

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Université KASDI Merbah d' Ouargla

—ooOoo—

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique

—ooOoo—

Mémoire

Présenté pour l'obtention du Diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Filière: Génie Mécanique

Spécialité: Génie Energétique

Thème:

**Modélisation des consommations d'énergie du
secteur résidentiel en Algérie à long terme**

Présenté et soutenu publiquement par :

KHENFER Abderaouf

et

CHACHA Abdelbari

Soutenu Publiquement Le: 11/06/2018

Devant Le Jury :

ATTIA Abbas

Doctorant

président

KINA Med Saleh

Doctorant

Examineur

SAIFI Nadia

Doctorant

Encadreur

Année Universitaire : 2017 /2018

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné courage, patience et force durant toutes ces années d'étude et que grâce à lui ce travail a pu être réalisé.

Nous tenons à exprimer notre remerciement et notre gratitude à nos encadreurs :

* **Dr : Saifi nadia** pour la confiance qu'il nous a prodigué pour la direction de ce travail, sans cesser de nous encourager et de nous pousser vers les horizons de recherche.

Nous remercions vivement Monsieur
chef département de Génie mécanique * **Mr : Bilhia Hussein**

Nos remerciements au département de Génie mécanique de l'université kasdi merbah Ouargla et à tous les enseignants qui nous enseignés durant les années du cursus.

nos remerciements sont également adressés aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail.

enfin nous remercions aussi toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la rédaction de ce travail. Nous vous remercions de la collection.

CHACHA ABDELBARI

KHENFER ABD ERAOUF



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A celle qui ma couverte de tendresse depuis ma naissance.

Ma chère mère. A mon cher père ;

A mes sœurs ; A tous mes amis ;

A tous mes enseignants qui m'ont aidé à terminer mon travail

A tous mes amis et collègues de ma promotion Master II ;

KHENFER ABD ERAOUF



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À celle qui ma couverte de tendresse depuis ma naissance.

Ma chère mère.

À mon cher père ;

À mes sœurs ;

À tous mes amis ;

À tous mes enseignants qui m'ont aidé à terminer mon travail ;

À tous mes amis et collègues de ma promotion Master II ;

CHACHA ABDEL B



Sommaire

Liste des figures.....	1
List de tableaux.....	3
Introduction Générale.....	4
Chapitre 1 : Contexte énergétique en Algérie.....	7
1.1. Introduction :.....	8
1.2. Contexte énergétique en Algérie :.....	9
1.2.1 Panorama général du secteur énergétique en Algérie :.....	10
1.3. Consommation mondiale de l'énergie :.....	13
1.4 Consommation énergétique en Algérie :.....	14
1.4.1 La consommation par forme d'énergie.....	14
1.4.2. Consommation énergétique en Algérie par secteur :.....	15
1.4.3. L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel :.....	16
1.5. Service demandé et la population en algérienne :.....	16
1.8. Réglementation thermique en Algérie :.....	18
1.9. Conclusion.....	19
Chapitre 2 : L'habitat en Algeria et l'isolation thermique.....	20
2.1. Introduction.....	21
2.2. Caractéristiques constructives des bâtiments :.....	21
2.2.1. Habitat traditionnel en Algérie.....	21
2.2.2. Etat actuel du parc logement en Algérie.....	22
2.2.3. Typologie De L'habitat.....	24
2.3. Isolation thermique.....	26

2.3.1. Nécessité de l'isolation thermique	26
2.3.2. Classification des matériaux isolants :.....	26
2.4. Propriété et performances thermiques des matériaux d'isolation :	30
2.4.1. Conductivité thermique :.....	30
2.4.3. Diffusivité thermique.....	30
2.4.4. Effusivité thermique	30
2.4.5. Capacité calorifique:	30
2.5. Etude bibliographie	30
2.6. Conclusion	33
Chapitre 3 : Prospective de la demande énergétique	34
3.1. Introduction.....	35
3.2. Modélisation prospective du secteur résidentiel en Algérie	35
3.2.1. Les stations météorologiques en Algérie	35
3.2.2. Le parc de logements en Algérie	36
3.2.3. Consommation final par secteur résidentiel :	37
3.2.4. Méthodologie de travail	38
3.3. Prospectifs	40
3.3.1. Modèles prospectifs	40
3.4. Méthode de Degré-jours	41
3.4.1. Degré-jours de Chauffage ou de climatisation	41
3.5. Description du plan de maison typique.....	41
3.6. Matériaux d'isolation choisis	44
3.7. Consommation annuelle de carburant.....	45
3.8. Calcul et analyse des coûts.....	45
3.9. Coût de l'énergie.....	47
3.9. Résultats et discussions:	47
3.9.1. Projection de l'évolution de population	47

3.9.2. Projection de l'évolution du parc de logement	48
3.9.2. Projection de la consommation énergétique	49
3.9.4. Estimation des matériaux d'isolation incorporés dans les bâtiments.....	50
3.9.5. Répartition de l'Algérie.....	51
3.9.6. Estimation de consommation énergétique dans les logements après l'intégration de poly- exte	52
3.9.7 Estimation de consommation énergétique dans les logements après l'intégration de laine de verre:	53
3.9.7 Estimation de consommation énergétique dans les logements après l'intégration de polystyrène:	55
3.10. Comparaison entre le scénario tendanciel et le scénario volontariste	57
3.10.1. Consommation énergétique de chauffage.....	57
3.10.2. Consommation énergétique de climatisation	58
3.10.3. Consommation totale :	59
3.11. Impact économique	60
3.12. Conclusion	61
Conclusion Générale	62
Bibliographie	65
Annexe :1.....	69
Annexe :2.....	70
Annex :3	72
Résumé :	74

Liste des figures

	Page
1.1. Bilan énergétique en Algérie,	9
1.2. Répartition de la production de l'énergie primaire.....	10
1.3. Evolution de la production /consommation/exportation de gaz naturel (1990-2011).....	11
1.4. Évolution de la production /consommation /exportation de pétrole brut (1990-2011).....	12
1.5. Répartition de la consommation énergétique mondiale selon les ressources.....	13
1.6. La consommation nationale par forme d'énergie.....	14
1.7. La consommation d'énergie par secteur	15
1.8. L'segmentation de population dans Algérie.....	16
2.1. Ouvertures rencontrées dans les constructions en pierre.....	22
2.2. Hauteur dominante dans l'habitat en Algérie (la région sud) entre RDC et R+2.....	23
2.2.: logement individuel (Ouargla).....	24
2.3 : Logement semi collectif (Ouargla).....	25
2.4 : Logements collectifs.....	26
2.5: Le polystyrène expansé.....	27
2.6: Polystyrène extrudé.....	27
2.7: Polyuréthanes	27
2.8: La laine de verre.....	28
2.9: La laine de roche.....	28
2.10: Le verre cellulaire.....	28
2.11: La perlite.....	28
2.12: La vermiculite.....	28
2.13: Le chanvre	29
2.14: La chèvénotte.....	29
2.15: Le lin.....	29
2.16: Le kenaf.....	29
2.17: Les fibres de coco et le corkoco.....	29

3.1.	Évolution du parc logement en Algérie par année.....	37
3.2.	La consommation d'énergie par secteur résidentiel.....	37
3.3.	Méthodologie de travail.....	39
3.4.	Plan de maison typique.....	42
3.5.	Paroi extérieure sans isolant.....	42
3.6.	Paroi extérieure avec isolant.....	44
3.7.	Evolution prospective de la population.....	48
3.8.	Evolution prospective du parc de logement.....	49
3.9.	Evolution prospective de la consommation nationale d'énergie dans le secteur résidentiel.....	50
3.10.	Répartitions des logements pour chaque zone.....	51
3.11.	Répartition spatiale de la consommation énergétique après l'intégration de polystyrène.....	53
3.12.	Répartition spatiale de la consommation énergétique après l'intégration de laine de verre.....	55
3.13.	Répartition spatiale de la consommation énergétique après l'intégration de poly-ext.....	57
3.14.	Consommation énergétique dans le secteur résidentiel pour le chauffage	58
3.15.	Consommation énergétique dans le secteur résidentiel pour la climatisation	59
3.16.	Consommation énergétique dans le secteur résidentiel pour les deux scénarios (tendanciel & volontariste).....	60
I.1	Arc SIG (créer et utiliser des cartes).....	73
II.1	TRNSYS (Edit building).....	74

List de tableaux

	Page
Tableau 1.1: Consommation d'énergie dans les différents secteurs en ktep.....	15
Tableau 1.2: l'segmentation de population de Algérie	17
Tableau 3.1: Aéroport et stations météorologiques.....	36
Tableau 3.2 : Calcul du coefficient de transmission de chaleur K.....	43
Tableau 3.3. Les caractéristiques physiques des matériaux d'isolation.....	45
Tableau.3.4. Les coûts de l'électricité et du gaz naturel dans l'énergie résidentielle.....	47
Tableau 3.4: Planification proposée à l'horizon 2059 pour l'Algérie.....	50

Introduction Générale

Introduction général :

La demande mondiale d'énergie primaire a augmenté rapidement en raison de l'augmentation de la population et l'industrialisation. Plus d'un tiers de la demande énergétique dans le monde est utilisée dans le secteur résidentiel [1]. La consommation d'énergie concerne aussi l'avenir de notre planète confrontée au réchauffement climatique du fait de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre. La consommation d'énergie dans le monde par les équipements de chauffage, ventilation et climatisation dans les bâtiments varie de 16 à 50% de la consommation totale d'énergie [1].

En Algérie, le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore. Sa consommation représente plus de 42% de la consommation finale [2] Les raisons qui ont conduit à l'augmentation de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel sont l'augmentation substantielle de la population, du nombre de logements, consommation irrationnel des prix bas de l'énergie conventionnelle, tel que de l'augmentation du nombre d'équipements électriques dans chaque foyer, de l'utilisation des équipements électriques non -économiques telles que les lampes à incandescence et de l'absence de la sensibilisation sur la maîtrise et l'efficacité énergétique [3]. La consommation d'énergie du chauffage des locaux dans le secteur résidentiel en Algérie est environ deux fois plus importante que celle des autres sources de consommation (telles que le chauffage de l'eau, la cuisson, la réfrigération et la congélation des aliments) [4] L'un des moyens les plus efficaces de réduire le taux de transmission de chaleur et la consommation d'énergie pour le refroidissement et le chauffage des espaces est l'utilisation d'une isolation thermique appropriée dans l'enveloppe du bâtiment. La rénovation thermique d'un logement passe bien entendu par l'acquisition d'appareils plus performants et moins gourmands en énergie, le plancher chauffent solaire mais aussi par l'étanchéité des parois de l'habitation. L'isolation extérieure consiste à poser un matériaux isolant autour du bâtiment, afin de le protéger du froid en hiver et de la chaleur en été. Sur une maison déjà construite, ce type de travaux d'isolation peut être réalisé lors d'une rénovation complète, ou à l'occasion d'un ravalement de façade.

La prospective est un outil indispensable pour anticiper l'avenir et planifier les actions à mettre en œuvre (investissement, réglementation, mesures incitatives...). Cette démarche consiste à élaborer des scénarios possibles à partir de la situation existante et des tendances historiques et actuelles. La prospective énergétique permet d'envisager l'évolution des

consommations d'énergie, le développement des énergies renouvelables l'impact sur le changement climatique et la dépendance énergétique.

L'objectif principal de ce travail est le développement d'une méthodologie pour mener à bien des études pour la rénovation des bâtiments et proposer des solutions concrètes pour réduire l'énergie. Le principe de la méthodologie est de développer à l'aide d'outils de simulation numérique. Cette étude consiste à maîtriser les techniques de réhabilitation thermique des immeubles d'habitation contemporains existants en Algérie et cela en évaluant, dans quelle mesure l'environnement intérieur de l'habitat contemporain, avec ses matériaux et ses procédés constructifs, contribue-t-il ou non au confort thermique de ses occupants. Pour cela, et après étude de la situation actuelle dans le domaine de la construction en Algérie, nous allons choisir l'intégration de l'isolation thermique qui pouvant agir directement ou indirectement sur l'état de l'environnement intérieur, en l'occurrence de l'enveloppe du bâtiment, et enfin déterminer les mesures à entreprendre afin de corriger ou d'améliorer l'enveloppe afin qu'elle soit bénéfique thermiquement et efficace énergétiquement.

Le travail présenté dans ce document comporte trois chapitres, précédés d'une introduction et se terminant par une conclusion et des annexes.

Le premier chapitre présente le contexte énergétique algérien et surtout la consommation de l'énergie dans le secteur du bâtiment afin de comprendre le comportement thermique de la structure du bâtiment. La réglementation Algérienne est aussi présentée dans ce chapitre.

Le deuxième chapitre présente l'habitat traditionnel et actuel en Algérie ainsi que l'isolation thermique.

Enfin Le dernier chapitre représente une analyse et comparaison des résultats des différents scénarios (tendanciels et volontaristes) et ceci en termes de gains énergétique, pour la réduction de consommation énergétique. Il sera consacrée à identifier les caractéristiques des deux scénarios énergétiques pour déterminer la demande énergétique algérienne à l'horizon 2059 sans et avec réhabilitation de l'habitat. L'outil logiciel TRNSYS a été utilisé comme moyen d'évaluation. Une modélisation est faite par le système d'information géographique (SIG).

Chapitre 1 : Contexte énergétique en Algérie

1.1. Introduction :

Les énergies jouent un rôle significatif dans le développement des secteurs technologiques, industriels, économiques et sociaux d'un pays [1].

Les ressources énergétiques fossiles avec leurs équipements progressif et continue ne pourront répondre indéfiniment à la demande énergétique de la génération future. Ce qui impose d'envisager de nouveaux moyens pour l'obtention de l'énergie, d'autre part les émissions des gaz toxiques issues de la production et l'exploitation des énergies traditionnelles sont les responsables majeurs de la pollution atmosphérique [2]. Actuellement en Algérie, le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays soit 42% de la consommation finale [3] , L'Algérie est confrontée à des défis énergétiques croissants liés au développement de sa démographie, conduisant à une augmentation du secteur de la construction. Le nombre de maisons doit être considérablement augmenté. La non-application de la réglementation thermique ainsi que des pratiques architecturales ont découragé la réalisation du logement

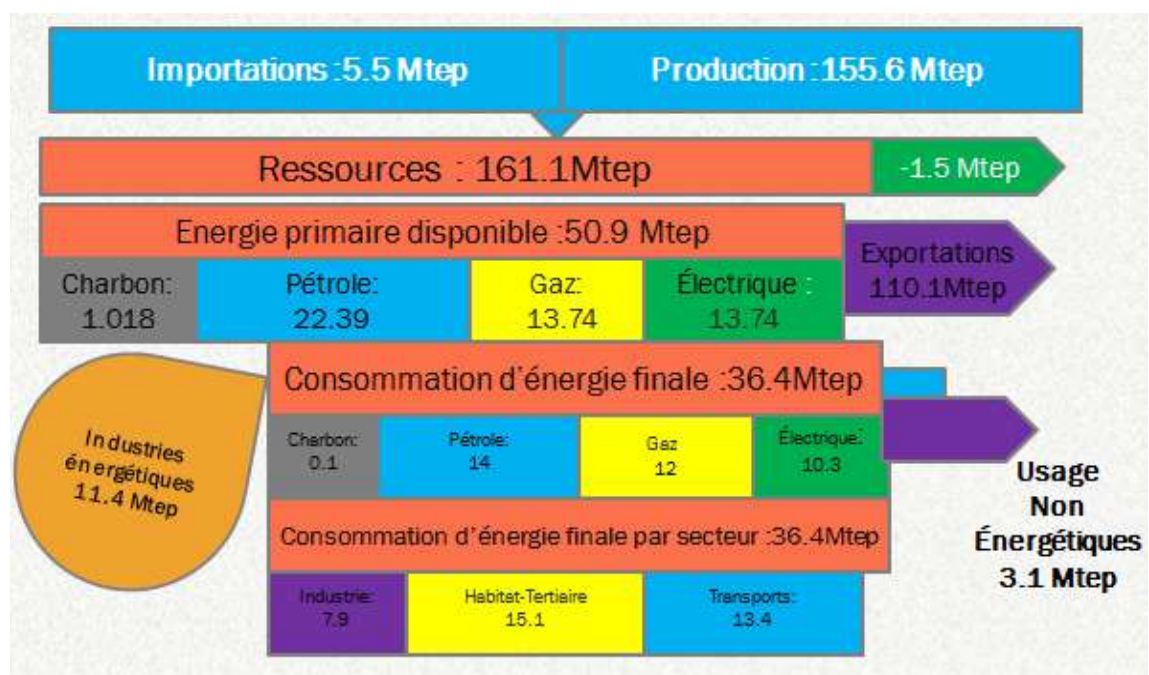
Nous rappelons dans ce chapitre le contexte énergétique algérien, l'accroissement de la population, les caractéristiques de la construction de logements anciens et modernes et les lois en vigueur en Algérie, ainsi qu'une analyse de l'évolution de la consommation énergétique par secteur d'activité et source d'énergie.

1.2. Contexte énergétique en Algérie :

Il est fréquent que les enjeux de la réduction de la consommation d'énergie soient liés, essentiellement, à la décroissance du recours à la transformation d'énergie d'origine fossile et à la baisse des émissions de gaz à effet de serre. L'Algérie est un important pays producteur et exportateur d'hydrocarbures, Il possède l'un des plus importants gisements de pétrole et de gaz en Afrique du Nord. En plus du rôle des produits d'hydrocarbures comme source d'énergie au niveau local, les revenus d'exportation d'hydrocarbures sont le principal moteur de l'économie du pays.

Bien sûr, les ressources énergétiques fossiles sont limitées. Cependant, l'exploitation intensive de ces gisements d'énergie accélère leur épuisement.

Cette observation rapide devient ennuyeuse quand il s'agit de questions économiques et environnementales. En ce sens, il semblerait approprié d'entreprendre une revue du secteur de l'énergie ainsi que de ses enjeux environnementaux et économiques à grande échelle et de se concentrer sur le secteur résidentiel. Principalement



Figuré 1 .1. Bilan énergétique en Algérie, étapes de transformation des ressources Energétiques à l'énergie 2015[4]

1.2.1 Panorama général du secteur énergétique en Algérie :

Actuellement, les ressources exploitées sont essentiellement d'origine fossile. Ce sont principalement des hydrocarbures et, dans une certaine mesure, du charbon. Les énergies renouvelables sont une source d'énergie importante en raison de la situation géopolitique qui n'est pas couverte par le réseau électrique.

En 2016, l'Algérie possédait environ 1% des réserves mondiales de pétrole et 3% de ses réserves de gaz. Selon le rapport annuel du ministère algérien de l'Énergie et des Mines, plus de 99% du mix énergétique est constitué de produits pétroliers et de gaz. Le pétrole et les condensats représentent plus de 45% du mix, les gaz représentant 54,9%. Le charbon et l'électricité de base ne représentent que 0,03% (voir la figure 1-1)



Figuré.1.2 : répartition de la production de l'énergie primaire [4]

Les rapports de l'Agence internationale de l'énergie montrent qu'en 2005, dans le classement mondial des pays producteurs et exportateurs d'énergie, l'Algérie occupait la 11^o place en matière de réserves d'hydrocarbures (gaz et pétrole réunis). Concernant la production, elle figurait à la 12^o place, et elle occupait la 9^o place pour les exportations. Dans le marché des exportations d'hydrocarbures au niveau mondial, l'Algérie figurait en 12^o position pour le pétrole et au 9^o rang des pays producteurs de gaz, juste après la Norvège, le Qatar et la Chine. Selon ces rapports, ces sources d'énergie sont concentrées dans plus de

200 gisements répartis en majorité dans la région sud du territoire. Le volume total des gisements d'hydrocarbures est estimé à près de 300 milliards de barils équivalent pétrole, dont plus de 40 milliards de barils sont considérés comme exploitables. Les réserves de gaz sont estimées à hauteur de 4 500 milliards de mètres cubes, et représentent l'équivalent de 57 % de la totalité des réserves celles de l'huile, 28 % enfin, le condensat et le GPL, respectivement 9 % et 6 % de ces réserves.

Ces capacités d'exploration et de production ont permis à l'Algérie d'occuper une place importante dans le marché mondial de l'énergie. En effet, elle exporte plus de 60 milliards de mètres cubes de gaz en moyenne annuelle, ce qui la place comme un important fournisseur de produits gaziers [4].

