



Laboratoire Ville, Urbanisme et Développement Durable (VUDD)
Axe de recherche: Habitat, Architecture et Développement (HAD)

THESE ELABOREE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT EN ARCHITECTURE

Spécialité : Ville Durable, Urbanisme et Environnement (VDUE)

Intitulé de la thèse :

PLANIFICATION DE LA TRANSITION ENERGETIQUE DANS LE SECTEUR DE L'HABITAT EN ALGERIE : LA MODELISATION ENERGETIQUE DU STOCK RESIDENTIEL BATI COMME OUTIL D'AIDE A LA DECISION

Elaborée par
AFAIFIA Marwa

Thèse dirigée par :

Pr. DJIAR Kahina Amal, Directrice de thèse, EPAU

Pr. TELLER Jacques, Co-encadreur de thèse, Université de Liège

Jury :

- Pr. KEHILA Youcef, Président, EPAU
- Pr. DJEBRI Boualem, Examineur, EPAU
- Pr. MAZOUZ Said, Examineur, Université Oum El-Bouaghi
- Dr. BELHADJ Belkacem, Examineur, Université de Laghouat
- Dr. BOUSNINA Mounia, Examinatrice, Université de Sétif

- Pr. DJIAR Kahina Amal, Rapporteur, EPAU
- Pr. TELLER Jacques, Co-rapporteur, Université de Liège

Soutenu publiquement le 28 Octobre 2021

Dédicace

A mon pays

A la mémoire de mes grands parents

A mes très chers parents et à mon aimable époux

Remerciements

La présente thèse de doctorat symbolise une aventure, un voyage, un projet aussi bien sur le plan professionnel que personnel, que je n'ai pu vivre ou mener à terme sans l'aide de nombreuses personnes.

Je voudrais tout d'abord remercier grandement mes deux directeurs de thèse, Prof Kahina Amal DJIAR (EPAU) et Prof Jacques TELLER (Université de Liège), pour toutes leurs aides. Je suis ravi d'avoir pu travailler en leur compagnie car outre leur appui scientifique, ils ont toujours été là pour me soutenir et me conseiller au cours de l'élaboration de cette thèse. Je leur dois beaucoup pour avoir rendu cette aventure beaucoup plus facile. J'aimerais également remercier les membres du jury, à savoir le Prof. Youcef KEHILA, le Prof. Boualem DJEBRI, le Prof. Said MAZOUZ, Dr. Belkacem BELHADJ, ainsi que Dr. Mounia BOUSNINA, d'avoir accepté d'évaluer notre projet de thèse.

Je voudrais également exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des professeurs du laboratoire Ville, Urbanisme et développement Durable (VUDD), Prof Tahar BAOUNI, Prof Ewa AZZAG, Prof Meriem CHABOU, et Prof Maha MESSAOUDENE pour leur appui scientifique et leur disponibilité pour discuter de nos idées autour des nombreuses séances doctorales et les nombreux cours qui ont été dispensés dans notre formation de troisième cycle.

Je tiens également à profiter de cette occasion pour remercier le soutien qui m'a été apporté par mes collègues et amis de l'EPAU ainsi que de l'université de Liège. Merci pour l'agréable environnement de travail et pour les précieuses amitiés. Je remercie également le professeur Shady ATTIA (Université de Liège) d'avoir partagé avec moi ses connaissances et sa vision de la recherche scientifique.

Cette recherche n'aurait pas été concrétisée sans le support inconditionnel de ma famille. À mes piliers (mes parents) ainsi que mes biens aimées frères et sœurs, merci pour votre présence et votre soutien inconditionnel. J'adresse un remerciement spécial à mon cher mari Alaa et ma petite fille Nouha. Vous étiez le carburant qui me donnait envie d'avance jour après jour. J'espère que cela vous rendra fières.

Financement

Cette recherche a été financée par le Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique Algérien, notamment à travers le Programme National Exceptionnel (PNE 2019-2020), dans le cadre de la finalisation de thèse de doctorat, et en collaboration avec le Laboratoire Ville, Urbanisme et Développement Durable (VUDD) de l'Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU) en Algérie et le Laboratoire *Local environmental management and analysis lab* (LEMA) de l'Université de Liège en Belgique.

Table des matières

Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Financement	iii
Table des matières	iv
Liste des figures.....	ix
Liste des tableaux	xii
Résumé.....	xiv
Abstract.....	xvi
ملخص	xvii
Introduction générale.....	1
PREMIERE PARTIE : CADRE CONCEPTUEL	11
Chapitre 1 : La transition énergétique, une mesure d'adaptation planifiée face aux changements climatiques.....	13
1. Introduction	13
2. La transition énergétique, une troisième révolution énergétique.....	14
3. La transition énergétique résidentielle, un impératif politico-énergétique.....	17
4. La modélisation énergétique au service de la transition énergétique.....	19
4.1. La modélisation énergétique, un outil de pilotage	20
4.2. La consommation énergétique résidentielle, appréhendée par les variables explicatives	21
5. Conclusion	27
Chapitre 2 : Les approches méthodologiques et le cadre conceptuel de la modélisation énergétique, comme un outil d'aide à la décision	29
1. Introduction.....	29

2. La modélisation de la consommation énergétique résidentielle : Un examen des approches et des méthodes utilisées	29
2.1. Les approches de la modélisation énergétique résidentielle	30
2.1.1. L'approche descendante "Top-down"	30
2.1.2. L'approche ascendante "Bottom-up"	31
2.2. Les techniques et les méthodes de la modélisation énergétique	31
3. Les techniques basées sur les données (<i>Data-driven</i>)	35
3.1. Les principales méthodes statistiques utilisées dans la modélisation énergétique	36
3.1.1. L'Analyse de régression	36
3.1.2. L'analyse de la demande conditionnelle (ADC).....	36
3.1.3. Le réseau neuronal (<i>Machine Learning</i>)	37
3.2. La modélisation énergétique par les approches statistiques	37
3.3. La modélisation énergétique par l'approche spatiale	42
3.4. La modélisation énergétique par des approches combinées	44
4. Conclusion	50
DEUXIEME PARTIE : LE CADRE ANALYTIQUE	53
Chapitre 3: Une analyse rétrospective de la politique nationale de maîtrise de l'énergie du secteur résidentiel en Algérie.....	55
1. Introduction.....	55
2. La transition énergétique résidentielle, un impératif politico-énergétique en Algérie	55
2.1. La situation économique en Algérie	56
2.2. Le potentiel énergétique-renouvelable	57
3. L'Algérie, entre ratification et réaffirmation de sa position par rapport aux différents accords internationaux sur les changements climatiques.....	58
3.1. La contribution Algérienne pour faire face aux changements climatiques...	59

3.2. Zoom sur la consommation énergétique en Algérie	60
3.3. Zoom sur la consommation énergétique résidentielle	63
4. La stratégie nationale de maitrise de l'énergie à l'horizon 2030	65
4.1. Les axes d'intervention de la stratégie nationale de maitrise énergétique ...	65
4.1.1. Le programme national de développement des énergies renouvelables	66
4.1.2. Les axes d'intervention du programme d'efficacité énergétique	67
4.2. Les projets pilotes entamés dans le cadre de l'efficacité énergétique.....	70
4.2.1. Le projet des 600 logements à Haute Performance Energétique (HPE)	70
4.2.2. Le projet pilote MED-ENEC Alger.....	72
5. L'évaluation de la stratégie nationale de maitrise énergétique.....	74
6. Conclusion	79
Chapitre 4 : Démarche scientifique pour le développement d'un modèle de consommation énergétique du parc logement algérien	82
1. Introduction.....	82
2. Problématiques et objectifs.....	82
3. Collecte et recueil des données.....	88
3.1. Les critères de sélection des données relatives au stock résidentiel bâti et de sa consommation énergétique	88
3.2. La source des données.....	92
3.3. La transformation et nettoyage des données	93
4. Le traitement des données	94
4.1. Développement d'une base de données nationale et locale, à travers le calcul du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique.....	95
4.1.1. Le calcul de la consommation énergétique résidentielle.....	95
4.1.2. La quantification de l'ensemble du stock résidentiel bâti algérien.....	97

4.2. L'Approche spatiale : l'analyse du couple distribution-dispersion du mapping spatio-temporel du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique	98
4.2.1. Le développement et l'analyse des cartes spatio-temporelles du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique.....	98
4.2.2. L'analyse de la dispersion de l'intensité énergétique	99
5. L'approche statistique : le développement d'un modèle algérien de consommation énergétique.....	99
5.1. L'analyse de régression	100
5.2. Le Clustering Hiérarchique.....	106
6. La validation du modèle énergétique.....	108
7. Conclusion	108
TROISIEME PARTIE : CADRE PRATIQUE	110
Chapitre 5 : Application d'un modèle de consommation énergétique pour le parc logement algérien, basé sur le développement d'une approche triangulaire ..	112
1. Introduction.....	112
2. La base de données : La conception d'une large base de données sur le stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique aux échelles nationale et locale ..	113
2.1. La consommation énergétique résidentielle et le stock résidentiel bâti de l'ensemble du territoire algérien	133
2.2. La structure de la consommation résidentielle par type d'énergie	134
3. L'approche spatiale : l'analyse de la distribution et de la dispersion du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique.....	137
3.1. L'analyse spatio-temporelle du stock résidentiel bâti à l'échelle locale (wilaya)	137
3.2. L'analyse spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle à l'échelle locale (wilaya)	142
3.3. L'analyse de la dispersion de la consommation énergétique par unité de logement pour chaque zone climatique.....	147

3.3.1. La lecture statistique de la box plot en tant que représentation graphique	149
4. L'approche statistique : L'analyse de régression	150
4.1. La modélisation de la consommation énergétique résidentielle par la régression linéaire multiple (RLM)	150
4.1.1. La validation des principales hypothèses de la régression linéaire multiple (MLR).....	154
5. L'approche par Clustering Hiérarchique	162
5.1. Les profils et les comportements énergétiques des 48 wilayas	162
5.2. Le clustering hiérarchique	166
5.3. L'extraction des wilayas pilotes	171
6. La validation du modèle de consommation énergétique.....	172
7. Conclusion	175
Chapitre 6: Feuille de route (<i>roadmap</i>) pour une planification énergétique durable du secteur résidentiel algérien aux échelles nationale et locale	180
1. Introduction.....	180
2. Les recommandations stratégiques de maîtrise énergétique en faveur des acteurs de la transition énergétique	180
3. Zoom sur des recommandations de maîtrise énergétique au caractère plus ciblé	193
4. Conclusion	195
Conclusion générale	197
Références bibliographiques	203
Annexe. 1. Une base de données du modèle de consommation énergétique du parc logement algérien, entre 1995 et 2018, à l'échelle de toutes les unités représentatives du territoire	214
Annexe. 2. Tableau des abréviations	262

Liste des figures

Figure 1. La structure de la thèse	10
Figure 2. Un organigramme qui illustre le positionnement épistémologique de la transition énergétique en tant qu'objectif de recherche	26
Figure 3. Un schéma résumant les différentes approches et techniques de la modélisation énergétique résidentielle	34
Figure 4. Distribution des études précédentes en fonction de la variable réponse étudiée et de l'approche méthodologique utilisée. La taille du cercle est proportionnelle au nombre d'études, le plus petit cercle représentant un article (n = 1) et le plus ...	41
Figure 5. L'examen résumé des méthodes de modélisation énergétique les plus pertinentes.....	42
Figure 6. Répartition des études sur la consommation énergétique par type de variable réponse ainsi que lieu géographique. La taille du cercle est proportionnelle au nombre d'études, le plus petit cercle représentant un article (n = 1) et le plus grand.	49
Figure 7. Répartition de la consommation énergétique par secteur d'activité (Ministère de l'Énergie, 2020).	62
Figure 8. Répartition de la consommation énergétique finale par bâtiment entre les pays de la Méditerranée (MEDENER, 2012).	62
Figure 9. Répartition de la consommation énergétique résidentielle par type d'énergie (APRUE, 2017).	63
Figure 10. Répartition des 600 logements HPE à travers les 11 wilayas pilotes (CDER, 2009)	71
Figure 11. Le projet pilote MED-ENEC Alger ; a) photo réelle du projet réalisé à Soudania-Alger (CDER, 2008) ; b) Schéma du plan correspondant au projet pilote MED-ENEC Alger (Ali-Toudert & Weidhaus, 2017).	73
Figure 12. Procédure de planification énergétique intégrée établie par (Mirakyan et al., 2009).	74
Figure 13. Évaluation de la stratégie nationale de maîtrise énergétique vis-à-vis du processus de planification énergétique.	78
Figure 14. Le cadre conceptuel de la recherche. Source : M.afafia et al (2021).	87

Figure 15. Situation géographique de l'Algérie et présentation de son découpage administratif. L'Algérie est le pays du nord Afrique, représentant le plus grand pays du Maghreb.	89
Figure 16. Classification des zones climatiques officielles de l'Algérie (CNERIB, 1997).	89
Figure 17. Flux de données récoltées par l'Agence Nationale Pour la Promotion de La Rationalisation de l'Energie-APRUE (Centre d'Activités Régionales PNUE/PAM), 2011).	93
Figure 18. Matrice de corrélation correspondant à l'évaluation de la dépendance entre les principales variables du modèle énergétique. Le résultat est une table contenant les coefficients de corrélation entre chaque variable et les autres.....	104
Figure 19. Evolution de la consommation énergétique résidentielle en Algérie	133
Figure 20. Evolution du stock résidentiel bâti en Algérie	134
Figure 21. La structure de la consommation résidentielle par type d'énergie entre 1995 et 2018	136
Figure 22. Distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti par 48 wilayas par pas de 5 ans (excepté pour la carte (f), qui représente une visualisation du stock résidentiel bâti par pas de 3 ans).....	139
Figure 23. Zoom sur la distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti par 48 wilayas entre 1995 et 2018.....	140
Figure 24. Boîte à moustache représentant la dispersion du stock résidentiel bâti par zone climatique.....	141
Figure 25. Distribution spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle par 48 wilayas par pas de 5 ans (excepté pour la carte (f), qui représente une visualisation de la consommation résidentielle par pas de 3 ans).	144
Figure 26. Zoom sur la distribution spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle par 48 wilayas entre 1995-2018.	145
Figure 27. Boîte à moustache représentant la dispersion de la consommation énergétique par zone climatique.....	146
Figure 28. Box plot représentant la dispersion de la consommation d'énergie par unité de logement au niveau des zones climatiques.	148
Figure 29. Eléments de composition d'une boîte à moustache (box plot).....	150

Figure 30. Diagramme de dispersion de la consommation résidentielle en fonction des variables indépendantes (Nombre de logements (RBS) et Produit Intérieur Brut (PIB/GDP).....	156
Figure 31. Diagramme de dispersion de la consommation résidentielle en fonction des variables indépendantes (la densité urbaine et le taux de raccordement au gaz naturel)	157
Figure 32. Diagramme de dispersion de la consommation résidentielle en fonction des variables indépendantes (taux de raccordement à l'électricité, et la taille des ménages)	158
Figure 33. Le test de normalité des résidus par le biais du Quantile-Quantile plot (QQ-plot).	159
Figure 34. Le test d'homoscédasticité élaboré à partir d'un graphique des résidus normalisés par rapport aux valeurs prédite	160
Figure 35. Analyse des valeurs aberrantes (outliers) par diagnostic graphique représentant la distance de Cook et la méthode de Bonferonni	161
Figure 36. Carte de chaleur (Heat map) montrant l'évolution de la consommation énergétique résidentielle pour 48 wilayas.....	165
Figure 37. Arbre hiérarchique appliqué sur les données d'évolution de la consommation résidentielle au niveau des 48 wilayas. Les rectangles colorés représentent les quatre clusters, établis selon la méthode de Ward.	167
Figure 38. Projection ACP de l'évolution de la consommation résidentielle des 48 wilayas sur le plan factoriel Dim1*Dim2.....	168
Figure 39. Arbre hiérarchique sur le plan factoriel.	169
Figure 40. Vue d'ensemble sur les principales conclusions et recommandation à l'échelle nationale.	184
Figure 41. Recommandations pour la maitrise énergétique à l'échelle des wilayas pilotes, basée sur les indicateurs d'efficacités énergétiques.	185

Liste des tableaux

Tableau 1. Un résumé des principales variables indépendantes utilisées dans les modélisations énergétiques résidentielles.	22
Tableau 2. Les économies d'énergies cumulées du programme nationale d'efficacité énergétique (APRUE, 2018)	69
Tableau 3. Répartition des 48 wilayas algériennes en fonction de leur zone climatique dominante (CNERIB, 1996).	90
Tableau 4. Les caractéristiques climatiques de chaque zone climatique	92
Tableau 5. Les coefficients de conversions des unités de mesures (APRUE).....	94
Tableau 6. La description des variables indépendantes (exploratoires) intégrées dans l'analyse de régression linéaire multiple.	101
Tableau 7. Résultats de calcul relatifs à la consommation énergétique résidentielle, entre 1995 et 2018, à travers l'ensemble des unités représentatives de l'Algérie (48 wilayas).....	115
Tableau 8. Résultats de calcul relatifs au stock résidentiel bâti, entre 1995 et 2018, à travers l'ensemble des unités représentatives de l'Algérie (48 wilayas)	124
Tableau 9. Résultats de la régression linéaire multiple pour le modèle de consommation énergétique résidentielle en Algérie.	151
Tableau 10. Les sorties (Outputs) pour le facteur d'inflation de la variance (VIF) du modèle de consommation résidentielle.	160
Tableau 11. Evolution de la consommation énergétique résidentielle par base annuelle	163
Tableau 12. Le taux de croissance annuel moyen de chaque cluster et pour chaque période étudiée.....	170
Tableau 13. Extraction des wilayas pilotes de chaque cluster en fonction de leur distance par rapport au barycentre.....	172
Tableau 14. Comparaison des résultats de consommation résidentielle nationale avec des valeurs extraites de rapports sur l'énergie.	173
Tableau 15. Comparaison des résultats du stock résidentiel bâti avec des valeurs extraites des rapports ministériels.	173
Tableau 16. Comparaison des résultats de consommation résidentielle nationale avec des valeurs dérivées des études précédentes.....	174

Tableau 17. Comparaison des résultats du stock résidentiel bâti avec des valeurs dérivées des études précédentes.....	174
Tableau 18. Recommandation de maîtrise énergétique du stock résidentiel bâti à l'échelle locale (48 wilayas).....	186

Résumé

Aujourd'hui, à l'échelle planétaire, la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre sont au cœur des préoccupations, suscitant des débats internationaux qui favorisent l'émergence d'une conscience politique autour de la question d'efficacité énergétique. Selon l'agence internationale de l'énergie, la décomposition de la consommation d'énergie finale établie en 2020 montre que les bâtiments résidentiels représentent 20% de la consommation totale d'énergie à l'échelle mondiale. L'Algérie n'en fait pas l'exception, avec 36 % de consommation énergétique dédié au secteur résidentiel, par rapport à 30.6 % et 22.7 % consommés par le secteur du transport et l'industrie respectivement, de ce fait le stock résidentiel bâti représente le secteur le plus énergivore à l'échelle nationale, mais également un important gisement d'économie d'énergie. À cet égard, il est important de comprendre la dynamique et les caractéristiques du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique dans une perspective d'adaptation planifiée face aux changements climatiques.

Afin de répondre aux objectifs de réduction de la consommation énergétique fixés lors de la signature des dernières Convention-Cadre des Nations unies sur les changements climatiques, les études existantes semblent se focaliser sur la modélisation de la consommation énergétique résidentielle pour guider les politiques de transition énergétique à l'élaboration des scénarios adéquats pour des villes plus durables et soutenables. Le développement de telles politiques nécessite de prendre en compte les caractéristiques de l'ensemble du parc logement existant afin d'atteindre les objectifs de réduction d'énergie aux niveaux national et local. Dans la littérature, la modélisation de consommation énergétique est généralement appliquée à l'échelle d'une ville, ou un ensemble de villes ou provinces, utilisant des approches aux nombres limités, où l'analyse des données est généralement concentrée sur une année typique, un mois ou un jour représentatif symbolisant un caractère saisonnier, limitant ainsi l'objectif d'avoir une approche holistique. De ce fait, il est nécessaire d'avoir une analyse plus globale que celles réalisées jusqu'à présent, d'un point de vue de l'échelle des unités représentatives d'un pays, de la période d'étude, ainsi que de la pluridisciplinarité des approches combinées.

L'objectif principal de cette recherche doctorale est de développer un modèle de consommation énergétique de l'ensemble du stock résidentiel bâti algérien, comme un outil d'aide à la décision dédié aux acteurs urbains tels que (les décideurs politiques, les planificateurs de l'énergie, ainsi que les parties prenantes), pour mettre en place des stratégies d'efficacité énergétique adéquate au profil de consommation énergétique spécifique à chaque contexte. L'Algérie à travers ses 48 wilayas est choisie comme cas d'étude pour le développement d'un modèle holistique de consommation énergétique résidentielle aux échelles locale et nationale.

Dans le cadre de cette recherche, quatre étapes principales sont élaborées pour identifier les gisements d'économie d'énergie comme une réponse aux objectifs ratifiés du développement durable (ODD). En premier lieu, une base de données de référence qui porte sur le stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique finale à l'échelle de l'ensemble des unités représentatives (wilayas) de l'Algérie sur une période de vingt-trois ans a été élaboré. En deuxième lieu, une analyse spatio-temporelle approfondie de ladite base de données, a été élaboré à travers la visualisation de la distribution et la dispersion du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, d'une part à l'échelle des 48 wilayas, et d'autre part à l'échelle des principales zones climatiques qui couvrent l'Algérie. En troisième lieu, un modèle de consommation énergétique du secteur résidentiel algérien global a été conçu. En quatrième et dernier lieu l'analyse de la répartition de l'ensemble des unités représentatives algériennes en cluster hiérarchique basé sur le profil et comportement énergétique de chaque wilaya a été effectuée. Ce processus méthodologique s'appuie sur une approche triangulaire développée par cette étude utilisant les systèmes d'information géographique (SIG), l'analyse de régression et le Clustering hiérarchique, appliquée aux 48 wilayas entre 1995 à 2018.

Les résultats soulignent d'une part, que les 48 wilayas sont regroupées en quatre clusters et quatre wilayas pilotes ont été identifiées. Cela s'est fait en fonction de leur proximité du centroïde de chaque cluster. D'autre part, outre la taille du stock résidentiel bâti, la consommation énergétique résidentielle dépend fortement des taux de raccordement à l'électricité et au gaz à

l'échelle de la wilaya. En ce qui concerne ces trois facteurs, l'influence du produit intérieur brut (PIB), de la zone climatique et de la densité urbaine ne joue qu'un rôle mineur par rapport au taux de raccordement. Cela peut s'expliquer par l'évolution des demandes de confort thermique associées à l'accès aux réseaux énergétiques. L'impact probable de l'augmentation du gaz et des taux de raccordement à l'électricité sur la consommation énergétique apparaît donc comme un facteur crucial à prendre en compte dans la conception des politiques énergétiques à l'échelle locale et nationale.

Mots clés : Transition énergétique ; Modélisation énergétique résidentielle ; Habitat; Systèmes d'Information Géographique (SIG) ; Analyse de Régression ; Clustering ; Algérie

Abstract

Worldwide, energy consumption and greenhouse gas emissions are at the heart of concerns, sparking international debates that are raising political awareness around the issue of energy efficiency. According to the International Energy Agency (IEA), the final energy consumption in 2020 shows that residential buildings account for 20% of total energy consumption worldwide. Algeria is no exception, with 36% of energy consumption dedicated to the residential sector, compared to 30.6% and 22.7% consumed by the transport and industry sectors respectively, so the residential building stock represents the most energy-intensive sector on a national scale, but also an important source of energy savings. In this context, it is important to understand the dynamics and characteristics of the residential building stock and its energy consumption in a planned adaptation perspective to climate change.

In order to meet the energy reduction targets set by the latest United Nations Framework Convention on Climate Change, existing studies seem to focus on modelling residential energy consumption to guide energy policies in developing appropriate scenarios for more sustainable cities. The development of such policies requires taking into account the characteristics of the existing housing stock as a whole in order to achieve national energy reduction targets. In the literature, energy consumption modelling is usually applied at the scale of a city, or a set of cities or provinces, using approaches with limited numbers, where the analysis of data is generally focused on a typical year, month or representative day symbolising seasonality, thus limiting the objective of having a holistic approach. Therefore, there is a need for a more comprehensive analysis than those carried out so far, in terms of the scale of the representative units of a country, the period of study, as well as the multidisciplinary character of combined approaches.

The main objective of this PhD research is to develop an energy consumption model of the entire Algerian residential built stock, as a decision support tool dedicated to urban actors such as (policy makers, energy planners, as well as stakeholders), in order to implement energy efficiency strategies adequate to the context-specific energy consumption profile. Algeria through its 48 provinces is chosen as a case study for the development of a holistic model of residential energy consumption at local and national scale.

In the context of this research, four main steps are elaborated to identify energy saving potentials as a response to the ratified Sustainable Development Goals. Firstly, the development of a reference database on the residential building stock and its final energy consumption at the scale of all the representative units (province) of Algeria over a period of twenty-three years was elaborated. Secondly, an in-depth spatial-temporal analysis of this database was developed through the visualisation of the distribution and dispersion of the residential building stock and its energy consumption, on the one hand at the scale of the 48 provinces, and on the other hand at the scale of the main climatic zones that cover Algeria. Thirdly, a model of the overall energy consumption of the Algerian residential sector was designed. The fourth and last step is the analysis of the distribution of all the representative Algerian units into hierarchical clusters based on the energy profile and behaviour of each province. This methodological process is based on a triangular approach developed by this study using geographic information system (GIS), regression analysis and hierarchical clustering, applied to the 48 provinces from 1995 to 2018.

The results highlights on the one hand, that the 48 provinces are grouped into four clusters and four provinces were identified as pilot case study based on their proximity to the centroid of each cluster, and on the other hand, in addition to the size of the residential building stock, residential energy consumption is strongly dependent on the rates of electricity and gas connection at the province's scale. With regard to these three factors, the influence of gross domestic product (GDP), climate zone and urban density plays only a minor role in relation to the connection rate. This can be explained by the evolving demands in thermal comfort associated with access to energy networks. The likely impact of increased gas and electricity connection represents a crucial factor in the design of energy policies.

Key words: Energy transition; Residential energy consumption (REC); housing stock; energy modelling; Multiple Linear Regression (MLR); spatialisation ; Clustering; Algeria.

ملخص

اليوم، على الصعيد العالمي، يعتبر استهلاك الطاقة وانبعثات غازات الاحتباس الحراري في قلب الاهتمامات، مما أثار مناقشات دولية تعزز ظهور الوعي السياسي حول قضية كفاءة الطاقة. وفقاً لوكالة الطاقة الدولية، يُظهر تحليل الاستهلاك النهائي للطاقة الذي تم تحديده في عام 2020 أن المباني السكنية تمثل 20٪ من إجمالي استهلاك الطاقة على مستوى العالم. الجزائر ليست استثناء، حيث تم تخصيص 36٪ من استهلاك الطاقة للقطاع السكني، مقارنة بـ 30.6٪ و 22.7٪ يستهلكها قطاع النقل والصناعة على التوالي، وبالتالي فإن المخزون السكني المبني يمثل القطاع الأكثر استهلاكاً للطاقة على الصعيد الوطني، ولكن أيضاً مصدر مهم لتوفير الطاقة. في هذا الصدد، من المهم فهم ديناميكيات وخصائص المخزون السكني المبني واستهلاكه للطاقة من منظور التكيف المخطط مع تغير المناخ.

من أجل تلبية أهداف خفض استهلاك الطاقة المحددة عند توقيع أحدث اتفاقية إطارية للأمم المتحدة بشأن تغير المناخ، يبدو أن الدراسات الحالية تركز على نمذجة استهلاك الطاقة السكنية لتوجيه سياسات الطاقة في المستقبل. يتطلب تطوير مثل هذه السياسات مراعاة خصائص مجموع المساكن الحالية من أجل تحقيق أهداف خفض الطاقة على المستويين الوطني والمحلي. في الأدبيات، يتم تطبيق نمذجة استهلاك الطاقة عموماً على مقياس مدينة، أو مجموعة مدن أو مقاطعات، باستخدام مقاربات عدد محدود، حيث يتركز تحليل البيانات بشكل عام على سنة نموذجية، شهر تمثيلي أو يوم يرمز إلى الموسمية، وبالتالي الحد من الهدف المتمثل في اتباع نهج شمولي. لذلك، من الضروري الحصول على تحليل عالمي أكثر من تلك التي تم إجراؤها حتى الآن، من وجهة نظر مقياس الوحدات التمثيلية للبلد، وفترة الدراسة.

الهدف الرئيسي من بحث الدكتوراه هو تطوير نموذج استهلاك الطاقة للمخزون السكني الجزائري بأكمله، كأداة لدعم القرارات مخصصة للجهات الفاعلة في المناطق الحضرية مثل (صناع القرار السياسي، المخططون الحضريون)، لوضع استراتيجيات كفاءة الطاقة المناسبة لمف استهلاك الطاقة المحدد لكل سياق. تم اختيار الجزائر، من خلال ولاياتها الـ 48، كدراسة حالة لتطوير نموذج شامل لاستهلاك الطاقة السكنية على المستويين المحلي والوطني.

كجزء من هذا البحث. تم تطوير أربع خطوات رئيسية لتحديد مصادر توفير الطاقة كاستجابة لأهداف التنمية المستدامة المصدق عليها. أولاً، تطوير قاعدة بيانات مرجعية تغطي المخزون السكني المبني واستهلاكه النهائي للطاقة على نطاق جميع الوحدات (الولايات) التمثيلية للجزائر على مدى عشرين عاماً، ثانياً، تم تطوير تحليل مكاني وزماني متعمق لقاعدة البيانات المذكورة من خلال تصور توزيع وتشتت المخزون السكني المبني واستهلاكه للطاقة، من ناحية على مقياس 48 ولاية، ومن ناحية أخرى على مستوى المناطق المناخية الرئيسية التي تغطي الجزائر. ثالثاً، تم تصميم نموذج استهلاك الطاقة للقطاع السكني الجزائري ككل. رابعاً وأخيراً، هو تحليل توزيع جميع الوحدات التمثيلية الجزائرية في كتلة هرمية بناءً على ملف الطاقة وسلوك كل ولاية. تعتمد هذه العملية المنهجية على نهج ثلاثي تم تطويره بواسطة هذه الدراسة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وتحليل الانحدار والتكتل الهرمي، المطبق على 48 ولاية بين عامي 1995 و 2018.

تؤكد النتائج من جهة، أن الولايات الـ 48 تم تجميعها في أربع مجموعات وتم تحديد أربع ولايات على أنها ولايات تجريبية وفقاً لقربها من النقطة الوسطى لكل مجموعة، ومن جهة أخرى، بالإضافة إلى حجم الولاية. المخزون السكني المبني، يعتمد استهلاك الطاقة السكنية بشدة على معدلات توصيل الكهرباء والغاز على نطاق الولاية. فيما يتعلق بهذه العوامل الثلاثة، يلعب تأثير الناتج المحلي الإجمالي والمنطقة المناخية والكثافة الحضرية دوراً ثانوياً فقط فيما يتعلق بمعدل التوصيل. يمكن تفسير ذلك من خلال تطور متطلبات الراحة الحرارية المرتبطة بالوصول إلى شبكات الطاقة. لذلك يبدو أن التأثير المحتمل للزيادة في معدلات توصيل الغاز والكهرباء على استهلاك الطاقة هو عامل حاسم يجب أخذه في الاعتبار عند تصميم سياسات الطاقة على المستويين المحلي والوطني.

الكلمات المفتاحية: الانتقال الطاقوي؛ نمذجة الطاقة السكنية؛ مخزون الإسكان الحالي؛ نظام المعلومات الجغرافية، الجزائر

Introduction générale

Introduction générale

À l'échelle mondiale, la consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre sont aujourd'hui au cœur des préoccupations, elles suscitent des débats internationaux qui engendrent l'émergence d'une conscience politique autour de l'efficacité énergétique. De Johannesburg à Madrid, les Conventions-Cadres des Nations unies sur les changements climatiques ne cessent de promouvoir la transition énergétique comme une mesure planifiée et adaptée à la lutte contre les changements climatiques, ayant pour objectif commun de contenir la température moyenne de la planète en dessous de 2 ° C et de s'efforcer de la limiter à 1.5 ° C et ceux à l'horizon 2100, en adoptant les sociétés aux changements climatiques. En ce qui concerne les nations unies, elles ont mis en place l'agenda 2030 pour le développement durable qui fixe dix-sept (17) objectifs pour atteindre la durabilité dans les villes.

Dans le cadre de cette recherche, deux objectifs de développement durable promulgués par les nations unies attirent notre attention, d'une part, sur la nécessité de mettre en œuvre des mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques, et d'autre part, sur l'importance d'avoir recours à une énergie propre à un coût abordable, mentionnées respectivement dans les objectifs 13 et 7 des nations unies (PNUD, 2015). Ces derniers soulignent la nécessité de s'adapter face aux risques climatiques à travers l'introduction des enjeux climatiques dans les politiques énergétiques nationales, en particulier lorsque l'énergie consommée à l'échelle mondiale est responsable de 60 % des émissions de gaz à effet de serre. Les deux objectifs en question sont complémentaires car ils reconnaissent le rôle de la maîtrise de la consommation énergétique comme un point de départ pour amorcer la transition énergétique.

Selon la décomposition de la consommation énergétique finale établie par l'agence internationale de l'énergie (IEA) dans son dernier rapport publié en 2020, la consommation énergétique du secteur résidentiel représenterait à elle seule 20 % de

la consommation finale tous secteurs confondus (IEA, 2020). L'agence internationale de l'énergie attire l'attention sur l'importance du stock résidentiel bâti, d'une part, dans la lutte contre les changements climatiques et d'autre part, sur son pouvoir à promouvoir la transition énergétique dans une perspective de villes plus durables et plus soutenables.

L'Algérie, le plus grand pays de l'Afrique avec sa superficie de 2.381.741 km², ayant une population de 43 millions d'habitants en 2019 (ONS, 2018) est signataire de l'ensemble des Conventions-Cadres des Nations unies sur les changements climatiques. Son secteur résidentiel consommerait en moyenne 50,4 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep). Ce chiffre représente 36 % de l'énergie primaire totale, suivi par 30,6 % et 22,7 % consommés respectivement par les secteurs du transport et de l'industrie (Ministère de l'Énergie, 2020). Un tel constat met en exergue l'importance de l'habitat existant, et son potentiel d'action qui ensemble jouent un rôle locomotive dans la lutte contre les changements climatiques. Il représente un important gisement d'économie d'énergie, en particulier, lorsque les prévisions énergétiques établies à l'horizon 2030 montrent que la production d'énergie primaire suffirait à peine à couvrir les besoins du marché national. Cependant, qu'est-ce qui a été déjà fait jusqu'à aujourd'hui, pour maîtriser la consommation énergétique du secteur le plus énergivore à l'échelle nationale ?

Pour gérer la consommation énergétique résidentielle, l'État a mis en place une politique de maîtrise énergétique qualifiée de priorité nationale. Cette dernière a été matérialisée par la promulgation d'un programme de logements appelé « ECO-BAT ». Depuis 2011, ce programme a concerné la construction de 600 nouveaux logements, à haute performance énergétique, à travers toutes les zones climatiques (APRUE, 2015a). Pour le gouvernement algérien, il s'agit d'une première initiative visant à développer une stratégie à grande échelle dédiée à l'amélioration de l'efficacité énergétique. En ce qui concerne le stock résidentiel bâti existant, le programme d'efficacité énergétique a établi quelques opérations ponctuelles ayant pour objectif la réduction de la consommation énergétique, telles que la généralisation de l'utilisation

des lampes à basse consommation d'énergie, le développement du chauffe-eau solaire, ou encore la rénovation thermique de 4000 logements. Pour plusieurs commentateurs, il s'agit là d'un « essai avorté », compte tenu de l'absence de planification énergétique adéquate pour orienter les actions d'efficacité énergétique.

Cependant, construire des logements performants est une chose importante, mais intervenir massivement sur l'ensemble du stock résidentiel bâti l'est encore plus. Il est donc de l'intérêt de l'Algérie de réviser la stratégie actuelle de maîtrise énergétique nationale en se basant sur une analyse approfondie de la consommation énergétique résidentielle, d'une part comme étant un point de mire aux crises multidimensionnelles que traverse l'économie rentière en Algérie, et d'autre part comme une contribution aux efforts internationaux de réduction de la consommation énergétique. Notons, que la performance des politiques de transition énergétique du secteur résidentiel reposerait sur la capacité des acteurs de la transition énergétique, des planificateurs énergétiques et des évaluateurs énergétiques à développer des stratégies énergétiques basées sur un puissant outil d'aide à la décision, intitulé le modèle de consommation énergétique résidentielle (Swan & Ugursal, 2009 ; Howard et al, 2012).

Étant donné l'importance relative de la consommation énergétique du stock résidentiel bâti à l'échelle planétaire, le secteur résidentiel représenterait, un moyen majeur pour l'atteinte des objectifs de réduction de la consommation énergétique. Selon Swan & Ugursal (2009), les caractéristiques de la consommation énergétique résidentielle sont hétérogènes et complexes, et l'évaluation des impacts technico-économiques de l'application des différentes technologies d'efficacité énergétique et de l'utilisation des énergies renouvelables associé à cette complexité, nécessiterait d'être quantifié et analysé. Ce processus de quantification et d'analyse incarne la modélisation énergétique pouvant être utilisé pour différents objectifs, et ce, en fonction des données d'entrée. Il peut s'agir d'un objectif qui vise à déterminer les besoins énergétiques au niveau d'une région, ou un pays (macro-échelle), comme il peut être utilisé pour mesurer l'impact des applications technologiques à l'échelle d'un

bâtiment (micro-échelle) Swan & Ugursal (2009). Ce processus de modélisation représente un puissant outil d'aide à la décision en faveur des acteurs de la transition énergétique, applicable pour le parc logement neuf et/ou existant, dans une perspective de maîtrise de la consommation énergétique résidentielle.

Deux principales approches utilisant une variété de méthodes ont été proposées et appliquées dans différents contextes d'études pour comprendre la consommation énergétique résidentielle. Il s'agit des approches *Top-down* et *Bottom-up*, qui appliquent les méthodes économétriques, technologiques, statistiques ou encore les méthodes d'ingénierie (Swan & Ugursal, 2009). Deux paramètres décisionnels sont à l'origine du choix de la méthode appliquée. Il s'agit, tout d'abord de la disponibilité des données relatives aux informations clés qui portent sur l'historique de la consommation énergétique résidentielle, les caractéristiques physiques des bâtiments, les conditions climatiques, les indicateurs socio-économiques, ainsi que le comportement de l'occupant. Ces informations relatives au secteur résidentiel peuvent être extraites à partir de rapports nationaux, comme elles peuvent être générées à travers des méthodes de calcul, ou par le biais d'enquêtes. Par contre, l'indisponibilité des données à l'échelle des unités représentatives d'un pays représente un vrai obstacle dans le processus de modélisation énergétique résidentielle, car c'est à partir du degré de détail d'une information que les recommandations d'efficacité énergétique peuvent être plus rapides et plus efficaces dans une perspective d'orientation des politiques énergétiques à l'échelle locale et nationale. Le second paramètre décisionnel réside dans l'objectif estompé de la modélisation énergétique. Il peut s'agir de recommandations en matière de politique énergétique spécifique à l'échelle de l'étude. Elles vont de la réduction de la consommation énergétique globale, le soutien de l'approvisionnement en énergie (macro-échelle), à l'analyse des mesures et applications technologiques au niveau d'un bâtiment résidentiel, ou encore le développement de nouveaux paramètres d'efficacité énergétique (micro-échelle) (Swan & Ugursal, 2009).

Malgré la diversité des approches de modélisation énergétique résumées par Swan & Ugursal. (2009), certains chercheurs mettent l'accent sur l'absence d'un cadre global de modélisation énergétique, capable de prendre en compte la diversité des dimensions en lien avec la planification énergétique durable, et préconisent le recours à la combinaison et l'intégration des approches existantes comme une réponse à une planification énergétique stratégiquement adéquate au contexte de l'étude (Torabi Moghadam et al. 2017). Par conséquent, la modélisation énergétique résidentielle en tant qu'outil d'aide à la décision devrait puiser sa force de recommandation dans le caractère pluridisciplinaire des approches existantes afin d'éclairer la prise de décision.

À travers les différents constats cités précédemment, et dans la mesure où la compréhension de la consommation énergétique résidentielle nécessiterait un sérieux effort de modélisation énergétique, cette thèse se pose comme principale question de recherche l'interrogation suivante :

« Comment développer un modèle de consommation énergétique du stock résidentiel bâti algérien afin d'amorcer la transition énergétique à l'échelle de l'ensemble des wilayas? ».

Dans le contexte de cette recherche, où l'Algérie à travers ses 48¹ wilayas est prise comme un cas d'étude global, trois questions spécifiques viennent se greffer à l'interrogation principale comme suit :

Question 1. Comment quantifier, spatialiser et analyser la consommation énergétique résidentielle de l'ensemble des types d'énergies consommées par le stock résidentiel bâti algérien, et ce, à l'échelle des 48 wilayas ?

¹La présente recherche à procéder à l'étude des 48 wilayas algériennes, et ce, avant le nouveau découpage administratif du pays, qui a promu dix (10) circonscriptions administratives créées dans le Sud. N'assommions, lesdites circonscriptions vont être étudiées à travers l'ancien découpage administratif.

Question 2. Quel est l'impact du produit intérieur brut (PIB) de la croissance du parc logement, du climat, du raccordement aux réseaux énergétiques (gaz et électricité), de la taille des ménages et de la densité urbaine sur la consommation énergétique au niveau de toutes les wilayas algériennes entre 1995 et 2018 ?

Question 3. Comment classer et identifier les 48 wilayas algériennes en clusters sur la base de leur profil de consommation énergétique et son évolution dans le temps ?

Dans le cas de la présente recherche, et afin de répondre à la problématique générale et aux questions spécifiques citées précédemment, cette thèse suggère l'hypothèse suivante :

« Le développement d'un modèle de consommation énergétique du parc logement algérien, basé sur la conception d'une approche triangulaire qui combine les Systèmes d'Information Géographique (SIG), la Régression Statistique, ainsi que le Clustering Hiérarchique, constitue d'une part un outil d'aide à la décision dans la planification énergétique durable, et d'autre part, représente une mesure planifiée contre les changements climatiques ».

Dans un contexte de transition énergétique, cette recherche a pour ambition de construire une démarche exploratoire ayant pour principal objectif le développement d'un outil d'aide à la décision basé sur des approches de modélisation de consommation énergétique résidentielle, au caractère pluridisciplinaire et complémentaire, applicable aux échelles nationale et locale. La présente recherche met l'accent sur la nécessité de développer une nouvelle approche combinée qui aborde la dispersion et la distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, la détermination des principaux facteurs qui affectent la consommation énergétique résidentielle, ainsi que la répartition des profils et comportements de consommation énergétique à l'échelle locale et nationale. Cette recherche soutient l'idée qu'amorcer la transition énergétique dans le secteur résidentiel comme étant le plus énergivore à l'échelle nationale, le plus complexe vis-

à-vis de la variété de tailles et de structure de parc logement, nécessiterait le recours à un modèle de consommation énergétique résidentiel algérien, comme un outil d'aide à la décision, issu d'un processus pluridisciplinaire, qui représente une opportunité à promouvoir des villes plus durables et plus soutenables.

Une telle démarche requiert de mener une étude épistémologique qui passe en revue le concept de modélisation énergétique résidentielle ainsi que les différents facteurs impactant sa consommation. Par la suite, une analyse détaillée des différentes approches et méthodes de modélisation énergétiques utilisées jusqu'à présent par les études antérieures est examinée, et ce dans le but de développer l'approche la plus pertinente qui sera en mesure de répondre à nos questionnements. En inscrivant cette recherche dans une vision interdisciplinaire, cette étude tente de vérifier si la combinaison de plusieurs approches dans un processus complémentaire permettrait d'obtenir différentes stratégies énergétiques en vue d'amorcer une planification énergétique durable dans une perspective de transition énergétique, ayant comme objectifs :

1- Le développement d'une base de données du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique couvrant l'ensemble du territoire national, entre 1995-2018, en considérant les différentes sources d'énergie consommées par le secteur résidentiel ;

2- L'analyse spatio-temporelle de la distribution du parc logement existant et sa consommation énergétique à l'échelle de la wilaya, en utilisant les Systèmes d'Information Géographique (SIG) ;

3- L'identification des principales variables qui affectent la consommation énergétique résidentielle à travers l'une des approches statistiques la plus robuste « une Régression Linéaire Multiple (MLR) » ;

4- L'identification et la caractérisation des profils et comportements énergétiques de chaque wilaya, tout en procédant à l'extraction des wilayas

archétypiques comme des cas d'études pilotes à utiliser pour la planification et l'analyse à méso-échelle par le biais d'un Clustering Hiérarchique.

La structure de la thèse illustrée graphiquement par la figure 1 est constituée de **trois principales parties**. La **première partie** aborde le processus conceptuel et méthodologique sur lequel se base la présente recherche. Il tente de mettre en évidence les chaînons entre le volet théorique de la transition énergétique au niveau du secteur résidentiel, et la modélisation de la consommation énergétique, tout en soulignant les approches phares utilisées pour le développement de cet outil d'aide à la décision dans un contexte de changement climatiques. Cette partie présente ainsi le positionnement épistémologique de la thèse. Le **premier chapitre** dresse un état des lieux bibliographiques sur l'émergence du concept de transition énergétique, comme une mesure d'adaptation planifiée face aux changements climatiques, tandis que le deuxième chapitre se focalise sur les approches scientifiques utilisées, pour la modélisation de la consommation énergétique résidentielle, comme un outil d'aide à la décision en faveur d'une planification énergétique durable. Ce chapitre tente d'aborder les différentes variables explicatives et prédictives qui entrent dans le processus de modélisation. Cette première partie conclut que l'un des principaux obstacles à l'élaboration d'une planification énergétique durable réside dans le fait qu'elles n'utilisent pas un large éventail d'approche.

La **deuxième partie** de la thèse, présente le volet analytique de cette étude. Elle est consacrée au débat scientifique sur la nécessité d'amorcer la transition énergétique dans le secteur résidentiel en Algérie. Le **troisième chapitre**, l'on analyse la politique nationale actuelle de maîtrise énergétique, alors que le **quatrième chapitre** présente le processus de récolte des statistiques et toute information nécessaire à l'élaboration d'une réelle base de données. Il discute, par ailleurs, le développement d'une approche triangulaire combinée originale qui n'a jamais été adoptée auparavant. Pour chaque approche utilisée, le processus méthodologique est détaillé. Les apports sur la portée d'une telle combinaison seront discutés, pour une meilleure reproductibilité de la recherche, et son éventuelle application à d'autres études de cas.

Cette deuxième partie porte une critique sur la vision ponctuelle de la politique nationale de maîtrise énergétique en Algérie, qui nécessite d'être révisé en se basant sur une approche holistique, en prenant en compte l'unité représentative (la wilaya) comme moteur de la transition énergétique.

La **troisième et dernière partie** présente le volet pratique de l'étude. Elle est consacrée à l'application de l'approche triangulaire développée dans la précédente partie. À travers le cinquième chapitre, elle expose les principaux résultats obtenus à partir de l'approche spatio-temporelle, la modélisation énergétique résidentielle ainsi que le Clustering Hiérarchique, établis à partir de la base de données sur le stock résidentiel bâti algérien et sa consommation énergétique, entre 1995 et 2018, développée dans le cadre de cette recherche, et ce pour les 48 wilayas qui composent le territoire national. Quant au **sixième et dernier chapitre**, il est consacré à la discussion des résultats issus du développement de l'approche triangulaire, par l'élaboration d'une feuille de route aux échelles nationale et locale, qui vient évaluer la faisabilité à mettre en pratique l'outil d'aide à la décision sur quatre wilayas pilotes issues du Clustering Hiérarchique. Cette évaluation permet d'indiquer la manière d'accompagner les acteurs de la transition énergétique dans le futur processus de prise de décisions, en matière de planification énergétique.

Cette thèse, constituera un double appui scientifique. D'une part, elle contribuera au débat scientifique international qui souligne l'avantage d'intégrer différentes approches dans le processus de planification énergétique en se basant sur leur complémentarité dans l'accomplissement des tâches et la création de l'information. D'autre part, elle constitue un véritable support pour les futures recherches scientifiques et opérationnelles en Algérie. En d'autres termes, cette recherche présente des arguments en faveur d'une transition énergétique spécifique au contexte résidentiel algérien. Elle aspire à offrir aux acteurs de la transition énergétique un outil d'aide à la décision utilisable aux échelles nationale et locale.

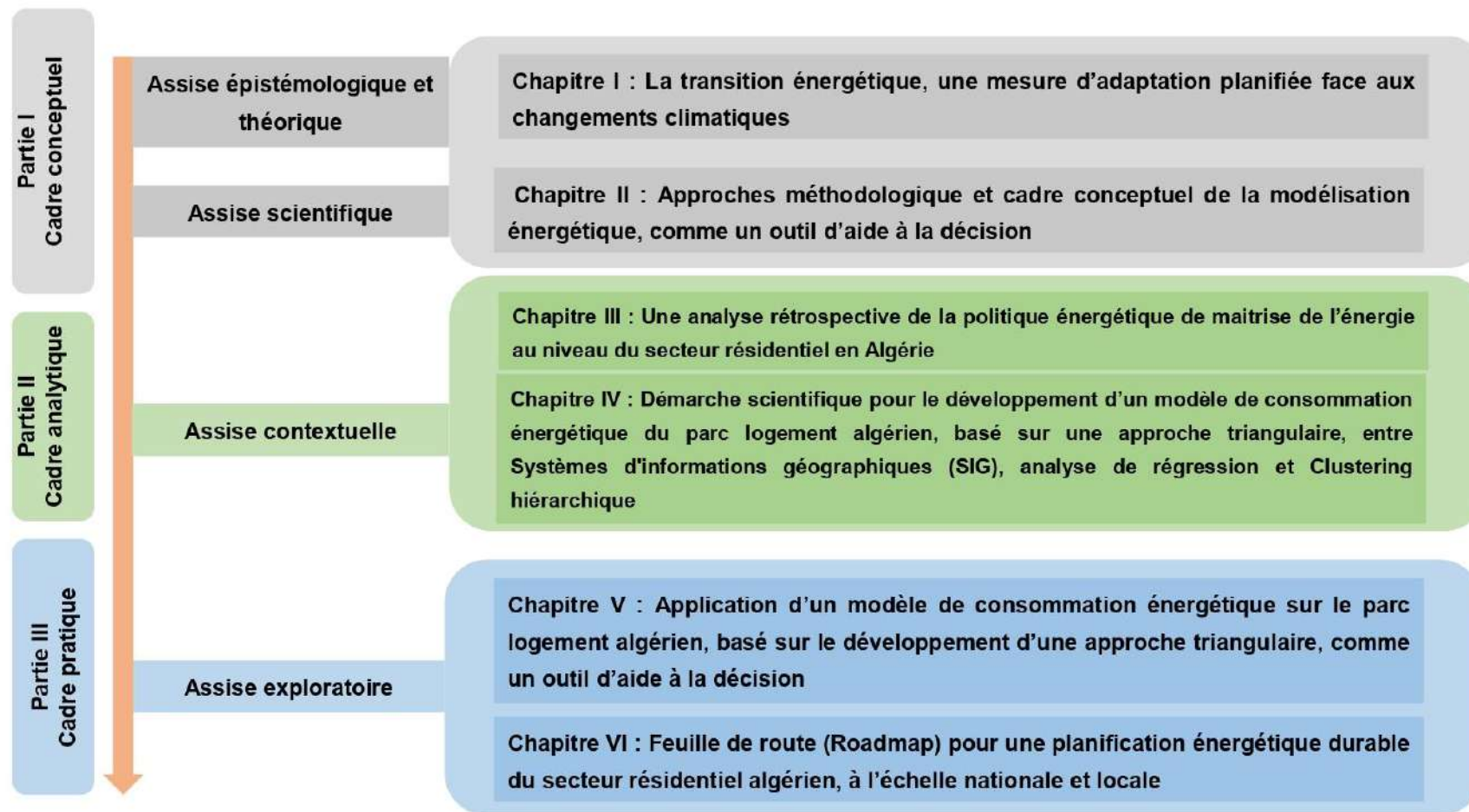


Figure 1. La structure de la thèse

PREMIERE PARTIE : CADRE CONCEPTUEL

**Chapitre 1 : La transition énergétique, une mesure
d'adaptation planifiée face aux changements
climatiques**

Chapitre 1 : La transition énergétique, une mesure d'adaptation planifiée face aux changements climatiques

1. Introduction

Ce premier chapitre présente une revue de la théorie et de la littérature portant sur le sujet de la transition énergétique dans le secteur résidentiel. Afin d'arriver à un positionnement épistémologique de la présente recherche, il est question de comprendre les mesures d'adaptation planifiées face aux changements climatiques dans le but d'identifier les outils et instruments permettant de promouvoir la transition énergétique, particulièrement dans le secteur résidentiel.

Loin d'avoir une posture statique, la transition énergétique est un concept étudié selon différents positionnements disciplinaires. Par ailleurs, l'appréhension de ce concept comme une mesure d'adaptation planifiée face aux changements climatiques, nécessite un cadrage contextuel, qui permet de mener à terme une approche exploratoire. C'est dans ce sens, que ce chapitre propose d'aborder la question de la transition énergétique à l'échelle du stock résidentiel bâti, et ce, afin de mieux cerner son rôle dans la promotion de villes plus durables, et plus soutenables.

Comprendre comment amorcer la transition énergétique à l'échelle du secteur résidentiel est un sujet qui fait couler beaucoup d'encre, et ce, depuis plusieurs années. En concomitance avec l'avènement des changements climatiques et de la facture énergétique mondiale, plusieurs modèles énergétiques ont été développés pour promouvoir la transition vers des territoires plus durables. Par conséquent, l'objectif de ce présent chapitre est de contextualiser le concept de la transition énergétique, dans la perspective de développer un modèle de consommation énergétique spécifique au stock résidentiel bâti algérien.

2. La transition énergétique, une troisième révolution énergétique

Le phénomène mondial des changements climatiques, de la raréfaction des ressources fossiles, oblige la scène mondiale à débattre la question des transitions vers un système énergétique plus durable, et ce à la lumière de l'épuisement des énergies fossiles, qui ont alimenté le moteur de la croissance économique depuis la première révolution industrielle. Cette prise de conscience planétaire s'est traduite par divers accords internationaux, du protocole de Kyôto en 1997, qui visait à orienter les pays signataires vers un objectif de réduction des gaz à effet de serre, par le recours aux énergies renouvelables (solaire, biomasse, éolienne, ... etc.), ainsi que par la promotion de l'efficacité énergétique tous secteurs confondus (CCNUCC, 1998), jusqu'à l'accord de Paris sur le climat en 2015, qui a pour objectif de limiter l'augmentation de la température planétaire en dessous de 2°C (L'accord de Paris sur le climat, 2015). L'atteinte de ces objectifs planétaires, nécessite le recours à des mesures « d'adaptation » et « d'atténuation » relative aux changements climatiques. Ces deux concepts sont définis par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) comme étant, les deux principales mesures indispensables pour réduire la facture énergétique planétaire et par conséquent, elles visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GIEC, 2008).

La distinction entre les deux mesures réside dans leurs portées respectives, car outre leur objectif commun, les mesures d'atténuation, visent à réduire les émissions de gaz à effet de serres (GES), pour faire face aux changements climatiques. Tandis que les mesures d'adaptation, elles incarnent l'aptitude d'un système à s'ajuster et à s'adapter aux phénomènes des changements climatiques. Plus précisément, le GIEC définit la mesure d'adaptation comme étant « *l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques* » (GIEC, 2008). C'est dans cette perspective, que la présente recherche tente d'appréhender le concept de transition énergétique, comme étant la clé de voûte, qui permettra une

adaptation stratégique et efficace au caractère planificateur, visant à réduire la vulnérabilité, à travers le renforcement des stratégies énergétiques existantes.

Depuis son apparition, le concept de la « transition énergétique » suscite l'effervescence générale, donnant lieu à un état de l'art au caractère riche et diversifié. Dans ce qui suit, nous discuterons la transition énergétique, comme étant le concept phare du vingt-et-unième siècle, et ce dans le but de positionner la présente recherche d'un point de vue sémantique.

La transition énergétique, également connue sous l'appellation de la troisième révolution, à vue le jour suite à la raréfaction des énergies fossiles et l'émergence de la problématique du réchauffement climatique (Duruissseau, 2014). Dans le passé, la transition énergétique représentait le passage de la biomasse (énergie traditionnelle) vers l'électricité (énergie commerciale), tandis que de nos jours, elle incarne le recours aux nouvelles énergies solaires, éolienne (énergies renouvelables) en substitution aux énergies fossiles (Duruissseau, 2014). Inscrite dans le cadre du développement durable, la transition énergétique a été employé par divers scientifiques et organismes travaillant sur la durabilité et la soutenabilité des villes et des sociétés. Le système énergétique mondial basé sur les énergies conventionnelles à confronter les sociétés à transiter vers une nouvelle ère plus soucieuse de la facture énergétique actuelle, par le recours à de nouveaux modèles de développement. De 1972, où le club de Rome avait débouché avec une nouvelle réflexion promulguant « La Halte à la croissance », en passant par la conférence de Rio en 1992, où une mobilisation internationale s'est organisé pour discuter de la nécessité d'un changement de modèle de développement (Duruissseau, 2014), jusqu'as nos jours, où le concept de la transition énergétique comme une alternative durable s'impose progressivement dans diverses disciplines.

Cette idéologie de transiter énergétiquement par le changement de modèle de développement se traduit par une prise des consciences autour du couple énergie-climat, ayant induit une dépendance énergétique des sociétés. D'un point de vue plus

global, la transition énergétique correspond au passage d'un système énergétique au caractère carboné et limité, vers un système énergétique décarboné (décarbonisation) synonyme de durabilité (Duruissseau, 2014). Cette transition énergétique ne se limite pas uniquement au caractère énergétique, elle prend également forme au niveau des systèmes socio-techniques, qu'Akrich la définit en 1989 comme étant un changement des organisations sociétales et culturelles. Ce point de vue trouve également échos chez Leach, (1992) qui démontre que le passage et le processus de la transition énergétique dépendent fortement des villes, leur taille, et des comportements humains.

Cependant, ils existeraient diverses voies vers la promulgation de la transition énergétique à différentes échelles et dans différents secteurs, tels que le développement des énergies renouvelables, le stockage de l'énergie, l'efficacité énergétique, la rénovation énergétique dans le secteur du bâtiment, la transformation des déchets en énergie, ainsi que les véhicules électriques, ... etc. Chen et al. (2019) confirme que le passage d'un système de développement énergétique basé sur les énergies fossiles non-renouvelables vers un système énergétique durable à caractère renouvelable, nécessite la combinaison entre les nouvelles technologies énergétiques, les sciences environnementales, l'économie ainsi que la gestion du système énergétique en question. Jusqu'au jour d'aujourd'hui la transition énergétique ne cesse de se promulguer à travers le monde, en repoussant les frontières de la modélisation énergétique, avec des modèles capables de représenter les diverses corrélations entre les politiques énergétiques, le comportement du marché énergétique, ainsi que la sécurité de l'approvisionnement (del Granado et al., 2018). Néanmoins, le développement de la transition énergétique nécessite en amont des orientations ayant un caractère pluridisciplinaire, car cette dernière reflète la qualité et la robustesse des systèmes énergétiques durable aux échelles macro et micro. Cependant, la matérialisation des orientations en faveur de la transition énergétique nécessiterait des outils de modélisation énergétique. Ces derniers représentent les instruments qui

permettent de gérer la question énergétique, l'utilisation de nouvelles technologies d'efficacité énergétique, et l'introduction des énergies renouvelables Chen et al. (2019).

En l'absence des outils de modélisation des secteurs énergétiques à l'échelle des villes et des sociétés, ayant la capacité de décrire les comportements énergétiques, les différentes voies vers la promulgation de cette transition énergétique, et les diverses mesures d'adaptation et d'atténuation des effets néfastes du changement climatique ne prendrons pas l'élan nécessaire.

Ainsi, la transition énergétique représente en effet un unique concept au caractère multidimensionnels et multi-échelles, qu'est loin d'avoir une posture statique. Ce dernier peut être appliqué dans le cadre de différentes disciplines et différents secteurs (logement, transport, agriculture, industrie, ... etc.), matérialisé au niveau de plusieurs échelles (territoriales, nationales, locales, ... etc.), à travers de puissants outils d'aide à la décision, en faveur des acteurs de la transition énergétique (Rohracher, 2001 ; Jacobsson et Bergek, 2004 ; Geels, 2005 ; Hekkert *et al.*, 2007; Markard *et al.*, 2012).

3. La transition énergétique résidentielle, un impératif politico-énergétique

Selon le dernier rapport publié par l'Agence Internationale de l'Energie (AIE, 2020), la consommation énergétique résidentielle mondiale représenterait 20 % de la consommation énergétique tous secteurs confondus. Ce pourcentage est à l'origine de 10 gigatonnes (Gt) de CO₂ en 2019. Selon la même source, il s'agirait du taux le plus élevé jamais enregistré d'émissions de gaz à effet de serre à l'échelle planétaire, qu'est principalement due à la croissance de la demande énergétique lié aux besoins de chauffage et de climatisation des ménages, les conditions climatiques, ainsi que des politiques énergétiques encore peu efficace dans la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique.

