m².an) permettant de comparer les bâtiments entre eux.
RT 2008	La RT2008 est mise en application le 1er septembre 2007 pour la RT « Élément par Élément » et le 1er avril 2008 pour la RT « globale ». Cette réglementation est une adaptation de la RT 2005 à la rénovation, par conséquent elle contient le même type d'exigence[71].
RT2012	La RT 2012 est mise en application le 28 octobre 2011 et concerne les bureaux, les établissements d'accueil de la petite enfance et les habitations construites en zone ANRU. (Zones de revitalisations urbaines appelées "Zones ANRU". Dans le périmètre de ces zones, les acquéreurs de leur résidence principale peuvent obtenir une TVA à taux réduit 5,5% sur le prix d'acquisition.)[72] Au courant 2012 elle s'étend aux autres bâtiments tertiaires. Au 1er janvier 2013 son champ d'application s'étendra à toutes les habitations. Elle impose : - une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti : Bbio. il est

Chapitre 4

	exprimé en points et il permet d'apprécier par rapport aux besoins de chauffage, de refroidissement et de consommations d'éclairage artificiel, - une exigence de consommation énergétique : Cep. Ce coefficient est exprimé en kWh/m² d'énergie primaire et représente les consommations d'énergie des 5 postes de consommations de la RT 2000 et 2005. - une exigence sur la température maximale atteinte : Tic. Elle est exprimé en °C et c'est la température opérative (correspondant au ressenti de l'occupant) maximale horaire calculée en période d'occupation pour un jour chaud d'été conventionnel, associée à une séquence chaude représentative.
RT 2018	La RT 2018/2020 mettra en œuvre des bâtiments à énergie positive (BEPOS) dans l'esprit du Plan Bâtiment Durable, Ces réglementations laisseront une liberté totale de conception tout en limitant la consommation d'énergie. Les bâtiments à énergie positive et les maisons passives produiront plus d'énergie qu'ils n'en consomment[73].

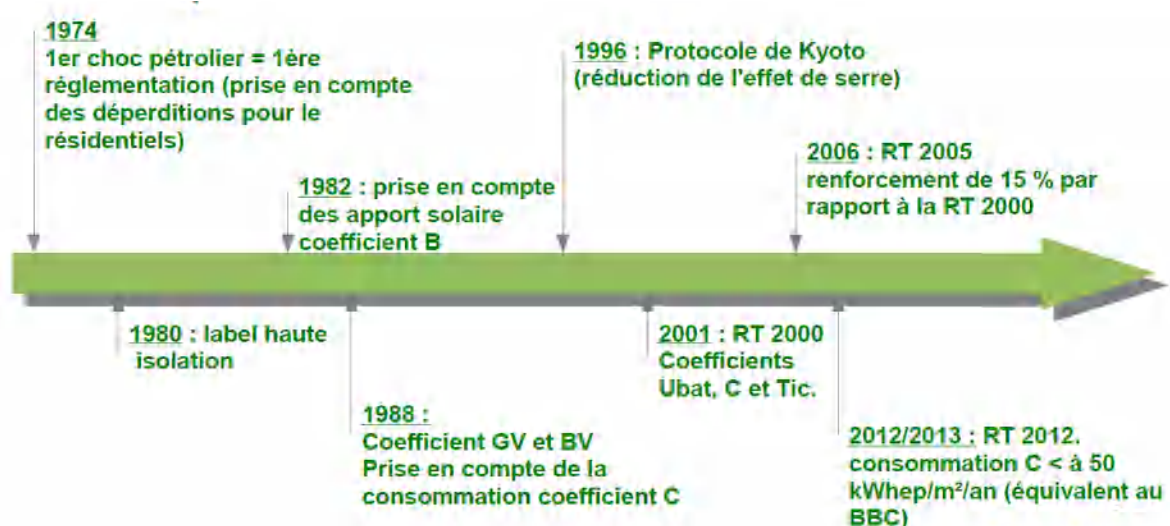


Figure 0-4 : Evolution de la réglementation thermique française[74].

Chapitre 4



Figure 0-5 : Evolution de la réglementation thermique française[75].

4.2.2 La réglementation thermique canadien

4.2.2.1 Évolution du code énergétique des bâtiments du Canada

Un consortium de provinces, de services publics, d'intervenants de l'industrie, le conseil national de recherches du Canada (CNRC) et Ressources naturelles Canada ont élaboré le Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNÉB) en 1997, première norme nationale pour le rendement énergétique des bâtiments au Canada.

En 2011, le CMNÉB a été renommé le code national de l'énergie pour les bâtiments (CNÉB) à des fins de cohérence avec les autres codes de construction nationaux (code national du bâtiment, code national de la plomberie - Canada, code national de prévention des incendies - Canada). Le CNÉB 2011 a souligné les niveaux minimaux d'efficacité énergétique pour tous les nouveaux bâtiments, notamment une amélioration moyenne de 25 % de la performance par rapport à son prédécesseur, et a offert plus de souplesse dans le but d'atteindre la conformité avec le code.

L'édition suivante du code, le CNÉB 2015 contient plus de 90 nouvelles modifications qui permettront d'atteindre un niveau supérieur d'efficacité énergétique dans les nouveaux bâtiments canadiens. Les exemples de modifications incluent de nouvelles exigences

Chapitre 4

thermiques pour les bâtiments semi-chauffés, des densités mises à jour de consommation électrique maximale admissible pour l'éclairage, des nouvelles exigences prescriptives pour les systèmes hydroniques à pompe et le matériel d'évacuation de la chaleur, une obligation d'utiliser des systèmes de commande de l'aération dans les garages, et plus encore.

L'édition provisoire du CNÉB de 2017 a été publiée pour aider à améliorer la performance d'énergie globale de bâtiments par rapport à 2015. La modélisation de ces changements a indiqué une amélioration potentielle de l'efficacité énergétique entre 10 et 14 % par rapport au CNÉB 2011.

Les codes sur l'énergie sont reconnus dans le monde entier comme l'un des outils les plus efficaces pour promouvoir l'efficacité énergétique des bâtiments. Au Canada, le Code national de l'énergie pour les bâtiments (CNÉB) a été élaboré dans le cadre d'un engagement visant à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments canadiens et à réduire les émissions de GES. Le CNÉB s'applique aux grands bâtiments et fixe les exigences techniques pour la conception et la construction éco énergétiques des nouveaux bâtiments et ajouts.

Le CNÉB est publié en compagnie d'une sélection de codes modèles nationaux. Ces codes modèles portent sur les exigences de conception et de construction pour les bâtiments, et veillent à ce que les nouvelles constructions respectent des normes minimales en matière de santé, sécurité et rendement.

De nouvelles voies de codes pour un rendement énergétique supérieur, la dernière version du CNÉB a été publiée par le conseil national de recherches canada en mars 2022. Le CNÉB 2020 contient différents changements par rapport à son prédécesseur de 2017, comme la réduction de la transmission thermique maximale admissible pour les fenêtres et portes et les ensembles de construction opaques au-dessus du sol, et la réduction de la densité de consommation électrique maximale admissible pour l'éclairage d'intérieur et d'extérieur.

L'édition 2020 représente une étape importante en vue de l'objectif du Canada d'atteindre des bâtiments à consommation énergétique nette zéro (CENZ) d'ici l'année 2030. Un bâtiment à CENZ a une haute efficacité énergétique mais n'inclut pas de production d'énergie renouvelable sur place permettant de compenser la consommation énergétique annuelle découlant des opérations.

Pour la première fois, le CNÉB inclut des paliers de rendement progressif afin d'optimiser l'efficacité énergétique dans les nouvelles constructions. Cette nouvelle approche définit

Chapitre 4

l'orientation de l'industrie et permet aux provinces et territoires d'adopter graduellement des niveaux supérieurs de rendement au sein d'un même code. Le CNÉB 2020 dispose de 4 paliers d'amélioration de rendement, dont le dernier constitue une réduction d'au moins 60 % de la consommation énergétique par rapport à la base du premier palier. Les améliorations en efficacité énergétique par palier du CNÉB 2020 sont les suivantes :

Palier 1 : Objectif de base

Palier 2 : Amélioration de 25 % sur le palier 1

Palier 3 : Amélioration de 50 % sur le palier 1

Palier 4 : Amélioration de 60 % sur le palier 1

4.2.2.2 Économies d'énergie grâce au respect du code

Le respect des exigences du CNÉB lors de la construction d'un bâtiment permet de réduire la consommation énergétique, réaliser des économies sur les factures d'électricité, de réduire les pics de consommation et d'améliorer la qualité et le confort de l'intérieur du bâtiment.

La prise en compte des mesures d'efficacité énergétique dès les premières étapes de la conception et de la construction d'un bâtiment est la procédure la plus économique. Une rénovation ultérieure est bien plus coûteuse. C'est particulièrement vrai en ce qui concerne l'enveloppe du bâtiment.

Le CNÉB se concentre sur cinq éléments clés de la conception :

1. **L'enveloppe du bâtiment** : Cette catégorie comprend les murs, les fenêtres, les portes et la toiture, elle prévoit les taux d'infiltration de l'air et la transmission thermique.
2. **L'éclairage** : Cette catégorie prend en compte les mesures telles que la réduction des densités de puissance d'éclairage, l'utilisation de systèmes de commande de l'éclairage et l'utilisation efficace de la lumière naturelle.
3. **Les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation** : ils comprennent la ventilation à récupération de chaleur, l'isolation des tuyaux et des conduits, ainsi que les systèmes de commande et l'automatisation du bâtiment pour optimiser le fonctionnement de l'équipement.
4. **Le chauffage de l'eau de service** : Cette catégorie prend en compte toutes les utilisations de l'eau chaude dans le bâtiment et prévoit des exigences visant à limiter les débits d'eau, à maximiser la récupération de chaleur des eaux usées et à établir des normes de rendement minimal pour l'équipement de chauffage de l'eau.

Chapitre 4

5. **Les moteurs et les systèmes d'alimentation électrique** : Cette catégorie fixe des exigences pour la surveillance de la consommation des réseaux de distribution électriques, elle limite la taille des conducteurs de manière à minimiser les chutes de tension, elle fixe des normes qui orienteront le choix des transformateurs et des moteurs électriques.

4.2.2.3 Démonstration de la conformité

Généralement, les représentants officiels de la municipalité exigent des documents attestant que la conception du bâtiment respecte le code avant de délivrer un permis de construire. La conformité avec le code est une partie importante permettant d'assurer que des économies concrètes en énergie sont réalisées, le CNÉB propose trois méthodes de conformité : La méthode prescriptive, la méthode des solutions de remplacement et la méthode de performance, ces méthodes de conformité permettent aux bâtiments de se conformer au code de l'énergie de différentes manières.

Un logiciel de gestion de l'énergie peut être utilisé pour démontrer la conformité avec certaines des méthodes du CNÉB pour diverses éditions du code.

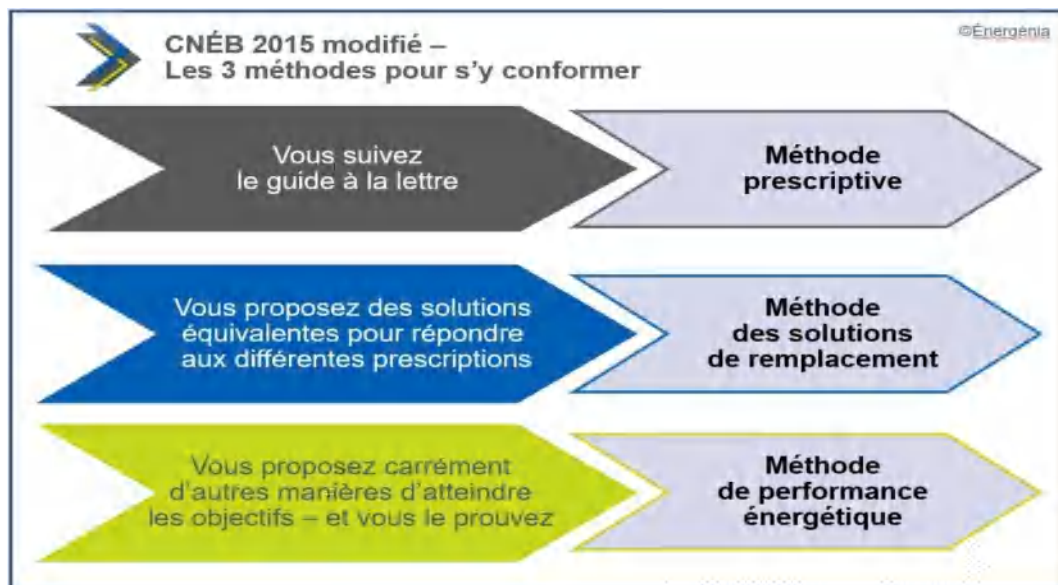


Figure 0-6 : Méthode de conformité énergétique[76].

Méthode prescriptive : Architectes comme ingénieurs suivent les normes (ou les dépassent) de la façon prescrite, pour chaque volet de leurs disciplines respectives, les ingénieurs mettent régulièrement en œuvre cette approche classique, pour épauler les architectes et les entrepreneurs dans la construction des projets.

Méthode de remplacement : Pour s'accorder le confort d'une grande baie vitrée, par exemple, l'architecte intègre à ses plans un toit mieux isolé, de leur côté, les ingénieurs disposent également de flexibilité quant au choix des appareils d'éclairages ou des équipements de chauffage, par exemple, tant et autant que leur choix final offre une

Chapitre 4

efficacité énergétique équivalente démontrable via les calculateurs gouvernementaux prévus à cet effet. Nous faisons souvent appel à l'option de remplacement afin de soutenir les choix d'aménagement de nos clients et de nos partenaires.

Méthode de performance : Afin de compenser un manque d'efficacité énergétique détecté de manière générale au niveau de la conception du bâtiment lors de la validation des plans, architectes et ingénieurs s'assoient ensemble afin d'élaborer des solutions principalement électromécaniques, leur efficacité devra être démontrée à l'aide d'une simulation par les ingénieurs : ce que l'on nomme la modélisation énergétique. Cette approche un peu plus spécifique repose sur la collaboration, elle nous amène même, dans certains cas particuliers, à faire appel à la collaboration de certains de nos partenaires spécialistes en modélisation.

4.2.3 Réglementation thermique des Etats-Unis

La réglementation nationale de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments, « IECC, International Energy Conservation Code » porte principalement sur les performances.

L'objectif de la réglementation thermique américaine est de réglementer la conception de l'enveloppe des bâtiments afin que ceux-ci disposent d'une résistance thermique suffisante et d'une faible perméabilité à l'air, la réglementation étudiée ne donne aucune norme spécifique n'ayant trait au confort thermique, celui-ci est traité dans d'autres normes.

Le confort intérieur et le confort hygrométrique sont traités en détail dans (ASHRAE 1997).

La réglementation américaine de la maîtrise de l'énergie permet le calcul des performances thermiques à l'aide de logiciel avancé, cette méthode permet de concevoir un bâtiment d'une manière optimale, les normes autorisent également l'utilisation de calculs simplifiés pour ce qui est des exigences maximales de la transmission surfacique des différentes parois ainsi que des solutions de type standard.

La norme prend en compte les climats d'hiver et d'été, et en régions chaudes, les normes d'isolation thermique ne sont pas aussi exigeantes mais spécifient l'utilisation de protection solaire des baies. Par contre, elle ne prévoit pas de protection solaire des façades.

Chapitre 4

	CHINE	UNION EUROPÉENNE	ROYAUME-UNI	ÉTATS-UNIS
SYSTÈME D'ÉVALUATION	Programme Green Building Evaluation and Labeling (GBEL)			
DÉCARBONATION DU PARC IMMOBILIER	Programme National Energy Efficiency Evaluation and Labeling (NEEL)	Directive sur la performance énergétique des bâtiments (EPBD)	Directive sur les maisons et bâtiments à énergie zéro (ZEH)	International Energy Conservation Code (IECC)
NORMES TECHNIQUES ET TECHNOLOGIQUES	Normes de calcul des émissions de gaz à effet de serre (GBEL)	Programme d'évaluation et de certification de la performance énergétique des bâtiments (EPBD)	Normes relatives à la chaleur et au froid (ZEH)	Normes de performance énergétique (IECC)
ENGAGEMENT DES ACTEURS	Programme de certification des bâtiments à énergie zéro (GBEL)	Programme de certification des bâtiments à énergie zéro (EPBD)	Programme de certification des bâtiments à énergie zéro (ZEH)	Programme de certification des bâtiments à énergie zéro (IECC)

Figure 0-7 : Les réglementations thermiques vertes [77].

4.2.4 Réglementation thermique chinoise

En plus des politiques de conservation de l'énergie à un niveau macro, le Ministère du Logement et du Développement Urbain-Rural (MoHURD) de la Chine a élaboré des normes énergétiques pour les bâtiments à un niveau détaillé. Les codes énergétiques adoptés pour les bâtiments, remontant aux années 1980, incluaient les bâtiments commerciaux (publics) et les bâtiments résidentiels (principalement des appartements) dans toutes les zones climatiques sauf la zone tempérée. Ces normes définissaient les exigences d'efficacité de l'enveloppe du bâtiment, telles que l'isolation minimale des murs, toits et planchers, la performance thermique des fenêtres, ainsi que des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC). Absence de ces codes étaient les dispositions relatives à l'éclairage, qui étaient détaillées dans une réglementation distincte. L'objectif était de fournir une voie de conformité prescriptive, exigeant la conception efficace des composants du bâtiment pour répondre aux exigences standard. Pour l'enveloppe du bâtiment, une approche de compromis permettait la performance des enveloppes opaques et des fenêtres. Dans l'ensemble, les exigences prescriptives détaillées dans les normes chinoises sont légèrement moins strictes que celles aux États-Unis. Cependant, de manière similaire aux États-Unis (avec des voies d'adoption de codes nationaux et étatiques), les codes chinois sont obligatoires au niveau national, mais donnent aux gouvernements locaux la possibilité d'adopter des normes plus strictes[78].