Selon l'agence internationale de l'énergie, la production, en 2011, s'est élevée à environ 83 milliards de mètres cubes de gaz, soit 2,4 % de la production mondiale. La production commercialisée a été d'un peu plus de 80 milliards de mètres cubes, dont près de 52 milliards pour l'exportation et plus de 30 milliards pour la consommation nationale, ce qui représente près du tiers de la production totale. Le reste, soit plus de 1 milliard de mètres cubes, est injecté dans les gisements pour maintenir la pression et assurer un bon taux d'extraction. La majeure partie des exportations de gaz, en 2011, étaient destinées au marché européen (cf. Figure 1-2), soit près de 34 % pour la France, 23 % pour l'Espagne et 9 % pour l'Italie, ce qui fait de l'Algérie le deuxième fournisseur de gaz naturel de l'Europe, avec 29 % des parts de marché, après la Russie (41 %) et devant la Norvège (25 %) [5].

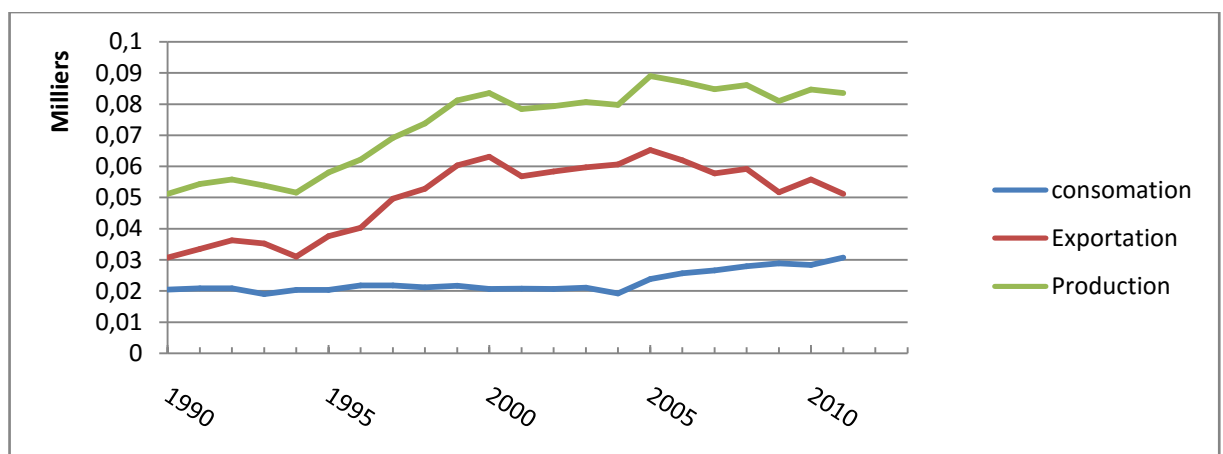


Figure 1.3-Evolution de la production /consommation/exportation de gaz naturel [4]

Cependant, selon l'AIE, le comportement de production / exportation / consommation a considérablement changé ces dernières années. Et la production annuelle de gaz naturel a augmenté de 2003 à 2011 (figure.1.3), la consommation nationale de gaz a augmenté de 2003 à 2011. Cependant, le volume des exportations a fortement chuté de 2000 à 2011.

L'augmentation de la consommation de gaz domestique et la stabilité réelle du volume total de production montrent la réduction du volume de gaz. Pour l'exportation.

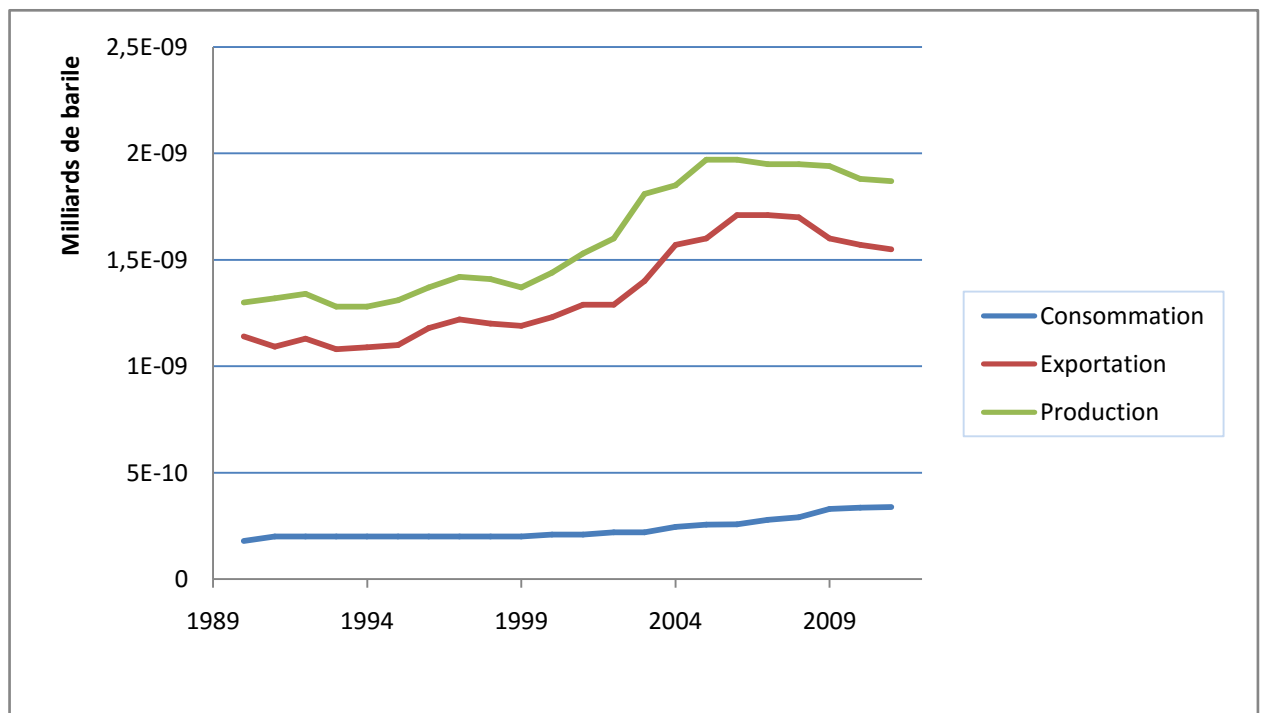


Figure 1.4 : évolution de la production /consommation /exportation de pétrole brut (1990-2011) [4]

La courbe montre que la production de produits pétroliers pétrole brut et autres liquides dans l'augmentation relative au maximum de 2005 et ensuite diminue relativement de 2005 à 2011, la production annuelle de pétrole brut par jour en 2005 à 2011, la baisse de la production dans la même période, La consommation nationale a augmenté et les exportations de pétrole ont diminué.

1.3. Consommation mondiale de l'énergie :

La demande d'énergie primaire mondiale était satisfaite en 2013 à plus de 87% par les énergies fossiles. Le pétrole est la première source d'énergie, assurant 33% des besoins mondiaux, suivi par le charbon 30% et le gaz 24%. Les énergies renouvelables satisfont quant à elles 13 % de la demande, dont 6 % pour l'hydraulique. La part du nucléaire dans la consommation d'énergie primaire s'établit à 4% [6](figure 1.5).

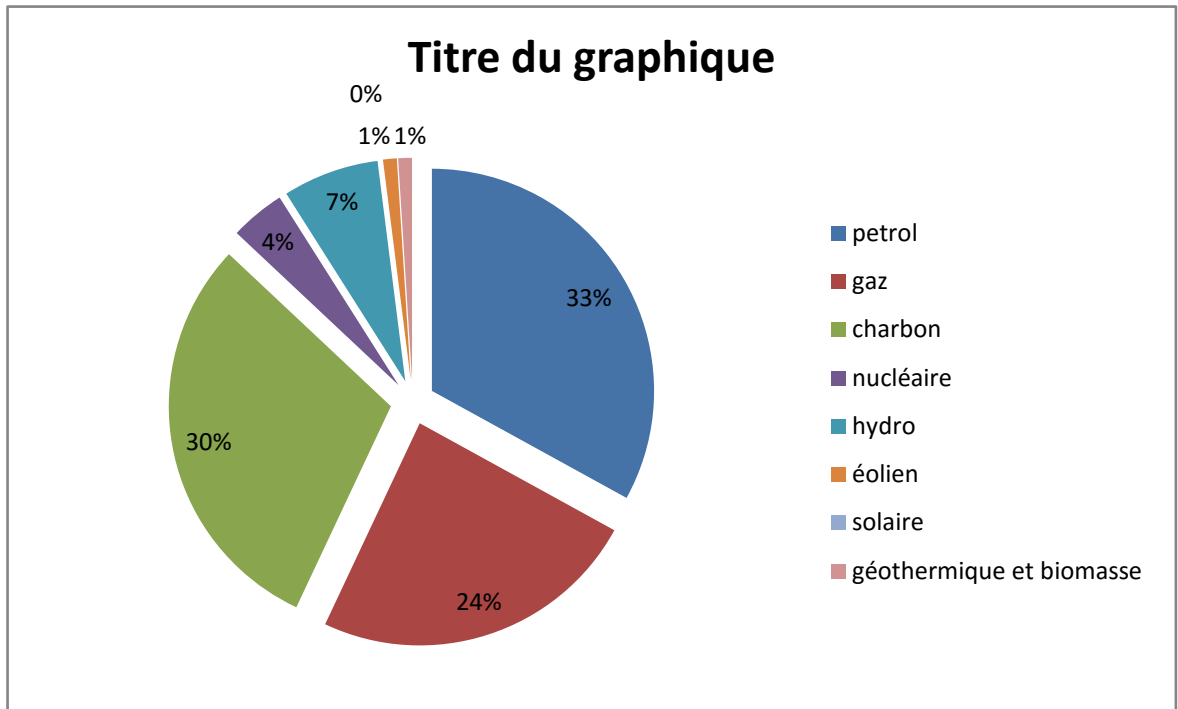


Figure 1.5: Répartition de la consommation énergétique mondiale selon les ressources en 2013.[6]

Les besoins mondiaux en énergie devraient connaître une forte augmentation sous tendus par deux dynamiques : la croissance de la population et celle de l'économie.

Ainsi, selon l'Agence Internationale de l'Énergie, la hausse de la demande énergétique serait de 40% sur la période 2009-2035 [5]. Pour se prémunir face au risque de nouvelles tensions sur l'offre d'énergie, les pays doivent aujourd'hui faire face à des enjeux d'investissements massifs dans de nouvelles infrastructures énergétiques, qu'il s'agisse de production, de transport, ou d'efficacité énergétique.

Les énergies renouvelables ont assuré 12,4% de la consommation finale d'énergie dans le monde en 2013, et cette tendance s'est encore accentuée en 2014. La demande énergétique totale par habitant par an augmente régulièrement depuis 1967 avec la

croissance de la consommation unitaire d'électricité. Celle-ci joue en effet un rôle de substitut au pétrole durant la crise pétrolière des années 1970 qui entraîne notamment la transition entre énergie fossile et énergie renouvelable [7]. La transition énergétique prévoit leur remplacement progressif par des sources d'énergies renouvelables pour la quasi-totalité des activités humaines (transport, industrie, éclairage, chauffage, etc.).

C'est donc aussi une transition comportementale et sociotechnique, qui implique une modification radicale de la politique énergétique : en passant d'une politique orientée par la demande à une politique déterminée par l'offre, et d'une production centralisée à une production décentralisée. Il s'agit aussi d'éviter la surproduction et les consommations superflues pour mieux économiser l'énergie, et bénéficier d'une meilleure efficacité énergétique.

L'utilisation des combustibles fossiles contribue pour plus de 65 % aux émissions de gaz à effet de serre. Ces émissions sont responsables des changements climatiques aux conséquences potentiellement catastrophiques pour l'ensemble de la planète.

1.4 Consommation énergétique en Algérie :

1.4.1 La consommation par forme d'énergie

La hausse de la consommation nationale est tirée notamment par l'électricité (0,9%) et le gaz naturel (0,6%). La structure de la consommation nationale, par forme d'énergie, reste dominée par le gaz naturel (37,2%) suivi par les produits pétroliers et l'électricité (27,7%et 28,9%), comme indiqué dans la figure suivante:

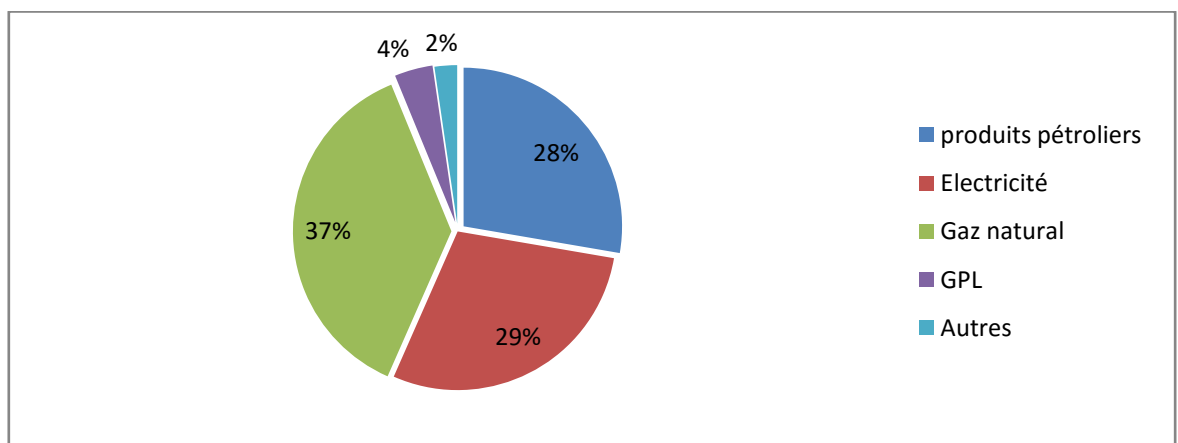


Figure.1.6 : La consommation nationale par forme d'énergie. [4]

1.4.2. Consommation énergétique en Algérie par secteur :

La structure de la consommation finale reste dominée par la demande du secteur des « Ménages & autres » (43%), suivi par le « transport » (35%) et enfin le secteur de « L'industrie et BTP » avec une part de 22%.

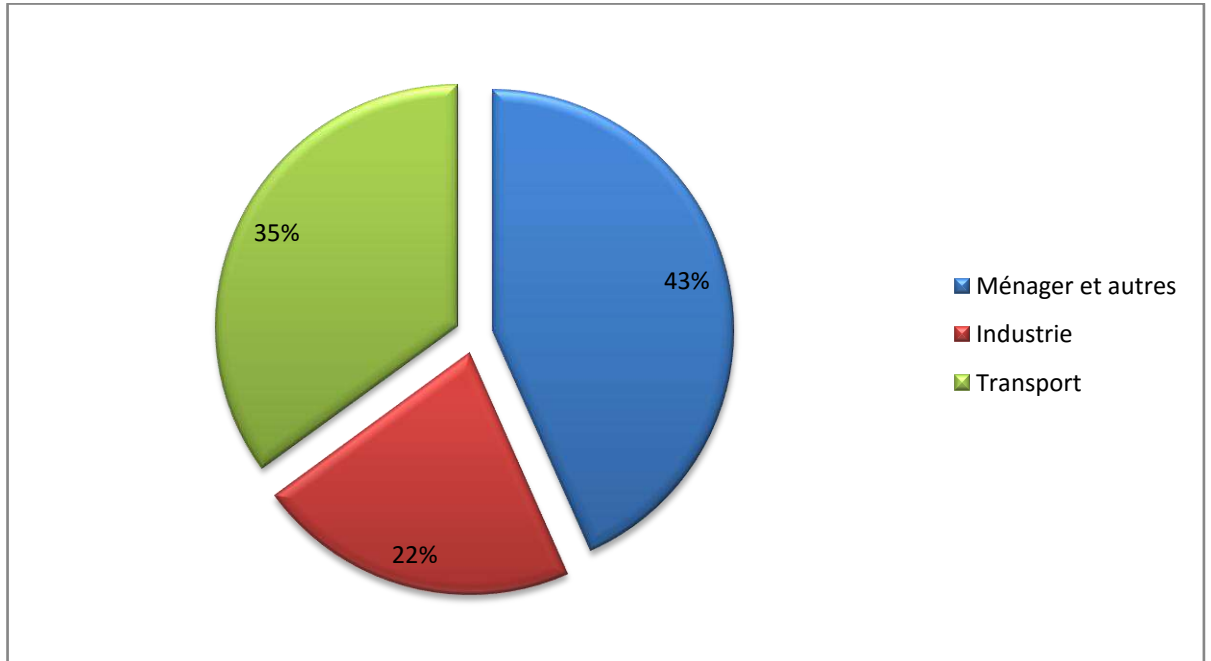


Figure.1.7 :la consommation d'énergie par secteur [4]

année	1980	1985	1990	1095	2000	2005	2010	2012	2014	2015	2016
industrie et btp	2609	4300	3874	4167	4512	5817	7948	8019	8241	8818	9242
transport	2598	3688	4384	4261	4654	5845	11215	13372	14551	15495	15057
ménage et autre	2863	5285	5942	7317	9188	12776	16415	15074	16579	18145	18584

Tableau.1.1: Consommation d'énergie dans les différents secteurs en ktep [4]

1.4.3. L'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel :

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 bâtiment avec la construction de nouveaux logements, la réalisation d'infrastructures d'utilité publique et la relance de l'industrie [portail algérienne]

Le but de l'étude est d'encourager l'application des hypothèses et des scénarios retenus sur la réduction de la consommation d'énergie en prédisant l'utilisation des scénarios étudiés.

Il vise également à faire évoluer les équipements et appareils performants, notamment les chauffe-eau solaires et les lampes à économie d'énergie: l'objectif est d'améliorer le confort intérieur des habitations et le bien-être en consommant moins d'énergie. La mise en place d'une industrie locale d'isolation thermique, d'équipements et de dispositifs est l'une des raisons de réduire la consommation d'énergie dans ce secteur en général,

1.5. Service demandé et la population en algérienne :

L'Algérie doit faire face à un problème énergétique croissant lié à l'évolution de sa démographie. En effet, que ce soit dans le secteur du logement, le secteur tertiaire ou autre, les besoins en énergies fossiles ou renouvelables sont proportionnels à l'évolution de la population.

L'accroissement continu de la population est un problème des énormes problèmes que connaissent les peuples du monde, comme le montre la courbe évolutionniste que nous avons évoquée: le problème de la croissance démographique rapide est la cause de tous les autres problèmes et la croissance rapide de la population. Social et éducatif.

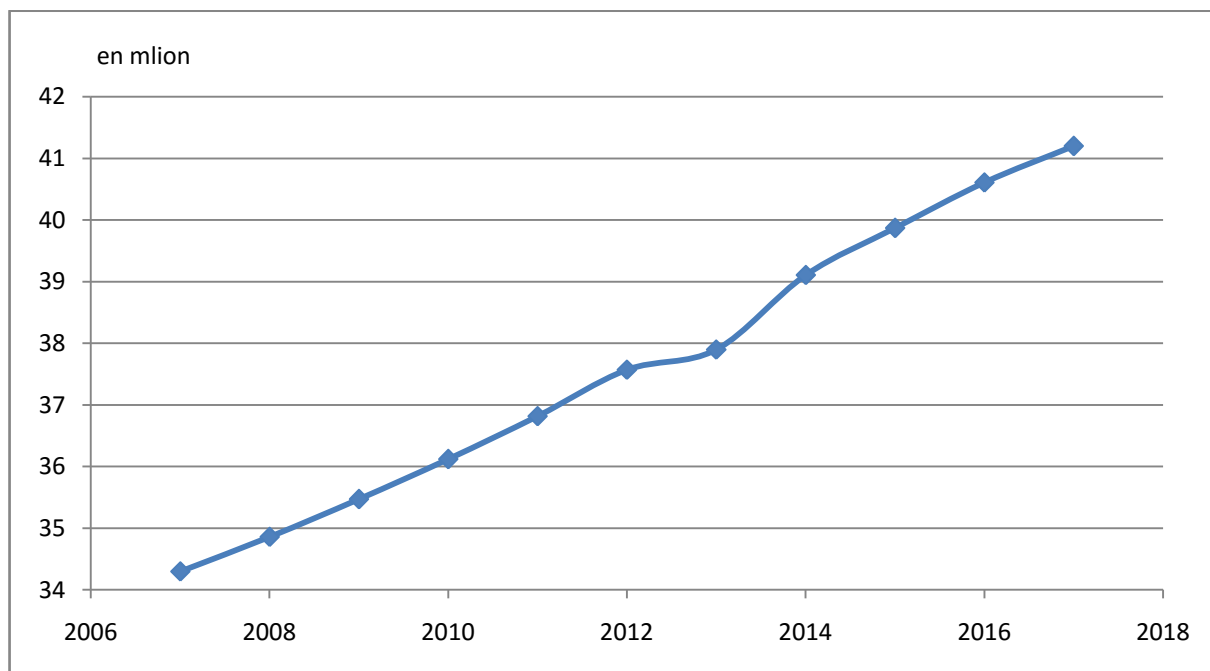


Figure.1.8 : l'segmentation de population dons

Algérie [8]

année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
population en million	34,3	34,86	35,47	36,12	36,82	37,57	37,9	39,11	39,87	40,61	41,2

Tableau.1.2: l'segmentation de population dons Algérie [8]

Dans les années 1950 à 2017, l'Algérie a connu une croissance démographique rapide et l'explosion démographique et les ravages dus à l'amélioration du niveau de vie – le développement des services de santé - le manque d'élevage de la progéniture

1.8. Réglementation thermique en Algérie :

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 à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants. Les DTRC (Directives Thermique Réglementation C) initiés par le ministère de l'habitat et mis en œuvre par le CNERIB (Centre National d' Études et Recherches Intégrées du Bâtiment créée par décret n° 85-235 du 25 Août 1985).