En controverse de son caractère consommateur et émetteur de gaz à effet de serre, certains chercheurs tels que Mc Kinsey et al. (2009) admettent que le secteur résidentiel est parmi les secteurs qui offrent de meilleures opportunités d'une part, pour les économies d'énergie et d'autre part, pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En d'autres termes, le secteur résidentiel représenterait un gisement considérable d'économie d'énergie, que les pouvoirs publics ainsi que les planificateurs d'énergie peuvent remodeler afin de promouvoir la transition énergétique. A l'échelle du secteur résidentiel, c'est plus précisément le stock bâti existant qui représente le moteur de cette consommation énergétique, car outre les mesures d'efficacité établie ou non à l'échelle des logements neufs, ces derniers ne représentent annuellement qu'un faible pourcentage par rapport au stock résidentiel bâti déjà existant. Ainsi, le challenge porte sur l'ensemble du stock résidentiel bâti, qui représente le plus souvent et dans plusieurs pays de faibles performances énergétiques généralement dépendantes des énergies fossiles non-renouvelables, et ce dans le but de répondre aux principaux besoins énergétiques des ménages pour chauffage et la climatisation.

Les pouvoirs publics et les planificateurs énergétiques représentant les acteurs principaux de la mise en œuvre des mesures visant à promouvoir la transition énergétique à l'échelle résidentielle, se trouvent heurter à un dilemme majeur, celui de l'identification des mesures d'efficacité énergétique en adéquation avec l'hétérogénéité du parc logement existant, car outre la robustesse des mesures d'efficacité énergétique, l'établissement des stratégies et scénarios en adéquation avec le comportement énergétique au caractère hétérogène et complexe du secteur résidentiel représente le défi majeur à l'aboutissement des objectifs estompés de réduction de la facture énergétique et par conséquent à la promotion de la transition énergétique.

En d'autres termes, les mesures d'efficacité énergétique ciblée à l'échelle résidentielle constituent l'instrument des pouvoirs publics pour introduire efficacement

la transition énergétique à l'échelle de l'un des secteurs le plus énergivore et le plus hétérogène à l'échelle planétaire.

Cependant, amorcer cette transition dans les politiques énergétiques actuelles, nécessite le recours à des outils d'aide à la décision, qui permettent d'analyser, simuler et optimiser le comportement énergétique des secteurs énergétiques spécifiques (DeCarolis et al., 2017). Ces outils de pilotage, se traduisent par des modèles mathématiques qui analysent la complexité des systèmes énergétiques, et ce, en fonction de différentes dimensions et variables (socio-économiques, environnementales, ... etc.).

En d'autres termes, la modélisation énergétique représente l'épine dorsale des planifications énergétique durable, caractérisé par une posture stratégique et contextuelle. Ce défi de développer des stratégies spécifiques à chaque contexte incarne l'originalité de la 21^{ème} Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, qui propose le principe de responsabilité commune, mais différenciées des états. Cet objectif procure un sens de responsabilité aux différentes parties prenantes, car il n'existe pas de modèle général qui pourrait correspondre à toutes les situations. C'est à la lumière de ses différents postulats, que la modélisation énergétique est appréhendée dans cette recherche, comme un outil de pilotage en faveur de la transition énergétique.

4. La modélisation énergétique au service de la transition énergétique

La modélisation énergétique résidentielle est un outil de planification, au service du développement de politique énergétique durable, pour laquelle, la transition énergétique représente l'objectif à long terme. Ce dernier est appréhendé par les chercheurs comme étant un instrument de pilotage, nécessaire à la révision des politiques existants (Tambach et al., 2010).

4.1. La modélisation énergétique, un outil de pilotage

La modélisation énergétique, comme un outil de la transition énergétique aide à concevoir, à planifier ainsi qu'à mettre en œuvre des systèmes énergétiques à long terme (Ringkjøb et al., 2018). La résolution des problèmes énergétiques, liée à la forte consommation, et à la dépendance aux énergies fossiles, nécessite d'une part, le recours à une grande quantité de données, extraite ou calculé sur des échelles très fines, dans le but de décrire les relations entre les facteurs influant, et d'autre part, elle nécessite le recours à des approches et techniques d'analyse, qui permettent d'appréhender plusieurs questions, dont l'objectif est d'établir des planifications énergétiques durables. Ses deux caractéristiques sont traduites communément par des modèles énergétiques (Jebaraj & Iniyar, 2006). Les modèles en question, permettent d'établir une analyse ciblée des scénarios énergétiques.

Selon Jebaraj & Iniyar. (2006) il existerait une panoplie de modèles énergétiques qui peuvent être utilisés par les planificateurs énergétiques, et ce dans le but de décrire et analyser l'impact des différentes variables qui influence la consommation énergétique de différents secteurs. Ces derniers sont résumés comme suit :

- **Les modèles comportementaux ou économétriques** : représentant des modèles macros-statistiques qui reflètent les caractéristiques de la consommation énergétique. Ces derniers sont souvent orientés vers la prévision.
- **Les modèles de programmation linéaire** : représentant des modèles qui peuvent être utilisés avec profit, et sur plusieurs périodes.
- **Les modèles énergie-économie** : sont utilisés pour analyser les interactions énergie-économie. Ces derniers sont généralement utiles pour des planifications énergétiques à long terme.

Selon Tovar-Facio et al. 2021, l'élaboration de modèles de transition énergétique demeure une tâche complexe, nécessitant le recours aux approches multidisciplinaire, et analysant une série de variables, issue de dimensions statistique, économique et/ou sociale. Dans cette optique, et pour un cadrage contextuel, la présente recherche, se focalise sur la discussion des variables indépendantes, de natures explicatives et prédictives, qui impactent la consommation énergétique résidentielle, incarnant l'épicentre de cette recherche doctorale.

4.2. La consommation énergétique résidentielle, appréhendée par les variables explicatives

Le processus de modélisation énergétique résidentielle a pour but d'équiper les acteurs de la transition énergétique, avec des orientations et recommandations spécifiques à chaque contexte. Pour faire, plusieurs variables indépendantes au caractère explicatif et/ou prédictif sont analysées, car la compréhension de la dynamique et le profil de la consommation énergétique résidentielle nécessitent, un sérieux effort de modélisation énergétique, établie sur différentes échelles, et ce, afin de soutenir les stratégies de transition énergétique. Cette consommation résidentielle dépend de plusieurs variables indépendantes. Ces dernières ont la capacité d'expliquer sa variabilité dans le temps. Il peut s'agir de facteurs socio-économiques, les caractéristiques des logements, la présence d'appareils électroménagers, les caractéristiques climatiques, le comportement des occupants (Jones et al., 2015 ; Mora et al., 2018). Le tableau 1 identifie les principales variables utilisées dans la modélisation énergétique résidentielle par les chercheurs. Ces variables peuvent être regroupées selon cinq dimensions principales : les dimensions sociodémographiques, économiques, climatiques, ainsi qu'urbaines.

Tableau 1. Un résumé des principales variables indépendantes utilisées dans les modélisations énergétiques résidentielles.

Dimensions	Variables indépendantes	Sources
Socio-démographiques	Population	(Al-Ghandoor et al., 2009; Bianco et al., 2013; Chen et al., 2016; Theodoridou et al., 2011)
	Taille des ménages	(Iraganaboina & Eluru, 2021; Kim et al., 2020; Tso & Guan, 2014)
	Densité d'occupation	Kim et al. (2020)
	Caractéristiques des ménages	Iraganaboina & Eluru (2021)
	Le nombre de résident	Sepehr et al. (2018)
	Propriétaire de maison	Rhodes et al. (2014)
	Economie	PIB et PIB/habitant
	Niveau de revenu	Kavousian et al. (2013)
	Prix de l'énergie	Al-Ghandoor et al. (2009)
Climat	Température	(Al-Ghandoor et al., 2009; Biswas et al., 2016; Catalina et al.,

		2013; Fumo & Rafe Biswas, 2015; Kim et al., 2020; Williams & Gomez, 2016)
	Humidité	Williams & Gomez (2016)
	Rayonnement solaire	(Biswas et al., 2016; Fumo & Rafe Biswas, 2015)
	Zone climatique	Walter & Sohn (2016)
	Changement climatique	Chen et al. (2016)
	Degrés-jours de chauffage/ Degrés-jours de refroidissement	(Iraganaboina & Eluru, 2021; Kavousian et al., 2013)
Bâtiment	Année de construction (âge)	(Hsu, 2015; Kavousian et al., 2013; Kim et al., 2020; Theodoridou et al., 2011)
	Surface de plancher	(Fracastoro & Serraino, 2011; Kavousian et al., 2013; Kim et al., 2020; Theodoridou et al., 2011)

	Enveloppe du bâtiment	(Catalina et al., 2013; Theodoridou et al., 2011; Williams & Gomez, 2016)
	Type/taille du logement	(Hsu, 2015; Tso & Guan, 2014)
	Utilisation des systèmes et appareils énergétiques	(Kim et al., 2020; Sepehr et al., 2018; Štreimikienė, 2014; Tso & Guan, 2014)
Urbaine	Taux d'urbanisation	(Chen et al., 2016;
	Caractéristiques de la localisation	Dujardin et al., 2014; Iraganaboina & Eluru, 2021)
	Schéma de peuplement	
	Densité et utilisation mixte	

Source : Etablie par l'auteur

Les variables indépendantes citées précédemment dans le tableau 1, constituent une base de données relative à la consommation résidentielle. Ces dernières, permettent d'analyser d'une part, les prévisions relatives à la consommation résidentielle au stade de la conception. D'autre part, elles ont la capacité d'évaluer les options de mise en œuvre de scénarii de rénovation énergétique (Fumo, 2014). Étant donné la complexité du comportement énergétique résidentiel, les chercheurs scientifiques situés aux quatre coins du monde développent une multitude de modèles, utilisant une panoplie de techniques et d'approches, dans le but de promouvoir l'efficacité énergétique dans le stock résidentiel bâti et par conséquent, amorcer la

transition énergétique de l'un des secteurs les plus énergivores à l'échelle planétaire. Par conséquent, la modélisation énergétique résidentielle est appréhendée par la communauté scientifique, comme étant un outil d'aide à la décision, de pilotage, ayant pour publiques cibles (les décideurs politiques, les planificateurs énergétiques, ainsi que les chercheurs scientifiques).

En résumé, le développement de cet outil de planification énergétique durable, s'inscrit dans les recherches sur la réduction de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre. Il permet de porter des réponses, et des solutions aux problématiques liées à la sécurité énergétique, préoccupation d'ordre environnementale, confort thermique, ainsi que les questions économiques (Fumo, 2014).

Dans le contexte de la présente recherche, la transition énergétique est appréhendée comme une mesure planifiée face aux changements climatiques. Ainsi, elle peut être matérialisée par des modèles énergétiques, qui propose un cadrage contextuel ayant pour but de mettre en œuvre une approche exploratoire du secteur grand consommateur d'énergie, à l'échelle du territoire algérien : le secteur résidentiel, à travers son stock bâti existant. La figure 2 illustre le positionnement épistémologique et sémantique de la modélisation énergétique dans le cadre de la transition énergétique.

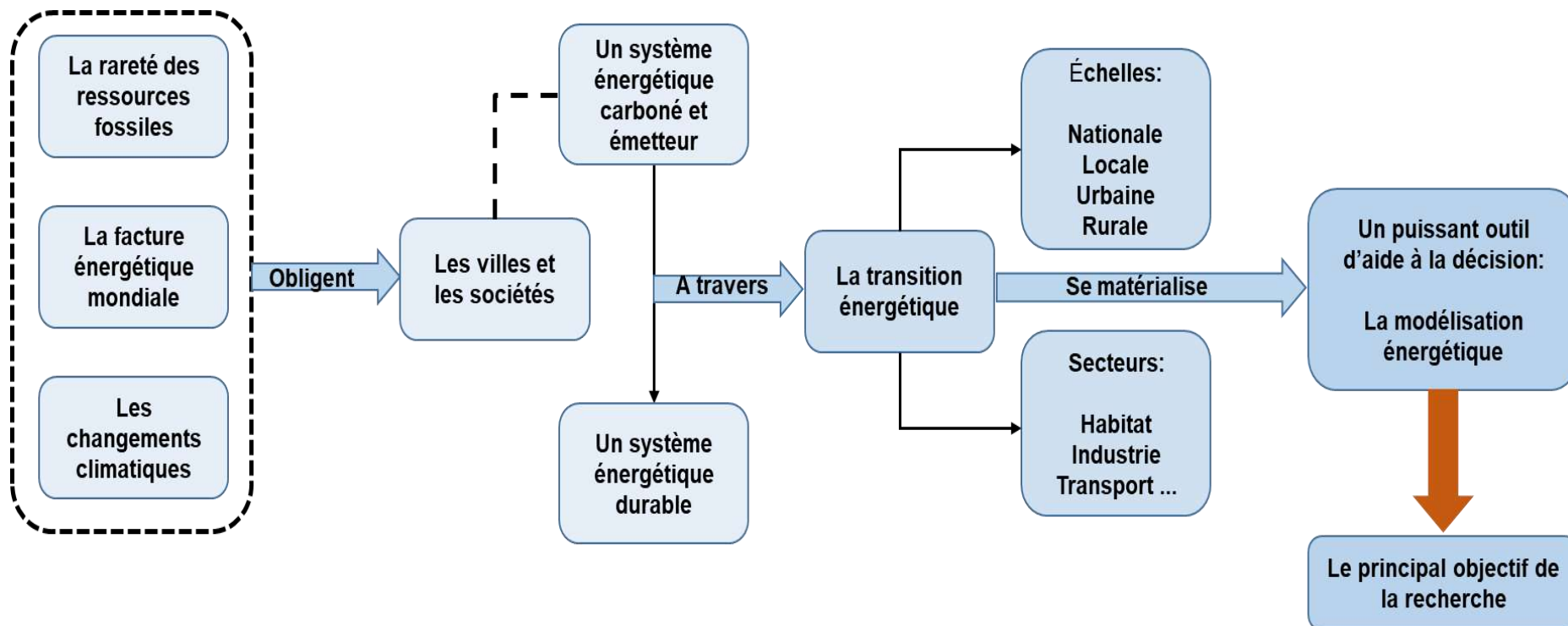


Figure 2. Un organigramme qui illustre le positionnement épistémologique de la transition énergétique en tant qu'objectif de recherche

5. Conclusion

Le concept de transition énergétique se forge l'image d'une nouvelle alternative portant plusieurs casquettes : énergétique, environnementale, économique, ainsi que sociétale. À travers une panoplie de recherches scientifiques, la transition énergétique est appréhendée comme la clé de voûte aux problèmes environnementaux du vingt-et-unième siècle. La complexité d'amorcer cette transition, réside dans son caractère multidimensionnelles et multi-échelles. C'est dans cette perspective, que l'importance et l'actualité de la transition énergétique comme une thématique de recherche, sont appréhendées dans le cadre de cette thèse par le biais d'une modélisation énergétique résidentielle, comme une mesure d'adaptation planifiée face aux changements climatiques. Cet outil d'aide à la décision se traduit par une volonté d'équiper les acteurs de la transition énergétique par un instrument de pilotage dans le but de réduire la facture énergétique résidentielle.

Le second chapitre portera sur les différentes approches et techniques de modélisation énergétique résidentielle, comme un outil d'aide à la décision, qui servira, par la suite, d'appui scientifique pour le développement d'un modèle énergétique du stock résidentiel bâti algérien, ce qui représente l'objectif principal de la présente recherche.

**Chapitre 2 : Les approches méthodologiques et le
cadre conceptuel de la modélisation énergétique,
comme un outil d'aide à la décision**

Chapitre 2 : Les approches méthodologiques et le cadre conceptuel de la modélisation énergétique, comme un outil d'aide à la décision

1. Introduction

Ce chapitre discute les différentes approches de modélisation énergétique utilisées dans le cadre d'études antérieures, comme un outil d'aide à la décision. Il a pour but d'identifier les manquements et lacunes (*le gap méthodologique*) afin de développer une nouvelle approche triangulaire qui sera appliquée dans les chapitres suivants, ayant l'ensemble du territoire algérien comme cas d'étude. Les différentes approches et méthodes de modélisation énergétique seront exposées afin de cerner les mesures à travers lesquelles elles peuvent être utilisées afin de produire des modèles énergétiques.

2. La modélisation de la consommation énergétique résidentielle : Un examen des approches et des méthodes utilisées

À travers l'ensemble des pays du monde, les études sur la consommation énergétique nécessitent un sérieux effort de modélisation énergétique, afin d'identifier les modèles de consommation d'énergie à travers différentes échelles, et ce dans le but de soutenir les stratégies de transition énergétique. Se référant à différentes approches utilisées pour le stock bâti en général, ou pour le secteur résidentiel en particulier. Swan & Ugursal (2009) ont passé en revue les techniques de modélisation de la consommation énergétique résidentielle, en les regroupant en deux grandes approches. D'une part, l'on retrouve l'approche descendante (*Top-down*) et, d'autre part, il y a l'approche ascendante (*Bottom-up*). Le choix de l'utilisation d'une approche ou d'une autre, dépend fortement des informations d'entrée et des scénarios de sortie souhaités. Ces deux dernières requièrent pour leur application les trois méthodes phares de la modélisation énergétique que Bourdeau et al. (2019) résument comme suit :

- Les méthodes basées sur la physique ;
- Les méthodes basées sur les données ;
- Les méthodes hybrides ;

2.1. Les approches de la modélisation énergétique résidentielle

La distinction entre l'approche descendante "*Top-down*" et l'approche ascendante "*Bottom-up*" se fait selon le positionnement hiérarchique des données d'entrée (Input data) relatives au secteur résidentiel et les scénarios de sortie souhaités.

2.1.1. L'approche descendante "*Top-down*"

L'approche descendante procède de deux manières différentes. D'une part, elle peut avoir recours à l'estimation de la consommation énergétique totale du secteur résidentiel. D'autre part, elle peut procéder par l'attribution d'une valeur à cette même consommation énergétique par le biais de variables indépendantes au caractère explicative qui impacte la consommation résidentielle.

Les techniques qui sont utilisées par l'approche *top-down* correspondent aux techniques économétriques et technologiques.

▪ Les méthodes économétriques

Les modèles de consommation énergétiques basés sur les méthodes économétriques utilisent des variables explicatives telles que le prix de l'énergie, le revenu des ménages, le taux d'utilisation des appareils ménages, dans le but d'estimer la variable dépendante, qui se traduit par la consommation énergétique résidentielle (Swan & Ugursal., 2009).

- **Les méthodes technologiques**

Les modèles de consommation énergétique basés sur les méthodes technologiques, attribuent la consommation énergétique résidentielle globale aux caractéristiques du stock résidentiel bâti.

2.1.2. L'approche ascendante "*Bottom-up*"

Dans le cadre de l'approche ascendante, les modèles sont élaborés à partir de données d'entrée, ayant un niveau hiérarchiquement inférieur à celui des modèles issus de l'approche "*Top-down*". En d'autres termes, les données d'entrée utilisées par l'approche "*Bottom-up*" correspondent aux données qui portent sur les utilisations finales individuelles, extraite à l'échelle d'un bâtiment résidentiel, ou un groupe de maisons, à travers le processus d'échantillonnage représentatif. La caractéristique de l'approche "*Bottom-up*" se traduit par le processus d'extrapolation² de la donnée à partir de l'échelle locale (micro-échelle), pour estimer des données à l'échelle régionale, nationale (macro-échelle) (Swan & Ugursal., 2009).

2.2. Les techniques et les méthodes de la modélisation énergétique

Les deux approches phares de la modélisation énergétique résidentielle citées précédemment, requièrent pour leurs applications différentes techniques et méthodes de modélisation énergétique. Ces dernières ont été résumés par (Bourdeau et al., 2019) en trois catégories distinctes :

² L'extrapolation est un calcul mathématique qui consiste à estimer une valeur, ou des valeurs inconnues issues des deux variables quantitatives étudiées.

- **Les méthodes basées sur la physique "*Physique-based*" :**

La technique de modélisation énergétique basée sur la physique, également appelée "boite-blanche"³ par Tardioli et al. (2015), correspond à l'utilisation des équations de la physique pour estimer et décrire le comportement énergétique des bâtiments. Cette technique possède une panoplie de nominations, qui ont été établies par plusieurs chercheurs pour expliquer le processus de modélisation. Dans le cadre de cette recherche, c'est l'appellation "approche de simulation calibrée" désigné par ASHRAE, (2009), ou encore "méthodes d'ingénierie » établie par (Fumo, 2014 ; Swan & Ugursal, 2009 ; H. Zhao & Magoulès, 2012), qui retiennent une plus grande attention, car ces deux nominations permettent de comprendre que la présente technique procède par simulation énergétique à l'échelle d'un bâtiment ou un groupe de bâtiment. Elles permettent d'estimer la consommation énergétique à l'échelle locale, à l'aide de logiciels de simulation thermique de nature dynamique⁴, tels que Energyplus, Trnsys, ou encore Rhino Grasshopperetc.

- **Les méthodes basées sur les données "*Data-Driven*" :**

Comme son nom l'indique, les techniques basées sur les données requierent pour leur application un large éventail de données. En d'autres termes, un grand échantillon représentatif de la consommation énergétique est nécessaire afin d'avoir recours à cette technique, contrairement aux techniques basées sur la

³ La boîte blanche « white-box », représente une modélisation énergétique basée sur une approche de la résolution des équations de la physique et sur les méthodes d'ingénierie. Son but est de décrire le comportement énergétique des bâtiments (Bourdeau et al., 2019).

⁴ « Pour calcul « dynamique » on entend généralement un calcul effectué sur des pas de temps courts en intégrant l'inertie des parois et les apports du pas de temps correspondants, en opposition à un calcul statique, qui est effectué sur une base temporelle plus longue (mois, année), en intégrant l'inertie et les apports à travers des coefficients « moyens » (Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique-SED, (2015).

physique, qui nécessitent, à l'inverse, des données ciblées à l'échelle d'un bâtiment ou un groupe de bâtiment pour effectuer des simulations énergétiques.

- **Les méthodes hybrides "*hybrid-methodes*" :**

Au final, la troisième technique de modélisation énergétique correspond aux modèles hybrides, qui viennent combiner les méthodes basées sur la physique avec les méthodes basées sur les données, dans le but d'optimiser les paramètres de sortie du modèle (Bourdeau et al., 2019).

La présente recherche se focalise sur les méthodes basées sur les données « *data-driven* », qui contrairement aux autres méthodes dites physiques et hybrides, qui utilisent des données à l'échelle d'un bâtiment ou combinent plusieurs échelles (bâtiment et échelle plus importante), celles choisies s'appuient sur les « *big data* » et offrent la possibilité d'engager des réflexions d'ordre complexe ou stratégique, car en dépit de l'importance des techniques utilisées dans les modèles basés sur la physique, ainsi que les modèles hybrides. Ces deux méthodes ne figurent pas comme l'objet phare de cette thèse, car elles sont basées sur des techniques d'ingénierie, principalement axés sur un ensemble de données limité (modèle de référence, méthode d'échantillonnage, ...etc.).

Cette recherche se concentre principalement sur les méthodes basées sur les données (*Data-driven*) utilisées pour la modélisation de la consommation énergétique résidentielle, avec un accent particulier pour les méthodes qui peuvent être liées à des approches spatiales. Puisque, dans la perspective où cette étude procèdera à l'analyse d'une grande base de données qui portera sur le stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, les méthodes guidées par les données semblent être les plus appropriées, car elles nécessitent une modélisation statistique, et une visualisation spatiale plutôt que des outils de simulation énergétique (Foucquier, Robert, Suard, Stéphan, & Jay, 2013).

Ainsi, le choix de l'approche adoptée dans le cadre de cette thèse tient compte de la hiérarchisation des données d'entrée, qui sont utilisées pour des fins de modélisation énergétique à des échelles d'usage complexe des données. Le schéma ci-dessous résume les approches de modélisation énergétique ainsi que l'ensemble des techniques et méthodes qui existe dans la littérature, tout en mettant l'accent sur la technique exploratoire choisie dans le cadre de cette recherche, et qui sera discuté dans le point suivant.

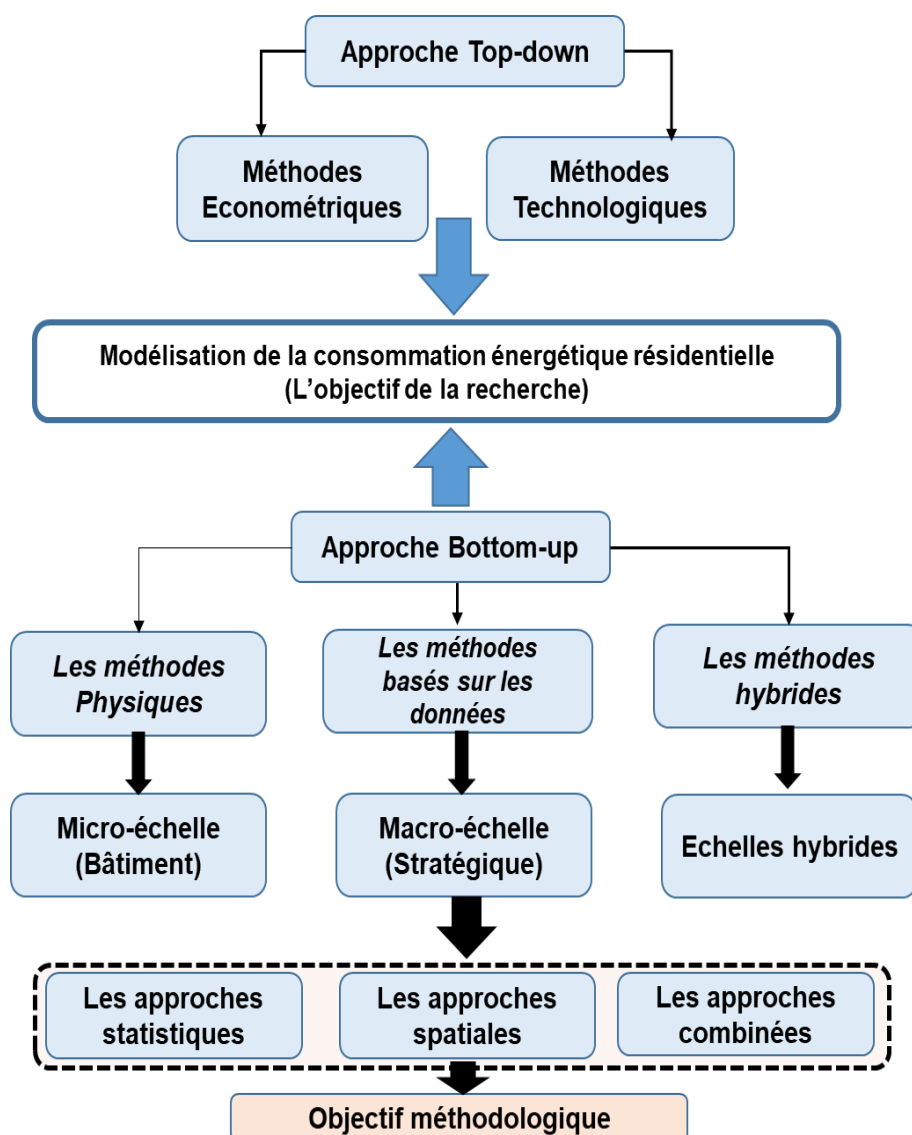


Figure 3. Un schéma résumant les différentes approches et techniques de la modélisation énergétique résidentielle

3. Les techniques basées sur les données (*Data-driven*)

Les modèles énergétiques basés sur un large échantillon de données nécessitent des outils puissants de modélisation énergétique, tels que les outils statistiques, les outils de Machine Learning⁵, ou encore les outils de spatialisation (*mapping*).

Dans ce contexte, l'exposition et l'analyse des approches et méthodes de modélisation énergétique sont regroupés en trois catégories, et ce, en fonction de trois critères distincts :

- Des études basées sur des approches statistiques pour modéliser la consommation énergétique spécifique au contexte résidentiel ;
- Des études basées sur des approches spatiales qui utilisent les systèmes d'informations géographiques (SIG) ;
- Des études qui combinent plusieurs approches et méthodes dans un même et seul modèle ;

Cette catégorisation méthodologique de la modélisation énergétique sera analysée pour chaque approche et méthode citée dans ce chapitre à travers trois groupes distincts, ce qui permettra de guider le développement d'une nouvelle combinaison méthodologique, qui représente l'objectif phare de cette thèse, basé sur les lacunes et les insuffisances relevées par les études antérieures.

⁵ Il représente un sous-ensemble de l'intelligence artificielle, qui a la capacité de construire un modèle mathématique à partir d'un échantillon de données, appelé "données d'apprentissage", ayant pour but d'établir des prédictions sans être explicitement programmés pour établir une tâche (Zhang, 2020).

3.1. Les principales méthodes statistiques utilisées dans la modélisation énergétique

Les modèles de consommation énergétiques basées sur les méthodes statistiques ont pour but de rechercher les différentes corrélations⁶ qui existent entre les variables explicatives et/ou prédictives qui s'appuient sur les données historiques de la consommation énergétique avec la variable réponse. Celle-ci correspond dans le cadre de la présente recherche à la consommation énergétique résidentielle. Les variables sont analysées selon les trois types d'analyses les plus couramment utilisées dans la littérature : l'analyse de régression, l'analyse de la demande conditionnelle ainsi que le réseau neuronal (Swan & Ugursal, 2009; Torabi Moghadam et al., 2017).

3.1.1. L'Analyse de régression

L'analyse statistique par régression étudie la nature de la relation qui se trouve entre la consommation énergétique comme une variable réponse, avec les facteurs qui peuvent influencer son comportement, matérialisé par les variables explicatives, cette dernière utilise un large éventail de données pour générer un modèle de consommation énergétique (Dascalaki et al., 2010 ; Fracastoro et Serraino, 2011 ; Theodoridou et al., 2011). Cette approche méthodologique sera analysée en détail au niveau du quatrième chapitre de la présente thèse.

3.1.2. L'analyse de la demande conditionnelle (ADC)

Les modèles énergétiques basés sur l'analyse de la demande conditionnelle (ADC) utilisent une régression basée sur les utilisations énergétiques finales d'un bâtiment, tel que la présence d'appareils électroménagers comme variables

⁶ La corrélation représente une mesure statistique utilisée pour exprimer la nature de la relation entre deux variables ou plusieurs variables.

explicatives de la consommation énergétique à l'échelle d'un bâtiment (Swan & Ugursal, 2009; Torabi Moghadam et al., 2017).

3.1.3. Le réseau neuronal (*Machine Learning*)

Les modèles énergétiques basés sur la technique du « *Machine Learning* » utilisent la méthode du réseau neuronal, basé sur un processus et un algorithme mathématique. Ce dernier permet d'analyser l'interconnexion et les différentes influences entre les utilisations finales à travers une série de neurones⁷. Cette technique est généralement utilisée à l'échelle du bâtiment, ayant pour objectif « la prédiction de la consommation énergétique » (Swan & Ugursal, 2009; Torabi Moghadam et al., 2017).

Dans ce qui suit nous analyserons les diverses études antérieures en matière de modélisation énergétique résidentielle, et ce dans le but de cerner les forces et les lacunes des approches phares de la modélisation énergétique, que nous avons regroupés en trois groupes :

- Le premier groupe analysera les modèles énergétiques basés sur les approches statistiques ;
- Le second groupe discutera le recours aux approches spatiales ;
- Le troisième et dernier groupe procèdera à l'analyse des approches combinées ;

3.2. La modélisation énergétique par les approches statistiques

Ce premier groupe est principalement basé sur des approches statistiques pour modéliser la consommation énergétique résidentielle, analyser les interactions, prédire

⁷ Le réseau neuronal représente des modèles informatiques inspirés du paradigme biologique, ayant la capacité de prédire des données. De manière plus générale, le réseau neuronal constitue des modèles de régressions non linéaires, qui peuvent être mis en œuvre avec des logiciels statistiques (O'Shea & Nash, 2015; Sarle, 1994).

les futures consommations énergétiques et fournir des recommandations aux acteurs de la transition énergétique. Les travaux les plus significatifs de cette catégorie sont regroupés chronologiquement comme suit :

Ils comprennent les travaux d'Al-Ghandoor et al. (2009). Ces chercheurs ont simulé la consommation énergétique résidentielle Jordanienne en utilisant l'analyse de régression linéaire multiple (RLM), dans le but d'identifier les variables explicatives qui affectent la consommation d'électricité et de carburant, tout en examinant l'impact de l'introduction des mesures d'efficacité énergétique sur la consommation énergétique résidentielle du pays.

Plus tard, en 2011, Fracastoro & Serraino (2011) ont développé une méthodologie qui cible la distribution du stock résidentiel bâti selon la consommation énergétique liée au chauffage, à travers l'utilisation des données de recensement nationales et régionales. Les résultats représentent un outil utile qui aide les planificateurs énergétiques à définir une échelle de performance pour la certification énergétique. De manière assez similaire, Theodoridou et al. (2011) ont développé une approche statistique basée sur l'identification des caractéristiques spécifiques du stock résidentiel bâti existant et sa consommation énergétique en Grèce, ayant pour but de déterminer le potentiel de conservation énergétique.

Deux ans plus tard, un modèle basé sur la régression linéaire multiple (RLM) a été utilisé par Catalina et al. (2013) dans le but d'élaborer un modèle de prédiction de la demande énergétique liée aux besoins de chauffage. La même année, Bianco et al. (2013) ont développé un modèle de prédiction de la consommation électrique en Italie, en utilisant une combinaison de régression linéaire simple et multiple. Ce modèle combiné est basé sur l'analyse de l'impact des variables explicatives de nature économiques et démographiques, qui seront utilisés comme un outil pour la planification énergétique en Italie. Kavousian et al. (2013) ont pour leur part produit un modèle basé sur la régression linéaire multiple (RLM), dans le but d'analyser les

variables qui affectent la consommation quotidienne d'électricité résidentielle d'un échantillon de 1628 ménages aux États-Unis.

En 2014, Štreimikienė a analysé la tendance de consommation énergétique résidentielle en Lituanie par rapport aux autres États membres de l'union européenne, par le biais d'une analyse de corrélation basée sur les facteurs économiques, non économiques ainsi que politiques pour réduire la consommation énergétique résidentielle. La même année, Tso & Guan, (2014) ont développé un modèle basé sur la régression multiniveau pour analyser l'impact des indicateurs environnementaux et des caractéristiques des ménages sur la consommation énergétique résidentielle. De même, Rhodes et al. (2014) ont identifié les profils de demande d'électricité résidentielle sur la base des données mesurées de 103 ménages à Austin, TX, en utilisant l'algorithme *k-means*.⁸

En 2015, Fumo & Rafe Biswas. (2015) ont effectué une combinaison d'analyses basées sur la régression linéaire simple et multiple sur des données horaires et quotidiennes de la consommation énergétique résidentielle, afin de démontrer l'efficacité et la robustesse des analyses de régression dans le développement du modèle de consommation énergétique. La même année, Hsu (2015) a introduit la méthode de régularisation pour modéliser la consommation d'énergie des bâtiments multifamiliaux et des bureaux commerciaux dans la ville de New York, afin d'identifier les paramètres techniques et non techniques qui influencent la consommation d'énergie. En 2016, Walter et Sohn, (2016) ont développé un modèle de régression multivarié basé sur plusieurs variables numériques (quantitatives) et catégorielles (qualitatives), pour créer un modèle statistique qui aide à prédire l'intensité de la consommation d'énergie, et a estimé les économies d'énergie de 870 000 bâtiments

⁸ Le *K-means* appelée en français le K-moyenne correspond à un algorithme mathématique le plus utilisé pour des fins de *Clustering* (répartition en groupe). Il a la capacité d'analyser une large base de données caractérisée par diverses variables explicatives, et ce dans le but d'établir des groupes ayant les mêmes caractéristiques. <https://dataanalyticspost.com/Lexique/k-means-ou-k-moyennes/>

résidentiels et commerciaux. Chen et al. (2016) ont pu modéliser une variation temporelle de la consommation énergétique résidentielle à l'échelle mondiale en utilisant l'analyse de régression, afin d'identifier les facteurs qui l'affectent, et ce dans le but de servir d'outil faisant face au changement climatique. Williams et Gomez, (2016) pour leur part, ont développé des modèles de consommation énergétique mensuelle de 426 305 maisons individuelles au Texas, en utilisant une analyse de régression linéaire, arbres de régression et splines de régression adaptatives multivariées. Ces méthodes sont appliquées sur les caractéristiques des bâtiments et les données climatiques mensuelles, afin de fournir un modèle fiable pour les futures prévisions mensuelles. Dans la même optique, Biswas et al. (2016) ont développé un modèle de consommation d'énergie en utilisant la méthode des réseaux de neurones (RN), basé sur les données des maisons pilotes TxAIRE pour tester l'efficacité des nouvelles technologies de maîtrise énergétique.

En 2018, Sepehr et al ont modélisé le profil de consommation électrique quotidien, avec une résolution d'une minute lors d'une journée typique de l'été 2016, par le biais de modèles mathématiques. En 2020, Kim et al analysent la consommation énergétique résidentielle de 71 appartements à Séoul, en Corée du Sud, en utilisant la régression linéaire et non linéaire et l'analyse par arbre de décision, dans le but de détecter les déterminants cachés qui ont un impact sur ladite consommation énergétique. Récemment, Iraganaboina & Eluru (2021) ont développé un modèle de valeurs extrêmes multiples discrètes et continues basées sur un échantillon de 5600 ménages sélectionnés à partir de l'enquête de consommation énergétique résidentielle de 2015 des États-Unis, pour étudier le processus d'utilisation de l'énergie à travers une gamme de variables indépendantes au caractère prédictif.

D'après l'examen résumé du premier groupe, la Régression Linéaire Multiple (RLM) semble être la principale méthode utilisée dans l'approche statistique pour la modélisation de la consommation énergétique résidentielle. Cette observation a également été soulignée par Torabi Moghadam et al. (2017), et très récemment par

Mata et al. (2021) (Voir Figure 4), et ce, car elle permet d'une part, de déterminer les facteurs impactant la consommation énergétique (Dascalaki et al., 2010 ; Fracastoro et Serraino, 2011 ; Theodoridou et al., 2011), et d'autre part, elles s'utilisent particulièrement sur un large éventail de données pour développer un modèle énergétique.



Figure 4. Distribution des études précédentes en fonction de la variable réponse étudiée et de l'approche méthodologique utilisée. La taille du cercle est proportionnelle au nombre d'études, le plus petit cercle représentant un article (n = 1) et le plus.

La figure 5 quant à elle résume l'examen des méthodes des modélisations énergétiques les plus pertinentes basées sur les méthodes statistiques, en se basant principalement sur l'échantillon de données utilisées, l'échelle des études de cas, le type d'énergie consommée ainsi que l'approche employée pour des fins de modélisation.

Authors	Statistical approaches	Sample and scale of data				Scale of case studies				Response variable (Energy type)			
		Representative sample	Neighbourhoods	City/Province	National	Representative day	Month	Typical year	Study period	1	2	3	4
(Al-Ghandoor et al. 2009)	Multiple linear regression								1985–2006				
(Catalina et al., 2013)	Multiple linear regression												
Bianco et al. (2013)	Multiple linear regression								1970–2007				
Kavousian et al. (2013)	Multiple linear regression	1628 households											
Streimikienė (2014)	Correlation analysis								2001–2009				
Tso & Guan (2014)	Multiple linear regression	10838 cases						2009					
Rhodes et al. (2014)	Clustering and Probit regression	103 households		Austin				2012-2013					
Fumo & Rafe Biswas (2015)	Linear regression and LMR	TxAIRE research house					June 2013						
Hsu (2015)	Penalized regression	3941 multifamily housing		New York City				2010 Census and 2011 Survey					
Walter & Sohn (2016)	Multiple linear regression	742,500 residential building						One full year					
Chen et al. (2016)	Correlation analysis				Several countries				2001–2008				
Williams & Gomez (2016)	Linear regression Regression trees Multiple linear regression	426,305 single-family houses		Texas			January 2010 to December 2013						
Biswas et al. (2016)	Neuronal network	TxAIRE pilot houses				Summer days		2013					
Sepehr et al. (2018)	Mathematical models	149 residential subscribers				Daily		2016's summer					
Kim et al. (2020)	Multiple linear regression Decision tree	71 apartments		Seoul				October 2017 to September 2018					
Iraganaboina & Eluru (2021)	Multiple level regression	4000 households						2015					

1: Electricity
2: Natural gas
3: Fuels
4: All energy use

Figure 5. L'examen résumé des méthodes de modélisation énergétique les plus pertinentes

3.3. La modélisation énergétique par l'approche spatiale

Le second groupe de modélisation énergétique est principalement basé sur des approches spatiales utilisant les Systèmes d'Information Géographique (SIG), pour créer et analyser la dimension spatiale de la consommation énergétique résidentielle. Dans ce groupe, la modélisation s'appuie sur un certain nombre de variables telles que la densité urbaine ou la zone climatique. Ainsi, plusieurs études basées sur des approches spatiales associées à la modélisation énergétique se sont progressivement développées au cours des dernières années, afin d'aider à promouvoir une planification énergétique durable.

L'un des travaux les plus significatifs dans cette catégorie est très probablement celui de Howard et al. (2012), qui ont développé un modèle d'intensité d'utilisation

finale dans le secteur du bâtiment de la ville de New York, en se référant à la spatialisation des résultats de la consommation d'énergie comme un outil d'aide à la décision, dans la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique et d'intégration des énergies renouvelables. En Europe, Caputo et al. (2013) ont développé une méthodologie pour caractériser la performance énergétique du parc immobilier. En se concentrant sur la ville italienne de Milan, leur approche a permis de créer un outil d'évaluation de différentes stratégies énergétiques à l'échelle urbaine. Mattinen et al. (2014) ont utilisé une approche spatiale par le biais des systèmes d'informations géographiques (SIG) pour visualiser les données de la consommation énergétique résidentielle, ainsi que les émissions de gaz à effet de serre d'un quartier d'affaires, afin de fournir des informations significatives aux décideurs pour promouvoir l'efficacité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Dujardin et al. (2014) ont analysé l'impact de l'aménagement du territoire et l'influence à long terme sur la consommation énergétique résidentielle et la mobilité dans la région wallonne en Belgique, par le biais de corrélations spatiales entre les indicateurs de performance énergétique et de forme urbaine (densité, usage mixte). Fichera et al. (2016) ont utilisé les systèmes d'informations géographiques (SIG) pour cartographier la demande énergétique des quartiers urbains existant à Catane, dans le sud de l'Italie, et ont ainsi créé une cartographie énergétique afin d'aider à concevoir des scénarios à long terme basé sur la demande énergétique des villes. Österbring et al. (2016) ont proposé une méthodologie basée sur les systèmes d'informations géographiques (SIG), qui a classé le parc immobilier de la ville de Göteborg par âge en fonction de sa consommation énergétique. Evola et al. (2016), pour leur part, ont proposé un modèle d'évaluation de la demande énergétique des bâtiments, des transports et des services publics au niveau des quartiers urbains existant en utilisant l'approche spatiale, dans le but de produire une cartographie énergétique comme outil d'amélioration énergétique.

En 2017, Caputo & Pasetti ont développé un modèle énergétique basé sur des outils innovants (SIG) au niveau municipal dans le nord de l'Italie, conçus dans le but de pallier les obstacles empêchant les parties prenantes d'entreprendre la rénovation énergétique des bâtiments privés. En utilisant les SIG d'une manière différente, Groppi et al. (2018) ont évalué la consommation d'électricité résidentielle et le potentiel d'énergie solaire utilisable afin de réduire la dépendance aux énergies non renouvelables en Italie. De Santoli et al. (2019) ont mené une analyse du système énergétique dans la région de Lazio en Italie, basée sur une comparaison entre la consommation d'électricité et la production d'énergies renouvelables. Les résultats ont été spatialisés par le biais d'un logiciel SIG, afin de fournir un aperçu du potentiel de la région en matière de sources d'énergies renouvelables.

Dans ce second groupe, il semblerait que les Systèmes d'Information Géographique (SIG) représentent un puissant outil d'aide à la décision pour la planification énergétique, car il permet d'une part, de visualiser la distribution de la consommation énergétique résidentielle à différentes échelles, et d'autre part, il permet d'analyser l'influence de facteurs spatiaux, comme la densité urbaine, la mixité des usages, l'âge et la typologie des bâtiments, sur ladite consommation énergétique.

3.4. La modélisation énergétique par des approches combinées

Le troisième groupe concerne les études qui combinent plusieurs méthodes et approches pour une analyse multidisciplinaire au caractère complémentaire, qui permettent de fournir des informations adéquates, dans une perspective de planification énergétique durable. Ainsi, les études qui ont combiné plus d'une approche pour modéliser l'énergie résidentielle sont discutées ci-dessous :

En 2008, Aydinalp-Koksal & Ugursal ont modélisé la consommation énergétique résidentielle nationale du Canada à partir de données statistiques de 1993 en utilisant l'analyse conditionnelle de la demande (ACD). Ce modèle a ensuite été comparé à d'autres études utilisant des modèles de réseaux neuronaux et d'ingénierie, afin

d'évaluer les résultats prédictifs de la consommation énergétique. En 2012, Reiter & Marique ont combiné des approches spatiales par l'outil SIG avec des approches statistiques pour évaluer les utilisations de l'énergie résidentielle dans les bâtiments et le transport au niveau de la ville de Liège en Belgique. L'objectif consistait à simuler les effets de certaines stratégies d'économie d'énergie à l'échelle locale. Brounen et al. (2012) ont démontré l'impact des facteurs économiques et démographiques sur la consommation résidentielle de gaz et d'électricité, en utilisant l'analyse de régression et la cartographie énergétique sur un échantillon de 300.000 ménages néerlandais, dans le but de promouvoir une meilleure compréhension de ces facteurs dans l'amélioration des projections de la demande énergétique. En 2013, Zhu et al ont développé des modèles de régression basés sur l'hypothèse que les variations spatiales et temporelles de la consommation énergétique résidentielle sont affectées par les mêmes variables. Cette hypothèse a été testée en Chine pour développer un modèle prédictif de ladite consommation énergétique.

Les travaux de Zhu et al. Ont été suivis, une année après, par ceux de Mastrucci et al, qui ont utilisé une combinaison entre la régression linéaire multiple (RLM) et les SIG pour estimer la consommation énergétique résidentielle de la ville de Rotterdam aux Pays Bas, et ce dans le but d'extraire le profil de consommation d'énergie permettant de réduire la consommation énergétique. Juste une année plus tard, Fonseca & Schlueter ont introduit un modèle spatio-temporel pour caractériser la consommation d'énergie des bâtiments au niveau d'un district et d'un quartier en Suisse. Ils ont réussi à identifier le statut énergétique actuel et d'évaluer les mesures potentielles d'économie d'énergie. Ce modèle est basé sur les SIG, la modélisation énergétique dynamique et le clustering par la méthode des *k-means*, qui sert de plateforme pour l'attribution et la diffusion de données spatio-temporelles. La même année, Nouvel et al. (2015) ont comparé deux modèles de consommation de chaleur dans des bâtiments, en utilisant la régression linéaire multiple (RLM) et la technique d'ingénierie à travers une combinaison de modèles de ville 3D et un bilan énergétique

mensuel. Les modèles combinés ont été utilisés à plusieurs échelles de la ville afin d'améliorer les prédictions sur la demande de chaleur et pour identifier le potentiel d'économie d'énergie du stock résidentiel bâti.

En 2016, Delmastro et al ont développé une approche combinée d'évaluation de la performance énergétique et des systèmes d'informations géographiques (SIG), pour concevoir une base de données et des cartes thématiques de l'évolution des stocks résidentiels bâtis italiens. La même année, Salari & Javid ont analysé l'impact des caractéristiques socio-économiques et démographiques, l'âge des bâtiments, les prix de l'énergie et les conditions météorologiques sur la consommation énergétique résidentielle aux États-Unis entre 2005 et 2013, à travers la combinaison de deux approches, les modèles d'estimation de panel statique et dynamique. Pour leur part, Torabi Moghadam et al. (2018) ont également utilisé les SIG et l'analyse régression linéaire multiple (RLM), pour développer un modèle statistique géo-spatial ascendant pour l'estimation de la consommation énergétique résidentielle dans une ville italienne de taille moyenne, comme un outil d'aide à la planification énergétique. Par ailleurs, Gianniou et al. (2018) ont analysé la consommation de chauffage résidentiel, en utilisant l'algorithme de *k-means*, pour segmenter la consommation en fonction de son intensité énergétique et d'analyser sa corrélation avec les caractéristiques des bâtiments et des ménages.

En 2019, Sachs et al ont également combiné les SIG avec le *Clustering* de *k-means* sur la base de données démographiques et de bilans énergétiques nationaux, pour élaborer des cartes de densité énergétique mondiale basée sur différents profils de consommation résidentielle pour 165 pays, et ce, afin d'améliorer la précision technologique par leur introduction dans un nouveau modèle d'évaluation intégrée. Ahmed Gassar et al. (2019) ont comparé les modèles de consommation énergétique résidentielle dans les zones urbaines de la ville de Londres en utilisant la régression linéaire multiple (RLM), le réseau neuronal multicouche, la forêt aléatoire et le gradient « *boosting* ». Ces méthodes ont été appliquées sur les facteurs socio-

démographiques, économiques ainsi que sur les caractéristiques des bâtiments, dans le but de détecter le modèle le plus fiable pour les futures prédictions. En 2020, S. Wang et al. (2020) ont évalué des modèles spatiaux de la consommation finale d'énergie en Chine, dans plusieurs secteurs, basés sur l'analyse de la distribution spatiale, l'estimation de la densité du noyau et le regroupement hiérarchique spatial. Très récemment, Nishimwe & Reiter, (2021) ont publié les résultats de leur étude sur la consommation et la demande de chaleur du parc immobilier Wallon en Belgique. Ils ont présenté différents modèles énergétiques avec une distribution spatiale de la consommation de chaleur calculée à différentes échelles (quartier, municipalité et région urbaine), et ont avancé l'idée d'une transition vers des territoires plus intelligents.

Loin de chercher l'exhaustivité, l'examen du troisième groupe mentionné ci-dessus montre que la combinaison entre la régression linéaire multiple (RLM) et l'approche spatiale utilisant les systèmes d'informations géographiques (SIG) est la plus utilisée pour modéliser la consommation énergétique résidentielle. Cette observation a également été mise en évidence par Torabi, et al (2017). Cependant, l'utilisation du clustering hiérarchique associé aux SIG est largement utilisée dans la modélisation de consommation énergétique, car il permet de segmenter la variabilité de l'énergie résidentielle à travers différents profils énergétiques, ce qui permet d'extraire des informations plus fines pour développer une planification énergétique durable.

Sur l'ensemble des approches utilisées dans la littérature dans le but de modéliser la consommation énergétique résidentielle, la variable réponse étudiée est généralement limitée à une seule source d'énergie, le plus souvent, il s'agissait de la consommation d'électricité. Ce constat a également été mis en avant très récemment par les travaux de Mata et al. (2021), ayant souligné que la plupart des modèles de consommation énergétique résidentielle se concentraient en grande majorité sur la

consommation énergétique liée à l'électricité. La figure 6 relève cette lacune dans les recherches basées sur la modélisation énergétique.

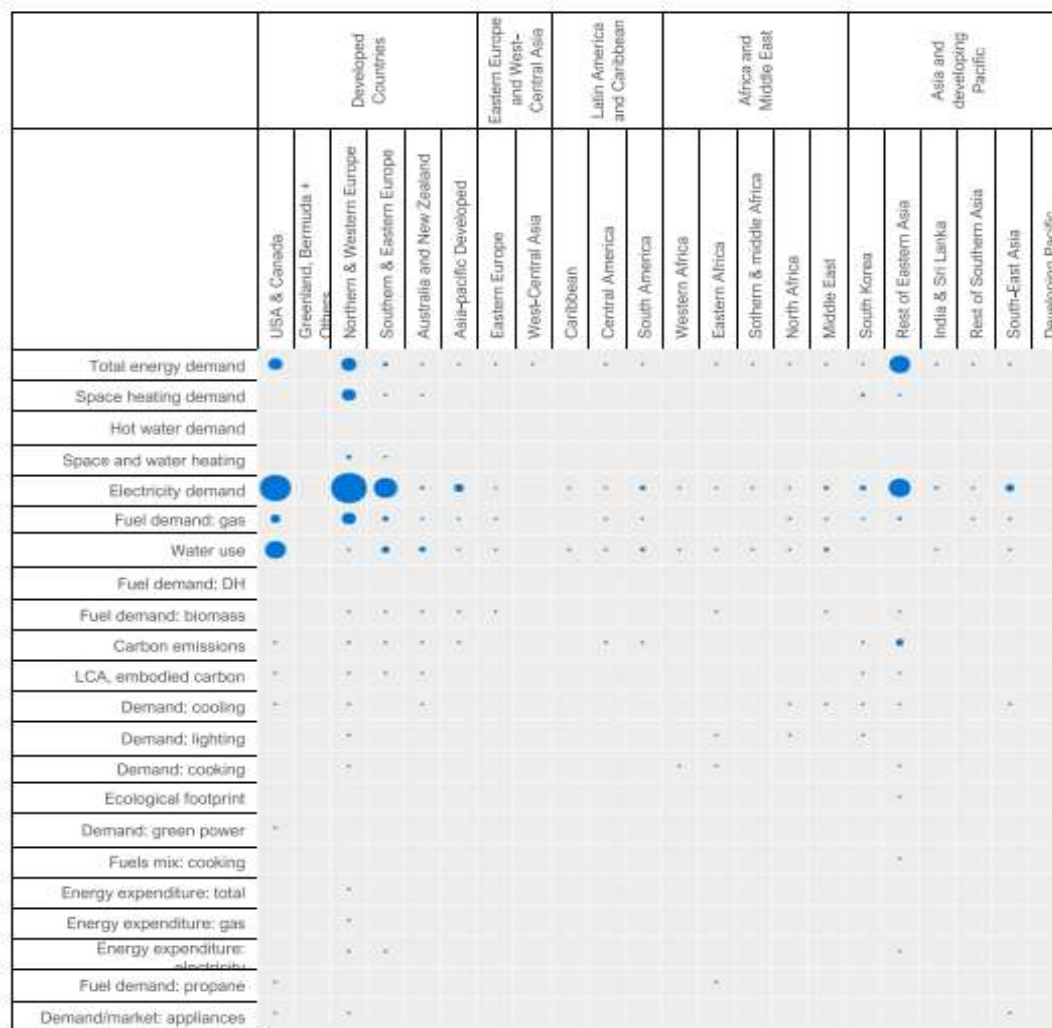


Figure 6. Répartition des études sur la consommation énergétique par type de variable réponse ainsi que lieu géographique. La taille du cercle est proportionnelle au nombre d'études, le plus petit cercle représentant un article (n = 1) et le plus grand.

En ce qui concerne le contexte algérien, la modélisation de la consommation énergétique n'est pas encore très courante. Une des rares recherches sur la consommation d'énergie a été menée par Bélaïd & Abderrahmani (2013), qui ont examiné la relation entre la consommation d'électricité, les prix du pétrole et la croissance économique entre 1971 et 2010. Les résultats montrent qu'il existe une relation de causalité bidirectionnelle entre la consommation d'électricité et le PIB. Cependant, cette consommation est principalement axée sur une seule source d'énergie, tous secteurs confondus. Quelques années plus tard, Ghedamsi et al. (2016) ont développé un modèle de consommation énergétique résidentielle basée sur une approche ascendante. Leur estimation de la consommation énergétique résidentielle annuelle est basée sur les coûts annuels liés à la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement. L'évaluation et la visualisation sont réalisées selon la méthode des degrés-jours, combiné aux systèmes d'informations géographiques (SIG), basés sur des données collectées en 2008. Les résultats montrent que le nombre de logements est le principal facteur qui affecte significativement la consommation résidentielle. En 2017, Amri a utilisé le test de Co-intégration pour examiner l'impact de la croissance économique de l'Algérie sur la consommation d'énergie de 1980 à 2012. Les résultats montrent que le développement économique de l'Algérie est fortement lié à l'abondance des ressources fossiles telles que le gaz naturel et les produits pétroliers. Un an plus tard, Boukarta & Berezowska-Azzag (2018) ont mis en évidence l'influence des caractéristiques des logements et des ménages sur la consommation énergétique résidentielle, appliquée à l'échelle locale (wilaya de Djelfa). Cette analyse d'influence a utilisé la régression linéaire multiple (RLM) associé aux systèmes d'information géographique (SIG).

4. Conclusion

Après une revue des études précédentes, qui portent sur les approches de modélisation de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel, ce chapitre

a permis de donner un aperçu sur les principales lacunes et manquements en la matière. Il s'agit des points suivants :

a- Un ensemble de données partielles : La plupart des modèles n'ont analysé que des ensembles de données partielles concernant la consommation énergétique résidentielle. En d'autres termes, les données utilisées dans le cadre de la modélisation portent généralement sur une année, un mois ou un jour représentatif. Les bases de données longitudinales sont nécessaires pour analyser l'influence des facteurs structurels à long terme, comme le PIB ou la croissance du stock résidentiel bâti sur la consommation résidentielle à travers le temps. Ceci est donc nécessaire à la présente recherche puisqu'elle vise à estimer l'évolution du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique sur une large période d'étude.

b- Des études de cas au caractère limité : De nombreuses études modélisent la consommation énergétique à l'échelle d'un quartier, d'un district, d'une ville ou d'une commune, mais peu d'études modélisent la consommation résidentielle nationale à travers toutes ses unités représentatives. Considérant l'ensemble du territoire national est essentiel dans les pays, comme l'Algérie, où la planification et les politiques énergétiques sont fortement centralisées afin de transférer les résultats de la recherche à la mise en œuvre des politiques énergétiques. En conséquence, cette recherche procède à la modélisation de la consommation énergétique résidentielle à travers les 48 wilayas qui composent le territoire algérien.

c- Des approches combinées mais limitées : Un nombre limité de modèles de consommation énergétique sont basés sur des approches mono- ou couplées. Cette recherche propose la mise en œuvre d'une triangulation basée sur l'analyse de régression, des SIG ainsi que le *Clustering* hiérarchique. Cela permettra de relever les défis et les recommandations formulés par Torabi Moghadam et al. (2017), préconisant le recours à la combinaison de plusieurs approches pour aboutir à une planification énergétique ciblée. L'optique de cette recherche réside également

dans l'identification des wilayas pilotes, à travers lesquelles les acteurs de la transition énergétique auront la possibilité de tester d'éventuelles politiques de planification énergétique, du point de vue de la faisabilité socio-économique et environnementale.

d- L'intégration limitée de la variable "source d'énergie" dans les modèles de consommation énergétique résidentielle : Mata et al. (2021) ont récemment souligné que la plupart des modèles de consommation énergétique résidentielle se concentraient en grande majorité sur la consommation énergétique liée à l'électricité. Hors que les stocks résidentiels bâtis peuvent consommer d'autres sources d'énergie comme le gaz, le GPL, le fuel...etc. (Voir la figure 6). C'est dans cette perspective que la présente recherche propose de calculer et d'analyser toutes les sources d'énergie consommées par le stock résidentiel bâti algérien, tout en considérant leur évolution dans le temps.

Au vu des lacunes méthodologiques mentionnées dans ce chapitre, il apparaît évident qu'une nouvelle approche combinée doit impérativement être développée. C'est ainsi que dans la partie suivante de la thèse, une approche triangulaire basée sur une combinaison entre la méthode de régression linéaire, les systèmes d'information géographique et le Clustering hiérarchique sera élaborée. Elle s'appuie sur des données récoltées dans le cadre de cette recherche. Le troisième chapitre présente donc le contexte algérien à travers une analyse rétrospective de la politique actuelle en matière de maîtrise énergétique dédiée spécifiquement au secteur résidentiel, et ce dans le but de d'analyser les portées et les objectifs des planificateurs énergétiques.

DEUXIEME PARTIE : LE CADRE ANALYTIQUE

Chapitre 3: Une analyse rétrospective de la politique nationale de maîtrise de l'énergie au niveau du secteur résidentiel en Algérie

Chapitre 3: Une analyse rétrospective de la politique nationale de maîtrise de l'énergie du secteur résidentiel en Algérie

1. Introduction

La première partie de la présente thèse a permis d'aborder le cadre conceptuel, théorique et méthodologique. Elle a contribué à développer le positionnement épistémologique et scientifique de la thèse en discutant le concept de modélisation énergétique résidentielle, comme un outil d'aide à la décision dans une perspective d'amorcer la transition énergétique avec un caractère durable et soutenable. La deuxième partie vise à examiner le contexte de développement d'une stratégie de transition énergétique en Algérie, et ce, afin d'identifier les éléments permettant d'élaborer un cadrage méthodologique d'une future planification énergétique ciblée.

Ainsi, dans le présent chapitre, il s'agit d'effectuer une analyse rétrospective de la politique nationale actuelle de maîtrise de l'énergie, avec un regard spécifique sur les actions entreprises à l'échelle du secteur résidentiel. Cette analyse rétrospective permettra de mener une évaluation du contexte dans lequel la mise en place d'un outil d'aide à la décision devient une manœuvre indispensable à la conduite de la transition énergétique à l'échelle résidentielle en Algérie.

2. La transition énergétique résidentielle, un impératif politico-énergétique en Algérie

L'Algérie un exemple d'économie rentière, recèle un potentiel énergétique renouvelable considérable, par conséquent, l'ancrage du concept de transition énergétique dans la politique énergétique nationale devient un impératif auquel l'Algérie doit se préparer, dans le but de faire face au dilemme de son développement socio-économique.