Chapitre 4

Pour les bâtiments commerciaux, le MoHURD a développé la norme GB 50189, prescrivant une efficacité énergétique minimale, la norme nationale chinoise GB dérivée d'une norme basée sur les hôtels prescrite dans les années 1980, la GB 50189 a été introduite en 2005 avec pour objectif de réduire de 50% la consommation d'énergie des bâtiments par rapport aux bâtiments de référence construits dans les années 1980. La portée de la GB 50189-2005 comprenait les bureaux, les hôtels, les écoles et les bâtiments commerciaux, s'appliquant à la nouvelle construction ainsi qu'à l'extension et à la rénovation des bâtiments publics existants. En servant de principal véhicule réglementaire depuis 2005, la GB 50189 a atteint avec succès ses objectifs initiaux et a considérablement amélioré les performances énergétiques des bâtiments publics en Chine. En 2014, le MoHURD a mis à jour la norme pour poursuivre des économies d'énergie supplémentaires, visant une réduction énergétique de 30% par rapport aux niveaux de référence de 2005.

Chapitre 4

Conclusion

La réglementation thermique de toutes ces pays avait pour objectif commun d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments, chaque pays avait ces propres normes, approches adaptées aux conditions climatiques.

Cette étude a permis de constater quelles réglementations en matière de conception et de construction qui améliore l'efficacité énergétique des bâtiments représentent des leviers prometteurs pour limiter la consommation énergétique dans le secteur bâtiment.

Dans un paysage réglementaire très complexe, il est parfois difficile d'évaluer l'efficacité réelle des réglementations actuelles dans la concrétisation des engagements nationaux visant à atteindre les objectifs ciblés.

Au vu de la croissance économique sans précédent de la Chine depuis lors, quelle a été l'efficacité de ces réglementations et codes du bâtiment, de 1995 à 2005, le parc immobilier Chinois a presque triplé, le bureau national chinois des statistiques estime que, ces dernières années, quelque 4 milliards de m² de nouveaux bâtiments a été construits par an, compte tenu de ce rythme de croissance effréné.

En France la réglementation thermique a évolué au fil de temps, impose des normes strictes pour l'efficacité énergétique des bâtiments, reflétant l'engagement continu de la France envers des bâtiments durables et éco énergétiques.

Aux États-Unis, où les bâtiments représentent 39 % de la consommation d'énergie et les deux tiers de la consommation d'électricité, le gouvernement fédéral n'a pas le pouvoir d'adopter des codes du bâtiment contraignants, les gouvernements locaux peuvent cependant décider d'adopter l'un des codes fédéraux de l'énergie standard, ces codes fixent des exigences minimales pour la conception et la construction de bâtiments neufs ainsi que pour les rénovations dans le respect des principes d'efficacité énergétique. Ils visent également la consommation d'énergie des bâtiments ainsi que les émissions qu'ils génèrent tout au long de leur cycle de vie.

Les réglementations et codes de l'énergie applicables aux bâtiments ne sont efficaces que s'ils sont appliqués, ce qui peut s'avérer très difficile, car peu de juridictions infligent des amendes en cas de non-conformité. Leur application peut être favorisée par d'autres moyens, de nombreux pays complétant leur arsenal réglementaire relatif à la conception et à la construction de bâtiments par des incitations financières, allant des subventions aux prêts à faible taux d'intérêt en passant par des avantages fiscaux.

En Algérie la réglementation thermique des bâtiments actuelle nécessite une mise à jour Afin de répondre aux attentes ciblé, la nouvelle version de la réglementation doit englober

Chapitre 4

les bâtiments existents et neufs, a pour objectif d'améliorer la performance énergétique, la nouvelle réglementation thermique doit imposer des exigences de performance minimale, quels que soient les travaux de rénovation ou neufs, concernant tous les travaux de rénovation portant sur l'enveloppe du bâtiment (isolation par l'intérieur ou isolation par l'extérieur, parois vitrées, etc.) , portant l'efficacité des systèmes de chauffage ou de refroidissement, les systèmes de ventilation et , l'intégration des énergies renouvelables.

Les possibilités de faire basculer, à l'échelle mondiale, le parc immobilier actuel et futur vers une énergie propre sont bien réelles, mais nécessitent des engagements fermes aux niveaux local, national, régional et mondial, ainsi que des réglementations et des politiques pour les faire respecter et les défendre. Seul le temps nous dira si, en ce qui concerne nos bâtiments, nous sommes sur la bonne voie pour ralentir la surconsommation énergétique, réduire la précarité énergétique et stimuler la reprise économique grâce à la conception et à la construction d'un environnement bâti économe en énergie et à émissions nettes nulles.

Chapitre 5 : Modélisation et simulation du comportement thermique d'un bâtiment d'habitation

5.1 Introduction

Dans le contexte de la conception énergétique des bâtiments, la simulation des besoins en chauffage et climatisation représente un aspect fondamental pour garantir une performance optimale et une conformité avec les normes réglementaires. La présente étude de cas se focalise sur l'application de cette approche analytique avancée à un bâtiment localisé à dar El-Beida en Algérie, en utilisant le logiciel TRNSYS 16' avec le modèle numérique type 56, Structurée en trois étapes cruciales, cette étude s'attache à évaluer la conformité avec la réglementation thermique algérienne de 2016, à réaliser différentes simulations, et enfin, à interpréter les résultats obtenus pour formuler des recommandations éclairées.

Conformité avec la réglementation thermique algérienne version 2016 : La première étape de notre étude se consacre à évaluer la conformité du bâtiment en question avec les normes thermiques algériennes énoncées en 2016. Cela implique une analyse approfondie des caractéristiques architecturales et des systèmes de chauffage et de climatisation, afin de s'assurer que le projet respecte les exigences spécifiques en matière d'efficacité énergétique et de performances thermiques.

Les différentes simulations avec TRNSYS : La deuxième phase de cette étude consiste à mettre en œuvre le logiciel TRNSYS pour réaliser différentes simulations. Cette démarche inclura la modélisation du bâtiment, l'intégration des données climatiques spécifiques, et la simulation de divers scénarios est évaluer les besoin de chauffage et de climatisation. Les simulations permettront d'analyser les performances énergétiques du bâtiment dans des conditions variées, contribuant ainsi à une compréhension approfondie des besoins thermiques[79].

Interprétation des résultats et recommandations : La troisième et dernière étape de cette étude se concentrera sur l'interprétation des résultats obtenus grâce aux simulations TRNSYS, En se basant sur ces conclusions, des recommandations spécifiques seront formulées pour améliorer l'efficacité énergétique, répondre aux exigences de la réglementation thermique, et favoriser une gestion plus durable des besoins en chauffage et climatisation[80].

Chapitre 5

Ainsi, cette étude de cas, rigoureusement structurée en trois étapes, vise à apporter des insights pertinents pour la conception énergétique des bâtiments à Alger, en intégrant des analyses réglementaires, des simulations avancées, et des recommandations axées sur la durabilité et l'efficacité énergétique.

5.2 Présentation de cas d'étude

Le cas d'étude proposé est un logement individuel F4, situé dans la daïra de dar El-Beida wilaya d'Alger, Il se compose de 4 pièces principales, trois chambres, salon, et de 2 de service (cuisine et salle de bain) et totalise une surface totale de 108m².

Pour un volume de 324m³, l'entrée des bâtiments est orientée vers le nord.

Les caractéristiques géométriques principales nécessaires au calcul réglementaire sont synthétisées dans les tableaux (5-1,5-8)

La figure (5-2), montre le plan de masse du projet .



Figure 0-1 : Plan de masse de maison dar El-Beida

Le tableau 5-1 illustre les données climatiques du bâtiment

Tableau 0-1 : Données climatiques du bâtiment

Paramètres géographiques et zone thermique		
Wilaya	Alger	
Altitude	17 m	
Latitude	36°7 'Nord	
Longitude	Longitude -2.21°Est	
Zone climatique hiver	A	Annexe A.1du DTR
Zone climatique été	A	Annexe B.5 du DTR

Le tableau 5-2 illustre les données dimensionnelles de cas d'étude

Chapitre 5

Tableau 0-2: Données dimensionnel du bâtiment

Données dimensionnelles du bâtiment					
Désignation	Hauteur (m)	Largeur (m)	Longueur (m)	Surface (m ²)	Volume (m ³)
Chambre1	3	4	4	16	48
Chambre 2	3	4	4	16	48
Chambre 3	3	4	4	16	48
Salon	3	4	6	24	72
Couloire	3	3	4	12	24
Sanitaire	3	3	4	12	24
Cuisine	3	3	4	12	48
				108	324

Le tableau 5-3 illustre les caractéristiques des matériaux

Tableau 0-3: Caractéristiques des matériaux

Matériaux	Conductivité thermique (KJ /h m k)	Chaleur spécifique (KJ /Kgk)	Densité (kg /m ³)
Béton hourdi	4.801	0.65	1300
Brique creuse 75	1.697	0.794	720
Béton c400	0.578	0.88	400
Carrelage	6.137	0.7	2300
Enduit extérieur	4.152	1	1700
Enduit plâtre	1.26	1	1500
Mortier	4.15	0.84	2000
Bois léger	0.542	1.2	500

Le tableau 5-4 illustre la composition des parois du bâtiment original avec les épaisseurs de chaque couche de la paroi et les valeurs du coefficient de déperdition thermique U.

Tableau 0-4 : Compositions des murs extérieurs

Murs extérieurs		
Matériaux	Epaisseur (m)	U value W/m ² k
Brique creuse	0.15	
Enduit extérieur	0.02	
Enduit plâtre	0.02	
Mortier	0.02	
Total		1.514

Chapitre 5

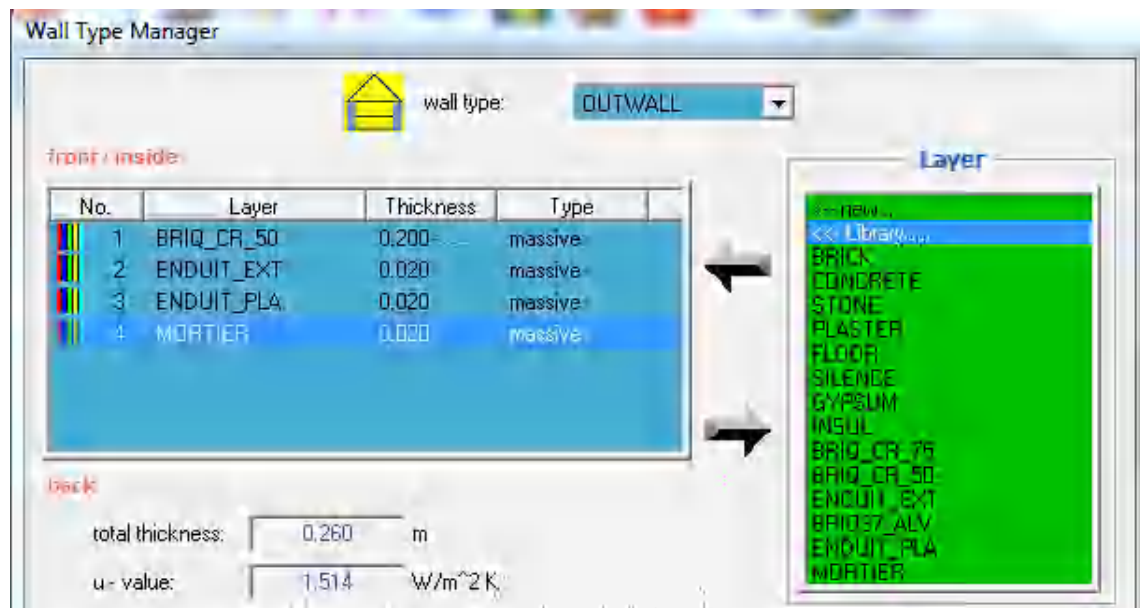


Figure 0-2 : OUTWALL composition

Tableau 0-5 : Compositions des murs intérieures

Murs intérieures		
Matériaux	Epaisseur (m)	U value W/m² k
Mortier	0.02	
Brique creuse	0.1	
Enduit de plâtre	0.02	
Total		2.191

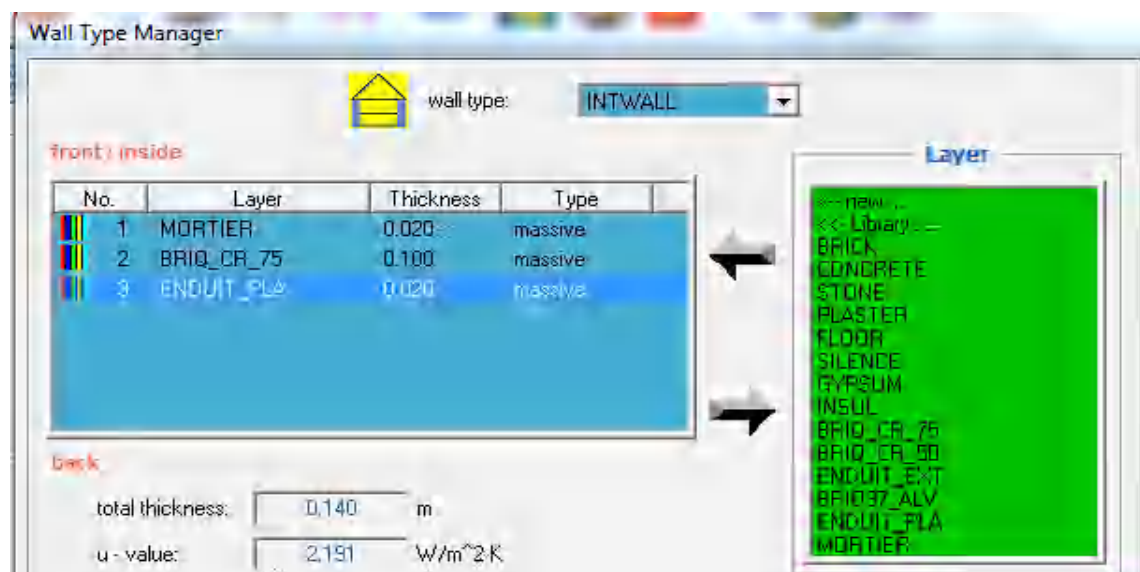


Figure 0-3 : Intwall composition

Chapitre 5

Tableau 0-6 : Composition de plancher bas

Plancher bas		
Matériaux	Epaisseur (cm)	U value W/m ² k
Béton armé	0.3	
Mortier	0.02	
Carrelage	0.03	
Total		2.66

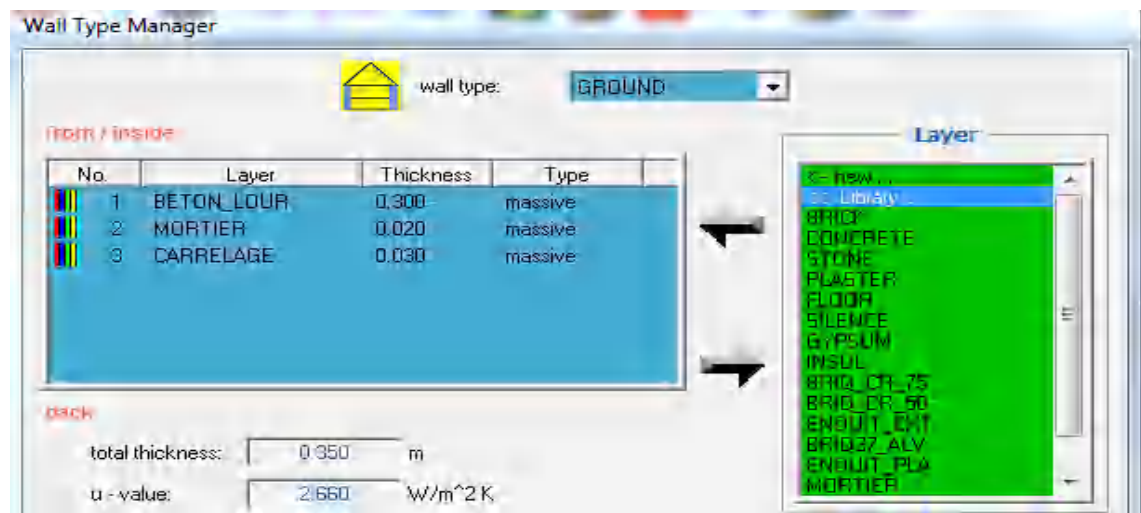


Figure 0-4 : Ground composition

Tableau 0-7:Composition de Toiture

Plancher bas		
Matériaux	Epaisseur (m)	U value W/m ² k
Concrète	0.24	
insulation	0.16	
Mortier	0.02	
Granito	0.02	
Béton lourd	0.1	
Total		0.229

Chapitre 5

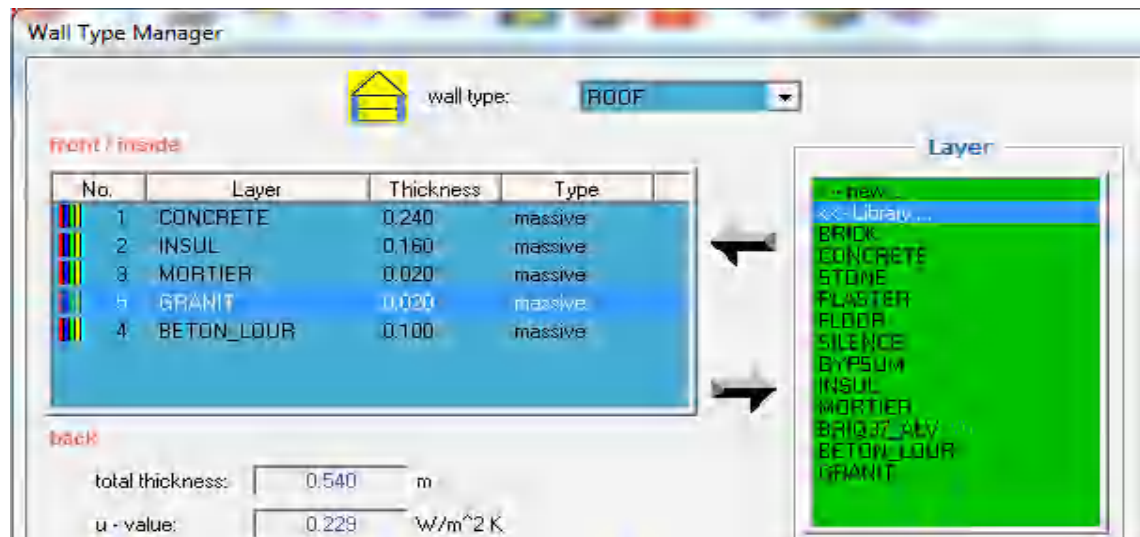


Figure 0-5 : Roof composition

Le tableau 5-7 illustre les données géométriques des fenêtres

Tableau 0-8: Caractéristiques des fenêtres

caractéristique	Type de vitrage	épaisseur	U_w w/m²K	Dimension (m)
Fenêtre de base (cas de base)	Simple vitrage	5mm	5,9	0.8 x1.00
	Double vitrage standard		2,9	0.8 x1.00
	Triple vitrage		1,1	0.8 x1.00