La loi 99.09 sur la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment a été mise en Œuvre par la publication du décret exécutif n ° 90 de 2000 sur la régulation de la chaleur dans les bâtiments neufs. Le but de ce dernier est d'introduire l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées.

Les DTRC (Directives Thermique Réglementation C) lancé par le ministère, qui de l'habitat et mis en œuvre par le CNERIB (Centre National d' Études et Recherches Intégrées du Bâtiment créée par décret n° 85-235 du 25 Août 1985).

Ces documents, qui sont destinés uniquement les bâtiments résidentiels, rappelez vous, entre autres, les exigences réglementaires Qui doivent rencontrer les enveloppes, à savoir:

- DTR.C 3-2, qui établit les règles de calcul des pertes de chaleur hivernales pour les bâtiments résidentiels.
- DTR.C 3-4 sur les règles de calcul de l'apport calorifique d'été pour les bâtiments résidentiels.
- DTR.C 3.31 sur la ventilation naturelle des bâtiments résidentiels.

Cette réglementation dont la finalité est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse ainsi de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti. La mise en application de cette réglementation permettra d'après. Selon nos estimations, la mise en œuvre de Cette réglementation réduira d'environ 40% les besoins en calorifiques de nouveaux logements pour répondre aux besoins de chauffage et de climatisation. sa mise en application effective nécessitera notamment, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs à travers notamment des journées techniques dédiées à cet effet. La finalité de de

cette réglementation est d'améliorer la performance globale du bâtiment de l'énergie et la mise en œuvre et après APRU, 164 pour réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 30 à 40% pour les besoins de chauffage et de refroidissement [9] Malgré cet arsenal juridique est important, il faut reconnaître que, en Algérie maintenant, la réglementation thermique de 1997 des bâtiments à usage d'habitation a été conçue pour réduire la consommation de chauffage d'environ 25%. Il y a actuellement un retournement pour atteindre ce niveau d'économie de plus de 40%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été réalisées sur des logements types. L'étude montre qu'en travaillant uniquement pour réduire les pertes thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif avec une charge de refroidissement estivale significativement réduite. Il peut se fonder sur la nouvelle réglementation thermique sur deux principes: Le Livre de l'organisation dans la période allant de 1997 à un logement individuel, l'identification de nouveaux immeubles d'habitation résidentielle plus stricte des transactions réglementaires [10].

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.

Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants : réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif [10].

1.9. Conclusion

Ce chapitre donne un aperçu du secteur énergétique algérien et décrit certaines des questions économiques et environnementales en particulier en Algérie, notamment en proposant des scénarios liés à la consommation d'énergie dans le logement.

Chapitre 2 : L'habitat en Algérie et l'isolation thermique

2.1. Introduction

Un bâtiment est conçu pour protéger les usagers des effets climatiques (chaud, froid) en créant un microclimat intérieur satisfaisant pour l'exercice de diverses activités, tout en assurant une gestion efficace de l'énergie. Le secteur du bâtiment réputé grand consommateur d'énergie (presque la moitié de la consommation globale) est en outre, responsable de 25% des émissions des gaz par l'effet de serre. La réduction de cette consommation est au cœur des préoccupations des bâtisseurs qui inscrivent leur réflexion dans le cadre du développement durable ou encore de la haute qualité environnementale.

Dans ce chapitre nous exposerons tout d'abord, l'habitat traditionnel l'état actuel de parc de logement en Algérie et quelques généralités sur l'isolation thermique des bâtiments, puis une synthèse bibliographique

2.2. Caractéristiques constructives des bâtiments :

Les échanges thermiques entre le bâtiment et le centre extérieur dépendent principalement de la paroi extérieure. Ces surfaces sont la première source de perte d'une grande partie de l'énergie dans le bâtiment. L'enveloppe du bâtiment est basée principalement sur les systèmes architecturaux, les caractéristiques des matériaux utilisés dans la construction, l'âge de la construction du cadre et les systèmes de construction utilisés.

Couplés avec des données de classification du logement. L'analyse architecturale permet d'abord de déterminer la surface de chaque échantillon (opaque ou vitré), en fonction de la distribution et de la qualité du site, et de la conclusion du comportement des façades, du toit et des sols des matériaux.

2.2.1. Habitat traditionnel en Algérie

L'homme a très peu d'adaptation naturelle au climat. Il doit lutter contre son environnement climatique par : la climatisation, le vêtement, l'abri. L'adaptation au climat est une des composantes de l'habitation traditionnelle. Bâtir une maison, c'est aussi transformer un environnement extérieur hostile en un microclimat intérieur agréable [11]

Le logement traditionnel est la plus grande partie couvrant l'environnement humain en termes de conception et d'utilisation de matériaux respectueux de l'environnement et fournissant une quantité exceptionnelle (notamment en termes d'économie d'énergie et

d'économie) et le patrimoine humain est un habitat qui permet la possibilité d'adaptation à l'environnement.

Des études et la transformation de l'architecture traditionnelle et l'adaptation au climat et à l'environnement chaud ont été essentielles jusqu'au temps des ornements pour incorporer toutes les techniques négatives traditionnelles de régulation thermique.



Ces ouvertures sont une simple interruption dans le mur. Elles sont constituées de linteaux en bois
A gauche. Village Djebba, Béjaia. Au centre : Mazekwane, Tichy, Béjaia. A droite : Boudjlil, Béjaia



Fenestrons pour l'aération. A gauche : Village la Qallaa d'Ait Abbas, Bejaia. A droite : Ighil Ali, Béjaia.

Figure 2.1: Ouvertures (fenêtres) rencontrées dans les constructions en pierre

[19]

2.2.2. Etat actuel du parc logement en Algérie

Après le 19^{ème} siècle, l'Algérie a joué un rôle important dans l'architecture. Là où les plus importantes théories de l'ingénierie moderne ont émergé à travers diverses expériences menées par l'ingénieur français Corbusier, qui a préparé des projets architecturaux pour l'Algérie. Ces projets ne se sont pas matérialisés, bien que ses conceptions et ses théories architecturales aient servi d'école et d'inspiration pour les ingénieurs.

Après l'indépendance est apparue une combinaison de l'architecture ne dépend pas d'un modèle uniforme. Nous trouvons des bâtiments construits par le citoyen moyen avec l'ingénierie des institutions gouvernementales et des logements sociaux.

La diversité et le changement d'architecture ont entraîné l'absence d'une politique d'ingénierie claire, et il est devenu nécessaire de rechercher une identité architecturale avec des caractéristiques communes de la ville

Les acheteurs d'aujourd'hui diffèrent de ceux des générations précédentes. À l'ère des téléphones intelligents, des applications et des maisons intelligentes, les exigences des demandeurs d'un logement moderne ont radicalement changé. Dans le même temps, à une époque connue sous le nom de la baisse des prix des maisons, les propriétaires modernes sont aujourd'hui plus sensibles aux coûts que jamais auparavant. Comme la recherche de la bonne propriété continue de se développer.

Les facteurs les plus importants sont l'efficacité énergétique et la consommation d'énergie, où le coût de la vie et le budget familial sont toujours des facteurs importants pour ceux qui sont à la recherche d'un nouveau médicament.

Mais depuis que les moyens de subsistance tels que l'essence et l'électricité augmentent, il n'est pas surprenant que les acheteurs veulent maintenant être sûrs de l'efficacité énergétique de la maison



Figure 2.2 : Hauteur dominant dans l'habitat collectif en Algérie (la région nord) entre R+4 et R+11 [13]

2.2.3. Typologie De L'habitat

Le logement est une des inventions architecturales parmi les plus importantes du vingtième siècle. Le vingtième siècle fut aussi caractérisé par une croissance démographique et une industrialisation sans précédent. Ces deux paramètres ont permis de résoudre les problèmes hygiéniques lié à la crise dû à la pénurie du logement à cette époque, cela par la construction massive de logements dans des laps de temps record et à des prix relativement raisonnables, cela n'aurait pu être possible si on n'aurait pas eu recours à la standardisation du logement.

On distingue les types d'habitat suivant:

- le logement individuel ;
- le logement semi collectif ;
- le logement collectif.

2.2.3.1. Logements individuels

Les logements individuels sont considérés comme Logements Individuels, les logements à un ou deux niveaux superposés et autres, situés dans un espace privatif ; cet espace est constitué par une parcelle de terrain comprenant des prolongements naturels tels que les cours et jardins.



Figure 2.3.: logement individuel(Ouargla) [13]

2.2.3.2. Logements semi collectif

Si l'habitat intermédiaire suscite un intérêt particulier auprès des professionnels, des maîtres d'ouvrage comme des maîtres d'œuvre, des aménageurs, comme des promoteurs immobiliers, ce n'est pas dû à l'attrait de la nouveauté mais à l'intuition que ces outils participent à un renouveau de l'habitat et de l'urbanisme.



Figure 2.3 : Logement semi collectif (Ouargla)[14]

2.2.3.3. Logements collectifs :

Les logements semi collectif sont considérés comme logements en immeubles collectifs ou Logements Collectifs, les logements groupés sur plusieurs niveaux, sur un terrain commun desservi par des circulations communes et possédant des locaux communs.



Figure 2.4 : Logements collectifs.[14]

2.3. Isolation thermique

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle a pour but de protéger les bâtiments et leurs occupants contre les effets de variations de température et des conditions atmosphériques ainsi que de l'humidité [15]. Généralement, ces matériaux, dits isolants, contiennent un gaz (fréquemment de l'air) emprisonné dans des cellules ou dans un enchevêtrement de fibres.

2.3.1. Nécessité de l'isolation thermique

Les deux critères nécessaires de la conception thermique des bâtiments sont la protection des occupants d'une manière automatique et passive, des facteurs climatiques pluies, vent, rayonnement, chaud ou froid de diverses parois, et l'optimisation de la consommation énergétique. Le concepteur doit faire en sorte que cette consommation (production de chaud ou de froid) reste dans les limites fixées par la réglementation et les possibilités financières des occupants, tout en assurant un niveau de confort défini par le maître d'ouvrage. L'isolation thermique introduite par les différents éléments de l'enveloppe de bâtiment constitue un important critère de performance énergétique. Elle permet de réduire les déperditions de chaleur, de réaliser des économies de chauffage, de limiter les émissions de gaz à effet de serre, et de bénéficier d'un meilleur confort de vie [16].

2.3.2. Classification des matériaux isolants :

2.3.2.1. Les isolants synthétiques :

- Le polystyrène expansé: c'est un dérivé de raffinage de pétrole . il renferme une multitude de billes liées par compression lors du moulage et qui emprisonnent l'air sec immobile. Il est caractérisé par une conductivité très faible (entre 0.029 et 0.038 w/m.k), une grande légèreté, une résistance mécanique élevée mais il est fragile au feu. [17].
- Polystyrène extrudé : il est issu de naphta. Il est caractérisé par une conductivité thermique varie est entre 0,029 et 0,037 W/m.K [17].
- Polyuréthanes: le mélange d'un polyol, un isocyanate et un agent d'expansion [18].

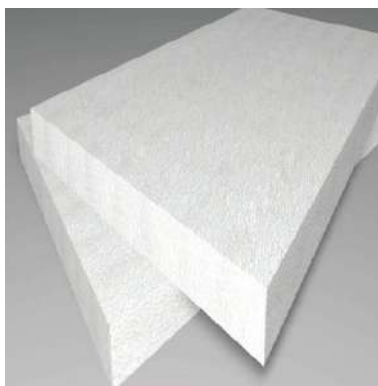


Figure 2.5: .Le polystyrène expansé



Figure 2.6: Polystyrène extrudé



Figure 2.7: Polyuréthanes

2.3.2.2. Les isolants minéraux :

- La laine de verre : elle est composée de la silice, du verre de récupération transformé par fusion, fibrage, et polymérisation. Il est caractérisé par une conductivité thermique varie entre 0.030 et 0.040 w/m.k.[18]
- La laine de roche : elle est transformée à partir du Basalte composé d'une roche volcanique, de fondant et de coke. Il est caractérisé par une conductivité thermique varie entre 0.032 et 0.040 w/m.k. [18]
- Le verre cellulaire : il est composé des millions de cellules fermés remplies de gaz inerte. Son origine est du sable ou calcin. Il est caractérisé par une conductivité thermique varie entre 0.038 et 0.055 w/m.k. [17]
- La perlite : c'est une roche volcanique siliceuse qui est concassée, puis chauffée à 1200 °C. La perlite est hydrophile, très durable et écologique. Son conductivité thermique est de 0.05 à 0.06 w/m.k. [17]
- La vermiculite : c'est du silicate de magnésite (source naturelle abondante). Son conductivité thermique est de 0.06 à 0.08 w/m.k. [18].



Figure 2.8: La laine de verre



Figure 2.9: La laine de roche



Figure 2.10: Le verre cellulaire



Figure 2.11: La perlite



Figure 2.12: La vermiculite

2.3.2.3. Les isolants d'origine végétale :

- Le chanvre : il est une laine naturelle. Sa culture est ancestrale. Son conductivité thermique est de 0.039 à 0.042 w/m.k. [18].
- La chèvénotte: c'est le cœur de la tige, des particules de cellulose de 2 cm. Son conductivité thermique, si elle est non traitée et associée à la chaux, est de 0.5 w/m.k. La chèvénotte bitumée présente une conductivité de 0.06w/m.k. [18]
- Le lin : il s'agit d'une plante annuelle à petites feuilles et jolies fleurs bleu violacé de 1m de hauteur. Elle est très sensible aux conditions de sol, de climat et de mauvaises herbes. C'est un matériau très écologique. Son coefficient de conductivité est entre 0,037 et 0,040 W/m.K. [18].

-
- Le kenaf: c'est une plante cousine de coton. Sa conductivité thermique est de 0.043 w/m.k. [18] .
 - Les fibres de coco et le corkoco : les fibres de coco sont des fibres multicellulaires dures issues de la bourre entourant la coque de noix de cocotier. C'est un épais mésocarpe fibreux composé en majeure partie en cellulose. Il est un produit écologique. Sa performance thermique est de 0.037 à 0.045 w/m.k. [18].



Figure 2.13: Le chanvre



Figure 2.14: La chèvénotte



Figure 2.15: Le lin

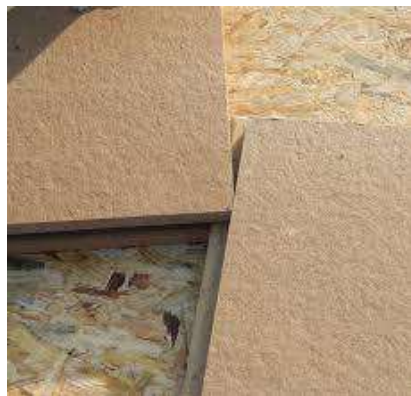


Figure 2.16: Le kenaf



Figure 2.17: Les fibres de coco et le corkoco

2.4. Propriété et performances thermiques des matériaux d'isolation :

2.4.1. Conductivité thermique :

C'est le flux de chaleur, par mètre carré, traversant un matériau d'un mètre d'épaisseur pour une différence de température de un degré entre les deux faces. Elle s'exprime en watts par mètre et par degré Celsius (W/m.°C). C'est une donnée intrinsèque à chaque matériau, qui caractérise donc uniquement ses performances isolantes [17]

2.4.2. Résistance thermique

La résistance thermique R mesure combien un matériau «résiste» à la perte de chaleur. La résistance thermique d'un matériau dépend de son épaisseur et aussi de sa conductivité thermique [19].

Inertie Thermique

2.4.3. Diffusivité thermique

La diffusivité thermique est la capacité d'un matériau de transmettre une variation de la température. Elle augmente avec la conductivité thermique et décroît avec l'augmentation de sa chaleur volumique. [19]. C'est aussi la vitesse de diffusion de la chaleur à l'intérieur d'un matériau.

2.4.4. Effusivité thermique

L'effusivité caractérise la capacité des matériaux à réagir plus ou moins rapidement à un apport de chaleur intérieur au logement, que cet apport soit le fait d'une source interne ou du rayonnement solaire. Plus l'effusivité est grande, plus la chaleur interne à la pièce sera absorbée rapidement par le mur, et donc, plus l'élévation de température dans le local sera limité [20].

2.4.5. Capacité calorifique:

C'est la capacité d'un matériau d'emmagasiner la chaleur par rapport à son volume. Elle dépend de trois paramètres : [21] La conductivité thermique du matériau (λ). La chaleur spécifique du matériau. La densité ou masse volumique du matériau.

2.5. Etude bibliographie

A été utilisé un modèle bottom-up pour modéliser et prévoir la consommation énergétique des bâtiments algériens jusqu'en 2040. Pour estimer la consommation annuelle d'énergie, le territoire algérien est divisé en zones climatiques en fonction du coût annuel de

consommation d'énergie pour le climatisation et le chauffage dans le secteur résidentiel.. Les besoins annuels en chauffage et en climatisation des bâtiments dans différentes régions d'Algérie (48 stations) sont évalués selon la méthode des degrés-jours. Ensuite, la technique du Système d'Information Géographique (SIG) est utilisée pour créer la cartographie de la zone climatique. Dans chaque zone, la consommation d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et les appareils domestiques est calculée. Les résultats ont montré que la consommation d'énergie finale est passée de 73,23 TWh en 2008 à 179,78 TWh en 2040. De plus, la zone climatique en Algérie est délimitée en sept zones. La zone 7 consomme 73% de l'énergie finale en Algérie.

utilisent des différentes techniques de modélisation pour modéliser la consommation d'énergie du secteur résidentiel. Deux approches distinctes sont identifiées: top-down and bottom-up. L'approche top-down traite le secteur résidentiel comme un puits d'énergie et ne concerne pas les utilisations finales individuelles[18]. Il utilise les valeurs énergétiques globales historiques et régresse la consommation d'énergie du parc de logements en fonction des variables de premier niveau telles que les indicateurs macroéconomiques (par exemple le produit intérieur brut, le chômage et l'inflation), le prix de l'énergie et le climat général. L'approche ascendante extrapole la consommation d'énergie estimée d'un ensemble représentatif des maisons individuelles aux niveaux régional et national, et se compose de deux méthodologies distinctes: la méthode statistique et la méthode d'ingénierie. Chaque technique repose sur différents niveaux d'informations d'entrée, différents calculs ou simulations techniques, et fournit des résultats avec une applicabilité différente. Un examen critique de chaque technique, en se concentrant sur les points forts, les lacunes et les objectifs, ainsi qu'un examen des modèles présentés

Littérature.

utilise un modèle d'énergie du bâtiment, basée sur les services technologiquement détaillées imbriqué à long terme, cadre d'évaluation globale, intégrée, GCAM, pour produire des scénarios de l'évolution du secteur des bâtiments indiens à travers la fin du siècle [22]. Les résultats soutiennent l'idée que l'Inde évolue vers les niveaux de revenu par habitant des pays développés, son secteur de la construction évoluera largement pour ressembler à ceux des pays actuellement développés (forte dépendance à l'électricité pour augmenter les charges de climatisation), mais avec des caractéristiques uniques en fonction de ses conditions climatiques, les préférences de carburant qui peuvent persister du présent (par

exemple, une préférence pour le gaz pour la cuisson), et les vestiges de son parcours de développement .