2.1. La situation économique en Algérie

En Algérie, l'économie nationale est largement dépendante des recettes des hydrocarbures. La facture énergétique nationale, tous secteurs confondus, ne cesse d'augmenter, enregistrant ainsi une consommation totale de l'ordre de 66.9 Millions de Tonnes équivalent pétrole (Mtep), ayant marqué, en 2019, une croissance de 3 % par rapport à l'année 2018 (Ministère de l'Énergie, 2020). Les énergies non-renouvelables (produits pétroliers et gaziers), qui servent à subvenir aux besoins des secteurs phares, ne peuvent être puisées à l'infini, car la croissance interne de la demande énergétique est en évolution rapide, et par conséquent, elle demeure incompatible avec la disponibilité des énergies fossiles à long terme (S. Cherfi. 2011). Ce constat incarne l'effondrement des marchés pétroliers, mettant à mal l'Algérie, face au dilemme de son développement socio-économique, dans un contexte de crise multiforme, au caractère multidimensionnel. Par ailleurs, cette crise ne se limite pas uniquement au cas algérien. Elle concerne la plupart des pays à l'échelle planétaire, où chacun d'eux tente de développer un modèle spécifique à son contexte énergétique, visant à transiter vers des territoires plus durables.

Néanmoins, la question de la sécurité énergétique en Algérie, demeure au cœur des préoccupations. Cette dernière, représente un des quatre piliers phares de la politique nationale actuelle, avec notamment la sécurité alimentaire, la sécurité nationale, ainsi que la promulgation des nouvelles technologies d'informations et de communications (NTIC) (1er congrès national sur les énergies renouvelables et la sécurité alimentaire, 2018). Ceci témoigne de la volonté algérienne à faire face aux problématiques liées à la question énergétique. Cette dernière est traduite par plusieurs recommandations, notamment :

- La ratification des principaux accords internationaux qui visent à faire face aux changements climatiques, et à réduire la facture énergétique nationale ;
- La promulgation d'un arsenal juridique visant à promouvoir la maîtrise de la consommation énergétique tous secteurs confondus ;

- La création d'un ministère de la transition énergétique et des énergies renouvelables ;

2.2. Le potentiel énergétique-renouvelable

A l'instar des pays du sud, l'Algérie recèle un gisement d'énergie renouvelable important. Son potentiel d'ensoleillement moyen est évalué à 3000 heures par an (Tewfik Hasni, et al. 2021). La moyenne d'ensoleillement quant à elle est estimée à 6,57 kWh/m²/jour, répartie sur un territoire de plus de 80 % de désert, ce qui procure à l'Algérie, un champ solaire des plus importants à l'échelle mondiale (M.R. Yaiche, 2014, Tewfik Hasni, et al. 2021). Ce potentiel solaire ne se limite pas uniquement aux régions sud du pays, il couvre 48 sites répartis sur l'ensemble du territoire national,⁹ répertoriés par le Centre Nationale des Energies Renouvelables algérien (CDER), indiquant que le potentiel énergétique solaire constitue un gisement de nature territoriale, répartie à l'échelle nationale et locale.

Toujours dans la même optique, la Commission Economique pour l'Afrique des Nations Unies, avait comparé le potentiel solaire algérien au gaz naturel. Il s'est avéré que le potentiel énergétique issu de l'énergie solaire représente un équivalent de 37 000 milliards de mètres cubes par an. En d'autres termes, l'énergie solaire en Algérie est susceptible de représenter huit (8) fois les réserves de gaz naturel du pays. C'est dans cette perspective, que l'Algérie s'est lancée sur le chemin des énergies renouvelables, avec un programme ambitieux, qui vise à produire 22 000 Méga Watt (MW) à l'horizon 2030 (Ministère de l'Énergie, 2016). Ces différents constats révèlent que le concept de la transition énergétique en Algérie est un concept en marche, qui se traduit par la volonté algérienne a ratifié les accords les plus importants qui visent à réduire la facture énergétique et lutter contre les effets des changements climatiques.

⁹ Pour de plus amples détails concernant le potentiel énergétique des 48 sites, l'atlas solaire Algérien est consultable à partir du lien suivant : https://www.cder.dz/IMG/pdf/Atlas_solaire_Algerien_CDER.pdf

3. L'Algérie, entre ratification et réaffirmation de sa position par rapport aux différents accords internationaux sur les changements climatiques

Avant de venir aux actions d'efficacité énergétique entreprises par la politique nationale de maîtrise de l'énergie au niveau du secteur résidentiel, il est primordial d'analyser la position des pouvoirs publics algériens face à la problématique des changements climatiques. De Johannesburg à Madrid, l'Algérie a ratifié tous les accords internationaux sur les changements climatiques. En date du 25 septembre 2015, l'Algérie a également signé l'accord de l'ONU qui est composée d'une série d'objectifs communément appelés les dix-sept objectifs du développement durable (17 ODD).

En parallèle, un accord ambitieux sur le Climat a été signé par 195 pays dont l'Algérie. Il traduit un objectif commun visant à contenir la température moyenne de la planète en dessous de 2 °C et de s'efforcer à la limiter à 1.5 °C, à l'horizon 2100. Cet accord a été réaffirmé en 2019, lors de la COP 25 de Madrid, incarnant une réaffirmation des décisions prises par l'Accord de Paris sur le Climat.

L'une des raisons pour laquelle la COP21 de Paris représente la clé de voûte de tous les accords sur le climat réside sans doute dans la stratégie adoptée par les puissances internationales pour inviter chaque pays à proposer son propre plan et scénario de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Cette manière de procéder est appelée « *INDCs* » ou contribution déterminées au niveau national, qui permet à chaque pays signataire de développer son propre scénario de lutte contre les changements climatiques. La COP21 demeure beaucoup plus flexible que ce qu'a proposé la COP3 de Kyôto, où l'optique était d'imposer un scénario typique pour chaque pays sans prendre en considération le contexte ainsi que le potentiel des secteurs clés de chaque pays en vue d'atteindre un objectif commun de lutte face aux changements climatiques.

3.1. La contribution Algérienne pour faire face aux changements climatiques

Dans le cadre de l'accord le plus ambitieux de l'histoire des COPs, à savoir l'accord de Paris sur le climat, l'Algérie a élaboré, en date du 03 septembre 2015, un rapport intitulé la Contribution Prévues Déterminées au Niveau National (CPDN). Ledit rapport avait pour but de réaliser les objectifs de la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). L'Algérie vote présente pour la réalisation d'un objectif planétaire, en réaffirmant, au plus haut niveau, sa volonté de ne ménager aucun effort pour la réalisation du succès de la vingt et unième session de la conférence des parties, et ce bien que l'Algérie fasse partie des pays les plus vulnérables aux effets des changements climatiques, qui menacent de compromettre son développement économique et social (CPDN, 2015). En effet historiquement, et sur l'échelle des responsabilités internationales en matière d'émissions de gaz à effet de serre, l'Algérie constitue un pays en voie de développement ne figurant pas parmi les pays les plus émetteurs de gaz à effet de serre. Bien au contraire, elle figure parmi les pays les plus vulnérables aux effets des changements climatiques (CPDN, 2015).

L'originalité de cet accord réside dans le principe de responsabilité commune mais différenciée des états, donnant un sens de responsabilité aux différentes parties prenantes. C'est à la lumière de ces informations que la CPDN a été effectuée et soumise par l'Algérie, et ce conformément aux dispositions pertinentes des décisions 1/CP 19 et 1/CP 20 de la Conférence des parties à la CCNUCC, réaffirmant la volonté de l'État algérien à faire face à un phénomène planétaire.

Ladite contribution algérienne se base sur deux piliers phares de la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques, à savoir :

- L'atténuation des émissions de gaz à effets de serre.
- L'adaptation aux effets des changements climatiques

Les secteurs concernés par la présente CPDN sont : les secteurs de l'énergie, l'industrie, les transports, l'agriculture et les forêts, le bâtiment, et l'environnement,

couvrant la période 2021-2030. La CPDN est entrée en vigueur en l'an 2020, lorsque l'Algérie se voit soumettre une contribution définitive pour l'application des actions en faveur de la transition énergétique. Dans cette optique, l'Algérie a révisé son cadre institutionnel et réglementaire en matière d'efficacité énergétique, et de promotion des énergies renouvelables qui ont été adoptés en 2011. C'est en 2015 que la révision a été finalisée et adoptée par le gouvernement.

Ces nouveaux programmes ont pour objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 7 à 22%, et une réduction de la consommation énergétique finale de 9 % à l'horizon 2030, par rapport à un scénario de référence (Business As Usual - BAU).¹⁰ Ce dernier est subordonné aux soutiens financés externes, de développement et de transfert technologique, de renforcement des capacités. Les 7 % de réduction des gaz à effet de serre (GES) seront réalisés avec les moyens nationaux (CPDN, 2015).

La Contribution Provisoire Déterminée au Niveau National (CPDN), est censée contribuer à l'accomplissement des objectifs de lutte contre les changements climatiques par des actions d'atténuation et d'adaptation à l'horizon 2030. Elle est traduite par une stratégie nationale de maîtrise de l'énergie à l'horizon 2030 qui s'appuie sur une approche méthodologique hybride, à savoir « *Top-down* » pour les objectifs nationaux et « *Bottom-up* » pour les différents secteurs. L'objectif consiste à travailler dans l'optique que l'Algérie aboutisse à une transition énergétique et une diversification économique afin d'atteindre les 17 ODD.

3.2. Zoom sur la consommation énergétique en Algérie

Selon le dernier rapport de la consommation énergétique finale établi par l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie

¹⁰ Le scénario de référence (Business As Usual), représente un scénario de base, où aucune politique relative aux changements climatiques n'est jugée nécessaire, en d'autres termes, il correspond au prolongement à long terme des tendances observées pendant le passé (PNUD, 2015).

(APRUE) en 2019, la consommation énergétique finale nationale tous secteurs confondus a atteint 44.65 millions de Tonnes équivalents pétrole (TEP) par rapport à 35,2 millions de Tonnes équivalents pétrole (TEP) consommé en 2015, représentant une croissance de consommation énergétique de l'ordre de 26 %. Historiquement, cette consommation énergétique a augmenté avec un taux de croissance annuel moyen (Tcam) de 6.4%/an, sur une période allant de 2000-2015 (APRUE, 2015). Une telle croissance représente une sonnette d'alarme pour amorcer la mise en urgence des prises des décisions, dans le but de maîtriser cette consommation énergétique.

La ventilation de la consommation énergétique finale par secteur d'activité indique clairement que le stock résidentiel bâti représente le secteur le plus énergivore à l'échelle nationale. Avec une consommation énergétique de l'ordre de 40 %, suivie par 34 % et 26 % consommées respectivement par le secteur du transport et de l'industrie (Ministère de l'Energie, 2020). Ce constat met en exergue l'importance du secteur résidentiel et son rôle locomotive, d'une part dans la maîtrise de la consommation énergétique nationale, et d'autre part, dans la lutte face aux changements climatiques (voir Figure 7).

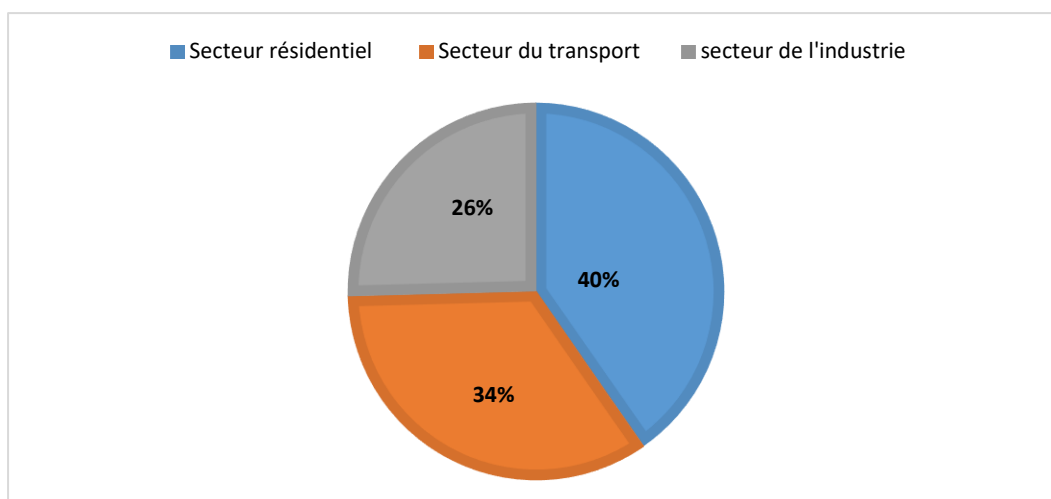


Figure 7. Répartition de la consommation énergétique par secteur d'activité (Ministère de l'Énergie, 2020).

La caractérisation que renferme le secteur résidentiel comme étant le secteur le plus énergivore en Algérie, ne se limite pas à l'échelle nationale, bien au contraire, selon l'Association Méditerranéenne des Agences Nationales de Maîtrise de l'Énergie (MEDENER), le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) de l'Algérie consommerait en moyenne 43 % de la consommation énergétique du pays, ce qui représente le taux le plus élevé à l'échelle de l'ensemble des pays de la région méditerranéenne (voir Figure 8. Ceci témoigne du gisement d'économie d'énergie que renferme le secteur du bâtiment en général, et le secteur résidentiel en particulier.

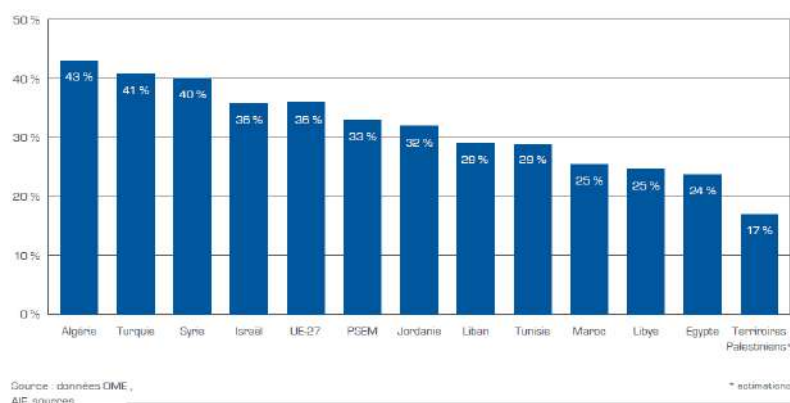


Figure 8. Répartition de la consommation énergétique finale par bâtiment entre les pays de la Méditerranée (MEDENER, 2012)¹¹.

¹¹ PSEM : Pays du Sud et de l'Est méditerranéen

3.3. Zoom sur la consommation énergétique résidentielle

Entre 2007 et 2017, la consommation énergétique du secteur résidentiel n'a cessé de s'accroître. Elle a enregistré un taux de 8.3 % par an, représentant le secteur d'activité où la consommation d'énergie a crû le plus rapidement à l'échelle nationale (APRUE, 2017). La figure 9 illustre la ventilation de la consommation énergétique résidentielle finale par type d'énergie. Il s'agit de la répartition de la consommation d'énergie (nationale et finale) du secteur résidentiel selon le produit primaire desquels sont issus les produits consommés. Cette figure indique que les produits électriques, gazeux (le gaz naturel, le GPL, le fuel domestique) qui contribue à cette croissance avec des Tcam respectifs de : 10.5 % /an; 11 % /an; 0.7% /an; 14.3 % /an.

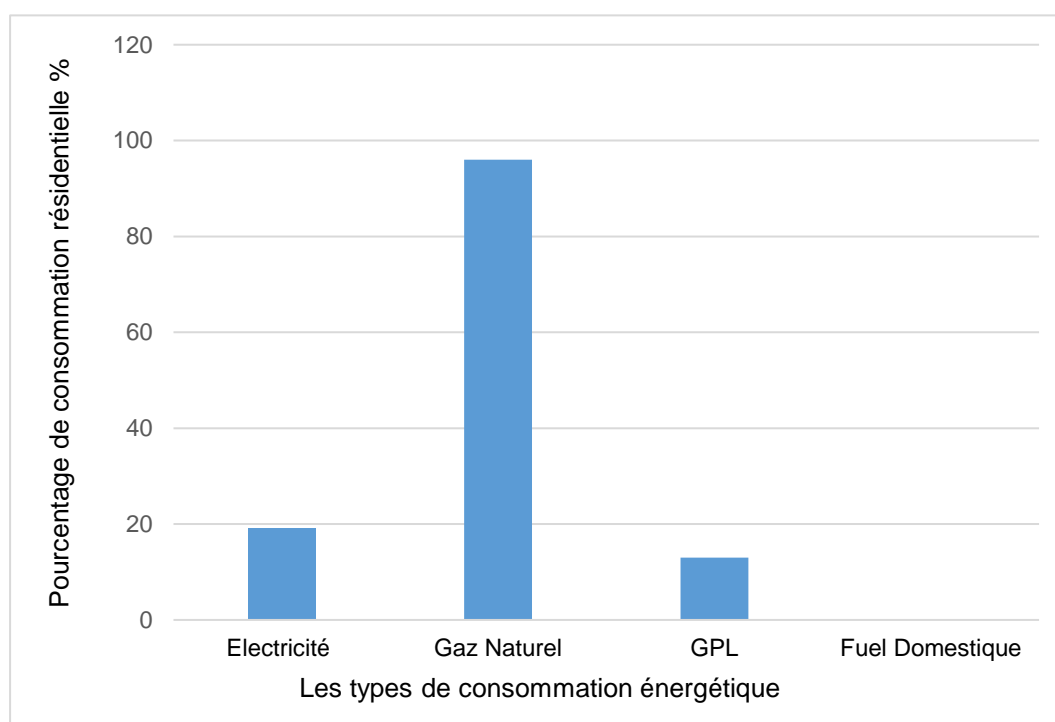


Figure 9. Répartition de la consommation énergétique résidentielle par type d'énergie (APRUE, 2017).

Il ressort de cette répartition la prédominance du type d'énergie (gaz naturel) dans la consommation résidentielle nationale, qui représente une part de 69 %, suivie par une consommation de l'ordre de 19 % pour l'électricité résidentielle. Ces consommations énergétiques à l'échelle résidentielle représentent des taux très

élevés de consommation résidentielle par type d'énergie tous secteurs confondus. En d'autres termes, les produits gazeux consommés par le secteur résidentiel représentent 60 % de consommation nationale, tandis que la consommation électrique résidentielle représente 43 % de la consommation totale d'électricité (APRUE, 2017). Les chiffres évoqués précédemment, permet de mettre l'accent sur deux constats :

- **Le premier constat** : indique clairement que le secteur résidentiel vis-à-vis de sa consommation énergétique représente un argument de taille, dans sa prise en considération comme un sujet de recherche sur lequel repose la présente thèse doctorale. Ce secteur a la capacité de remodeler la contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN), afin qu'elle atteigne les objectifs de lutte face aux changements climatiques, à travers le processus de maîtrise énergétique.
- **Le second constat** : met l'accent sur la nécessité d'appréhender et d'analyser la consommation énergétique du secteur le plus énergivore à l'échelle nationale (secteur résidentiel), à travers une étude plus approfondie, qui aurait pour objectif l'identification des caractéristiques énergétiques résidentielles à une échelle plus fine que l'échelle nationale. Car outre la vulgarisation de l'information, la caractérisation énergétique à l'échelle nationale ne permet pas d'esquisser des stratégies de maîtrise énergétique en adéquation avec l'hétérogénéité et la complexité du contexte locale.

C'est à la lumière de ses différents constats que la présente recherche procédera dans la prochaine section, à l'analyse de la stratégie nationale de maîtrise de l'énergie à l'horizon 2030. Il est à rappeler que cette stratégie énergétique est en cours de révision par les pouvoirs publics.

4. La stratégie nationale de maîtrise de l'énergie à l'horizon 2030

En réponse à la situation énergétique nationale, et pour faire face aux prévisions énergétiques à l'horizon 2030, qui stipulent que la production d'énergie primaire suffirait à peine à couvrir les besoins du marché national, le gouvernement algérien a mis en place un programme qualifié de priorité nationale. Ce dernier a pour objectif de promouvoir l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables à l'horizon 2030. C'est dans cette optique, que la présente recherche procèdera par l'exposition et l'analyse des actions entreprises par la stratégie énergétique nationale, en vue de maîtriser la consommation énergétique résidentielle.

4.1. Les axes d'intervention de la stratégie nationale de maîtrise énergétique

Tout d'abord, il est à noter que la stratégie nationale de maîtrise de l'énergie se décline en deux volets distincts :

- Un programme national dédié au développement des énergies renouvelables (APRUE, 2015) ;
- Un programme national de promotion de l'efficacité énergétique (APRUE, 2015) ;

Les deux programmes en question concernent plusieurs secteurs. Dans ce contexte le secteur résidentiel se voit combiné avec le secteur tertiaire sous l'appellation (bâtiment). Cette combinaison d'objectifs représente le premier constat que la présente recherche relève comme étant un obstacle pour l'atteinte des objectifs nationaux en matière de maîtrise énergétique, et cela, est due aux raisons suivantes :

- **En premier lieu** : la consommation énergétique du secteur tertiaire peut être mieux appréhendée et compris que la consommation énergétique liée au stock résidentiel bâti. Car, d'une part, les propriétés du secteur tertiaire sont plus centralisées que les propriétés du stock résidentiel, et d'autre part les deux secteurs sont différents en matière de leur expertise dans la réduction de la consommation énergétique (Swan & Ugursal, 2009).

- **En deuxième lieu** : la consommation énergétique résidentielle représente un puits d'énergie indéfinie en raison de son hétérogénéité, qui résulte de la combinaison de plusieurs facteurs indépendants en matière de taille, de structure, de typologies d'habitat, de types d'énergies consommées, de taille des ménages, de comportement des occupants, ainsi que de caractéristiques climatiques (Jones et al., 2015; Mora et al., 2018; Swan & Ugursal, 2009) ;
- **En troisième lieu** : Les problèmes liés à la confidentialité ce qui limite la collecte de données énergétiques relatives aux ménages (Swan & Ugursal, 2009) ;

4.1.1. Le programme national de développement des énergies renouvelables

En ce qui concerne le programme de développement des énergies renouvelables, ce dernier prévoit à l'horizon 2030 l'installation d'une ferme photovoltaïque d'une capacité de 22.000 mégawatt (MW). Cette capacité d'installation sera répartie comme suit :

- 12 000 MW seront destinés à couvrir la demande nationale d'électricité ;
- 10 000 MW seront destinés pour l'export ;

Cette ferme photovoltaïque a pour objectif de couvrir un tiers des besoins énergétiques à l'échelle nationale en énergies renouvelables, soit 37 %, à l'horizon 2030, répartie sur 67 projets dont 27 centrales solaires, 27 centrales hybrides diesel et TG, six centrales solaires thermiques et sept parcs éoliens.

À partir de cet objectif national, il est à constater que la question du mix énergétique n'a pas été appréhendée, ni spécifié en matière de secteur prioritaire, zone climatique prioritaire et encore moins en matière de wilaya prioritaire. En d'autres termes, l'échelle locale n'a pas été prise en compte dans l'élaboration de cet objectif national. Ce dernier reste très général, car il ne spécifie pas la part relative pour chaque secteur dans ce processus de transition énergétique, en particulier lorsque le secteur

du bâtiment à lui seule représente 43 % de la consommation totale d'électricité (APRUE, 2017).

4.1.2. Les axes d'intervention du programme d'efficacité énergétique

Le dispositif national d'efficacité énergétique intervient dans la stratégie énergétique nationale par la mise en œuvre de plusieurs axes d'intervention. Ces derniers sont exposés comme suit :

▪ L'isolation thermique des bâtiments

L'isolation thermique des bâtiments représente l'un des axes phares du programme national d'efficacité énergétique. Ce dernier a pour objectif d'isoler 2500 équivalents/logement par an. Cette action projetée de faire une économie d'énergie de l'ordre de 40 000 Tonnes équivalent pétrole (Tep) à l'horizon 2030. L'axe d'intervention prévoit pour sa mise en œuvre les actions suivantes :

- Le développement d'une industrie locale des isolants en laine de roche, laines de verre, liège et polystyrène ;
- La favorisation de l'emploi des matériaux locaux pour la construction des logements ;
- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la dimension d'efficacité énergétique ;
- La contribution de la généralisation des bonnes pratiques dans la conception architecturale de l'habitat ;
- La Promotion de création des bureaux d'architectes spécialisées en efficacité énergétique ;

▪ L'éclairage performant

Le second axe d'intervention prévoit le remplacement de 10 millions de lampes en BBC. Une action qui prévoit une économie d'énergie de 2.5 millions de Tonnes. La

stratégie d'action qui a été mise en place, pour atteindre cet objectif est basée essentiellement sur :

- Le développement d'une industrie locale pour les lampes ;
- La promotion de l'éclairage performant pour les ménages ;
- **Le développement du chauffe-eau solaire**

Ce troisième axe d'intervention prévoit le développement de 2000 chauffe-eau solaire/an. Une action qui projette d'économiser 7000 Tonnes équivalent pétrole (Tep) en énergie. Pour amorcer cet objectif, la stratégie d'action qui a été mise en place prévoit :

- Le développement d'une industrie locale en production de chauffe-eau solaires ;
- La promotion de l'utilisation de l'énergie solaire pour la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage ;
- Le développement d'un réseau d'installateurs ;

Les résultats attendus par les pouvoirs publics à partir du programme national de l'efficacité énergétique à l'horizon 2030-2035, résident dans :

- Une économie globale de 63 millions de Tonnes équivalent pétrole (TEP) ;
- Une somme de 300 milliards d'investissements générés dont 54 % d'apport de l'état ;
- La création de 120 000 emplois ;
- Environ 130 millions Tonnes de CO2 évitées ;

À partir des trois axes d'intervention cités précédemment, en faveur de l'efficacité énergétique, les économies d'énergie attendues du programme national sont énumérées dans le tableau 2.

Tableau 2. Les économies d'énergies cumulées du programme nationale d'efficacité énergétique (APRUE, 2018)

Unité (TEP)	2017-2020	2021-2025	2025-2030	2031-2035
Isolation thermique des bâtiments	8400	25 200	39 200	50 400
Eclairage performant	1 440 000	2 025 000	2 250 000	2 430 000
Chauffe-eau solaire	1680	4200	6300	7960

À la lumière des trois principaux axes d'intervention du programme national d'efficacité énergétique, il est à constater que les actions prévues pour la promotion de l'efficacité énergétique à l'échelle du secteur résidentiel restent générales et superficielles, ne spécifient en aucun cas la priorisation d'échelle climatique, d'échelle locale (wilaya prioritaire vis-à-vis de son profil énergétique) de typologie de logement et de typologie de ménages. En d'autres termes ses actions demeurent à une échelle nationale d'ordre stratégique et ne peuvent être concrétisées à des échelles locales, plus fines qui sont d'ordre opérationnel sans avoir recours à un modèle de consommation énergétique spécifique au contexte et au comportement du stock résidentiel bâti algérien, à travers l'ensemble de ses unités représentatives (les différentes wilayas), qui a la capacité d'établir des scénarios ciblés.

Toujours dans le cadre de la politique nationale de maîtrise énergétique à l'échelle résidentielle, les pouvoirs publics avaient lancé une série de projets pilotes ayant pour objectif de promouvoir l'efficacité énergétique résidentielle, que nous discuterons dans les points suivants :

4.2. Les projets pilotes entamés dans le cadre de l'efficacité énergétique

Dans le cadre du programme d'efficacité énergétique, la stratégie nationale de maîtrise de l'énergie avait lancé plusieurs projets pilote spécifiques au secteur résidentiel en général et au parc logement neuf en particulier. Les paragraphes suivants tentent d'exposer et d'analyser le processus planificateur dans lequel s'inscrivent les projets en question.

4.2.1. Le projet des 600 logements à Haute Performance Energétique (HPE)

En ce qui concerne le stock résidentiel bâti. L'Algérie avait expérimenté plusieurs projets pilotes dans l'habitat neuf, en vue de promouvoir l'efficacité à l'échelle nationale. Le programme ECO-BAT lancé en 2011, portait sur la construction de 600 logements à Haute Performance Énergétique (HPE), réparti sur l'ensemble du territoire national, à travers les 6 zones climatiques établies officiellement par le CNERIB, (1997), à savoir le Nord, les hauts plateaux ainsi que le Sud. À travers ce projet pilote les pouvoirs publics avaient pour objectif, de constituer une opportunité et un point de départ pour le développement à grande échelle de l'efficacité énergétique en Algérie. Ce projet en question avait l'ambition de :

- Réaliser différentes variantes de logements bioclimatiques, en fonction de la variation des climats locaux ;
- Définir des seuils de consommation énergétique exigible dans la future réglementation thermique, en fonction des zones climatiques ;
- Promouvoir le recours à des matériaux efficaces en énergie (les menuiseries étanches, le double vitrage, les isolants...etc. ;
- Développer une main-d'œuvre qualifiée dans les différents métiers d'efficacité énergétique dédiée aux bâtiments ;
- Mobiliser des acteurs concernés et les parties prenantes autour de la problématique d'efficacité énergétique ;
- D'améliorer le confort thermique dans les logements ;

- Réduire la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation
- Promouvoir le concept de maîtrise de l'énergie ;
- Généraliser des stratégies conceptuelles passives à travers la diffusion d'un nouveau cahier des charges ;

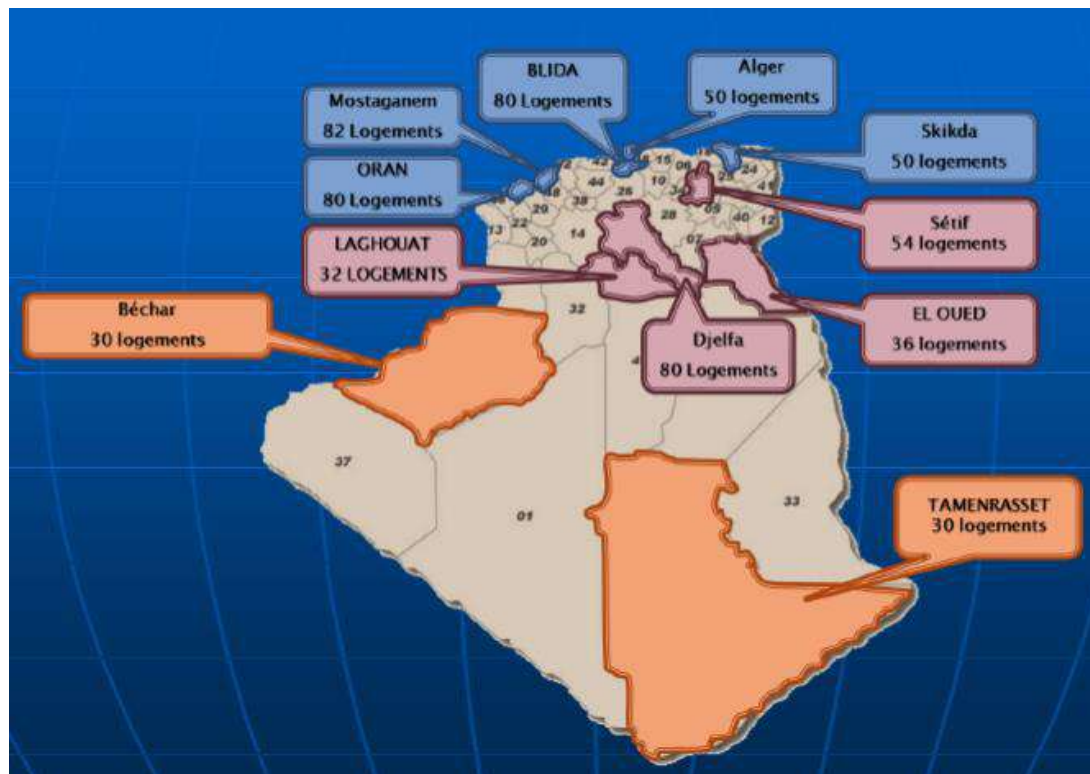


Figure 10. Répartition des 600 logements HPE à travers les 11 wilayas pilotes (CDER, 2009)

Le projet pilote des 600 logements HPE représente une action majeure en faveur de la stratégie nationale d'efficacité énergétique, établie à l'échelle résidentielle, et ce, dans le but de multiplier le projet à haute performance énergétique à grande échelle. Par contre, ce qui est à constater dans le présent projet, ce sont les efforts que déploient les pouvoirs publics à promouvoir à grande échelle des mesures d'efficacité énergétique dédiée spécifiquement à l'habitat neuf. Hors ce dernier ne représente qu'un faible pourcentage du parc logement déjà existant. Il aurait été plus judicieux d'entreprendre ou de tester des mesures d'efficacité énergétique à l'échelle des logements neufs et existants, et ce en fonction de leur profil énergétique, les gains d'énergie à long terme et la faisabilité socio-économiques, car construire des logements neufs et performant énergétiquement est une chose importante, mais

l'intervention massive à l'échelle des différents segments du secteur résidentiel l'est encore plus, en particulier, lorsque le stock résidentiel bâti déjà existant demeura présent pour de nombreuses années.

4.2.2. Le projet pilote MED-ENEC Alger

Le projet MED-ENEC Alger représente un projet de logement pilote, une construction rurale résidentielle (un modèle type) de 70 m² de surface habitable (voir Figure 11), réalisé par le biais d'une association entre le Centre National d'Études et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) ainsi que le Centre Algérien de Développement des Energies Renouvelables (CDER). Ledit projet a pour objectif d'apporter des enseignements en matière d'efficacité énergétique pour le plan national de construction (CDER, 2008). De cet objectif principal, se dégage un autre objectif opérationnel, qui réside dans la duplication de cette expérience architecturale bioclimatique au niveau des zones rurales, à travers le territoire national, et ce en tenant en compte des spécificités climatiques.

Le constat que nous relevons à l'échelle du projet MED-ENEC s'inscrit dans la même optique que la réflexion établie à l'échelle du projet pilote des 600 logements HPE, qui réside dans la vision ponctuelle dans l'établissement des futures mesures d'efficacité énergétique. Celle-ci ne se focalise que sur l'habitat neuf au détriment de l'habitat existant. C'est dire qu'elle témoigne de l'absence d'un modèle énergétique capable d'identifier et caractériser l'hétérogénéité du profil énergétique du secteur grand consommateur d'énergie à l'échelle nationale.

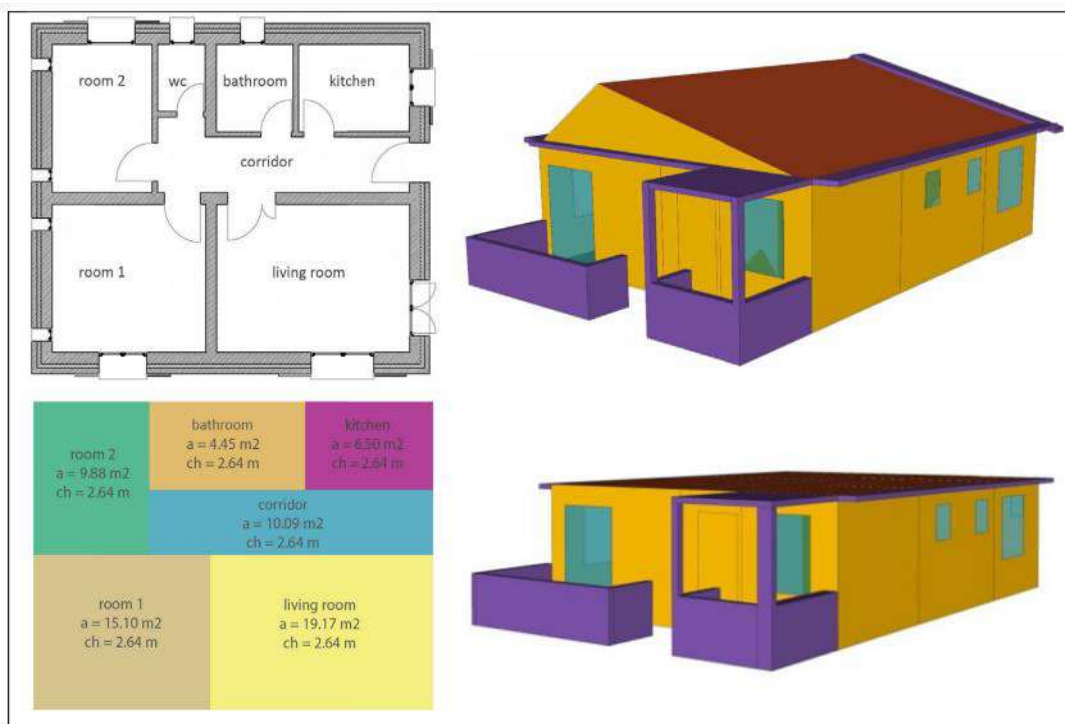


Figure 11. Le projet pilote MED-ENEC Alger ; a) photo réelle du projet réalisé à Soudania-Alger (CDER, 2008) ; b) Schéma du plan correspondant au projet pilote MED-ENEC Alger (Ali-Toudert & Weidhaus, 2017).

5. L'évaluation de la stratégie nationale de maîtrise énergétique

Dans le but de mieux analyser les différents axes d'intervention et les divers projets pilotes relatifs au programme d'efficacité énergétique adopté en Algérie, une revue de la littérature scientifique spécialisée dans la planification énergétique durable a été effectuée. Celle-ci a permis d'évaluer la portée et les lacunes de ces projets. Ce sont plus particulièrement les travaux de Torabi Moghadam et al. (2017) qui sont choisies comme référence d'analyse, et ce en raison de leur approche systémique dans l'évaluation des planifications énergétiques durables. C'est dans cette perspective que ce travail de recherche tente de rappeler les principales phases de planification énergétique durable afin de mieux estimer la pertinence des axes d'intervention établis par les pouvoirs publics.

Selon Torabi Moghadam et al. (2017) la planification énergétique à l'échelle urbaine ou à l'échelle régionale nécessite pour son application, le recours à quatre phases distinctes, chacune de ses phases est primordiale, pour établir des scénarios durables à long terme, qui peuvent définir et prédire les stratégies énergétiques durables et leurs éventuels impacts, dans une perspective de fournir un support décisionnel en matière de politique énergétique. Les quatre phases principales à l'élaboration de la planification énergétique durable sont illustrées par la figure 12.

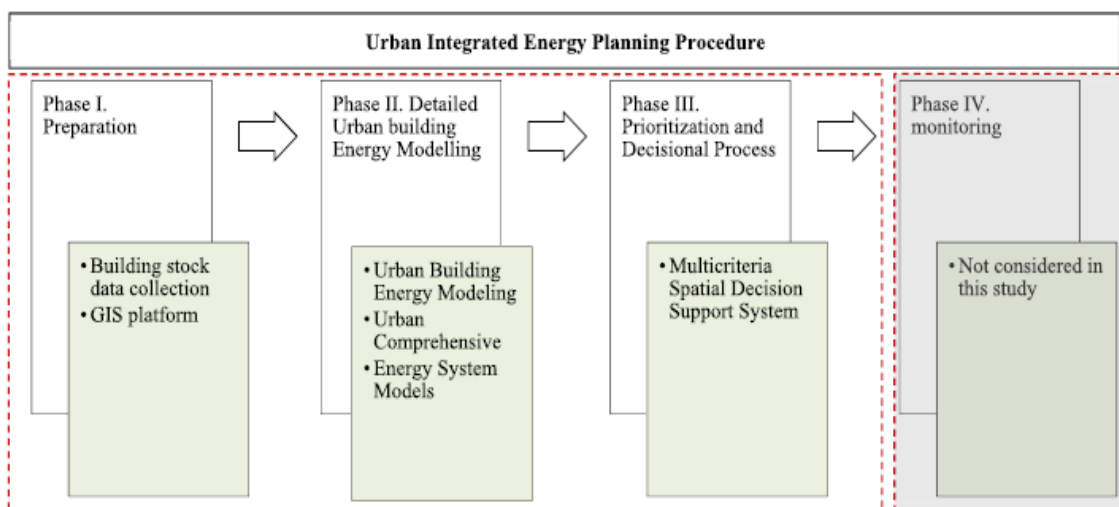


Figure 12. Procédure de planification énergétique intégrée établie par (Mirakyan et al., 2009).

- **La première phase:** appelée également la phase de préparation, elle se réfère à la collecte de données relatives aux données actuelles et historiques sur le parc logement, à savoir les données socio-économiques, démographiques, des données relatives au stock bâti, des données relatives à la consommation énergétique résidentielle. Ces données peuvent être extraites à partir des bases de données nationales, régionales, ou peuvent être calculées par le biais d'enquêtes...etc. L'objectif de cette première phase est de concevoir une large base de données sur le stock résidentiel bâti, car ce sont les données qui véhiculent les prochaines étapes de planification énergétique durable. Selon Torabi Moghadam et al. (2017) dans le cadre de cette première phase, le recours aux approches spatiales utilisant les Systèmes d'Information Géographique (GIS) est extrêmement utile, car l'outil SIG permet de stocker, visualiser, et analyser de larges bases de données.
- **La deuxième phase :** correspond à l'évaluation et l'analyse de la consommation énergétique du parc immobilier, par processus de modélisation énergétique, qui peuvent être réalisés en ayant recours à une des trois approches suivantes :
 - a-** La modélisation énergétique par approches statistiques ;
 - b-** La modélisation énergétique par approches de la physique du bâtiment ;
 - c-** La modélisation énergétique par approches combinées ;
- **La troisième phase :** Egalement appelée phase de priorisation et prise de décision. Cette phase vient en réponse aux incertitudes, dues à la diversité des techniques, dans le processus de planification énergétique durable. Etant donné que les villes ont un caractère dynamique, qui ne cesse d'évoluer comme le note Torabi Moghadam et al. (2017), il est nécessaire de concevoir des scénarios en interactions avec la complexité des profils énergétiques des villes.
- **La quatrième phase :** correspond à la phase de mise en œuvre et de suivi des scénarios énergétiques durables établis à partir des trois premières phases.

Si on se réfère aux quatre phases du processus de planification énergétique durable établies par Mirakyan et al. (2009) et Torabi Moghadam et al. (2017), il est à constater que la planification de la stratégie nationale de maîtrise énergétique en Algérie a été conçue directement à partir de la troisième phase du processus en question, qui se réfère dans ce cas à la phase de priorisation et de prise de décision. En d'autres termes, les décisions prises par les acteurs de la transition énergétique dans le cadre de la stratégie nationale algérienne ont pour lacunes :

- **L'absence d'une base de données relative au stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique** : cela signifie que la première phase du processus de planification énergétique n'a pas été établie dans la planification de la stratégie énergétique nationale. L'absence de cette base de données correspond à l'absence de données à l'échelle de la wilaya, qui correspond à l'unité représentative du pays, au niveau des statistiques et rapports officiels de l'État. L'alternative aurait été de concevoir une base de données nationale, à travers une échelle plus fine, c'est-à-dire à l'échelle de la wilaya, par le recours à différentes méthodes de calcul. L'élaboration d'une base de données nationale constitue le point de départ pour le développement ou l'implémentation de toute stratégie énergétique à court, moyen et long terme.
- **L'absence d'un modèle de consommation énergétique résidentielle** : A ce jour, dans le contexte algérien, aucun modèle de consommation énergétique couvrant une large période de temps n'a été établi à travers l'ensemble des wilayas algériennes. À cet égard, la stratégie énergétique actuelle ne se base pas et ne se réfère pas à un modèle national de consommation énergétique, qui permettrait d'analyser les facteurs affectant cette consommation résidentielle. Par conséquent, il est difficile de prétendre à l'élaboration de scénarios d'efficacité énergétique en adéquation au contexte réel du parc logement algérien.

- **Une priorisation et une prise de décision au caractère ponctuel** : la stratégie nationale de maîtrise énergétique a établi des axes d'intervention et des projets pilotes en faveur d'une efficacité énergétique résidentielle, sans prendre en considération la complexité des caractéristiques du parc logement algérien et sa consommation énergétiques. Les actions sont de nature ponctuelle, qui ne s'inscrit pas dans une vision stratégique globale basée sur le contexte réel du secteur résidentiel. En d'autres termes, les recommandations établies ont été élaborées en l'absence des profils énergétiques.
- **Absence des profils énergétiques des villes** : les actions sont prévues uniquement à l'échelle nationale.
- **Caractéristiques du parc logement existant, et de son évolution dans le temps** : les projets sont plus axés sur l'habitat neuf au détriment de l'habitat existant qui représente le grand pourcentage du parc logement. Le projet pilote des 600 logements HPE incarne ce caractère ponctuel, car d'une part, c'est un projet qui prévoit d'amorcer l'efficacité énergétique à l'échelle nationale sur un seul segment du stock résidentiel bâti, à savoir l'habitat neuf, au détriment d'une diversité d'actions ayant comme terrain d'étude l'association de l'habitat neuf et existant, et ce en se basant sur le contexte, ainsi que le profil de chaque ville. D'autre part, le projet pilote s'est basé sur une seule variable de type qualitative (la zone climatique), pour prioriser les villes qui recevront ledit projet pilote, au détriment de la panoplie de variables indépendantes aux caractères explicatifs et prédictifs, qui rentrent en vigueur dans le clustering (regroupement) des villes ayant les mêmes comportements énergétiques.

La figure 13 résume les lacunes de la stratégie nationale de maîtrise énergétique vis-à-vis des différentes phases de la planification énergétique durable théorisées par Mirakyan et al. (2009) et Torabi Moghadam et al. (2017).

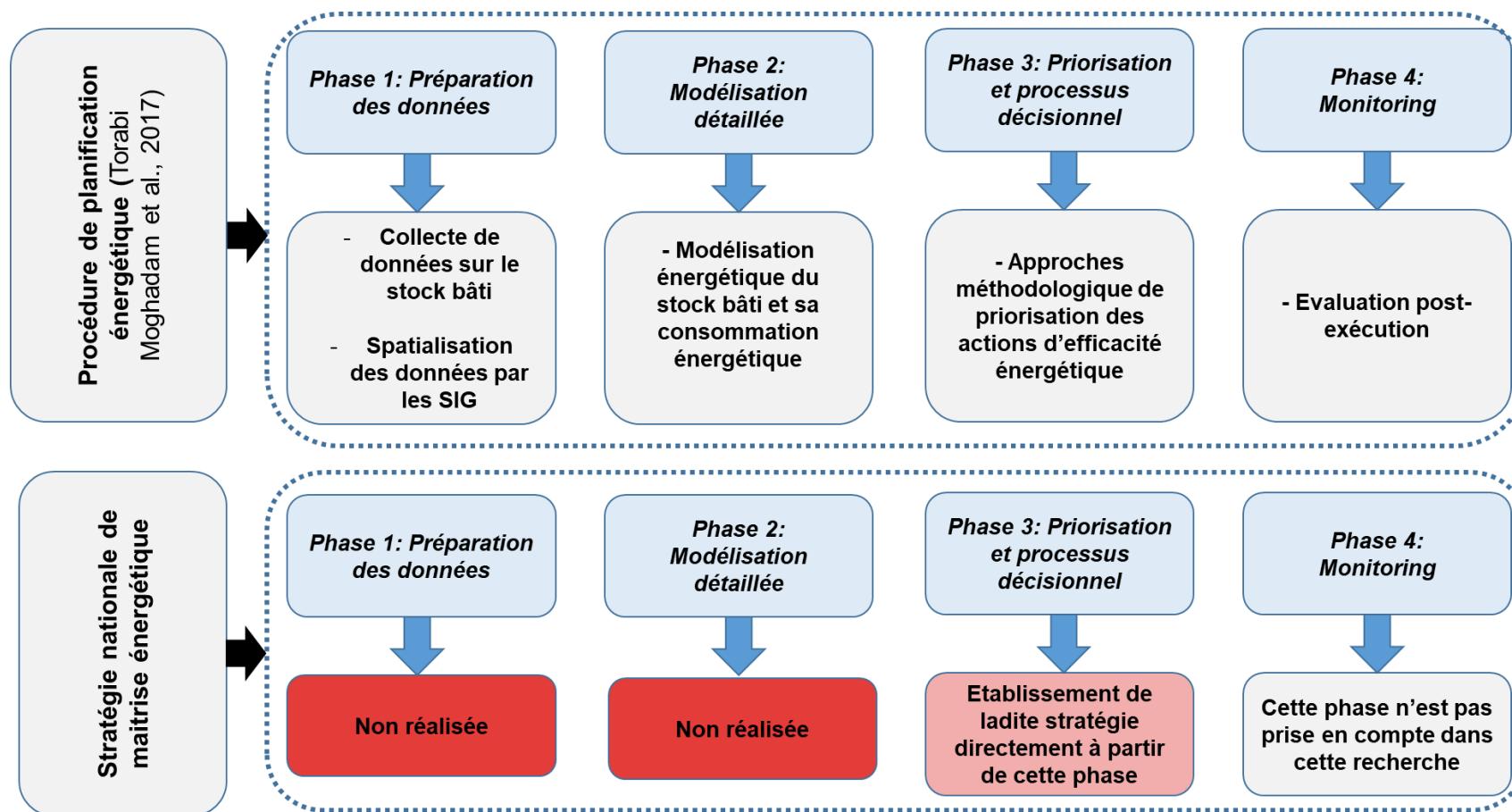


Figure 13. Évaluation de la stratégie nationale de maîtrise énergétique vis-à-vis du processus de planification énergétique.

6. Conclusion

Dans ce troisième chapitre, la stratégie nationale de maîtrise de l'énergie au niveau du secteur résidentiel a été exposée et examinée. Ainsi, à travers une analyse rétrospective qui s'est basé exclusivement sur la littérature scientifique relative à la planification énergétique durable, il s'est avéré que ladite stratégie nationale se base sur une approche centralisée dite « *Top-down* », ou les actions nationales en faveur de la maîtrise énergétique semblent se restreindre à des opérations ponctuelles. En effet, il s'agit de la généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie, le développement du chauffe-eau solaire, les 600 logements HPE, ou encore la rénovation thermique de 4000 logements, qui en réalité se présente comme un essai avorté en l'absence d'une réglementation. Ces actions ponctuelles ne peuvent suffire à elles seules à aboutir aux objectifs fixés lors de la ratification de l'accord de Paris sur le climat, qui a été réaffirmé lors de la COP 25 à Madrid sur le climat.

Il apparaît nécessaire de mettre en place un outil d'aide à la décision basé sur une approche transversale au caractère complémentaire, qui intervient sur l'ensemble du stock résidentiel bâti, et à travers les principales phases de planification durable, autour d'un objectif commun, celui d'une transition énergétique résidentielle, comme une mesure d'adaptation planifiée face aux changements climatiques. Car le secteur de l'habitat constitue probablement l'un des défis majeurs pour les prochaines décennies pour l'Algérie, et ce, en raison de l'important gisement d'économie d'énergie qu'il peut engendrer. Il est donc de l'intérêt de l'Algérie de se lancer au plus tôt dans la révision de sa stratégie nationale de maîtrise énergétique sur la base d'un outil national et local d'aide à la décision, comme étant une réponse aux efforts internationaux de maîtrise énergétique. C'est dans cette perspective, que le présent chapitre expose, les principaux points à retenir par rapport à la politique de maîtrise énergétique en Algérie :

- 1- La planification de la stratégie nationale de maîtrise de l'énergie au niveau du secteur résidentiel n'intègre pas toutes les phases de la planification énergétique durable. Par conséquent, les aspects phares de la planification énergétique, telle que l'élaboration d'une base de données, ne sont pas tous pris en considération, ce qui empêche d'orienter la politique énergétique actuelle vers un processus de transition durable et soutenable au caractère ciblé ;
- 2- A ce jour, il n'existe aucun modèle de consommation énergétique sur une large période d'étude à l'échelle des wilayas, qui peut exprimer le comportement de la consommation énergétique résidentielle ;
- 3- La priorisation des actions et le processus de prise de décision au niveau de cette stratégie énergétique est très généraliste, et incarne l'échelle nationale, il ne se base pas sur le comportement et le profil énergétique de chaque wilaya, qui représente l'échelle locale (l'échelle de la mise en application) ;
- 4- La révision de la stratégie actuelle de maîtrise énergétique, dans une perspective de transition énergétique résidentielle, doit se faire sur la base d'un puissant outil d'aide à la décision, qu'est nécessaire à la visualisation, le traitement ainsi que l'analyse des données aux échelles stratégique et opérationnelle (nationale et locale) ;

En tenant compte de l'évaluation de la stratégie nationale de maîtrise énergétique élaborée dans ce chapitre, le quatrième chapitre vise à élaborer une démarche scientifique originale qui se traduit par la proposition d'une nouvelle approche triangulaire qui s'appuie sur la construction d'une réelle base de données relative à la consommation énergétique dans le secteur résidentiel en Algérie. Le choix de l'approche triangulaire adaptée permettant de procéder à l'élaboration d'une modélisation énergétique comme un outil d'aide à la décision, sera également expliqué en profondeur.

**Chapitre 4 : Démarche scientifique pour le
développement d'un modèle de consommation
énergétique du parc logement algérien**

Chapitre 4 : Démarche scientifique pour le développement d'un modèle de consommation énergétique du parc logement algérien

1. Introduction

Après avoir établi une assise épistémologique et théorique, et après avoir examiné la stratégie nationale de maîtrise énergétique au niveau du secteur résidentiel en Algérie, ce quatrième chapitre vise à détailler la démarche scientifique adoptée dans le but de développer un modèle de consommation énergétique global du parc logement existant couvrant l'ensemble des wilayas du territoire national algérien au cours de la période 1995 - 2018. L'approche méthodologique est originale puisqu'elle s'attèle à concevoir une nouvelle approche triangulaire. Ce chapitre est entamé par un rappel de la problématique autour de laquelle s'articule cette étude, ainsi que les objectifs attendus de la modélisation énergétique. Il se poursuit par la présentation du cheminement scientifique relatif à la modélisation énergétique résidentielle, qui sera détaillé en fonction de chaque approche utilisée.

2. Problématiques et objectifs

À l'issue de l'analyse conceptuelle de la modélisation énergétique qui se présente comme un outil d'aide à la décision en faveur de la transition énergétique, trois interrogations ont pu être confirmées et renforcées. Il s'agit de :

Question de recherche n° 1 : Comment quantifier, spatialiser et analyser la consommation énergétique résidentielle de l'ensemble des types d'énergies consommées par le stock résidentiel bâti algérien, et ce, à l'échelle des 48 wilayas?

Question de recherche n° 2 : Quel est l'impact du produit intérieur brut (PIB) de la croissance du parc logement, du climat, du raccordement aux réseaux énergétiques (gaz et électricité), de la taille des ménages et de la densité urbaine sur

la consommation énergétique au niveau de toutes les wilayas algériennes entre 1995 et 2018 ?

Question de recherche n° 3 : Comment classer et identifier les 48 wilayas algériennes en clusters sur la base de leur profil de consommation énergétique et leur évolution dans le temps ?

Le premier questionnement est axé d'une part, sur les méthodes de quantification des données relatives au parc logement algérien ainsi que sa consommation énergétique, et d'autre part sur la visualisation et l'analyse des données en question. Le second questionnement se focalise sur la modélisation énergétique en tant qu'approche à part entière, tandis que le troisième questionnement met en exergue les différents profils de consommation énergétique des 48 wilayas.

Avant de passer aux objectifs de la recherche, ce travail tient à rappeler quelques constats qui ont été exposés et détaillés dans les chapitres précédents, dans le but de préciser le positionnement scientifique et épistémologique de cette recherche.

L'analyse de la littérature a révélé que la modélisation énergétique en tant qu'objet de recherche pouvait être matérialisée par le biais de plusieurs approches et techniques. La modélisation énergétique en question fait l'objet de nombreuses lacunes et insuffisances relatives d'une part, au contexte et d'autre part, au cadre de l'étude. Par conséquent, plusieurs manquements ont pu être constatés à partir de la revue détaillée de la littérature. Ils se présentent comme suit:

- Le recours à un ensemble de données partielles ;
- Des études de cas au caractère limité ;
- Une combinaison des approches généralement limitées ;
- Une intégration limitée de la variable réponse « source d'énergie » dans les modèles énergétiques ;

À partir des manquements et des insuffisances citées précédemment, la présente thèse tente de combler ces lacunes, par le développement :

- **D'un ensemble de données longitudinales** : ayant pour but de procéder à l'estimation de l'évolution de la consommation énergétique résidentielle et du stock résidentiel bâti sur une large période allant de 1995 à 2018.
- **D'une analyse aux échelles nationale et locale** : ayant pour objectif de procéder à la modélisation énergétique résidentielle sur l'ensemble des 48 wilayas qui composent le territoire algérien.
- **La triangulation des approches combinées** : ayant comme perspective de concevoir et mettre en œuvre une nouvelle approche triangulaire, qui permettra de relever les défis et les recommandations formulées par (Torabi Moghadam et al., 2017) dans une optique multidisciplinaire et complémentaire.
- **L'intégration de tous les types d'énergie** : ayant pour but d'aborder toutes les sources d'énergie consommées par le stock résidentiel, tout en considérant leur évolution dans le temps.

L'assise scientifique et épistémologique se matérialise par l'objectif principal de la présente recherche, qui s'identifie par le développement d'un modèle de consommation énergétique résidentielle de l'ensemble du parc logement algérien à travers toutes ses unités représentatives, et ce, à travers une large période d'étude allant de 1995 à 2018. Une modélisation aussi poussée n'a jamais été élaborée auparavant dans le contexte algérien, et ce, malgré sa grande importance. De cet objectif général se déclinent quatre objectifs spécifiques :

- **L'objectif spécifique n° 1** : Développer une base de données du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique couvrant l'ensemble du territoire national, entre 1995 et 2018, en considérant les différentes sources d'énergie consommées par le secteur résidentiel ;

- **L'objectif spécifique n° 2** : Analyser la distribution et la dispersion spatio-temporelle du parc logement existant et sa consommation énergétique à l'échelle de l'ensemble des wilayas et des zones climatiques, à travers l'approche spatiale, qui utilise les systèmes d'information géographique (SIG) ;
- **L'objectif spécifique n° 3** : Identifier les principales variables explicatives qui impactent la consommation énergétique résidentielle à travers l'une des approches statistiques, la plus robuste actuellement connue « La Régression Linéaire Multiple (MLR) » ;
- **L'objectif spécifique n° 4** : Identification et caractérisation des profils et comportements énergétiques de chaque wilaya, tout en procédant à l'extraction des wilayas archétypiques comme des cas d'études pilotes à utiliser pour la planification et l'analyse à méso-échelle, par le biais d'un « Clustering Hiérarchique ».

Pour rappel, à partir de la problématique et des objectifs escomptés, une hypothèse générale a été formulée. Elle exprime un croisement entre le contexte de l'étude et le sujet de la recherche. En effet, la consommation énergétique résidentielle en Algérie est envisagée dans la présente recherche comme le contexte de l'étude, tandis que la modélisation énergétique à travers ses différents processus méthodologiques constitue le cadre de cette recherche. Par conséquent, l'hypothèse générale a été divisée en deux volets. Le premier volet correspond au contexte de l'étude, où le développement d'un modèle général de consommation énergétique résidentielle est réalisé. Ce dernier est basé sur une approche triangulaire, qui combine les systèmes d'information géographique (SIG), l'analyse de régression et le clustering hiérarchique.

Ledit modèle permet, d'une part, d'équiper les acteurs de la transition énergétique d'un puissant outil d'aide à la décision pour la mise en place de scénarios d'efficacité énergétique en faveur de la transition énergétique résidentielle à l'échelle nationale et locale, et ce, en fonction de la particularité de chaque zone climatique et

du comportement énergétique de chaque wilaya. D'autre part, il constituera une référence pour les futurs chercheurs, qui leur permettra d'appuyer toute analyse énergétique ultérieure du stock résidentiel bâti et de sa consommation énergétique à l'échelle locale (à l'échelle de la wilaya).

Le second volet réside dans le développement d'une nouvelle approche triangulaire combinée comme une réponse aux recommandations scientifiques de plusieurs chercheurs, tels que Torabi Moghadam et al, (2017) qui estiment qu'en raison de la complexité de la planification énergétique, cette dernière doit se baser sur une approche intégrée qui soit multidisciplinaire, et ce, en raison de leur complémentarité dans l'accomplissement de différentes tâches du processus de planification énergétique, comme un défi pour les recherches futures. Le recours à plusieurs approches pour améliorer la robustesse des planifications énergétiques a été jugé nécessaire, car il n'a jamais été effectué jusqu'à présent, ni en Algérie, ni ailleurs dans le monde. Par conséquent, la présente recherche vient comme une réponse au défi et recommandations établis par les paires, experts de la modélisation énergétique.

En effet, l'originalité de la présente étude repose sur un travail approfondi de collecte, de synthèse, de quantification et d'analyse des données spatiales et statistiques du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique en Algérie. Par ailleurs, le cadre conceptuel de la recherche comprend la collecte des données, leur traitement, le développement du modèle et enfin, la validation des travaux de recherche. La figure 14 montre le cheminement scientifique, qui peut être divisé en quatre étapes principales. Chaque étape est décrite en détail dans les sections suivantes.