5.3 Vérification de conformité de cas d'étude

5.3.1 Calcul d'hiver

Le calcul réglementaire en hiver comporte deux étapes

- ✓ Un calcul des déperditions par transmission à travers l'enveloppe que l'on va comparer à des déperditions de référence (équation 2.5 du DTR) ; ceci **représente la vérification de conformité hiver**
- ✓ Un calcul de **la puissance de chauffage** (équation de 2.9 du DTR) qui est calculé à partir des déperditions par transmission et par renouvellement d'air

Vérification d'hiver (C 3.2)	$D_T \leq 1.05 \times D_{réf}$	(1)
-------------------------------------	--	------------

➤ $D_T = 442,31 \text{ W/}^\circ\text{C} \leq D_{réf} = 619,34 \text{ W/}^\circ\text{C} \dots \dots \dots (5-1)$

Chapitre 5

❖ *La vérification d'hiver est confirmée*

Calcule de la puissance de chauffage selon l'équation (2)

$$\text{Puissance de chauffage } Q_{ch} = (T_{bi} - T_{be}) \times 4 \{ [1 + \text{mac}(\text{Cr}, \text{Cin})] \} \times D_t + [(1 + \text{Cr}) \times D_r] \quad (2)$$

$$\text{➤ } D_r = 0.34 \times (Q_v + Q_s) = 138,08 \text{ W /}^\circ\text{C}$$

La puissance de chauffage

$$Q_{ch} = 10,98 \text{ KW}$$

5.3.2 Calcul d'été

Comme l'hiver le calcul réglementaire d'été selon l'équation (3) comporte deux étapes

- ✓ Vérification d'exigence réglementaire
- ✓ Calcul de puissance de climatisation

$$\text{Vérification d'été (C-3.4)} \quad APO(15h) + AV(15h) \leq 1,05 \times A_{réf} \quad (3)$$

Les apports à travers les parois en contact avec l'extérieur $APO(15h) + AV(15h) = 1643,08 + 214 = 1857,08 \text{ W}$

Pour faire la vérification thermique estivale, nous devons calculer les apports calorifiques de référence $A_{réf}$ selon l'équation (4)

$$AV_{réf}(15h) = A_{réf,ph}(15h) + A_{réf,pv} + A_{réf,pvi}(15h) \quad (4)$$

$$APO(15h) + AV(15h) = 3095,08 \leq A_{réf} = 3153,23 \text{ W}$$

❖ *La vérification d'été est confirmée*

Calcule de puissance de climatisation selon l'équation (5)

$$\text{Puissance de climatisation (w)} \quad Q_{clim} = AT_s + AT_l \quad (5)$$

$$\text{La puissance de climatisation } Q_{clim} = 10,49 \text{ kw}$$

Chapitre 5

5.4 Méthodologie de l'étude et simulation des besoins énergétique

Des simulations thermiques dynamiques effectuées à l'aide du logiciel de simulation pour évaluer les besoins énergétiques de bâtiment, conforme au réglementation thermique 2016, et le cas idéal qui est basés aux résultats des cas optimaux, Les consignes de température selon DTR 2016 sont indiquées dans le tableau 5-9.

Une simulation de cas de conforme au RT pour trouver la consommation énergétique de base, des simulations des cas qui reposent sur l'exploitation des mesures d'efficacité énergétique passive.

Tableau 0-9 : Consigne de température selon DTR 2016

Désignation	Température de confort pour chauffage	Température de confort pour climatisation
Chambre	21°C	24 °C
Cuisine, salle d'eau, couloir	18°C	27°C

5.5 Présentation de l'outil de simulation

5.5.1 Logiciel Trnsys

TRNSYS, 'TRaNsient System Simulation Program est un environnement de simulation thermique pour des systèmes évoluant dans le temps dont la principale caractéristique est sa modularité (équipements de CVC, PV, solaire thermique, cogénération, etc.). Développé par le SEL, 'Solar Energy Laboratory' de l'Université du Wisconsin Madison (USA), en collaboration avec le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) de Sophia Antipolis (France) et avec TRANS SOLAR ENERGIE TECHNIK (Allemagne), TRNSYS constitue une référence mondiale dans le domaine de la simulation dynamique de la thermique et de l'aéraulique des bâtiments. Il est composé d'une liste de sous-programmes écrits en Fortran constituant une bibliothèque de plusieurs modules ou types, chaque type est un objet informatique indépendant : il correspond à un élément du système thermique et se compose d'entrées, de sorties et de paramètres[81].

Afin de définir le bâtiment, on introduit toutes ses caractéristiques dans TRNBuild. Cette interface permet de décrire tous les composants d'un bâtiment multizones utilisant le Type 56. En fait, nous spécifions la composition des murs, leurs orientations

Chapitre 5

respectives, les surfaces vitrées et les types de vitrages utilisés, il est nécessaire aussi de définir les conditions initiales de la zone étudiée (la température intérieure et l'humidité relative), les paramètres de contrôle du chauffage et du rafraîchissement ainsi que les apports gratuits, les caractéristiques des murs, fenêtres, portes, planchers et plafonds (dimensions, matériaux, orientation, etc.) dans chaque zone ont été obtenues à partir des dessins d'architecture, le modèle de bâtiments multizones par le logiciel TRNSYS permet à l'utilisateur de construire des types de murs à partir de couches, dans lequel chaque couche est un matériau unique, les propriétés thermo-physiques de chaque couche (conductivité thermique, densité, chaleur spécifique, épaisseur, etc.) sont entrées par l'utilisateur ou choisis à partir d'une bibliothèque existante [82].

5.5.2 Meteonorme

Meteonorme est un logiciel collaboratif qui facilite les exports vers TRNSYS du CSTB ainsi que vers de nombreux autres logiciels de simulation en bâtiments et énergies solaires, le logiciel contient une base de données très exhaustives ainsi que des algorithmes permettant de créer, à partir des valeurs mesures, des fichiers météo de n'importe quel endroit[83],

La figure 5-2 illustre les données climatiques de cas d'étude

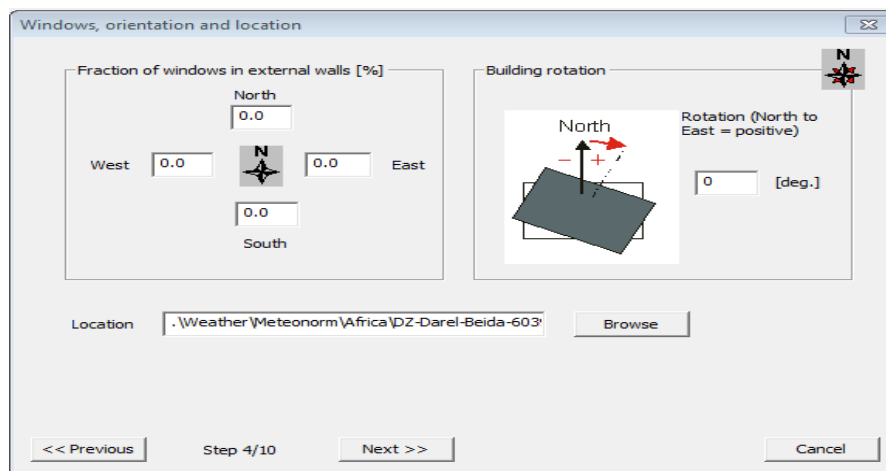


Figure 0-6 : FichierMeteonorme cas Dar-Elbeida Algérie

5.5.3 Paramétrage de cas de base

Cette étape consiste à paramétrer le logiciel TRNSYS, en cliquant sur la fenêtre building Project (multizone) pour dimensionner les zones de bâtiment (longueur, hauteur, largeur)

Avec les données climatiques du cas de base à l'aide de TRNBUILD (TYPE56) ainsi que les données météorologiques de la ville dar El-Beida illustré à la figure 5-2, par suite en

Chapitre 5

fixe le pas de calcul à une heure pour chaque itération, l'étape suivante et de simuler pour avoir le profil de température moyenne à chaque zone, ainsi que les besoins énergétiques de chauffage et climatisation

La figure 5.3 montre l'évolution de température à Dar-El-Beida

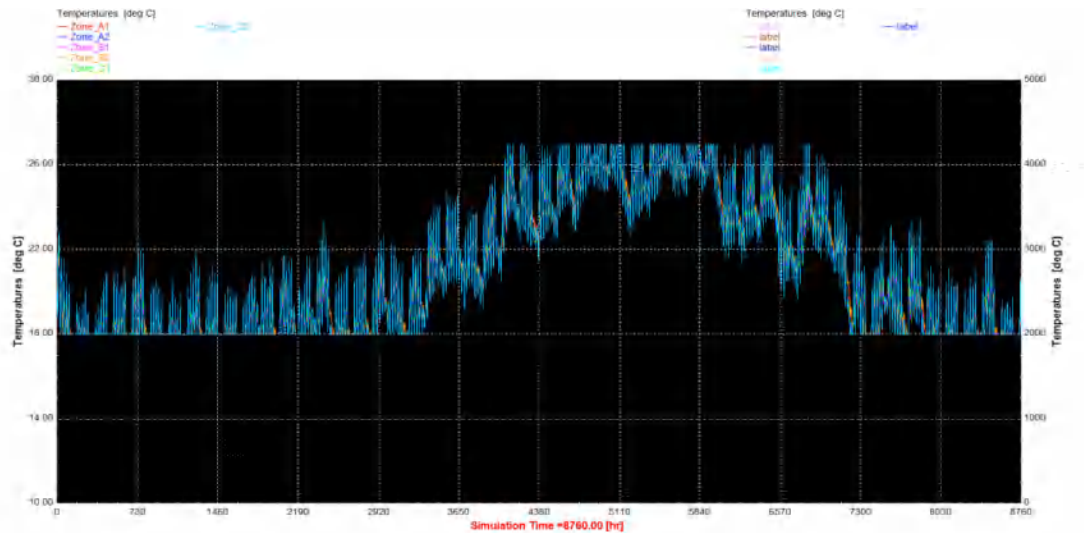


Figure 0-7 : Evolution annuelle de température a dar El-Beida

Les besoins énergétiques de la climatisation et de l'ordre de 22453(kWh/an), pour le chauffage et de 9824 (kWh/an), le besoin total annuel est de 32277 (kWh/an), avec une performance énergétique de l'ordre 320(kWh/m²an).

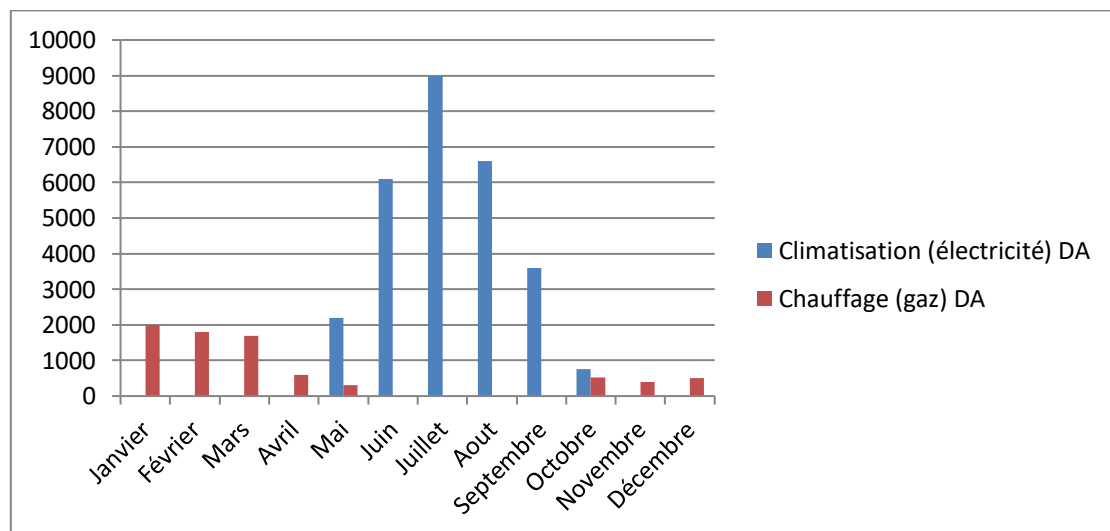


Figure 0-8 : Montant des factures énergétiques mensuelles (cas dar El-Beida) année 2023

Chapitre 5

5.6 Estimation des besoins énergétiques en chauffage et en climatisation

5.6.1 Les mesures de l'efficacité énergétique passives

L'efficacité énergétique passive se rapporte à l'enveloppe du bâtiment, la ventilation, l'éclairage, orientation, isolation thermique, inertie thermique, ventilation naturelle, Protection solaire, utilisation de la lumière naturelle, conception bioclimatique et toitures végétales.

Les solutions d'efficacité énergétique passive s'intègrent parfaitement dans une réflexion globale et s'avèrent faciles à déployer lors de travaux de construction ou de rénovation. Elles consistent à accroître les qualités intrinsèques d'un bâtiment afin d'optimiser l'utilisation des énergies qui lui sont fournies.

❖ *L'architecture*

L'efficacité énergétique passive de bâtiment passe par la structure- même, lors de travaux de construction ou de rénovation, plusieurs postes peuvent ainsi être totalement repensés pour améliorer le rendement énergétique de l'ensemble.

Il s'agit par exemple de l'**orientation du bâti**, qui détermine de façon directe la capacité du bâtiment à capter les sources lumineuses et à accumuler la chaleur. L'orientation Nord - Sud est à ce titre très efficace.

Une réflexion pourra également être portée sur les **matériaux de façades** utilisés. Très populaires, La brique présente pourtant des performances thermiques moins intéressantes que des matériaux plus modernes comme le béton cellulaire, la brique à alvéoles et même certains bois. Les chantiers d'efficacité énergétique passive les plus performants reposent aujourd'hui sur l'architecture bioclimatique, qui prend en compte la **forme et la nature de l'enveloppe du bâtiment**.

La toiture, les façades et les ouvrants constituent des postes majeurs de déperdition de chaleur. Il s'agira donc d'en soigner l'isolation. Manteau isolant, double vitrage, fenêtres pariéto-dynamiques, laine minérale.

❖ *Les équipements de chauffage et de climatisation*

Pour obtenir une bonne efficacité énergétique passive, l'architecture ne suffit pas. Il est essentiel de compléter votre stratégie par l'utilisation **d'équipements spécifiques**.

Une grande partie de l'énergie consommée dans le secteur bâtiment résulte de **chauffage**. Les systèmes à implémenter pour améliorer leur rendement sont nombreux : chaudière à condensation, pompe à chaleur, système solaire, chauffage biomasse,

Chapitre 5

chaudière à cogénération. Une réduction d'**environ 35 %** de la consommation peut être obtenue en utilisant pareils systèmes.

La **ventilation à double flux** est l'une des autres équipements indispensables à la bonne efficacité énergétique passive du bâtiment, elle réduit la facture tout en améliorant la qualité de l'air intérieur.

5.6.2 Simulation numérique

L'étude thermique est élaborée en utilisant un logiciel de simulation numérique « TRNSYS », le principe de la simulation est de diviser le bâtiment en plusieurs zones (simples murs, planchers et vitrage). Le logiciel permet de situer dans chaque cas, la consommation énergétique du bâtiment, le calcul se fait en déterminant les besoins énergétiques annuels pour le chauffage sur la période d'hiver pour une température intérieure de consigne et des besoins énergétiques annuels pour le refroidissement sur la période d'été pour une température intérieure de consigne[81], [84].

5.6.2.1 Impact de l'isolation thermique

Les technologies d'isolation thermique progressent beaucoup depuis des années, des matériaux nouveaux sont mis en œuvre pour améliorer les performances d'isolation, nous effectuons des simulations suivant le tableau 5-10, l'isolant utilisé est le polystyrène expansé avec différent épaisseur[85].

Tableau 0-10 : différentes variantes de simulation

Variante	Description	U (w/m ² .K)
1	Isolation de la toiture avec 6 cm de polystyrène Expansé 035	0.523
2	Isolation de la toiture et isolation externe des murs avec 6 cm de polystyrène expansé 035	0.324
3	Isolation de la toiture et isolation interne et externe des murs avec 8 cm de polystyrène expansé 035	0.287

5.6.2.2 Impacte de type de fenêtre

L'objet de simulation et de déterminer le type de fenêtre le moins énergivores, en a employer trois types de fenêtre indiquer dans le tableau 5-11.

Chapitre 5

Tableau 0-11 : Type de vitrage utilisé

caractéristique	Type de vitrage	U (w/m ² .K)	Dimension (m)	Facteur solaire
Fenêtre de base	Simple vitrage	6.32	0.8x1.00	0.85
	Double vitrage	3.24	0.8x1.00	0.75
	Triple vitrage	2.17	0.8x1.00	0.7
	Double vitrage Peu émissif	1.76	0.8x1.00	0.6

5.6.2.3 Impact de la compacité du bâtiment

Dans ce cas d'étude le bâtiment se compose de six zones, pour identifier la position idéale du bâtiment par rapport au besoin énergétique, on change les positions des zones comme il indique la figure (5-9), Et on simule à chaque fois les besoins énergétiques

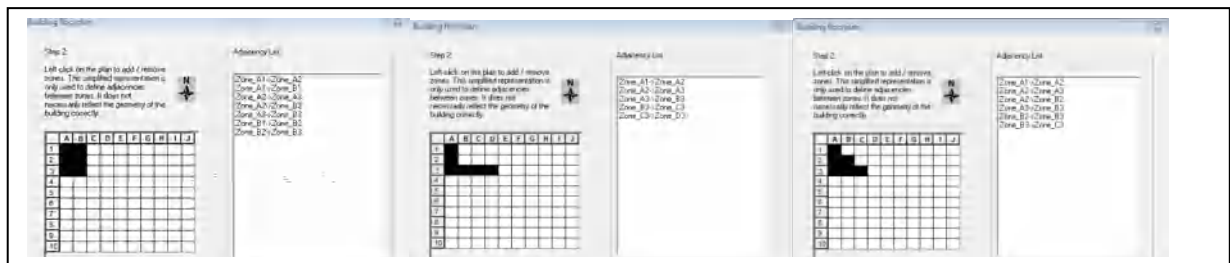


Figure 0-9 : Trois formes simulation de l'impact de compacité du bâtiment

5.6.2.4 Impact de l'orientation du bâtiment

L'orientation des bâtiments est définie par l'angle d'azimut, on propose quatre options d'orientation variant de :

1. Sud: L'azimut est de 0 degrés.
2. Ouest: L'azimut est de 90 degrés.
3. Nord: L'azimut est de 180 degrés.
4. Est: L'azimut est de 270 degrés

L'objectif de simulation est de trouver l'orientation optimale en termes de consommation énergétique de ce type de bâtiment.