évalue le développement potentiel de l'utilisation de l'énergie pour le chauffage et la climatisation résidentiels futurs dans le contexte du changement climatique[22]. Dans un scénario de référence, la demande mondiale d'énergie pour le chauffage devrait augmenter jusqu'en 2030 puis se stabiliser. En revanche, la demande d'énergie pour la climatisation devrait augmenter rapidement sur toute la période 2000-2100, principalement en raison de la croissance des revenus. Les émissions de CO₂ associées pour le chauffage et le refroidissement passent de 0,8 Gt C en 2000 à 2,2 Gt C en 2100, soit environ 12% des émissions totales de CO₂ provenant de l'utilisation de l'énergie (la plus forte augmentation en Asie). L'effet net du changement climatique sur la consommation d'énergie et les émissions mondiales est relativement faible, car les baisses de chauffage sont compensées par des augmentations du refroidissement. Cependant, les impacts sur le chauffage et le refroidissement individuels sont considérables dans ce scénario, la demande d'énergie de chauffage diminuant de 34% dans le monde d'ici 2100 en raison du changement climatique, et la demande d'énergie de climatisation augmentant de 72%. À l'échelle régionale, des impacts considérables peuvent être observés, en particulier en Asie du Sud, où la demande d'énergie pour la climatisation résidentielle pourrait augmenter d'environ 50% en raison du changement climatique, par rapport à la situation sans changement climatique.

montre que l'impact environnemental de l'isolation supplémentaire des murs a un faible effet polluant par rapport aux émissions économisées[21]. En outre, la rentabilité est presque égale pour les épaisseurs d'isolation comprises entre 100 et 170 mm, où les coûts de construction supplémentaires pour l'isolation plus épaisse équilibrent les économies de coûts attendues sur le carburant acheté dans une perspective de 40 ans. Les facteurs environnementaux devraient alors favoriser l'isolation plus épaisse.

2.6. Conclusion

La conception de l'enveloppe thermique est une phase très importante pour assurer la sensation de confort en économisant la consommation énergétique. Alors que l'ignorance de cette phase peut favoriser l'inconfort intérieur. L'augmentation de l'inertie thermique va diminuer les fluctuations des températures de l'extérieur. Le rôle des matériaux de construction dans une enveloppe d'un bâtiment est primordial. Selon les critères objectifs ou individuels, leur choix a un impact direct sur la qualité de l'enveloppe thermique. Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction vont permettre d'augmenter ou de diminuer la performance énergétique.

Chapitre 3 : Prospective de la demande énergétique

3.1. Introduction

Ce chapitre est consacré au développement d'une méthode de comparaison entre les effets de différents types de matériaux d'isolation intégrés dans le mur extérieur de l'habitat pour réduire la consommation énergétique de climatisation et de chauffage. On développe une méthodologie originale pour la simulation et la prédiction de la consommation d'énergie liée à la climatisation et au chauffage en Algérie. Nous montrerons comment la pénétration des nouvelles technologies dans le parc de logements, au moyen du modèle bottom-up, permet, à l'horizon 2059, une approche prospective pertinente pour réduire la consommation énergétique. La méthode basée sur une série de simulation avec l'utilisation de logiciel TRNSYS et aussi sur le logiciel GIS qu'est développée pour modéliser la distribution spatiale de la consommation énergétique en fonction des taux de rénovation du marché, de la flotte de nombre d'habitat et des données démographiques. Cette approche est appliquée pour étudier les effets de l'isolation sur la consommation énergétique et sa projection à court et long terme en Algérie. Une étude technico-économique est présentée pour chaque cas. Les calculs sont basés sur la détermination de l'isolant qui permet de réduire la consommation énergétique avec un maximum d'économies d'énergie.

3.2. Modélisation prospective du secteur résidentiel en Algérie

3.2.1. Les stations météorologiques en Algérie

Pour assurer une surveillance continue de l'atmosphère, l'Office National de la Météorologie [23] a mis en place et exploite un réseau de stations d'Observation météorologiques couvrant les différentes régions climatiques du pays et comprenant [22] :

- 77 stations d'observation en surface x 12 stations d'observation en altitude
- 3 stations de recherche et d'observation spéciales (Tamanrasset, Tiaret, ksar chellala)
- 5 radars météorologiques (un parmi eux c'est un radar Doppler) et plus de 400 postes climatologiques
- 296 postes climatologiques dont 117 stations automatiques et 179 postes conventionnels [8].

Les critères de choix des stations sont basés sur trois critères essentiels :

- Données d'observations complètes ou quasi complètes.
- Stations professionnelles.

- Répartition spatiale uniforme.

Dans cette étude le calcul a été réalisé avec des fichiers climatiques annuels journaliers, sur la base des données de 48 stations météorologiques (Tableau 3.1).

Tableau 3.1: Aéroport et stations météorologiques.[8]

No.	Station	No.	Station	No.	Station	No.	Station
1	Adrar	13	Constantine	25	In Salah	37	Oum El Bouaghi
2	Ain Sefra	14	Dar El beida	26	Ksar Chellala	38	Setif
3	Annaba	15	Djanet	27	Maghnia	39	Sidi Bel Abbes
4	Batna	16	Djelfa	28	Mascara Matemore	40	Souk Ahras
5	Bechar	17	El Golea	29	Mecheria	41	Tamenrasset Airport
6	Bejaia airport	18	El Kheiter	30	Medea	42	Tebessa
7	Beni Abbes	19	El Oued	31	Miliana	43	Tiaret
8	Beni-Saf, Tle	20	Ghardaia	32	Mostaganem	44	Timimoun
9	Biskra	21	Guelma	33	M'sila	45	Tindouf
10	Bordj B. Mokhtar	22	Hassi Messaoud	34	Naama	46	Tizi Ouzou
11	Bordj Bou Arreridj	23	Illizi	35	Oran Senia	47	Tlemcen Zenata
12	Bou Saada	24	In Amenas	36	Ouargla	48	Touggourt

3.2.2. Le parc de logements en Algérie

Depuis une cinquantaine d'années, l'Algérie est confrontée à un phénomène d'urbanisation accélérée, sans précédent dans l'histoire du pays. Le problème du logement en Algérie a pris des proportions considérables au fil du temps car confronté à un rythme d'urbanisation effréné et une croissance démographique trop élevée. La production du logement dépendait, jusqu'aux années actuelles, des ressources financières et matérielles de l'Etat ; devant la persistance de la crise du logement, l'Etat a avoué son incapacité à répondre, seul, à cette demande. Comme indiqué dans l'Office National des Statistiques [8], le nombre d'habitat est augmenté depuis 2004 jusqu'à 2010, il atteint en 2010 près de 5.71 million comme la montre dans la figure (3.1), le taux de croissance en 2006, dépasse 4 % ; les statistiques prévoient un taux de 1.73% en 2017.

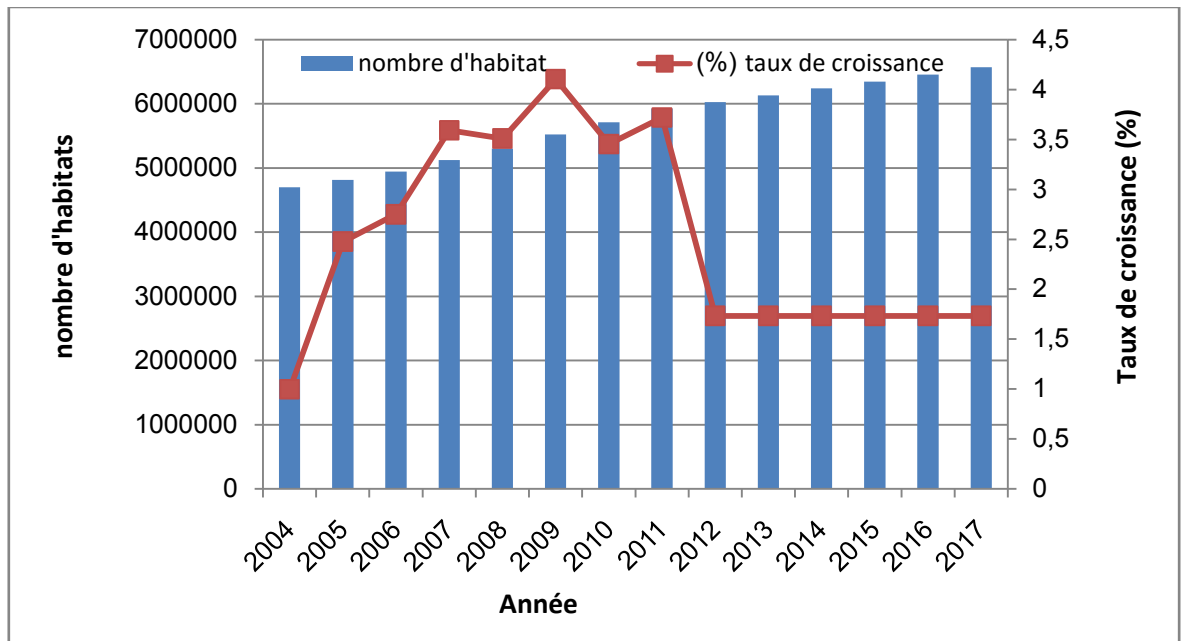


Figure 3.1. Évolution du parc logement en Algérie par année[4].

3.2.3. Consommation final par secteur résidentiel :

L'augmentation résultant par la croissance démographique entraîne une augmentation du nombre de logements, ce qui entraîne une pression considérable et une augmentation continue de la demande énergétique. La proportion de la part de l'énergie en Algérie est présentée dans la figure suivante:

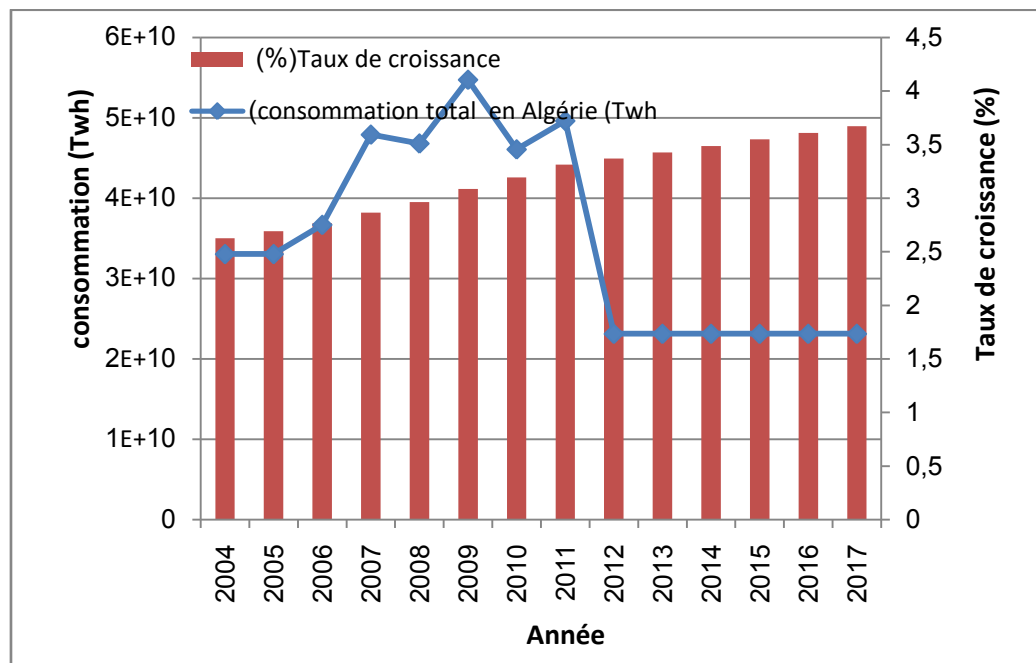


Figure.3.2. La consommation d'énergie par secteur résidentiel [4]

On remarque que dans la période de 2004 à 2007, la consommation d'énergie en Algérie est passée de 4697843 Twh par personne à 5124566 Twh soit une augmentation de 4%. Entre 2012 et 2007 le taux de croissance reste presque constant, il atteint 1.73% en 2017.

3.2.4. Méthodologie de travail

La méthodologie suivie pour vérifier les hypothèses émises et atteindre les objectifs tracés repose sur des données du scénario central de la démographie et du parc de logements de l'Office national des statistiques algérien et sur une étude de simulation. La poursuite des tendances actuelles, en termes de consommations d'énergie à l'horizon 2059, permet de tracer un scénario de référence sur lequel le mémoire s'appuie pour identifier les actions à mettre en œuvre afin d'y apporter d'éventuelles solutions.. La méthodologie consiste à intégrer des différents types des matériaux d'isolation pour l'évaluation des performances énergétique et du confort thermique des bâtiments à l'aide de la simulation numérique avec le calcul de consommation d'énergie annuelle.

La consommation énergétique de chaque zone sera déterminée par la consommation spécifique de l'habitat multiplié fois le nombre total de l'habitat dans chaque zone.

La méthode sera appliquée est cette étude est basée sur ce qui suit:

$$\text{Cons fin} = \text{Cons spéc} \times \text{nombre d'habitat} \quad (2.1)$$

Cons fin : consommation finale

Cons spéc : consommation spécifique

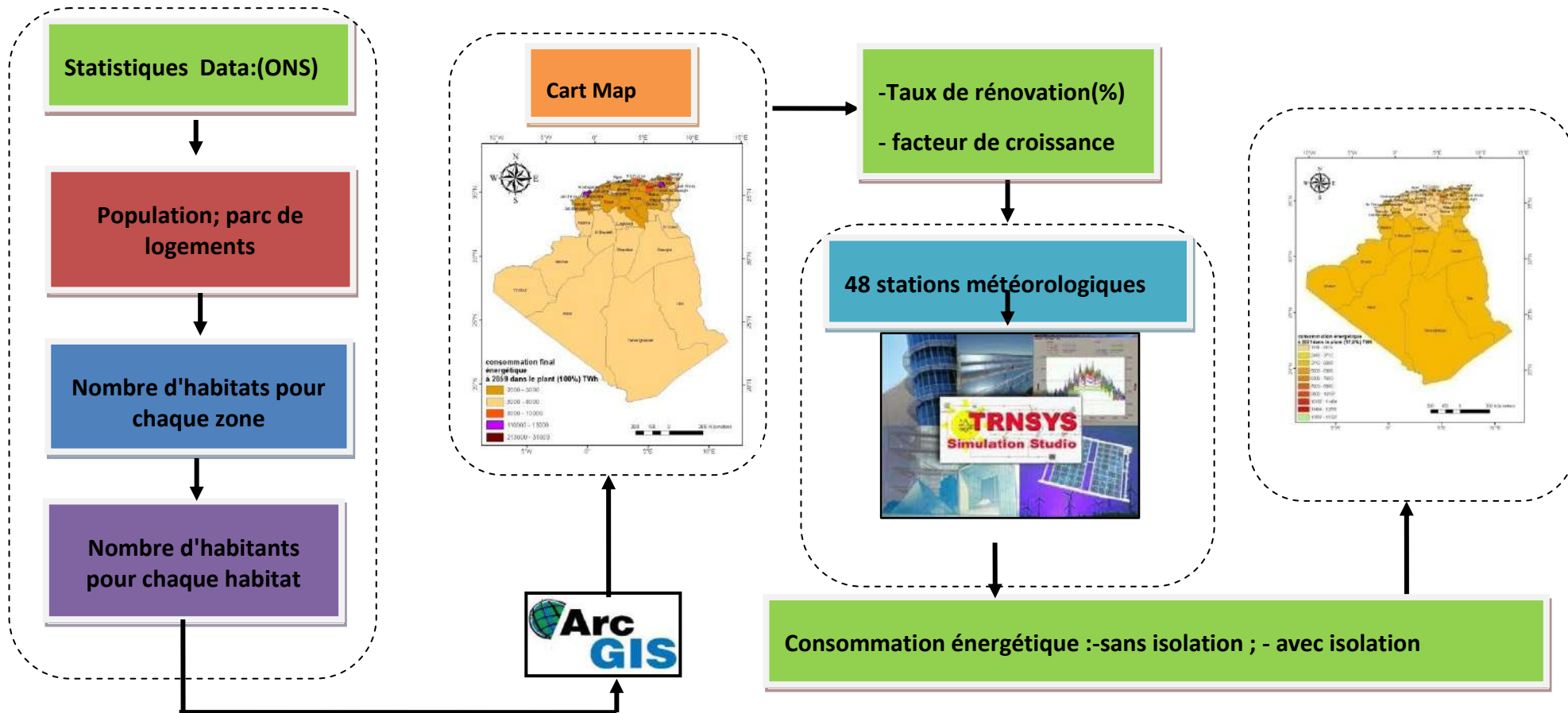


Figure 3.3. Méthodologie de travail

3.3. Prospectifs

La prospective s'est développée pour répondre spécifiquement au besoin de planification à long terme dans des secteurs soumis à des interactions multiples et qui doivent tenir compte de l'impact de divers futurs importants ; elle se présente donc comme une forme nouvelle de planification [17]. La prospective a pour but de structurer la vision de l'avenir

3.3.1. Modèles prospectifs

Il existe plusieurs Modèles dans l'élaboration d'une analyse prospective.

3.3.1.1. Modèles bottom -up et top-down

Ces modèles sont basés sur une formulation mathématique des comportements. En intégrant les trois sphères que sont l'économie, l'énergie et l'environnement, ces instruments permettent d'orienter les grands axes stratégiques des décideurs dans un cadre concurrentiel et en forte évolution [22].

3.3.1.2. Modèles top-down ou économiques

Le modèle top-down s'appuie essentiellement sur les données historiques pour estimer la consommation d'énergie. Ceci constitue un inconvénient, et ce, malgré le recours à la technique technologique. L'approche top-down montre là son incapacité à modéliser le progrès discontinu dans la technologie

3.3.1.3. Technique statistiques

La méthode statistique est basée essentiellement sur les données historiques pour identifier la relation entre la demande en énergie finale et la production. De nombreux chercheurs appliquent cette méthode pour évaluer la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel. Cette technique s'appuie, pour construire ses bases de données, sur les informations fournies par les facturations énergétiques des clients [16].

3.4. Méthode de Degré-jours

La construction des zones a été effectuée selon le critère du nombre de degrés jours d'hiver et le nombre de degrés-jours d'été. Deux types de zonage ont été établis:

- Un zonage sur la base des degrés jours de chauffage à base 18°C;
- Un zonage sur la base des degrés jours de climatisation à base 26°C.

3.4.1. Degré-jours de Chauffage ou de climatisation

Mesure de la différence entre la température moyenne d'un jour donné par rapport à une température de référence et qui exprime les besoins en chauffage ou en climatisation domestique.

$$CCd \text{ ou } (HDD) = \sum_{i=1}^{365} |T_m - T_b| \quad (2.2)$$

CDD : degré-jours de climatisation

HDD : degré-jour de chauffage

La notion de degrés-jours permet d'évaluer la rigueur de la saison de chauffage et de climatisation. Il est donc ainsi possible de comparer les besoins de chaleur de différents bâtiments ou d'un même bâtiment à diverses périodes, en s'affranchissant des variations dues au lieu et au moment, et par conséquent des variations météorologiques.

Cette méthode permet de mesurer les besoins en climatisation au cours des mois chauds d'été par rapport à une température de référence T_b .

La température de référence utilisée est 26°C. Lorsque la température extérieure est supérieure à 26°C, les gains internes peuvent augmenter la température intérieure au-dessus des températures de confort et impliquent des besoins de climatisation.

3.5. Description du plan de maison typique

La construction typique la plus couramment utilisée en Algérie a été choisie. La maison a une surface de 80 m², hauteurs de mur sont égaux à 3 m tandis que les autres dimensions sont montrées en détail dans la (figure.2.2).

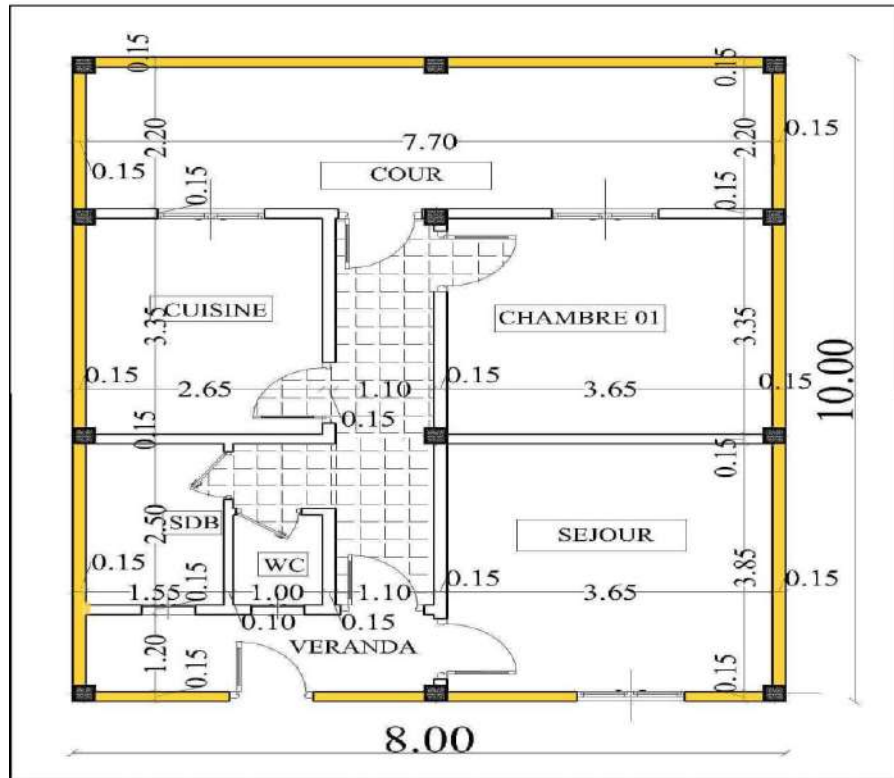


Figure.3.4. plan de maison typique.