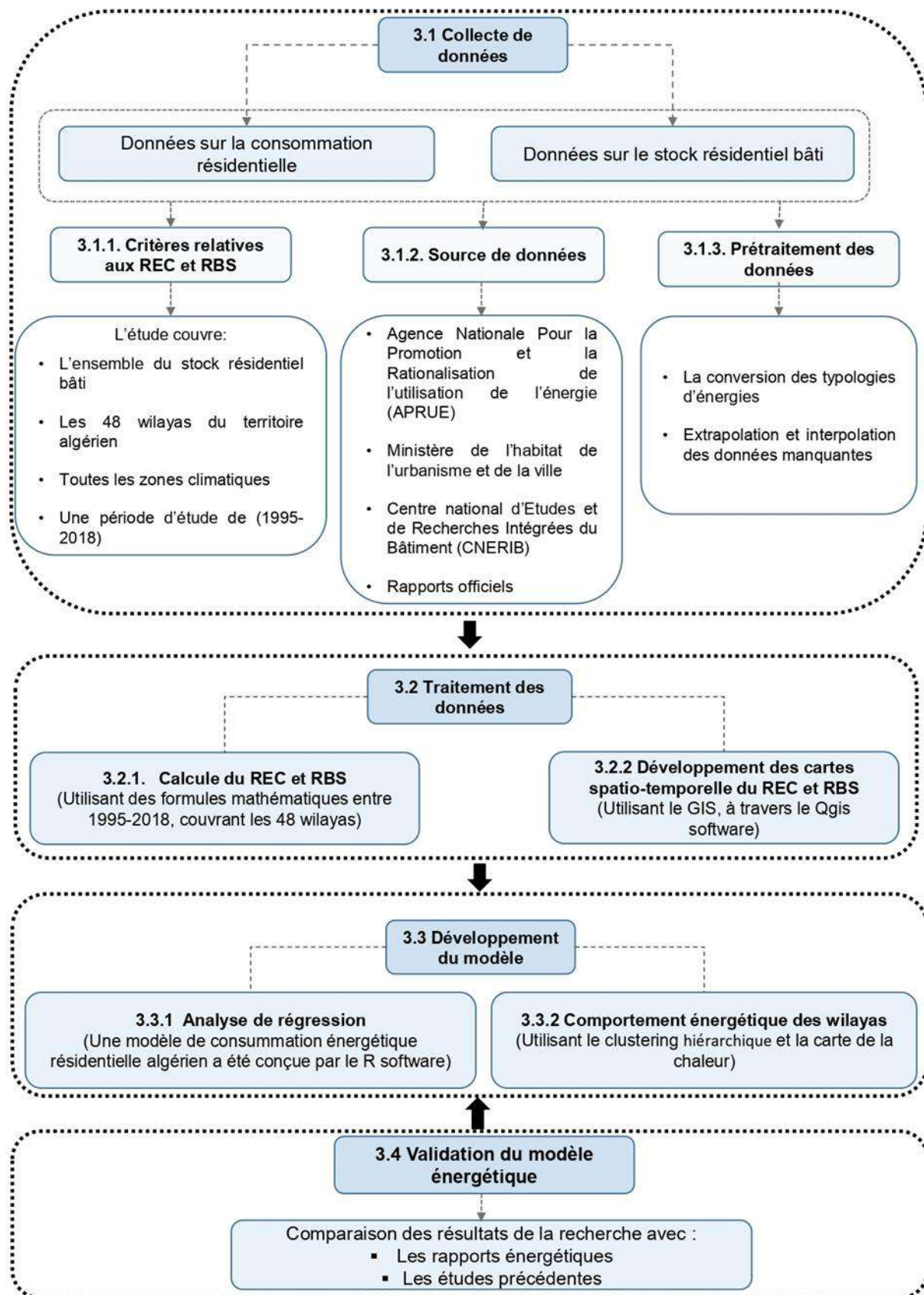


Figure 14. Le cadre conceptuel de la recherche. Source : M.afaifia et al (2021).

3. Collecte et recueil des données

La première étape clé de cette étude est la collecte des données. Elle permet d'identifier les critères importants et de sélectionner les sources les plus pertinentes pour la collecte des données qui porte sur le stock résidentiel bâti algérien et sa consommation énergétique.

3.1. Les critères de sélection des données relatives au stock résidentiel bâti et de sa consommation énergétique

Tout d'abord, comme premier critère, cette recherche tente de couvrir l'ensemble du stock résidentiel bâti algérien, qui est composé de plus de 8,5 millions de logements en 2017 (APRUE, 2017). Deuxièmement, l'étude tente d'appréhender les 48 wilayas qui composent l'ensemble du territoire national comme le montre la figure 15, représentant ainsi le second critère de l'étude. Selon la réglementation thermique des bâtiments d'habitation (CENRIB, 1997), le territoire algérien est divisé en six zones climatiques. La zone (A) couvre le nord de l'Algérie avec le bord de mer et toutes les villes côtières. La zone (B) comprend la plaine derrière le bord de mer. La zone (C) intègre les hauts plateaux, qui sont situés entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. La zone (D) comprend le nord, l'est, le sud-ouest et le centre du Sahara. La zone (B') et la zone (D') représentent respectivement les sous-zones des zones (B) et (D). Elles ont les mêmes caractéristiques climatiques que les zones principales, mais elles diffèrent en matière de saisonnalité. Le tableau 3 résume les caractéristiques climatiques de chaque zone, extraites de la base de données de l'agence pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE).

La division des zones climatiques à l'échelle locale (wilaya) présentée par la figure 16 représente le troisième paramètre qui définit cette base de données. Les tableaux 3 et 4 illustrent la caractérisation climatique par wilayas selon la

prédominance des zones climatiques. Au final, le quatrième critère fait référence à la période d'étude. Cette recherche est réalisée à partir d'une grande base de données, qui s'étale sur une période de vingt-trois ans de 1995 à 2018, et ce, en raison du plus grand nombre de programmes de logement ayant été lancés durant cette période.

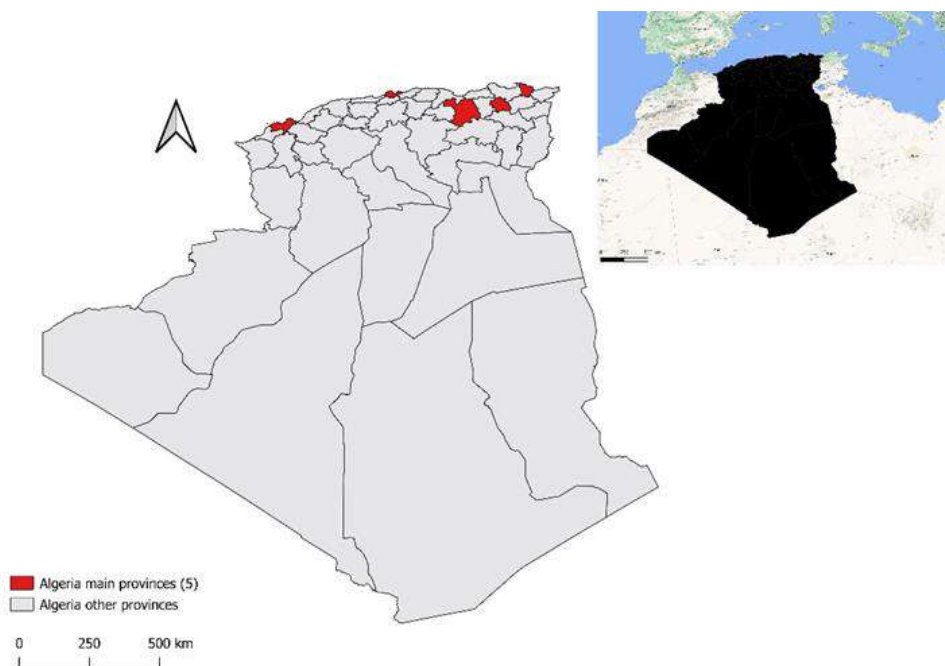


Figure 15. Situation géographique de l'Algérie et présentation de son découpage administratif. L'Algérie est le pays du nord Afrique, représentant le plus grand pays du Maghreb.

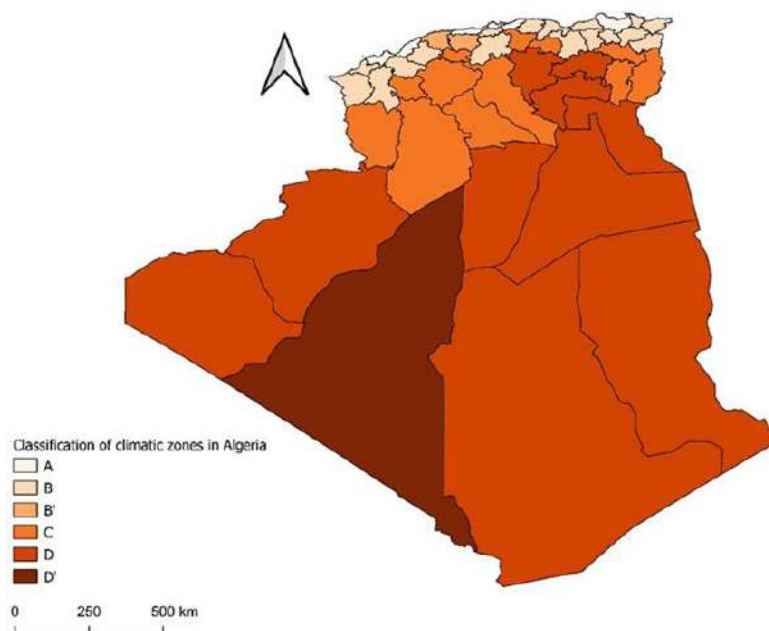


Figure 16. Classification des zones climatiques officielles de l'Algérie (CNERIB, 1997).

Tableau 3. Répartition des 48 wilayas algériennes en fonction de leur zone climatique dominante (CNERIB, 1996).

Désignation des Wilayas	Zones climatiques	Dominance de la zone climatique par wilaya
Adrar	D'	D'
Chlef	A-B-B'	B'
Laghouat	D-C	C
Oum el bouaghi	C	C
Batna	C-D	D
Bejaia	A-B-C	B
Biskra	D	D
Bechar	D	D
Blida	B	B
Bouira	C-B	C
Tamanrasset	D	D
Tebessa	C-D	C
Tlemcen	A-B-C	B
Tiaret	B-C	C
Tizi ousou	A-B	B
Alger	A	A
Djelfa	D-C	C
Jijel	A-B	B
Setif	D-C-B	B
Saida	C	C
Skikda	A-B	A
Sidi bel abbes	C-B	B
Annaba	A-B	B
Guelma	C-B	B

Constantine	C-B	B
Medea	B-C	B
Mostaganem	B-A	A
M'sila	C-D	D
Mascara	A-B-C	B
Ouargla	D	D
Oran	A-B	A
El bayadh	C-D	C
Illizi	D	D
Bordj bou arreridj	B-C	C
Boumerdes	A-B	A
El-tarf	A-B	B
Tindouf	D	D
Tissemsilt	B-C	C
El oued	D	D
Khenchela	D-C	C
Souk-ahras	B-C	B
Tipaza	A-B	A
Mila	C-B	B
Ain-defla	C-B-B'	B'
Naama	D-C	C
Ain-temouchent	A-B	B
Ghardaia	D	D
Relizane	B	B

Tableau 4. Les caractéristiques climatiques de chaque zone climatique

	Hiver (température sèche) °C	L'été (Température sèche / Température humide/Température de la rosée) °C		
A	5	35	25	25
B	2	41	23	21
B'	2	38	24	23
C	-2	44	24	21
D	4.5	43	25	18
D'	7.5	48	29	19

3.2. La source des données

Le premier type de données a été collecté auprès de l'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE). Elle comprend des références statistiques de différents secteurs (résidentiel, tertiaire et industriel), mais seules les données qui correspondent au secteur résidentiel ont été prises en compte dans cette étude. La base de données comprend cinq paramètres clés : la consommation d'énergie par source d'énergie, le taux d'électrification, le taux de raccordement au gaz, les indicateurs socio-économiques tels que la population et le Produit Intérieur Brut (PIB). Ces paramètres ont été recueillis par l'APRUE auprès de plusieurs organismes officiels (Voir Figure 17). Le deuxième ensemble de données a été collecté auprès du Ministère algérien de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville (MHUV). Il contient toutes les statistiques qui correspondent au stock résidentiel bâti existant. Ces données ont été collectées par le Ministère de l'habitat algérien à partir des différentes statistiques générées à l'échelle wilayale. Les deux ensembles de

données représentent les statistiques disponibles les plus récentes sur le stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique.

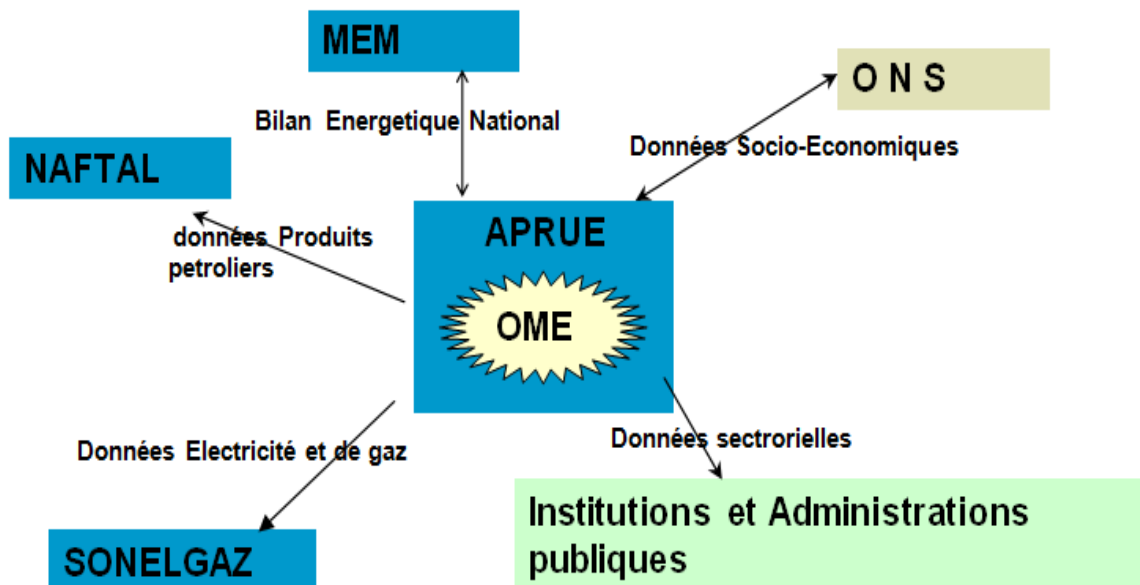


Figure 17. Flux de données récoltées par l'Agence Nationale Pour la Promotion de La Rationalisation de l'Energie-APRUE (Centre d'Activités Régionales PNUE/PAM), 2011).

3.3. La transformation et nettoyage des données

Comme mentionné ci-dessus, la première étape du nettoyage des données a consisté à extraire les données du secteur résidentiel de la base de données de l'APRUE, car la consommation énergétique relative au secteur résidentiel à l'échelle de la wilaya n'est pas comptabilisé comme un type précis de consommation énergétique, elle est fusionnée avec d'autres consommations, relatives à tous les secteurs confondus (transport, Industrie, tertiaire, agriculture, etc.), et ce, en fonction du taux de raccordement aux basses, moyennes et hautes tension et pression. Par la suite, plusieurs unités de mesure concernant la consommation énergétique sont utilisées dans cette base de données telle que le kw/h, thermie, m³. Par conséquent, il était impératif de les convertir en une unité de mesure universelle qui est la tonne équivalent pétrole (Tep) en utilisant des facteurs de conversion énergétique (Voir tableau 5). Au final, afin de calculer la

consommation énergétique résidentielle et le stock bâti, 7.6 % de données manquantes ont été interpolées et extrapolées, à travers des équations de régressions ayant comme coefficient de détermination $R^2 \geq$ supérieure ou égale à 0.80.¹² Ce qui signifie que 80 % de la valeur de la variable manquante dépend de la variable réponse.

Tableau 5. Les coefficients de conversions des unités de mesures (APRUE)

Produits Pétroliers	Unités	(Tep/pcs)	(Tep/pci)
électricité	kWh	0.000086	0.000086
gaz naturel	thermie	0.000100	0.000090
gas-oil	tonne	1.025	1.015
fuel domestique	tonne	1.080	1.017
pétrole lampant	tonne	1.032	1.032

4. Le traitement des données

Afin de développer un modèle algérien de consommation énergétique résidentielle, le traitement des données implique, premièrement, le calcul de la consommation énergétique résidentielle à travers l'ensemble des types d'énergies consommées par le secteur résidentiel. La deuxième étape correspond au calcul du nombre du stock résidentiel bâti, en d'autres termes, au nombre de logements ou unités de logements qui constitue le parc résidentiel de chacune des 48 wilayas entre 1995 et 2018. En troisième étape, figure l'analyse de la distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti et de sa consommation énergétique à travers l'approche spatiale, utilisant les systèmes d'information géographique (SIG). La quatrième et

¹² Le R^2 , ou le coefficient de détermination, correspond à un indicateur statistique, qui permet de juger de la qualité d'un modèle de régression linéaire, qu'elle soit simple ou multiple. Si le coefficient en question se rapproche de la valeur de 1, cela signifie que le modèle de régression linéaire est capable d'expliquer la distribution des points. Par contre, si ce dernier se rapproche de 0, cela signifie que le modèle n'explique pas la distribution des points, et par conséquent n'explique pas la variable réponse étudiée. <https://lexique.netmath.ca/coefficient-de-determination/>

dernière étape du processus de traitement des données, correspond à l'analyse de la dispersion de la consommation d'énergie par unité de logement, et ce, en fonction des différentes zones climatiques.

4.1. Développement d'une base de données nationale et locale, à travers le calcul du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique

L'estimation de la consommation énergétique et du stock résidentiel bâti est établie à partir de plusieurs formules mathématiques qui sont décrites dans les sections suivantes. Toutes les formules sont exécutées progressivement dans les logiciels Excel et le R software.¹³

4.1.1. Le calcul de la consommation énergétique résidentielle

Il existe plusieurs interprétations de la consommation énergétique dans le bâtiment. Il peut s'agir de la consommation d'énergie intrinsèque dans l'industrie de la construction, la consommation d'énergie utilisée dans le secteur de la construction, qui est relative à la production des matériaux de construction, la consommation d'énergie exploitée pendant le cycle de vie du bâtiment ou pour finir la consommation énergétique utilisée par les bâtiments pour répondre à leurs besoins quotidiens (Huo et al., 2018).

Dans le cadre de cette étude, l'accent est mis sur la consommation énergétique telle qu'exploitée au niveau du stock résidentiel bâti algérien, et ce, en raison de l'indisponibilité au niveau des annuaires statistiques et des bases de données officielles des statistiques qui peuvent correspondre aux différentes interprétations citées par Huo et al. (2018). De plus, les données qui sont liées au secteur résidentiel sont combinées avec les statistiques qui regroupent d'autres secteurs à travers la consommation de différents types d'énergie.

¹³ R est un logiciel libre accès, utilisé principalement pour le calcul statistique et les graphiques. Ce dernier est consultable et téléchargeable à partir du lien suivant : <https://www.r-project.org/>

C'est la raison pour laquelle la présente étude propose de combler les lacunes de l'indisponibilité des données relatives au parc résidentiel bâti à l'échelle de l'ensemble des unités représentatives du pays, ayant comme objectif de concevoir une large base de données qui pourra être utilisée ultérieurement comme outil de référence pour les acteurs de la transition énergétique. Cette dernière, ouvrira également une nouvelle porte à de nombreuses recherches portant sur la transition énergétique résidentielle. La méthode de calcul basée sur les types d'énergies consommées par le parc logement algérien est également abordée dans le travail de Wang et al. (2020), qui ont quantifié la consommation énergétique et le stock résidentiel bâti à l'échelle de 11 villes chinoises.

Sur la base des données extraites de l'Agence Nationale Pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE), la présente étude calcule la consommation énergétique résidentielle en utilisant les cinq types d'énergie qui sont consommés par le stock résidentiel bâti algérien entre 1995 et 2018, à savoir l'électricité, le gaz naturel, le pétrole liquéfié (GPL), le gasoil, ainsi que le carburant. La consommation énergétique résidentielle relative à chaque type d'énergie a été calculée sur la base du pourcentage correspondant à leur taux de raccordements aux réseaux énergétiques (électriques et gazeux), en moyenne et basse tension (MT et BT) au niveau de chaque wilaya. Par conséquent, trois formules ont été conçues pour trois périodes différentes, relatives aux pourcentages de consommation résidentielle de chaque type d'énergie comme suit :

1) De 1995 à 2005, la formule est la suivante:

$$REC^P_t = 35 \% E^P_{electricity,t} + 41\% E^P_{natural\ gaz,t} + 92 \% E^P_{LPG,t} + 3.6 \% E^P_{fuels,t} + 0.10\% E^P_{gasoil,t} \quad (1)$$

2) De 2006 à 2008, la formule est la suivante :

$$REC^P_t = 35 \% E^P_{electricity,t} + 41\% E^P_{natural\ gaz,t} + 92 \% E^P_{LPG} + 0.1 \% E^P_{fuels,t} \quad (2)$$

3) De 2009 à 2018, la formule est la suivante :

$$REC^P_t = 35 \% E^P_{electricity,t} + 55 \% E^P_{natural\ gaz,t} + 92 \% E^P_{LPG} + 0.1 \% E^P_{fuels,t} \quad (3)$$

Où le REC^p_t indique la consommation annuelle d'énergie résidentielle dans la province (wilaya) p au cours de l'année t. $L'EP^{électricité}_t$, représente la consommation annuelle d'électricité dans la province (wilaya) p au cours de l'année t. $L'EP^{gaz naturel}_t$, correspond à la consommation annuelle de gaz naturel dans la province (wilaya) p au cours de l'année t. Tandis que $L'EP^{GPL}_t$, $L'EP^{carburants}_t$, $L'EP^{gasoil}_t$ correspondent respectivement à la consommation annuelle du gaz de pétrole liquéfié (GPL), de carburant et de gasoil dans la province (wilaya) p au cours de l'année t. La présentation des formules selon trois périodes différentes a été conçue selon le pourcentage de consommation des types d'énergies par année, tel qu'extrait de la base de données de l'APRUE. Par conséquent, le calcul de la consommation énergétique résidentielle par wilaya sur la période étudiée de 1995 à 2018 est obtenu à partir de la somme des trois formules.

4.1.2 La quantification de l'ensemble du stock résidentiel bâti algérien

Les données correspondant au stock résidentiel bâti nouvellement construit sont dérivées à partir de la base de données du Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville (MHUV) à partir de l'année 2008 correspondant ainsi au dernier recensement national. Les stocks résidentiels bâtis pour les années après l'année de référence sont alors égaux à la somme des constructions de l'année précédente et du stock nouvellement construit (Eq.4). Les stocks pour les années précédant l'année de base ont été obtenus en soustrayant le stock nouvellement construit de l'année suivante (Eq. 5) comme suit :

$$RBS^p_t = RS^p_{t+1} + NBS^p_t, (t > \text{base year}) \quad (4)$$

$$RBS^p_t = RS^p_{t+1} - NBS^p_{t+1}, (t < \text{base year}) \quad (5)$$

Où le RBS^p_t désigne le parc logement de la province (wilaya) p pendant l'année t, et le RBS^p_{t+1} représente le parc logement suivant l'année de base, tandis que le RBS^p_{t-1} correspond au stock résidentiel bâti de l'année précédente. Enfin, le NBS^p_t

indique le parc nouvellement construit dans une province (wilaya) p au cours de l'année t .

Dans cette recherche exploratoire, le parc résidentiel démoli n'a pas été pris en compte dans l'estimation du stock résidentiel bâti, car son taux est très faible étant donné que la grande partie du parc immobilier algérien est récente et que les statistiques relatives à ce paramètre sont totalement absentes aussi bien des bases de données que des rapports officiels.

4.2. L'Approche spatiale : l'analyse du couple distribution-dispersion du mapping spatio-temporel du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique

Dans cette recherche, l'approche spatiale joue un rôle primaire dans le processus de planification énergétique durable, car elle permet grâce aux systèmes d'information géographique (SIG) de visualiser et de gérer l'ensemble de la base de données, à travers d'une part, la visualisation du *mapping* spatio-temporel du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, et d'autre part, d'analyser la dispersion de l'intensité énergétique à l'échelle des zones climatiques.

4.2.1. Le développement et l'analyse des cartes spatio-temporelles du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique

La consommation énergétique résidentielle et le parc logement algérien calculés dans les sections précédentes sont utilisés pour des fins de visualisation cartographique, qui constitue la première approche utilisée dans le cadre de la conception d'une nouvelle approche triangulaire. Cette approche spatiale procède à la distribution spatio-temporelle à l'échelle de la wilaya (province), qu'est établie à l'aide d'un outil SIG le (Quantum- Qgis 3.10) dans sa version la plus stable et performante, et ce, dans le but d'analyser et discuter une plus grande quantité de données (QGIS, 2021). Le processus cartographique répartit les données en

question sur plusieurs années afin de visualiser l'évolution entre les wilayas à travers une distribution de six classes. Cette classification est établie selon les limites définies en fonction de la présence de grandes différences entre elles, utilisant la répartition de Jenks.¹⁴

4.2.2. L'analyse de la dispersion de l'intensité énergétique

Afin de fournir de plus amples informations sur la consommation énergétique résidentielle, l'intensité énergétique, qui est un indicateur d'efficacité énergétique mesurant l'efficacité énergétique résidentielle, a été utilisée pour analyser la dispersion par zones climatiques. En l'absence de données sur la surface plancher du stock résidentiel bâti dans les statistiques officielles, la présente thèse propose de calculer la consommation énergétique par unité de logement selon la formule suivante :

$$\text{Consommation d'énergie par unité de logement} = \text{REC}^p_t / \text{RBS}^p_t \quad (6)$$

Où le REC^p_t et RBS^p_t représentent respectivement la consommation d'énergie résidentielle et le parc immobilier résidentiel dans la province (wilaya) p au cours de l'année t .

5. L'approche statistique : le développement d'un modèle algérien de consommation énergétique

Cette section correspond au développement d'un modèle de consommation énergétique dédié au stock résidentiel bâti. Elle fait référence à une approche mixte, qui articule l'analyse de régression et le clustering hiérarchique. La régression permet de comprendre la manière dont la consommation résidentielle évolue en fonction d'une série de variables indépendantes au caractère explicative, tandis que le clustering

¹⁴ Les ruptures naturelles de Jenks correspondent à une méthode de classification des données en plusieurs seuils lors du mapping. Cette dernière est disponible et facile d'application dans la plupart des logiciels de traitement d'informations géographiques. Cette méthode optimise la classification des valeurs, ayant les mêmes similitudes, et maximise les différences entre les classes. <https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm>

hiérarchique vise à regrouper les wilayas similaires en fonction de leurs comportements et profils énergétiques dans différents clusters.

5.1. L'analyse de régression

L'évolution de la consommation énergétique résidentielle dépend de plusieurs types de variables explicatives, et/ou prédictives. En effet, il peut s'agir de facteurs socio-économiques, facteurs climatiques, caractéristiques de logements, présence d'appareils ménagers, densité urbaine, ainsi que des différents profils comportementaux des ménages (Jones et al., 2015; Mora et al., 2018).

Afin d'étudier la consommation énergétique résidentielle en Algérie sous l'angle des variables indépendantes qui impactent son évolution, une analyse est réalisée en utilisant une méthode statistique des plus robustes connue sous l'appellation « **La Régression Linéaire Multiple** ». L'idée consiste à développer un modèle de consommation énergétique pour l'ensemble du stock résidentiel bâti algérien à l'échelle des 48 wilayas, sur une période allant de 1995 à 2018. Ce modèle de consommation résidentielle sera utilisé comme outil d'analyse et d'identification des variables indépendantes qui ont un impact significatif sur la consommation résidentielle. Il est développé à travers les étapes suivantes :

- **La première étape** correspond à la sélection des variables dépendantes et indépendantes qui vont être utilisées dans l'analyse de régression. Ces variables sont basées sur un croisement entre la revue de la littérature et le contexte algérien, selon la disponibilité des données au niveau des principales bases nationales au cours de la période de 1995 à 2018, couvrant toutes les wilayas ainsi que toutes les zones climatiques.
 - Le tableau 6 présente la description des variables indépendantes intégrées dans le modèle énergétique. Les variables utilisées couvrent les quatre principales dimensions identifiées dans notre revue de littérature (Voir chapitre 1).

Tableau 6. La description des variables indépendantes (exploratoires) intégrées dans l'analyse de régression linéaire multiple.

Désignation des variables*	Typologie de la variable	Source
RBS**	<ul style="list-style-type: none"> Variable quantitative discrète 	(Hsu, 2015; Kavousian et al., 2013; Kim et al., 2020; Theodoridou et al., 2011)
Population ****	<ul style="list-style-type: none"> Variable quantitative discrète 	(Al-Ghandoor et al., 2009; Bianco et al., 2013; Chen et al., 2016; Theodoridou et al., 2011)
Taille des ménages **	<ul style="list-style-type: none"> Variable quantitative continue 	(Iraganaboina & Eluru, 2021; Kim et al., 2020; Tso & Guan, 2014)
Densité urbaine **	<ul style="list-style-type: none"> Variable quantitative continue 	(Chen et al., 2016; Dujardin et al., 2014; Iraganaboina & Eluru, 2021)
Taux d'électrification et taux de raccordement au gaz naturel **	<ul style="list-style-type: none"> Variable quantitative discrète 	(Kim et al., 2020; Sepehr et al., 2018; Štreimikienė, 2014; Tso & Guan, 2014)

Zone climatique ***	<ul style="list-style-type: none"> • Variables qualitatives nominales (Al-Ghandoor et al., 2009; Biswas et al., 2016; Catalina et al., 2013; Fumo & Rafe Biswas, 2015; Kim et al., 2020; Williams & Gomez, 2016, Walter & Sohn, 2016)
PIB ****	<ul style="list-style-type: none"> • Variable quantitative continue Bianco et al. (2013)

*L'ensemble des variables sont utilisées sur les 48 wilayas de 1995 à 2018

** Les variables ont été calculées sur la base des formules indiquées précédemment.

*** Cette variable est triée des données du CNERIB (1997)

**** Les variables figurants sur la base de données de l'APRUE

Trois de ces variables sont décrites dans les sections précédentes, comme la consommation énergétique résidentielle, qui représente la variable réponse, le stock résidentiel bâti ainsi que les zones climatiques. La variable population est directement extraite de la base de données de l'APRUE. Tandis que, les autres variables telles que la taille des ménages, la densité urbaine, le taux de raccordement énergétique (gaz naturel, électrification), ainsi que le produit intérieur brut (PIB) sont calculés selon les formules suivantes :

$$\text{Households size}^{P_t} = P^P / \text{RBS}^{P_t} \quad (7)$$

$$\text{Urban density}^{P_t} = P^P / \text{Province area}^P \quad (8)$$

$$\text{GDP}^{P_t} = \text{GDP/capita}^{N_t} \times P^P_t \quad (9)$$

$$\text{Gas Connection Rate}^{P_t} \% = \text{Nb. of subscribers (Gas)}^{P_t} / \text{RBS}^{P_t} \quad (10)$$

$$\text{Electricity Connection Rate}^{P_t} \% = \text{Nb. of subscribers (Electricity)}^{P_t} / \text{RBS}^{P_t} \quad (11)$$

Où le **Household size**^{P_t} représente le nombre moyen de personnes occupant un logement. Le **RBS**^{P_t} correspond au parc immobilier résidentiel. Il a été calculé ci-dessus à l'aide des formules (4) et (5). La **densité urbaine**^{P_t} correspond au nombre d'habitants répartis par la surface de la wilaya. Le **PIB**^{P_t} correspond au produit intérieur brut estimé. Le taux de raccordement au **Gaz rate**^{P_t} % correspond au taux de logements raccordés au réseau de gaz naturel, en fonction du nombre d'abonnés de la compagnie nationale Sonelgaz. Le taux de raccordement à l'électricité **Electricity rate**^{P_t} % correspond au taux de logements raccordés au réseau électrique, selon le nombre d'abonnés d'électricité de la compagnie nationale de Sonelgaz. Toutes ces variables sont calculées au niveau de la province (wilaya) P pendant l'année t.

- **La deuxième étape** : consiste au prétraitement des données. La variable indépendante population a été retirée de la matrice afin d'éviter les problèmes d'instabilité du modèle causée par la multi colinéarité, en raison de sa présence dans le calcul de trois variables. La figure 18 illustre la matrice de corrélation

qui permet de justifier la suppression de la variable quantitative continue (population) de la matrice d'exécution du modèle énergétique, et ce, en fonction des taux élevés des coefficients de corrélation enregistrés entre cette dernière et certaines des variables introduites dans le modèle. Ensuite, les niveaux de la variable qualitative (zone climatique) sont réordonnés, de sorte que la zone climatique A soit utilisée comme niveau de référence. Enfin, la transformation logarithmique de toutes les variables est effectuée pour satisfaire les hypothèses de normalité et d'homoscédasticité de la régression linéaire multiple.

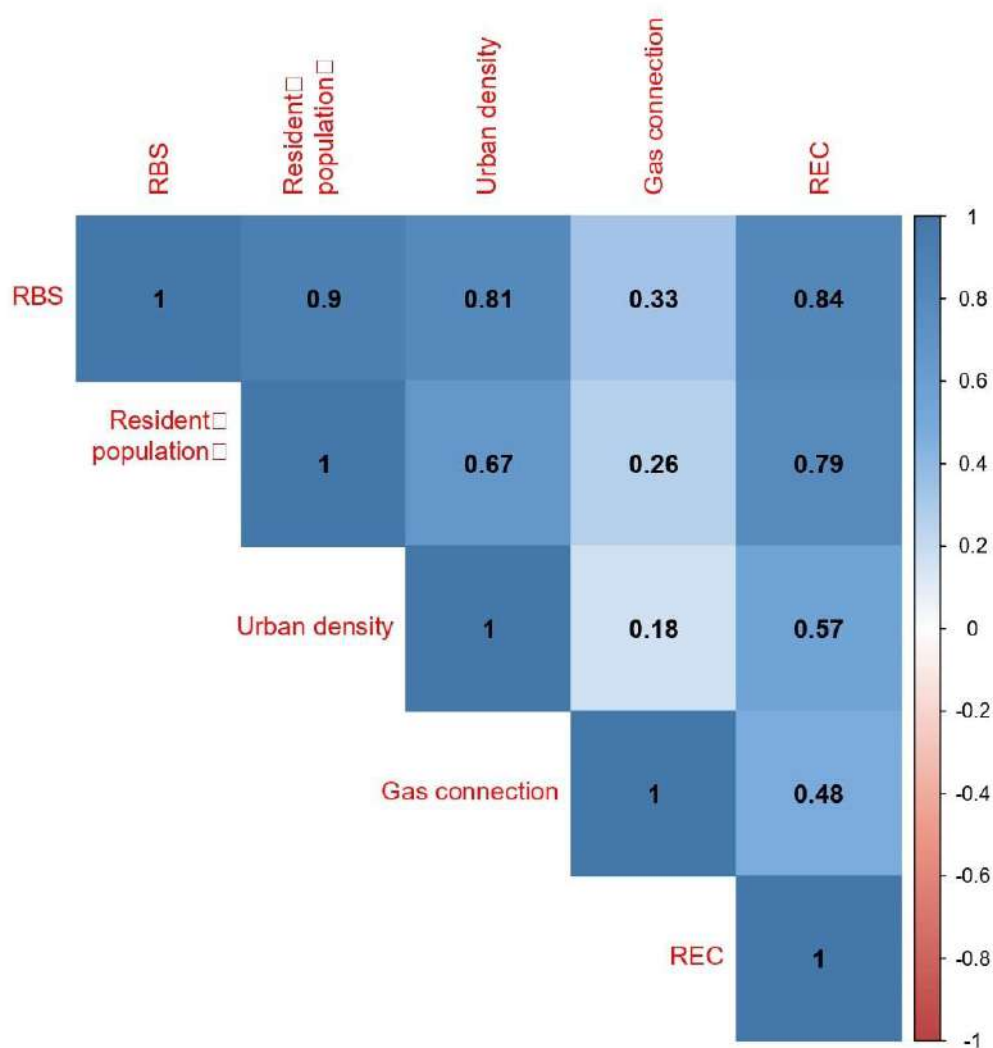


Figure 18. Matrice de corrélation correspondant à l'évaluation de la dépendance entre les principales variables du modèle énergétique. Le résultat est une table contenant les coefficients de corrélation entre chaque variable et les autres.

- **La troisième étape** : correspond à l'exécution de la régression linéaire multiple à l'aide du logiciel phare de traitement statistique « le R software » (R, 2021), afin d'identifier les variables indépendantes les plus significatives du modèle de consommation résidentielle. Cette régression linéaire est exécutée à travers l'équation suivante :

$$\text{Log}(REC) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_m X_m + \beta_{m+1} \log(X_{m+1}) + \dots + \beta_n \log(X_n) + \varepsilon \quad (12)$$

Où, le **REC** désigne la variable réponse qui représente la consommation d'énergie résidentielle, tandis que **X1**, ..., **Xm** représentent les variables qualitatives réparties en classes de zones climatiques, alors que **Xm+1**, ..., **Xn** sont les variables quantitatives citées ci-dessus (voir Tableau 4), tandis que **n** représente le nombre de variables, et **β0**, **β1**, ... **βn** représentent les coefficients de régression, pour finir le **ε** correspond à l'erreur du modèle qui exprime la variation restante de Y (variable réponse) qui ne peut être expliquée par les variables indépendantes **X1, X2, ..., Xn**.

- **La quatrième étape** : correspond à la validation des principales hypothèses de la régression linéaire multiple :

A - La première hypothèse : correspond à l'analyse de la relation linéaire entre la variable dépendante et les variables indépendantes. Cette hypothèse est vérifiée à l'aide de plusieurs nuages de points (*Scatterplot*) et du coefficient de détermination R^2 exécutée à partir de l'équation suivante :

$$\text{Log}(REC) = \beta_0 + \beta_n \log(X_n) + \varepsilon \quad (13)$$

Où le **REC** désigne la variable réponse, β_n représente le coefficient de régression de chaque variable indépendante, et ε représente l'erreur du modèle de régression simple.

B - La deuxième hypothèse : représente l'analyse de la normalité multivariée, qui vise à vérifier que les résidus sont normalement distribués. Cette hypothèse utilise le diagnostic graphique quantile-quantile des résidus (QQ-plot) pour valider le modèle.

C - La troisième hypothèse : correspond à la vérification de l'absence de multi colinéarité, qui vérifie que les variables indépendantes ne sont pas fortement corrélées entre elles. Ce qui éviterait au modèle d'être instable. Cette hypothèse est testée à l'aide du facteur d'inflation de la variance (VIF).

D - La dernière hypothèse : correspond au test d'homoscédasticité, qui vérifie que la variance des termes d'erreur est similaire pour toutes les valeurs des variables indépendantes. Cette hypothèse est vérifiée graphiquement par un tracé des résidus standardisés par rapport aux valeurs prédites.

5.2. Le Clustering Hiérarchique

Afin d'identifier le comportement de la consommation énergétique résidentielle de wilaya, la présente recherche utilise une méthode mixte qui combine une carte de chaleur (*Heat map*) avec un clustering hiérarchique à travers le logiciel R. Tout d'abord, la carte de chaleur est élaborée en post-traitant les données sur les consommations résidentielles par wilaya, extraite de la base de données développée dans cette thèse. L'objectif est d'extraire les données de la période d'étude 1995-2018 formant ainsi trois périodes identiques. Ces périodes sont choisies en fonction des évolutions macro-sociétales et politiques de l'Algérie. En outre, la formule 12 est utilisée pour calculer l'évolution de la consommation résidentielle sur une base annuelle pour chaque période.

$$REC^P_t \% = (REC^P_t / REC^P_{t-n}) \exp^{1/n-1} \quad (12)$$

Où le $REC^P_t \%$ représente l'évolution de la consommation résidentielle pour la province (wilaya) P pendant la période t. le REC^P_t correspond à la consommation énergétique résidentielle finale par province (wilaya), tandis que le REC^P_{t-n} correspond à la consommation énergétique résidentielle initiale par province (wilaya) P, n correspond au nombre d'années qui représentent la répartition de la période d'étude.

Par la suite, une analyse hiérarchique par clusters est développée afin de regrouper les wilayas en fonction de leur similarité en matière d'évolution de la

consommation énergétique résidentielle dans le temps. L'analyse par clustering hiérarchique est exécutée à l'aide du logiciel R selon les étapes suivantes :

- **Étape 1** : Les données sont d'abord traitées dans une matrice de données dont les lignes représentent les 48 wilayas et les colonnes correspondent à l'évolution de la consommation énergétique résidentielle pour les trois périodes étudiées (1995-2002, 2002-2009, 2009-2016).
- **Étape 2** : Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) est ensuite réalisée en utilisant les distances euclidiennes entre les différentes observations. La méthode d'agglomération des clusters employée dans cette étude est la méthode de variation minimale de Ward qui minimise la variance totale au sein des clusters. Le dendrogramme et les graphiques de gain d'inertiel obtenus sont utilisés pour déterminer le nombre optimal de clusters (Husson et al., 2017).
- **Étape 3** : Les clusters finaux sont comparés et interprétés en utilisant d'une part, une analyse selon les caractéristiques de l'ensemble des variables, et d'autre part en se basant sur la variable ayant le plus contribué à la répartition des classes.
- **Étape 4**: Une wilaya représentative est sélectionnée à partir de chaque cluster, dans le but de servir de wilaya pilote aux acteurs de la transition énergétique, afin de tester la faisabilité des scénarios de transition énergétique. La wilaya sélectionnée à partir chaque cluster est extraite en fonction de sa proximité du barycentre (centre de gravité) de chaque groupement.

L'objectif de cette méthode mixte est d'établir des recommandations pour la maîtrise énergétique aux échelles nationale et locale, qui se trouve actuellement en cours de révision, et ce, par le recours aux mesures d'efficacité énergétique en adéquation au profil énergétique de chaque wilaya.

6. La validation du modèle énergétique

La dernière étape de la modélisation énergétique correspond à la validation des résultats du modèle de la consommation énergétique, développé selon la conception d'une nouvelle approche triangulaire. Cette validation est établie par le biais d'une comparaison des résultats de la présente recherche avec les valeurs extraites de rapports officiels et d'études précédentes, ayant comme sujet de recherche la consommation énergétique résidentielle. Cette dernière procède par la vérification d'un intervalle de confiance compris entre $\pm 5\%$ et $\pm 15\%$ correspondant à la limite acceptable pour les études exploratoires.

7. Conclusion

Suite à un rappel de la problématique de la présente thèse, de ses objectifs ainsi que les hypothèses de la recherche, ce chapitre s'est concentré sur le développement de la présentation de la démarche scientifique qui permettra l'élaboration du modèle énergétique résidentiel en Algérie. En effet, en se basant sur les lacunes et manquement en matière de modélisation énergétique résidentielle comme un outil d'aide à la décision, la présente recherche a choisi d'inscrire cette étude dans le cadre de nouvelles recommandations scientifiques, qui préconisent le recours à des combinaisons méthodologiques.

De manière globale, la modélisation énergétique est reconnue comme un moyen efficace d'identification des caractéristiques énergétiques du stock résidentiel bâti, et ce, afin de développer des recommandations pertinentes aux enjeux réels de la durabilité. Dans le contexte de la transition énergétique, l'adéquation des scénarios d'efficacité énergétique aux spécificités locales de chaque wilaya est cruciale, car le stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique ont un caractère complexe et hétérogène. Ces derniers nécessitent le recours à une échelle plus fine et plus représentative de leur comportement énergétique que l'échelle nationale pour amorcer une efficacité énergétique stratégique du secteur résidentiel.

Dans le cadre de cette thèse, le principal défi réside dans l'articulation méthodologique dans le processus d'élaboration d'une modélisation énergétique. Celle-ci s'est traduite par la conception d'une approche triangulaire, qui combine les systèmes d'information géographique (SIG), la régression linéaire, ainsi que le Clustering hiérarchique. Cela permet, d'une part, de fournir des informations plus fines aux échelles nationale et locale, et d'autre part, de proposer des stratégies de transition énergétique résidentielle adéquate au contexte local de chaque wilaya, dans une perspective de promouvoir des villes plus durables et plus soutenables.

De l'ensemble des éléments discutés dans ce quatrième chapitre, le constat suivant résume l'épine dorsale du cheminement scientifique de cette thèse. Il s'agit de la mise en œuvre de trois approches existantes, combinées dans un seul modèle, permettant de fournir des informations complémentaires et plus spécifiques au contexte local, tout en réduisant l'incertitude quant à la planification énergétique durable établie par les acteurs de la transition énergétique.

Le cinquième chapitre quant à lui, discutera les résultats issus de l'application de l'approche triangulaire conçue dans le cadre de cette recherche. L'objectif vise à développer un modèle de consommation énergétique de l'ensemble du parc logement algérien, représentant, d'une part, un outil d'aide à la décision pour la maîtrise de l'énergie en Algérie, et d'autre part, une adaptation planifiée face aux changements climatiques, dans le but d'amorcer la transition énergétique du secteur le plus énergivore à l'échelle nationale.

TROISIEME PARTIE : CADRE PRATIQUE

**Chapitre 5 : Application d'un modèle de
consommation énergétique pour le parc logement
algérien, basé sur le développement d'une approche
triangulaire**

Chapitre 5 : Application d'un modèle de consommation énergétique pour le parc logement algérien, basé sur le développement d'une approche triangulaire

1. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'élaboration d'un modèle de consommation énergétique du stock résidentiel bâti algérien dans le but d'inscrire les démarche d'intervention future dans un processus de planification énergétique durable.

Rappelons que la planification énergétique durable préconisée par les chercheurs vise l'intégration de toutes les phases, et ce, afin d'orienter les politiques énergétiques vers des scénarios ciblés. C'est dans cette perspective qu'un modèle de consommation énergétique durable est développé dans la présente recherche, et qui suggère une nouvelle approche triangulaire basée sur les systèmes d'information géographique (SIG), la régression linéaire multiple ainsi que le clustering hiérarchique, comme un outil d'aide à la décision, au caractère pluridisciplinaire et complémentaire. Cette combinaison d'approches vient comme une réponse aux lacunes observées au niveau de la stratégie nationale de maîtrise énergétique en Algérie.

Dans l'optique de combler les insuffisances citées précédemment, une approche triangulaire a été proposée. Celle-ci vise à développer un modèle de consommation énergétique résidentielle dans le but de guider l'élaboration de différents scénarios d'efficacité énergétique. Pour ce qui est du cas d'étude, la présente recherche propose d'analyser les données de toutes les wilayas qui composent l'ensemble du territoire national algérien à travers la conception d'une grande base de données relative au stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, calculée entre 1995 et 2018. Il s'agit là d'une modélisation approfondie qui n'a jamais été élaborée auparavant, et ce, malgré sa très grande importance.

Par conséquent, les principaux objectifs de la modélisation énergétique se résument comme suit :

1- Concevoir la toute première base de données du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, couvrant l'ensemble du territoire algérien entre 1995-2018, basée sur les différentes sources d'énergie consommées par le secteur résidentiel ;

2- Fournir une analyse approfondie de la distribution spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle et le stock résidentiel bâti à l'échelle nationale et locale (wilaya) en utilisant une approche spatiale ;

3- Fournir un modèle algérien de consommation résidentielle afin d'identifier les facteurs impactant ladite consommation résidentielle, à travers l'analyse de plusieurs variables, et ce en utilisant la régression linéaire multiple (MLR) ;

4- Identifier les profils et comportements de consommation énergétique de chaque wilaya, sur la base d'un clustering hiérarchique ;

Par conséquent, pour répondre aux objectifs estompés de la modélisation énergétique résidentielle, le présent chapitre est scindé en trois sections, relatives à la discussion des principaux résultats de l'approche triangulaire.

2. La base de données : La conception d'une large base de données sur le stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique aux échelles nationale et locale

La consommation énergétique résidentielle est obtenue en calculant la somme des résultats obtenus par l'application des formules (1, 2 et 3) citées précédemment. Le stock résidentiel bâti, quant à lui, est obtenu en calculant la somme des résultats de l'application des formules (4 et 5). Ces résultats de calculs constituent la base de données du stock résidentielle bâti et sa consommation énergétique, qui peuvent être consultés respectivement, au niveau des tableaux 7 et 8, et qui matérialisent le résultat

total des deux variables quantitatives (la consommation énergétique et le stock résidentiel bâti) aux échelles nationale et locale (soit des 48 wilayas) au cours de la période 1995 - 2018.

Tableau 7. Résultats de calcul relatifs à la consommation énergétique résidentielle, entre 1995 et 2018, à travers l'ensemble des unités représentatives de l'Algérie (48 wilayas)

▪ **La période de 1995 à 2003**

Wilaya	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Adrar	17530.34	18185.6	18119.55	18538.07	20242.16	20880.4	21097.51	22314.67	23223.54
Chlef	100815.7	111657.4	88789.6	113102.5	107761.8	131945.4	136499.2	151110.2	140353.9
Laghouat	46636.19	51215.17	49919.79	50426.74	53839.58	57026.58	56245.25	58740.56	56505.27
Oum el bouaghi	68898.98	71245.93	56669.8	59214.8	65985.16	66334.78	65832.19	69892.03	77880.85
Batna	156338.6	167676.2	158699.6	166628.3	175940.6	183222	188835.3	201385.1	205930.1
Bejaia	90019.25	90108.26	89020.87	72513.22	96771.45	101572	99090.84	106825.3	128135.7
Biskra	55048.41	57747.15	60056.1	61900.13	67989.55	75246.56	78207.95	81701.74	99954.16
Bechar	22748.05	22841.36	22314.11	23295.92	27354.96	28070.96	28068.99	29585.22	31966.72
Blida	112189.5	107191.5	98529.12	107245.3	112941.5	124681.3	138489.3	141573.8	155770.4
Bouira	82297.26	94871.42	89104.48	91983.16	86638.21	95401.97	101770.2	103927.7	108853.5
Tamanrasset	8903.075	8948.225	8905.05	9140.646	9325.751	9338.502	9933.589	10725.82	11453.69
Tebessa	73153.92	77766.64	81322.09	80283.84	85468.19	86281.67	86441.02	92040.64	103221.6
Tlemcen	115006.4	116892.9	124632.3	121987.9	144583.7	147868.4	156933.4	167592.7	172580.7
Tiaret	86834.98	92714.43	91624.79	94115.2	96675.68	96064.8	98968.21	103927.2	115044.4
Tizi ousou	110147.9	109736.9	107644.5	108484.8	113422.4	116851.9	117121	123956.3	131258.7

Alger	258265.4	258133.7	248836.7	246707.3	178226.1	279929.4	252403.4	269509.8	330271.3
Djelfa	71673.11	73725.94	74934.69	76373.11	82957.74	89515.91	92553.03	105659.5	116762.8
Jijel	34413.13	35450.85	37851.83	42405.57	44587.33	43748.39	45547.21	49022.54	50682.02
Setif	175722.7	184884	184665.6	188787.6	201517.2	213270	214478.4	230232.4	247341.5
Saida	56927.87	50609.9	58508.73	58906.28	63303.38	64826.17	65050.22	72855.14	77560
Skikda	97007.01	103515.4	104564.9	106221.8	115411.8	119431.6	123550	137764.4	147123.6
Sidi bel abbes	56078.57	92702.42	55487.79	53867.48	60390.04	62788.86	65193.82	74471.67	76630.28
Annaba	309535.3	228777.7	304885.6	291032.2	186172.9	181243.4	197280.5	173921	183003
Guelma	74718.17	50103.54	45884.61	45885.95	48412.54	47066.04	50885.59	57182.7	62223.73
Constantine	126060.6	128049.9	125927	133963.6	141569.5	149355.1	152932.6	150914.9	154686
Medea	77434.81	79577.12	76324.09	78827.19	82751.14	82039.73	86328.54	87199.6	96718.46
Mostaganem	67278.86	54661.13	55828.9	50754.56	54861.42	57082.45	61589.08	66550.72	73635.66
M'sila	78109.59	79313.29	80304.18	80491.26	83340.86	88221.81	88597.52	132185.2	139474.3
Mascara	96335.18	62356.93	90050.48	99639.53	106662.9	110127.5	114567.4	129889.8	130811.1
Ouargla	85691.22	82574.15	92959.25	98802.96	108074.7	108433.7	116057.7	87843.18	86238.22
Oran	157556.8	158133.2	158571.4	148427.4	170371.7	179031	193240.3	176204.7	184219.8
El bayadh	23918.2	23918.2	23100.7	22594.06	24847.15	25728.39	27650.24	31300.69	33323.22
Illizi	2506.342	2506.342	2435.196	2464.704	2485.425	2600.129	2526.387	2798.981	3005.27
Bordj bou arreridj	59975.82	63957.12	63194.49	70068.91	66406.21	70430.49	70831.34	77189.82	88652.26

Boumerdes	87501.68	91805.52	91011.48	96517.41	105841.1	109237	112630.5	121904.6	122907.9
El-tarf	23383.98	23383.98	24254.86	25373.13	26401.05	25996.65	26371.25	36833.6	32836.56
Tindouf	6225.345	6225.345	6735.48	7411.126	7439.507	7422.75	7524.467	7830.18	8264.182
Tissemsilt	16949.11	16949.11	17760.06	17432.11	19173.93	20207.31	21578.31	25299.49	28213.61
El oued	32735.86	33136.19	32081.47	28024.72	35876.5	39491.67	42336.18	47336.28	50688.98
Khenchela	21031.54	21031.54	33653.34	34172.72	37682.74	38133.71	37843.61	43010.96	51957.66
Souk-ahras	20270.96	24665.56	41282.58	39591.24	43550.56	44317.78	45568.27	44823.8	48184.06
Tipaza	69395.51	70806.66	75893.79	79596.48	92364.48	92043.92	86719.51	87207.88	101814.7
Mila	63483.78	66078.38	64754.22	66152.11	71390.95	72577.8	74387.24	78410.8	85520.25
Ain-defla	56860.25	54675.24	57867.12	55207.29	60881.92	60749.39	64812.75	73628.78	75038.79
Naama	13909.79	13909.79	13203.6	12864.43	14774.41	14450.83	14395.36	15168.04	16514.5
Ain-temouchent	51377.19	57841.83	58008.44	54306.19	59994.15	60724	56582.58	63557.32	59979.74
Ghardaia	23588.36	26800.77	26650.87	27286.03	30247.09	30638.35	31259.43	34632.53	36838.42
Relizane	32315.54	46096.63	46670.54	46462.08	51466.86	52829.86	53650.45	56737.8	61326.48
Total	3574806.1	3565156.5	3619495.8	3665479	3744376.3	3984478.3	4080457.2	4314377.8	4624581.6

▪ La période de 2004 à 2011

Wilaya	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Adrar	24240.49	24895.61	25579.78	24879.55	26070.68	27518.52	30697.28	32313.43
Chlef	158415.7	164140.2	159656	172525.6	184647.1	231560.6	229721.2	229184.4
Laghouat	57243.12	60130.87	57913.75	68367.98	72902.14	102722.7	101818.9	112843.1
Oum el bouaghi	82835.76	85336.54	84583.98	91789.41	101118.9	138995.8	135940.9	152374
Batna	224423	220156.5	237155.7	253172.8	265517.7	371212.4	356877.8	370247.3
Bejaia	130988.8	137527.1	133755	140809.1	147019.1	173905.2	217607.6	233379.1
Biskra	99250.89	108648.9	117451.5	113689.5	121114	147631.5	161821.2	186754.1
Bechar	31661.77	34469.26	34489.19	30367.81	31911.47	34613.82	35985.14	37969.32
Blida	158496.6	169776.1	153666.4	169534	188352.5	229190.8	229914.7	249071.5
Bouira	113579.4	127019.5	127012.8	121768.1	123588	161035.5	163321.6	175446.9
Tamanrasset	12327.68	12781.28	12515.13	12238.3	12823.39	13437.28	14097.58	14879.87
Tebessa	110041.7	116640.6	113622.3	126568.3	129541.9	166913.1	161497.6	178821.7
Tlemcen	171763.8	168577.7	165296.8	151595.5	161699.9	203693	204155.5	219171.4
Tiaret	125168.7	119071.8	113033.2	129835.8	143676.6	175101.3	177141.9	196940.7
Tizi ousou	137314.6	143029.8	133054.5	138749.2	144410.5	168883.3	173741.3	185548.1
Alger	402838	433854.9	385156.2	368881	405090.4	542720.8	548083.2	586068.4

Djelfa	117455.9	114066.6	114764.2	126296	137009.8	178833.4	182879.7	202362.2
Jijel	50895.94	54493.17	51711.54	53480.02	57253.02	69263.01	68199.74	72001.89
Setif	262155.3	265724.6	274070	296329	312878.8	265028.2	427542.3	479038
Saida	83487.83	87610.22	89126.12	74268.81	73989.78	96560.8	98517.59	102454.1
Skikda	138602.4	132348.5	124171.2	135560.9	140410.8	164745.4	169708.3	178544
Sidi bel abbes	77158.71	72868.05	68147.23	71927.42	73215.44	87844.36	94481.45	104376
Annaba	194456.1	222579.6	242172	238858.4	215496.9	253831.9	289934.8	263549
Guelma	62148.23	62005.41	61966.02	59696.28	69070.13	85110.24	85802.27	92299.64
Constantine	167919	184989.1	181491.5	192869.3	205017.9	280304.1	282962.1	302562.7
Medea	109359.2	107054.9	102036.9	98957.24	104997.5	131152.1	133569.8	144292.7
Mostaganem	79163.17	78402.54	77582.76	71366.76	73760.48	83750.76	87900.43	91117.56
M'sila	190586	190509.6	235975.5	248197.8	261435.6	315651.6	312488.8	334928.9
Mascara	132740.1	128880	124591.2	132686.3	193270	271673.4	275371.9	287001.7
Ouargla	94321.37	140476.2	139285.2	137524.3	139975.9	151335.9	152946.8	164146.4
Oran	183433.1	205131.1	200786.5	194299.5	210068.9	254759.7	260629.1	273224.6
El bayadh	34812.63	28510.01	12832.88	36082.22	37274.58	47772.33	45348.21	51859.19
Illizi	2255.887	3692.389	3858.847	4663.001	4998.6	5193.827	5610.522	5832.06

Bordj bou arreridj	100526.7	106322.9	111597.5	118340.2	132824	189207.3	197549.7	219288.3
Boumerdes	119090.6	133215.1	128996.5	137355	120489.2	125603	133455.4	145631.9
El-tarf	36741.66	37932.47	34741.68	37619.31	39991.4	41525	43058.6	47017.34
Tindouf	8504.002	8961.625	8550.956	9715.13	9807.9	9807.9	10260.2	10863.56
Tissemsilt	29517.47	27650.88	26887.97	30279.72	33041.04	39530.06	43246.11	49614.25
El oued	54022.04	53826.08	55333.39	55171.32	59208.71	61692.88	64070.68	69896.91
Khenchela	54728.07	59203.3	61143.47	62747.59	67502.19	88646.81	91334.97	100876.8
Souk-ahras	51939.43	54903.13	53491.64	53130.23	59282.24	79145.23	77740.01	84884.6
Tipaza	75210.25	80410.88	81701.56	98892.37	100379.7	104776.8	108323.8	112017.3
Mila	91443.15	92334.89	85061.77	94621.3	109599	142398.5	147721.8	158918.7
Ain-defla	82275.56	84758.91	79893.57	80740.03	81865.02	98959.92	100303.3	105527.6
Naama	15419.51	14132.72	13343.73	25514.78	27971.03	35645.36	34700.15	38104.95
Ain-temouchent	67401.92	67327.26	79224.79	90331.24	93812.72	115766.2	120301.3	125056.3
Ghardaia	37846.89	41619.05	43159.56	40998.38	44810.55	56357.33	52021.46	60345.2
Relizane	60863.27	57371.15	54430.7	59274.32	63108.01	73027.39	74124.09	79234.62
Total	4907071.3	5125369.2	5076070.8	5282566.2	5613301.3	6894036.3	7214528.5	7717882.1

▪ La période de 2012 à 2018

Wilaya	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Adrar	35079.48	37771.08	35354.4	36649.4	37851.9	39054.4	40349.4
Chlef	235307.5	256259.1	250628.5	259558.3	267992	276425.7	285355.5
Laghouat	132235.1	141563.9	118850.7	123689.8	128528.9	133368	138207.1
Oum el bouaghi	173842.5	181299.6	154201	159930.5	164841.5	169752.5	175482
Batna	431701.8	460981.3	415068.5	433808	450129.5	467660	485795
Bejaia	265885.1	281978.4	242046	252178	261118	270058	279594
Biskra	200722.7	217762.6	189370.1	196343.9	203317.7	209129.2	216103
Bechar	41626.99	43277.01	41807	42927	44047	45167	46287
Blida	286644.8	292926.2	262568	272438	281814.5	291191	300567.5
Bouira	190608.2	206583.4	185874	192506	198309	204526.5	210744
Tamanrasset	15685.02	16778.39	16223.8	16703.4	17183	17662.6	18142.2
Tebessa	199881.9	203072	186881	193658.6	199589	205519.4	212297
Tlemcen	256501.5	274725.3	237259.5	244112.5	249986.5	255860.5	262224
Tiaret	231757.8	251204.1	212470.6	221024.2	229102.6	236705.8	245259.4
Tizi ousou	206730.2	232268.4	196336.5	202095.4	206641.9	211491.5	216644.2
Alger	673721.5	714900.2	666278.4	686430.3	693147.6	699864.9	708821.3