5.6.2.5 Impact de changement de température extérieur et température de consigne

- Les températures de consigne de chauffage et climatisation
 - Pour chambre sont respectivement (21°C, 24 °C)
 - Pour cuisine et salle d'eau sont (18°C, 27 °C)

Pour la simulation on met les températures de consigne

- Pour chambre (22 °C ,25°C)
- Pour cuisine (19°C ,26°C)

Chapitre 5

- La température extérieure de base 3°C selon DTR 2016
Pour la simulation on suppose que la valeur est de 2 ° C

5.6.3 Résultats et discussion

Dans cette section nous arrivons à finaliser notre travail, nous présentons les résultats de simulations avec Trnsys, tous les résultats montreront l'impact majeur des mesures d'efficacité énergétiques passives sur la réduction de la consommation énergétique des bâtiments, en effet, ces mesures permettent la réduction des besoins de chauffage et de climatisation tout en apportant en même temps un bon confort pour les occupants.

5.6.3.1 Impact de l'isolation

La réduction de consommation énergétique du bâtiment passe obligatoirement par l'isolation thermique, l'isolation de toit permet une réduction de consommation énergétique de climatisation de 10% avec l'isolation de 6 cm de polystyrène Expandé 035, 10,78% isolation de la toiture et isolation externe des murs avec 6 cm de polystyrène expansé 035, 11,34 % avec isolation de la toiture et isolation externe des murs avec 6 cm de polystyrène expansé 035.

L'implantation du bâtiment ainsi que son enveloppe thermique influencent énormément la quantité d'énergie consommée, le bâtiment étudié est entouré de ses différents côtés par le milieu extérieur ce qui a accentué les transferts thermiques vers l'extérieur. L'isolation est parmi les mesures les plus efficaces en termes de réduction des déperditions thermiques. Cela est prouvé par les résultats présentés dans le tableau 5-12 où la valeur du besoin énergétique annuel a été considérablement diminuée passant progressivement de 130 KWh/m² avant l'isolation à 60KWh/m² avec un gain de 54 %. Le flux économisé dépend de la nature et l'épaisseur de l'isolant utilisé. Pour les murs extérieurs le choix d'une épaisseur de 6 cm de polystyrène expansé 035 est une solution pertinente, l'isolation de la toiture externe des murs avec 6 cm de polystyrène expansé 035 est la meilleure solution.

Chapitre 5

Tableau 0-12: Résultats de simulation isolation thermique

Besoins énergétiques sans isolation en kwh/m ²	130 kwh/m ²
Besoins énergétiques avec premier isolation en kwh/m ²	98 kwh/m ²
Besoins énergétiques avec deuxième isolation en kwh/m ²	75 kwh/m ²
Besoins énergétiques avec troisième isolation en kwh/m ²	60kwh/m ²

L'amélioration de l'isolation thermique des composantes de l'enveloppe peut réduire la perte ou le gain de chaleur du bâtiment, selon le type et l'épaisseur de matériaux utilisé, en outre les résultats de l'impact d'isolation présenté dans la figure 5-6

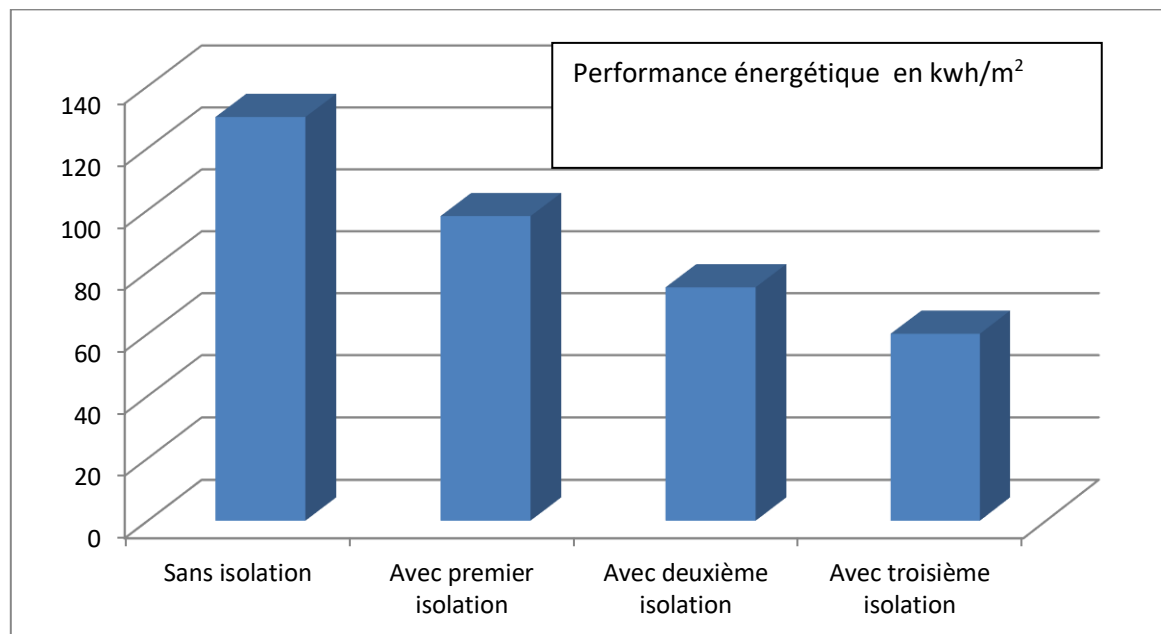


Figure 0-10 : Performance énergétique selon les variantes de simulation

5.6.3.2 Impact de type des fenêtres

5.6.3.2.1 Besoin énergétique par types des fenêtrées

Le tableau 5-12 illustre les besoins énergétiques du bâtiment selon le type de fenêtre utilisé, en remarque que la qualité du vitrage influe sur le besoin énergétique total du bâtiment ; en effet l'utilisation de fenêtres double vitrage peu émissif ont apporté un gain énergétique de 5,67%, par contre l'utilisation d'une fenêtre triple vitrage a apporté 4,90 %.

Tableau 0-13 : Besoin énergétique en fonction de type de fenêtre

Chapitre 5

Besoin énergétique	Simple vitrage	Double vitrage	Triple vitrage	Double vitrage Peu émissif
Climatisation (kwh)	14175	14112	13975	13950
Chauffage (kwh)	11625	10557	10230	10018
Besoin total (kwh)	25600	24732	24342	23968
Performance énergétique(kwh/m ²)	256	247	243	239

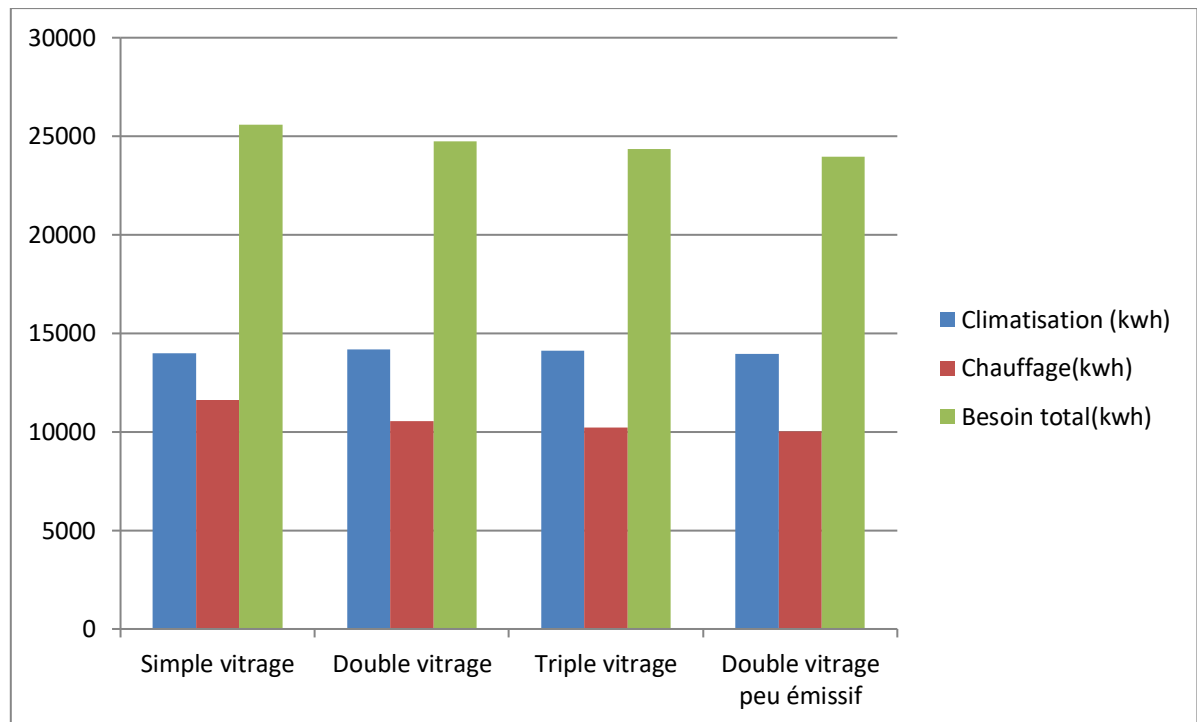


Figure 0-11 : Besoin énergétique du bâtiment en fonction des types des fenêtres

5.6.3.3 Impact des surface vitrées

Les résultats du besoin énergétique annuel en chauffage et climatisation en fonction du pourcentage des surfaces vitrées du bâtiment sont représentés dans les tableaux et figures ci-dessous

Chapitre 5

✓ Simple vitrage

Tableau 0-14 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade Est)

Besoin énergétique (kwh)	0%	20%	40%	60%	80%
Climatisation	13746	14313	14842	15321	15750
Chauffage	11401	11901	12484	12987	13746
Besoin total	25147	26214	27326	28308	29496
Performance énergétique	251	262	273	283	294

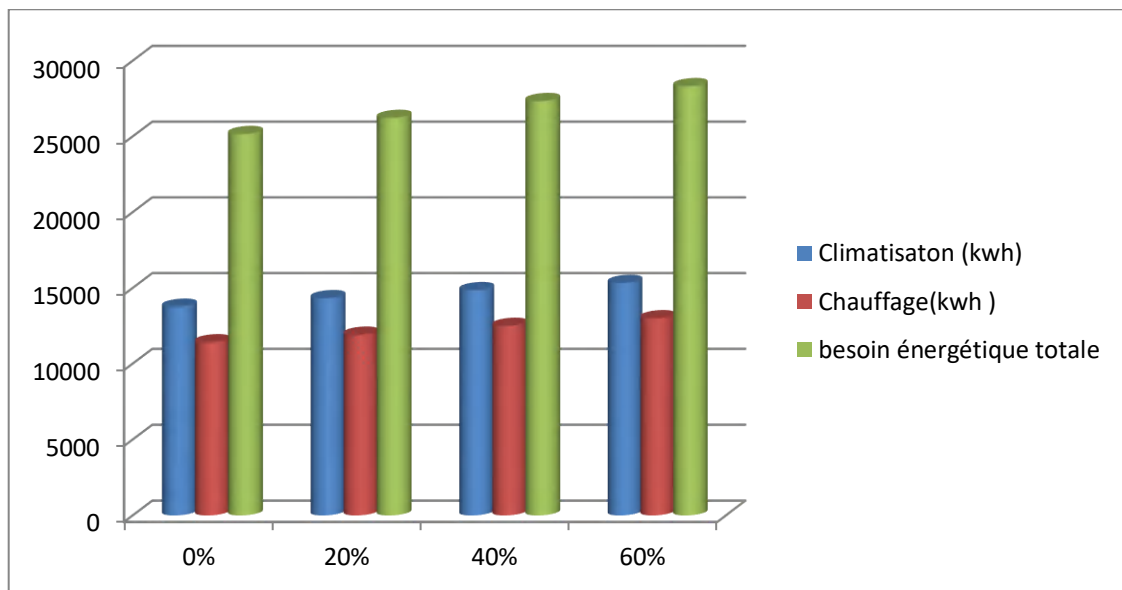


Figure 0-12 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade Est)

Tableau 0-15 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade NORD)

Besoin énergétique (kwh)	0%	20%	40%	60%	80%
Climatisation	13834	14074	14288	14464	14616
Chauffage	11210	12133	13091	14086	15107
Besoin total	25044	26207	27379	28550	29723
Performance énergétique	250	262	273	285	297

Chapitre 5

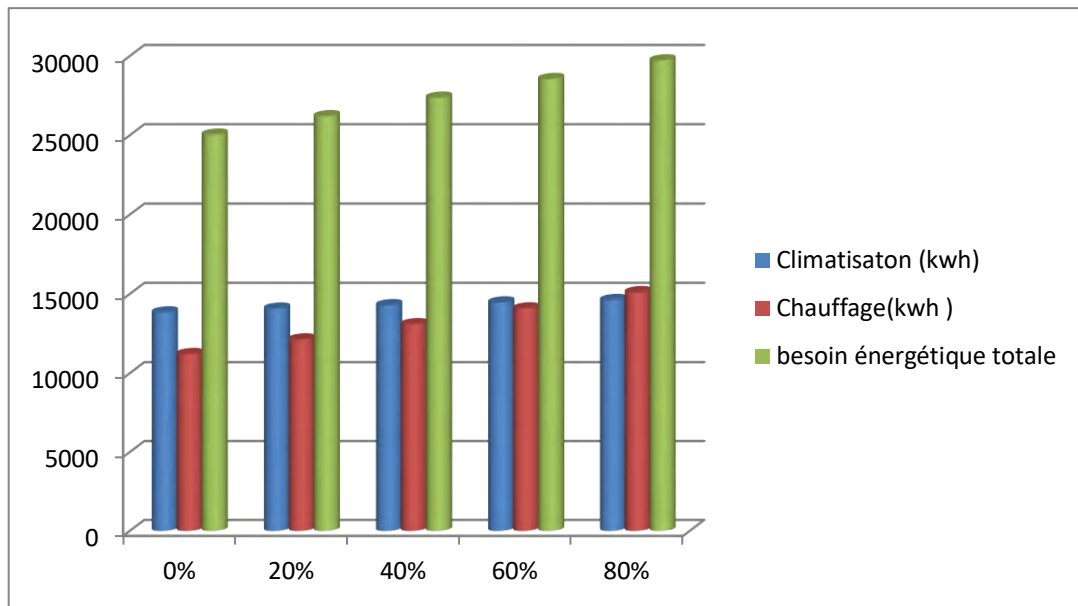


Figure 0-13 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade NORD)

Tableau 0-16 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade ouest)

Besoin énergétique (kwh)	0%	20%	40%	60%	80%
Chauffage	11326	12060	12839	13645	14477
Climatisation	13658	14478	15220	15888	16480
Besoin total	24984	26538	28059	29533	30957
Performance énergétique	249	265	280	295	308

Chapitre 5

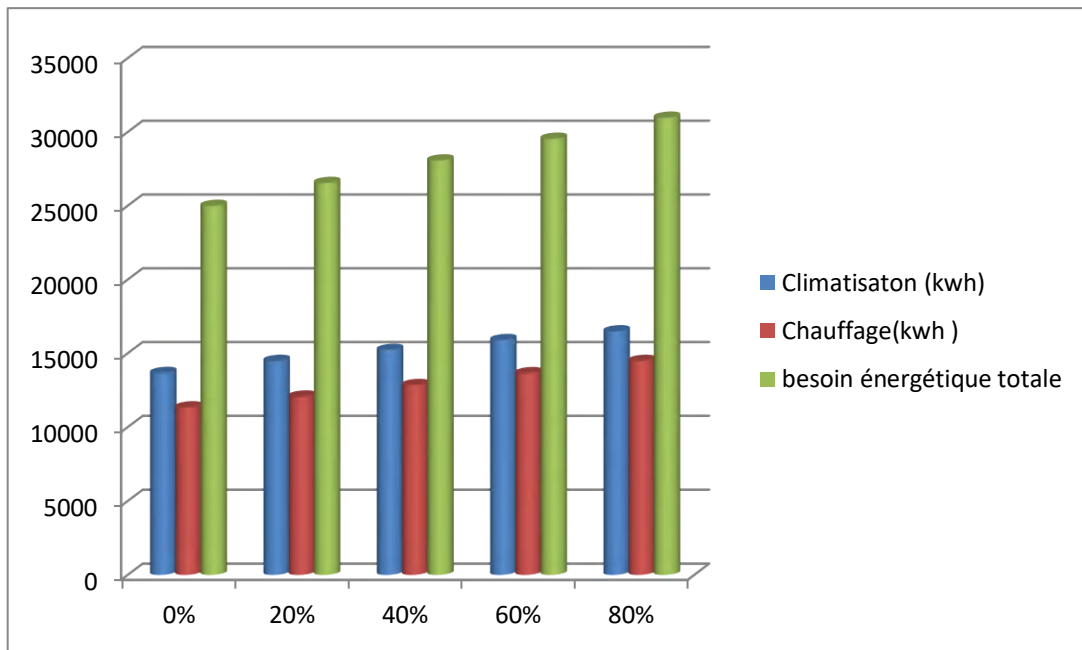


Figure 0-14 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade ouest)