En Algérie, ils utilisent habituellement le mur multicouche dans le mur de l'enveloppe des maisons (figure 2.3); la paroi multicouche est composée d'un espace d'air comme isolant au milieu des deux couches de brique, d'une couche de plâtre à l'intérieur et une couche de ciment sur les surfaces extérieures.

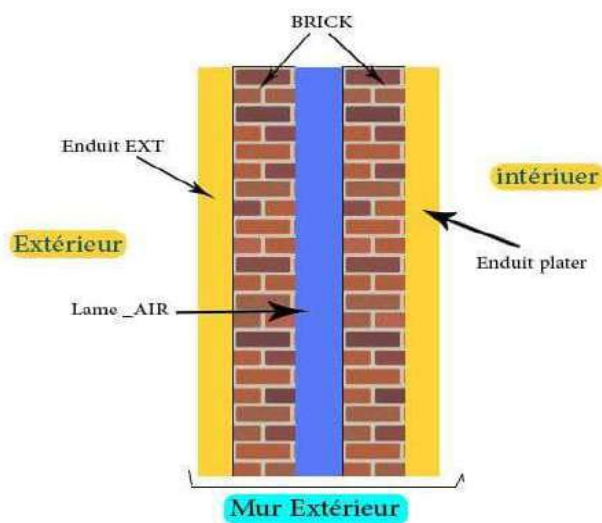


Figure. 3.5. Paroi extérieure sans isolant

Les murs intérieurs (ou parois de séparation) sont considérés comme étant de structure lourde faite de brick entourées de deux couches de plâtre.

Le toit se compose, de l'extérieure à l'intérieure, d'une couche de mortier, béton lourde, Hourdis et couche de plâtre.

Les épaisseurs de chaque matériau utilisé et ses caractéristiques thermiques sont données dans le tableau 2.1.

Tableau 3.2 : Calcul du coefficient de transmission de chaleur K.

Parois	Paramètres	Composants					Ki (W/m ² K)
Les murs	-	Enduit	Brique	Lame d'air	Brique	Plâtre	0.710
	K	4.152	1.69	0.216	1.69	1.264	
	e (m)	0.015	0.2	0.03	0.2	0.015	
	R (K.m ² /W)	0.013	0.426	0.500	0.426	0.043	
Le toit	-	Mortier	Béton lourd	Hourdis	Plâtre		0.807
	k (kJ/h.m.K)	4.152	0.578	4.801	1.264		
	e (m)	0.015	0.15	0.2	0.05		
	R (K.m ² /W)	0.013	0.934	0.150	0.142		
Le plancher	-	Terre	Beton	mortier	Carrelage		4.059
	k (kJ/h.m.K)	0.252	6.318	4.152	6.137		
	e (m)	0.005	0.2	0.05	0.03		
	R (K.m ² /W)	0.071	0.114	0.043	0.018		
$h_i = 9 \text{ W/m}^2 \text{ K} , h_e = 22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$							K= 0.174

3.6. Matériaux d'isolation choisis

La demande énergétique annuelle d'un bâtiment pour le chauffage et le refroidissement est affectée dans une certaine mesure par la stabilité thermique du bâtiment lui-même. Cette stabilité thermique du bâtiment dépend des réponses thermiques dynamiques de tous les composants de l'enveloppe du bâtiment (murs extérieurs, cloisons internes, plafonds et planchers) aux variations de température externes et internes.

Les réponses dynamiques sont déterminées par les propriétés thermiques des matériaux, les quantités totales de matériaux utilisés et leur disposition spécifique dans les structures [E. Kossecka, 2002]. Les bâtiments devraient être isolés selon les conditions et les exigences environnementales.

Les matériaux d'isolation thermique comme les autres matériaux naturels ou artificiels présentent des propriétés dépendant de la température qui varient avec la nature du matériau et l'influence de l'écart de température.

Dans cette étude la structure de mur extérieur est utilisée dans les calculs pour chacun des matériaux d'isolation choisis et pour toutes les zones en Algérie. Il s'agit d'une paroi multicouche composée d'une couche d'isolation située entre la couche de brique et de lame d'air (figure 2.4). Trois matériaux d'isolation sont sélectionnés. Les caractéristiques physiques des matériaux d'isolation utilisée sont indiquées dans le Tableau 2.2.

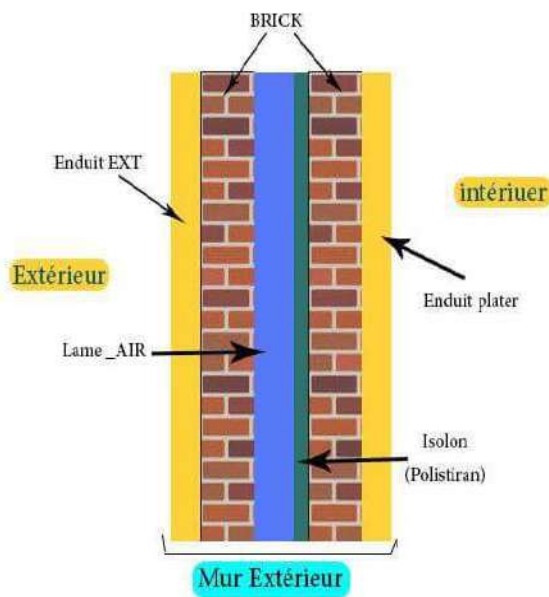


Figure. 3.6. Paroi extérieure avec isolant

Tableau 3.3. Les caractéristiques physiques des matériaux d'isolation

	$\lambda(\text{w/m.k})(\text{kJ/h.m.k})$	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$C_p(\text{kJ/kg.k})$	$e(\text{m})$
Lain –AIR09	0.216	1	1.227	0.03
Polystyrène	0.13	28	1.27	0.006
Laine de verre	0.169	20	2.32	0.006

3.7. Consommation annuelle de carburant

La consommation annuelle de carburant peut être calculée en divisant la perte de chaleur annuelle par l'efficacité η_S et LHV_{gaz} du chauffage, en divisant la perte annuelle de chaleur "COP" par le système de refroidissement ((M. Ozel, 2011) .

$$E_{Ch} = \frac{Q_{ch}}{\eta_s \text{LHV}_{\text{gaz}}} \quad (2.3)$$

Où:

E_{ch} : besoin annuel en chauffage, (kWh/m²),

LHV_{gaz} = 35.22 MJ/m³

$\eta_S = 0.93$

(I. Staffell, 2011)

(N. Daouas, 2011)

De même pour le climatisation, elle est donné par:

$$E_C = \frac{Q_c}{COP} \quad (2.4)$$

Où:

E_c : besoin annuel en climatisation, (kWh/m²),

COP : coefficient de performance du système de climatisation, pris égal à 2,5. (N. Daouas, 2011)

3.8. Calcul et analyse des coûts

Le coût annuel de gaz

$$C_{ch} = E_{ch} C_e \quad (2.5)$$

Où:

C_c : coût annuel d'électricité, (\$/an),

C_e : coût d'électricité, égal à (€/kWh) .

Le coût annuel d'électricité

$$C_c = E_c C_e \quad (2.6)$$

Où:

C_c : coût annuel d'électricité, (\$/an),

C_e : coût d'électricité, (€/kWh)

Le coût totale dépend principalement du coût de matériau isolant, coût de l'énergie, chauffage et climatisation annuels, efficacité du système de chauffage, coefficient de performance de l'équipement de refroidissement, durée de vie du bâtiment et inflation et les taux d'intérêt.

Le coût total est la somme du coût du matériau d'isolation et la valeur actuelle du coût de la consommation d'énergie sur la durée de vie du bâtiment. Le coût total par unité de surface de mur est donnée par:

$$C_t = PWF \cdot C_A + C_i L_i \quad (2.7)$$

C_A : est la somme entre le coût de la consommation des systèmes de chauffage et de climatisation

PWF : « Present Worth Factor », facteur d'actualisation ou bien facteur de la valeur actuelle sur une durée de N ans.

où:

$$PWF = \frac{(1+r)r^N - 1}{r(1+r)^N}, \begin{cases} i > g, & r = \frac{i-g}{i+g} \\ i < g, & r = \frac{g-1}{i+1} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$PWF = \frac{N}{1+i}, i = g$$

Où :

N : Durée de vie, choisie égale à 50 ans.

r : Taux d'actualisation (%),

i : Taux d'intérêt (%), étant pris pour 8,75 %, (MFCNC, 2011)

g : Taux d'inflation (%), étant pris égal à 3,5 %

C_i : coût d'isolant

L_i : épaisseur d'isolant

3.9. Coût de l'énergie

Le coût est un facteur important dans la discussion de la consommation d'énergie et le tableau II.3 présente Les coûts de l'électricité et du gaz naturel dans l'énergie résidentielle. Ceux-ci ont été choisis car ces combustibles constituent la majorité dans le secteur résidentiel. Les différents combustibles sont présentés par kilowatt-heure (kWh).

Tableau.3.4. Les coûts de l'électricité et du gaz naturel dans l'énergie résidentielle.

Pays	coût de l'électricité dans l'habitat (€/kwh)	coût du gaz naturel dans l'habitat (€/kwh)
Algérie	1.72-4.05	0.005
Portugal	20.8	8.4
Espagne	22.3	7.3
France	17.4	6.8
Italie	22.9	8.3
Grèce	15.6	7.7
zone euro	21.3	7.4

3.9. Résultats et discussions:

3.9.1. Projection de l'évolution de population

La population algérienne a atteint 40,4 millions d'habitants en 2016 et selon les estimations de l'Office national des statistiques (ONS), elle aurait augmenté encore de 800 000 personnes au premier janvier 2017, compte tenu de la reprise soutenue de la natalité

observée depuis une dizaine d'années. En effet, pendant deux années consécutives (2014 et 2015), l'Algérie a enregistré plus d'un million de naissances par an.

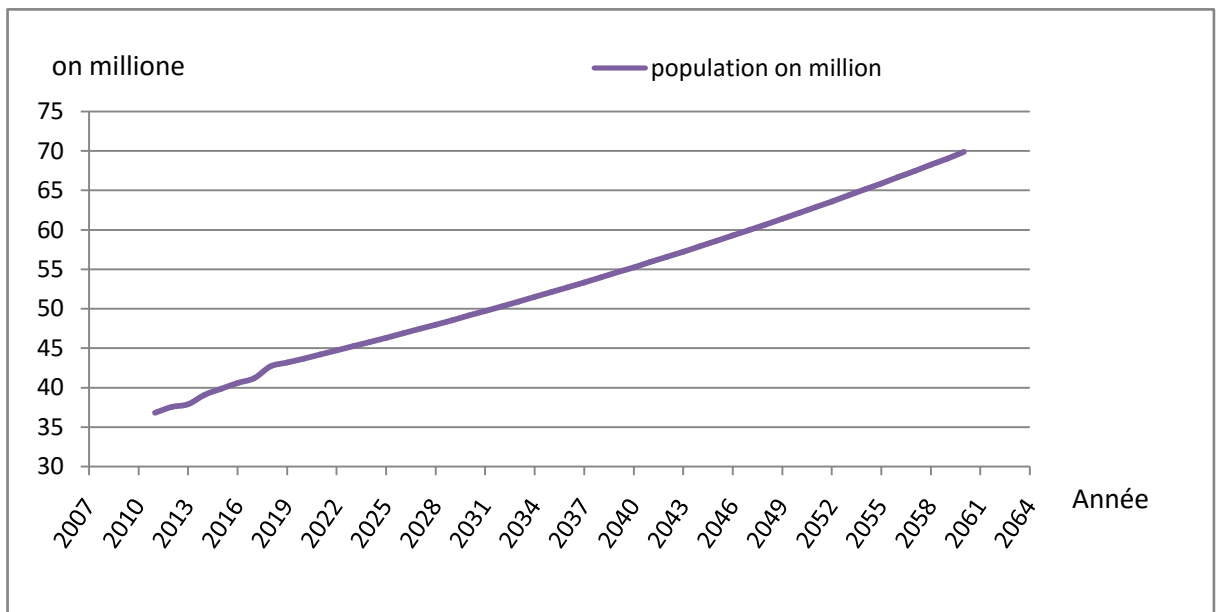


Figure 3.7 : Evolution prospective de la population.

À travers la courbe prévisionnelle de la croissance démographique, nous notons que le scénario démographique augmente régulièrement au cours des années entre 2019 et 2030, par rapport aux années précédentes. Où entre 2007 et 2012 de 1,34%. Et le taux de diminution de l'augmentation en 2013 d'environ 1,18% et nous notons une augmentation différente en 2018 et retour à la stabilité

3.9.2. Projection de l'évolution du parc de logement

Le problème du logement en Algérie a pris des proportions considérables au fil du temps car confronté à un rythme d'urbanisation effréné et une croissance démographique trop élevée.

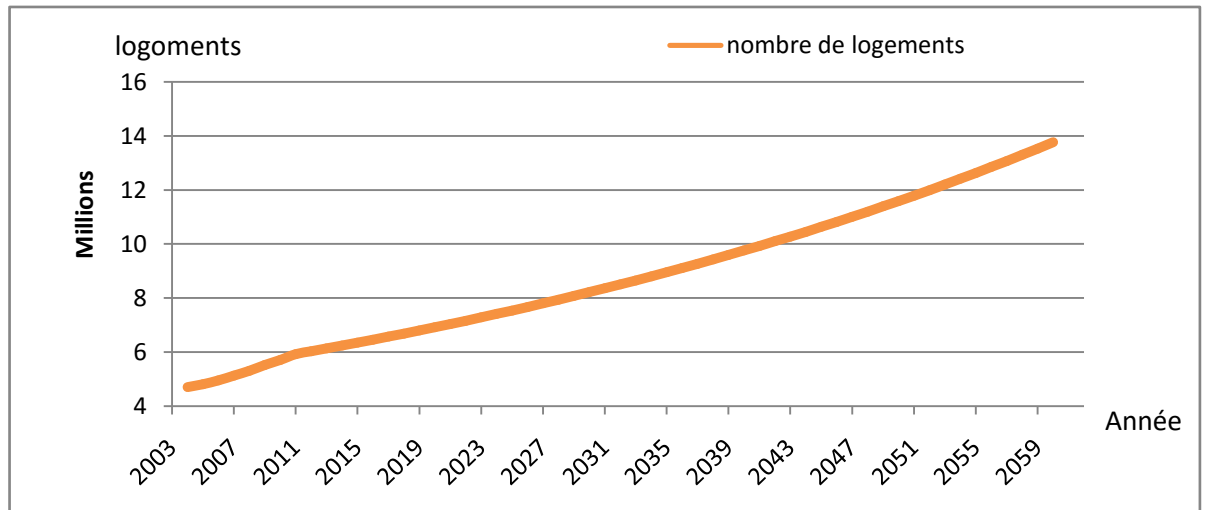


Figure.3.8 Evolution prospective du parc de logement.

La Figure.3.8 représente l'évolution du parc de logement à l'horizon 2059 pour les scénarios tendanciel (sans isolation).on observe que le nombre de logement a atteint 6570092 en 2017 reflétant une croissance de plus de 30.17% par rapport à 2008. Pour les prochaines années, nous prévoyons une augmentation significative de la demande dans le secteur du logement. De la courbe précédente, nous remarquons que l'augmentation atteindra 13530934 en 2059, soit un taux d'évolution de 60.86%.

3.9.2. Projection de la consommation énergétique

Ces dernières années, la consommation énergétique dans le secteur résidentiel a connu une évolution importante. Cette forte augmentation de la consommation énergétique est une conséquence de l'augmentation substantielle de la population, du nombre de logements, des prix bas de l'énergie conventionnelle, de l'augmentation du nombre d'équipements électriques dans chaque foyer, de l'utilisation des équipements électriques non -économiques telles que les lampes à incandescence et de l'absence de la sensibilisation sur la maîtrise et l'efficacité énergétique. La projection de la demande énergétique est représentée dans la figure suivante :

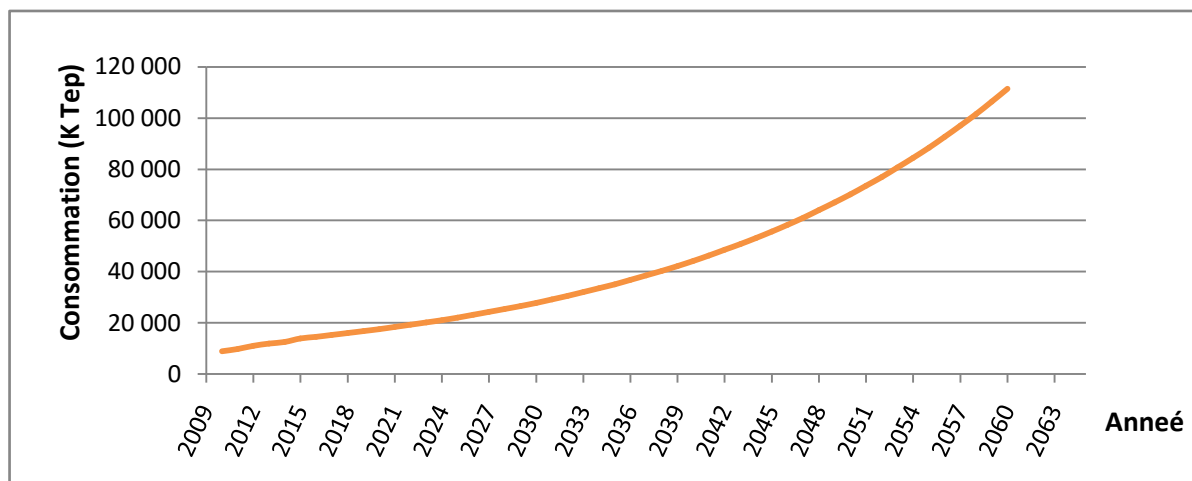


Figure.3.9 : Evolution prospective de la consommation nationale d'énergie dans le secteur résidentiel.

La consommation énergétique est en progression, elle passera de 15 273TWh en 2017 à 106413 TWh en 2059 où le taux de croissance moyenne sur la période 2015-2059 est d'environ 13% par an. Pour les années 2030, 2035, 2030 et 2045, la consommation énergétique est calculée tendanciuellement à partir des années 2017.

3.9.4. Estimation des matériaux d'isolation incorporés dans les bâtiments

Une politique du logement ne se limite pas à offrir des logements selon les catégories socioprofessionnels des demandeurs. Elle doit être garante de la qualité de ces logements, de nos jours celle-ci repose sur énormément de facteurs. D'abord ce qui est inhérent au logement lui-même, sa surface, son agencement, la qualité des matériaux, l'isolation phonique et thermique, sa consommation d'énergie. Pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments, nous avons suggéré dans cette étude un processus de réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie et l'estimation de leurs résultats à long terme.

Il est nécessaire de connaître le taux de rénovation et de réhabilitation du bâtiment par l'utilisation de l'isolation thermique.

Le tableau suivant illustre la planification proposée à l'horizon 2059 pour l'Algérie et le taux de rénovation pour chaque période :

Tableaux 3.4: Planification proposée à l'horizon 2059 pour l'Algérie.

	2017 -2024	2024 -2031	2031-2038	2038-2045	2045-2052	2052-2059
Plans	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
taux rénovation (%)	7	17.9	32.6	52.1	73.7	100

3.9.5. Répartition de l'Algérie

La méthodologie d'évaluation de consommation d'énergie dans le secteur résidentiel est élaborée à partir d'une approche de croisements de données démographiques et des résultats d'études récentes réalisées sur la consommation énergétique en Algérie. L'année 2017 est prise comme référence. Les populations réparties à travers les différentes régions géographiques ont été calculées par actualisation des données du dernier recensement général de la population réalisé en 2017 par l'office nationale des statistiques (ONS). L'actualisation de la population Algérienne a été réalisée à partir d'un taux moyen d'accroissement de la population de l'ordre de 1.6% pour l'ensemble du pays.