Djelfa	238723.5	256178.2	225253.2	236290.6	246324.6	256860.3	267396
Jijel	82390.45	88409.15	79452.4	82060	84450.3	86840.6	89448.2
Setif	544890.9	596637.5	495609.4	517679.8	538588.6	559497.4	581567.8
Saida	116959.6	124651.7	111583.4	114009.6	116435.8	118862	121288.2
Skikda	189609.4	193538.5	185263	190317.4	194108.2	198320.2	202532.2
Sidi bel abbes	126007.4	132460.3	117900.98	123034.44	127950.92	134882.77	142665.71
Annaba	280454.3	244655.2	295659	302352.2	315598.4	324826.2	333141.6
Guelma	107864.6	112377.3	111846.6	117525.8	124399.8	130178.5	134294.4
Constantine	330995.6	365327.2	321780	335577.8	347197	358816.2	371161.6
Medea	160512.7	173472.5	153504.5	158827.2	162897.5	167594	171977.4
Mostaganem	110932	114405.4	102851.9	106133.5	108799.8	111671.2	114542.6
M'sila	364436.2	393762.9	392291.7	414585.3	434092.2	454528	475892.7
Mascara	307107.6	335973.4	301516	316372	329371	342370	355369
Ouargla	192419.3	210587.3	187033.6	194081.3	199847.6	206254.6	213302.3
Oran	316094.4	342844.9	295342	304582	311974	319366	327682
El bayadh	63764.37	70441.55	67439.01	72020.68	77959.24	82879.81	86107.23
Illizi	6450.134	7066.617	6677.4	6948.5	7219.6	7490.7	8032.9

Bordj bou arreridj	253611.4	286789.9	237037.6	249557.8	259801.6	270045.4	281427.4
Boumerdes	156735.2	180598.8	162432.1	167079.1	171261.4	175598.6	180090.7
El-tarf	53385.73	58753.84	53269.6	55152.4	57035.2	58708.8	60591.6
Tindouf	11721.98	12255.65	11687.9	12206.8	12725.7	12725.7	13244.6
Tissemsilt	58547.87	65449.37	53591.6	56227.1	57808.4	59916.8	62025.2
El oued	77815.9	83392.1	79602.8	82821.8	85826.2	88616	91620.4
Khenchela	112737.6	114145.4	107294.3	112645.1	115320.5	119333.6	123346.7
Souk-ahras	98546.95	102454.5	92248	96198	98568	101728	104888
Tipaza	124991.9	132022.1	120131	123001.4	125333.6	127845.2	130536.2
Mila	181288.4	180021.2	164629.4	171903.8	177359.6	182815.4	188877.4
Ain-defla	78117.1	118733.4	106856.6	110145.2	112729.1	115547.9	118601.6
Naama	45626.28	48598.99	41216	43247	44601	46632	47986
Ain-temouchent	141247.6	144190.4	126482.3	130256.9	134031.5	135918.8	139693.4
Ghardaia	70219.15	70528.77	64766.6	67241	69096.8	71571.2	73427
Relizane	88476.75	93551.12	87080.9	90158.4	92866.6	95697.9	98652.3
Total	8670614.3	9267626	8370548.8	8694293.3	8975180.4	9257376.8	9553283

Tableau 8. Résultats de calcul relatifs au stock résidentiel bâti, entre 1995 et 2018, à travers l'ensemble des unités représentatives de l'Algérie (48 wilayas)

▪ La période de 1995 à 2003

Wilaya	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
ADRAR	32834	36284	40500	44333	52192	56663	59136	60432	61681
CHLEF	104321	109615	115241	121197	135524	139361	142324	146657	149993
LAGHOUAT	38597	41555	44513	47964	57501	60976	63356	64862	66117
OUM EL BOUAGHI	77179	81067	86898	92081	104349	107067	110403	113033	115856
BATNA	160411	165799	171412	177249	192900	198554	203706	206572	208752
BEJAIA	142532	149090	155649	162617	182525	186784	190280	195668	198868
BISKRA	92616	96855	101094	105939	114996	119484	122256	124279	126963
BECHAR	21980	24808	27637	30936	40750	42237	43076	44209	45453
BLIDA	130494	133342	136348	139354	155326	159773	162320	165018	167757
BOUIRA	77130	81526	85922	90632	103059	106469	108736	114044	115766
TAMANRASSET	19574	21156	23264	24845	30098	31634	32598	33440	34109
TEBESSA	84641	88432	92222	96486	103922	107226	109433	112735	114848
TLEMCEM	153404	158779.5	164568.5	170771	185261	190687	194082	198323	201325
TIARET	100260	104499	108737	112976	123920	126828	128478	130524	132893
TIZI OUZOU	199574	206658	213743	221615	246539	249650	252250	255166	257002

ALGER	518034	528339	538644	548949	559254	569559	580542	586052	588802
DJELFA	110635	114752	119112	123472	135294	139397	142663	146243	148250
JIJEL	88227	91020	94067	96860	102593	105408	107915	109936	111974
SETIF	188993	196802	205115	213680	233858	240962	248584	253638	257710
SAIDA	34358	37151	39945	43669	52036	54564	55927	57265	58476
SKIKDA	115670	119352	123770	127820	142460	144862	146091	147485	149506
SIDI BEL ABBES	75093	79539	84621	89067	97906	102319	105657	109851	112106
ANNABA	75093	79539	84621	89067	111649	114622	116893	120748	123502
GUELMA	53947	58882	63817	68752	80538	82799	85133	88039	91354
CONSTANTINE	129758	135545	141694	148205	162069	167178	170527	176505	182183
MEDEA	84389	88880	94013	99146	114428	117760	119959	122974	124913
MOSTAGANEM	84011	88545	93080	97963	108585	112547	116326	119734	122861
M'SILA	117793	122502	127473	132705	146780	150288	152980	156137	159995
MASCARA	90315	95098	99880	105004	118229	120918	123403	126953	130975
OUARGLA	71251	74221	77561	80902	89315	92913	94563	96456	97730
ORAN	228061	235291	242520	250511	270705	275132	278928	282776	287647
EL BAYADH	18259	21123	23986	26850	35984	37481	38535	39590	40350
ILLIZI	6980	7631	8283	8934	10034	10654	10886	11135	11548
BORDJ BOU ARRERIDJ	72112	76662	81717	87277	97789	102635	106767	110975	112825

BOUMERDES	118348	121712	125229	128898	139223	141449	144701	147308	148161
EL-TARF	49285	51861	54806	57751	65615	68625	70143	71638	73551
TINDOUF	2178	3519	3519	4861	6171	6812	7608	8157	8611
TISSEMSILT	22770	25334	28538	31101	38894	40934	43053	44728	46572
EL OUED	73787	76438	79330	82463	91589	94133	95797	97430	99017
KHENCHELA	41585	45739	49892	55084	68031	70101	71932	73592	75047
SOUK-AHRAS	44094	47951	51807	56435	66132	69036	71013	73940	75630
TIPAZA	69055	73062	77355	81648	94120	97395	99826	102499	104902
MILA	89103	93747	98391	103036	115626	119536	122742	125613	128151
AIN-DEFLA	75442	79620	84145	88670	99578	101917	106451	110440	113233
NAAMA	17090	18754	21250	23746	30368	31889	33156	33953	34898
AIN-TEMOUCHENT	36532	40723	44914	50502	56918	60387	64478	67963	72475
GHARDAIA	44704	47775	50846	53917	62592	64176	65801	68026	70334
RELIZANE	84786	89778	92482	96642	107105	110621	112950	115449	118730
Total	4367286	4566351	4774169	4992580	5540330	5702402	5834364	5968190	6079402

▪ La période de 2004 à 2011

Wilaya	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ADRAR	61681	66939	78704	81315	83248	86530	91683	97423	100843
CHLEF	149993	153486	157530	166216	170638	173730	179276	184033	191959
LAGHOUAT	66117	67654	69214	71288	73396	75427	77358	79851	83172
OUM EL BOUAGHI	115856	118435	119450	123817	126941	133108	137677	141471	144917
BATNA	208752	211062	212735	215474	221837	230819	238638	245787	250158
BEJAIA	198868	201939	206575	210098	212593	217763	230631	234218	239070
BISKRA	126963	129794	131298	135265	138481	142396	146419	150515	153197
BECHAR	45453	46592	48741	54610	56210	59316	62988	66561	68585
BLIDA	167757	172416	175009	177556	181166	183833	187946	190560	193482
BOUIRA	115766	118234	121300	123132	126379	128986	132761	139259	145495
TAMANRASSET	34109	35408	36096	37514	40023	43316	45952	46850	47913
TEBESSA	114848	117001	118515	122833	129672	135043	139158	141527	144215
TLEMCEM	201325	205314	207688	210046	213144	218046	223745	229815	235533
TIARET	132893	135144	138977	145189	152012	157473	162035	166811	170741
TIZI OUZOU	257002	259234	262323	264764	269704	277501	285583	291823	304557
ALGER	588802	592414	604310	617138	627326	634445	646727	653559	664417

DJELFA	148250	150092	152278	154954	159187	162382	167167	173689	179681
JIJEL	111974	114102	116152	118953	121772	123817	127610	129990	133032
SETIF	257710	261109	264611	275312	287869	294413	305215	311699	318438
SAIDA	58476	59744	60705	62657	63585	64656	66629	70727	73108
SKIKDA	149506	151576	153132	155446	158149	162838	168069	171449	175495
SIDI BEL ABBES	112106	114755	119016	123882	127076	130315	135430	140226	145020
ANNABA	123502	126135	129346	132446	136941	144369	149243	153823	159402
GUELMA	91354	94384	96082	99219	103336	106322	110234	114642	118695
CONSTANTINE	182183	187261	190428	194023	199605	204383	209150	212466	219546
MEDEA	124913	127128	129643	133817	137480	142211	146335	150514	155590
MOSTAGANEM	122861	125443	128838	134144	138221	141745	146311	151357	156467
M'SILA	159995	162125	165425	171600	176673	180950	184927	191098	197822
MASCARA	130975	134265	137310	142844	148305	152473	156099	159336	162447
OUARGLA	97730	99090	102038	104903	108357	112055	116533	120735	123783
ORAN	287647	293011	299093	305340	310157	317040	323747	329699	337204
EL BAYADH	40350	41230	42413	44689	47249	50826	55395	58399	61450
ILLIZI	11548	12259	12709	13331	13970	14697	15459	16053	16667
BORDJ BOU ARRERIDJ	112825	116219	119950	125241	131426	134738	138365	141275	147497

BOUMERDES	148161	149215	152097	156992	159676	162743	165527	168814	173321
EL-TARF	73551	74936	76960	79968	81831	83979	87602	90701	94518
TINDOUF	8611	9026	9566	10108	10744	11249	12164	12762	13467
TISSEMSILT	46572	47270	49006	51055	53743	55674	60022	61800	64830
EL OUED	99017	100644	102124	103775	105622	108086	111298	114171	116888
KHENCHELA	75047	76512	78464	81321	84958	89510	92846	96437	100259
SOUK-AHRAS	75630	77351	78571	81306	85335	89934	92988	96795	99826
TIPAZA	104902	106659	108201	110682	113250	116737	122170	127404	133847
MILA	128151	130476	131668	134437	138234	141467	144922	148916	154769
AIN-DEFLA	113233	115354	118604	123000	126001	129056	132137	135549	138692
NAAMA	34898	36773	37958	39258	40902	43645	46845	49443	51787
AIN- TEMOUCHENT	72475	76135	78516	80276	82453	85040	87356	90056	93300
GHARDAIA	70334	72995	74907	77333	79579	81416	84277	87460	90722
RELIZANE	118730	121530	124073	127574	131668	136043	139687	143661	148050
Total	6079402	6195870	6328349	6506141	6686124	6872541	7090336	7281209	7493874

▪ La période de 2012 à 2018

Wilaya	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ADRAR	100843	104433	110246	120445	127957	135626	141102	145126
CHLEF	191959	196954	205628	219927	227603	230886	235641	239595
LAGHOUAT	83172	86154	90867	96650	104786	114630	123468	128388
OUM EL BOUAGHI	144917	149968	156874	163097	170423	175806	178898	181880
BATNA	250158	256184	264024	278815	288809	298205	308453	312764
BEJAIA	239070	244440	257816	268159	277983	289470	301887	312683
BISKRA	153197	157108	160555	166410	172488	177687	182076	184813
BECHAR	68585	69637	72312	78295	86750	93932	100076	104251
BLIDA	193482	196315	199089	201673	204994	207805	211004	213968
BOUIRA	145495	150845	159451	168916	176533	181585	186132	190378
TAMANRASSET	47913	49695	53441	58425	62818	67229	69913	73473
TEBESSA	144215	147189	149994	153275	157024	163673	167427	170508
TLEMCEM	235533	241279	249271	256875	264254	272408	284080	292048
TIARET	170741	173115	177126	183012	188168	194039	200375	209060
TIZI OUZOU	304557	312925	327921	339920	351316	364653	377380	386384
ALGER	664417	678447	695093	708708	720659	741644	782307	825727

DJELFA	179681	186533	192939	202921	211857	219482	223511	225724
JIJEL	133032	135378	139503	143687	147677	151861	155268	157688
SETIF	318438	326952	341326	359868	375445	386592	396783	405567
SAIDA	73108	74456	76237	80247	85568	91607	96849	103956
SKIKDA	175495	179726	184666	194285	200819	209450	216913	221846
SIDI BEL ABBES	145020	147748	151380	155211	159801	164197	170395	177354
ANNABA	159402	163701	169261	177901	181767	189418	194748	199551
GUELMA	118695	123495	127906	132330	136613	141797	146155	149259
CONSTANTINE	219546	227145	234528	243113	252823	261878	274668	291997
MEDEA	155590	158489	164100	174275	183877	193586	203593	212344
MOSTAGANEM	156467	162440	169631	176969	185575	190063	194616	198843
M'SILA	197822	204405	214243	223381	231424	238607	243315	248865
MASCARA	162447	166415	173148	186743	196799	203889	207890	210440
OUARGLA	123783	127328	132805	138259	143337	147385	152435	155343
ORAN	337204	342274	348112	353722	367796	389396	402068	413062
EL BAYADH	61450	63186	66058	70349	73810	78296	82013	84451
ILLIZI	16667	17097	17694	19118	20407	21354	22054	23108

BORDJ BOU ARRERIDJ	147497	152105	160013	171009	176118	182392	187811	194527
BOUMERDES	173321	176169	182999	189604	196881	203278	211487	221074
EL-TARF	94518	98060	103724	109304	112192	116035	120736	125516
TINDOUF	13467	14338	15388	17133	18798	20462	21949	22374
TISSEMSILT	64830	68260	71796	77198	81345	85338	87159	89094
EL OUED	116888	118885	124288	130752	136633	143329	150121	158207
KHENCHELA	100259	104620	108992	113786	120223	128248	132762	135543
SOUK-AHRAS	99826	105113	109399	115568	119973	123613	126114	129305
TIPAZA	133847	137078	140800	150642	159951	165244	169210	172608
MILA	154769	161181	167704	175248	182579	188856	195857	200264
AIN-DEFLA	138692	141537	145629	155806	164067	174517	182925	188027
NAAMA	51787	53374	55995	59600	62572	66684	71069	73309
AIN- TEMOUCHENT	93300	96223	99289	103362	107826	114413	117250	119757
GHARDAIA	90722	92872	95218	97635	101523	106679	116595	124700
RELIZANE	148050	151782	155506	163646	174683	183597	188680	195947
Total	7493874	7693053	7969985	8325274	8653324	8990821	9313218	9600696

2.1. La consommation énergétique résidentielle et le stock résidentiel bâti de l'ensemble du territoire algérien

La consommation résidentielle totale a considérablement augmenté, passant de 3,57 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) en 1995 à 9,55 (Mtep) en 2018, avec une croissance annuelle moyenne de 2,7%. La figure 19 met en évidence la croissance de la consommation résidentielle. À cet égard, le taux de croissance annuel de consommation résidentielle varie entre -9,68 % et 22,82 %, ce qui signifie que la courbe prend globalement la forme d'un escalier.

Sur la même période d'étude, le nombre de logements composant le stock résidentiel bâti passe de 4,36 millions de logements en 1995 à 9,6 millions de logements en 2018, avec une croissance multipliée par 2,2 sur une période de 23 ans.

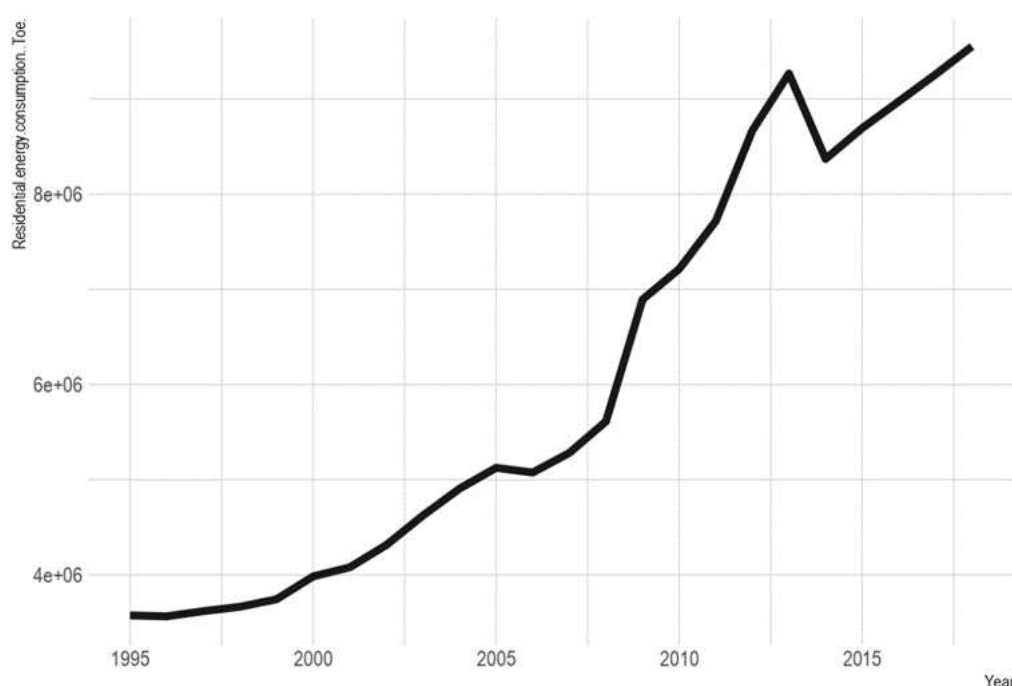


Figure 19. Evolution de la consommation énergétique résidentielle en Algérie

Le taux d'évolution varie de 1,86 % à 10,97 % sur la même période, avec une croissance annuelle moyenne de 3,5 %, ce qui indique que l'évolution du stock

résidentiel bâti se caractérise par une croissance annuelle qui évolue rapidement dans le temps. La figure 20 met en évidence cette rapide croissance.

Il est évident que l'évolution de la consommation énergétique résidentielle est positivement liée à la croissance du stock résidentiel bâti. C'est le résultat de la forte demande en logement, à laquelle le ministère de l'Habitat a tenté d'y répondre. Cette demande est visiblement, en partie, la conséquence de la croissance démographique, qui est passée de 28 millions en 1995 à 40 millions en 2018, avec une augmentation annuelle moyenne de 2 % au cours des dix dernières années (ONS, 2020). Néanmoins, le taux de croissance annuel moyen du stock résidentiel bâti est supérieur à celui de la consommation résidentielle, ce qui signifie que l'énergie résidentielle consommée par logement diminue progressivement en Algérie.

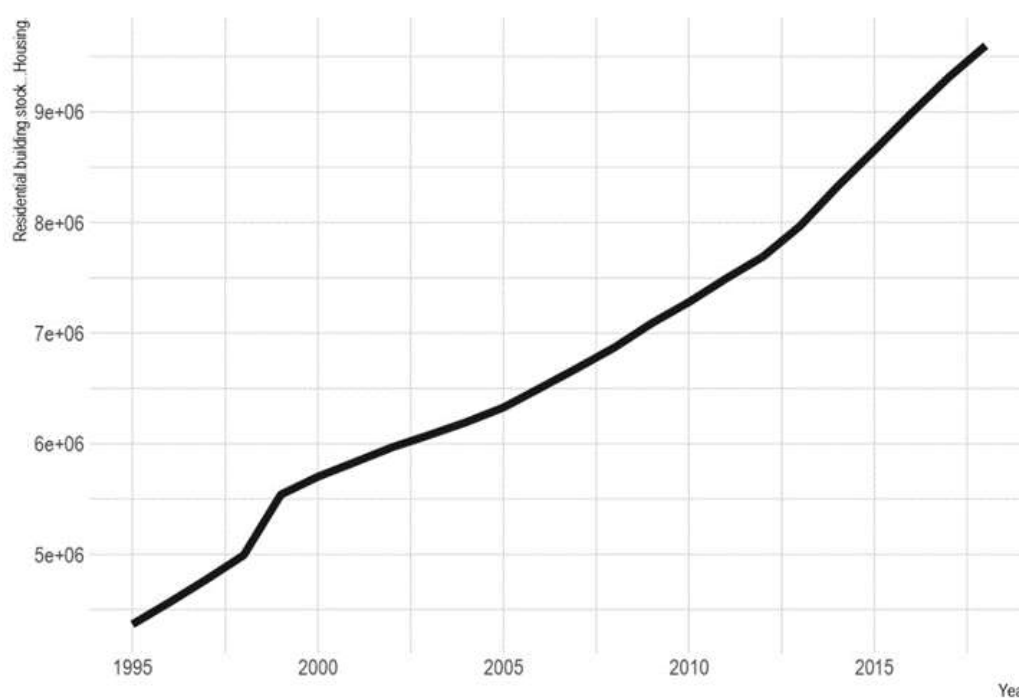


Figure 20. Evolution du stock résidentiel bâti en Algérie

2.2. La structure de la consommation résidentielle par type d'énergie

La structure énergétique de la consommation résidentielle peut être regroupée en trois catégories, et ce, en fonction de l'évolution des types d'énergies consommées

par le stock résidentiel bâti entre 1995 et 2018. La figure 21 indique que le gasoil et les carburants représentent la première catégorie de consommation résidentielle, qui se caractérise par les deux sources d'énergie les moins utilisées par le stock résidentiel bâti, avec une disparition complète du gasoil à partir des années 2000 et une diminution de l'utilisation des carburants, qui tend à disparaître à partir de 2014. Ces derniers sont généralement utilisés dans les zones rurales et reculées du sud du pays, qui couvre les zones climatiques D et D', et ce, en raison du faible pourcentage de raccordements électriques et gazeux par rapport au reste du pays. Ce dernier est clairement induit par le faible taux de densité urbaine dans ces zones, où le gasoil était utilisé pour l'éclairage, tandis que les combustibles domestiques pour les besoins de chauffage. Les produits pétroliers tendent à disparaître de la consommation résidentielle à partir de 2014, en réponse à l'évolution du taux de raccordement aux réseaux énergétiques (gaz naturel et électricité), dans le sud du pays, passant respectivement de 4,5% à 22,5% et de 82% à 100%.

Le GPL représente la deuxième catégorie de consommation résidentielle qui se caractérise par une forte croissance entre 1995 et 2008, pour répondre aux besoins de chauffage et de cuisson dans certaines zones rurales ayant de faibles taux de raccordement au gaz naturel. Ces derniers ont commencé à diminuer à partir de 2008, en réponse à l'évolution du taux de raccordement national, qui a évolué de 36 % à 56 sur les 10 dernières années (APRUE, 2015c ; APRUE, 2017).

En ce qui concerne le gaz naturel et l'électricité, ces deux types d'énergies représentent la troisième catégorie de consommation résidentielle la plus utilisée à l'échelle nationale et locale. Le gaz naturel, quant à lui, correspond à l'énergie la plus consommée par le stock résidentiel bâti.

La diminution de la consommation énergétique résidentielle enregistrée en 2014 (voir Figure 18), s'explique par la baisse de la consommation de GPL et des carburants, qui ont diminué respectivement de 78,9% et 88,5% entre 2013 et 2014. Ladite baisse est liée d'une part à l'évolution du taux de raccordement au gaz dans les wilayas situées principalement au sud de l'Algérie, couvrant les zones climatiques D et D', passant de 15,8% à 22,2% entre 2010-2013 (APRUE, 2015c). L'évolution du taux de raccordement au gaz naturel est soutenue par l'augmentation du nombre d'abonnés à la basse tension (les ménages) de 7,3% entre 2013 et 2014 (Ministère de l'Energie, 2014). Le taux de raccordement au gaz naturel augmente lentement à l'échelle nationale, et ne couvre toujours pas l'ensemble du stock résidentiel bâti, puisqu'en 2017, il a enregistré 56% de taux de raccordement au gaz, face à 99% d'électrification nationale (APRUE, 2017). D'autre part, la consommation d'électricité a connu une forte augmentation de 32,8% entre 2013-2015, et ce, pour répondre à la demande énergétique pendant cette période de baisse (voir Figure 19).

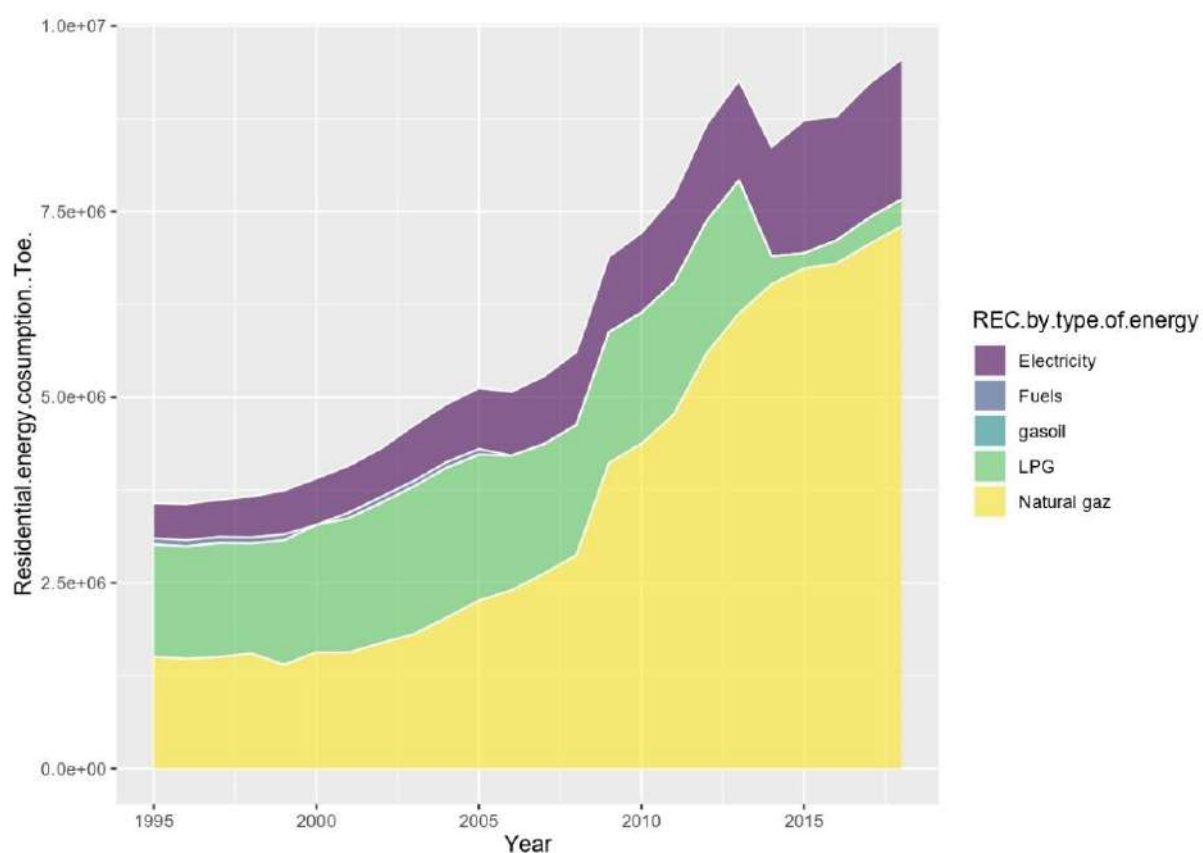


Figure 21. La structure de la consommation résidentielle par type d'énergie entre 1995 et 2018

3. L'approche spatiale : l'analyse de la distribution et de la dispersion du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique

Cette section analyse les résultats de l'approche spatiale utilisée dans le cadre de la modélisation énergétique du secteur résidentiel algérien, et ce, à travers deux volets. Tout d'abord, il y a lieu d'analyser la distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, à l'échelle des 48 wilayas. Deuxièmement, il s'agit d'analyser la dispersion de la consommation énergétique par unité de logement à l'échelle de l'ensemble des zones climatiques qui caractérisent le territoire algérien.

3.1. L'analyse spatio-temporelle du stock résidentiel bâti à l'échelle locale (wilaya)

Les résultats de calcul du stock résidentiel bâti matérialisé par la Figure 22, indiquent sa répartition à l'échelle des 48 wilayas. La partie nord du pays, qui représente la zone climatique (A), celle qui contient le plus grand nombre de logements. Elle est suivie par le haut plateau qui représente les zones climatiques (B), (B'), et (C). Enfin, les zones climatiques (D) et (D'), qui correspondent à la région sud, enregistrent le nombre de logements le plus faibles du pays. A l'échelle locale (l'échelle de la wilaya), le nombre total du stock résidentiel bâti varie entre 2000 à 830 000 unités de logements. Par ailleurs, le nombre de logements le plus élevé est enregistré au niveau des wilayas d'Alger, suivi d'Oran, de Sétif, de Tizi Ouzou et de Batna. Par contre, les wilayas de Tindouf, Illizi, Naama, Tamanghasset et El Bayad se caractérisent par le plus faible taux de logement à l'échelle nationale. La figure 24 renforce les observations résultant de la distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti. Elle indique que la zone climatique (A) regroupe les wilayas ayant les valeurs de stock résidentiel bâti les plus élevées, alors que la zone climatique (D') se réfère aux wilayas ayant les valeurs de stock résidentiel les plus faibles. Il est intéressant de noter que la valeur la plus élevée en matière de nombre de logements

est située à la wilaya d'Alger, qui se caractérise par la zone climatique (A), alors que la valeur relative au nombre de logement la plus faible est située à la wilaya de Tindouf, caractérisé par la zone climatique (D).

La répartition du stock résidentiel bâti par wilaya est directement liée à la demande de logement induite par la variabilité du nombre d'habitants par wilaya. Le territoire algérien est caractérisé par un indice de concentration de la population très élevé, avec 65 % de la population concentrée dans le nord du pays, contre 35 % répartie entre les hauts plateaux et le sud. La diminution de la densité de population du nord au sud est liée à la présence de terres agricoles, à l'abondance des ressources en eau et à la concentration des infrastructures de transport et de communication le long de la bande nord du pays (Kateb, 2003).

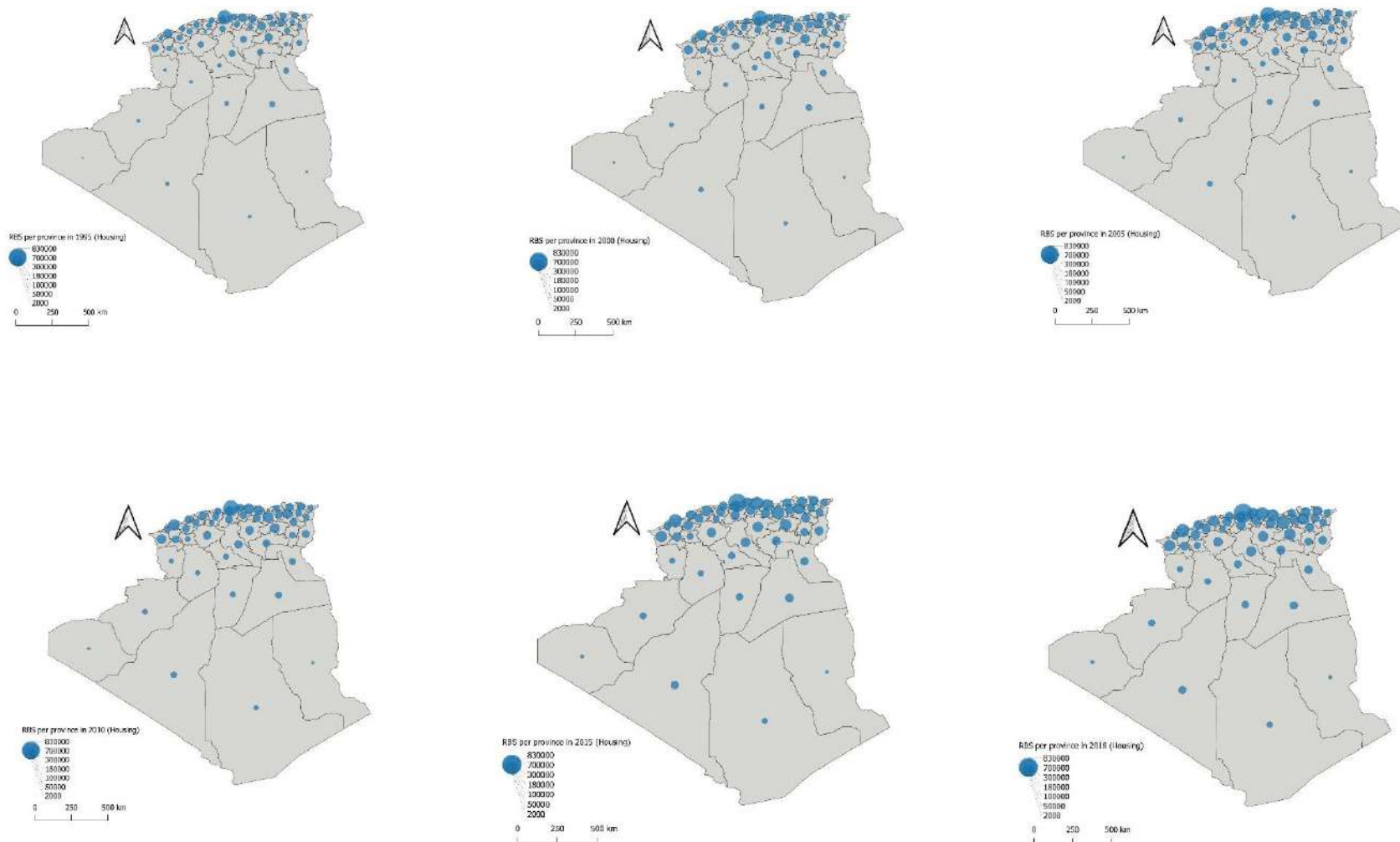


Figure 22. Distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti par 48 wilayas par pas de 5 ans (excepté pour la carte (f), qui représente une visualisation du stock résidentiel bâti par pas de 3 ans).

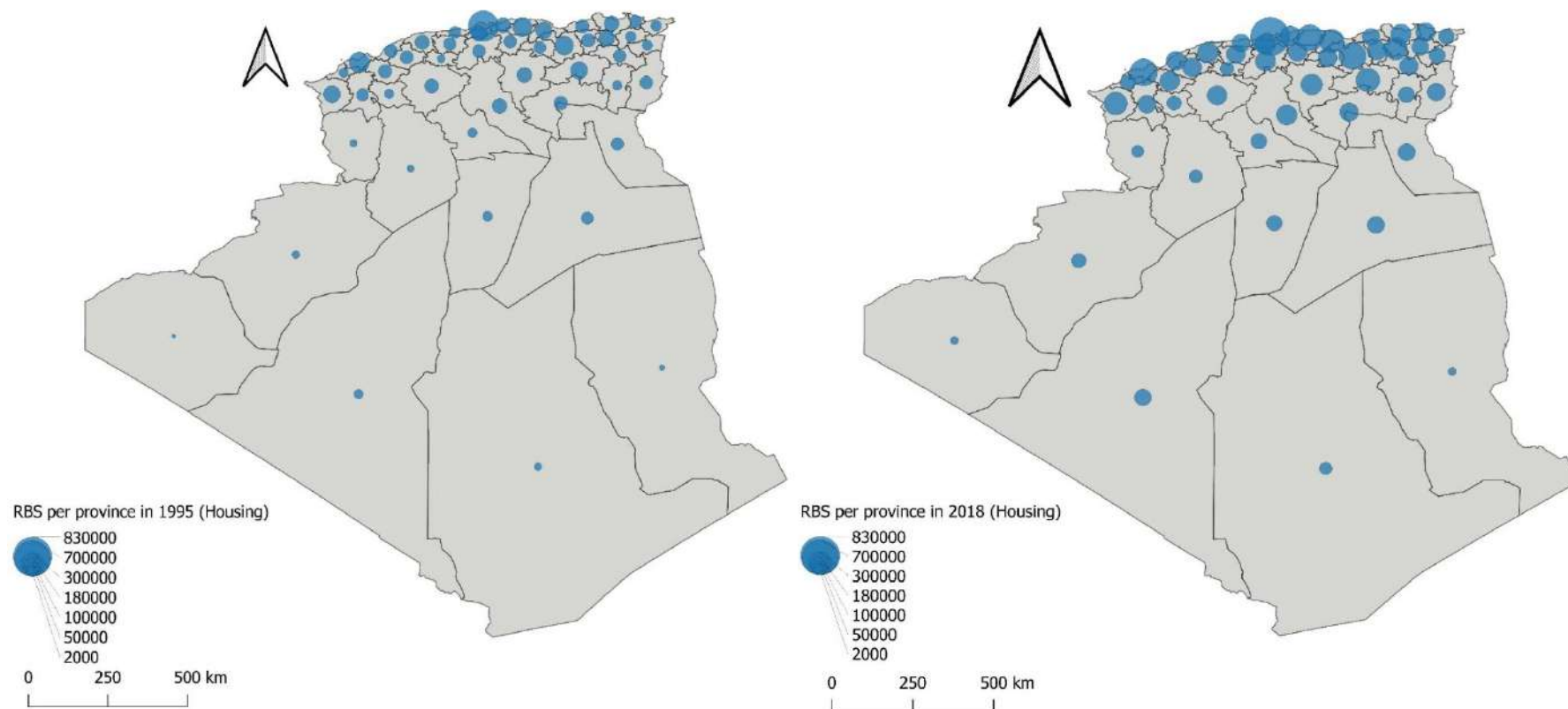


Figure 23. Zoom sur la distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti par 48 wilayas entre 1995 et 2018

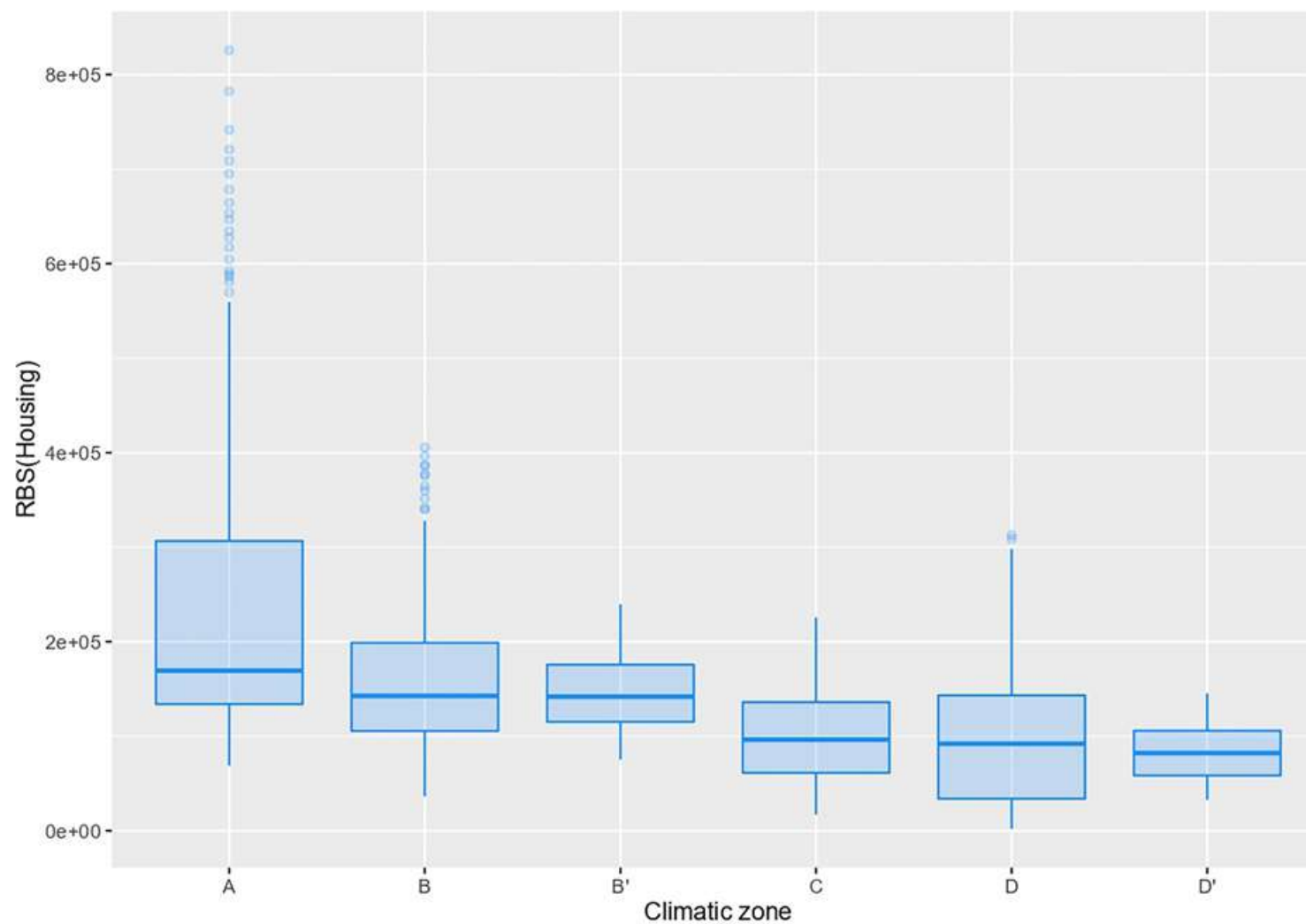


Figure 24. Boîte à moustache représentant la dispersion du stock résidentiel bâti par zone climatique.

3.2. L'analyse spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle à l'échelle locale (wilaya)

Comme le montre la figure 25, la distribution spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle estimée à l'échelle des 48 wilayas, indique que ladite consommation est plus élevée dans les wilayas du nord comme Alger, suivie de Sétif, Batna, M'sila et Constantine qui sont situés respectivement dans les zones climatiques (A), (B) et (C). Par contre, les wilayas du sud, telles que Illizi, suivi de Tindouf, Tamanghasset, Adrar et Bechar enregistrent la consommation résidentielle la plus basse du pays. Ces wilayas sont situées au niveau des zones climatiques (D) et (D').

La consommation énergétique résidentielle totale varie de 2500 à 750000 Tonnes équivalent pétrole (Tec). La distribution de ladite consommation est fortement corrélée à la distribution du stock résidentiel bâti au niveau de chaque wilaya. Par conséquent, la distribution nationale de la consommation résidentielle suit largement le même schéma d'agrégation que la distribution du stock résidentiel bâti.

En résumé, les différents *mappings* montrent que la valeur liée à la consommation résidentielle la plus élevée est observée dans les wilayas du Nord, où l'on peut noter une plus grande densité résidentielle. Tandis que, la valeur de la consommation résidentielle la plus faible est situé au sud de l'Algérie, où les wilayas ont une densité résidentielle beaucoup plus faible. La figure 27 montre que la zone climatique (A) comprend les wilayas ayant les valeurs les plus élevées à l'échelle nationale, tandis que la zone climatique (D') comprend les wilayas ayant les valeurs de consommation résidentielle les plus faibles. Il convient également de noter que la valeur de consommation énergétique la plus élevée est enregistrée à Alger, qu'est caractérisé par la zone climatique (A), alors que la valeur de la consommation énergétique la plus faible est située à la wilaya de Illizi, caractérisé par la zone climatique (D).

Cette observation met en évidence l'impact de la variable nombre de logements sur la consommation énergétique résidentielle. Cependant, la différence entre la distribution de certaines wilayas en matière de stock résidentiel bâti et de consommation énergétique, suggère que le nombre de logements à l'échelle locale (wilaya), ne représente pas la seule variable qui influence la consommation résidentielle. Il existe d'autres variables indépendantes au caractère explicatives, qui impactent probablement le regroupement des wilayas. L'étude de ses différentes corrélations est traitée en détail dans les sections suivantes.

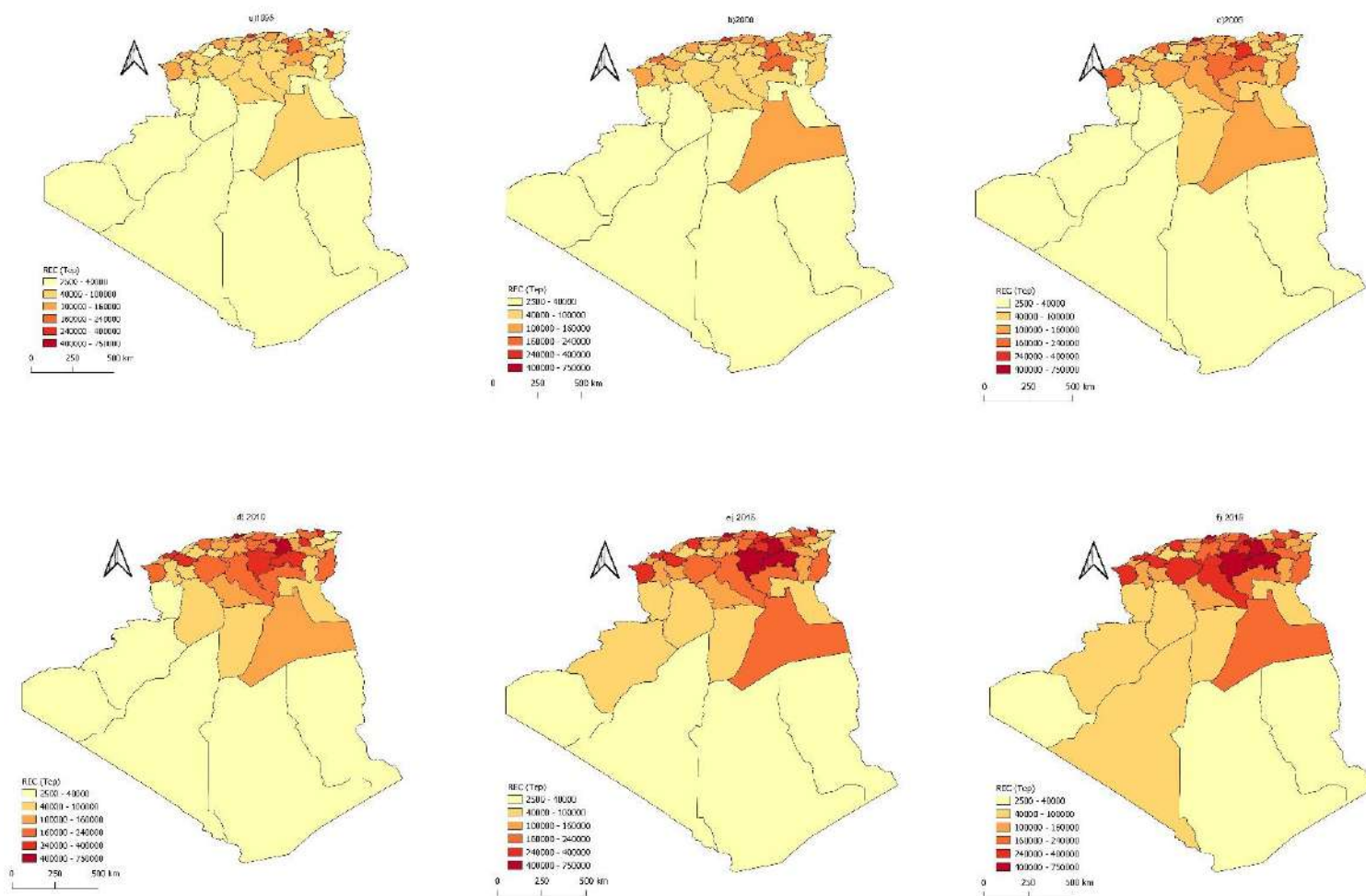


Figure 25. Distribution spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle par 48 wilayas par pas de 5 ans (excepté pour la carte (f), qui représente une visualisation de la consommation résidentielle par pas de 3 ans).

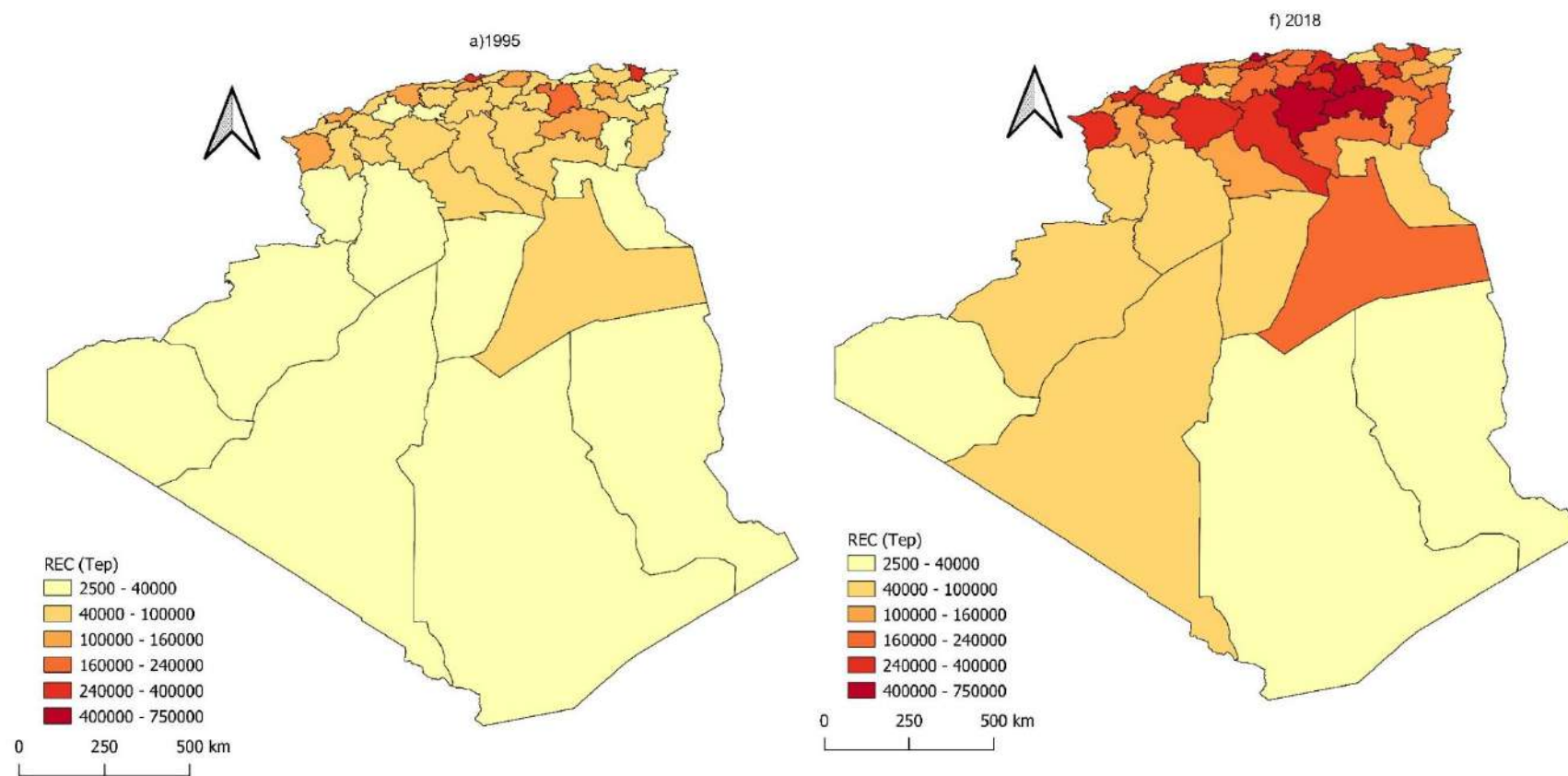


Figure 26. Zoom sur la distribution spatio-temporelle de la consommation énergétique résidentielle par 48 wilayas entre 1995-2018.

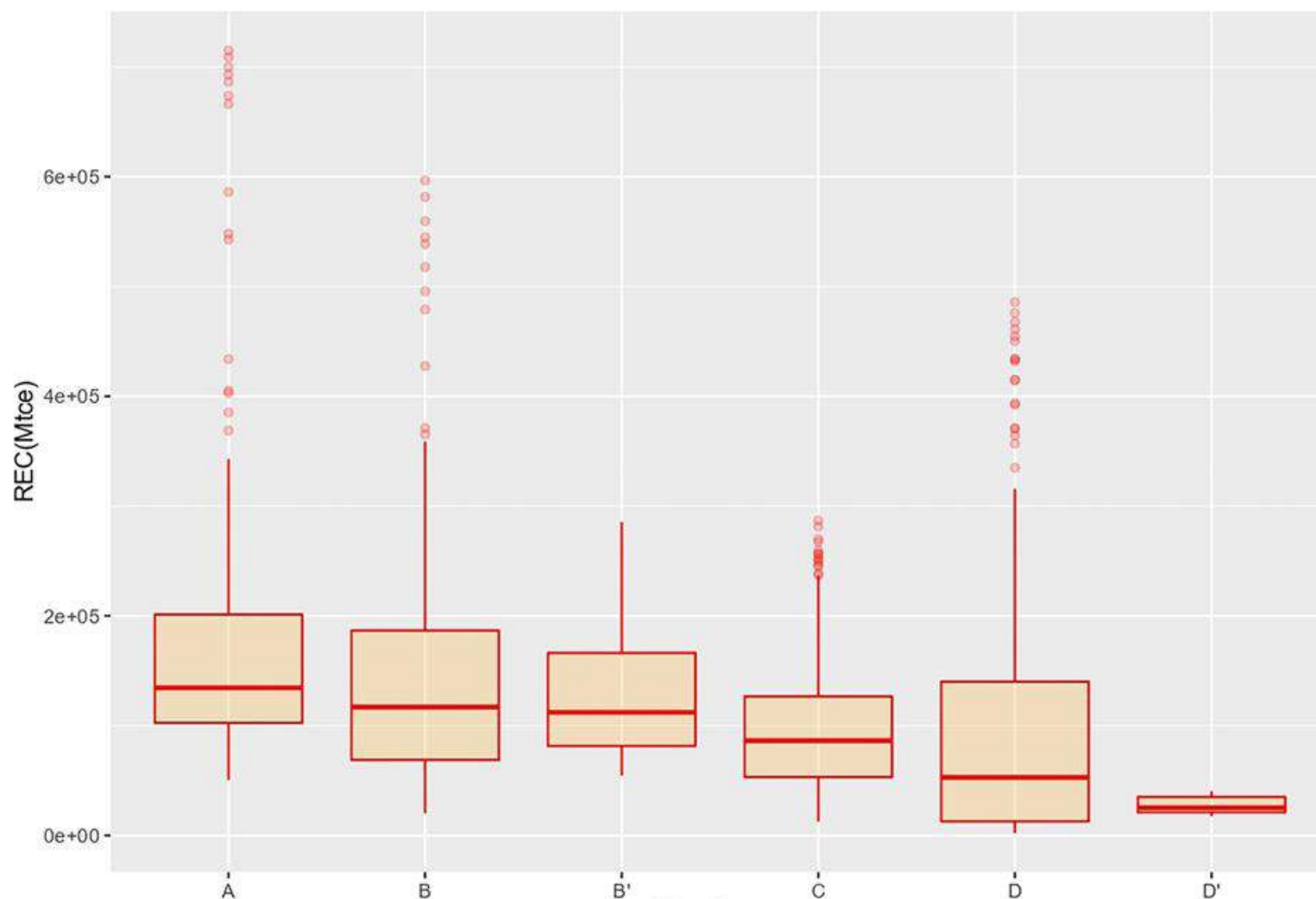


Figure 27. Boîte à moustache représentant la dispersion de la consommation énergétique par zone climatique.

3.3. L'analyse de la dispersion de la consommation énergétique par unité de logement pour chaque zone climatique

Afin de guider les acteurs de la transition énergétique dans leur prise de décision, la consommation énergétique par unité de logement a été obtenue en divisant la consommation résidentielle par le stock résidentiel bâti selon la formule (6) de la présente thèse.

La figure 28, qui représente le diagramme en boîte de moustache (*box plot*), montre la dispersion de la consommation d'énergie par unité de logement à l'échelle des six zones climatiques. Les zones C et D sont celles où la consommation d'énergie par unité de logement est la plus élevée, car elles sont caractérisées par des étés chauds et des hivers froids (voir Tableau 3). En ce qui concerne les zones climatiques B et B', la consommation énergétique par unité de logement est très similaire, du point de vue de l'homogénéité et de la médiane. La zone A enregistre une consommation énergétique très faible par rapport aux autres zones climatiques, et ce, en raison du climat méditerranéen. En revanche, la zone climatique D'est complètement à l'écart de toutes les zones, bien que ses caractéristiques climatiques soient très similaires à celles de la zone D. Il semble que d'autres paramètres affectent la consommation d'énergie par unité d'habitation.

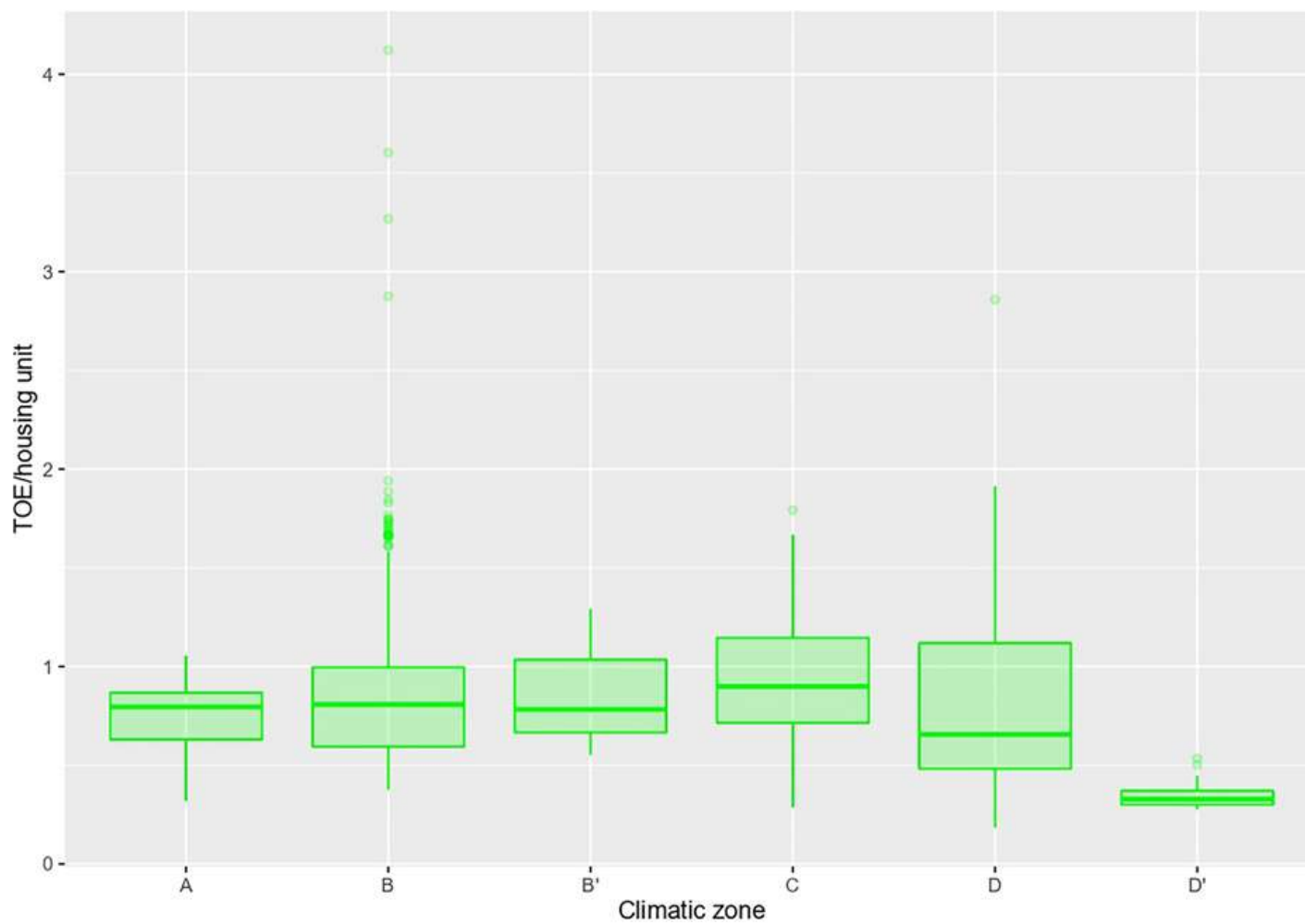


Figure 28. Box plot représentant la dispersion de la consommation d'énergie par unité de logement au niveau des zones climatiques.

Les boîtes à moustaches (*box-plot*) illustrées au niveau des figures 24, 27, et 28 représentent des analyses exploratoires qui visent à déterminer la distribution des deux variables (consommation énergétique résidentielle ainsi que stock résidentiel bâti) à travers des paramètres de position et de dispersion (M. Le Guen. 2002). La lecture statistique détaillée de ces représentations graphiques est présentée au niveau de la figure 29.

3.3.1. La lecture statistique de la box plot en tant que représentation graphique

La *box plot*, également appelée la boîte à moustache est une représentation schématique dans le cadre des analyses statistiques de type exploratoire. Cette dernière vise dans le cadre de cette recherche à déterminer la distribution et la dispersion des variables (stock résidentiel bâti, consommation énergétique résidentielle, ainsi que la consommation énergétique par unité de logement) à travers des paramètres de position et de dispersion (M. Le Guen. 2002).