Tableau 0-17 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade sud)

Besoin énergétique (kwh)	0%	20%	40%	60%	80%
Chauffage	11391	11894	12521	13242	14023
Climatisation	13608	14427	15246	16014	16745
Besoin total	24999	26321	27767	29256	30768
Performance énergétique	245	263	277	292	309

Chapitre 5

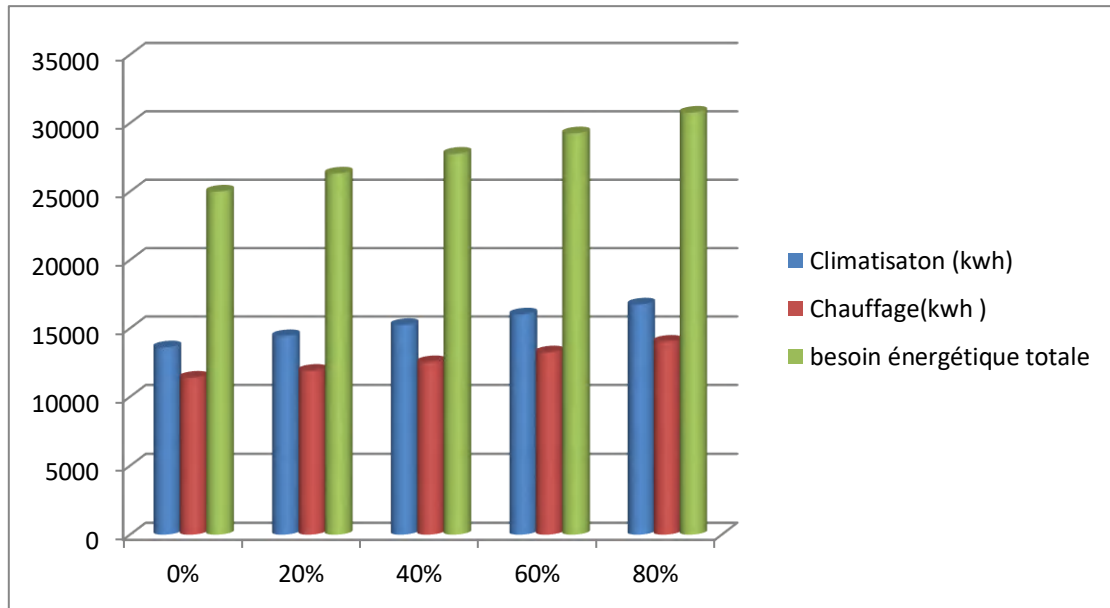


Figure 0-15 : Besoin énergétique annuel (simple vitrage, façade sud)

On remarque que l'utilisation d'un simple vitrage, n'a pas donné un gain important énergétique pour toutes les façades y compris celle du Sud

✓ Double vitrage

Tableau 0-18 : Besoin énergétique de chauffage

Pourcentage de vitrage \ Façades	0%	20%	40%	60%	80%
Nord	13860	13882	15124	15134	15901
Est	13866	13895	13945	15145	15976
Ouest	13882	13928	13973	15296	16410
Sud	13868	14002	15125	16191	17660

Chapitre 5

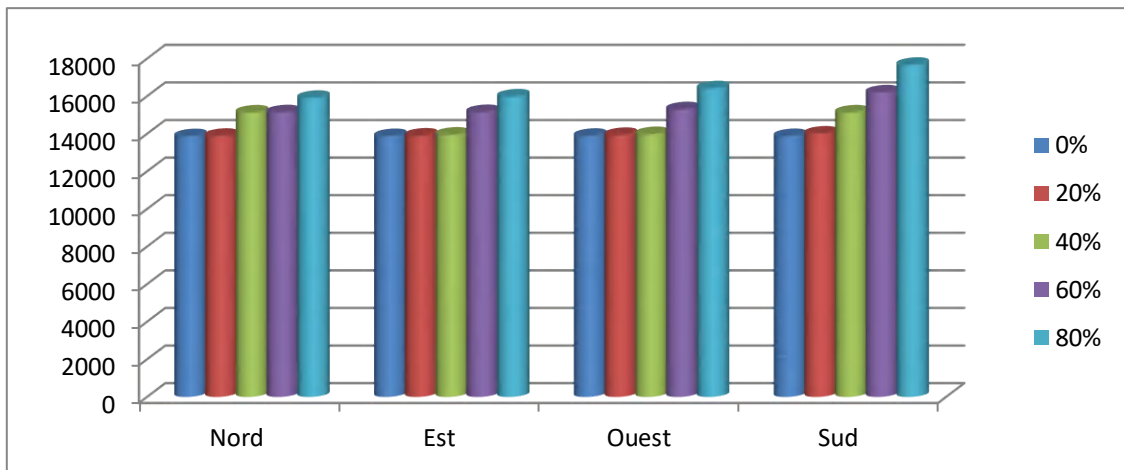


Figure 0-16 : Besoin énergétique de chauffage (N, E, O, S) type double vitrage

Tableau 0-19 : Besoin énergétique de climatisation

Pourcentage de vitrage	0%	20%	40%	60%	80%
Façades					
Nord	24082	24255	24969	25585	25957
Est	24074	24318	25055	25671	26215
Ouest	24053	24353	25328	25712	26339
Sud	24071	24696	25457	25842	26712

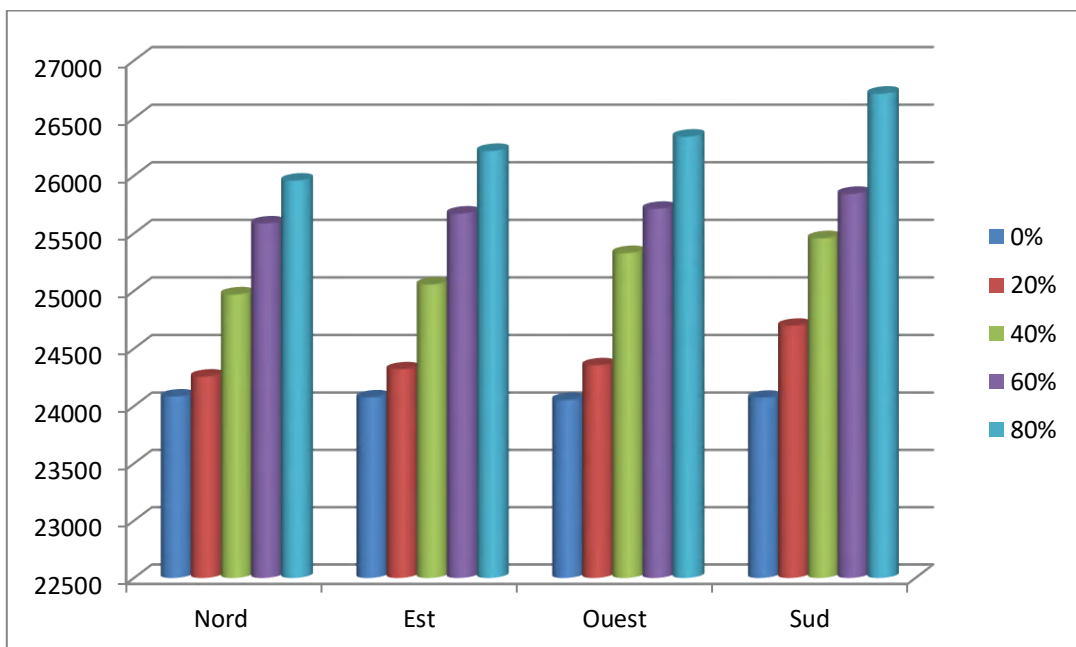


Figure 0-17: Besoin énergétique de climatisation (N, E, O, S) type double vitrage

Chapitre 5

Pour les fenêtres doubles vitrages, on remarque qu'il faut absolument éviter de les disposer sur la façade Sud sous peine de voir ses besoins énergétiques explosés simultanément avec l'accroissement de la surface vitrée.

✓ Triple vitrage

Tableau 0-20 : Besoin énergétique de chauffage

Pourcentage de vitrage Façades	0%	20%	40%	60%	80%
Nord	10206	9954	9830	9676	9588
Est	10213	9838	9577	9334	9208
Ouest	10095	9714	9705	9453	9251
Sud	10231	9581	9450	9327	8845

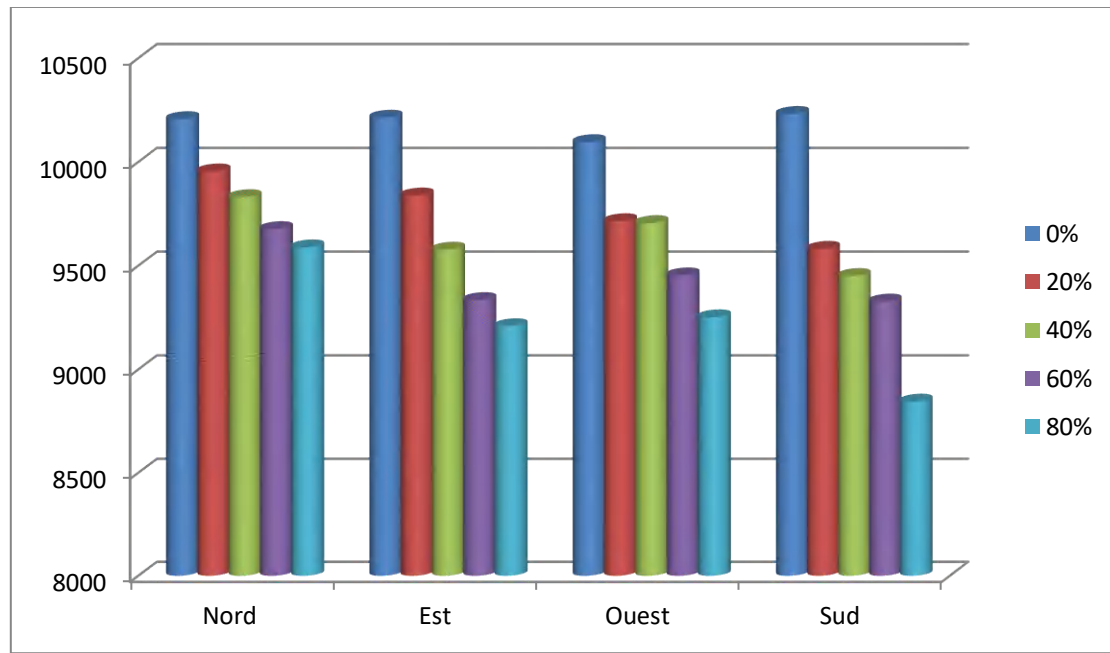


Figure 0-18: Besoin énergétique de chauffage (N, E, O, S) typetriples vitrage

Tableau 0-21 : Besoin énergétique de climatisation

Pourcentage de vitrage Façades	0%	20%	40%	60%	80%
Nord	23950	24066	24575	24580	24847
Est	24028	24116	24699	24702	25376
Ouest	23990	24192	24948	25251	25830
Sud	24003	24154	24746	24960	25930

Chapitre 5

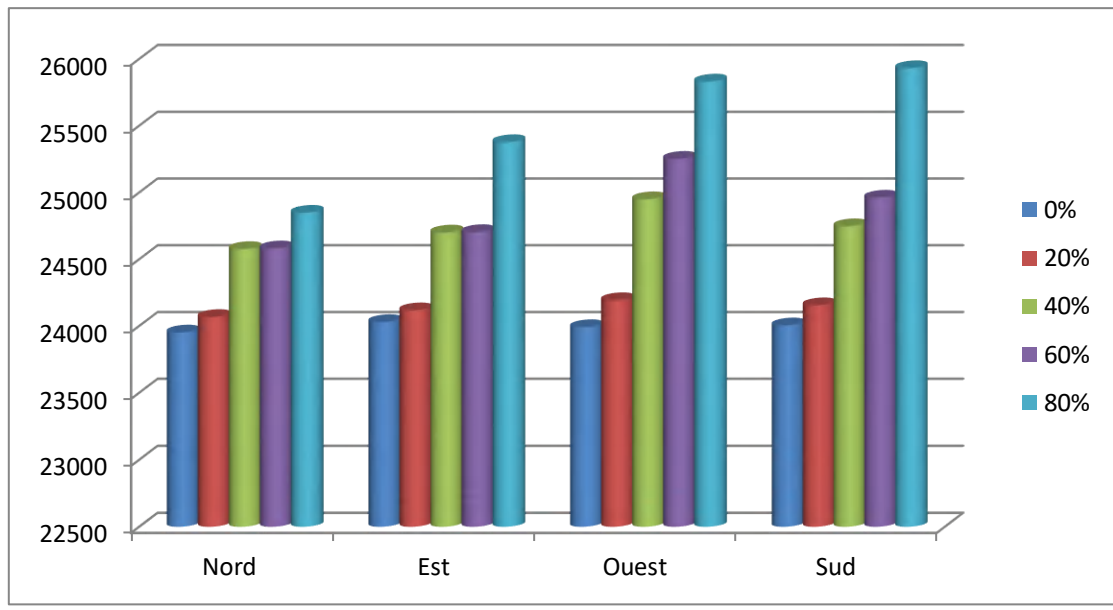


Figure 0-19: Besoin énergétique de climatisation triple vitrage (N, E, O, S)

✓ Double vitrage peu émissif

Tableau 0-22: Besoin énergétique de chauffage

Pourcentage de vitrage	0%	20%	40%	60%	80%
Façades					
Nord	10214	10029	9781	9727	9586
Est	10231	9941	9475	9362	9455
Ouest	10240	9878	9500	9387	9203
Sud	10217	9765	9450	9324	9072

Chapitre 5

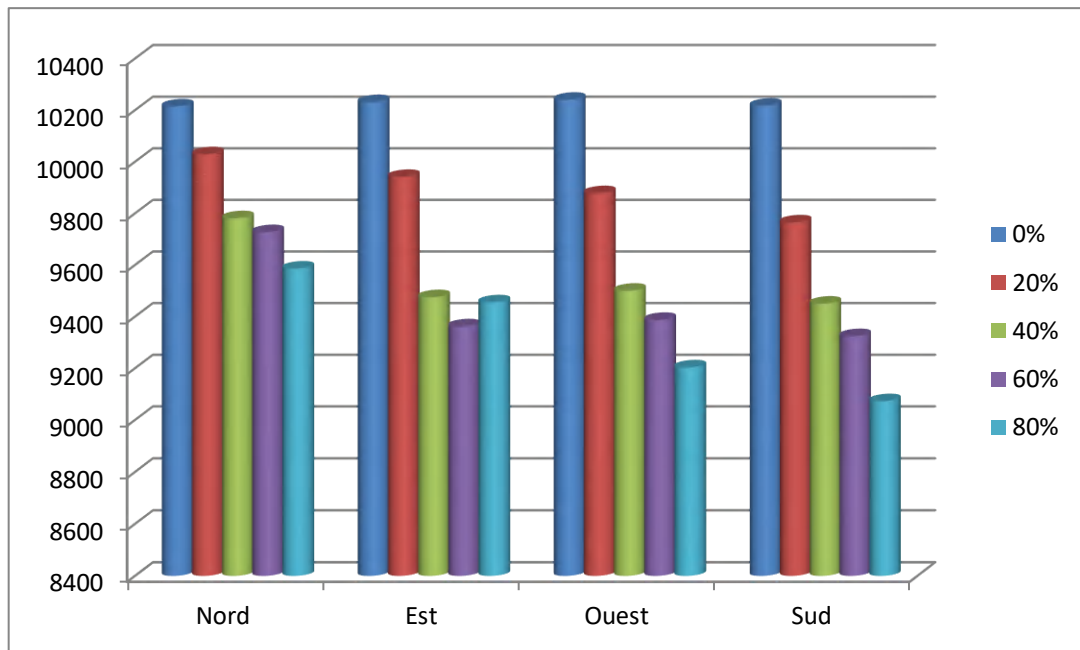


Figure 0-20: Besoin énergétique de chauffage (N, E, O, S) fenêtre peu émissif

Tableau 0-23: Besoin énergétique de climatisation (N, E, O, S) fenêtre peu émissif

Pourcentage de vitrage	0%	20%	40%	60%	80%
Façades					
Nord	10214	10029	9781	9727	9586
Est	10231	9941	9475	9362	9455
Ouest	10240	9878	9500	9387	9203
Sud	10217	9765	9450	9324	9072

Chapitre 5

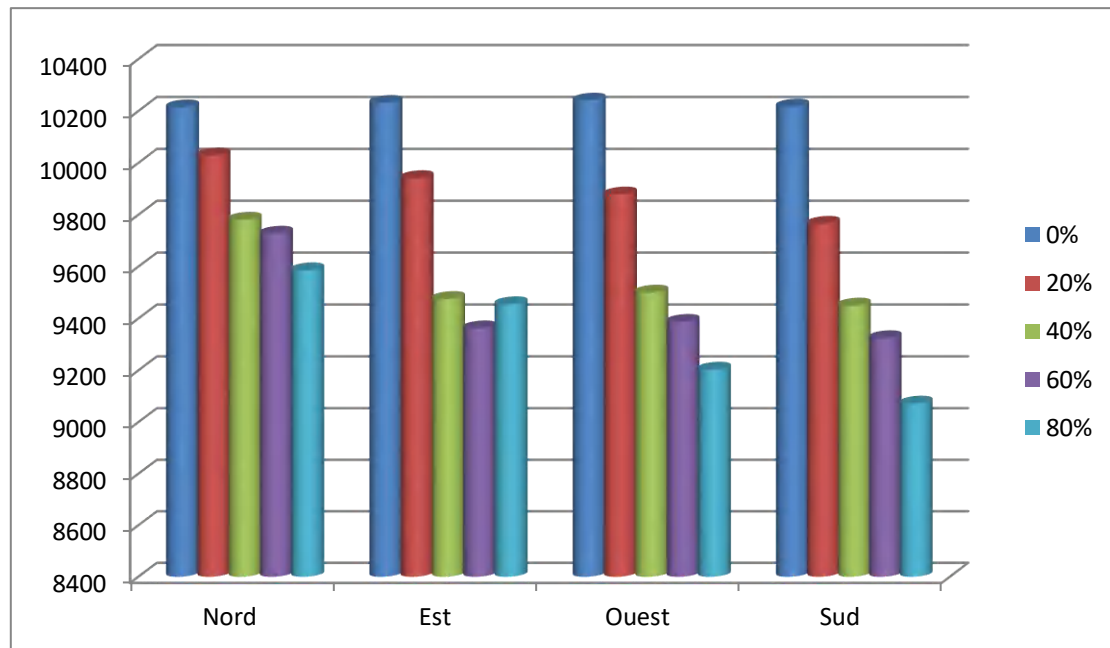


Figure 0-21 : Besoin énergétique de climatisation (N, E, O, S) fenêtre peu émissif

Pour le double vitrage peu émissif, on note un gain en chauffage de 23% pour la façade Sud, pour les trois autres façades, le gain a été de 1% au moyenne, cependant la fenêtre double vitrage peu émissif sera retenue comme le cas optimale pour notre bâtiment.