Le recensement général du parc de logement en 2017 de l'ONS donne le nombre de logement par wilayas. A partir de ces données, cinq groupes de régions ont été déterminés (voir Figure 3.10):

- zone 1 : comprenant uniquement la capitale Alger, avec plus de 1453498de logement.
- zone 2 : comprenant1000000régions avec une part de logement variant entre1280000et 1282737de logement.
- zone 3 : comprenant 1000000 régions, pour lesquelles le nombre de logement varie entre 1200000et 1279542.de logement.
- Zone 4 : comprenant6000000 régions avec une part de logement variant entre 6500000et6552692de logement.
- Zone 4: comprenant2700000régions, avec une part plus faible de logement (inférieur à 2763711de logement).

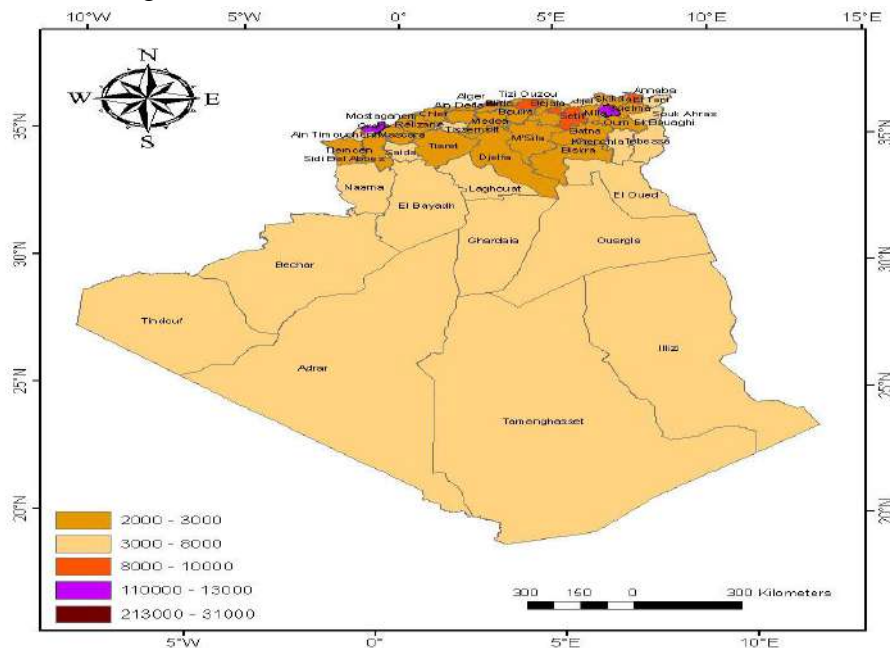
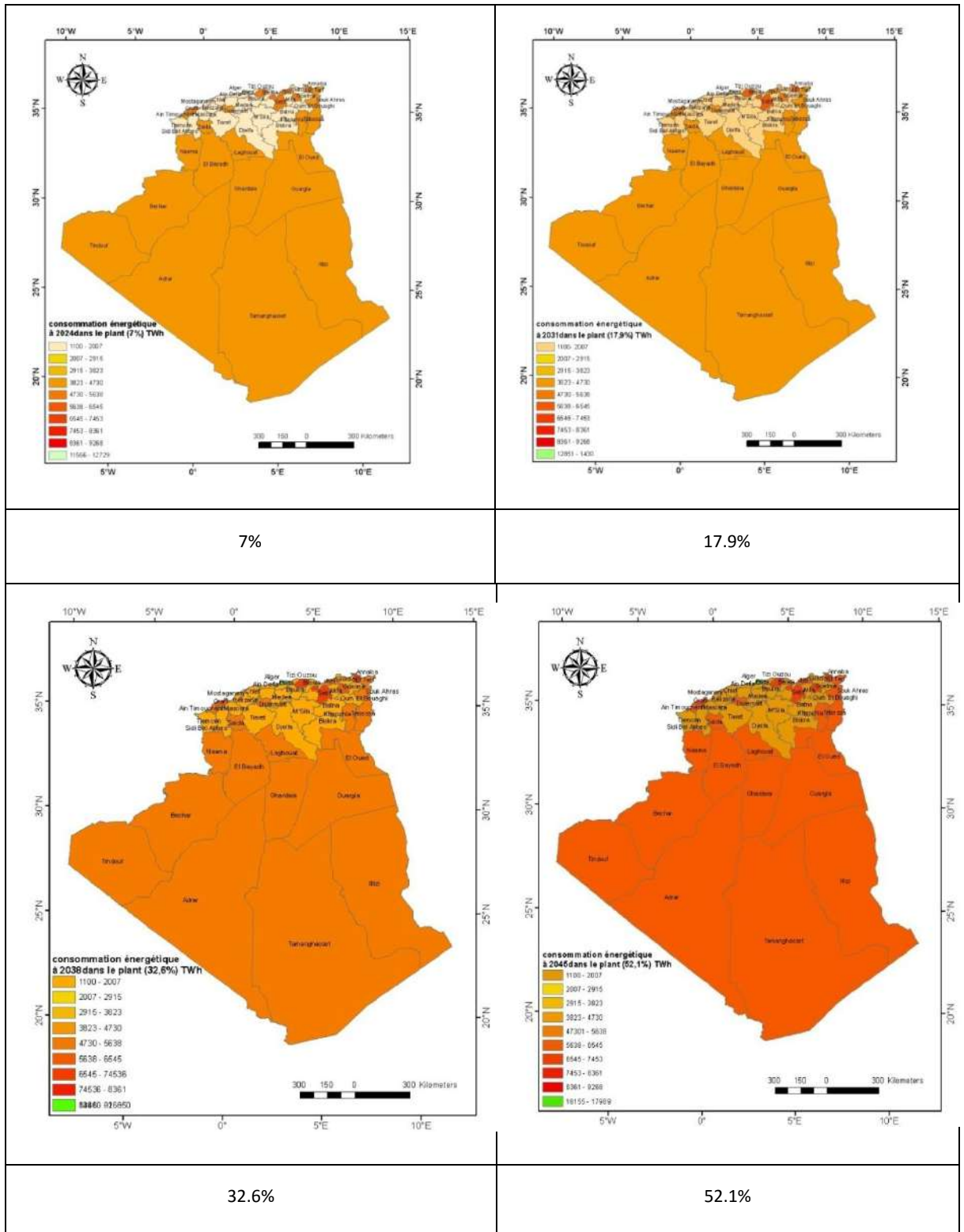


Figure.3.10: Répartitions des logements pour chaque zone

3.9.6. Estimation de consommation énergétique dans les logements après l'intégration de poly-exte:

La figure (3.11) représente la diminution de la consommation énergétique pour différentes valeurs de taux de rénovation et dans chaque zone.



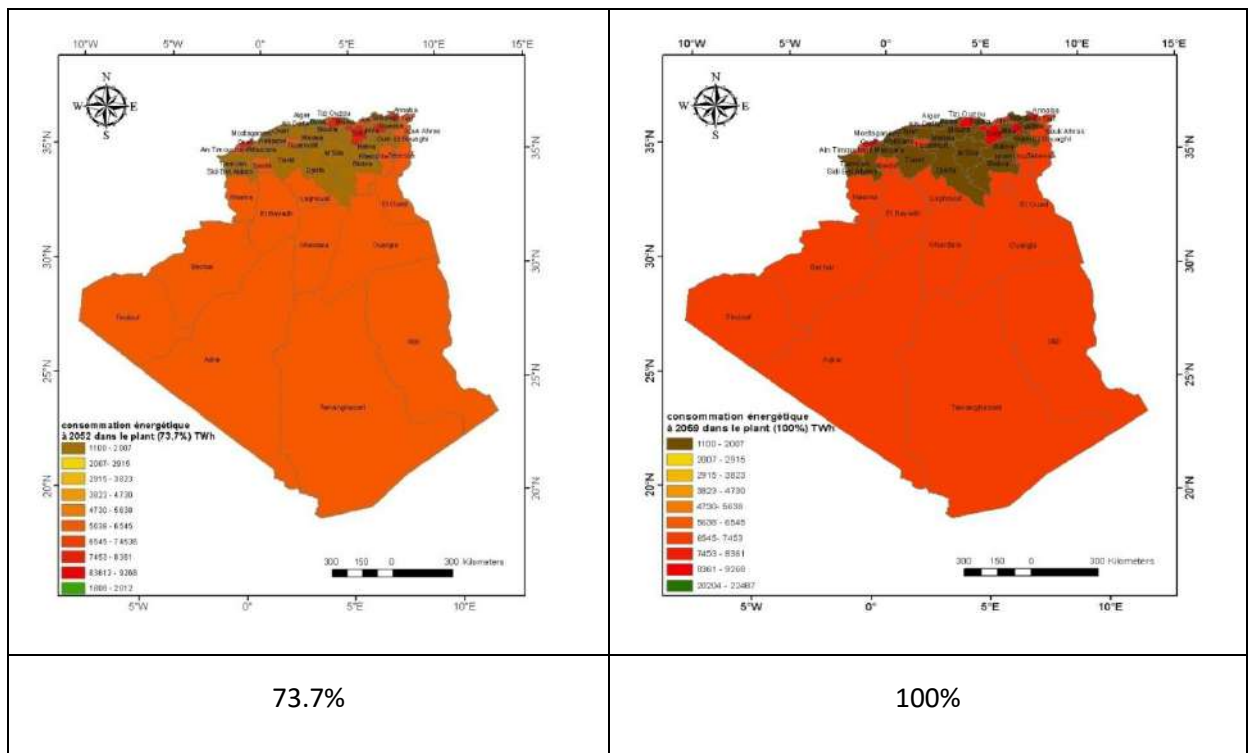
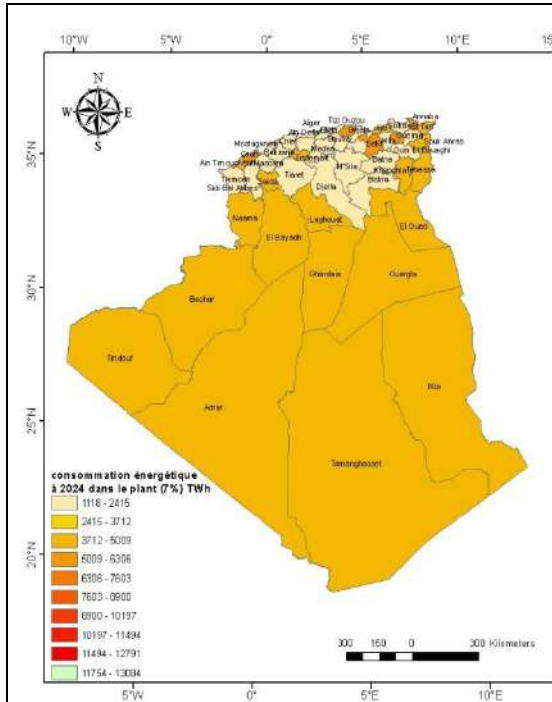


Figure 3.11 répartition spatial de la consommation énergétique après l'intégration de polystyrène

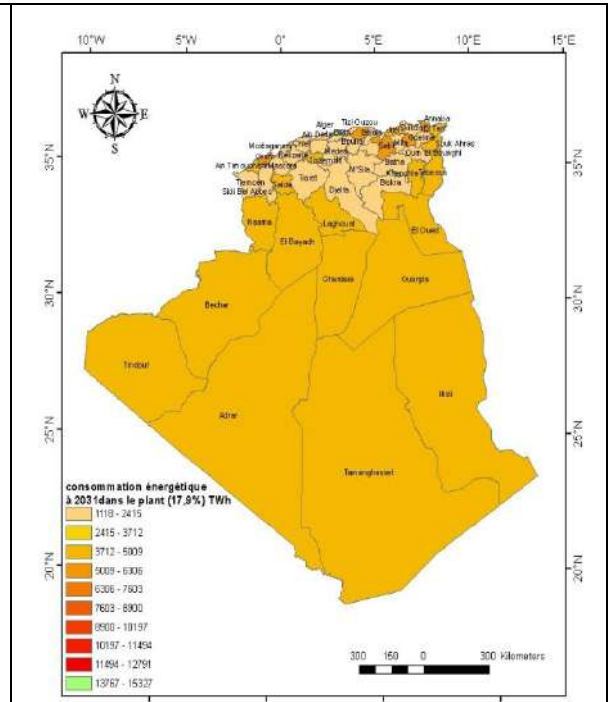
La figure montre que la consommation d'énergie diminuée avec l'augmentation de taux de rénovation, l'augmentation de la population et de nombre de logement. Pour un taux de rénovation de 7% la consommation énergétique atteint de 12729TWh dans la zone 1(wilaya d'Alger) et de 8361TWh dans la zone 2 (Constantine et Oran) où une trouve une forte consommation, en raison de grande Densité de population. Une diminution de 17989 de la consommation au niveau de cette zone à une taux de rénovation de 100%.

3.9.7 Estimation de consommation énergétique dans les logements après l'intégration de laine de verre:

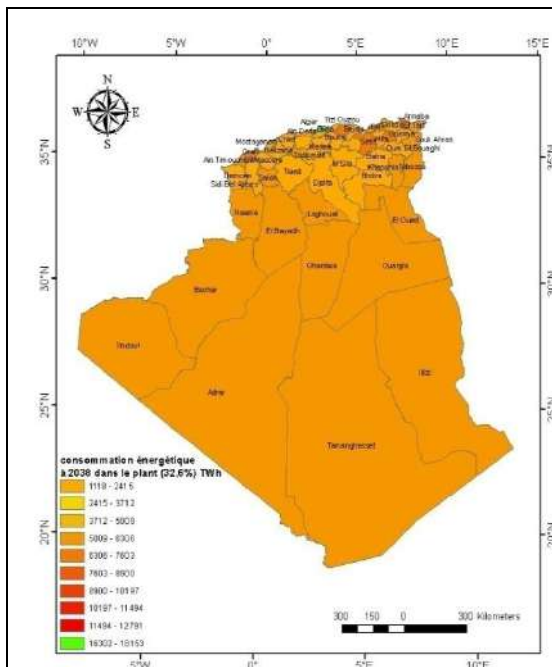
La figure (3.12) représente l'effet du taux de rénovation des logements après l'intégration de laine de verre sur la distribution de la consommation énergétique annuelle du premier plan P1 au dernier plan P6 pour chaque zone.