La Figure 29 montre une construction schématique de la boîte à moustache utilisée dans le cadre de cette recherche, permettant de lire et d'interpréter la distribution des trois variables citées précédemment à travers les différentes zones climatiques. Cette dernière est composée de cinq valeurs qui permettent d'interpréter les données, il s'agit du :

- Minimum : correspondant à la valeur la plus petite de la distribution ;
- Maximum : correspondant à la valeur la plus grande de la distribution
- Premier quartile : représentant 25 % des données représentées ;
- Deuxième quartile Q2 (La médiane) : représentant 50 % des données représentées. Ce deuxième quartile est également appelé la médiane, permettant de diviser les données en 2 ;

- Troisième quartile Q_3 : représentant 75 % des données de distribution ;

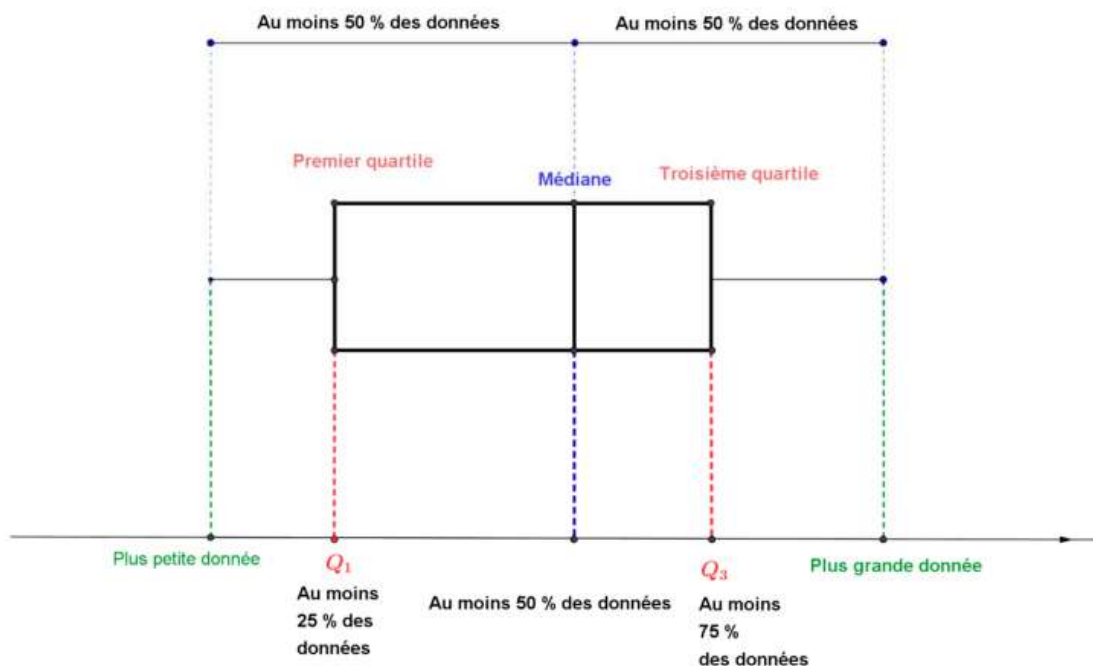


Figure 29. Eléments de composition d'une boîte à moustache (box plot).

C'est à la lumière de cette lecture statistique que la répartition des variables phares du modèle général de consommation énergétique a été analysée et discutée.

4. L'approche statistique : L'analyse de régression

Après avoir analysé la distribution spatio-temporelle du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique, il est maintenant possible d'examiner les raisons de la variabilité qui existent au niveau de cette consommation résidentielle. Celles-ci sont étudiées selon la Régression Linéaire Multiple (RLM) qui vise à analyser l'impact des variables indépendantes et explicatives sélectionnées au niveau du tableau 4.

4.1. La modélisation de la consommation énergétique résidentielle par la régression linéaire multiple (RLM)

Pour le modèle de régression linéaire multiple élaboré à partir de l'équation (12), la consommation énergétique résidentielle représente la variable dépendante (variable réponse), tandis que les zones climatiques, le stock résidentiel bâti, la taille des

ménages, le taux d'électrification, le taux de raccordement au gaz, la densité urbaine et enfin le Produit Intérieur Brut (PIB) représentent les variables indépendantes (variables explicatives). Ces dernières se matérialisent par 10368 valeurs sous forme d'une matrice, qui sont présentées au niveau de l'annexe 1.¹⁵ Le modèle de consommation résidentielle établie pour les 48 wilayas entre 1995 et 2018 est illustré comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Log (REC)} = & -1.73179 + 0.06070 \text{ Climatic Zone}_B + 0.13385 \text{ Climatic Zone}_{B'} + \\ & 0.15441 \text{ Climatic Zone}_C + 0.17433 \text{ Climatic Zone}_D - 0.01789 \text{ Climatic Zone}_{D'} + \\ & 0.36455 \log (\text{Electrification rate}) + 0.24866 \log (\text{Gas connection rate}) + 0.10763 \\ & \log (\text{GDP}) + 0.10433 \log (\text{Household size}) + 0.85921 \log (\text{RBS}) 0.06045 \log (\text{Urban} \\ & \text{density}) + \varepsilon \end{aligned} \quad (15)$$

Le tableau 9 résume les résultats du modèle de consommation résidentielle avec les coefficients estimés, l'erreur standard et les valeurs p (*p-value*). Sur la base de ce tableau, on peut noter que pour toutes les zones climatiques à l'exception de la zone climatique D', le stock résidentiel bâti, le raccordement au gaz, le taux d'électrification, et enfin la densité urbaine sont significatifs dans l'explication de la consommation résidentielle, avec des p-valeurs inférieures à 0,05. Par contre, la taille des ménages en Algérie n'a pas une grande signification dans le modèle de consommation résidentielle.

Tableau 9. Résultats de la régression linéaire multiple pour le modèle de consommation énergétique résidentielle en Algérie.

¹⁵ Pour toute utilisation ou reproduction des données, l'article suivant doit être citée conformément aux standards de citation : Afaifia, M., Djar, K. A., Bich-Ngoc, N., & Teller, J. (2021). An energy consumption model for the Algerian residential building's stock, based on a triangular approach: Geographic Information System (GIS), regression analysis and hierarchical cluster analysis. *Sustainable Cities and Society*, 103191. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103191>

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-1.73179	0.18817	-9.203	< 2e-16 ***
Climatic Zone B	0.06070	0.01314	4.621	4.29e-06 ***
Climatic Zone B'	0.13385	0.02298	5.824	7.67e-09 ***
Climatic Zone C	0.15441	0.01749	8.827	< 2e-16 ***
Climatic Zone D	0.17433	0.02281	7.642	4.85e-14 ***
Climatic Zone D'	-0.01789	0.04229	-0.423	0.6724
Z.Electrification rate (%)	0.36455	0.07109	5.128	3.49e-07 ***
Z.Gas connection (%)	0.24866	0.01678	14.815	< 2e-16 ***
Z.GDP (\$)	0.10763	0.02210	4.870	1.29e-06 ***
Z.Household (size persons)	0.10433	0.04315	2.418	0.0158 *
Z.RBS (Housing)	0.85921	0.03788	22.683	< 2e-16 ***
Z.Urban density (Inha/Km2)	0.06045	0.01244	4.859	1.36e-06 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.1282 on 1042 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.868, Adjusted R-squared: 0.8667
F-statistic: 623.2 on 11 and 1042 DF, p-value: < 2.2e-16
Note: Variable "Climatic Zone A" assumed as reference.

Les coefficients de détermination le R^2 et le R^2 ajusté du modèle énergétique sont de l'ordre de 0,86. La valeur p, qui est associée à la régression linéaire du modèle

énergétique est de l'ordre de $2,2e-16$. Cela signifie que le modèle de consommation résidentielle est statistiquement significatif.

Au niveau des variables quantitatives, une augmentation de 1 % du stock résidentiel bâti, du taux de raccordement à l'électricité, du taux de raccordement au gaz, du PIB et de la densité urbaine entraîne respectivement une augmentation de 0,85 %, 0,36 %, 0,24 %, 0,10 % et 0,06 % de consommation énergétique résidentielle. Le stock résidentiel bâti représente la variable quantitative qui influence le plus la consommation résidentielle. Néanmoins, si l'on considère l'ensemble des facteurs, les taux de raccordement à l'électricité et au gaz ont une influence beaucoup plus forte que le PIB sur la variable réponse. En outre, la densité urbaine est positivement corrélée à la consommation énergétique. Cela va à l'encontre d'une partie de la littérature dans ce domaine, où la densité est généralement associée à une consommation énergétique résidentielle plus faible. Cela peut être lié à une évolution des attentes des habitants en matière de confort thermique. Cependant, la taille des ménages en Algérie n'a pas une grande signification dans le modèle énergétique, probablement en raison du contexte socio-politique.

En ce qui concerne les variables qualitatives, et en utilisant la zone climatique A comme variable de référence, les zones climatiques D, C, B et B' dans cet ordre, ont un impact déterminant sur la consommation résidentielle. Ceci est en accord avec les observations faites dans la section précédente, relative à l'analyse de l'approche spatiale.

Afin de valider le modèle de consommation énergétique résidentielle, les hypothèses principales de régression linéaire mentionnées dans la section méthodologie, ont été testées et validées. Les résultats des différents tests illustrés dans différents tableaux et graphiques sont représentés dans les sections suivantes :

4.1.1. La validation des principales hypothèses de la régression linéaire multiple (MLR)

Afin de valider le modèle énergétique, les principales hypothèses de régression linéaire ont été testées.

- **La première hypothèse** : correspond à la relation linéaire entre la variable réponse et les variables indépendantes, selon l'équation suivante :

$$\text{Log (REC)} = \beta_0 + \beta_n \log(X_n) + \varepsilon \quad (16)$$

Où le REC désigne la variable réponse, qui représente la consommation énergétique résidentielle, β_n représente le coefficient de régression associé à chaque variable indépendante, et ε est l'erreur du modèle.

Les figures 30, 31 et 32 illustrent les diagrammes de dispersion de chaque variable quantitative avec la consommation énergétique résidentielle. Cette figure montre l'existence de corrélations élevées entre la consommation énergétique résidentielle et certaines variables, comme la corrélation positive avec le stock résidentiel bâti et le PIB. Les coefficients de détermination de ces variables sont respectivement de l'ordre de $R^2 = 0,83$ et $R^2=0,73$. Cela indique que 83 % et 73 % de la variabilité de la consommation résidentielle peuvent être expliqués par le stock résidentiel bâti et le PIB séparément. Il est dû à la croissance de la population qui entraîne la construction de plus en plus de logements pour répondre à la demande, ce qui conduit à une augmentation de la consommation résidentielle au niveau des 48 wilayas.

On peut conclure que la croissance du PIB affecte positivement la consommation résidentielle, ce qui contribue à l'amélioration du cadre de vie des citoyens. En d'autres termes, la croissance du PIB déclenche l'augmentation du nombre d'équipements multi-électriques tels que la télévision, les ordinateurs, les micro-ondes, les climatiseurs et l'apparition du phénomène de non-cohabitation, qui se distingue par la diminution du taux de ménage par logement. En ce qui concerne

les autres variables indépendantes, telles que la densité urbaine, le taux de raccordement au gaz, les coefficients de déterminations avec la consommation résidentielle sont respectivement de l'ordre de $R^2=0.56$ et $R^2 = 0.42$, ce qui signifie que seulement 56 % et 46 % de la variabilité de la consommation résidentielle peuvent être expliqués respectivement par les deux variables indépendantes. En ce qui concerne les variables indépendantes, le taux d'électrification et la taille du ménage n'ont pas de relation linéaire avec la variable réponse. Bien que le coefficient de détermination ne soit pas très élevé pour ces variables, elles restent présentes dans le modèle car elles sont statistiquement significatives.

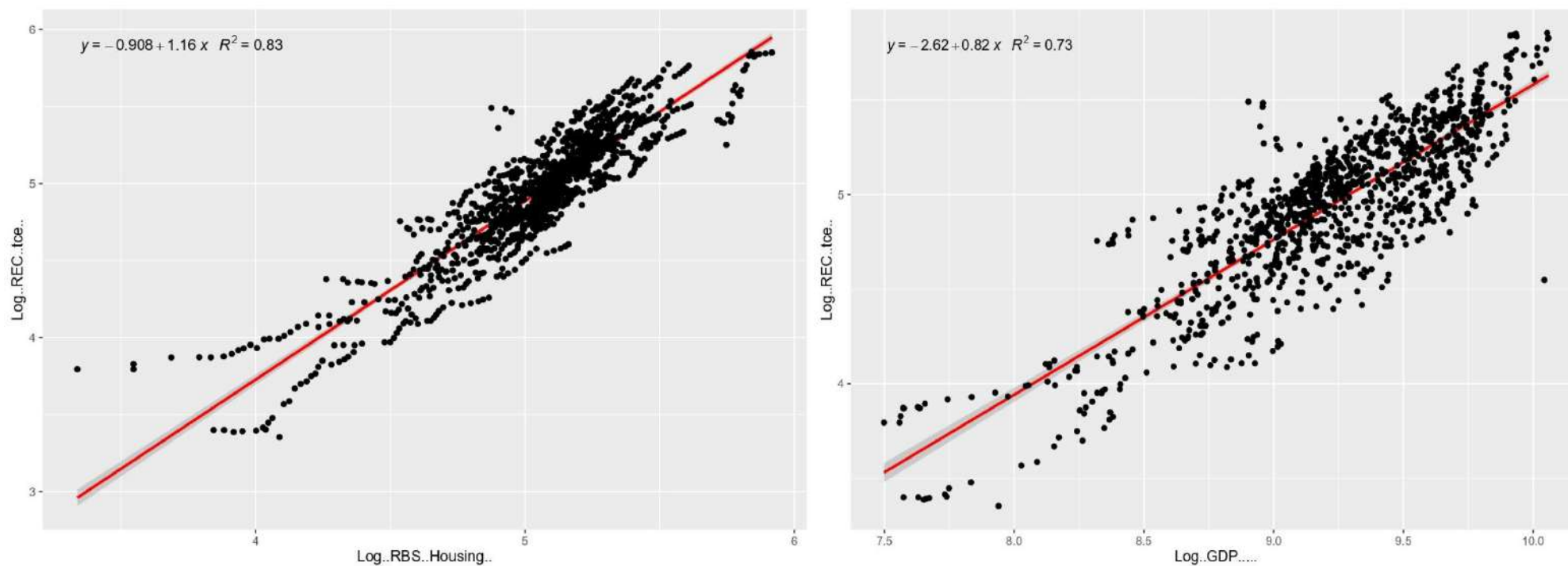


Figure 30. Diagramme de dispersion de la consommation résidentielle en fonction des variables indépendantes (Nombre de logements (RBS) et Produit Intérieur Brut (PIB/GDP))

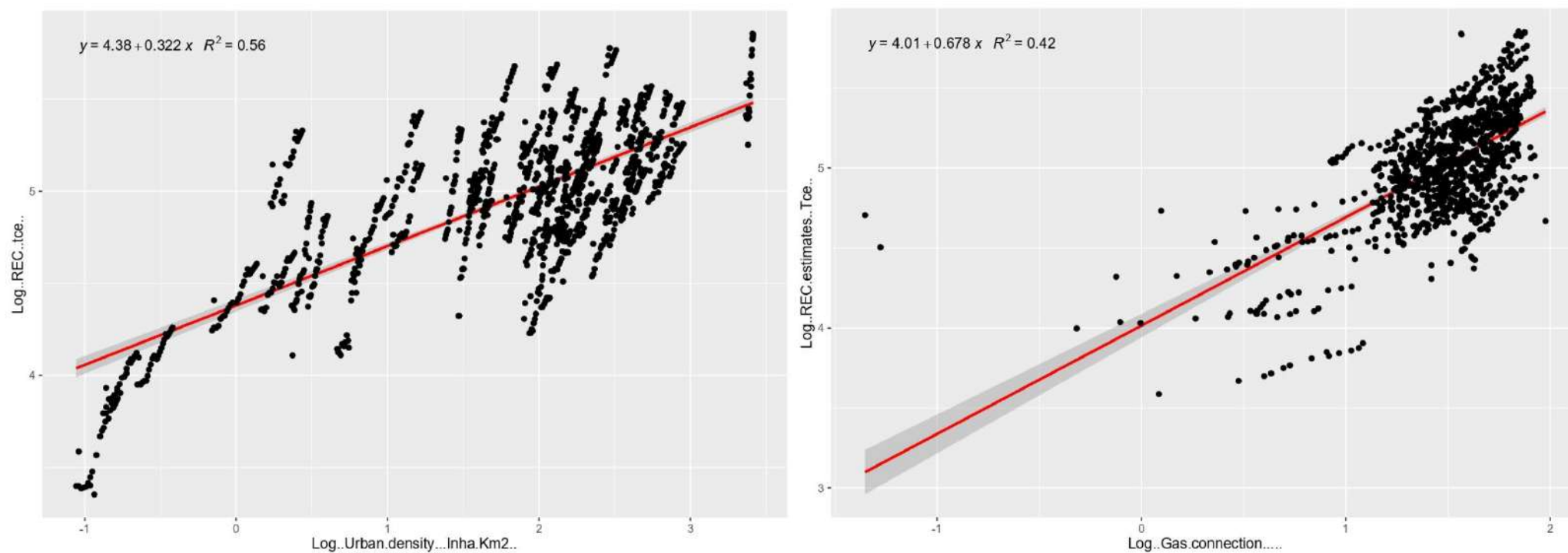


Figure 31. Diagramme de dispersion de la consommation résidentielle en fonction des variables indépendantes (la densité urbaine et le taux de raccordement au gaz naturel)

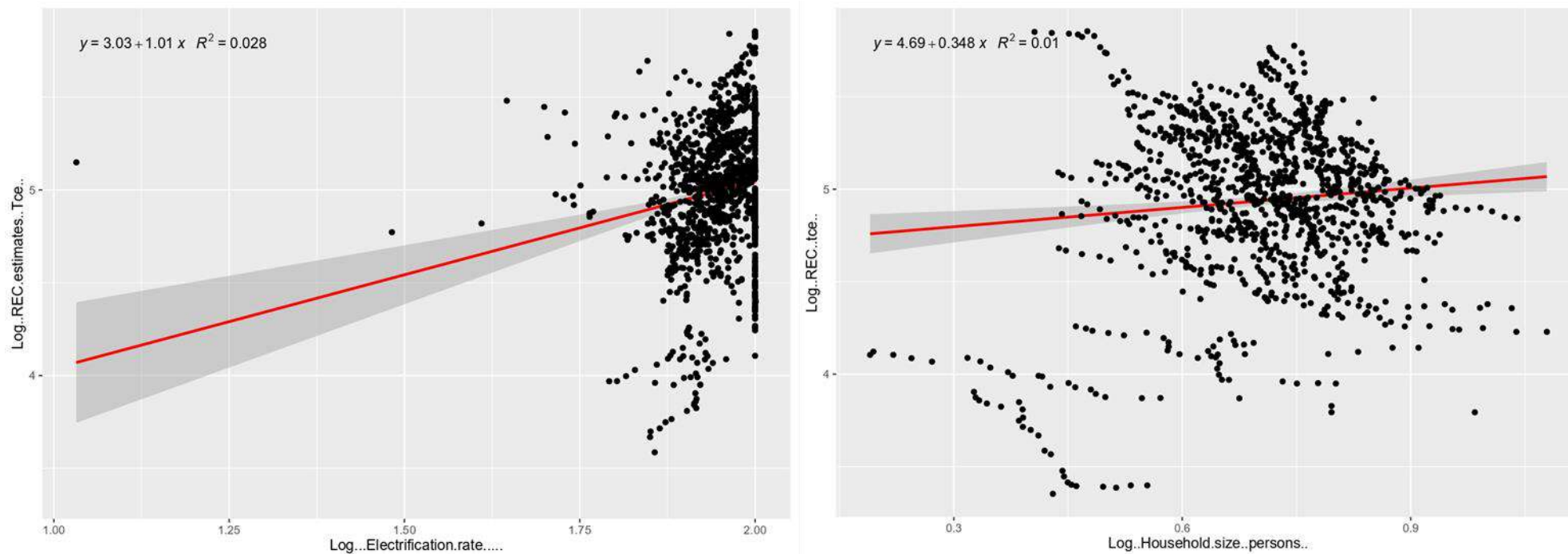


Figure 32. Diagramme de dispersion de la consommation résidentielle en fonction des variables indépendantes (taux de raccordement à l'électricité, et la taille des ménages)

- **La deuxième hypothèse** : fait référence à la normalité multivariée. Celle-ci est testée selon l'équation du modèle de régression linéaire multiple, comme suit :

$$\text{Log (REC)} = -1.73179 + 0.06070 \text{ Climatic Zone}_B + 0.13385 \text{ Climatic Zone}_{B'} + 0.15441 \text{ Climatic Zone}_C + 0.17433 \text{ Climatic Zone}_D - 0.01789 \text{ Climatic Zone}_{D'} + 0.36455 \log (\text{Electrification rate}) + 0.24866 \log (\text{Gas connection rate}) + 0.10763 \log (\text{GDP}) + 0.10433 \log (\text{Household size}) + 0.85921 \log (\text{RBS}) - 0.06045 \log (\text{Urban density}) + \varepsilon \quad (15)$$

La figure 33 montre le diagnostic graphique, matérialisé par le graphique Quantile-Quantile résiduel (QQ-plot), qui suppose que les résidus sont normalement distribués.

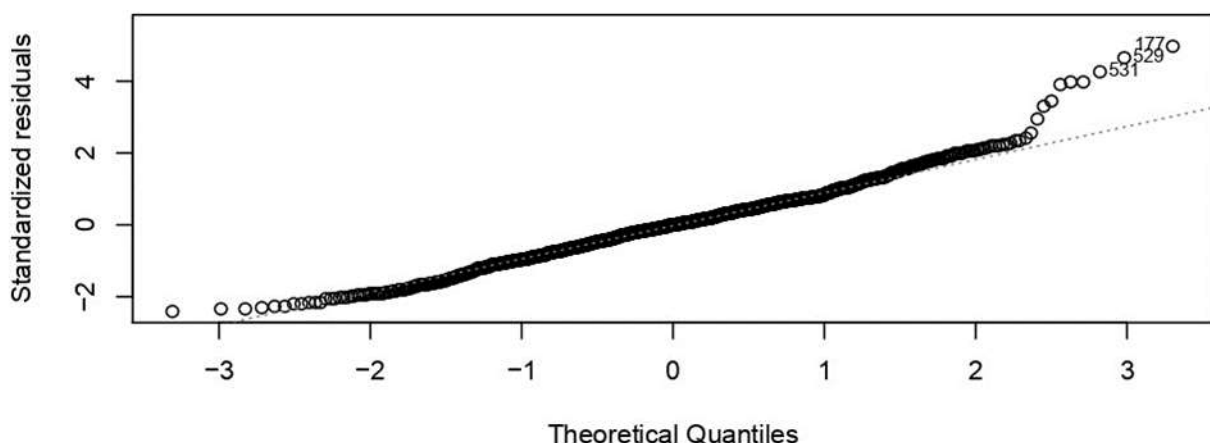


Figure 33. Le test de normalité des résidus par le biais du Quantile-Quantile plot (QQ-plot).

- **La troisième hypothèse** : concerne l'absence de multicolinéarité. Le tableau 10 montre que les valeurs du facteur d'inflation de la variance (VIF) indiquent qu'il n'y a pas de multicolinéarité entre les variables indépendantes; par conséquent, aucun problème significatif de multicolinéarité n'a été signalé.

Tableau 10. Les sorties (Outputs) pour le facteur d'inflation de la variance (VIF) du modèle de consommation résidentielle.

Explanatory variables	VIF
Climatic Zone	6.514041
Log (Electrification rate (%))	1.202675
Log (Gas connection (%))	2.010456
Log (GDP (\$))	4.089884
Log (Household size (persons))	1.591854
Log (RBS (Housing))	6.170207
Log (Urban density (Inha/Km2))	7.483212

▪ **La quatrième et dernière hypothèse est le test d'homoscédasticité :**

La figure 34 indique que les points sont également répartis sur toutes les valeurs des variables dépendantes. Par conséquent, aucun problème important d'hétéroscédasticité n'est détecté. Il convient également de noter que la méthode de Bonferonni et la distance de Cook ont été utilisées pour vérifier la nature et l'influence des quelques valeurs aberrantes (voir figure 35). Elles n'influencent donc pas les paramètres du modèle énergétique.

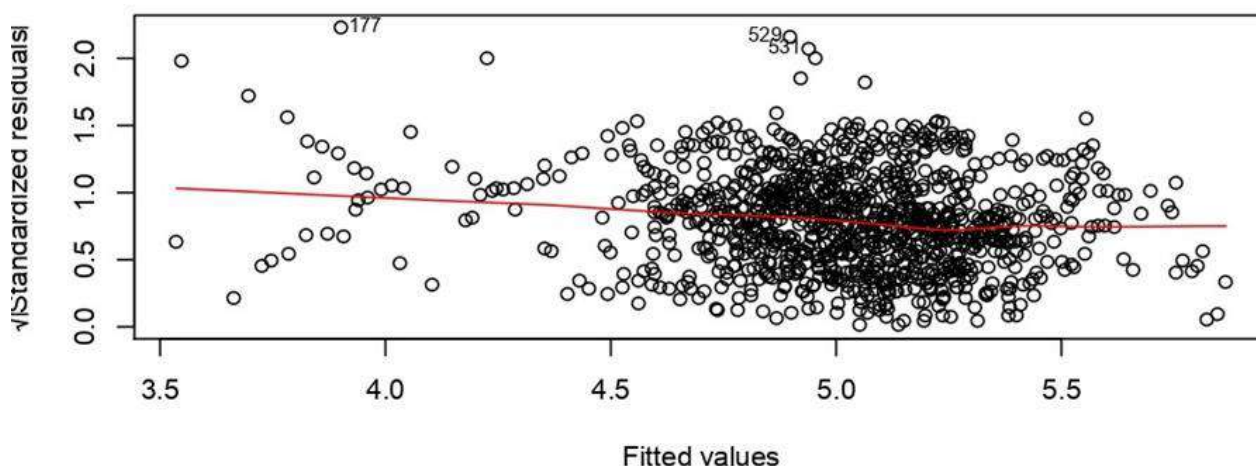
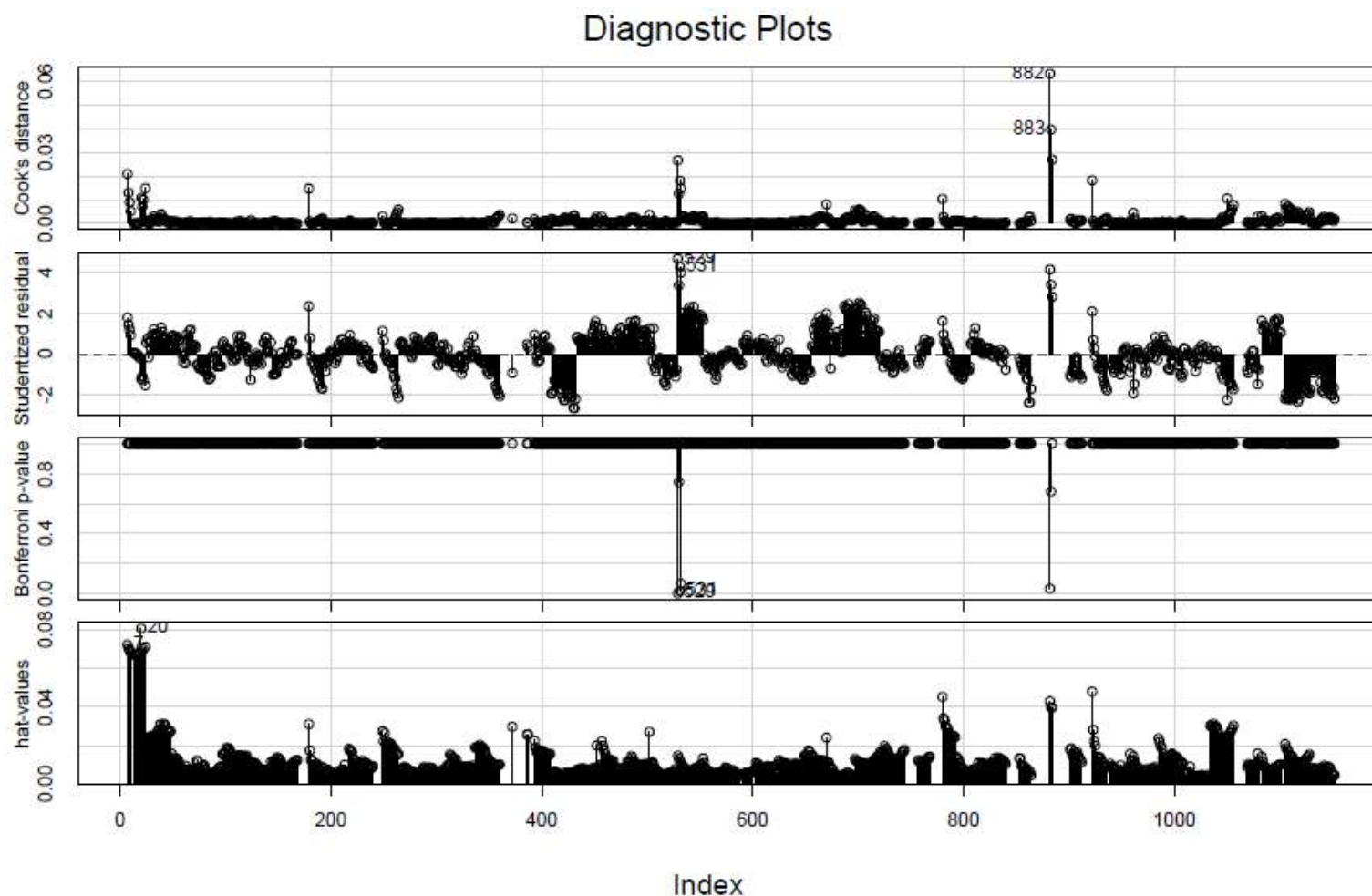


Figure 34. Le test d'homoscédasticité élaboré à partir d'un graphique des résidus normalisés par rapport aux valeurs prédites



Le graphique des distances de Cook montre que son influence est parmi les deux plus fortes. Néanmoins, elle est inférieure à 1, ce qui nous amène à penser que son influence sur les paramètres du modèle n'est pas vraiment problématique. La p-value ajustée par la méthode de Bonferroni est très éloignée du seuil de 0.05. La donnée 531 ne peut donc pas être considérée comme valeur aberrante.

Figure 35. Analyse des valeurs aberrantes (outliers) par diagnostic graphique représentant la distance de Cook et la méthode de Bonferroni

Par conséquent, les hypothèses du modèle de consommation résidentielle sont soigneusement vérifiées. Le modèle est statistiquement significatif et l'hypothèse nulle peut être rejetée.

5. L'approche par Clustering Hiérarchique

Afin de fournir une visualisation supplémentaire concernant les sections précédentes, l'évolution de la consommation énergétique résidentielle au niveau des 48 wilayas est matérialisé, d'une part par une carte de chaleur (*Heat map*), et d'autre part, par le biais d'un clustering hiérarchique (regroupement hiérarchique), et ce dans le but d'identifier et d'analyser le comportement énergétique des 48 wilayas dans le temps.

5.1. Les profils et les comportements énergétiques des 48 wilayas

La figure 36 illustre la carte de chaleur (*Heat map*), où l'axe vertical représente les 48 wilayas, tandis que l'axe horizontal représente la période d'étude. L'intensité de la couleur dans les cases indique l'évolution de la consommation résidentielle sur la période d'étude concernée. La couleur rouge représente les wilayas avec une forte évolution de consommation énergétique, c'est-à-dire entre 5 et 10% d'évolution sur une base annuelle. La couleur verte représente les wilayas dont l'évolution de la consommation énergétique est en baisse, c'est-à-dire entre 0 et -5%. Les wilayas dont l'évolution moyenne de consommation résidentielle est comprise entre 0 et 5 % sont représentées par un dégradé de couleurs entre le rouge et le vert. La carte de chaleur (*Heat map*) a été élaboré à partir d'une matrice qu'est représentée par le tableau 11.

Tableau 11. Evolution de la consommation énergétique résidentielle par base annuelle

Wilaya	1995-2002 (%)	2002-2009 (%)	2009-2016 (%)
Adrar	3.51	3.04	4.66
Chlef	5.95	6.29	2.11
Laghouat	3.35	8.31	3.25
Oum el bouaghi	0.20	10.32	2.47
Batna	3.68	9.13	2.79
Bejaia	2.48	7.21	5.98
Biskra	5.80	8.82	4.68
Bechar	3.83	2.27	3.50
Blida	3.38	7.12	3.00
Bouira	3.39	6.46	3.02
Tamanrasset	2.70	3.27	3.58
Tebessa	3.34	8.88	2.59
Tlemcen	5.53	2.83	2.97
Tiaret	2.60	7.74	3.91
Tizi ousou	1.70	4.52	2.92
Alger	0.61	10.52	3.56
Djelfa	5.70	7.81	4.68
Jijel	5.18	5.06	2.87
Setif	3.94	2.03	10.66
Saida	3.59	4.11	2.71
Skikda	5.14	2.59	2.37
Sidi bel abbes	4.14	2.39	5.52
Annaba	-7.91	5.55	3.16
Guelma	-3.75	5.85	5.57
Constantine	2.60	9.25	3.10

Medea	1.71	6.00	3.15
Mostaganem	-0.16	3.34	3.81
M'sila	7.81	13.24	4.66
Mascara	4.36	11.12	2.79
Ouargla	0.35	8.08	4.05
Oran	1.61	5.41	2.94
El bayadh	3.92	6.23	7.25
Illizi	1.59	9.23	4.82
Bordj bou arreridj	3.67	13.66	4.63
Boumerdes	4.85	0.43	4.53
El-tarf	6.71	1.73	4.64
Tindouf	3.33	3.27	3.79
Tissemsilt	5.89	6.58	5.58
El oued	5.41	3.86	4.83
Khenchela	10.76	10.88	3.83
Souk-ahras	12.00	8.46	3.18
Tipaza	3.32	2.66	2.59
Mila	3.06	8.90	3.19
Ain-defla	3.76	4.31	1.88
Naama	1.24	12.98	3.25
Ain-temouchent	3.09	8.94	2.11
Ghardaia	5.64	7.20	2.95
Relizane	8.37	3.67	3.49

La majorité des wilayas ont connu une forte évolution dans la consommation énergétique résidentielle au cours de la période 2002-2009. Cette période correspond au lancement des programmes quinquennaux de logement. En revanche, une tendance à la baisse de la consommation résidentielle est observée durant la période

2009-2016, exceptés pour la wilaya de Sétif qui connaît une urbanisation rapide, et ce, en raison de son attractivité économique dans le nord-est de l'Algérie.

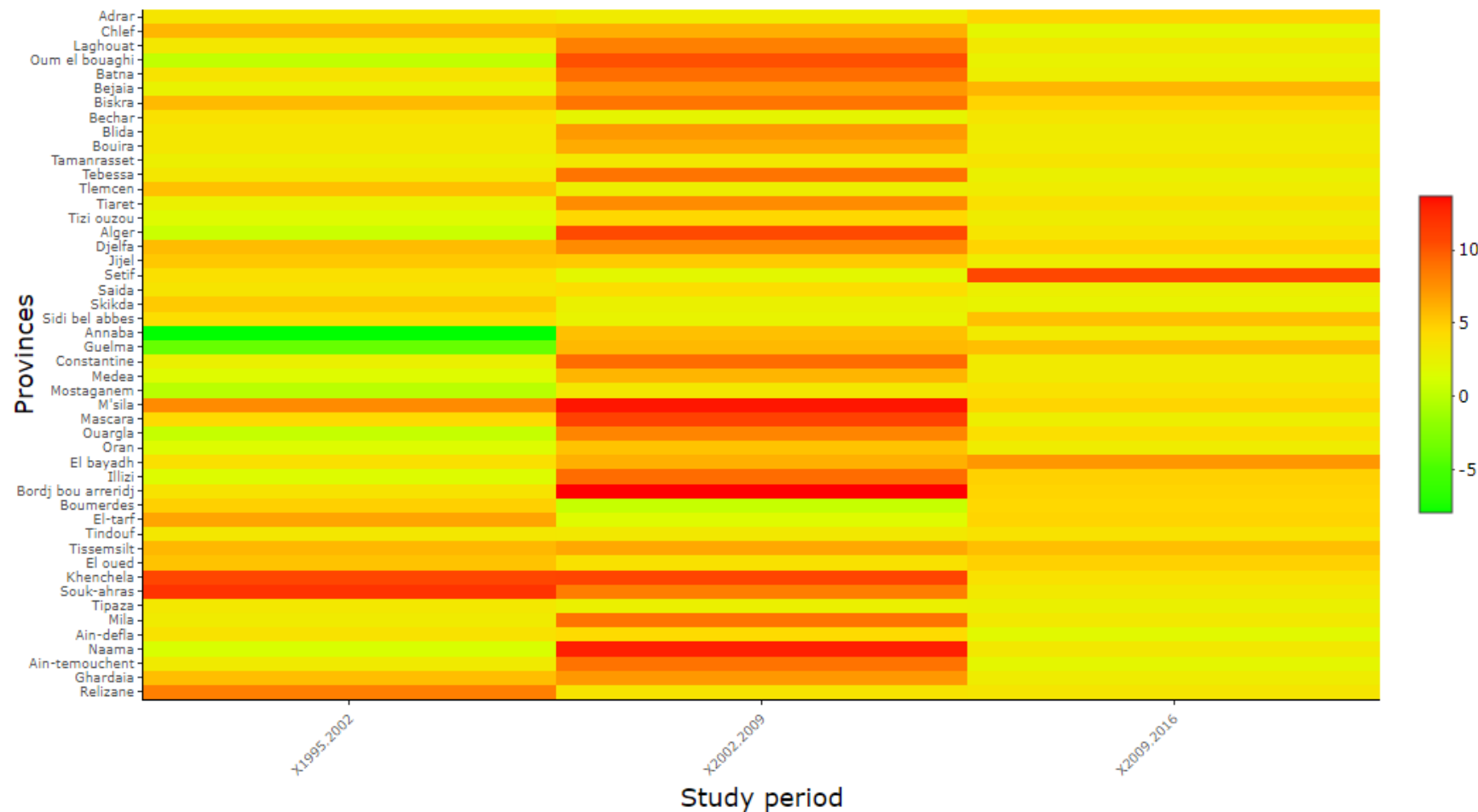


Figure 36. Carte de chaleur (Heat map) montrant l'évolution de la consommation énergétique résidentielle pour 48 wilayas.

5.2. Le clustering hiérarchique

La figure 37 montre l'arbre hiérarchique qui a été utilisé pour regrouper les wilayas présentant des similitudes au niveau de l'évolution de la consommation énergétique résidentielle. Dans le cadre de cette recherche, quatre clusters ont été identifiés par le recours à la méthode de Ward et la distance euclidienne comme distance vectorielle. Sur la base de cette évolution (voir tableau 7), quatre clusters sont créés comme suit :

- **Le cluster 1** regroupe des wilayas telles qu'Annaba et Guelma. Ce groupe est caractérisé par une forte diminution de la consommation résidentielle entre 1995 et 2002, et présente une croissance stable ou mineure entre 2002 et 2016.
- **Le cluster 2** regroupe des wilayas telles que Bechar, Skikda, Oran, ... etc. Ce groupe est caractérisé par une consommation résidentielle assez stable avec des croissances ou des diminutions mineures dans certaines périodes.
- **Le cluster 3** regroupe des wilayas telles qu'Alger, Ouargla, Mascara, etc. Ce groupe est caractérisé, d'une part, par une tendance assez stable entre 1995 et 2002 avec des croissances ou des diminutions mineures dans certaines wilayas, et d'autre part, par de fortes croissances qui peuvent être observées entre 2002 et 2009. Les tendances reviennent à la stabilité entre 2009 et 2016.
- **Le cluster 4** regroupe des wilayas telles que M'sila, Souk-Ahras et Khenchela. Ce groupe est caractérisé par des croissances moyennes à fortes entre 1995 et 2009, qui redeviennent par la suite stables entre 2009 et 2016.

L'analyse de la projection de l'évolution de la consommation résidentielle au niveau des 48 wilayas illustrées par la projection ACP au niveau de figure 38, et l'arbre hiérarchique sur le plan factoriel établi par la figure 39 permettent de mettre en évidence la répartition des wilayas en quatre clusters.

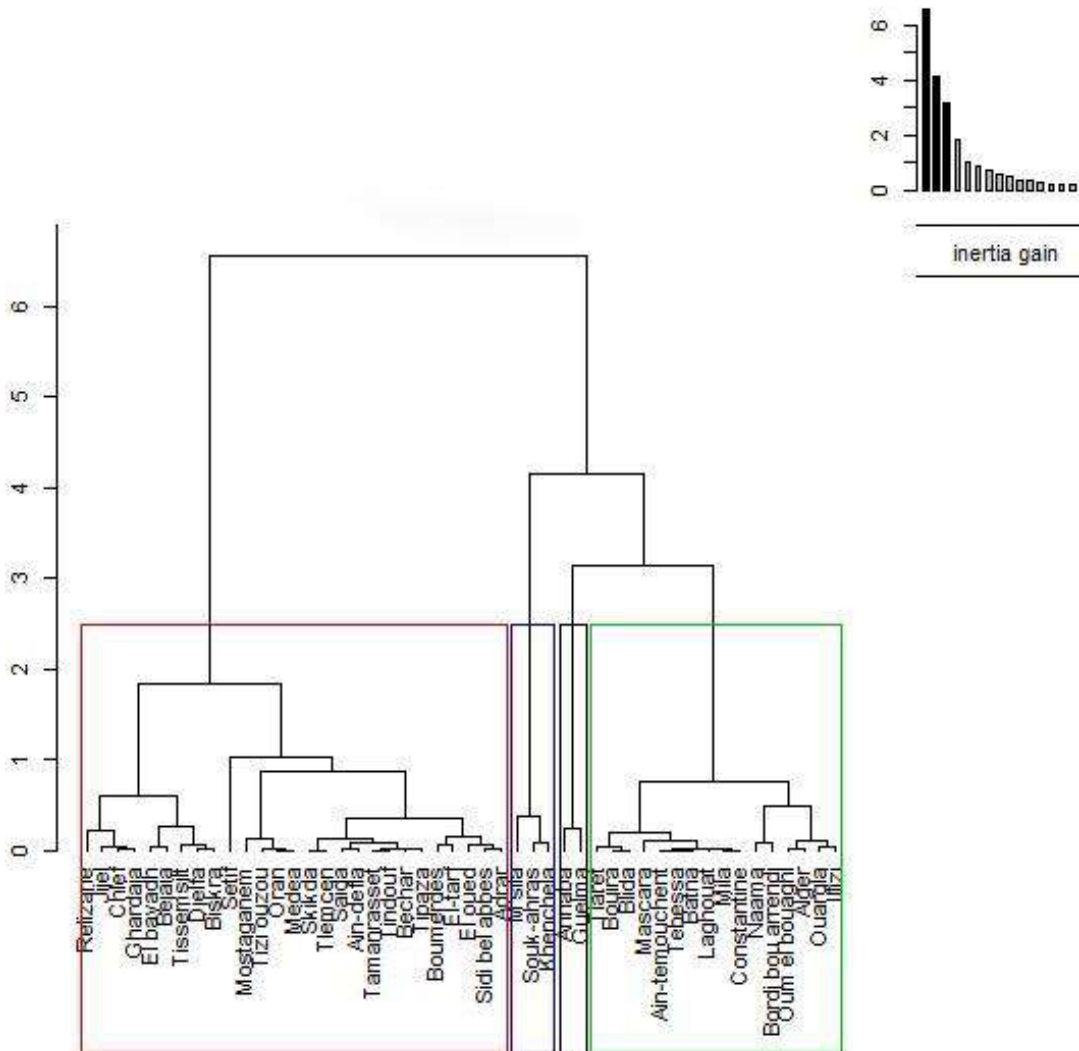


Figure 37. Arbre hiérarchique appliqué sur les données d'évolution de la consommation résidentielle au niveau des 48 wilayas. Les rectangles colorés représentent les quatre clusters, établis selon la méthode de Ward.

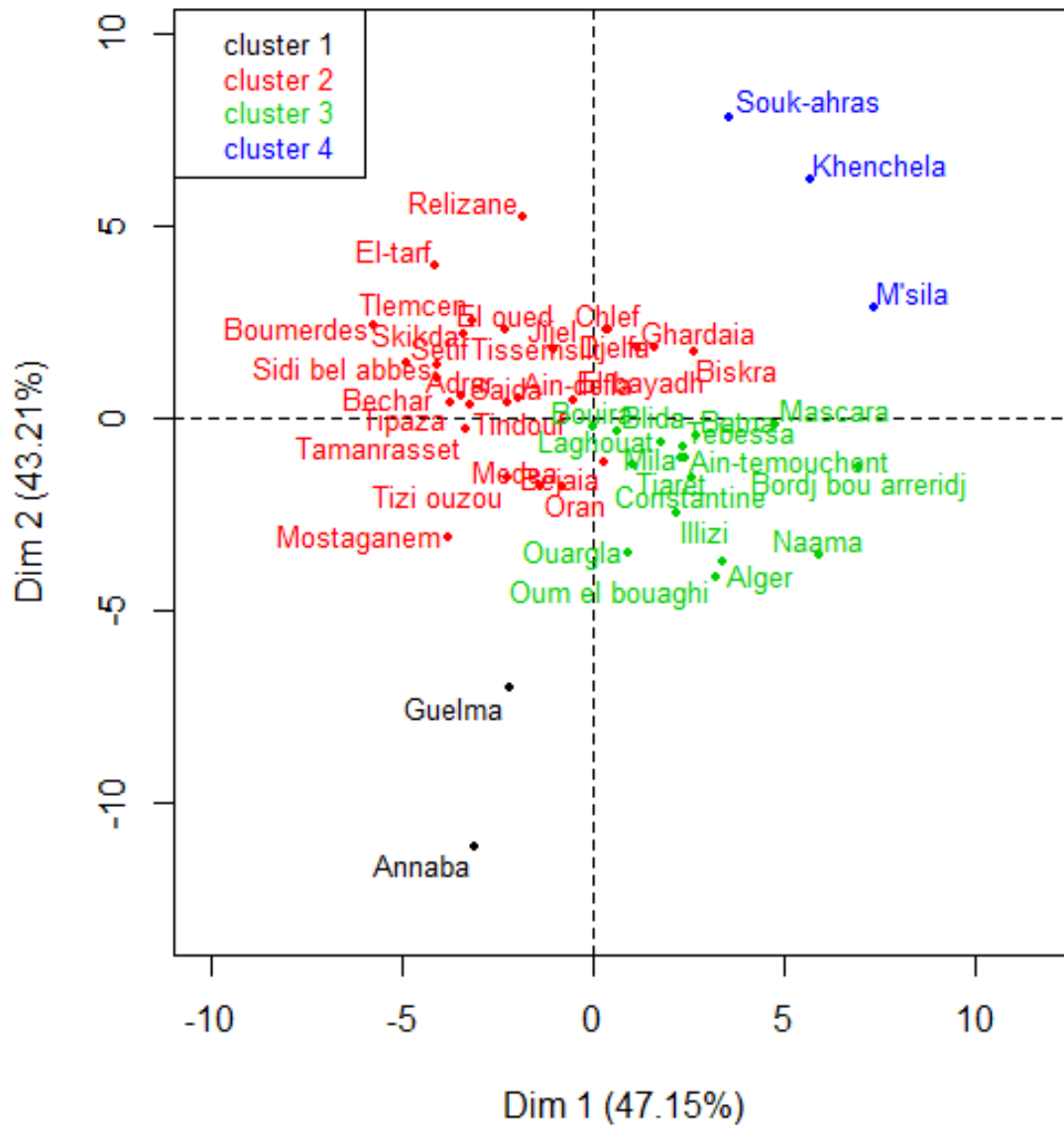


Figure 38. Projection ACP de l'évolution de la consommation résidentielle des 48 wilayas sur le plan factoriel Dim1*Dim2

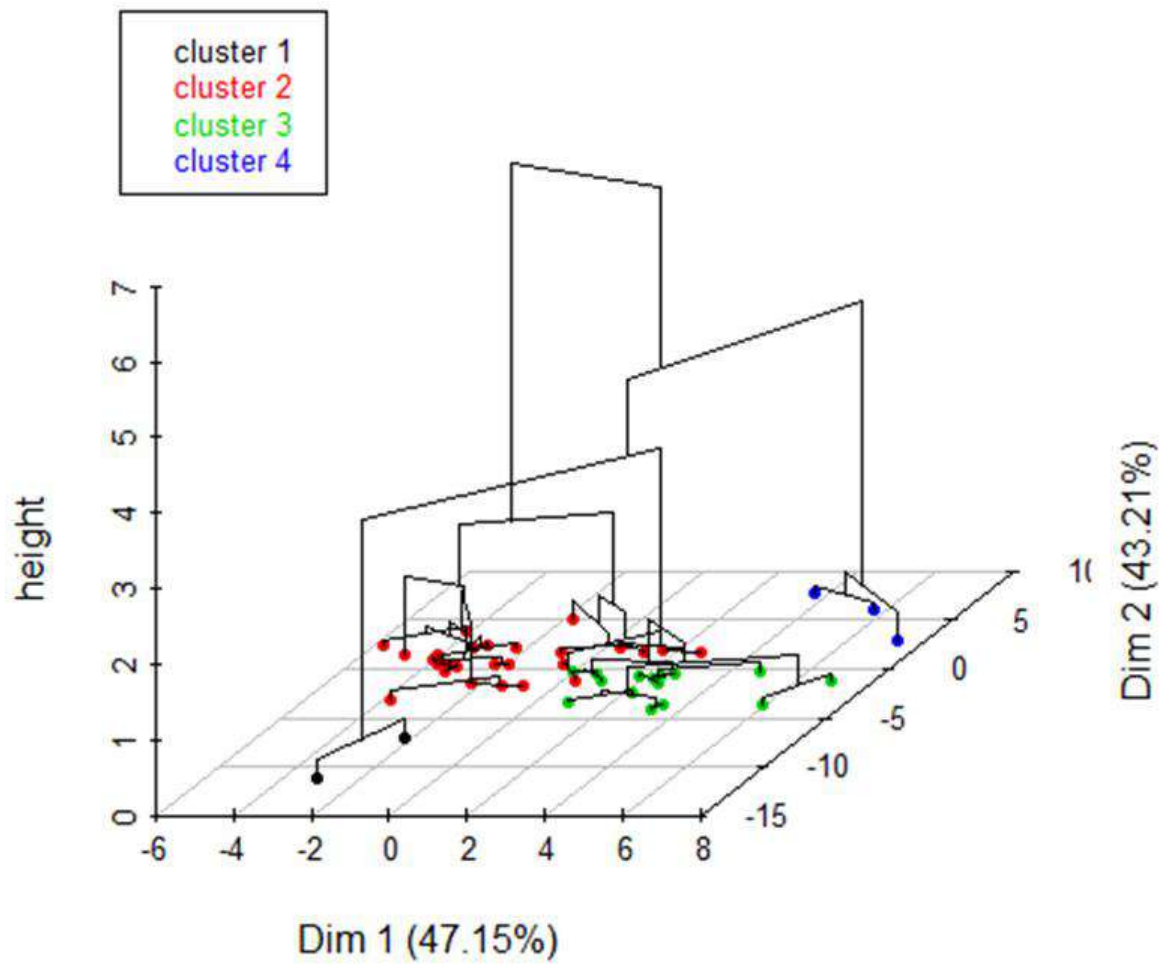


Figure 39. Arbre hiérarchique sur le plan factoriel.

Tableau 12. Le taux de croissance annuel moyen de chaque cluster et pour chaque période étudiée.

		Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
REC	(1995-2002)	-4.32	1.5	-1.66	3.73
	%				
REC	(2002-2009)	-0.35	-5.18	4.37	2.93
	%				
REC	(2009-2016)	-0.518	1.42	-1.75	0.078
	%				

Sur la base des profils de consommation énergétiques obtenus, principalement sur la période 2009-2016 qui représente la période la plus récente caractérisant le stock résidentiel bâti, les recommandations qui peuvent être établies dans un ordre de priorité en termes de maîtrise de l'énergie et de mesures d'efficacité énergétique, montre que le cluster 1 ainsi que le cluster 3, étant caractérisées par une consommation résidentielle décroissante, doivent bénéficier d'études basées sur l'optimisation du confort thermique du parc immobilier.

Le comportement du cluster 2, quant à lui, est caractérisé par une tendance à la hausse de la consommation résidentielle. Il est également causé par une forte croissance du parc immobilier, ce qui nécessite la mise en place de stratégies d'efficacité énergétique avec un accent spécifique sur la construction neuve de bâtiments à haute performance énergétique dans un premier temps, suivi par le recours à la rénovation énergétique. En revanche, dans le cas du cluster 4, qui représente une tendance de consommation énergétique stable, il est recommandé d'avoir recours à la rénovation énergétique, et ce pour maîtriser la consommation énergétique, eu regard de la stabilité de la consommation résidentielle.

La distinction entre les deux mesures d'efficacité énergétique réside dans leurs plans d'actions respectives, car outre leur objectif commun, l'efficacité énergétique à l'échelle de l'habitat neuf renvoient à des conceptions architecturales généralement labélisées, ou l'utilisation des technologies qui répondent aux besoins de chauffage et de climatisation sont étudiée au préalable, ayant comme objectif la réduction de la consommation énergétique et l'atténuation de l'empreinte carbone. La rénovation énergétique quant à elle traduit une amélioration de l'efficacité énergétique de certains segments du parc logement existant, à travers des rénovations de nature lourde ou légère, et ce, en fonction de leurs profils consommateurs.

5.3. L'extraction des wilayas pilotes

Les résultats statistiques évoqués dans les sections précédentes peuvent être utilisés par les acteurs de la transition énergétique, afin de choisir les stratégies d'efficacité énergétique les plus adéquates au profil énergétique de chaque wilaya. C'est dans ce sens que le tableau 13 montre les wilayas pilotes qui ont été extraites de chaque cluster sur la base de leur proximité au barycentre.

Elles représentent les wilayas les plus caractéristiques pour le partitionnement. Ces wilayas pilotes peuvent être utilisées pour tester l'efficacité et la faisabilité socio-économique et environnementale des mesures de maîtrise énergétique prévues avant d'être reproduites à grande échelle, et ce, afin d'adapter les politiques énergétiques spécifiques à chaque cluster.

Tableau 13. Extraction des wilayas pilotes de chaque cluster en fonction de leur distance par rapport au barycentre.

Clusters	Wilayas pilotes (Parangons)	Distance du barycentre
Cluster 1	Annaba	2.407224
Cluster 2	Tindouf	1.408166
Cluster 3	Consantine	0.2547846
Cluster 4	Khenchela	0.5745982

6. La validation du modèle de consommation énergétique

La validation représente une étape primordiale dans le processus de modélisation, car elle ne laisse pas planer l'incertitude relative à la compatibilité des données calculées. Par conséquent, elle permet au modèle de consommation énergétique d'être réutilisé dans plusieurs contextes de recherche.

En l'absence d'un modèle algérien relative à la consommation énergétique résidentielle établis à l'échelle des 48 wilayas et exécutée sur une large période d'étude, cette recherche propose dans ce qui suit, d'analyser la différence relative entre les données issues de la présente étude, avec les valeurs extraites des rapports officiels ainsi qu'une étude précédente dans le domaine de la modélisation énergétique. L'analyse en question sera effectuée à travers une sélection d'année, car, comme il a été déjà mentionnée dans la section lacunes et insuffisance des études précédentes relative au contexte algérien, il n'existe aucun modèle énergétique algérien ayant modélisé la consommation résidentielle sur une large période d'étude.

Afin de valider le modèle énergétique, la différence relative entre les résultats de cette recherche et les valeurs trouvées, d'une part, au niveau des études précédentes, et d'autre part au niveau des rapports sur l'énergie peuvent être résumées en deux points principaux. En premier lieu, les tableaux 14 et 15 indiquent

une comparaison relative de la consommation énergétique résidentielle nationale, estimée dans le cadre de cette thèse, avec, d'une part les valeurs extraites du rapport énergétique annuel de APRUE et des valeurs dérivées des estimations annuelles de la consommation résidentielle, développées par les travaux de R.Ghedamsi et al. (2016). En second lieu, les tableaux 16 et 17 indiquent la comparaison relative des résultats du stock résidentiel bâti estimé, dans le cadre de cette présente recherche, avec les valeurs extraites des rapports officiels du Ministère de l'Habitat de l'urbanisme et de la Ville (MHUV), ainsi que des résultats estimés par les travaux de R.Ghedamsi et al. (2016).

Tableau 14. Comparaison des résultats de consommation résidentielle nationale avec des valeurs extraites de rapports sur l'énergie.

	This study (total national (housing) RBS)	MHUV total annual (housing) national RBS	Relative difference
2000	5704402	5279257	7.45 %
2008(latest census)	6874549	6276517	8.70 %
2013	7971998	7200000	9.68 %

Tableau 15. Comparaison des résultats du stock résidentiel bâti avec des valeurs extraites des rapports ministériels.

Year	This study (total annual national REC (Toe)	APRUE total annual national REC (Toe)	Relative difference
2008 (latest census)	5615309.32	5039724.51	10.25 %
2013	9269638.95	8264981.78	10.84 %

Tableau 16. Comparaison des résultats de consommation résidentielle nationale avec des valeurs dérivées des études précédentes.

Year	This study (total annual national REC (Toe)	R. Ghedamsi et al. (2016) annual national REC (Toe)	Relative difference total national
2008	5615309.32	6210662.08	-9.58 %

Tableau 17. Comparaison des résultats du stock résidentiel bâti avec des valeurs dérivées des études précédentes.

	This study (total national (housing) RBS	Ghedamsi et al. (2016) total national (housing) RBS	Relative différence annual
2008	6874549	6720000	2.25 %
2010	7216538	7040000	2.45 %
2015	8696308	8080000	7.09 %

La première comparaison montre que la différence exprimée par les résultats estimés dans la présente recherche est plus importante de (+10%) que ceux fournis par le rapport de l'APRUE, est plus faible de (-9%) que ceux estimés par R. Ghedamsi et al. (2016). Cela signifie que la consommation énergétique résidentielle calculée dans la présente étude se situe entre les deux références, ce qui confirme qu'elle ne dépasse pas la limite admise fixée entre $\pm 5\%$ et $\pm 15\%$. Cette confirmation permet de valider les calculs de la consommation résidentielle de cette recherche.

Par ailleurs, la seconde comparaison montre que les valeurs du stock résidentiel bâti estimées dans la présente thèse sont positives et très faibles (7 % à 9 %) en comparaison avec les résultats des rapports ministériels. Elles se situent

également entre (2 % et 7 %), lorsqu'on les compare aux valeurs calculées par l'étude de R. Ghedamsi et al. (2016). Cela signifie que la variable « stock résidentiel bâti » estimée dans la présente étude peut également être validée. Par conséquent, les résultats fournis par le modèle de consommation énergétique sont validés, car la disparité est située entre la limite admise ($\pm 5\%$ et $\pm 15\%$).

À ce stade, il est à conclure que le modèle de consommation énergétique du parc logement algérien permet de construire une base empirique pour l'analyse de la consommation énergétique résidentielle aux échelles nationale et locale. L'application de ce modèle sur des échelles plus fines telles (communes, quartiers...etc.) pourrait apporter d'autres éclairages sur le comportement énergétique résidentiel.

7. Conclusion

Ce chapitre a présenté une modélisation de la consommation énergétique spécifique à l'ensemble du parc logement algérien. Il s'agit d'un modèle de référence, qui a pour but de guider les acteurs de la transition énergétique dans l'élaboration d'une planification énergétique durable. La modélisation a été élaborée par le biais d'une approche triangulaire développée dans le cadre de cette thèse, comme une réponse au défi lancé par les chercheurs scientifiques, préconisant le recours à la multidisciplinarité des approches dans la planification énergétique durable. Cette approche triangulaire associe les systèmes d'Information géographique (SIG), la régression linéaire multiple ainsi que le clustering hiérarchique dans la modélisation énergétique résidentielle en Algérie. Le recours à cette combinaison vise trois objectifs complémentaires :

a) La quantification de la consommation énergétique résidentielle et le stock résidentiel bâti aux échelles nationale et locale (unité représentative du territoire algérien) représentent des informations cruciales, qui permettront de pallier le manque de données. Ces informations matérialisées par une large base de données, peuvent

être utilisées par les acteurs de la transition énergétique et les chercheurs scientifiques pour affiner des recherches sur la transition énergétique résidentielle.

b) La visualisation et l'analyse spatio-temporelle du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique par processus cartographique à l'échelle de la wilaya, contribuent à la prise de décisions appropriées en matière de politique énergétique, par des scénarios ciblés d'efficacité énergétique.

c) L'identification et la priorisation des clusters, regroupant les wilayas ayant un comportement et un profil similaire en matière de consommation résidentielle. Ces informations peuvent être utilisées pour tester des scénarios d'efficacité énergétique en termes de faisabilité socio-économique et environnementale, qui seront spécifiques à chaque cluster, et ce, afin d'être répliquée par les planificateurs énergétiques, selon le profil énergétique spécifiques de chaque wilaya.

La triangulation des approches a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- La consommation énergétique résidentielle et le stock bâti ont évolué de manière significative, avec une croissance annuelle moyenne respective de de 2,7 % et 3,5 %.
- Le gaz naturel et l'électricité représentent les combustibles les plus utilisés dans le stock résidentiel bâti algérien.
- Le gaz naturel demeure le type d'énergie la plus consommée à l'échelle nationale.