Le choix de la meilleure façade pour installer des fenêtres double vitrage dépend de plusieurs facteurs, notamment l'emplacement géographique du bâtiment, l'orientation, le climat local et les objectifs spécifiques d'efficacité énergétique

Façade Nord :

Avantages : Moins d'exposition directe au soleil, ce qui peut réduire les surchauffes en été.

Inconvénients : Moins d'ensoleillement direct en hiver.

Façade Sud :

Avantages : Bénéfice d'un ensoleillement direct en hiver, réduisant les besoins de chauffage.

Inconvénients : Risque de surchauffe en été, nécessitant une gestion appropriée avec des dispositifs de protection solaire.

Façades Est et Ouest :

Avantages : Exposition modérée au soleil.

Inconvénients : Gains et pertes de chaleur modérés.

Combinaison de Façades :

Chapitre 5

5.6.3.4 Impact de compacité

Les positions des zones comme il indique la figure (5-9)

Le tableau ci-dessus expose les résultats obtenus à partir des simulations réalisées

Tableau 0-24 : Résultats de simulation de compacité du bâtiment

Besoin énergétique	Forme 1	Forme 2	Forme 3
Climatisation (kwh)	11012	11067	12046
Chauffage (kwh)	8023	10023	11089
Besoin total (kwh)	19035	21090	23135
Performance énergétique	189	209	229

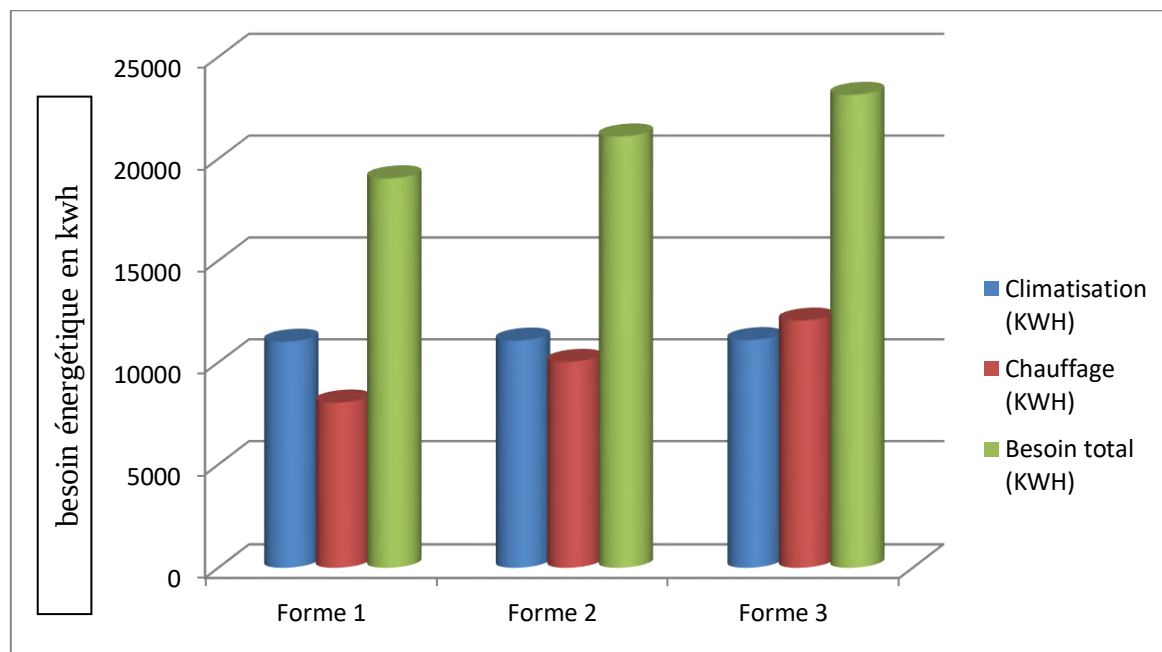


Figure 0-22: Besoin énergétique annuel avec trois formes de compacité

Chapitre 5

Plus un bâtiment est compact, plus il est facile d'atteindre des performances énergétiques élevées. La figure 5-8 montre clairement que la forme 3 est la plus efficace énergétiquement dans notre cas.

Les parois extérieures ont un coût économique et écologique important. Réduire leur surface permet de diminuer les déperditions, le coût et l'impact des bâtiments sur l'environnement.

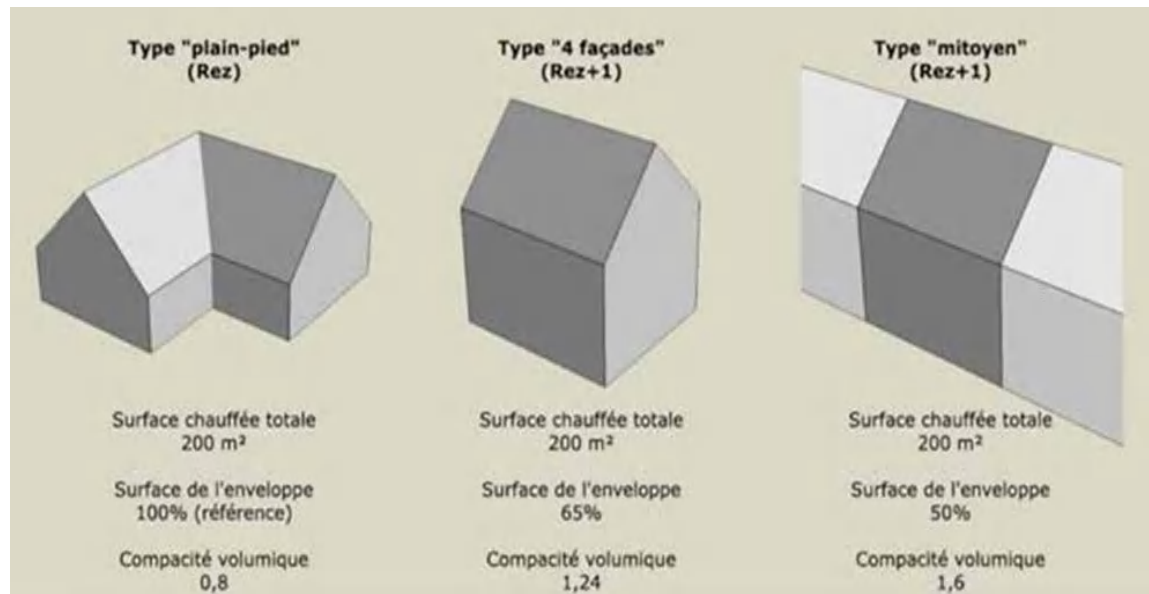


Figure 0-23 : Impact de la compacité du bâtiment

5.6.3.5 Impact de l'orientation

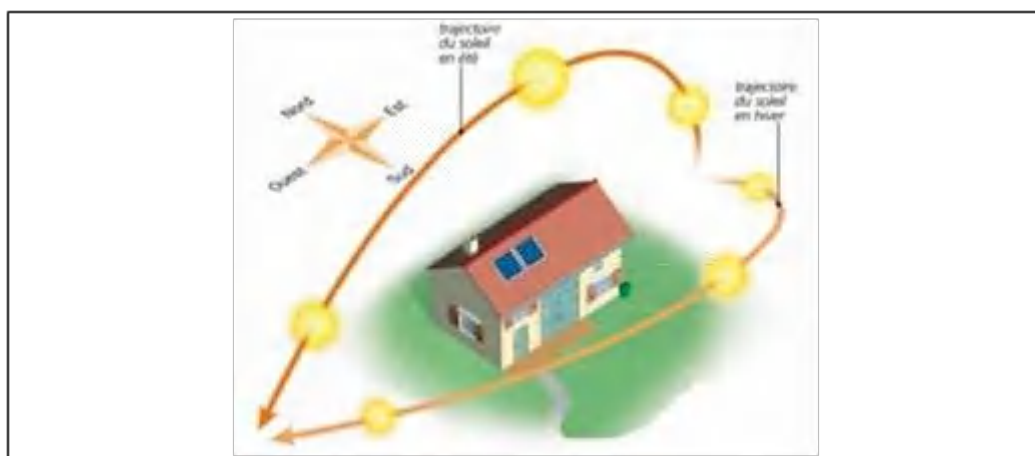


Figure 0-24 : Impact de l'orientation du bâtiment

Chapitre 5



Figure 0-25 : Position du soleil dans le ciel

En complément, l'éclairement solaire dépend de la position du soleil dans le ciel (altitude et azimuth). Cette position varie tout au long de l'année et de la journée (voir Figure 5-11). Il dépend aussi de la latitude.

Les résultats ont montré que le besoin énergétique de chauffage annuel minimal est dans la façade sud avec une valeur de 3245 KWh /m², la demande annuelle minimale en climatisation se trouve dans la façade nord avec une valeur de 23445 KWh /m²,

L'orientation sud est exposée aux rayons solaires durant la période hivernale comme montre la figure (5-22)

Le bâtiment étudié présente une façade principale Nord, Pour mettre en évidence l'effet de l'orientation du vitrage, les besoins thermiques en hiver et en été ont été calculés, les résultats trouvés ont été comparés par rapport à une orientation Sud, Ouest et Est. Les baies vitrées sont considérées uniquement sur la façade étudiée en gardant une surface constante pour les différents murs extérieurs, le vitrage utilisé est simple d'épaisseur 6 mm, La figure (5-22) montre les besoins énergétiques en hiver des quatre directions. On remarque que le Sud représente la direction la plus performante énergétiquement puisqu'il présente le moins de besoins. En le comparant à la direction Nord on constate une augmentation importante des besoins qui passent progressivement de 32 KWh/ m² à 34 KWh/ m². Cette constatation s'explique par le fait que la paroi exposée direction Sud offre un meilleur ensoleillement en hiver du fait qu'elle est éclairée naturellement pendant les heures les plus intéressantes de la journée. La direction Nord ne reçoit pratiquement pas des apports solaires utiles en saison froide c'est une paroi froide

Chapitre 5

causant souvent une sensation d'inconfort thermique qui peut être accentué par l'apparition d'humidité et de moisissures[86].

Orientation Nord en hiver : En hiver, l'hémisphère nord est incliné loin du soleil, et la trajectoire du soleil est plus basse dans le ciel. Par conséquent, une orientation nord peut permettre un gain solaire accru en hiver, car le côté nord d'un bâtiment est généralement à l'abri de l'ombre.

Orientation Nord en été : En été, lorsque le soleil est plus haut dans le ciel, l'orientation nord d'un bâtiment est généralement à l'abri du soleil direct, ce qui peut aider à réduire la surchauffe du bâtiment.

Orientation Sud en hiver : Une orientation sud peut également être bénéfique en hiver, car elle peut permettre une exposition maximale au soleil bas dans le ciel, entraînant un gain solaire accru et contribuant à chauffer le bâtiment.

Orientation Sud en été : Cependant, en été, l'orientation sud peut entraîner un gain de chaleur, car le soleil a une trajectoire plus directe et peut pénétrer plus profondément dans les espaces intérieurs.

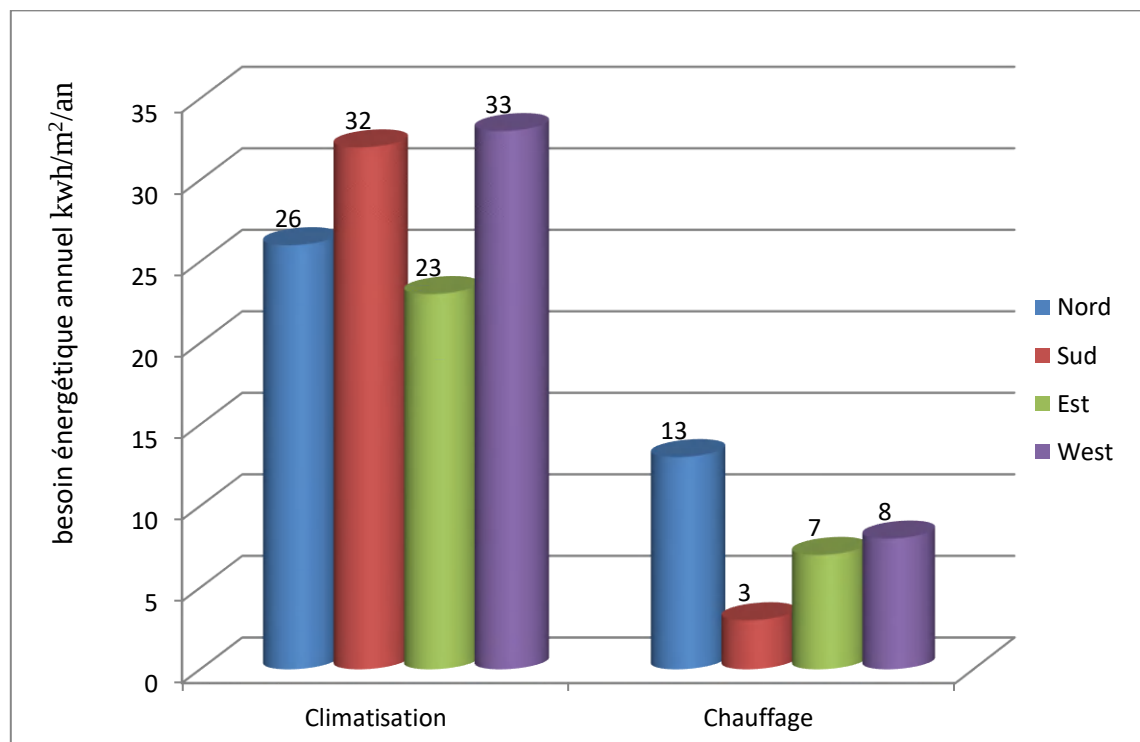


Figure 0-26 : Besoin énergétique de climatisation et chauffage en fonction d'orientation

Chapitre 5

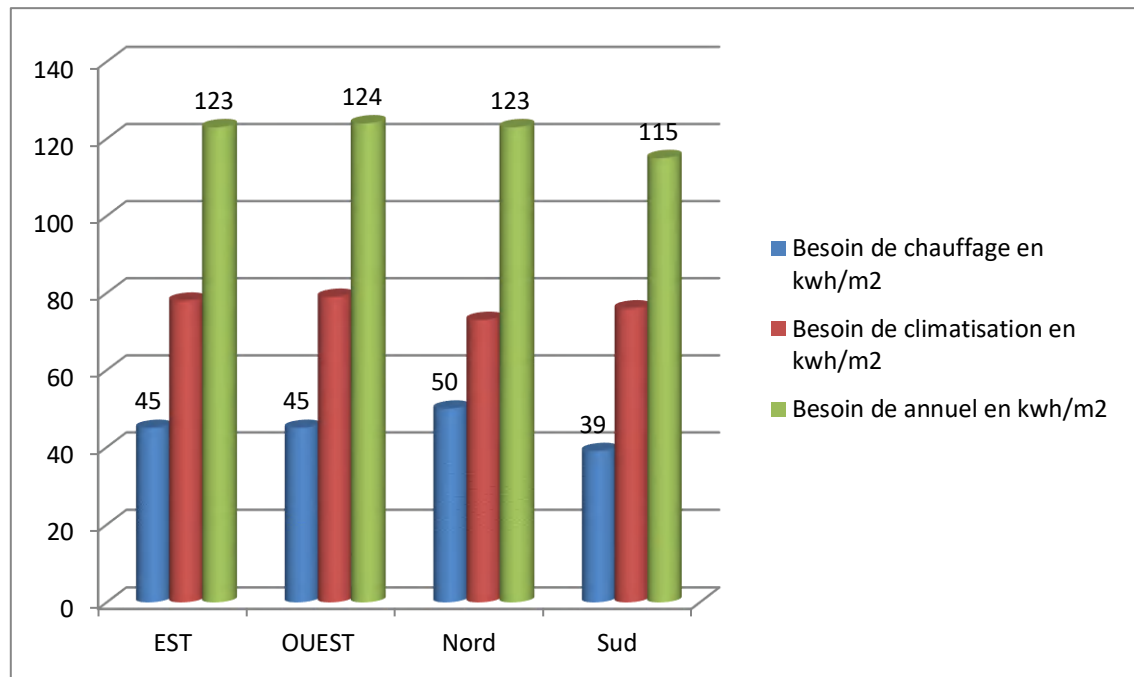


Figure 0-27 : Besoin énergétique total selon orientation

5.6.3.6 Résultats de simulation pour changement de température extérieur et température de consigne

Le tableau 5-25 illustre bien qu'une diminution de 1°C de la température de consigne permet de réduire de 5 à 10 % de la consommation énergétique

Tableau 0-25 : Résultat de simulation pour changement des températures de consigne

Température de consigne	18°C	19°C	21°C	22°C
Puissance de chauffage (w)	7778	8296	9334	9854

Le tableau 5-26 illustre l'impact direct de la température extérieur sur la consommation énergétique

Tableau 0-26: Résultat de simulation pour changement des températures extérieur de base

Température de consigne	18°C	
Température extérieur	3°C	2°C
Puissance de chauffage (w)	7778	8294

Chapitre 5

5.6.4 Validation des résultats de la simulation

La validation des simulations est un processus visant à s'assurer qu'une simulation représente le monde réel.