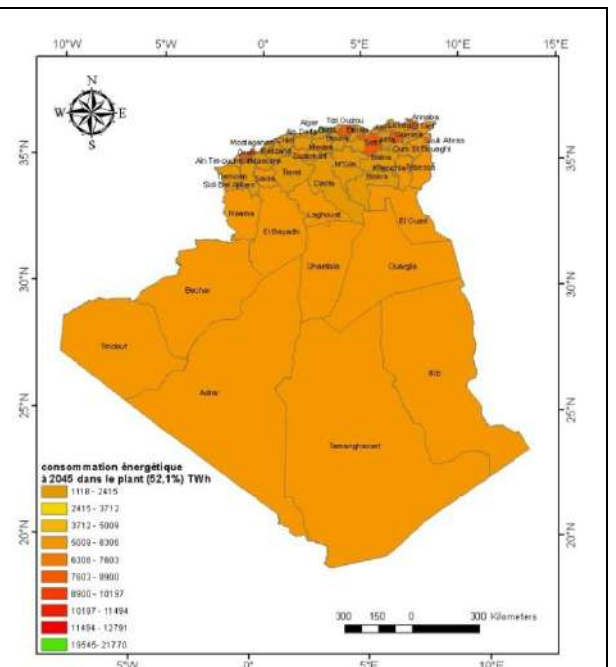
7%



17.9%



32.6%



52.1%

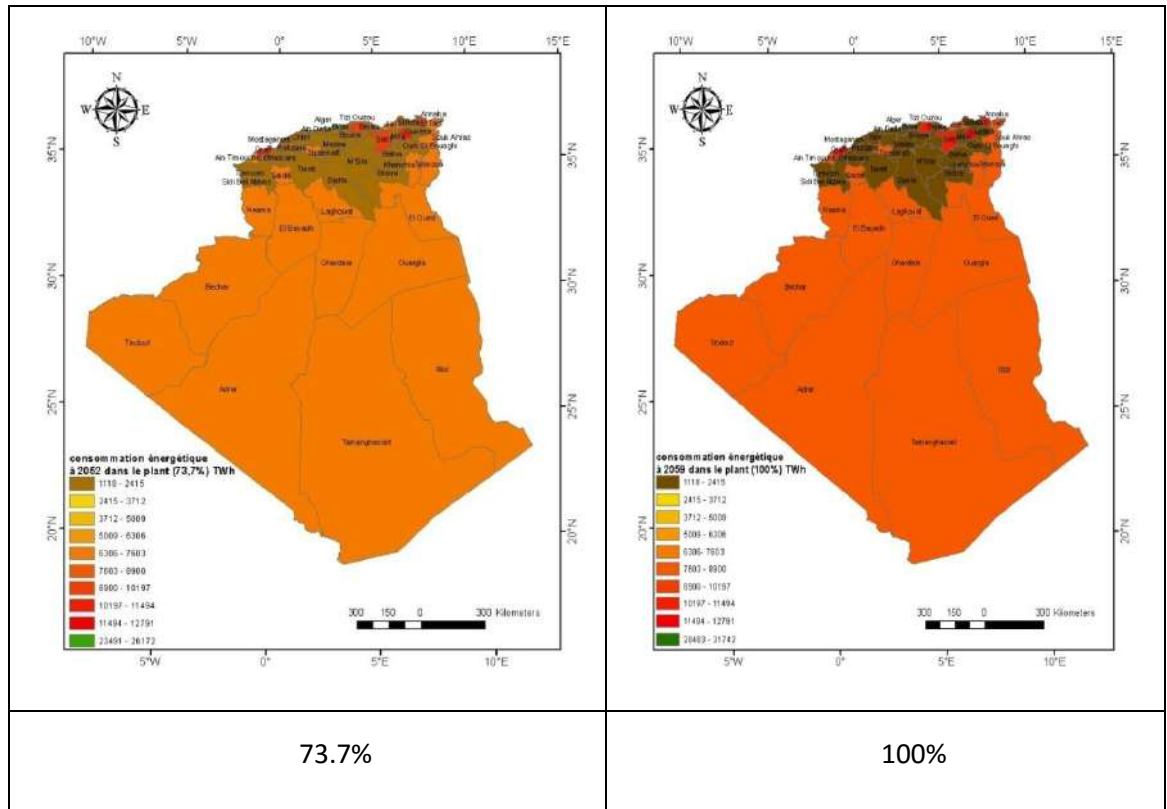


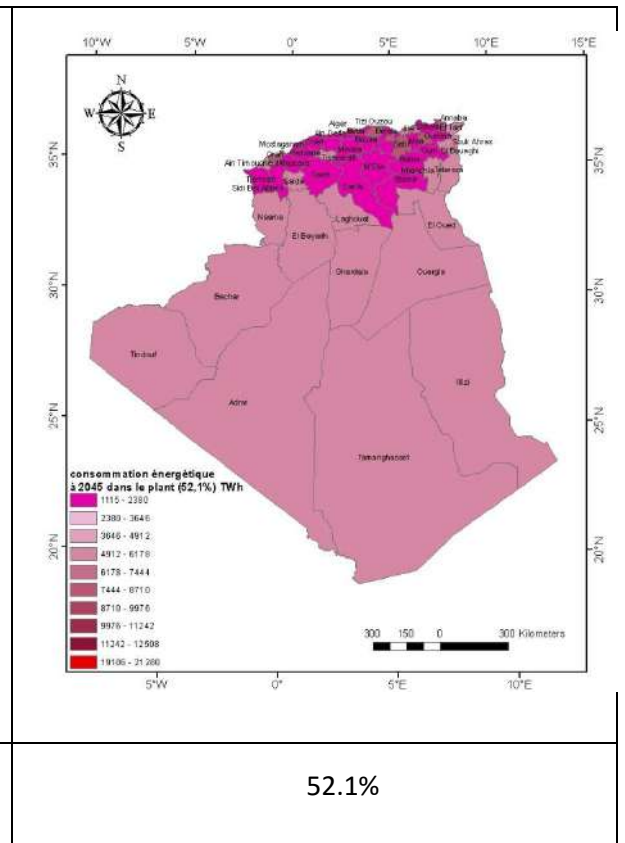
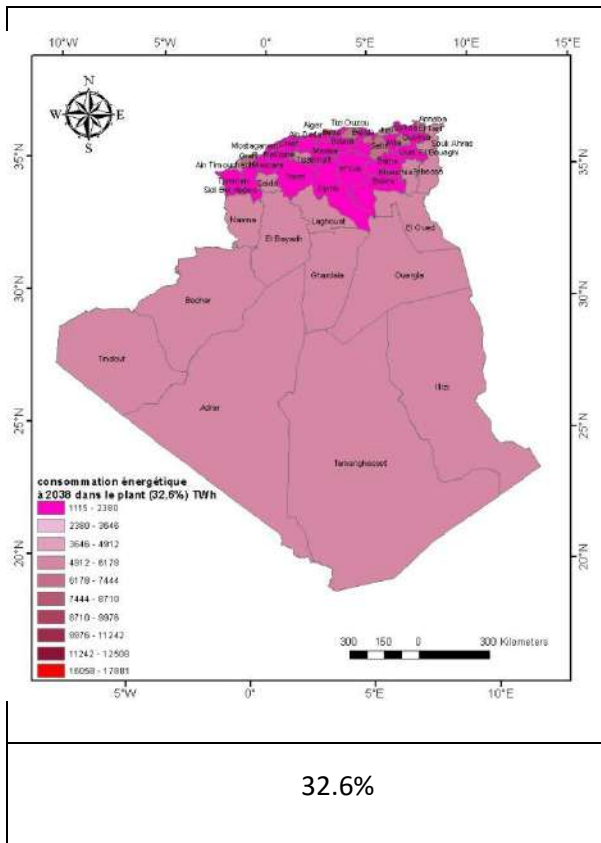
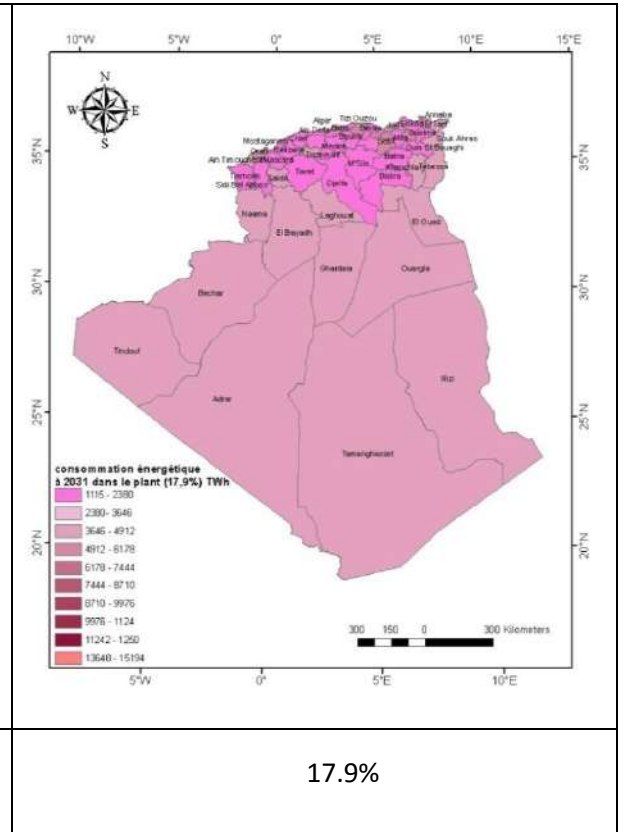
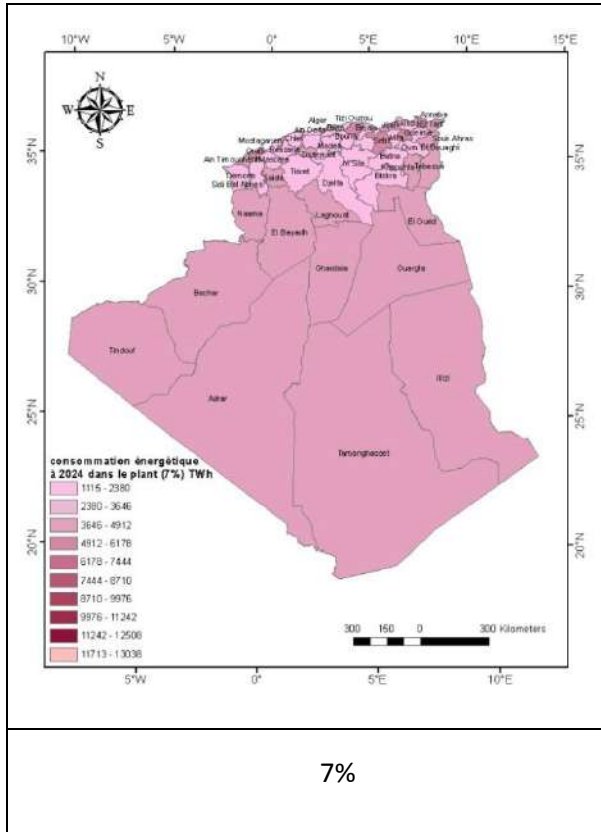
Figure 3.12 répartition spatiale de la consommation énergétique après l'intégration de laine de verre.

Nous remarquons que la zone 2 présente le plus grand consommateur de l'énergie parmi les autres zones. la quantité d'énergie consommée pour cette zone décroît de 7603 TWh jusqu'à 11494 TWh pour un taux de rénovation varier entre 7% et 100%.

Pour la zone 5 on trouve que la quantité d'énergie diminue de 3712 TWh à 5009 TWh pour un taux de rénovation varier entre 7% et 100%. En ce qui concerne les zones 3 et 4, la consommation d'énergie à consommation d'énergie est très proche et la différence entre eux est très faible.

3.9.7 Estimation de consommation énergétique dans les logements après l'intégration de polystyrène:

La figure (3.13) représente l'effet du taux de rénovation des logements après l'intégration de polystyrène sur la distribution de la consommation énergétique annuelle du premier plan P1 au dernier plan P6 pour chaque zone.



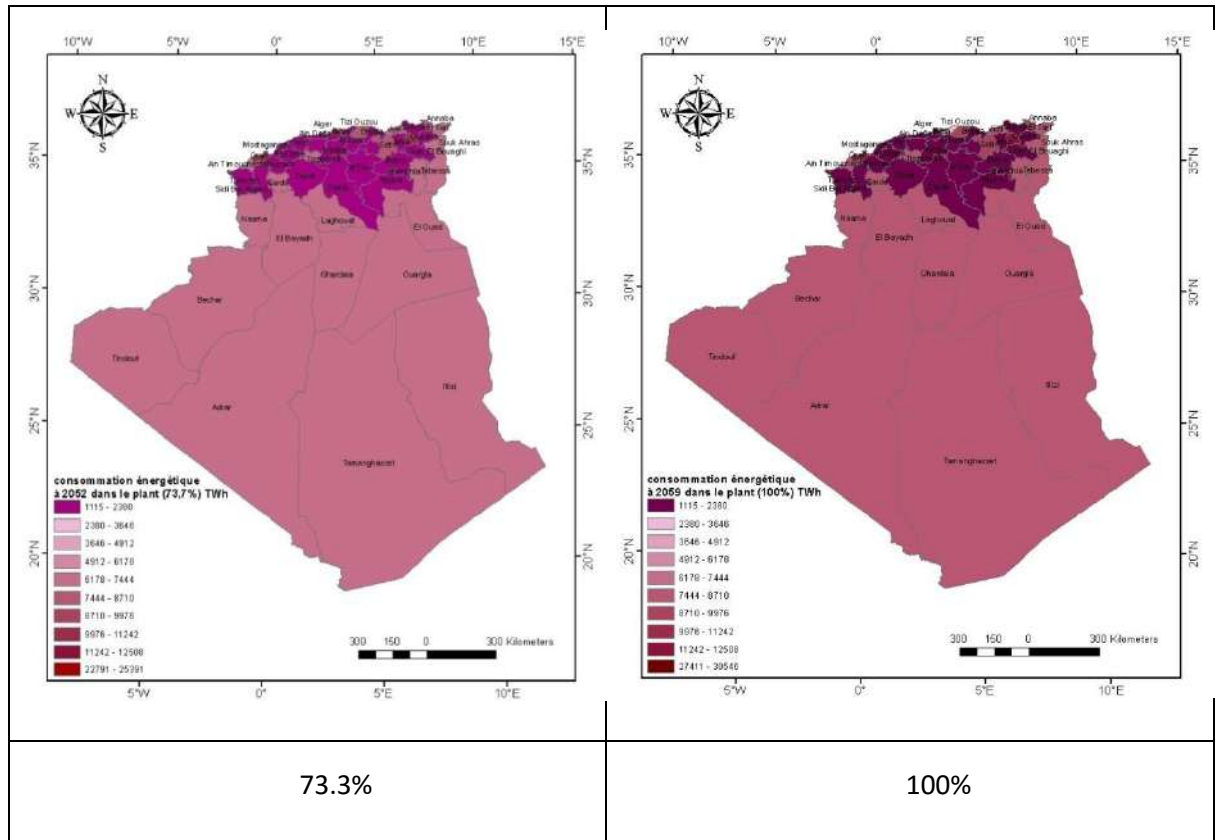


Figure.3.13 répartition spatiale de la consommation énergétique après l'intégration de poly-ext.

La figure montre que la consommation d'énergie diminuée avec l'augmentation de taux de rénovation, l'augmentation de la population et de nombre de logement. Pour un taux de rénovation de 7% la consommation énergétique atteint de 13038 TWh dans la zone 1 (wilaya d'Alger) et de 11242 TWh dans la zone 2 (Constantine et Oran) où une trouve une forte consommation, en raison de grande Densité de population. Une diminution de 30546 TWh de la consommation au niveau de cette zone à une taux de rénovation de 100%.

3.10. Comparaison entre le scénario tendanciel et le scénario volontariste

L'étude présente des perspectives d'évolution de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel à l'horizon 2059 avec l'application de scénario tendanciel (logement sans isolation) et scénario volontariste (logement avec isolation).

3.10.1. Consommation énergétique de chauffage

La figure (3.14) suivante présente la comparaison entre les deux scénarios pour la Consommation énergétique de chauffage.

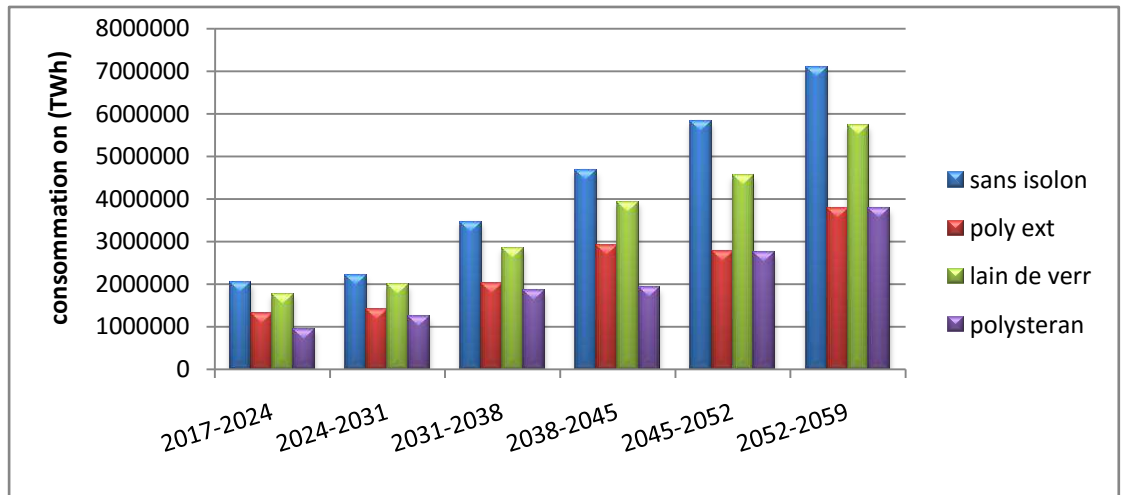


Figure.3.14. Consommation énergétique dans le secteur résidentiel pour le chauffage.

La consommation d'énergie pour le chauffage dans les logements sans isolation est significativement plus élevée que la consommation dans les logements avec isolation. La laine de verre réduit la consommation jusqu'à 7000218TWh en 2059. La consommation produite après l'utilisation de poly-extérieur et de polystyrène est très proche, elle atteint (3893465et 329654) TWh en 2059. On remarque aussi que les zones dans le nord et l'est du pays ont un taux de consommation énergétique de chauffage très élevé. Les conditions météorologiques en hiver sont plutôt sévères dans ces zones expliquent l'utilisation privée de cette population pour chauffer le gaz.

3.10.2. Consommation énergétique de climatisation

La figure (3.15) suivante présente la comparaison entre les deux scénarios pour la Consommation énergétique de climatisation.

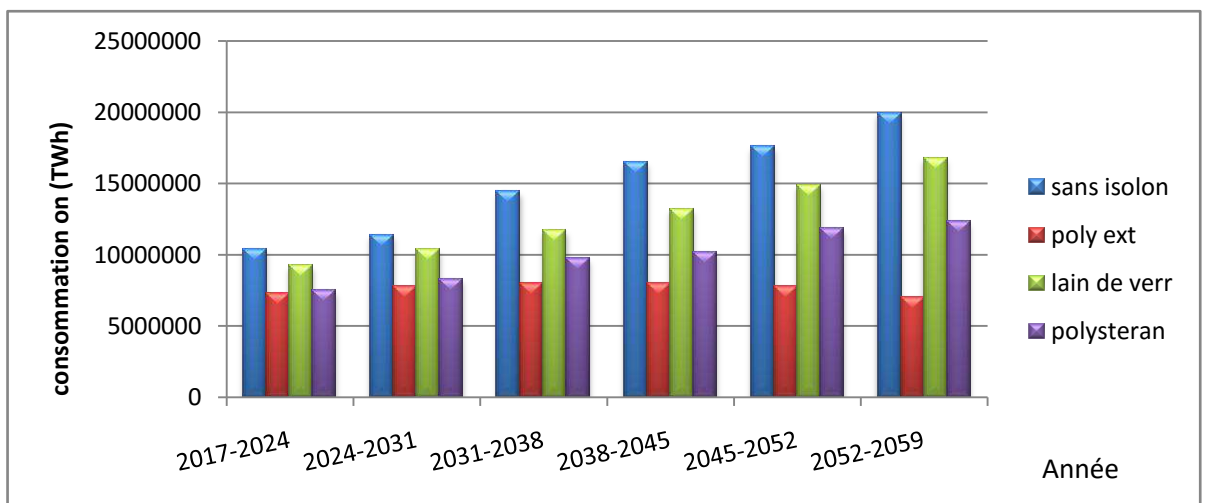


Figure.3.15. Consommation énergétique dans le secteur résidentiel pour la climatisation.

La consommation d'énergie pour la climatisation dans les logements sans isolation est significativement plus élevée que la consommation dans les logements avec isolation. Le laine de verre réduit la consommation jusqu'à 20000000 TWh en 2059. La consommation produite après l'utilisation de poly-extérieur est égale 125000 TWh et pour de polystyrène est égale 7500000 TWh en 2059. On remarque aussi que les zones dans le sud du pays ont un taux de consommation énergétique de climatisation très élevé. Cette grande valeur de climatisation est due à l'utilisation massive de la climatisation, due au climat des zones sud caractérisées par des températures élevées pendant plusieurs mois de l'année.

3.10.3. Consommation totale :

La figure.3.14 suivante présente la comparaison entre les deux scénarios:

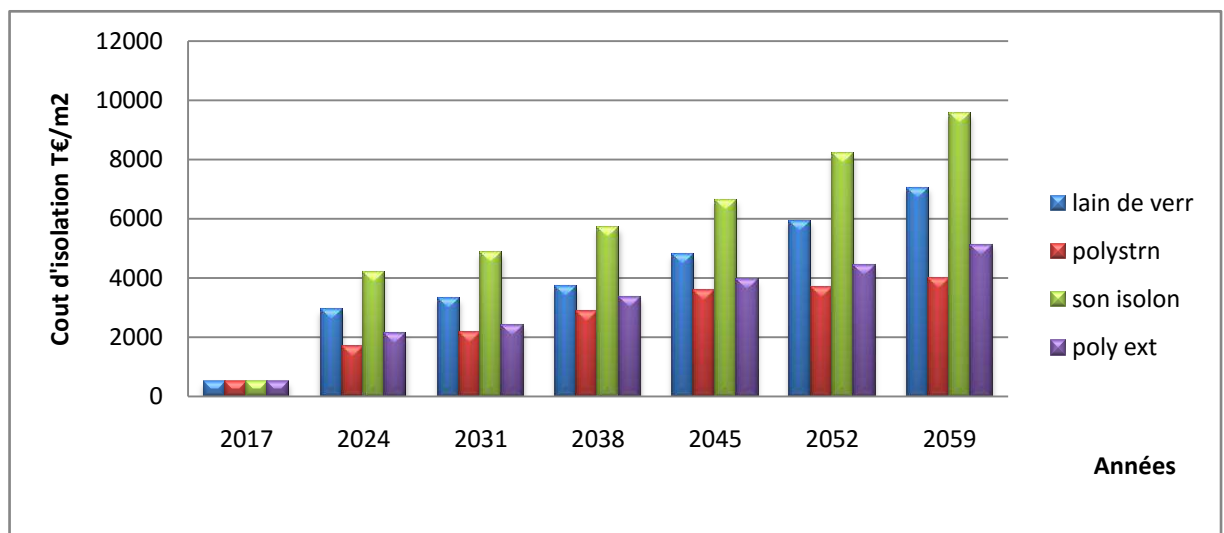


Figure.3.16. Consommation énergétique dans le secteur résidentiel pour les deux scénarios (tendanciel & volontariste).

La figure.(3.14) montre que L'isolation thermique des murs joue un rôle prépondérant dans toute stratégie de réduction de la consommation énergétique. Il est clair que l'absence d'isolation thermique dans le bâtiment conduira inévitablement à une augmentation de la consommation d'énergie. Le laine de verre peut réduire la consommation d'énergie jusqu'à 30% , cette valeur varie avec la variation de taux de rénovation. Le polystyrène permet de diminuer la consommation de (100000 à 18246)TWh pour un taux de rénovation varie entre 7% et 100%. On remarque aussi que le polystyrène a un faible effet sur la diminution de la consommation dans le secteur résidentiel Cela est dû à ses propriétés physiques.

3.11. Impact économique

Dans notre étude, le gain calculé représente la consommation en gaz naturel et en électricité.

La figure (3.15) représente l'étude techno-économique des différents types d'isolant

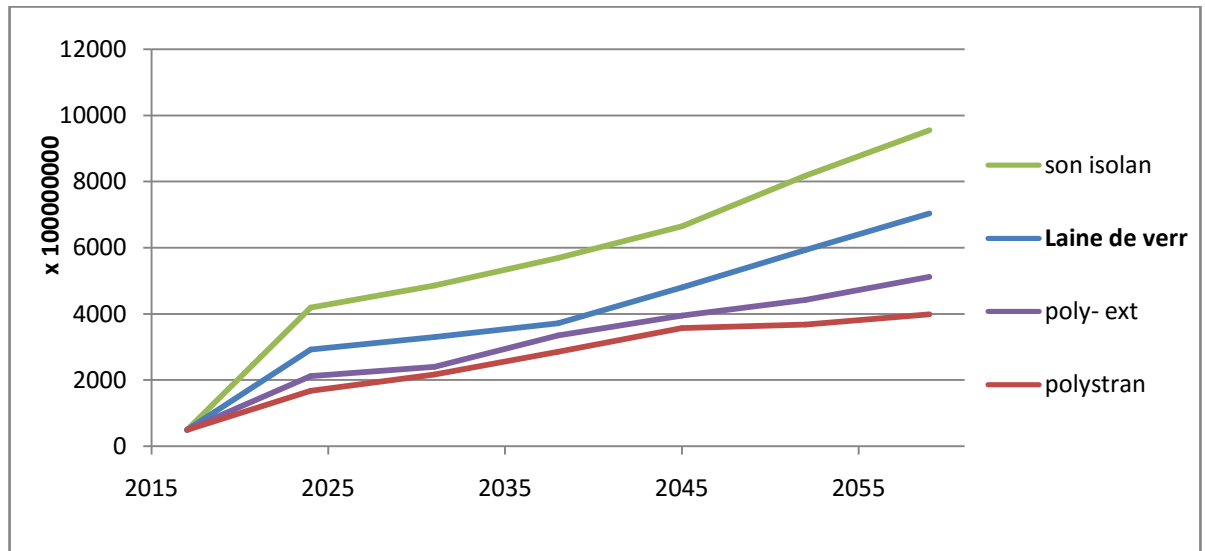


Figure.3.17 représente l'étude techno-économique des différents types d'isolant

La figure montre L'importance du coût d'isolation thermique et son impact sur le prix de l'énergie et de la consommation apparaissent au long terme. Ainsi, on constate une forte variation du prix final de la consommation énergétique. Selon la courbe de variation de la consommation d'énergie dans les bâtiments lors de l'incorporation du laine de verre, le coût de consommation énergétique est très élevé. Comme pour le polystyrène, il peut réduire le coût jusqu'à $4000\text{T€}/\text{m}^2$. Le polystyrène est un bon isolant grâce à sa contribution à la réduction du coût de consommation d'énergie. il permet de diminuer le coût jusqu'à 38%.