L'approche spatiale par cartographie spatio-temporelle du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La zone climatique (A) enregistre le plus grand nombre de logements.
- Le plus grand stock résidentiel bâti est estimé dans les wilayas suivantes : Alger, Oran, Sétif, Tizi Ouzou et Batna.

- Les zones climatiques (D) et (D') sont caractérisées par le plus faible nombre de logements.
- Les wilayas de Tindouf, Illizi, Naama, Tamanghasset et El Bayad enregistrent les plus faibles stocks résidentiels bâtis.
- Les valeurs de consommation résidentielle les plus élevées sont observées dans les wilayas situées dans les zones climatiques (A, B, B', et C).
- Les valeurs de consommation résidentielles les plus faibles sont observées dans les wilayas situées dans les zones climatiques (D et D').

L'approche statistique par régression linéaire multiple montre que :

- Les zones climatiques, le stock résidentiel bâti, le PIB, le raccordement au gaz, le taux d'électrification et la densité urbaine représentent des variables qui expliquent les variations d'a consommation résidentielle. Ces variables peuvent être utilisées pour prédire la consommation énergétique à long terme.
- Les résultats montrent que, outre la taille du stock résidentiel bâti, la consommation résidentielle dépend fortement des taux de raccordement à l'électricité et au gaz. En revanche, l'influence du PIB et de la densité urbaine ne joue qu'un rôle mineur. Cela peut s'expliquer par l'évolution des exigences en matière de confort thermique associée à l'accès aux réseaux énergétiques. Par conséquent, l'impact probable de l'augmentation des raccordements au gaz et à l'électricité représente un facteur crucial dans la conception des politiques énergétiques.
- La variable taille de ménage n'a pas d'impact significatif dans le modèle de consommation énergétique résidentielle.

L'approche par Clustering hiérarchique a permis de classer les 48 wilayas en quatre groupes, et ce, sur la base de leur comportement énergétique. Ces dernières sont regroupées comme suit :

- Le cluster 1 et le cluster 3 sont caractérisés par une tendance à la baisse.
- Le cluster 2 est caractérisé par une croissance à la hausse.

- Le cluster 4 se caractérise par une croissance stable et positive.

Les différents profils de consommation énergétique permettent de planifier des scénarios de maîtrise énergétique à l'échelle locale, spécifiques au comportement énergétique de chaque cluster. Dans le sixième et dernier chapitre les résultats obtenus à l'échelle nationale et locale seront exposés sous forme de feuille de route, dédiée aux acteurs de la transition énergétique.

**Chapitre 6: Feuille de route (*roadmap*) pour une
planification énergétique durable du secteur
résidentiel algérien aux échelles nationale et locale**

Chapitre 6: Feuille de route (*roadmap*) pour une planification énergétique durable du secteur résidentiel algérien aux échelles nationale et locale

1. Introduction

Dans le cadre de cette thèse, l'approche triangulaire élaborée afin de pouvoir créer une modélisation de la consommation énergétique du parc logement algérien aux échelles nationale et locale a permis d'appréhender la dynamique et le comportement de la consommation énergétique résidentielle. Après un examen détaillé de l'application des différentes approches issues d'un processus complémentaire, ce sixième chapitre propose de discuter les principales recommandations de maîtrise énergétique spécifiques aux contextes national et local, qui sont tirés de la modélisation énergétique résidentielle (un outil d'aide à la décision au caractère ciblé).

2. Les recommandations stratégiques de maîtrise énergétique en faveur des acteurs de la transition énergétique

Un modèle de consommation énergétique résidentielle de l'ensemble du territoire algérien a été conçu comme un modèle référentiel de base, qui a pour but de guider les acteurs de la transition énergétique dans la mise en œuvre d'une planification énergétique durable. La modélisation énergétique en question a été développée à travers une approche triangulaire, combinant les systèmes d'information géographique (SIG), la Régression Linéaire Multiple (RLM), ainsi que le Clustering Hiérarchique.

Les principaux résultats de l'étude montrent que la consommation énergétique résidentielle et le stock bâti ont évolué respectivement de manière significative avec une croissance annuelle moyenne de 2,7 % et 3,5 %. Cette croissance est causée

principalement par la pression combinée de la démographie et du développement socio-économique.

En matière de types d'énergies consommées par le stock résidentiel bâti, les résultats montrent que le gaz naturel ainsi que l'électricité représentent les combustibles les plus utilisés à l'échelle nationale, plus précisément, le gaz naturel demeure la source d'énergie la plus consommée par le stock résidentiel bâti algérien. En ce qui concerne la consommation énergétique par unité de logement, celle-ci est beaucoup plus élevée dans les zones climatiques ayant des étés chauds et des hivers froids, contrairement au climat méditerranéen.

La régression linéaire multiple, quant à elle, avait mis en évidence que la taille du stock résidentiel bâti représente le principal facteur qui influence la consommation résidentielle. Outre ce facteur, les taux de raccordement aux réseaux électriques (le gaz naturel et l'électricité) représentent les variables les plus significatives de la consommation résidentielle, bien plus que le PIB ou la densité urbaine. En ce qui concerne l'impact climatique, ce sont les zones climatiques C, D, B et B' dans cet ordre qui ont une forte influence sur le comportement énergétique du stock résidentiel bâti.

Bien que modeste, l'influence de la densité urbaine sur la consommation résidentielle est positive, ce qui signifie que les wilayas ayant un taux d'urbanisation plus élevé sont associées à des consommations d'énergie plus importantes. Cela peut être lié à une évolution des attentes des habitants en matière de confort thermique. Il s'agit de facteurs importants à prendre en compte, et à surveiller car le taux d'urbanisation, et les niveaux associés de raccordement au gaz et à l'électricité, devraient augmenter dans un proche avenir, et ce, à la lumière de deux principales variables. D'une part, la croissance de la population qui évolue avec un taux de 2 % à l'échelle nationale (ONS, 2020), et d'autre part, l'impact du nouveau découpage administratif du pays, ayant officiellement promu dix (10) circonscriptions administratives dans le sud du pays.

L'analyse du clustering hiérarchique a permis de classer les 48 wilayas en quatre principaux clusters. Ces derniers identifient les quatre profils de consommation énergétique du stock résidentiel bâti. L'identification doit être prise en compte lors de la conception et/ou la révision de politiques énergétiques adéquates pour chacune de ces situations.

Sur la base des principaux résultats de l'approche triangulaire, la présente recherche propose les recommandations suivantes à l'échelle nationale, en se basant sur l'hétérogénéité du comportement énergétique résidentielle, représentant la troisième phase du processus de planification énergétique durable (Mirakyan et al., 2009) :

- Promouvoir la transition énergétique du stock résidentiel bâti par l'introduction du mix énergétique dans la consommation résidentielle, par l'exploitation à grande échelle de l'énergie solaire, grâce au potentiel d'ensoleillement que possède l'Algérie.
- Développer le mix énergétique en tenant compte du taux d'évolution du raccordement au gaz naturel et de l'électricité, de l'impact des zones climatiques sur la consommation énergétique résidentielle par unité d'habitation, et du profil de consommation énergétique de chaque wilaya.
- Concevoir des politiques énergétiques en fonction du profil de consommation énergétique de chaque wilaya, associé aux taux réels de consommation de gaz naturel et d'électricité.
- Etablir des scénarii d'efficacité énergétique priorisée (rénovation énergétique, construction neuve à haute performance énergétique) en fonction du comportement énergétique de chaque wilaya et de l'impact climatique de chaque zone.

D'autres recommandations peuvent renforcer les orientations de l'approche triangulaire :

- Combiner les résultats de l'approche triangulaire avec des études techniques orientées vers l'examen de la faisabilité et l'impact des scénarii d'efficacité énergétique à l'échelle des bâtiments résidentiels, et ce, afin de maîtriser l'impact des températures extérieures, notamment dans les zones climatiques C, D, B et B'.
- Étendre la réflexion en analysant les modèles de consommation résidentielle à l'échelle des wilayas pilotes, à travers l'introduction de variables supplémentaires susceptibles d'impacter la consommation résidentielle, telles que la typologie de logements, l'âge de la construction, les caractéristiques constructives du bâtiment résidentiel, le système HVAC qui désigne (le chauffage, la ventilation, le conditionnement d'air, l'eau chaude sanitaire), le coût de l'énergie, et ce, dans le but d'examiner la faisabilité socio-économique et environnementale des projets d'efficacité énergétique établis à l'échelle des wilayas pilotes, avant d'être reproduit à grande échelle.

Les figures 40 et 41 illustrent des feuilles de route établissant des recommandations à l'échelle nationale et locale.

Identification of key variables that significantly impact the REC

RBS
Climate zones B, B', C and D

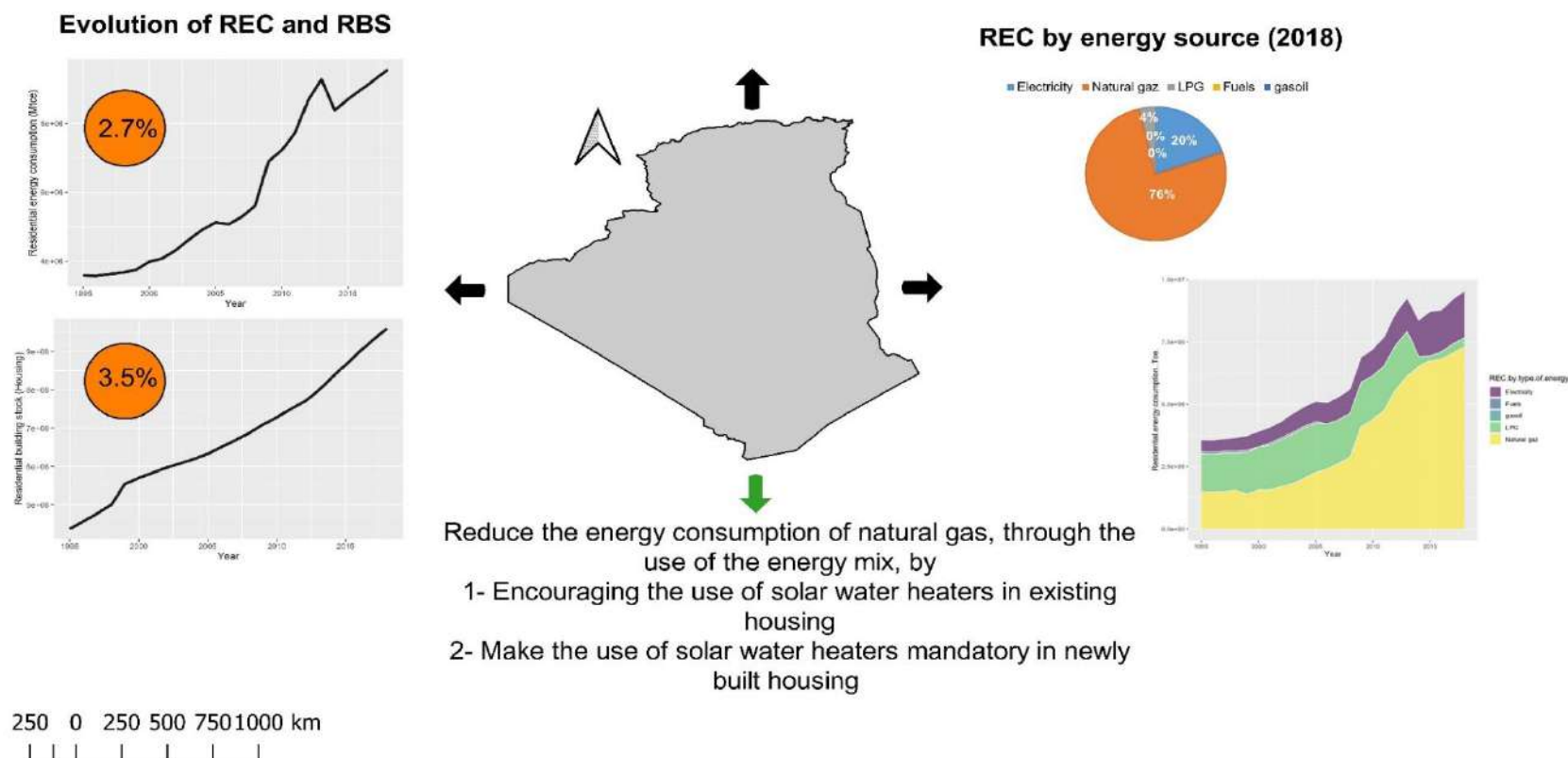


Figure 40. Vue d'ensemble sur les principales conclusions et recommandation à l'échelle nationale.

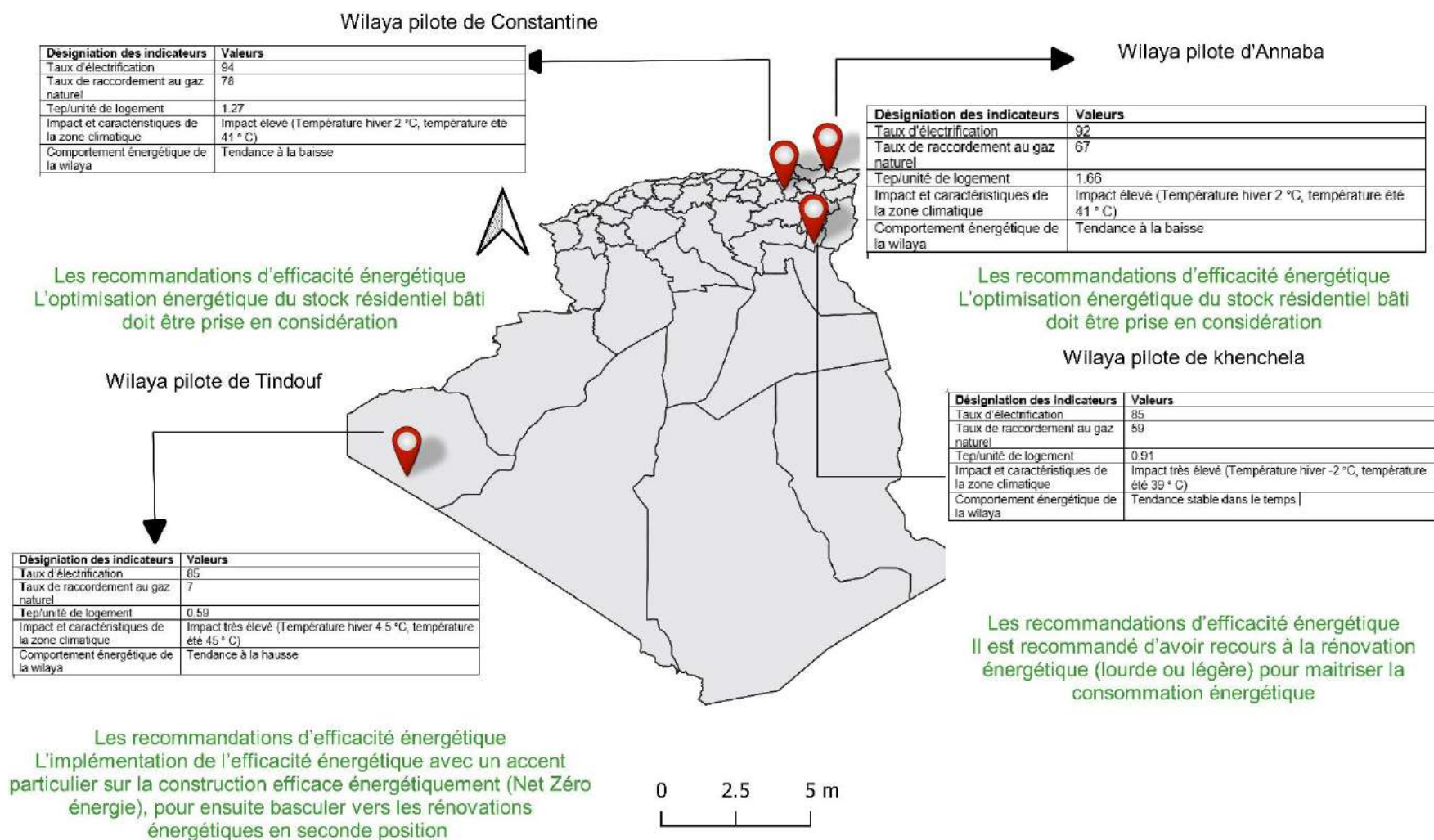


Figure 41. Recommandations pour la maîtrise énergétique à l'échelle des wilayas pilotes, basée sur les indicateurs d'efficacités énergétiques.

En fonction de l'approche triangulaire développée et appliquée sur les 48 wilayas entre 1995 et 2018, le tableau 18 croise les indicateurs d'efficacité énergétique, qui représentent les résultats de l'approche triangulaire avec les recommandations opérationnelles à l'échelle locale.

Tableau 18. Recommandation de maîtrise énergétique du stock résidentiel bâti à l'échelle locale (48 wilayas).

N°	Wilayas	Zones climatiques		Tep/unité de logement	Profil énergétique	Taux Electrification (%)*	Taux Raccordement au Gaz (%)*	Recommandation pour la maîtrise énergétique
		Typologie	Impact sur le REC					
1	Adrar	D'	Faible	Faible	Tendance à la hausse	100	11	Prioriser le recours au scénario A
2	Chlef	B'	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	100	41	Prioriser le recours au scénario A
3	Laghouat	C	Fort	Fort	Tendance à la baisse	81	66	Prioriser le recours au scénario C

4	Oum el Bouaghi	C	Fort	Fort	Tendance à la baisse	92	68	Prioriser le recours au scénario C
5	Batna	D	Fort	Fort	Tendance à la baisse	98	76	Prioriser le recours au scénario C
6	Bejaïa	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	100	40	Prioriser le recours au scénario A
7	Biskra**	D	Fort	Fort	Tendance à la hausse	100	66	Prioriser le recours au scénario A
8	Bechar**	D	Fort	Fort	Tendance à la hausse	79	28	Prioriser le recours au scénario A
9	Blida	B	Moyen	Moyen	Tendance à la baisse	100	83	Prioriser le recours au scénario C
10	Bouira	C	Fort	Fort	Tendance à la baisse	100	65	Prioriser le recours au scénario C
11	Tamanrasset**	D	Fort	Fort	Tendance à la hausse	80	11	Prioriser le recours au scénario A

12	Tébessa	C	Fort	Fort	Tendance à la baisse	97	71	Prioriser le recours au scénario C
13	Tlemcen	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	100	65	Prioriser le recours au scénario A
14	Tiaret	C	Fort	Fort	Tendance à la baisse	88	69	Prioriser le recours au scénario C
15	Tizi Ouzou	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	100	55	Prioriser le recours au scénario A
16	Alger	A	Faible	Moyen	Tendance à la baisse	100	75	Prioriser le recours au scénario C
17	Djelfa	C	Fort	Fort	Tendance à la hausse	86	69	Prioriser le recours au scénario A
18	Jijel	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	100	53	Prioriser le recours au scénario A
19	Setif	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	100	77	Prioriser le recours au scénario A

20	Saida	C	Fort	Fort	Tendance à la hausse	81	54	Prioriser le recours au scénario A
21	Skikda	A	Faible	Moyen	Tendance à la hausse	93	45	Prioriser le recours au scénario A
22	Sidi Bel Abbes	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	95	66	Prioriser le recours au scénario A
23	Annaba	B	Moyen	Moyen	Tendance à la baisse	92	67	Prioriser le recours au scénario C
24	Guelma	B	Moyen	Moyen	Tendance à la baisse	93	62	Prioriser le recours au scénario C
25	Constantine	B	Moyen	Moyen	Tendance à la baisse	94	78	Prioriser le recours au scénario C
26	Médéa	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	91	44	Prioriser le recours au scénario A
27	Mostaganem	A	Faible	Moyen	Tendance à la hausse	96	37	Prioriser le recours au scénario A

28	M'sila	D	Fort	Fort	Tendance stable	95	59	Prioriser le recours au scénario B
29	Mascara	B	Moyen	Moyen	Tendance à la baisse	100	48	Prioriser le recours au scénario C
30	Ouargla	D	Fort	Fort	Tendance à la baisse	100	57	Prioriser le recours au scénario C
31	Oran	A	Faible	Moyen	Tendance à la hausse	96	64	Prioriser le recours au scénario A
32	El Bayadh	C	Fort	Fort	Tendance à la hausse	83	59	Prioriser le recours au scénario A
33	Illizi	D	Fort	Fort	Tendance à la baisse	82	12	Prioriser le recours au scénario C
34	Bordj Bou Arreridj	C	Fort	Fort	Tendance à la baisse	91	80	Prioriser le recours au scénario C
35	Boumerdes	A	Faible	Moyen	Tendance à la hausse	100	47	Prioriser le recours au scénario A

36	El-Taref	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	86	35	Prioriser le recours au scénario A
37	Tindouf**	D	Fort	Fort	Tendance à la hausse	85	7	Prioriser le recours au scénario A
38	Tissemsilt	C	Fort	Fort	Tendance à la hausse	75	46	Prioriser le recours au scénario A
39	El oued**	D	Fort	Fort	Tendance à la hausse	100	33	Prioriser le recours au scénario A
40	Khenchela	C	Fort	Fort	Tendance stable	85	59	Prioriser le recours au scénario B
41	Souk-ahras	B	Moyen	Moyen	Tendance stable	87	59	Prioriser le recours au scénario B
42	Tipaza	A	Faible	Moyen	Tendance à la hausse	100	47	Prioriser le recours au scénario A
43	Mila	B	Moyen	Moyen	Tendance à la baisse	96	60	Prioriser le recours au scénario C

44	Ain Defla	B'	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	99	45	Prioriser le recours au scénario A
45	Naâma	C	Fort	Fort	Tendance à la baisse	76	52	Prioriser le recours au scénario C
46	Ain Temouchent	B	Moyen	Moyen	Tendance à la baisse	99	56	Prioriser le recours au scénario C
47	Ghardaïa**	D	Fort	Fort	Tendance à la hausse	100	65	Prioriser le recours au scénario A
48	Rélizane	B	Moyen	Moyen	Tendance à la hausse	89	42	Prioriser le recours au scénario A

* Les taux de raccordements aux réseaux énergétiques (gaz et électricité) correspondent aux résultats de calcul de l'année 2018.

** La majorité des wilayas du SUD, situés dans la zone climatique D, offre un gisement d'économie d'énergie considérable à long terme, et ce, en raison de leur comportement énergétique qui tend à la hausse, leur taux de raccordement aux réseaux énergétiques assez faibles par rapport à la moyenne nationale, ainsi que leur perspective d'évolution dans le prochain avenir. Par conséquent, le potentiel climatique de la région SUD, peut contribuer à amorcer le mix énergétique, et promouvoir par la même occasion la transition des wilayas vers la durabilité.

Légende

- **Scénario A** : Priorisez les scénarios d'efficacité énergétique qui vise à promouvoir des logements plus performants sur le plan énergétique, suivie par des scénarios de rénovation énergétique de l'habitat existant.
- **Scénario B** : Priorisez les scénarios de rénovation énergétique (lourde ou légère), et ce en fonction du contexte.
- **Scénario C** : Promouvoir l'optimisation du confort thermique du parc immobilier existant.

Les résultats de cette recherche constituent un levier pour les acteurs de la transition énergétique en vue de réviser, dans le court terme, la stratégie nationale de maîtrise de l'énergie, et ce, à travers l'élargissement de son champ d'actions. Des scénarii adaptés au comportement énergétique de chaque wilaya peuvent être appliqués, afin d'évaluer la pertinence et la faisabilité socio-économiques des scénarios d'efficacité énergétique, tels que la rénovation énergétique du parc logement existant et la construction de nouveaux logements plus performants sur le plan énergétique (voir le tableau 13). Cette implication d'ordre pratique s'inscrit dans l'objectif phare de maîtrise de la consommation énergétique du secteur le plus énergivore à l'échelle nationale, dans l'optique de la ratification de la plupart des accords sur le changement climatique, visant à produire des villes plus durables et soutenables.

3. Zoom sur des recommandations de maîtrise énergétique au caractère plus ciblé

Dans cette recherche, nous avons analysé et traité une grande base de données, et au fur et à mesure de la progression de cette étude, de nombreuses autres directions de recherche ont été soulevées. Par conséquent, plusieurs recommandations peuvent être examinées par les acteurs de la transition énergétique en vue d'affiner les scénarios de maîtrise énergétique :

- Cette recherche a été consacrée au développement d'une nouvelle approche triangulaire, appliquée et testée à l'échelle des 48 wilayas algériennes. Il serait maintenant très intéressant d'appliquer cette approche de triangulation à des échelles plus fines telles que (les communes, les quartiers, les échelles urbaines ... etc.), et ce, dans le but d'appréhender la consommation énergétique résidentielle en profondeur, ce qui permettra d'affiner d'avantages la priorisation des scénarios d'efficacité énergétique, pour une meilleure maîtrise énergétique.
- Cette recherche a souligné l'impact des facteurs sociodémographiques, économiques, climatiques, et urbains sur la consommation énergétique résidentielle, par contre elle n'a pas permis de saisir l'impact relatif aux typologies d'habitat. Cela offre aux modélisateurs et planificateurs la possibilité d'affiner les scénarii d'efficacité énergétique à l'échelle opérationnelle des bâtiments résidentielle.
- L'approche de triangulation développée par la présente thèse est holistique, intégrée et fondée sur des données validées. Cependant, l'approche en question n'a pas permis de saisir l'impact relatif aux caractéristiques constructives du stock résidentiel bâti. Ceci offre la possibilité d'étendre la réflexion en analysant les modèles de consommation énergétique basés sur les wilayas pilotes en incluant d'autres variables qui peuvent affecter ladite consommation, comme les caractéristiques constructives du bâtiment, le système HVAC, le coût de l'énergie.
- Dans le modèle de consommation énergétique résidentielle développée dans le cadre de cette thèse, il a été souligné que la variable quantitative « Taille des ménages » n'a pas d'impact significatif sur la consommation résidentielle, hors que dans la littérature, il s'avère que le comportement de l'occupant représente l'un des facteurs principaux qui influence la consommation énergétique. Dans cette optique, il serait intéressant de procéder à des enquêtes de ménages, qui serviront d'une part à modéliser le comportement de l'occupant, et d'autre part

à identifier les différents profils énergétiques des ménages, et ce, en ayant recours à un grand nombre de données issues de campagnes de mesures, d'enquêtes sociologiques (questionnaires) et de simulation thermique de nature dynamique.

4. Conclusion

Dans ce sixième chapitre il a été démontré que l'affranchissement d'un pas vers la transition énergétique dans le secteur résidentiel, nécessite une planification énergétique durable qui vise à promouvoir des villes plus durables et plus soutenables. Dans le cadre de cette recherche, cette planification a été établie sur la base de l'appréhension de la variable « consommation énergétique » du secteur le plus énergivore à l'échelle nationale, à travers le développement d'une nouvelles approches dite triangulaire et comminée, qu'est synonyme de multidisciplinarité.

Cette recherche a pu révéler qu'une planification énergétique aux échelles nationale et locale, axée sur la visualisation de la donnée dans son ensemble permet d'apporter un éclairage sur l'hétérogénéité du secteur de l'habitat, et ce, vis-à-vis de sa consommation énergétique, et que la conception d'un modèle énergétique comme un outil d'aide à la décision peut être appréhendée comme une des solutions pour pallier à la rareté des informations relative à ce secteur, tout en établissant des scénarios visant à tester et à promouvoir la transition énergétique dans le secteur résidentiel. Néanmoins, une planification durable axée sur une modélisation énergétique, demeure dynamique, est peut-être appréhendée par une panoplie de facteurs aux dimensions multiples.

Dans cette perspective, nous souhaiterons que cette recherche servira d'un soubassement aux acteurs de la transitions énergétiques, et une perspective aux futurs chercheurs désireux de travailler sur des thématiques en lien avec la problématique du Vingt-et-unième, celle de « *la maîtrise de la consommation énergétique résidentielle* ».

Conclusion générale

Conclusion générale

La transition énergétique renvoie à un concept multidimensionnel et multi-échelle. Par conséquent, l'intégration des préoccupations environnementales dans la planification énergétique nationale en vue de développer des villes plus durables et plus soutenables requiert une caractérisation et une analyse approfondie des secteurs les plus stratégiques à l'échelle nationale, à savoir les secteurs grands consommateurs d'énergie.

C'est dans cette optique que la présente thèse a cherché à développer un modèle de consommation énergétique, relative au stock résidentiel bâti algérien, puisque c'est le secteur le plus énergivore à l'échelle nationale. Le processus de modélisation a permis de couvrir l'ensemble des unités territoriales au cours d'une large période allant de 1995 à 2018. Le but ultime vise à amorcer la transition énergétique par le recours à une planification énergétique durable. Le développement d'un modèle de consommation résidentielle relatif au secteur le plus énergivore à l'échelle nationale, incarne une double implication, l'une de nature théorique (scientifique), et l'autre pratique.

Tout d'abord, l'implication d'ordre théorique (scientifique), se matérialise par le fait que le modèle de consommation résidentielle conçue dans le cadre de cette thèse a été développé à travers la conception d'une approche triangulaire, qui combine les systèmes d'information géographique (SIG), l'analyse de Régression, ainsi que le Clustering Hiérarchique, comme étant une réponse au défi scientifique, lancé par les paires de la planification énergétique durable. Il a permis de renforcer la combinaison de différentes approches méthodologiques, qui traitent des aspects socio-économiques, techniques, institutionnels, avec une attention particulière à l'aspect spatial de la consommation énergétique (Torabi Moghadam et al., 2017). Cette triangulation des approches au caractère pluridisciplinaire prend une envergure à la fois statistique, géographique ainsi que mathématique, ayant pour but de : (1) calculer

et d'analyser la variabilité spatio-temporelle du stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique ; (2) développer un modèle général de consommation énergétique résidentiel couvrant l'ensemble du territoire national ; (3) identifier les profils énergétiques du secteur résidentiel aux échelles nationale et locale. Une telle démarche contribue à encourager les futures recherches à prendre en compte des approches plus intégrées, en vue de développer des planifications énergétiques, au caractère durable, car le recours aux approches combinées permet d'explorer des stratégies de transition énergétique, en adéquation avec les spécificités du contexte local.

En second lieu, l'implication d'ordre pratique, soulève les défis que rencontre la consommation énergétique du stock résidentiel bâti algérien, en termes de maîtrise énergétique, à savoir : une politique énergétique prometteuse, mais qui demeure ponctuelle, et généraliste, ainsi qu'une approche de planification énergétique de nature descendante et restreinte dans la désignation des scénarios d'efficacité énergétique.

Ce faisant, cette recherche a soulevé trois défis scientifiques considérés comme les principales questions de recherche auxquels nous avons tenté à y répondre, en choisissant les 48 wilayas qui couvrent l'ensemble du territoire national.

▪ **Retour sur les principales questions de recherche**

Pour rappel, les principales questions de recherche abordées dans la présente thèse ont été exprimées comme suit :

Question 1. Comment quantifier, spatialiser et analyser la consommation énergétique résidentielle, de l'ensemble des types d'énergies consommées par le stock résidentiel bâti algérien, et ce, à l'échelle des 48 wilayas ?

Question 2. Quel est l'impact relatif du produit intérieur brut (PIB), de la croissance du parc logement, du climat, du raccordement aux réseaux énergétiques (gaz et électricité), de la taille des ménages et de la densité urbaine sur la consommation énergétique au niveau de toutes les wilayas entre 1995 et 2018 ?

Question 3. Comment classer et identifier les 48 wilayas algériennes en clusters sur la base de leur profil de consommation énergétique et son évolution dans le temps ?

Dans ce qui suit, nous répondrons à chacune de ces questions et nous résumerons les principaux résultats.

Dans la littérature, il existe plusieurs interprétations de la consommation d'énergie dans les bâtiments. Il peut s'agir de la consommation énergétique dans l'industrie de la construction, la consommation énergétique dans le secteur de la construction, la consommation énergétique pendant le cycle de vie du bâtiment et la consommation énergétique dans les bâtiments pour répondre à leurs besoins (Huo et al., 2018). Dans le cadre de cette recherche, l'accent est mis sur le stock résidentiel bâti et la consommation énergétique exploitée pour répondre à ses besoins. Ces deux variables de nature quantitatives ont été quantifiées, par le biais de méthodes de calcul développées par Y. Wang et al. (2020), donnant lieu à l'élaboration de cinq formules mathématiques qui ont été présentées dans le chapitre 5 de la présente thèse. Les résultats de calcul correspondant au stock résidentiel bâti et sa consommation énergétique ont été matérialisés par la création d'une large base de données, couvrant les 48 wilayas entre 1995 et 2018, dans le but de combler des lacunes chroniques dans un contexte de pénurie de données. La base de données élaborée dans le cadre de la présente thèse est spécifiquement dédiée aux acteurs de la transition énergétique ainsi qu'aux futurs chercheurs. Elle a d'ailleurs permis, sur la base d'une approche spatiale utilisant les systèmes d'information géographique (SIG), de cartographier, visualiser et analyser la variabilité spatio-temporelle à différentes échelles (échelle locale, échelle des zones climatiques).

Pour répondre à la deuxième question de recherche, la présente thèse a procédé au développement d'un modèle de consommation énergétique relative au stock résidentiel bâti algérien, couvrant l'ensemble des 48 wilayas entre 1995 et 2018.

Cette modélisation a été élaboré sur une matrice de 11000 valeurs, dans le but d'analyser la relation entre la consommation énergétique résidentielle et les principaux facteurs (sociodémographiques, économiques, climatiques, du bâtiment et urbains) impactant ladite consommation, et ce, à travers une analyse de Régression Linéaire Multiple sur le logiciel d'analyse statistique R.

Les résultats ont montré qu'outre la taille du stock résidentiel bâti, la consommation énergétique résidentielle dépend fortement des taux de raccordement à l'électricité et au gaz naturel. En revanche, l'influence du Produit Intérieur Brut (PIB) et de la densité urbaine ne joue qu'un rôle mineur. Cela peut s'expliquer par l'évolution des exigences en matière de confort thermique associées à l'accès aux réseaux énergétiques. La zone climatique influence la consommation résidentielle, en particulier dans les wilayas situées dans les zones C, D, B et B'. Bien que modeste, l'influence de la densité urbaine sur la consommation énergétique est positive, ce qui signifie que les wilayas ayant un taux d'urbanisation plus élevé sont associées à des consommations d'énergie plus importantes. L'impact probable de l'augmentation des raccordements aux réseaux énergétiques (gaz naturel et l'électricité) représente un facteur crucial dans la conception des politiques énergétiques. Cependant, la taille du ménage en Algérie n'a pas une grande influence dans le modèle de consommation énergétique, probablement due au contexte socio-politique (le subventionnement de l'électricité et du gaz par le gouvernement algérien).

Enfin, pour ce qui est de la réponse à la troisième question de recherche, il y a lieu d'indiquer que dans le but d'identifier le comportement et le profil de consommation énergétique du stock résidentiel bâti, des 48 wilayas entre 1995 et 2018, une approche par Clustering Hiérarchique a été développée. Celle-ci a procédé, d'une part à la conception d'une carte de chaleur (*Heat map*) qui a permis de visualiser et analyser le comportement énergétique à l'échelle locale (échelle de la wilaya), et d'autre part, une analyse hiérarchique par cluster a ensuite été élaborée, pour regrouper les wilayas

présentant des profils énergétiques similaires à l'aide d'un algorithme mathématique. Cette approche par Clustering a été exécutée à l'aide du logiciel d'analyse statistique R, où l'ensemble des wilayas a été regroupé en quatre clusters. Quatre wilayas ont été identifiées comme des archétypes (wilaya-pilote), et ce, en vue d'étudier la faisabilité socio-économique, des scénarios de transition énergétique, spécifique au secteur résidentiel.

▪ **Les apports scientifiques, atouts, limites et futures recherches**

La modélisation énergétique résidentielle développée par la présente recherche, décrit le comportement et le profil de consommation énergétique à l'échelle nationale et locale. Inscrite dans une démarche combinée, l'approche triangulaire constitue les trois phases principales de la planification énergétique durable (Torabi Moghadam et al., 2017). Le recours à cette triangulation des approches, constitue un cadre conceptuel facile à reproduire, par conséquent, il permet de s'adapter à des contextes géographiques différents, ou à des échelles plus fines (communes, quartiers etc.). Elle permet également de pallier au manque d'informations, car outre le processus méthodologique, la disponibilité et la validité des données impactent la qualité de la planification énergétique durable (Mirakyan. A, 2009).

Dans un contexte de pénurie de données, le modèle de consommation énergétique de l'ensemble du stock bâti algérien constitue un premier élément de référence, qui permettra de fournir aux acteurs de la transition énergétique un ensemble d'informations sur le comportement de la consommation énergétique résidentielle. En effet, le modèle énergétique résidentiel constitue un véritable outil d'aide à la décision puisqu'il fournit un éclairage opérationnel, qui vise la révision de la politique énergétique actuelle à la lumière des recommandations et des scénarii de maîtrise énergétique établie aux échelles nationale et locale.

La force de cette étude réside, en outre, dans la complémentarité des approches d'analyse élaborées sur une base longitudinale. Cette approche originale

constitue la première recherche algérienne qui calcule, spatialise et analyse la consommation énergétique résidentielle sur l'ensemble du territoire algérien, couvrant toutes les zones climatiques, l'ensemble des wilayas, et s'applique sur une large période temporelle (plus de vingt ans). L'analyse de la consommation énergétique résidentielle à l'échelle de la wilaya, considérée comme l'unité de base territoriale, se présente comme une référence importante pour les acteurs de la transition énergétique et les chercheurs. Néanmoins, cette recherche est limitée par le fait que la variable indépendante « typologie de l'habitat » n'a pas été prise en compte. Cependant, les futures recherches peuvent s'orienter vers l'extension du modèle énergétique résidentiel par l'intégration d'une série de variables indépendantes au caractère explicatif et prédictif, et ce dans le but d'affiner les scénarios d'efficacité énergétique à l'échelle opérationnelle des bâtiments résidentiels.

Références bibliographiques

- Ahmed Gassar, A. A., Yun, G. Y., & Kim, S. (2019). Data-driven approach to prediction of residential energy consumption at urban scales in London. *Energy*, 187, 115973. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115973>
- Akrich, M. (1989). La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques. *Anthropologie et Sociétés*, 13(2), 31–54. <https://doi.org/10.7202/015076ar>
- Al-Ghandoor, A., Jaber, J. O., Al-Hinti, I., & Mansour, I. M. (2009). Residential past and future energy consumption: Potential savings and environmental impact. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6–7), 1262–1274. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.008>
- Ali-Toudert, F., & Weidhaus, J. (2017). Numerical assessment and optimization of a low-energy residential building for Mediterranean and Saharan climates using a pilot project in Algeria. *Renewable Energy*, 101, 327–346. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.08.043>
- Amri, F. (2017). The relationship amongst energy consumption (renewable and non-renewable), and GDP in Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.029>
- APRUE. (2015a). *Programme Eco-Bat: Efficacité énergétique dans le bâtiment*. Retrieved from <http://www.aprue.org.dz/prg-eco-bat.html>. Accessed May 19, 2021
- APRUE. (2015b). *Programme de développement de l'efficacité énergétique à l'horizon 2030*. Retrieved from <http://www.aprue.org.dz/documents/prog.develop.energ-2030.pdf>. Accessed October 6, 2020
- APRUE. (2015c). *Publications énergie dans les zones*. Retrieved from <http://www.aprue.org.dz/documents/publication%20energie%20dans%20les%20zone%20s-edition%202015.pdf>. Accessed May 19, 2021
- APRUE. (2017). *La consommation énergétique finale*. Retrieved from <http://www.aprue.org.dz/documents/Consommation%20%C3%A9nerg%C3%A9tique%20finale.pdf>. Accessed May 17, 2021
- ASHRAE: Modeling Methods—Google Scholar. (2009). Retrieved July 6, 2021, from: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=2009+Ashrae+handbook+fundamentals+IP+edition+%E2%80%93+Energy+estimating+and+modeling+methods&author=ASHRAE&publication_year=2009&inst=1043713504791314003

Références bibliographiques

- Aydinalp-Koksal, M., & Ugursal, V. I. (2008). Comparison of neural network, conditional demand analysis, and engineering approaches for modeling end-use energy consumption in the residential sector. *Applied Energy*, 85(4), 271–296. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2006.09.012>
- Bélaïd, F., & Abderrahmani, F. (2013). Electricity consumption and economic growth in Algeria: A multivariate causality analysis in the presence of structural change. *Energy Policy*, 55, 286–295. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.004>
- Bianco, V., Manca, O., & Nardini, S. (2013). Linear Regression Models to Forecast Electricity Consumption in Italy. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 8(1), 86–93. <https://doi.org/10.1080/15567240903289549>
- Biswas, M. A. R., Robinson, M. D., & Fumo, N. (2016). Prediction of residential building energy consumption: A neural network approach. *Energy*, 117, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.066>
- Boukarta, S., & Berezowska-Azzag, E. (2018). Assessing Households' Gas and Electricity Consumption: A Case Study of Djelfa, Algeria. *Quaestiones Geographicae*, 37(4), 111–129. <https://doi.org/10.2478/quageo-2018-0034>
- Bourdeau, M., Zhai, X. qiang, Nefzaoui, E., Guo, X., & Chatellier, P. (2019). Modeling and forecasting building energy consumption: A review of data-driven techniques. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101533. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101533>
- Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). Residential energy use and conservation: Economics and demographics. *European Economic Review*, 56(5), 931–945. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2012.02.007>
- Bulletin_014_06.pdf. (2008). Retrieved July 6, 2021, from https://www.cder.dz/vlib/bulletin/pdf/bulletin_014_06.pdf
- Caputo, P., & Pasetti, G. (2017). Boosting the energy renovation rate of the private building stock in Italy: Policies and innovative GIS-based tools. *Sustainable Cities and Society*, 34, 394–404. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.002>
- Caputo, P., Costa, G., & Ferrari, S. (2013). A supporting method for defining energy strategies in the building sector at urban scale. *Energy Policy*, 55, 261–270. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.006>
- Catalina, T., Iordache, V., & Caracaleanu, B. (2013). Multiple regression model for fast prediction of the heating energy demand. *Energy and Buildings*, 57, 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.11.010>
- CDER. (2009). *Le bulletin des Energies Renouvelables* .Retrieved July 6, 2021, from <https://www.cder.dz/bulletin/bull15-16/ber15-16.pdf>

Références bibliographiques

- Changements climatique, rapport de synthèse| GIEC (2008). Retrieved July 6, 2021, from https://www.actu-environnement.com/media/infographies/25680/ar4_syr_fr.pdf
- Chen, B., Xiong, R., Li, H., Sun, Q., & Yang, J. (2019). Pathways for sustainable energy transition. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1564–1571. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.372>
- Chen, H., Huang, Y., Shen, H., Chen, Y., Ru, M., Chen, Y., Lin, N., Su, S., Zhuo, S., Zhong, Q., Wang, X., Liu, J., Li, B., & Tao, S. (2016). Modeling temporal variations in global residential energy consumption and pollutant emissions. *Applied Energy*, 184, 820–829. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.185>
- Cherfi, S. (2011). L’avenir energetique de l’algerie: Quelles seront les perspectives de consommation, de production et d’exportation du petrole et du gaz a l’horizon 2020-2030 ? *Les Cahiers Du Cread*, 96, 27–49. <https://www.ajol.info/index.php/cread/article/view/125713>
- CNERIB. (1997). *D.T.R.C.3.2. Réglementation thermique des bâtiments d’habitation*. Retrieved from <http://www.cnerib.edu.dz/>. Accessed October 26, 2020
- Congrès international sur les énergies renouvelables (1er), la sécurité énergétique et alimentaire du 01 au 03 Avril 2018 au CIC. (2018).
- Corgnati, S. P., Fabrizio, E., Filippi, M., & Monetti, V. (2013). Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application. *Applied Energy*, 102, 983–993. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.06.001>
- Crespo del Granado, P., van Nieuwkoop, R. H., Kardakos, E. G., & Schaffner, C. (2018). Modelling the energy transition: A nexus of energy system and economic models. *Energy Strategy Reviews*, 20, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.03.004>
- Dascalaki, E. G., Droutsas, K., Gaglia, A. G., Kontoyiannidis, S., & Balaras, C. A. (2010). Data collection and analysis of the building stock and its energy performance—An example for Hellenic buildings. *Energy and Buildings*, 42(8), 1231–1237. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.014>
- de Santoli, L., Mancini, F., & Astiaso Garcia, D. (2019). A GIS-based model to assess electric energy consumptions and usable renewable energy potential in Lazio region at municipality scale. *Sustainable Cities and Society*, 46, 101413. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.12.041>
- DeCarolis, J., Daly, H., Dodds, P., Keppo, I., Li, F., McDowall, W., Pye, S., Strachan, N., Trutnevyte, E., Usher, W., Winning, M., Yeh, S., & Zeyringer, M. (2017). Formalizing

Références bibliographiques

- best practice for energy system optimization modelling. *Applied Energy*, 194, 184–198. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.001>
- DeCarolis, J., Daly, H., Dodds, P., Keppo, I., Li, F., McDowall, W., Pye, S., Strachan, N., Trutnevyte, E., Usher, W., Winning, M., Yeh, S., & Zeyringer, M. (2017). Formalizing best practice for energy system optimization modelling. *Applied Energy*, 194, 184–198. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.001>
 - Delmastro, C., Mutani, G., & Corgnati, S. P. (2016). A supporting method for selecting cost-optimal energy retrofit policies for residential buildings at the urban scale. *Energy Policy*, 99, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.051>
 - Dujardin, S., Marique, A.-F., & Teller, J. (2014). Spatial planning as a driver of change in mobility and residential energy consumption. *Energy and Buildings*, 68, 779–785. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.10.059>
 - Duruisseau, K. (2014). L'émergence du concept de transition énergétique. Quels apports de la géographie ? *BSGLg*. <https://popups.uliege.be/0770-7576/?id=3932>
 - Evola, G., Fichera, A., Gagliano, A., Marletta, L., Nocera, F., Pagano, A., & Palermo, V. (2016). Application of a Mapping tool to Plan Energy Saving at a Neighborhood Scale. *Energy Procedia*, 101, 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.018>
 - Fichera, A., Inturri, G., La Greca, P., & Palermo, V. (2016). A model for mapping the energy consumption of buildings, transport and outdoor lighting of neighbourhoods. *Cities*, 55, 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.03.011>
 - Fonseca, J. A., & Schlueter, A. (2015). Integrated model for characterization of spatiotemporal building energy consumption patterns in neighborhoods and city districts. *Applied Energy*, 142, 247–265. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.068>
 - Fouquier, A., Robert, S., Suard, F., Stéphan, L., & Jay, A. (2013). State of the art in building modelling and energy performances prediction: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 272–288. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.004>
 - Fracastoro, G. V., & Serraino, M. (2011). A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications. *Energy and Buildings*, 43(4), 844–852. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.12.004>
 - Fumo, N. (2014). A review on the basics of building energy estimation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.040>
 - Fumo, N., & Rafe Biswas, M. A. (2015). Regression analysis for prediction of residential energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 332–343. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.035>

Références bibliographiques

- Geels, F. W. (2005). *Technological Transitions and System Innovations: A Co-evolutionary and Socio-technical Analysis*. Edward Elgar Publishing.
- Ghedamsi, R., Settou, N., Gouareh, A., Khamouli, A., Saifi, N., Recioui, B., & Dokkar, B. (2016). Modeling and forecasting energy consumption for residential buildings in Algeria using bottom-up approach. *Energy and Buildings*, 121, 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.12.030>
- Gianniou, P., Liu, X., Heller, A., Nielsen, P. S., & Rode, C. (2018). Clustering-based analysis for residential district heating data. *Energy Conversion and Management*, 165, 840–850. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.03.015>
- Groppi, D., de Santoli, L., Cumo, F., & Astiaso Garcia, D. (2018). A GIS-based model to assess buildings energy consumption and usable solar energy potential in urban areas. *Sustainable Cities and Society*, 40, 546–558. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.005>
- Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 413–432. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.03.002>
- Howard, B., Parshall, L., Thompson, J., Hammer, S., Dickinson, J., & Modi, V. (2012). Spatial distribution of urban building energy consumption by end use. *Energy and Buildings*, 45, 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.10.061>
- Howard, B., Parshall, L., Thompson, J., Hammer, S., Dickinson, J., & Modi, V. (2012). Spatial distribution of urban building energy consumption by end use. *Energy and Buildings*, 45, 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.10.061>
- Hsu, D. (2015). Identifying key variables and interactions in statistical models of building energy consumption using regularization. *Energy*, 83, 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.02.008>
- Huo, T., Ren, H., Zhang, X., Cai, W., Feng, W., Zhou, N., & Wang, X. (2018). China's energy consumption in the building sector: A Statistical Yearbook-Energy Balance Sheet based splitting method. *Journal of Cleaner Production*, 185, 665–679. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.283>
- Husson, F., Le, S., & Pagès, J. (2017). *Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R* (2nd ed.). CRC Press (Chapter 4).
- IEA. (2020). *Key World Energy Statistics 2020*. 81. Retrieved from [https://webstore.iea.org/download/direct/4093?fileName=Key World Energy Statistics 2020.pdf](https://webstore.iea.org/download/direct/4093?fileName=Key%20World%20Energy%20Statistics%202020.pdf) . Accessed November 23, 2020

Références bibliographiques

- Iraganaboina, N. C., & Eluru, N. (2021). An examination of factors affecting residential energy consumption using a multiple discrete continuous approach. *Energy and Buildings*, 240, 110934. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110934>
- Jacobsson, S., & Bergek, A. (2004). Transforming the energy sector: The evolution of technological systems in renewable energy technology. *Industrial and Corporate Change*, 13(5), 815–849. <https://doi.org/10.1093/icc/dth032>
- Jebaraj, S., & Iniyar, S. (2006). A review of energy models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(4), 281–311. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.004>
- Jones, R. V., Fuentès, A., & Lomas, K. J. (2015). The socio-economic, dwelling and appliance related factors affecting electricity consumption in domestic buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 901–917. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.084>
- Kateb, K. (2003). Population et organisation de l'espace en Algérie. *L'Espace géographique*, 32(4), 311–331. Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/eg.324.0311>
- Kavousian, A., Rajagopal, R., & Fischer, M. (2013). Determinants of residential electricity consumption: Using smart meter data to examine the effect of climate, building characteristics, appliance stock, and occupants' behavior. *Energy*, 55, 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.086>
- Kim, Y.-J., Lee, S.-J., Jin, H.-S., Suh, I.-A., & Song, S.-Y. (2020). Comparison of linear and nonlinear statistical models for analyzing determinants of residential energy consumption. *Energy and Buildings*, 223, 110226. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110226>
- La boîte à moustaches pour sensibiliser à la statistique—Monique Le Guen, 2002. (2002). Retrieved July 6, 2021, from https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/075910630207300106?casa_token=sOPT1N-hoykAAAAA:sIrbG0P-6k2RWor6fCjJI_RQII-Y7_UIQ-47K86uUFC6WDCcUjRxFTXvk1DwYImTa_kXfe0Un0QFLTY
- Leach, G. (1992). The energy transition. *Energy Policy*, 20(2), 116–123. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(92\)90105-B](https://doi.org/10.1016/0301-4215(92)90105-B)
- Managing the Technological Transition to Sustainable Construction of Buildings: A Socio-Technical Perspective: Technology Analysis & Strategic Management: Vol 13, No 1, 2001.)

Références bibliographiques

- Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, 41(6), 955–967. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.013>
- Mastrucci, A., Baume, O., Stazi, F., & Leopold, U. (2014). Estimating energy savings for the residential building stock of an entire city: A GIS-based statistical downscaling approach applied to Rotterdam. *Energy and Buildings*, 75, 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.032>
- Mata, É., Wanemark, J., Cheng, S. H., Ó Broin, E., Hennlock, M., & Sandvall, A. (2021). Systematic map of determinants of buildings' energy demand and CO₂ emissions shows need for decoupling. *Environmental Research Letters*, 16(5), 055011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe5d7>
- Mattinen, M. K., Heljo, J., Vihola, J., Kurvinen, A., Lehtoranta, S., & Nissinen, A. (2014). Modeling and visualization of residential sector energy consumption and greenhouse gas emissions. *Journal of Cleaner Production*, 81, 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.054>
- Ministère de l'Énergie. (2014). *Bilan des Réalisations du Secteur de l'Énergie et des Mines 2014*. Retrieved from https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/bilan_des_realisations_du_secteur_2014_5_b43758484b17.pdf . Accessed May 19, 2021
- Ministère de l'Énergie. (2016). *Bilan énergétique national - ANNEE 2016*. https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/bilan_des_realisations_du_secteur_2015_5_b4375a2d9cc5.pdf
- Ministère de l'Énergie. (2020). *Bilan énergétique national - ANNEE 2019*. 40. <https://www.energy.gov.dz/?article=bilan-energetique-national-du-secteur>
- Ministère de l'Énergie. (2020). *Bilan énergétique national - Année 2019*. Retrieved from <https://www.energy.gov.dz/?article=bilan-energetique-national-du-secteur>. Accessed November 23, 2020
- Mirakyan, A., Lelait, L., Khomenko, N., Kaikov, I., 2009. Methodological Framework for the Analysis and Development of a Sustainable, Integrated, Regional Energy Plan e a French Region Case Study.
- Mora, D., Carpino, C., & De Simone, M. (2018). Energy consumption of residential buildings and occupancy profiles. A case study in Mediterranean climatic conditions. *Energy Efficiency*, 11(1), 121–145. <https://doi.org/10.1007/s12053-017-9553-0>
- Mora, D., Carpino, C., & De Simone, M. (2018). Energy consumption of residential buildings and occupancy profiles. A case study in Mediterranean climatic conditions. *Energy Efficiency*, 11(1), 121–145. <https://doi.org/10.1007/s12053-017-9553-0>

Références bibliographiques

- Nishimwe, A. M. R., & Reiter, S. (2021). Building heat consumption and heat demand assessment, characterization, and mapping on a regional scale: A case study of the Walloon building stock in Belgium. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110170. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110170>
- Nouvel, R., Mastrucci, A., Leopold, U., Baume, O., Coors, V., & Eicker, U. (2015). Combining GIS-based statistical and engineering urban heat consumption models: Towards a new framework for multi-scale policy support. *Energy and Buildings*, 107, 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.021>
- O’Shea, K., & Nash, R. (2015). An Introduction to Convolutional Neural Networks. *ArXiv:1511.08458 [Cs]*. <http://arxiv.org/abs/1511.08458>
- *Objectifs de développement | PNUD*. (n.d.). Retrieved July 6, 2021, from <https://www1.undp.org/content/undp/fr/home/sustainable-development-goals.html>
- Office Nationale des Statistiques, A. (2018). *Démographie algérienne 2008*. 32.
- ONS. (2020). Démographie Algérienne 2018. Retrieved from <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique34>. Accessed October 26, 2020
- ONS. (2018). *Démographie algérienne 2008*. 32. Retrieved from <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique34>. Accessed May, 8, 2021
- Österbring, M., Mata, É., Thuvander, L., Mangold, M., Johnsson, F., & Wallbaum, H. (2016). A differentiated description of building-stocks for a georeferenced urban bottom-up building-stock model. *Energy and Buildings*, 120, 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.03.060>
- Protocole de Kyoto à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. (1998). Retrieved July 6, 2021, from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>
- QGIS. (2021). *QGIS Geographic Information System*. Retrieved from <https://www.qgis.org>. Accessed January 6, 2019
- Qu’est-ce que l’Accord de Paris? | CCNUCC. (n.d.). Retrieved July 6, 2021, from <https://unfccc.int/fr/process-and-meetings/l-accord-de-paris/qu-est-ce-que-l-accord-de-paris>
- R. (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Retrieved from <https://www.R-project.org/>. Accessed January 6, 2019
- Reiter, S., & Marique, A.-F. (2012). Toward Low Energy Cities: A Case Study of the Urban Area of Liège, Belgium. *Journal of Industrial Ecology*, 16(6), 829–838. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00533.x>
- Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED). (2015). 39.