Pour valider la présente simulation, un choix de publications scientifique a été retenu

[87]A l'aide de logiciel TRNSYS ont effectué des simulations numériques d'un bâtiment avec des données métrologiques relatives à la ville de Constantine, selon eux l'introduction des mesures de l'efficacité énergétique passives(l'isolation thermique de l'enveloppe, la compacité du bâtiment , la répartition des pièces à l'intérieur, les types des fenêtres , les surfaces vitrées ,les types de matériaux de construction, la protection solaire permanente) ont un rôle fondamentale pour la réduction de consommation énergétique du bâtiment.[88]

[89]Les résultats de simulation donnent un aperçu de l'interaction entre les différents paramètres de l'enveloppe du bâtiment dans les climats chauds et secs, ainsi que des indications pour explorer différentes combinaisons et choix possibles en vue d'optimiser la conception de la façade et choisir les caractéristiques de la surface transparente les plus appropriées pour le contexte climatique considéré.

[90]à travers une simulation numérique du bilan énergétique d'un prototype de bâtiment résidentiel de type collectif dans un climat méditerranéen à la ville de Constantine, et ce, à l'aide du logiciel TRNSYS. Les résultats d'étude ont montré que le renforcement de l'inertie thermique, en l'occurrence, grâce à l'usage de la brique de terre cuite et du liège, a permis une réduction notable des besoins énergétiques ; permettant ainsi de consommer 84% d'énergie en moins qu'un logement conventionnel contre un surcoût d'investissement de seulement 2 % compensé par une réduction conséquente des dépenses de fonctionnement.

[91] ,à l'aide de la simulation thermique (TRNSYS©), ils sont proposés des solutions passives, pour améliorer la performance énergétique des logements. Les résultats de simulation montrent une évaluation remarquable des indices de la performance énergétique. Ils ont proposés une certification énergétique, comme une stratégie durable adaptée pour la région aride et semi-aride.

[92],a montré que l'enveloppe du bâtiment est la principale source de perte d'énergie et donc la solution proposée est l'utilisation d'un matériau isolant d'une épaisseur de 5 cm sur les murs extérieurs. On note, selon les résultats obtenus, les avantages potentiels de

Chapitre 5

la rénovation avec une diminution de la consommation globale d'énergie d'au moins 13% et une réduction des coûts de 401 DA/m²/an.

5.6.5 Résumé des solutions énergétique passives dans le secteur bâtiments

Les principales solutions consistent à :

- ✓ Capter et se protéger de la chaleur:
 - Maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud, protégées du soleil estival par des casquettes horizontales ;
 - Minimisation des surfaces vitrées orientées au Nord. En effet, les apports solaires sont très faibles et un vitrage est plus déperditif qu'une paroi isolée ; des surfaces vitrées raisonnées et réfléchies pour les orientations Est et Ouest afin de se protéger des surchauffes estivales. En Particulier, les chambres orientées à l'Ouest devront impérativement être protégées du soleil du soir.
- ✓ Transformer, diffuser la chaleur : Les teintes les plus aptes à convertir la lumière en chaleur et l'absorber sont sombres (idéalement noires) et celles plus aptes à réfléchir la lumière en chaleur sont claires (idéalement blanches).
- ✓ Conserver la chaleur ou la fraîcheur : De manière générale, l'énergie est stockée dans les matériaux de construction située à l'intérieur de l'isolation de l'enveloppe ; afin de maximiser l'inertie, on privilégiera l'isolation par l'extérieur.
- ✓ Favoriser l'éclairage naturel.

Conclusion

À travers des simulations approfondies réalisées sur un bâtiment en Algérie à l'aide du logiciel TRNSYS, cette étude démontre de manière convaincante que la conformité aux normes thermiques de 2016 ne suffit pas à garantir une efficacité maximale. Les simulations révèlent que la réglementation thermique actuelle en Algérie ne parvient pas à fournir un cadre suffisamment robuste pour atteindre les aspirations énergétiques du gouvernement.

En mettant en œuvre diverses mesures passives telles que l'isolation thermique, le choix des matériaux, l'orientation, la compacité, la protection solaire, la ventilation naturelle, et le type de fenêtres utilisées, il a été prouvé que ces ajustements sont cruciaux pour optimiser les performances énergétiques des bâtiments. Ces résultats, révélateurs de l'importance des mesures complémentaires, suggèrent des perspectives prometteuses pour une future réglementation thermique des bâtiments en Algérie, offrant ainsi des bases concrètes pour des normes plus avancées et durables.

Ces conclusions revêtent une importance particulière dans le contexte de l'élaboration de futures réglementations thermiques pour les bâtiments en Algérie. En mettant en lumière l'efficacité accrue résultant de mesures passives supplémentaires, Malgré les progrès de la réglementation thermique en 2016, nos conclusions soulignent la nécessité d'une réévaluation approfondie afin d'assurer une cohérence entre les normes édictées et les ambitions gouvernementales en matière d'efficacité énergétique. Cette recherche propose des bases solides pour guider les révisions futures des normes, ouvrant la voie à des réglementations plus avancées et écologiquement durables.

Conclusion générale

Bien que l'efficacité énergétique présente des avantages évidents et un potentiel d'amélioration significatif, les progrès à ce jour ne sont pas à la hauteur des attentes. Aussi est-il important d'identifier les facteurs responsables de la lenteur des progrès. Le premier objectif de cette étude est d'examiner les dernières tendances d'efficacité énergétique en Algérie à travers l'étude comparative de différents politiques.

Au cours des trois dernières décennies, la plupart des pays ont réduit de façon significative leur utilisation totale d'énergie. La diminution de l'intensité énergétique s'explique en grande partie par une efficacité énergétique accrue dans les principaux secteurs, bâtiment, transport, les gouvernements ont mis en œuvre un large éventail de politiques et programmes, tels que les normes d'efficacité énergétique, les États-Unis, la Chine et Canada ont doté d'un arsenal législatif (directives) destiné à promouvoir l'efficacité énergétique (EPBD, Eco-conception, Eco-étiquetage, directive relative à l'efficacité énergétique, réglementation).

En Algérie le programme d'efficacité énergétique adopté par le gouvernement en février 2011, révisée en mai 2015 et placé au rang de priorité nationale en février 2016, ce programme vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes, autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles. Des mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des logements, malheureusement ce programme n'a pas atteint ces objectifs, pour répondre à ce contexte, dans cette thèse, nous avons réalisé une analyse, évalué les résultats, et formulé des recommandations.

L'Algérie est en train de renforcer les réglementations relatives à la performance énergétique des bâtiments. Cela se traduit par l'instauration de la réglementation thermique 2016, en outre, la construction des nouveaux bâtiments doivent respecter les exigences de cette réglementation, jusqu'à présent, cependant, il n'y a pas encore de texte juridique qui impose la mise en œuvre, il serait souhaitable d'améliorer le contenu de prochaine réglementation et suivi leur application à travers l'évaluation continue, afin d'assurer l'efficacité et la conformité de cette réglementation, le législateur doit mettre en place un certain nombre de contrôles et de sanctions, les réglementations constituent un puissant outil de promotion de l'efficacité énergétique, mais leur impact dépend d'une mise en œuvre efficace et d'une stricte conformité. Il est nécessaire d'évaluer l'efficacité des politiques et programmes pendant et après la mise en œuvre. En effet, tout manquement

aux réglementations a des répercussions négatives considérables sur les économies d'énergies réelles, concernant l'étude comparative de la réglementation thermique en Algérie et autres pays de monde a permis de conclure qu'il faut avoir une mise à jour de cette réglementation adapté à la spécification de notre pays.

Au terme de cette recherche, nous avons montré que la réglementation actuelle est insuffisante, pour ce faire, un travail important de révision devra être réalisé pour doter le secteur bâtiment Algérien d'une nouvelle réglementation plus rentable.

Concernant le travail de simulation nous avons identifiés les meilleures pratiques de mesures d'efficacité énergétique passive, nous avons ainsi simulé un bâtiment de référence qui est conforme à la réglementation thermique 2016 dans le but de trouver les points d'améliorations, les résultats de cette simulation nous a montré qu'il est possible d'adapter certains mesures pour remplacer les mesures existents, selon les résultats obtenus dans cette étude lors de révision de la nouvelle réglementation thermique des bâtiments, il faut prendre les recommandations suivantes :(l'orientation de l'enveloppe, les paramètres de vitrages et l'isolation thermique).

La simulation montre la nécessité a imposé les solutions de performance énergétique passive pour les bâtiments, afin de pouvoir maîtriser la consommation énergétique.

Dans cette recherche, on n'a pas étudié tout le paramètre agissant sur l'efficacité énergétique des bâtiments, vu la complexité du thème, nous avons étudiés les paramètres passive, les perspectives de cette recherche incluent l'étude approfondie de l'impact des systèmes actifs sur la consommation énergétique, visant à établir des méthodes d'optimisation énergétique innovantes et durables.

Références bibliographiques

- [1] M. MEKIDECHE, « Sécurité et transition énergétiques en Algérie: quel contenu et quelles conditions de faisabilité d'un mix énergétique à l'horizon 2035? ».
- [2] S. RAHMOUNI, « Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique. Doctorat thesis,(2020) Université de Batna 2. », 2020.
- [3] M. Badeche et A. Maancer, « L'impact de l'enveloppe sur Le Confort Thermique », 2023.
- [4] B. Peuportier, *Energétique des bâtiments et simulation thermique*. Eyrolles, 2016.
- [5] R. MERHEB, L. MORA, et E. PALOMO, « Des méthodes ensemblistes pour le diagnostic des performances énergétiques des bâtiments ».
- [6] P. Maes, « Labels d'efficacité énergétique », *France, Bâtiment*, vol. 2030, 2010.
- [7] « <https://www.maisonsur.com/blog/2020/11/25/comprendre-la-classe-energetique-de-sa-maison/> ».
- [8] M. Grossouvre, J. Villot, et D. Rulrière, « Prédire la performance énergétique des bâtiments », 2023.
- [9] R. de Yonnelaure, « Ecoconstruction Ecoquartiers en France: Faire pousser des isolants thermiques: un panorama des matériaux disponibles en France–Yonne Lautre », 2023.
- [10] B. Moujalled et A. Mélois, « VIP 45.6: Trends in building and ductwork airtightness in France », 2023.
- [11] J. Li, C. Jimenez-Bescos, J. K. Calautit, et J. Yao, « Evaluating the energy-saving potential of earth-air heat exchanger (EAHX) for Passivhaus standard buildings in different climates in China », *Energy and Buildings*, vol. 288, p. 113005, 2023.
- [12] M. Filippini et A. Obrist, « Are households living in green certified buildings consuming less energy? Evidence from Switzerland », *Energy Policy*, vol. 161, p. 112724, 2022.
- [13] R. Maqbool, C. Thompson, et S. Ashfaq, « LEED and BREEAM Green Building Certification Systems as Possible Game Changers in Attaining Low-Cost Energy-Efficient Urban Housing Projects », *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 149, n° 3, p. 04023024, 2023.
- [14] N. T. Mekaoui et K. El Harrouni, « Architecture iconique au Maroc. Deux villes pionnières, deux tours singulières », *African and Mediterranean Journal of Architecture and Urbanism*, vol. 4, n° 1, 2022.
- [15] C. Popescu et J. Bastoen, « LES NORMES? HISTOIRES D'ARCHITECTES ».
- [16] Y. T. Teo, M. Quintana, M. Z. B. Sabarudin, C. Tan, A. Chong, et C. Miller, « Green Mark Certified Buildings Metadata from Singapore: Dataset », présenté à Proceedings of the 20th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2022, p. 1011-1013.
- [17] I. Minergie, « The MINERGIE®-Standard for Buildings », *Ver. Minergie Bern Switz*, 2008.

- [18] K. H. TRAD, « Une approche «Basse consommation énergétique» », 2022.
- [19] N. K. Bansal, G. Hauser, et G. Minke, *Passive building design: a handbook of natural climatic control*. Elsevier science BV Amsterdam, The Netherlands, 1994.
- [20] A. Djitni, « L'approche bâtiment à énergie positive pour la conception d'un centre d'affaire », 2022.
- [21] R. Santos Teixeira, « Mémoire », 2023.
- [22] O. Mejri, « Développement de méthodes de diagnostic énergétique des bâtiments », 2011.
- [23] L. Chourouk, « La performance énergétique de l'enveloppe architecturale. ».
- [24] « <https://www.cabinetvannier.fr/diagnostics/le-diagnostic-de-performance-energetique.html> ».
- [25] A. Boushaba et R. Boudjadja, « L'Amélioration des performances énergétiques dans un bâtiment existant », 2022.
- [26] « <https://www.baticopro.com/guides/l-audit-energetique-d-un-immeuble-conseils-et-fonctionnement.html> ».
- [27] N. BOUTERRA et A. ZAABAT, « Audit énergétique d'un bâtiment au Sud Algérien », UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.
- [28] S. SEOUD, « Audit énergétique de bâtiment tertiaire cas de trois bâtiments existants à Alger », 2012.
- [29] K. Moncef et M. Dominique, « Guide technique d'audit énergétique », 2016.
- [30] B. MEABDI et K. SAFI, « AUDIT ENERGITIQUE DE L'HOPITAL DE HASSI MESSAOUD », Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [31] A. Reverdy, « La rénovation énergétique des copropriétés franciliennes », 2022.
- [32] « <https://energiesdev.fr/audit-energetique/> ».
- [33] A. Rahman, « Energy efficiency as a mechanism for the sustainability of the transport sector in Algeria », *el-Bahith Review*, vol. 15, n° 1, p. 205-215, 2015.
- [34] F. Kamouche et A. Mokrane, « La Politique de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment: éléments théoriques et empiriques, cas de l'Algérie », 2022.
- [35] <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>.
- [36] O. V. Alexeeva et Y. Roche, « La Chine en transition énergétique: un virage vers les énergies renouvelables? », *Vertigo*, vol. 14, n° 3, 2014.
- [37] J. Cavailhès, D. Joly, T. Brossard, H. Cardot, M. Hilal, et P. Wavresky, « La consommation d'énergie des ménages en France », in *Convention MEEDM-INRA*, 2011, p. 0009.
- [38] « <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/en.atm.co2e.pc?locations=DZ> ».
- [39] F. Lecomte, P. Broutin, et E. Lebas, *Le captage du CO2: Des technologies pour réduire les émissions de gaz à effet de serre*. Editions Technip, 2009.
- [40] M. Deshaies, « Problèmes géographiques des transitions énergétiques: quelles perspectives pour l'évolution du système énergétique? », *Monde en développement*, vol. 48, n° 44, p. 25-44, 2020.

- [41] C. Diguët et F. Lopez, « Territoires numériques et transition énergétique: les limites de la croissance », in *Isabelle Laudier éd., Prospective et co-construction des territoires au XXI^e siècle. Paris, Hermann, «Colloque de Cerisy*, 2020, p. 109-118.
- [42] G. MOUTON, « LA CHINE CONTEMPORAINE EN TRANSITION ÉNERGÉTIQUE (1990-2020): DISCOURS, PRATIQUES ET DISSONANCES D'UN PROJET GÉOPOLITIQUE », 2023.
- [43] B. Cassoret et B. Lalonde, *Transition énergétique*. De Boeck Supérieur, 2020.
- [44] O. Naima, « La Gestion Territoriale des Compétences de Ressources Humaines en Algérie », 2023.
- [45] I. A. E. Djebaili et A. Boukadoum, « L'efficacité énergétique dans le bâtiment architectural », 2017.
- [46] A. Akgüç et A. Z. Yılmaz, « Determining HVAC system retrofit measures to improve cost-optimum energy efficiency level of high-rise residential buildings », *Journal of Building Engineering*, vol. 54, p. 104631, août 2022, doi: 10.1016/j.jobee.2022.104631.
- [47] N. B. BOUBOU, « Efficacité énergétique et énergies renouvelables pour une gestion durable de l'eau en Algérie ».
- [48] S. Cherfi, « L'avenir énergétique de l'algerie: quelles seront les perspectives de consommation, de production et d'exportation du pétrole et du gaz à l'horizon 2020-2030? », *les cahiers du cread*, vol. 96, p. 27-49, 2011.
- [49] R. Benguessoum et H. E. Tebbouche, « Pour une réhabilitation énergétique du parc immobilier scolaire en Algérie: Cas du lycée Zine Mohamed ben Rabah à Kaous-Jijel. », Université de Jijel, 2020.
- [50] B. BAOUCHI, "Programme d'efficacité énergétique en Algérie," site de global electricity,[En ligne], vol. 4, 2014.
- [51] B. BAOUCHI, « Programme d'efficacité énergétique en Algérie », *site de global electricity*,[En ligne], vol. 4, 2014.
- [52] « <https://premier-ministre.gov.dz/fr/post/transition-energetique-en-algerie-defis-et-perspectives> ».
- [53] A. Cadiman et R. Olieslagers, « Rénovation énergétique du parc immobilier résidentiel en Belgique: Réglementations et barrières à la rénovation énergétique pour les particuliers ».
- [54] A.-Z. CHABANE-SARI, « Vers la transition énergétique dans le secteur du bâtiment en Algérie: Analyse et recommandations », 2022.
- [55] S. Farsi et C. A. Chiloua, « LA VALORISATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN ALGÉRIE: ENJEUX ET DÉFIS », 2022.
- [56] « <https://maghrebemergent.net/les-defis-de-la-transition-energetique-dans-les-pays-exportateurs-du-petrole-le-cas-de-lalgerie-contribution%Ef%BF%BC/> ».
- [57] A. Marrec, « Histoire des énergies renouvelables en France, 1880-1990: History of renewable energy in France, 1880-1990 », 2018.