3.12. Conclusion

L'intégration de l'isolation thermique comme solution pour augmenter le confort thermique et réduire la consommation énergétique globale du logement avec différents taux de rénovation au marché sur l'ensemble d'horizon étudié, permet de diminuer la consommation énergétique.

Après les résultats obtenues, on peut conclure que:

- Le polystyrène est un matériau qui démontre de bonnes qualités d'isolation thermique. Il est un meilleur isolant que le poly-extérieur et le laine de verre.

- Après l'étude techno-économique on trouve que :

Le polystyrène est le meilleur isolant en termes de réduction de la consommation d'énergie et en terme économique parce qu'il est moins cher que les autres isolants.

Conclusion Générale

Conclusion général

Dans les décennies à venir, le secteur de l'énergie sera confronté à un ensemble de plus en plus complexe de défis. Le principe de la méthodologie est de développer à l'aide d'outils de simulation numérique. Cette étude consiste à maîtriser les techniques de réhabilitation thermique des immeubles d'habitation contemporains existants en Algérie et cela en évaluant, dans quelle mesure l'environnement intérieur de l'habitat contemporain, avec ses matériaux et ses procédés constructifs.

Une analyse sur le développement de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel à l'horizon du temps (2017-2059) a été réalisée.

L'intégration de l'isolation thermique comme solution pour augmenter le confort thermique et réduire la consommation énergétique globale du logement avec différents taux de rénovation au marché sur l'ensemble l'horizon étudié, permet de diminuer la consommation énergétique.

La part des logements qui seront réhabilités et rénovés devraient passer de 7% de nombre total de logement en 2024 à près de 17.9% en 2031, 32.6 % en 2038, 52.1 % en 2045, 37.7 % en 2052 et 100% en 2059.

Le secteur résidentiel consomme en 2059, 196755 Twh dans la zone 3 (Tizi Ouzou, setif, Annaba) , 100509 Twh à la zone 2 (Oran, Constantin), 22294 Twh à la zone 1 (Alger), 42391Twh à la zone 5 (Chlef, Oum El Bouagl, Batna, Béjaia, Biskra, Blida, Bouira, Tlemcen, Tiaret, Djelfa, Skikda, Sidi Bel Abbes, Guelma, Médéa, Mostaganem, Mascara, Bordj Bou Arreridj, Tipaza, Mila, Ain Defla, Relizane) et 19626 Twh à la zone 4 (Adrar, Laghouat, Bechar, Tamanrasset, tébessa, Jijel, Saida, Ouargla, El Tarf, Tindouf, Tissemsilt, El Oued ,Khenchela, souk Ahras, Naama, Ain Temouchent, Ghardaia) ; cette évolution est essentiellement due à la croissance rapide du parc de logement qui atteindra environ 13530934 logements en 2059. Avec l'intégration de l'isolation thermique (laine de verre) dans le parc de logement, ses consommations de l'énergie sont réduites en 2059 à 13.609%, 13.607 %, 91.636 %, 13.609 % et 13.606 % dans la zone 1, la zone 2, la zone 3, la zone 4 et la zone 5 respectivement. L'intégration de poly-extérieur dans le parc de logement permet de diminuer la consommation énergétique jusqu'à 36.1801 %, 36.1808 %, 93.6184 %, 36.1815 % et 36.1822 % dans la zone 1, la zone 2, la zone 3, la zone 4 et la zone 5 respectivement .le polystyrène réduit la consommation énergétique jusqu'à 53.337%,

53.336 %, 95.333 %, 53.337 % et 53.336% dans la zone 1, la zone 2, la zone 3, la zone 4 et la zone 5 respectivement .

Après les résultats obtenues, on peut conclure que:

- Le polystyrène est un matériau qui démontre de bonnes qualités d'isolation thermique. Il est un meilleur isolant que le poly-extérieur et le laine de verre.

- La rénovation des bâtiments est une solution nécessaire et disponible pour minimiser la consommation énergétique dans le secteur résidentiel.

- Il existe une relation commune entre le climat, la qualité du combustible utilisé et le nombre des logements dans chaque zone pour déterminer la consommation d'énergie dans le secteur du logement.

- Après l'étude techno-économique on trouve que :

Le polystyrène est le meilleur isolant en termes de réduction de la consommation d'énergie et en terme économique parce qu'il est moins cher que les autres isolants.

Bibliographie

Bibliographique:

- [1] GOUAREH .Abderrahmane, Maîtrise et optimisation de la gestion énergétique en Algérie, Thèse de doctorat, 2016. Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès.
- [2] SEMAOUI. Smaïl, contribution à l'étude des systèmes photovoltaïques utilisés pour l'alimentation des individuelles dans les zones de sud algérien, Thèse de doctorat en sciences, 2014. Université HADJ LAKHDAR Batna,
- [3] RAZIKA. kharchi, étude énergétique de chauffage, rafraichissement et eau chaude sanitaire d'une maison type en Algérie, thèse de doctorat, 2013. Université Abou- Bekr Belkaïd- Tlemcen
- [4] Ministère de l'Energie 2016
- [5] l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) 2013,
- [6] British Petroleum, 2014, Statistical Review of World Energy June 2014, 63rd edition.
- [7] Eun Hye Kim, Les transitions énergétiques urbaines du XIXe au XXIe siècle : de la biomasse 2014, à Paris(France)
- [8] Office National des Statistiques 2018
- [9] Foura SMIR, Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie , Thèse de doctorat, 2007. Université Mentouri, Constantine,
- [10] El Hassar S.M.K, Amirat M, Silhadi K,. Souici M, et Sakhraoui S, 2002, Réglementation Thermique Algérienne des Bâtiments – Contribution à la Définition de Nouveaux Coefficients Réglementaires, Revue Française de Génie Civil, Vol : 6, Paris, France, Août 2002.
- [11] Alain Viaro, Ziegler Arlette, 1983, Habitat traditionnel dans le monde : Eléments pour une approche, UNESCO,
- [13] Source : [www.algerie-focus.com\(2016\)](http://www.algerie-focus.com(2016)) : 20-04-2018
- [14] Source : (<http://www.ouargla-aps.dz>) :12-05-2018
- [15] Bonhomme. Isolation thermique des bâtiments. 4e édition mise à jour et augmentée. Ed. Du Moniteur, Paris 1979.
- [16] Caractéristiques Thermiques des Parois des Bâtiments et Amélioration de L'isolation, Nassima Sotehi, UNIVERSITE MENTOURI ,2013.CONSTANTINE , these doctorat
- [17] Fragos, Mme. et Trouillez « Le guide de l'isolation ; Mieux comprendre pour bien choisir », Edition Comprendre choisir.com, Paris. 2012.

-
- [18] Gallauziaux Thierry Gallauziaux. et Fedullo David. « Le grand livre d'isolation », Edition Eyrolles, Paris. 2010.
- [19] Pierre-Gilles Bellin. L'habitat bio-économique. Ed. Eyrolles. Pris 2008.
- [20] MERZEG Abdelkader ,La réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie, UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI – TIZI OUZOU, 2010
- [21] Françoise Jadoul, La Terre est notre maison, Construire, rénover, habiter en respectant l'Homme et l'environnement, Ed. Luc Pire, Bruxelles 2002.
- [22] Pierre-Gilles Bellin. L'habitat bio-économique. Ed. Eyrolles. Pris 2008.
- [23] Office National de la Météorologie
- [24] Athmane Ouahab, THÈSE Modélisation des consommations d'énergie et des émissions de CO2 à long terme appliquée au secteur résidentiel algérien , 2015.UNIVERSITÉ FRANÇOIS – RABELAIS DE TOURS



Annexe : 1

Les zones	Région	région Typique	Consommation San isolation (TWh)	Consommation avec isolation (TWh)		
				Laine de verre	poly- exterieur	Polystyrène
				Zone 1	Algiers	Algiers
Zone 2	Oran,Constantin	Oran	100509	86832	64144	46901
Zone 3	Tizi Ouzou, setif,Annaba	Setif	196755	16998	12556	9181
Zone 4	Adrar,Laghouat,Bechar, Tamanrasset,tébessa, Jijel,Saida,Ouargla,El Tarf,Tindouf,Tissemsilt, El Oued ,Khenchela,souk Ahras,Naama,Ain Temouchent, Ghardaia	Ouargla	19626	16955	12525	9158
Zone5	Chlef, Oum El Bouagl,Batna,Béjaia,B iskra,Blida,Bouira,Tle mcen,Tiaret,Djelfa,Ski kda,Sidi Bel Abbes,Guelma,Médéa, Mostaganem,M sila,Mascara,Bordj Bou Arzeridj,Tipaza,Mila,A in Defla,Relizane	Bomerdas	42391	36623	27053	19781

Tableau : La consommation d'énergie du secteur résidentiel en Algérie

Annexe 2

1. Description des logiciels

2.1.1. TRNSYS:

TRNSYS (TRANSIENT SYSTEM SIMULATION PROGRAM : programme de simulation de systèmes transitoires), est un logiciel développé par le laboratoire « solar energy » de l'université de WISCONSIN Madison. C'est un outil de simulation en régime dynamique multi zones, structuré de manière modulaire, ce qui assure au programme une grande flexibilité et facilité par l'insertion des sous-programmes. La version 16.1 est développée en fortran.

Ce logiciel informatique, se caractérise par ses trois fonctions qui se résument comme suit :

- Les entrées (inputs): Elles concernent toutes les informations à introduire et à stocker selon l'ergonomie du logiciel dans des bibliothèques que le concepteur peut utiliser. Ces entrées englobent l'environnement physique (climat, site), le bâtiment (l'enveloppe), les apports internes (occupants...) et les équipements « ventilation, chauffage, climatisation... »
- Le traitement des données : se fait en fonction d'un modèle de représentation du bâtiment et la demande de l'utilisateur.
- Les sorties (outputs): sont les ensembles des résultats qui peuvent être fournis par le logiciel à l'issue d'une exécution.

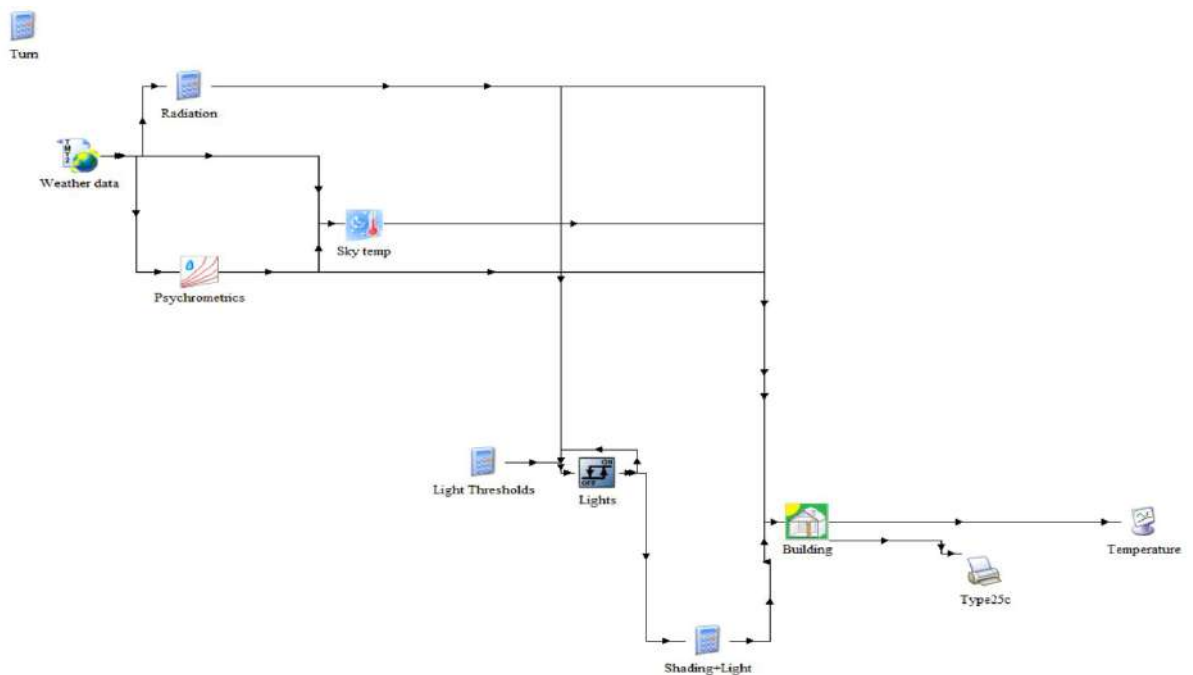


Figure : TRNSYS (Edit building)

2.1.2 Arc SIG

Arc SIG est un système d'information géographique (SIG) pour travailler avec des cartes et des informations géographiques. Il est utilisé pour:

- créer et utiliser des cartes;
- compiler des données géographiques;
- analyser des informations cartographiées;
- partager et découvrir des informations géographiques;
- utiliser des cartes et des informations géographiques dans une gamme d'applications;
- gérer l'information géographique dans une base de données.

Le système fournit une infrastructure permettant de rendre des cartes et des informations géographiques disponibles dans toute l'organisation, dans une communauté et ouvertement sur le Web.

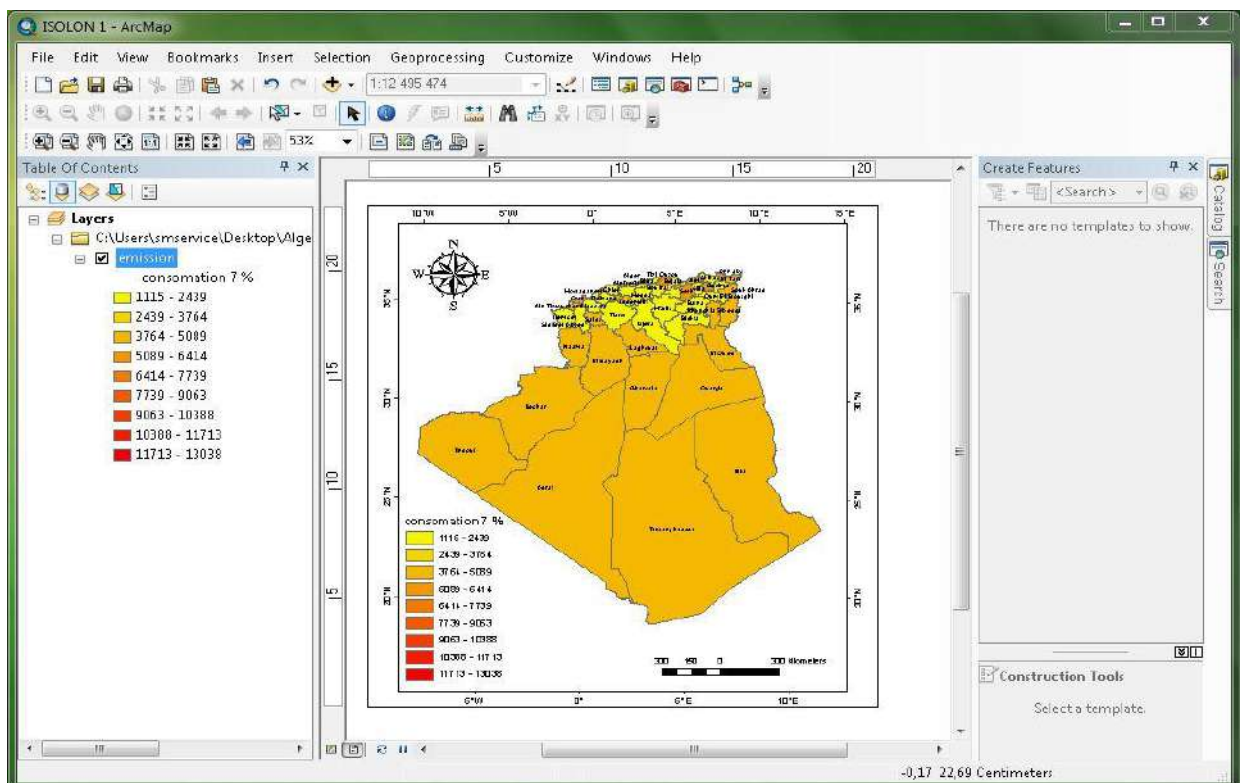


Figure : Arc SIG (créer et utiliser des cartes)

Annex 3

3.1. Population :

$$TCA = \frac{P_{2017} - P_{2018}}{P_{2015}} \times 100 = 3.64\%$$

année	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
TCA %	1.63	1.83	2.03	3.19	1.85	3.64

$$TCAM = \sum \frac{TCA}{N_{année}} = 1.1 = \frac{1.63 + 1.83 + 2.03 + 3.19 + 1.85 + 3.64}{12}$$

$$P_{2019} = P_{2018} + \left(\frac{1.1 \times P_{2018}}{100} \right) = P_{2018}(1 + TCAM)$$

$$P_{2020} = P_{2019} + (P_{2019} \times TCAM) = P_{2018}(1 + TCAM) \times (1 + TCAM)$$

$$P_{2020} = P_{2019} \times (1 + TCAM)$$

$$P_{2020} = P_{2018} \times (1 + TCAM)^2 = P_{2018} (1 + TCAM)^{2020-2018}$$

3.2. logement

$$TCA = \frac{h_{2004} - h_{2005}}{h_{2004}} \times 100 = 2.48\%$$

Année	2004-2005	2006-2007	2008-2009	2010-2011
TCA %	2.48	3.6	4.1	3.7

$$TCAM = \sum \frac{TCA}{N_{année}} = 1.735 = \frac{2.48 + 3.6 + 4.1 + 3.7}{8}$$

$$h_{2019} = h_{2018} + \left(\frac{1.735 \times h_{2018}}{100} \right) = h_{2018}(1 + TCAM)$$

$$h_{2020} = h_{2019} + (h_{2019} \times TCAM) = h_{2018}(1 + TCAM) \times (1 + TCAM)$$

$$h_{2020} = h_{2019} \times (1 + TCAM)$$

$$h_{2020} = h_{2018} \times (1 + TCAM)^2 = h_{2018} (1 + TCAM)^{2020-2018}$$

3.3. Consommation:

$$TCA = \frac{C_{2011} - C_{2012}}{C_{2011}} \times 100 = 10.61\%$$

$$TCAM = \sum \frac{TCA}{\text{Nannée}} = 4.73$$

$$C_{2019} = C_{2018} + \left(\frac{1.735 \times C_{2018}}{100} \right) = C_{2018}(1 + TCAM)$$

$$C_{2020} = C_{2019} + (P_{2019} \times TCAM) = C_{2018}(1 + TCAM) \times (1 + TCAM)$$

$$C_{2020} = C_{2019} \times (1 + TCAM)$$

$$C_{2020} = C_{2019} \times (1 + TCAM)^2 = C_{2018} (1 + TCAM)^{2020-2018}$$

Résumé :

Le secteur résidentiel le plus grand consommateur d'énergie au monde et le plus d'un tiers de la consommation d'énergie finale En conséquence, il est responsable d'environ un tiers des émissions mondiales de carbone. L'objectif de cette étude est de développer une d'une méthode de comparaison entre les effets de différentes types de matériaux d'isolation intégré dans le mur extérieur de l'habitat pour réduire la consommation énergétique de climatisation et de chauffage. Le poly-extérieur est un bon isolant grâce à sa contribution à la réduction du coût de consommation d'énergie.il permet de diminuer le coût jusqu'à 38%.

Mots-clés: secteur résidentiel, consommation d'énergie, conception, bâtiments.

Abstract :

The residential sector is the largest energy consumer in the world and more than a third of the final energy consumption As a result, it is responsible for about a third of global carbon emissions.The objective of this study is to develop a method of comparing the effects of different types of insulation materials integrated into the exterior wall of the home to reduce the energy consumption of air conditioning and heating. The poly-exterior is a good insulator thanks to its contribution to the reduction of the cost of energy consumption. It makes it possible to reduce the cost up to 38%.

Keywords: residential sector, energy consumption, design, buildings

ملخص:

القطاع السكني هو أكبر مستهلك للطاقة في العالم وأكثر من ثلث الاستهلاك النهائي للطاقة. ونتيجة لذلك ، فهو مسئول عن ثلث انبعاثات الكربون العالمية. الهدف من هذه الدراسة هو تطوير طريقة لمقارنة آثار أنواع مختلفة من المواد العازلة المدمجة في الجدار الخارجي للمنزل للحد من استهلاك الطاقة لتكييف الهواء والتدفئة. يعتبر المظهر الخارجي متعدد الطبقات عازلاً جيداً بفضل مساهمته في تقليل تكلفة استهلاك الطاقة، مما يجعل من الممكن خفض التكلفة إلى 38٪.

كلمات البحث: قطاع السكني، استهلاك الطاقة، التصميم، المباني.