- [58] J. Haëntjens, « Les obstacles à la transition énergétique », *Futuribles*, vol. 436, n° 3, p. 41-54, 2020.
- [59] C. CARDONNEL, « Les dernières évolutions de la réglementation thermique vers l'efficacité énergétique », *CFP. Chaud froid plomberie*, n° 665, p. 39-42, 2004.
- [60] L. APRUE, « Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (2015) », *La situation énergétique nationale, chiffre*, 2013.
- [61] F.-Z. HADAGHA, B. Yacine, et A.-I. PETRISOR, « L'efficacité énergétique et rôles multiples de la maison oasisienne à patio à Biskra (Algérie)/Energy efficiency and multiple roles of patio in oasis house in Biskra (Algeria) ».
- [62] A. P. EUROPÉEN, A. CONSEIL, et A. C. É. ET, « COMMUNICATION DE LA COMMISSION », 2020.
- [63] N. Djeha, O. Sotehi, et A. Mahimoud, « Evaluation de l'efficacité énergétique dans un bâtiment d'enseignement supérieur. Vers une transition énergétique de l'université constantine3 », 2020.
- [64] I. Benoudjafer et n. zemmouri, « vers une amélioration de la performance énergétique des habitations: cas de la ville de bechar ».
- [65] A. M. Fadaï et D. E. Fekih, « Impact de l'isolation thermique sur la réduction de la consommation énergétique Cas du secteur résidentiel sud de l'Algérie. ».
- [66] « <https://www.energy.gov.dz/>. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.energy.gov.dz/> ».
- [67] « <https://fr.statista.com/statistiques/827108/capacite-production-energies-renouvelables-allemande/> ».
- [68] O. Boesch, « RT20XX. La réglementation thermique des bâtiments: une histoire compliquée », *Tous urbains*, vol. 3031, n° 2, p. 36-38, 2020.
- [69] L. courard, c. lanos, m. ton hoang, p. salagnac, et é. wirquin, « florence collet ».
- [70] P. Maes, « Labels d'efficacité énergétique », *France, Bâtiment*, vol. 2030, 2010.
- [71] B. Paris, J. Eynard, G. François, T. Talbert, A. Traore, et F. Thiéry, « Gestion des ressources énergétiques d'un bâtiment: contrôle flou », in *Conférence IBPSA France 2008*, 2008, p. NA.
- [72] G. Debizet, « Adaptation des acteurs de la construction à l'injonction de lutte contre le changement climatique: de la démarche HQE à la réglementation thermique 2012 », in *Colloque du RAMAU, Les pratiques de conception architecturale et urbaine, PUCA, Ministère de l'Ecologie*, 2011.
- [73] R. Gaëta, L. Guldner, F. Piton, L. Priem, et A. Thiébaud, « Vers une réglementation environnementale pour les bâtiments neufs », in *Annales des Mines-Responsabilité et environnement*, Cairn/Softwin, 2018, p. 55-61.
- [74] « https://www.ecie.fr/reglementation_thermique_2005 ».
- [75] « <https://www.kone.fr/blog-perspectives-urbaines/articles/RE2020-reglementation-energetique.aspx> ».
- [76] « <https://www.energenia.ca/cneb-2015-modifie-les-nouvelles-dispositions-du-code-de-construction-du-quebec-sont-entrees-en-vigueur/> ».

- [77] « <https://blog.rexel.com/stories/chine-europe-etats-unis-les-reglementations-vertes-pour-lutter-contre-le-changement-climatique-dans-le-batiment/> ».
- [78] J. Li, « Instruments de politiques publiques pour la maîtrise de l'énergie dans les pays émergents: le cas de l'habitat en Chine », Paris, ENMP, 2009.
- [79] M. S. Ahamed, H. Guo, et K. Tanino, « Modeling heating demands in a Chinese-style solar greenhouse using the transient building energy simulation model TRNSYS », *Journal of Building Engineering*, vol. 29, p. 101114, 2020.
- [80] E. Asadi, M. G. da Silva, C. H. Antunes, et L. Dias, « A multi-objective optimization model for building retrofit strategies using TRNSYS simulations, GenOpt and MATLAB », *Building and Environment*, vol. 56, p. 370-378, 2012.
- [81] A. Daoud, *Simulation thermique d'un aréna sous TRNSYS*. Library and Archives Canada= Bibliothèque et Archives Canada, Ottawa, 2007.
- [82] H. C. Aristide *et al.*, « TRNSYS Software Used for the Simulation of the Dynamic Thermal Behavior of a F2-building in Lokossa City in Benin Republic », présenté à 2018 International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE), IEEE, 2018, p. 1-7.
- [83] N. Jamaludin, N. I. Mohammed, M. F. Khamidi, et S. N. A. Wahab, « Thermal comfort of residential building in Malaysia at different micro-climates », *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 170, p. 613-623, 2015.
- [84] M. Wetter et C. Haugstetter, « Modelica versus TRNSYS—A comparison between an equation-based and a procedural modeling language for building energy simulation », *Proceedings of SimBuild*, vol. 2, n° 1, 2006.
- [85] I. L. Illia, D. Mamadou, et M. Fatima, « Etude de l'Effet de l'Isolation Thermique sur le comportement Structural et Thermique du Bâtiment », 2020.
- [86] S. B. LOUAFI et S. Abdou, « impact de l'orientation sur le confort thermique interieur dans l'habitation collective: Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli, Constantine. », *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, p. 33-40, 2010.
- [87] A. Boursas et Z. Mahri, « Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation », 2013.
- [88] B. Abderrahmane et M. Zinelabidine, « Étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation », 2017.
- [89] L. Khaoula, « Impact du ratio d'ouverture des murs de façade sur la performance lumineuse, thermique et énergétique d'un bâtiment. Cas des régions chaudes et arides ».
- [90] I. Ahmari, A. Korichi, F. Gasmi, et S. Krada, « Simulation de l'impact de l'inertie thermique sur la consommation énergétique d'un bâtiment résidentiel dans un climat méditerranéen », *Nature & Technology*, n° 21, p. 12-27, 2019.
- [91] I. BENOUDJAFER, « Vers une amélioration de la performance énergétique des habitations: la certification énergétique comme une stratégie durable. Cas de la ville de Bechar », 2018.

- [92] t. i. o. e. walls, « évaluation diagnostique de la consommation énergétique pour une amélioration du bâti existant dans les zones arides par une isolation thermique des murs extérieurs diagnostic assessment of energy consumption for an improvement of existing building in arid zones through ».

Table des matières

1	Cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie.....	2
1.1	Cadre réglementaire.....	2
2	Annexe : Référence de la réglementation thermique.....	3
2.1	Méthode de contrôle de conformité du bâtiment.....	5
2.2	Les annexes de la réglementation thermiques 2016	6
2.2.1	Annexe A.1 : Classification thermique des communes d'Algérie en période d'hiver	6
2.2.2	Annexe B .5 : Classification thermiques été des communes d'Algérie	7

1 Cadre réglementaire et incitatif de l'efficacité énergétique en Algérie

1.1 Cadre réglementaire

- Décret N°85-235 du 25 août 1985 création d'une agence pour la promotion et la rationalisation de l'énergie (APRUE)
- Loi n° 15-18 du 30 décembre 2015 portant loi de finances pour 2016. Art. 87, Les opérations du compte d'affectation spéciale n° 302-101 s'intitulera « Fonds national pour la maîtrise de l'énergie et pour les énergies renouvelables et de la Cogénération».
- Loi n°14-10 du 30 décembre 2014 portant loi de finances pour 2015, notamment son article 108 qui prévoit la fusion des deux Fonds spéciaux : le « Fonds national pour la maîtrise de l'énergie (FNME) » et le « Fonds national pour les énergies renouvelables et la cogénération (FNER) ».
- Loi n° 05-07 relative aux hydrocarbures a été modifiée par la loi de finance de 2016 où la taxe spécifique au torché payable au trésor public a augmenté de 8000 à 20 000 DA par millier de normaux mètres cubes (Nm3) de gaz torché incite à la réduction des gaz torché ainsi que l'affectation au profit du fonds national pour les Energies renouvelables et de la cogénération de 55% du produit de cette taxe.
- Loi n° 04-09 du 14 août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.
- Décret exécutif n° 21-106 du 3 Chaâbane 1442 correspondant au 17 mars 2021 modifiant et complétant le décret n° 85-235 du 25 août 1985 portant création d'une agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.
- Décret exécutif n° 05-495 du 24 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 26 décembre 2005 relatif à l'audit énergétique des établissements grands consommateurs d'énergie.

2 Annexe : Référence de la réglementation thermique

Tableau 1 : Les coefficients (a, b, c, d, e) en [W/m²°C]

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

Tableau 2 : les résistances thermiques d'échanges superficiels

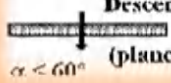
$\frac{l}{h}$ en m ² .°C/W	Paroi en contact avec :			Paroi en contact avec :		
	- l'extérieur, - un passage ouvert, - un local ouvert.			- un autre local, chauffé ou non chauffé, - un comble, - un vide sanitaire.		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
 Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$	0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
 Ascendant (toiture) $\alpha < 60^\circ$	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
 Descendant (plancher) $\alpha < 60^\circ$	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tableau 3 : résistance thermique d'une lame d'air

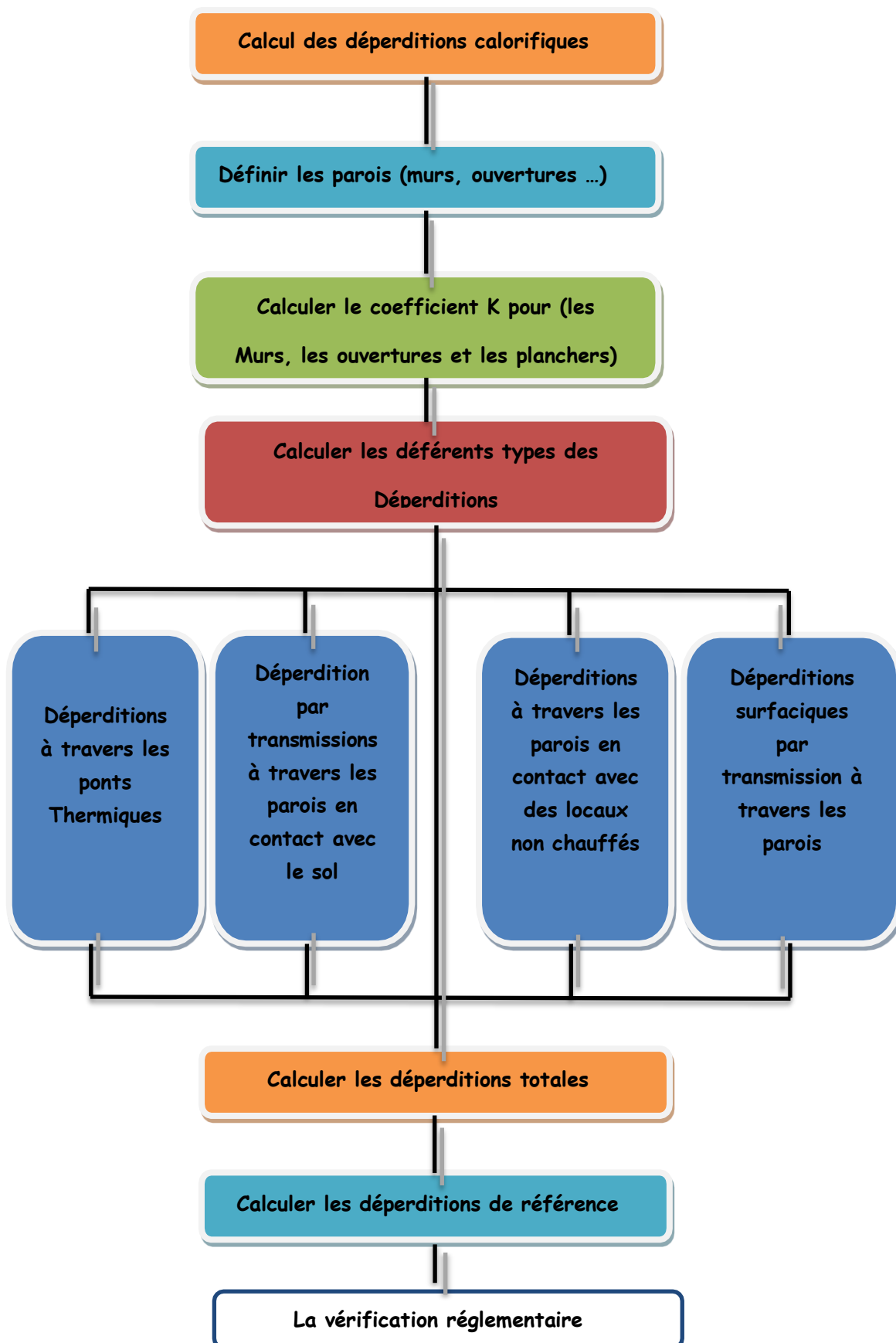
La résistance thermique d'une lame d'air est obtenue à partir du tableau 3.1.

Position de la lame d'air	Sens du flux de chaleur	Epaisseur de la lame d'air en mm						
		5 à 7	8 à 9	10 à 11	12 à 13	14 à 24	25 à 50	55 à 300
Horizontale	Ascendant	0,11	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14
Verticale		0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Horizontale	descendant	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20

Tableau 4 : coefficient k des fenêtres

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage Simple	-	Bois	5,0	5,5
		Métal	5,8	6,5
Vitrage Double	5 à 7	Bois	3,3	3,5
		Métal	4,0	4,3
	8 à 9	Bois	3,1	3,3
		Métal	3,9	4,2
	10 à 11	Bois	3,0	3,2
		Métal	3,8	4,1
	12 à 13	Bois	2,9	3,1
		Métal	3,7	4,0
Double Fenêtre	plus de 30	Bois	2,6	2,7
		Métal	3,0	3,2

2.1 Méthode de contrôle de conformité du bâtiment



2.2 Les annexes de la réglementation thermiques 2016

2.2.1 Annexe A.1 : Classification thermique des communes d'Algérie en période d'hiver

ANNEXE A.1 - CLASSIFICATION THERMIQUE DES COMMUNES D'ALGERIE EN PERIODE D'HIVER

A1. PRELIMINAIRES

A1.1. Zone Climatique A

Localisation : Cette zone est délimitée par la mer au nord et les hautes plaines de l'intérieur au sud.

Caractéristiques :

La température extérieure de base est de 3 °C.

A1.1. Zone Climatique A1

Localisation : elle comprend les régions de Bejaïa, Skikda, Delys, EL kala, Tennes et Beni saf

Caractéristiques :

La température extérieure de base est de 7 °C.

A1.2. Zone Climatique B

Localisation : Elle regroupe les différentes régions du nord Tellen et les hautes plaines de l'intérieur.

Caractéristique :

La température extérieure de base est de - 2 °C.

A1.3. Zone Climatique C.

Localisation : elle comprend les différentes régions du nord Sahara et reliant la Saoura jusqu'à l'Adamas, Illizi et Bord Bouj Melchur.

Caractéristiques :

la température extérieure de base est de 1°C.

A1.4. Zone Climatique D

Localisation :

Elle englobe les régions de Tazerouft et une partie du nord Sahara et le Hoggar.

Caractéristiques :

La température extérieure de base est de 4 °C.

2.2.2 Annexe B.5 : Classification thermiques été des communes d'Algérie

ANNEXE B.5 - CLASSIFICATION THERMIQUE ÉTÉ DES COMMUNES D'ALGÉRIE

1. PRELIMINARIES

Les 3 cas suivants constituent des exemples dans le ressort d'EDB sont les suivantes:

- La zone climatique D comprend le désert de la mer au sud et les plaines arides au sud.
- La zone climatique B comprend la partie nord des hautes plaines de l'intérieur, au delà de l'axe des axes, la première B1 qui englobe la vallée du Niger, la seconde B2 qui comprend le bassin de l'Adama.
- La zone climatique C comprend les hautes plaines de l'intérieur.
- La zone climatique D comprend les différentes régions du nord Saharien et du Nord.
- La zone climatique E comprend le sud, l'est et le sud-est avec l'estuaire sud du Niger, un district au sud-est et au sud-est du sud-est du Niger et le Niger.
- La zone climatique F comprend la zone de l'estuaire.

3.2. <http://discipuli.admin.ch/inf/9112.html> Let's assume that the URL is correct.

2. ZONAGE CLIMATIQUE THERMIQUE D'ÉTÉ

[illegible]

Tableau 2.2 : les valeurs de température extérieur de base

Note: Par souci d'économie, une installation de chauffage n'est jamais calculée pour assurer le confort optimal pour la température la plus basse de tous les minima annuels. On utilise donc une température extérieure de référence, dite température extérieure de base.

II.4.4.2. La température extérieure de base est fonction de l'altitude et de la zone climatique où est implanté le projet.

II.4.4.3. L'annexe A.1 donne la zone climatique à considérer pour le projet.

II.4.4.4. Le tableau 2.2 fixe les valeurs de la température extérieure de base.

Zones	Altitude (m)	t_{se} (°C)	Zones	Altitude (m)	t_{se} (°C)
Zone A	<300	3	Zone C	<300	1
	300 à 450	2		300 à 450	0
	450 à 600	1		450 à 600	-1
	600 à 800	0		600 à 800	2
	≥ 800	-1,5		≥ 800	-1,5
Zone A2	<300	7	Zone D	<300	4
	300 à 450	6		300 à 450	3
	450 à 600	5		450 à 600	2
	600 à 800	4		600 à 800	1
	≥ 800	2,5		≥ 800	-0,5
Zone B	< 350	-2			
	350 à 600	-3			
	600 à 800	4			
	≥ 800	-5,5			

Tableau 2.2 : Températures extérieures de base

II.4.4.5. D'autres températures extérieures de base spécifiées dans les pièces du marché peuvent être adoptées, à condition qu'elles ne soient pas supérieures aux valeurs indiquées dans le tableau 2.2, pour la zone climatique et l'altitude considérées.

II.5. PUISSANCE DE CHAUFFAGE A INSTALLER

II.5.1. Valeur nominale

La puissance totale de chauffage installée pour un logement ne doit pas être inférieure aux dépenses de base (du même logement).

Note: Théoriquement, il suffirait d'une puissance utile installée égale aux dépenses de base D_b pour être en mesure d'assurer à l'ambiance intérieure la température désirée. Dans la pratique, compte tenu de l'inertie du bâtiment (air et parois) et compte avec des pertes calorifiques dues au réseau de distribution, la puissance fournie par un chauffage doit être supérieure à D_b .

Liste des tableaux : Pour calculer

- des conditions de base extérieure
- des conditions de base intérieure

Température de base extérieure sèche (été)	Tableau 2.2 du DTR (p.34)
Ecart annuel de température	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Ecart diurne	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Humidité relative extérieure	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Humidité spécifique	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Température intérieure été	Tableau 9.6 du DTR (p.104)
Ecart diurne	Tableau 9.6 du DTR (p.104)