Références bibliographiques

- Rhodes, J. D., Cole, W. J., Upshaw, C. R., Edgar, T. F., & Webber, M. E. (2014). Clustering analysis of residential electricity demand profiles. *Applied Energy*, 135, 461–471. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.111>
- Ringkjøb, H.-K., Haugan, P. M., & Solbrekke, I. M. (2018). A review of modelling tools for energy and electricity systems with large shares of variable renewables. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 440–459. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.002>
- Sachs, J., Moya, D., Giarola, S., & Hawkes, A. (2019). Clustered spatially and temporally resolved global heat and cooling energy demand in the residential sector. *Applied Energy*, 250, 48–62. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.011>
- Salari, M., & Javid, R. J. (2016). Residential energy demand in the United States: Analysis using static and dynamic approaches. *Energy Policy*, 98, 637–649. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.041>
- Sarle, W. S. (1994). Neural Networks and Statistical Models. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.27.699>
- Sepehr, M., Eghtedaei, R., Toolabimoghadam, A., Noorollahi, Y., & Mohammadi, M. (2018). Modeling the electrical energy consumption profile for residential buildings in Iran. *Sustainable Cities and Society*, 41, 481–489. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.041>
- Štreimikienė, D. (2014). Residential energy consumption trends, main drivers and policies in Lithuania. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 285–293. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.012>
- Swan, L. G., & Ugursal, V. I. (2009). Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 1819–1835. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.033>
- Swan, L. G., & Ugursal, V. I. (2009). Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), 1819–1835. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.033>
- Tambach, M., Hasselaar, E., & Itard, L. (2010). Assessment of current Dutch energy transition policy instruments for the existing housing stock. *Energy Policy*, 38(2), 981–996. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.050>
- Tardioli, G., Kerrigan, R., Oates, M., O'Donnell, J., & Finn, D. (2015). Data Driven Approaches for Prediction of Building Energy Consumption at Urban Level. *Energy Procedia*, 78, 3378–3383. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.754>
- *Tewfik Hasni, et al.(2021)*. Retrieved July 5, 2021, from <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/algerien/17412.pdf>

Références bibliographiques

- Theodoridou, I., Papadopoulos, A. M., & Hegger, M. (2011). Statistical analysis of the Greek residential building stock. *Energy and Buildings*, 43(9), 2422–2428. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.05.034>
- Torabi Moghadam, S., Delmastro, C., Corgnati, S. P., & Lombardi, P. (2017). Urban energy planning procedure for sustainable development in the built environment: A review of available spatial approaches. *Journal of Cleaner Production*, 165, 811–827. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.142>
- Torabi Moghadam, S., Toniolo, J., Mutani, G., & Lombardi, P. (2018). A GIS-statistical approach for assessing built environment energy use at urban scale. *Sustainable Cities and Society*, 37, 70–84. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.10.002>
- Tovar-Facio, J., Martín, M., & Ponce-Ortega, J. M. (2021). Sustainable energy transition: Modeling and optimization. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 31, 100661. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2020.100661>
- Tso, G. K. F., & Guan, J. (2014). A multilevel regression approach to understand effects of environment indicators and household features on residential energy consumption. *Energy*, 66, 722–731. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.01.056>
- Us_energy_efficiency_exc_summary. (2009). Retrieved August 15, 2020, from https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/epng/pdfs/unlocking%20energy%20efficiency/us_energy_efficiency_exc_summary.ashx
- Walter, T., & Sohn, M. D. (2016). A regression-based approach to estimating retrofit savings using the Building Performance Database. *Applied Energy*, 179, 996–1005. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.087>
- Wang, S., Liu, H., Pu, H., & Yang, H. (2020). Spatial disparity and hierarchical cluster analysis of final energy consumption in China. *Energy*, -197, 117195. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117195>
- Wang, Y., Wu, T., Li, H., Skitmore, M., & Su, B. (2020). A statistics-based method to quantify residential energy consumption and stock at the city level in China: The case of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area cities. *Journal of Cleaner Production*, 251, 119637. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119637>
- Williams, K. T., & Gomez, J. D. (2016). Predicting future monthly residential energy consumption using building characteristics and climate data: A statistical learning approach. *Energy and Buildings*, 128, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.076>
- Xu, X., Taylor, J. E., Pisello, A. L., & Culligan, P. J. (2012). The impact of place-based affiliation networks on energy conservation: An holistic model that integrates the

- influence of buildings, residents and the neighborhood context. *Energy and Buildings*, 55, 637–646. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.09.013>
- Yaiche, M. R., Bouhanik, A., Bekkouche, S.M.A., Malek, A. & Benouaz, T. Revised solar maps of Algeria based on sunshine duration. *Energy Conservation and Management* 82, 114-223 (2014)
 - Zhang, X.-D. (2020). Machine Learning. In X.-D. Zhang (Ed.), *A Matrix Algebra Approach to Artificial Intelligence* (pp. 223–440). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2770-8_6
 - Zhao, H., & Magoulès, F. (2012). A review on the prediction of building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3586–3592. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.049>
 - Zhu, D., Tao, S., Wang, R., Shen, H., Huang, Y., Shen, G., Wang, B., Li, W., Zhang, Y., Chen, H., Chen, Y., Liu, J., Li, B., Wang, X., & Liu, W. (2013). Temporal and spatial trends of residential energy consumption and air pollutant emissions in China. *Applied Energy*, 106, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.040>

Annexe. 1. Une base de données du modèle de consommation énergétique du parc logement algérien, entre 1995 et 2018, à l'échelle de toutes les unités représentatives du territoire

- **Base de données relative à la wilaya d'Adrar entre 1995 et 2018**



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 1	1995	32834	296	9.0	0.7	100	0	443881600	D'	17530.3
Province 1	1996	36284	305	8.4	0.7	100	0	501206500	D'	18185.60
Province 1	1997	40500	316	7.8	0.7	100	0	524433600	D'	18119.55
Province 1	1998	44333	326	7.4	0.8	100	0	532423200	D'	18538.07
Province 1	1999	52192	337	6.5	0.8	100	0	547052100	D'	20242.2
Province 1	2000	56663	349	6.2	0.8	100	1	628688600	D'	20880.4
Province 1	2001	59136	359	6.1	0.8	100	1	636040300	D'	21097.5
Province 1	2002	60432	370	6.1	0.9	100	2	669737000	D'	22314.7
Province 1	2003	61681	381	6.2	0.9	100	3	811872900	D'	23223.5
Province 1	2004	66939	393	5.9	0.9	100	3	1036223100	D'	24240.5
Province 1	2005	78704	406	5.2	0.95	100	3	1271835600	D'	24895.6
Province 1	2006	81315	417	5.1	0.7	100	3	1459833600	D'	25579.8
Province 1	2007	83248	429	5.2	1.0	100	3	1698024900	D'	24879.6
Province 1	2008	86530	442	5.1	1.0	100	3	2190021600	D'	26070.7
Province 1	2009	91683	455	5.0	1.1	100	4	1779277500	D'	27518.5
Province 1	2010	97423	469	4.8	1.10	100	4	2101307600	D'	30697.3
Province 1	2011	100843	482	4.8	1.1	100	5	2616199600	D'	32313.4
Province 1	2012	104433	495	4.7	1.2	100	5	2743933500	D'	35079.5
Province 1	2013	110246	509	4.6	1.2	100	6	2774660800	D'	37771.1
Province 1	2014	120445	524	4.4	1.2	100	7	11045782300	D'	35354.4
Province 1	2015	127957	539	4.2	1.3	100	8	2227471400	D'	36649.4
Province 1	2016	135626	554	4.1	1.3	100	9	2157276000	D'	37851.9
Province 1	2017	141102	569	4.0	1.3	100	34	2285388500	D'	39054.4
Province 1	2018	145126	584	4.0	1.4	100	11	2383128800	D'	40349.4

▪ Base de données relative à la wilaya de Chlef entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 2	1995	104321	841	8.1	175.5	84	20	1261163600	B'	100815.7
Province 2	1996	109615	857	7.8	178.9	84	20	1408308100	B'	111657.43
Province 2	1997	115241	874	7.6	182.4	83	19	1450490400	B'	88789.60
Province 2	1998	121197	892	7.4	186.2	81	19	1456814400	B'	113102.50
Province 2	1999	135524	911	6.7	190.1	77	17	1478826300	B'	107761.8
Province 2	2000	139361	930	6.7	194.1	76	17	1675302000	B'	131945.4
Province 2	2001	142324	946	6.6	197.5	77	17	1676028200	B'	136499.2
Province 2	2002	146657	963	6.6	201.0	77	17	1743126300	B'	151110.2
Province 2	2003	149993	980	6.5	204.6	80	18	2088282000	B'	140353.9
Province 2	2004	153486	998	6.5	208.3	82	18	2631426600	B'	158415.7
Province 2	2005	157530	1017	6.5	212.27	83	18	3185854200	B'	164140.2
Province 2	2006	166216	1033	6.2	178.9	83	19	3616326400	B'	159656.0
Province 2	2007	170638	1049	6.1	219.0	86	21	4152046900	B'	172525.6
Province 2	2008	173730	1067	6.1	222.7	88	22	5286771600	B'	184647.14
Province 2	2009	179276	1085	6.1	226.5	90	23	4242892500	B'	231560.6
Province 2	2010	184033	1103	6.0	230.22	91	24	4941881200	B'	229721.2
Province 2	2011	191959	1120	5.8	233.8	91	25	6079136000	B'	229184.4
Province 2	2012	196954	1137	5.8	237.3	92	28	6302732100	B'	235307.5
Province 2	2013	205628	1155	5.6	241.1	93	30	6296136000	B'	256259.1
Province 2	2014	219927	1173	5.3	244.8	92	30	1812753200	B'	250628.5
Province 2	2015	227603	1192	5.2	248.8	94	33	4926059200	B'	259558.3
Province 2	2016	230886	1209	5.2	252.3	96	35	4707846000	B'	267992
Province 2	2017	235641	1225	5.2	255.7	99	38	4920212500	B'	276425.7
Province 2	2018	239595	1243	5.2	259.4	100	41	5072310100	B'	285355.5

▪ Base de données relative à la wilaya de Laghouat entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 3	1995	38597	267	6.9	10.7	82	45	400393200	C	46636.19
Province 3	1996	41555	273	6.6	10.9	82	45	448620900	C	51215.17
Province 3	1997	44513	279	6.3	11.1	79	44	463028400	C	49919.79
Province 3	1998	47964	286	6.0	11.4	75	42	467095200	C	50426.74
Province 3	1999	57501	293	5.1	11.7	66	36	475626900	C	53839.6
Province 3	2000	60976	300	4.9	12.0	65	35	540420000	C	57026.6
Province 3	2001	63356	306	4.8	12.2	66	35	542140200	C	56245.3
Province 3	2002	64862	312	4.8	12.5	68	36	564751200	C	58740.6
Province 3	2003	66117	319	4.8	12.7	70	37	679757100	C	56505.3
Province 3	2004	67654	326	4.8	13.0	71	40	859564200	C	57243.1
Province 3	2005	69214	333	4.8	13.29	75	45	1043155800	C	60130.9
Province 3	2006	71288	339	4.8	10.9	76	49	1186771200	C	57913.8
Province 3	2007	73396	345	4.7	13.8	76	51	1365544500	C	68368.0
Province 3	2008	75427	352	4.7	14.0	79	72	1744089600	C	72902.14
Province 3	2009	77358	359	4.6	14.3	80	59	1403869500	C	102722.7
Province 3	2010	79851	366	4.6	14.61	82	63	1639826400	C	101818.9
Province 3	2011	83172	373	4.5	14.9	83	66	2024569400	C	112843.1
Province 3	2012	86154	380	4.4	15.2	86	68	2106454000	C	132235.1
Province 3	2013	90867	387	4.3	15.4	86	70	2109614400	C	141563.9
Province 3	2014	96650	394	4.1	15.7	85	70	2151279400	C	118850.7
Province 3	2015	104786	402	3.8	16.0	84	69	1661305200	C	123689.8
Province 3	2016	114630	408	3.6	16.3	81	67	1588752000	C	128528.9
Province 3	2017	123468	415	3.4	16.6	79	64	1666847500	C	133368
Province 3	2018	128388	422	3.3	16.8	81	66	1722055400	C	138207.1

▪ Base de données relative à la wilaya de Oum El Bouaghi entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 4	1995	77179	477	6.2	62.5	100	37	715309200	C	68898.98
Province 4	1996	81067	483	6.0	63.2	100	37	793713900	C	71245.93
Province 4	1997	86898	492	5.7	64.4	76	26	816523200	C	56669.80
Province 4	1998	92081	500	5.4	65.5	74	27	816600000	C	59214.80
Province 4	1999	104349	508	4.9	66.5	41	25	824636400	C	65985.2
Province 4	2000	107067	516	4.8	67.6	72	27	929522400	C	66334.8
Province 4	2001	110403	522	4.7	68.3	70	28	924827400	C	65832.2
Province 4	2002	113033	529	4.7	69.3	71	29	957542900	C	69892.0
Province 4	2003	115856	536	4.6	70.2	74	32	1142162400	C	77880.9
Province 4	2004	118435	543	4.6	71.1	77	36	1431728100	C	82835.8
Province 4	2005	119450	550	4.6	72.01	81	42	1722930000	C	85336.5
Province 4	2006	123817	556	4.5	63.2	82	43	1946444800	C	84584.0
Province 4	2007	126941	563	4.4	73.7	84	47	2228410300	C	91789.4
Province 4	2008	133108	569	4.3	74.5	83	51	2819281200	C	101118.91
Province 4	2009	137677	576	4.2	75.4	83	53	2252448000	C	138995.8
Province 4	2010	141471	583	4.1	76.33	85	57	2612073200	C	135940.9
Province 4	2011	144917	589	4.1	77.1	86	59	3196974200	C	152374.0
Province 4	2012	149968	595	4.0	77.9	87	60	3298263500	C	173842.5
Province 4	2013	156874	602	3.8	78.8	88	61	3281622400	C	181299.6
Province 4	2014	163097	608	3.7	79.6	89	62	3319740800	C	154201
Province 4	2015	170423	615	3.6	80.5	89	63	2541549000	C	159930.5
Province 4	2016	175806	621	3.5	81.3	89	65	2418174000	C	164841.5
Province 4	2017	178898	626	3.5	82.0	90	66	2514329000	C	169752.5
Province 4	2018	181880	632	3.5	82.7	92	68	2579002400	C	175482

▪ Base de données relative à la wilaya de Batna entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 5	1995	160411	964	6.0	79.1	78	26	1445614400	D	156338.60
Province 5	1996	165799	988	6.0	81.0	78	26	1623580400	D	167676.21
Province 5	1997	171412	1013	5.9	83.1	77	27	1681174800	D	158699.60
Province 5	1998	177249	1039	5.9	85.2	76	28	1696894800	D	166628.27
Province 5	1999	192900	1066	5.5	87.4	73	28	1730437800	D	175940.6
Province 5	2000	198554	1095	5.5	89.8	73	30	1972533000	D	183222.0
Province 5	2001	203706	1119	5.5	91.8	73	32	1982532300	D	188835.3
Province 5	2002	206572	1145	5.5	93.9	75	35	2072564500	D	201385.1
Province 5	2003	208752	1171	5.6	96.0	78	41	2495283900	D	205930.1
Province 5	2004	211062	1199	5.7	98.3	79	45	3161403300	D	224423.0
Province 5	2005	212735	1228	5.8	100.72	84	48	3846832800	D	220156.5
Province 5	2006	215474	1254	5.8	81.0	85	50	4390003200	D	237155.7
Province 5	2007	221837	1281	5.8	105.1	87	52	5070326100	D	253172.8
Province 5	2008	230819	1308	5.7	107.3	87	53	6480878400	D	265517.74
Province 5	2009	238638	1337	5.6	109.7	88	54	5228338500	D	371212.4
Province 5	2010	245787	1368	5.6	112.20	89	57	6129187200	D	356877.8
Province 5	2011	250158	1395	5.6	114.4	91	58	7571781000	D	370247.3
Province 5	2012	256184	1424	5.6	116.8	93	62	7893659200	D	431701.8
Province 5	2013	264024	1454	5.5	119.3	94	65	7926044800	D	460981.3
Province 5	2014	278815	1485	5.3	121.8	94	65	8108248500	D	415068.5
Province 5	2015	288809	1517	5.3	124.4	95	68	6269154200	D	433808
Province 5	2016	298205	1546	5.2	126.8	95	70	6020124000	D	450129.5
Province 5	2017	308453	1575	5.1	129.2	95	72	6325987500	D	467660
Province 5	2018	312764	1606	5.1	131.7	98	76	6553604200	D	485795

▪ Base de données relative à la wilaya de Bejaïa entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 6	1995	142532	852	6.0	260.7	100	15	1277659200	B	90019.25
Province 6	1996	149090	868	5.8	265.6	100	15	1426384400	B	90108.26
Province 6	1997	155649	884	5.7	270.5	100	15	1467086400	B	89020.87
Province 6	1998	162617	901	5.5	275.7	100	15	1471513200	B	72513.22
Province 6	1999	182525	919	5.0	281.2	95	14	1491812700	B	96771.5
Province 6	2000	186784	938	5.0	287.0	95	14	1689713200	B	101572.0
Province 6	2001	190280	952	5.0	291.3	95	15	1686658400	B	99090.8
Province 6	2002	195668	968	4.9	296.2	95	15	1752176800	B	106825.3
Province 6	2003	198868	984	4.9	301.1	98	16	2096805600	B	128135.7
Province 6	2004	201939	1001	5.0	306.3	99	17	2639336700	B	130988.8
Province 6	2005	206575	1018	4.9	311.51	100	17	3188986800	B	137527.1
Province 6	2006	210098	1033	4.9	265.6	100	19	3616326400	B	133755.0
Province 6	2007	212593	1048	4.9	320.7	11	21	4148088800	B	140809.1
Province 6	2008	217763	1064	4.9	325.6	100	23	5271907200	B	147019.09
Province 6	2009	230631	1081	4.7	330.8	100	23	4227250500	B	173905.2
Province 6	2010	234218	1098	4.7	335.99	100	26	4919479200	B	217607.6
Province 6	2011	239070	1113	4.7	340.6	100	28	6041141400	B	233379.1
Province 6	2012	244440	1128	4.6	345.2	100	32	6252842400	B	265885.1
Province 6	2013	257816	1144	4.4	350.1	100	34	6236172800	B	281978.4
Province 6	2014	268159	1161	4.3	355.3	100	35	6339176100	B	242046
Province 6	2015	277983	1179	4.2	360.8	100	37	4872335400	B	252178
Province 6	2016	289470	1193	4.1	365.1	54	25	4645542000	B	261118
Province 6	2017	301887	1208	4.0	369.6	100	26	4851932000	B	270058
Province 6	2018	312683	1224	3.9	374.5	100	40	4994776800	B	279594

▪ Base de données relative à la wilaya de Biskra entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 7	1995	92616	503	5.4	24.0	79	26	754298800	D	55048.41
Province 7	1996	96855	510	5.3	24.3	79	26	838083000	D	57747.15
Province 7	1997	101094	517	5.1	24.6	78	26	858013200	D	60056.10
Province 7	1998	105939	525	5.0	25.0	77	25	857430000	D	61900.13
Province 7	1999	114996	533	4.6	25.4	74	24	865218900	D	67989.5
Province 7	2000	119484	541	4.5	25.8	74	24	974557400	D	75246.6
Province 7	2001	122256	546	4.5	26.0	75	25	967348200	D	78208.0
Province 7	2002	124279	553	4.4	26.4	76	25	1000985300	D	81701.7
Province 7	2003	126963	559	4.4	26.6	79	26	1191173100	D	99954.2
Province 7	2004	129794	566	4.4	27.0	81	28	1492372200	D	99250.9
Province 7	2005	131298	573	4.4	27.30	86	31	1794979800	D	108648.9
Province 7	2006	135265	578	4.3	24.3	88	33	2023462400	D	117451.5
Province 7	2007	138481	584	4.2	27.8	87	35	2311530400	D	113689.5
Province 7	2008	142396	590	4.1	28.1	87	38	2923332000	D	121113.96
Province 7	2009	146419	597	4.1	28.4	88	41	2334568500	D	147631.5
Province 7	2010	150515	603	4.0	28.73	90	43	2701681200	D	161821.2
Province 7	2011	153197	609	4.0	29.0	93	47	3305530200	D	186754.1
Province 7	2012	157108	614	3.9	29.3	96	50	3403586200	D	200722.7
Province 7	2013	160555	620	3.9	29.5	100	53	3379744000	D	217762.6
Province 7	2014	166410	626	3.8	29.8	100	55	3418022600	D	189370.1
Province 7	2015	172488	632	3.7	30.1	100	58	2611803200	D	196343.9
Province 7	2016	177687	637	3.6	30.4	100	60	2480478000	D	203317.7
Province 7	2017	182076	642	3.5	30.6	100	63	2578593000	D	209129.2
Province 7	2018	184813	647	3.5	30.8	100	66	2640212900	D	216103

▪ Base de données relative à la wilaya de Béchar entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 8	1995	21980	237	10.8	1.5	100	0	355405200	D	22748.05
Province 8	1996	24808	243	9.8	1.5	100	0	399321900	D	22841.36
Province 8	1997	27637	249	9.0	1.5	100	0	413240400	D	22314.11
Province 8	1998	30936	256	8.3	1.6	100	0	418099200	D	23295.92
Province 8	1999	40750	262	6.4	1.6	100	0	425304600	D	27355.0
Province 8	2000	42237	269	6.4	1.7	100	0	484576600	D	28071.0
Province 8	2001	43076	275	6.4	1.7	100	0	487217500	D	28069.0
Province 8	2002	44209	282	6.4	1.7	100	0	510448200	D	29585.2
Province 8	2003	45453	288	6.3	1.8	100	0	613699200	D	31966.7
Province 8	2004	46592	295	6.3	1.8	100	0	777826500	D	31661.8
Province 8	2005	48741	302	6.2	1.86	100	2	946045200	D	34469.3
Province 8	2006	54610	308	5.6	1.5	100	6	1078246400	D	34489.2
Province 8	2007	56210	315	5.6	1.9	93	8	1246801500	D	30367.8
Province 8	2008	59316	322	5.4	2.0	91	10	1595445600	D	31911.47
Province 8	2009	62988	329	5.2	2.0	89	13	1286554500	D	34613.8
Province 8	2010	66561	336	5.0	2.07	88	14	1505414400	D	35985.1
Province 8	2011	68585	343	5.0	2.1	92	16	1861735400	D	37969.3
Province 8	2012	69637	350	5.0	2.2	94	19	1940155000	D	41627.0
Province 8	2013	72312	357	4.9	2.2	95	21	1946078400	D	43277.0
Province 8	2014	78295	365	4.7	2.3	91	23	1992936500	D	41807
Province 8	2015	86750	373	4.3	2.3	86	22	1541459800	D	42927
Province 8	2016	93932	380	4.0	2.3	83	25	1479720000	D	44047
Province 8	2017	100076	387	3.9	2.4	79	28	1554385500	D	45167
Province 8	2018	104251	395	3.8	2.4	79	28	1611876500	D	46287

▪ Base de données relative à la wilaya de Blida entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 9	1995	130494	869	6.7	588.0	93	37	1303152400	B	112189.46
Province 9	1996	133342	887	6.7	600.1	93	37	1457607100	B	107191.50
Province 9	1997	136348	906	6.6	613.0	93	37	1503597600	B	98529.12
Province 9	1998	139354	925	6.6	625.8	87	35	1510710000	B	107245.34
Province 9	1999	155326	945	6.1	639.4	80	32	1534018500	B	112941.5
Province 9	2000	159773	966	6.0	653.6	81	33	1740152400	B	124681.3
Province 9	2001	162320	984	6.1	665.8	83	34	1743352800	B	138489.3
Province 9	2002	165018	1002	6.1	677.9	86	35	1813720200	B	141573.8
Province 9	2003	167757	1021	6.1	690.8	88	36	2175648900	B	155770.4
Province 9	2004	172416	1040	6.0	703.7	88	36	2742168000	B	158496.6
Province 9	2005	175009	1061	6.1	717.86	93	39	3323688600	B	169776.1
Province 9	2006	177556	1078	6.1	600.1	96	40	3773862400	B	153666.4
Province 9	2007	181166	1097	6.1	742.2	96	42	4342035700	B	169534.0
Province 9	2008	183833	1116	6.1	755.1	100	44	5529556800	B	188352.54
Province 9	2009	187946	1136	6.0	768.6	100	46	4442328000	B	229190.8
Province 9	2010	190560	1156	6.1	782.14	100	51	5179342400	B	229914.7
Province 9	2011	193482	1175	6.1	795.0	100	54	6377665000	B	249071.5
Province 9	2012	196315	1194	6.1	807.8	100	58	6618700200	B	286644.8
Province 9	2013	199089	1213	6.1	820.7	100	62	6612305600	B	292926.2
Province 9	2014	201673	1234	6.1	834.9	100	67	6737763400	B	262568
Province 9	2015	204994	1255	6.1	849.1	82	73	5186413000	B	272438
Province 9	2016	207805	1274	6.1	862.0	100	76	4960956000	B	281814.5
Province 9	2017	211004	1292	6.1	874.2	100	80	5189318000	B	291191
Province 9	2018	213968	1312	6.1	887.7	100	83	5353878400	B	300567.5

- Base de données relative à la wilaya de Bouira entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 10	1995	77130	654	8.5	147.3	100	18	980738400	C	82297.26
Province 10	1996	81526	668	8.2	150.5	100	18	1097724400	C	94871.42
Province 10	1997	85922	682	7.9	153.6	100	18	1131847200	C	89104.48
Province 10	1998	90632	697	7.7	157.0	99	18	1138340400	C	91983.16
Province 10	1999	103059	713	6.9	160.6	89	16	1157412900	C	86638.2
Province 10	2000	106469	729	6.8	164.2	89	17	1313220600	C	95402.0
Province 10	2001	108736	742	6.8	167.2	90	18	1314601400	C	101770.2
Province 10	2002	114044	756	6.6	170.3	88	19	1368435600	C	103927.7
Province 10	2003	115766	771	6.7	173.7	89	21	1642923900	C	108853.5
Province 10	2004	118234	786	6.6	177.1	90	22	2072446200	C	113579.4
Province 10	2005	121300	802	6.6	180.67	92	24	2512345200	C	127019.5
Province 10	2006	123132	816	6.6	150.5	94	27	2856652800	C	127012.8
Province 10	2007	126379	830	6.6	187.0	94	29	3285223000	C	121768.1
Province 10	2008	128986	845	6.6	190.4	94	31	4186806000	C	123588.02
Province 10	2009	132761	860	6.5	193.7	94	33	3363030000	C	161035.5
Province 10	2010	139259	876	6.3	197.34	94	35	3924830400	C	163321.6
Province 10	2011	145495	890	6.1	200.5	94	38	4830742000	C	175446.9
Province 10	2012	150845	905	6.0	203.9	96	44	5016686500	C	190608.2
Province 10	2013	159451	920	5.8	207.3	95	49	5015104000	C	206583.4
Province 10	2014	168916	936	5.5	210.9	94	52	5110653600	C	185874
Province 10	2015	176533	953	5.4	214.7	100	54	3938367800	C	192506
Province 10	2016	181585	967	5.3	217.8	97	58	3765498000	C	198309
Province 10	2017	186132	982	5.3	221.2	99	61	3944203000	C	204526.5
Province 10	2018	190378	997	5.2	224.6	100	65	4068457900	C	210744

▪ Base de données relative à la wilaya de Tamanghasset entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 11	1995	19574	124	6.3	0.2	84	0	185950400	D	8903.08
Province 11	1996	21156	127	6.0	0.2	84	0	208699100	D	8948.23
Province 11	1997	23264	131	5.6	0.2	77	0	217407600	D	8905.05
Province 11	1998	24845	134	5.4	0.2	72	0	218848800	D	9140.65
Province 11	1999	30098	138	4.6	0.2	62	0	224015400	D	9325.8
Province 11	2000	31634	142	4.5	0.3	64	0	255798800	D	9338.5
Province 11	2001	32598	145	4.4	0.3	65	0	256896500	D	9933.6
Province 11	2002	33440	148	4.4	0.3	67	1	267894800	D	10725.8
Province 11	2003	34109	152	4.5	0.3	72	2	323896800	D	11453.7
Province 11	2004	35408	156	4.4	0.3	75	3	411325200	D	12327.7
Province 11	2005	36096	160	4.4	0.29	100	3	501216000	D	12781.3
Province 11	2006	37514	163	4.3	0.2	81	4	570630400	D	12515.1
Province 11	2007	40023	167	4.2	0.3	78	4	661002700	D	12238.3
Province 11	2008	43316	171	3.9	0.3	76	4	847270800	D	12823.39
Province 11	2009	45952	175	3.8	0.3	76	4	684337500	D	13437.3
Province 11	2010	46850	179	3.8	0.32	79	4	801991600	D	14097.6
Province 11	2011	47913	183	3.8	0.3	83	4	993287400	D	14879.9
Province 11	2012	49695	187	3.8	0.3	85	5	1036597100	D	15685.0
Province 11	2013	53441	191	3.6	0.3	84	5	1041179200	D	16778.4
Province 11	2014	58425	195	3.3	0.3	81	5	1064719500	D	16223.8
Province 11	2015	62818	200	3.2	0.4	80	6	826520000	D	16703.4
Province 11	2016	67229	204	3.0	0.4	80	8	794376000	D	17183
Province 11	2017	69913	208	3.0	0.4	80	10	835432000	D	17662.6
Province 11	2018	73473	212	2.9	0.4	80	11	865108400	D	18142.2

- Base de données relative à la wilaya de Tébessa entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 12	1995	84641	489	5.8	34.4	75	25	733304400	C	73153.92
Province 12	1996	88432	497	5.6	34.9	75	25	816720100	C	77766.64
Province 12	1997	92222	505	5.5	35.5	74	25	838098000	C	81322.09
Province 12	1998	96486	514	5.3	36.1	74	25	839464800	C	80283.84
Province 12	1999	103922	523	5.0	36.8	72	25	848985900	C	85468.2
Province 12	2000	107226	532	5.0	37.4	73	27	958344800	C	86281.7
Province 12	2001	109433	539	4.9	37.9	71	30	954946300	C	86441.0
Province 12	2002	112735	546	4.8	38.4	72	32	988314600	C	92040.6
Province 12	2003	114848	554	4.8	38.9	76	36	1180518600	C	103221.6
Province 12	2004	117001	562	4.8	39.5	79	39	1481825400	C	110041.7
Province 12	2005	118515	571	4.8	40.13	82	42	1788714600	C	116640.6
Province 12	2006	122833	578	4.7	34.9	82	44	2023462400	C	113622.3
Province 12	2007	129672	585	4.5	41.1	95	43	2315488500	C	126568.3
Province 12	2008	135043	592	4.4	41.6	80	43	2933241600	C	129541.86
Province 12	2009	139158	600	4.3	42.2	80	46	2346300000	C	166913.1
Province 12	2010	141527	608	4.3	42.74	81	51	2724083200	C	161497.6
Province 12	2011	144215	615	4.3	43.2	83	55	3338097000	C	178821.7
Province 12	2012	147189	622	4.2	43.7	86	60	3447932600	C	199881.9
Province 12	2013	149994	630	4.2	44.3	89	62	3434256000	C	203072.0
Province 12	2014	153275	637	4.2	44.8	90	65	3434256000	C	186881
Province 12	2015	157024	645	4.1	45.3	91	67	2665527000	C	193658.6
Province 12	2016	163673	652	4.0	45.8	91	67	2538888000	C	199589
Province 12	2017	167427	659	3.9	46.3	94	69	2646873500	C	205519.4
Province 12	2018	170508	666	3.9	46.8	97	71	2717746200	C	212297

- Base de données relative à la wilaya de Tlemcen entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 13	1995	153404	852	5.6	94.0	93	22	1277659200	B	115006.42
Province 13	1996	158779.5	865	5.4	95.5	93	22	1421454500	B	116892.89
Province 13	1997	164568.5	879	5.3	97.0	92	22	1458788400	B	124632.32
Province 13	1998	170771	894	5.2	98.7	91	23	1460080800	B	121987.94
Province 13	1999	185261	909	4.9	100.3	87	23	1475579700	B	144583.7
Province 13	2000	190687	925	4.9	102.1	86	24	1666295000	B	147868.4
Province 13	2001	194082	937	4.8	103.4	86	24	1660082900	B	156933.4
Province 13	2002	198323	950	4.8	104.8	87	25	1719595000	B	167592.7
Province 13	2003	201325	963	4.8	106.3	88	26	2052056700	B	172580.7
Province 13	2004	205314	977	4.8	107.8	88	28	2576055900	B	171763.8
Province 13	2005	207688	991	4.8	109.37	92	29	3104406600	B	168577.7
Province 13	2006	210046	1003	4.8	95.5	94	30	3511302400	B	165296.8
Province 13	2007	213144	1015	4.8	112.0	96	34	4017471500	B	151595.5
Province 13	2008	218046	1028	4.7	113.5	97	39	5093534400	B	161699.88
Province 13	2009	223745	1041	4.7	114.9	98	42	4070830500	B	203693.0
Province 13	2010	229815	1055	4.6	116.43	99	44	4726822000	B	204155.5
Province 13	2011	235533	1067	4.5	117.8	100	47	5791462600	B	219171.4
Province 13	2012	241279	1079	4.5	119.1	100	50	5981220700	B	256501.5
Province 13	2013	249271	1092	4.4	120.5	100	52	5952710400	B	274725.3
Province 13	2014	256875	1105	4.3	122.0	100	54	6033410500	B	237259.5
Province 13	2015	264254	1119	4.2	123.5	100	57	4624379400	B	244112.5
Province 13	2016	272408	1129	4.1	124.6	100	60	4396326000	B	249986.5
Province 13	2017	284080	1141	4.0	125.9	100	39	4582826500	B	255860.5
Province 13	2018	292048	1153	3.9	127.2	100	65	4705047100	B	262224

- Base de données relative à la wilaya de Tiaret entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 14	1995	100260	717	7.2	34.7	100	28	1075213200	C	86834.98
Province 14	1996	104499	733	7.0	35.5	100	28	1204538900	C	92714.43
Province 14	1997	108737	749	6.9	36.2	99	29	1243040400	C	91624.79
Province 14	1998	112976	765	6.8	37.0	98	29	1249398000	C	94115.20
Province 14	1999	123920	783	6.3	37.9	93	28	1271043900	C	96675.7
Province 14	2000	126828	801	6.3	38.7	94	28	1442921400	C	96064.8
Province 14	2001	128478	816	6.4	39.5	97	29	1445707200	C	98968.2
Province 14	2002	130524	832	6.4	40.2	74	33	1506003200	C	103927.2
Province 14	2003	132893	848	6.4	41.0	76	37	1807003200	C	115044.4
Province 14	2004	135144	865	6.4	41.8	77	39	2280745500	C	125168.7
Province 14	2005	138977	883	6.4	42.71	80	42	2766085800	C	119071.8
Province 14	2006	145189	898	6.2	35.5	80	46	3143718400	C	113033.2
Province 14	2007	152012	914	6.0	44.2	79	48	3617703400	C	129835.8
Province 14	2008	157473	931	5.9	45.0	80	52	4612918800	C	143676.56
Province 14	2009	162035	948	5.9	45.9	82	54	3707154000	C	175101.3
Province 14	2010	166811	966	5.8	46.73	83	57	4328066400	C	177141.9
Province 14	2011	170741	983	5.8	47.5	84	60	5335527400	C	196940.7
Province 14	2012	173115	999	5.8	48.3	86	63	5537756700	C	231757.8
Province 14	2013	177126	1017	5.7	49.2	86	65	5543870400	C	251204.1
Province 14	2014	183012	1035	5.7	50.1	87	66	5651203500	C	212470.6
Province 14	2015	188168	1053	5.6	50.9	88	67	4351627800	C	221024.2
Province 14	2016	194039	1070	5.5	51.8	87	69	4166580000	C	229102.6
Province 14	2017	200375	1086	5.4	52.5	88	31	4361919000	C	236705.8
Province 14	2018	209060	1104	5.3	53.4	88	69	4505092800	C	245259.4

▪ Base de données relative à la wilaya de Tizi Ouzou entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 15	1995	199574	1116	5.6	377.3	99	8	1673553600	B	110147.93
Province 15	1996	206658	1134	5.5	383.4	99	8	1863502200	B	109736.85
Province 15	1997	213743	1152	5.4	389.5	98	9	1911859200	B	107644.47
Province 15	1998	221615	1172	5.3	396.2	97	9	1914110400	B	108484.83
Province 15	1999	246539	1191	4.8	402.6	90	9	1933350300	B	113422.4
Province 15	2000	249650	1212	4.9	409.7	92	9	2183296800	B	116851.9
Province 15	2001	252250	1228	4.9	415.1	93	10	2175647600	B	117121.0
Province 15	2002	255166	1245	4.9	420.9	95	10	2253574500	B	123956.3
Province 15	2003	257002	1262	4.9	426.6	97	10	2689195800	B	131258.7
Province 15	2004	259234	1281	4.9	433.1	98	11	3377612700	B	137314.6
Province 15	2005	262323	1300	5.0	439.49	100	12	4072380000	B	143029.8
Province 15	2006	264764	1315	5.0	383.4	100	13	4603552000	B	133054.5
Province 15	2007	269704	1331	4.9	450.0	98	15	5268231100	B	138749.2
Province 15	2008	277501	1348	4.9	455.7	98	16	6679070400	B	144410.46
Province 15	2009	285583	1365	4.8	461.5	98	18	5337832500	B	168883.3
Province 15	2010	291823	1384	4.7	467.88	99	20	6200873600	B	173741.3
Province 15	2011	304557	1399	4.6	473.0	99	22	7593492200	B	185548.1
Province 15	2012	312925	1415	4.5	478.4	100	26	7843769500	B	206730.2
Province 15	2013	327921	1432	4.4	484.1	100	31	7806118400	B	232268.4
Province 15	2014	339920	1449	4.3	489.9	100	35	7911684900	B	196336.5
Province 15	2015	351316	1467	4.2	495.9	100	40	6062524200	B	202095.4
Province 15	2016	364653	1481	4.1	500.7	100	45	5767014000	B	206641.9
Province 15	2017	377380	1496	4.0	505.7	100	50	6008684000	B	211491.5
Province 15	2018	386384	1512	3.9	511.2	100	55	6170018400	B	216644.2

▪ Base de données relative à la wilaya d'Alger entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 16	1995	518034	1883	3.6	2327.6	63	41	2823746800	A	258265.35
Province 16	1996	528339	1897	3.6	2344.9	63	41	3117340100	A	258133.68
Province 16	1997	538644	1912	3.5	2363.4	63	40	3173155200	A	248836.69
Province 16	1998	548949	1927	3.5	2382.0	65	41	3147176400	A	246707.26
Province 16	1999	559254	1944	3.5	2403.0	67	41	3155695200	A	178226.1
Province 16	2000	569559	1961	3.4	2424.0	50	41	3532545400	A	279929.4
Province 16	2001	580542	1970	3.4	2435.1	69	41	3490249000	A	252403.4
Province 16	2002	586052	1980	3.4	2447.5	72	43	3583998000	A	269509.8
Province 16	2003	588802	1991	3.4	2461.1	75	45	4242621900	A	330271.3
Province 16	2004	592414	2003	3.4	2475.9	77	46	5281310100	A	402838.0
Province 16	2005	604310	2016	3.3	2491.97	79	48	6315321600	A	433854.9
Province 16	2006	617138	2023	3.3	2344.9	81	49	7082118400	A	385156.2
Province 16	2007	627326	2031	3.2	2510.5	83	50	8038901100	A	368881.0
Province 16	2008	634445	2039	3.2	2520.4	99	58	10102837200	A	405090.43
Province 16	2009	646727	2048	3.2	2531.5	100	60	8008704000	A	542720.8
Province 16	2010	653559	2059	3.2	2545.12	100	62	9225143600	A	548083.2
Province 16	2011	664417	2064	3.1	2551.3	100	65	11202979200	A	586068.4
Province 16	2012	678447	2070	3.1	2558.7	100	68	11474631000	A	673721.5
Province 16	2013	695093	2077	3.0	2567.4	100	70	11322142400	A	714900.2
Province 16	2014	708708	2084	2.9	2576.0	100	72	11378848400	A	666278.4
Province 16	2015	720659	2093	2.9	2587.1	100	37	8649531800	A	686430.3
Province 16	2016	741644	2096	2.8	2590.9	92	37	8161824000	A	693147.6
Province 16	2017	782307	2099	2.7	2594.6	100	75	8430633500	A	699864.9
Province 16	2018	825727	2103	2.5	2599.5	100	75	8581712100	A	708821.3

▪ Base de données relative à la wilaya de Djelfa entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 17	1995	110635	640	5.8	9.6	58	18	959744000	C	71673.11
Province 17	1996	114752	657	5.7	9.9	58	18	1079648100	C	73725.94
Province 17	1997	119112	675	5.7	10.2	58	19	1120230000	C	74934.69
Province 17	1998	123472	693	5.6	10.4	59	19	1131807600	C	76373.11
Province 17	1999	135294	713	5.3	10.7	55	18	1157412900	C	82957.7
Province 17	2000	139397	733	5.3	11.0	53	18	1320426200	C	89515.9
Province 17	2001	142663	750	5.3	11.3	55	19	1328775000	C	92553.0
Province 17	2002	146243	768	5.3	11.6	56	20	1390156800	C	105659.5
Province 17	2003	148250	787	5.3	11.8	61	20	1677018300	C	116762.8
Province 17	2004	150092	807	5.4	12.2	65	23	2127816900	C	117455.9
Province 17	2005	152278	827	5.4	12.45	68	32	2590660200	C	114066.6
Province 17	2006	154954	846	5.5	9.9	70	39	2961676800	C	114764.2
Province 17	2007	159187	865	5.4	13.0	70	42	3423756500	C	126296.0
Province 17	2008	162382	885	5.5	13.3	71	47	4384998000	C	137009.81
Province 17	2009	167167	906	5.4	13.6	72	50	3542913000	C	178833.4
Province 17	2010	173689	928	5.3	13.97	71	53	4157811200	C	182879.7
Province 17	2011	179681	948	5.3	14.3	73	55	5145554400	C	202362.2
Province 17	2012	186533	969	5.2	14.6	74	58	5371457700	C	238723.5
Province 17	2013	192939	990	5.1	14.9	77	60	5396688000	C	256178.2
Province 17	2014	202921	1013	5.0	15.3	78	60	5531081300	C	225253.2
Province 17	2015	211857	1036	4.9	15.6	77	61	4281373600	C	236290.6
Province 17	2016	219482	1057	4.8	15.9	78	63	4115958000	C	246324.6
Province 17	2017	223511	1079	4.8	16.2	81	65	4333803500	C	256860.3
Province 17	2018	225724	1102	4.9	16.6	86	69	4496931400	C	267396

- Base de données relative à la wilaya de Jijel entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 18	1995	88227	577	6.5	223.9	89	18	865269200	B	34413.13
Province 18	1996	91020	588	6.5	228.2	89	18	966260400	B	35450.85
Province 18	1997	94067	600	6.4	232.8	89	18	995760000	B	37851.83
Province 18	1998	96860	611	6.3	237.1	80	18	997885200	B	42405.57
Province 18	1999	102593	624	6.1	242.1	80	17	1012939200	B	44587.3
Province 18	2000	105408	637	6.0	247.2	81	18	1147491800	B	43748.4
Province 18	2001	107915	647	6.0	251.1	82	18	1146289900	B	45547.2
Province 18	2002	109936	658	6.0	255.3	83	19	1191045800	B	49022.5
Province 18	2003	111974	669	6.0	259.6	84	20	1425572100	B	50682.0
Province 18	2004	114102	681	6.0	264.3	85	22	1795592700	B	50895.9
Province 18	2005	116152	694	6.0	269.31	87	25	2174024400	B	54493.2
Province 18	2006	118953	704	5.9	228.2	88	27	2464563200	B	51711.5
Province 18	2007	121772	715	5.9	277.5	89	30	2830041500	B	53480.0
Province 18	2008	123817	726	5.9	281.7	91	32	3597184800	B	57253.02
Province 18	2009	127610	738	5.8	286.4	90	34	2885949000	B	69263.0
Province 18	2010	129990	750	5.8	291.04	92	36	3360300000	B	68199.7
Province 18	2011	133032	761	5.7	295.3	94	38	4130555800	B	72001.9
Province 18	2012	135378	772	5.7	299.6	97	41	4279427600	B	82390.5
Province 18	2013	139503	784	5.6	304.2	98	42	4273740800	B	88409.2
Province 18	2014	143687	796	5.5	308.9	99	44	4346239600	B	79452.4
Province 18	2015	147677	808	5.5	313.5	100	46	3339140800	B	82060
Province 18	2016	151861	819	5.4	317.8	100	71	3189186000	B	84450.3
Province 18	2017	155268	829	5.3	321.7	100	75	3329678500	B	86840.6
Province 18	2018	157688	841	5.3	326.3	100	53	3431868700	B	89448.2

▪ Base de données relative à la wilaya de Sétif entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 19	1995	188993	1276	6.8	196.2	90	25	1913489600	B	175722.66
Province 19	1996	196802	1307	6.6	201.0	90	25	2147793100	B	184884.04
Province 19	1997	205115	1340	6.5	206.0	92	25	2223864000	B	184665.60
Province 19	1998	213680	1374	6.4	211.3	91	25	2244016800	B	188787.63
Province 19	1999	233858	1409	6.0	216.6	86	24	2287229700	B	201517.2
Province 19	2000	240962	1446	6.0	222.3	86	25	2604824400	B	213270.0
Province 19	2001	248584	1477	5.9	227.1	86	26	2616800900	B	214478.4
Province 19	2002	253638	1510	6.0	232.2	86	27	2733251000	B	230232.4
Province 19	2003	257710	1544	6.0	237.4	89	30	3290109600	B	247341.5
Province 19	2004	261109	1580	6.1	242.9	90	33	4165986000	B	262155.3
Province 19	2005	264611	1617	6.1	248.62	92	37	5065414200	B	265724.6
Province 19	2006	275312	1650	6.0	201.0	92	39	5776320000	B	274070.0
Province 19	2007	287869	1685	5.9	259.1	92	41	6669398500	B	296329.0
Province 19	2008	294413	1720	5.8	264.5	93	45	8522256000	B	312878.82
Province 19	2009	305215	1758	5.8	270.3	94	26	6874659000	B	265028.2
Province 19	2010	311699	1796	5.8	276.14	96	51	8046798400	B	427542.3
Province 19	2011	318438	1832	5.8	281.7	98	57	9943729600	B	479038.0
Province 19	2012	326952	1868	5.7	287.2	99	61	10354884400	B	544890.9
Province 19	2013	341326	1906	5.6	293.1	98	63	10389987200	B	596637.5
Province 19	2014	359868	1946	5.4	299.2	70	63	10625354600	B	495609.4
Province 19	2015	375445	1987	5.3	305.5	96	64	8211476200	B	517679.8
Province 19	2016	386592	2023	5.2	311.0	97	69	7877562000	B	538588.6
Province 19	2017	396783	2061	5.2	316.9	99	74	8278006500	B	559497.4
Province 19	2018	405567	2101	5.2	323.0	100	77	8573550700	B	581567.8

▪ Base de données relative à la wilaya de Saïda entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 20	1995	34358	271	7.9	40.1	100	48	406391600	C	56927.87
Province 20	1996	37151	274	7.4	40.5	100	48	450264200	C	50609.90
Province 20	1997	39945	277	6.9	41.0	100	46	459709200	C	58508.73
Province 20	1998	43669	281	6.4	41.5	100	43	458929200	C	58906.28
Province 20	1999	52036	284	5.5	42.0	100	37	461017200	C	63303.4
Province 20	2000	54564	288	5.3	42.6	100	38	518803200	C	64826.2
Province 20	2001	55927	290	5.2	42.9	100	43	513793000	C	65050.2
Province 20	2002	57265	293	5.1	43.3	100	47	530359300	C	72855.1
Province 20	2003	58476	296	5.1	43.8	100	50	630746400	C	77560.0
Province 20	2004	59744	299	5.0	44.2	100	60	788373300	C	83487.8
Province 20	2005	60705	302	5.0	44.65	100	67	946045200	C	87610.2
Province 20	2006	62657	304	4.9	40.5	100	85	1064243200	C	89126.1
Province 20	2007	63585	307	4.8	45.4	87	44	1215136700	C	74268.8
Province 20	2008	64656	309	4.8	45.7	90	49	1531033200	C	73989.78
Province 20	2009	66629	312	4.7	46.1	91	52	1220076000	C	96560.8
Province 20	2010	70727	314	4.4	46.42	88	52	1406845600	C	98517.6
Province 20	2011	73108	317	4.3	46.9	88	53	1720612600	C	102454.1
Province 20	2012	74456	319	4.3	47.2	91	57	1768312700	C	116959.6
Province 20	2013	76237	321	4.2	47.5	92	59	1749835200	C	124651.7
Province 20	2014	80247	324	4.0	47.9	90	59	1769072400	C	111583.4
Province 20	2015	85568	326	3.8	48.2	88	58	1347227600	C	114009.6
Province 20	2016	91607	328	3.6	48.5	86	58	1277232000	C	116435.8
Province 20	2017	96849	330	3.4	48.8	83	58	1325445000	C	118862
Province 20	2018	103956	332	3.2	49.1	81	54	1354792400	C	121288.2

▪ Base de données relative à la wilaya de Skikda entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 21	1995	115670	741	6.4	184.1	81	24	1111203600	A	97007.01
Province 21	1996	119352	753	6.3	187.0	81	24	1237404900	A	103515.39
Province 21	1997	123770	765	6.2	190.0	80	23	1269594000	A	104564.94
Province 21	1998	127820	778	6.1	193.2	78	16	1270629600	A	106221.76
Province 21	1999	142460	791	5.6	196.5	72	21	1284030300	A	115411.8
Province 21	2000	144862	804	5.6	199.7	73	21	1448325600	A	119431.6
Province 21	2001	146091	815	5.6	202.4	77	22	1443935500	A	123550.0
Province 21	2002	147485	826	5.6	205.2	78	23	1495142600	A	137764.4
Province 21	2003	149506	837	5.6	207.9	79	24	1783563300	A	147123.6
Province 21	2004	151576	849	5.6	210.9	79	25	2238558300	A	138602.4
Province 21	2005	153132	862	5.6	214.11	82	26	2700301200	A	132348.5
Province 21	2006	155446	872	5.6	187.0	83	27	3052697600	A	124171.2
Province 21	2007	158149	883	5.6	219.3	85	28	3495002300	A	135560.9
Province 21	2008	162838	894	5.5	222.1	86	29	4429591200	A	140410.84
Province 21	2009	168069	905	5.4	224.8	86	29	3539002500	A	164745.4
Province 21	2010	171449	917	5.3	227.77	86	30	4108526800	A	169708.3
Province 21	2011	175495	927	5.3	230.3	87	31	5031570600	A	178544.0
Province 21	2012	179726	938	5.2	233.0	89	32	5199615400	A	189609.4
Province 21	2013	184666	949	5.1	235.7	90	33	5173188800	A	193538.5
Province 21	2014	194285	960	4.9	238.5	90	35	5241696000	A	185263
Province 21	2015	200819	972	4.8	241.4	91	39	4016887200	A	190317.4
Province 21	2016	209450	981	4.7	243.7	62	38	3820014000	A	194108.2
Province 21	2017	216913	991	4.6	246.2	92	39	3980351500	A	198320.2
Province 21	2018	221846	1001	4.5	248.6	93	45	4084780700	A	202532.2

▪ Base de données relative à la wilaya de Sidi Bel Abbés entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 22	1995	75093	548	7.3	59.9	97	32	821780800	B	56078.57
Province 22	1996	79539	558	7.0	61.0	97	32	916961400	B	92702.42
Province 22	1997	84621	570	6.7	62.3	93	32	945972000	B	55487.79
Province 22	1998	89067	581	6.5	63.5	91	31	948889200	B	53867.48
Province 22	1999	97906	593	6.1	64.8	83	29	962616900	B	60390.0
Province 22	2000	102319	606	5.9	66.2	83	28	1091648400	B	62788.9
Province 22	2001	105657	616	5.8	67.3	83	29	1091367200	B	65193.8
Province 22	2002	109851	627	5.7	68.5	85	29	1134932700	B	74471.7
Province 22	2003	112106	638	5.7	69.7	88	31	1359514200	B	76630.3
Province 22	2004	114755	649	5.7	70.9	89	32	1711218300	B	77158.7
Province 22	2005	119016	662	5.6	72.35	91	32	2073781200	B	72868.0
Province 22	2006	123882	672	5.4	61.0	91	35	2352537600	B	68147.2
Province 22	2007	127076	683	5.4	74.6	92	37	2703382300	B	71927.4
Province 22	2008	130315	694	5.3	75.8	93	39	3438631200	B	73215.44
Province 22	2009	135430	705	5.2	77.0	93	41	2756902500	B	87844.4
Province 22	2010	140226	717	5.1	78.36	93	43	3212446800	B	94481.4
Province 22	2011	145020	728	5.0	79.6	93	46	3951438400	B	104376.0
Province 22	2012	147748	739	5.0	80.8	94	50	4096498700	B	126007.4
Province 22	2013	151380	751	5.0	82.1	95	52	4093851200	B	132460.3
Province 22	2014	155211	762	4.9	83.3	96	55	4160596200	B	117900.9824
Province 22	2015	159801	775	4.8	84.7	95	58	3202765000	B	123034.4384
Province 22	2016	164197	783	4.8	85.6	97	63	3049002000	B	127950.9248
Province 22	2017	170395	796	4.7	87.0	96	80	3197134000	B	134882.768
Province 22	2018	177354	807	4.6	88.2	95	66	3293124900	B	142665.7136

▪ Base de données relative à la wilaya d'Annaba entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 23	1995	75093	533	7.1	370.4	100	63	799286800	B	309535.25
Province 23	1996	79539	540	6.8	375.3	100	63	887382000	B	228777.72
Province 23	1997	84621	548	6.5	380.8	100	61	909460800	B	304885.65
Province 23	1998	89067	555	6.2	385.7	100	59	906426000	B	291032.16
Province 23	1999	111649	564	5.1	391.9	100	47	915541200	B	186172.9
Province 23	2000	114622	572	5.0	397.5	100	48	1030400800	B	181243.4
Province 23	2001	116893	578	4.9	401.7	100	48	1024042600	B	197280.5
Province 23	2002	120748	585	4.8	406.5	86	47	1058908500	B	173921.0
Province 23	2003	123502	591	4.8	410.7	87	47	1259361900	B	183003.0
Province 23	2004	126135	599	4.7	416.3	89	48	1579383300	B	194456.1
Province 23	2005	129346	606	4.7	421.13	91	50	1898355600	B	222579.6
Province 23	2006	132446	612	4.6	375.3	91	52	2142489600	B	242172.0
Province 23	2007	136941	618	4.5	429.5	91	54	2446105800	B	238858.4
Province 23	2008	144369	624	4.3	433.6	90	55	3091795200	B	215496.94
Province 23	2009	149243	631	4.2	438.5	89	58	2467525500	B	253831.9
Province 23	2010	153823	638	4.1	443.36	89	58	2858495200	B	289934.8
Province 23	2011	159402	643	4.0	446.8	89	58	3490075400	B	263549.0
Province 23	2012	163701	649	4.0	451.0	90	60	3597601700	B	280454.3
Province 23	2013	169261	655	3.9	455.2	90	61	3570536000	B	244655.2
Province 23	2014	177901	662	3.7	460.0	89	61	3614586200	B	295659.00
Province 23	2015	181767	668	3.7	464.2	44	33	2760576800	B	302352.21
Province 23	2016	189418	673	3.6	467.7	89	64	2620662000	B	315598.38
Province 23	2017	194748	678	3.5	471.2	100	66	2723187000	B	324826.21
Province 23	2018	199551	684	3.4	475.3	92	67	2791198800	B	333141.65

▪ Base de données relative à la wilaya de Guelma entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 24	1995	53947	406	7.5	99.0	98	34	608837600	B	74718.17
Province 24	1996	58882	411	7.0	100.2	98	34	675396300	B	50103.54
Province 24	1997	63817	416	6.5	101.4	93	32	690393600	B	45884.61
Province 24	1998	68752	421	6.1	102.7	89	30	687577200	B	45885.95
Province 24	1999	80538	426	5.3	103.9	79	27	691525800	B	48412.5
Province 24	2000	82799	432	5.2	105.3	80	29	778204800	B	47066.0
Province 24	2001	85133	435	5.1	106.1	82	30	770689500	B	50885.6
Province 24	2002	88039	439	5.0	107.0	81	30	794633900	B	57182.7
Province 24	2003	91354	444	4.9	108.3	82	30	946119600	B	62223.7
Province 24	2004	94384	448	4.7	109.2	84	34	1181241600	B	62148.2
Province 24	2005	96082	453	4.7	110.46	86	37	1419067800	B	62005.4
Province 24	2006	99219	456	4.6	100.2	85	38	1596364800	B	61966.0
Province 24	2007	103336	460	4.5	112.2	88	40	1820726000	B	59696.3
Province 24	2008	106322	463	4.4	112.9	88	47	2294072400	B	69070.13
Province 24	2009	110234	467	4.2	113.9	90	48	1826203500	B	85110.2
Province 24	2010	114642	471	4.1	114.85	90	50	2110268400	B	85802.3
Province 24	2011	118695	475	4.0	115.8	89	51	2578205000	B	92299.6
Province 24	2012	123495	478	3.9	116.6	90	51	2649697400	B	107864.6
Province 24	2013	127906	481	3.8	117.3	90	52	2622027200	B	112377.3
Province 24	2014	132330	485	3.7	118.3	90	52	2648148500	B	111846.58
Province 24	2015	136613	489	3.6	119.2	90	53	2020841400	B	117525.838
Province 24	2016	141797	492	3.5	120.0	100	60	1915848000	B	124399.822
Province 24	2017	146155	494	3.4	120.5	92	63	1984151000	B	130178.53
Province 24	2018	149259	497	3.3	121.2	93	62	2028107900	B	134294.434

- Base de données relative à la wilaya de Constantine entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 25	1995	129758	816	6.3	373.1	85	49	1223673600	B	126060.63
Province 25	1996	135545	832	6.1	380.4	85	49	1367225600	B	128049.95
Province 25	1997	141694	849	6.0	388.2	85	48	1409000400	B	125927.01
Province 25	1998	148205	867	5.9	396.4	84	48	1415984400	B	133963.57
Province 25	1999	162069	885	5.5	404.7	81	46	1436620500	B	141569.5
Province 25	2000	167178	904	5.4	413.4	82	46	1628465600	B	149355.1
Province 25	2001	170527	919	5.4	420.2	84	46	1628192300	B	152932.6
Province 25	2002	176505	935	5.3	427.5	85	47	1692443500	B	150914.9
Province 25	2003	182183	952	5.2	435.3	87	49	2028616800	B	154686.0
Province 25	2004	187261	969	5.2	443.1	87	57	2554962300	B	167919.0
Province 25	2005	190428	988	5.2	451.76	90	64	3095008800	B	184989.1
Province 25	2006	194023	1003	5.2	380.4	93	67	3511302400	B	181491.5
Province 25	2007	199605	1019	5.1	465.9	51	69	4033303900	B	192869.3
Province 25	2008	204383	1036	5.1	473.7	94	71	5133172800	B	205017.90
Province 25	2009	209150	1054	5.0	481.9	95	74	4121667000	B	280304.1
Province 25	2010	212466	1072	5.0	490.17	97	76	4802988800	B	282962.1
Province 25	2011	219546	1088	5.0	497.5	97	76	5905446400	B	302562.7
Province 25	2012	227145	1105	4.9	505.3	97	78	6125346500	B	330995.6
Province 25	2013	234528	1122	4.8	513.0	98	79	6116246400	B	365327.2
Province 25	2014	243113	1140	4.7	521.3	97	80	6224514000	B	321780
Province 25	2015	252823	1159	4.6	529.9	97	79	4789683400	B	335577.8
Province 25	2016	261878	1175	4.5	537.3	96	80	4575450000	B	347197
Province 25	2017	274668	1191	4.3	544.6	95	79	4783651500	B	358816.2
Province 25	2018	291997	1208	4.1	552.4	94	78	4929485600	B	371161.6

▪ Base de données relative à la wilaya de Médéa entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 26	1995	84389	795	9.4	89.7	99	22	1192182000	B	77434.81
Province 26	1996	88880	809	9.1	91.2	99	22	1329429700	B	79577.12
Province 26	1997	94013	825	8.8	93.1	95	21	1369170000	B	76324.09
Province 26	1998	99146	841	8.5	94.9	87	21	1373521200	B	78827.19
Province 26	1999	114428	857	7.5	96.7	75	18	1391168100	B	82751.1
Province 26	2000	117760	875	7.4	98.7	76	18	1576225000	B	82039.7
Province 26	2001	119959	888	7.4	100.2	78	19	1573269600	B	86328.5
Province 26	2002	122974	903	7.3	101.8	80	19	1634520300	B	87199.6
Province 26	2003	124913	918	7.3	103.5	81	20	1956166200	B	96718.5
Province 26	2004	127128	934	7.3	105.3	83	21	2462677800	B	109359.2
Province 26	2005	129643	950	7.3	107.15	85	21	2975970000	B	107054.9
Province 26	2006	133817	964	7.2	91.2	85	22	3374771200	B	102036.9
Province 26	2007	137480	979	7.1	110.4	85	26	3874979900	B	98957.2
Province 26	2008	142211	993	7.0	112.0	87	29	4920116400	B	104997.51
Province 26	2009	146335	1009	6.9	113.8	87	31	3945694500	B	131152.1
Province 26	2010	150514	1025	6.8	115.61	88	34	4592410000	B	133569.8
Province 26	2011	155590	1039	6.7	117.2	88	35	5639484200	B	144292.7
Province 26	2012	158489	1054	6.7	118.9	90	38	5842638200	B	160512.7
Province 26	2013	164100	1069	6.5	120.6	90	39	5827332800	B	173472.5
Province 26	2014	174275	1085	6.2	122.4	89	39	5924208500	B	153504.5
Province 26	2015	183877	1102	6.0	124.3	90	40	4554125200	B	158827.2
Province 26	2016	193586	1115	5.8	125.8	90	41	4341810000	B	162897.5
Province 26	2017	203593	1130	5.6	127.5	90	42	4538645000	B	167594
Province 26	2018	212344	1144	5.4	129.0	91	44	4668320800	B	171977.4

- Base de données relative à la wilaya de Mostaganem entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 27	1995	84011	626	7.5	275.9	91	19	938749600	A	67278.86
Province 27	1996	88545	639	7.2	281.6	91	19	1050068700	A	54661.13
Province 27	1997	93080	652	7.0	287.4	88	19	1082059200	A	55828.90
Province 27	1998	97963	666	6.8	293.5	86	18	1087711200	A	50754.56
Province 27	1999	108585	681	6.3	300.1	81	17	1105467300	A	54861.4
Province 27	2000	112547	696	6.2	306.7	81	17	1253774400	A	57082.4
Province 27	2001	116326	709	6.1	312.5	80	16	1256135300	A	61589.1
Province 27	2002	119734	722	6.0	318.2	80	17	1306892200	A	66550.7
Province 27	2003	122861	735	6.0	323.9	82	17	1566211500	A	73635.7
Province 27	2004	125443	750	6.0	330.5	84	19	1977525000	A	79163.2
Province 27	2005	128838	764	5.9	336.71	88	20	2393306400	A	78402.5
Province 27	2006	134144	777	5.8	281.6	87	20	2720121600	A	77582.8
Province 27	2007	138221	790	5.7	348.2	88	22	3126899000	A	71366.8
Province 27	2008	141745	804	5.7	354.3	89	22	3983659200	A	73760.48
Province 27	2009	146311	818	5.6	360.5	89	23	3198789000	A	83750.8
Province 27	2010	151357	833	5.5	367.12	91	25	3732173200	A	87900.4
Province 27	2011	156467	847	5.4	373.3	92	26	4597346600	A	91117.6
Province 27	2012	162440	860	5.3	379.0	92	29	4767238000	A	110932.0
Province 27	2013	169631	874	5.2	385.2	92	30	4764348800	A	114405.4
Province 27	2014	176969	889	5.0	391.8	92	31	4854028900	A	102851.9
Province 27	2015	185575	905	4.9	398.9	92	32	3740003000	A	106133.5
Province 27	2016	190063	918	4.8	404.6	92	34	3574692000	A	108799.8
Province 27	2017	194616	932	4.8	410.8	94	36	3743378000	A	111671.2
Province 27	2018	198843	946	4.8	416.9	96	37	3860342200	A	114542.6

▪ Base de données relative à la wilaya de M'sila entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 28	1995	117793	769	6.5	42.3	75	19	1153192400	D	78109.59
Province 28	1996	122502	787	6.4	43.3	75	19	1293277100	D	79313.29
Province 28	1997	127473	806	6.3	44.3	75	19	1337637600	D	80304.18
Province 28	1998	132705	826	6.2	45.4	75	20	1349023200	D	80491.26
Province 28	1999	146780	847	5.8	46.6	71	19	1374935100	D	83340.9
Province 28	2000	150288	869	5.8	47.8	71	20	1565416600	D	88221.8
Province 28	2001	152980	888	5.8	48.9	74	21	1573269600	D	88597.5
Province 28	2002	156137	907	5.8	49.9	74	21	1641760700	D	132185.2
Province 28	2003	159995	927	5.8	51.0	74	23	1975344300	D	139474.3
Province 28	2004	162125	948	5.8	52.2	77	25	2499591600	D	190586.0
Province 28	2005	165425	970	5.9	53.37	80	27	3038622000	D	190509.6
Province 28	2006	171600	989	5.8	43.3	81	28	3462291200	D	235975.5
Province 28	2007	176673	1010	5.7	55.6	83	31	3997681000	D	248197.8
Province 28	2008	180950	1031	5.7	56.7	85	34	5108398800	D	261435.58
Province 28	2009	184927	1052	5.7	57.9	87	36	4113846000	D	315651.6
Province 28	2010	191098	1075	5.6	59.15	87	38	4816430000	D	312488.8
Province 28	2011	197822	1096	5.5	60.3	88	39	5948868800	D	334928.9
Province 28	2012	204405	1117	5.5	61.5	89	43	6191866100	D	364436.2
Province 28	2013	214243	1140	5.3	62.7	89	47	6214368000	D	393762.9
Province 28	2014	223381	1163	5.2	64.0	90	49	6350096300	D	392291.7
Province 28	2015	231424	1187	5.1	65.3	92	52	4905396200	D	414585.3
Province 28	2016	238607	1208	5.1	66.5	68	57	4703952000	D	434092.2
Province 28	2017	243315	1230	5.1	67.7	94	59	4940295000	D	454528
Province 28	2018	248865	1253	5.0	68.9	95	59	5113117100	D	475892.7

▪ Base de données relative à la wilaya de Mascara entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 29	1995	90315	697	7.7	117.3	100	25	1045221200	B	96335.18
Province 29	1996	95098	711	7.5	119.7	100	25	1168386300	B	62356.93
Province 29	1997	99880	725	7.3	122.0	100	25	1203210000	B	90050.48
Province 29	1998	105004	740	7.0	124.6	100	25	1208568000	B	99639.53
Province 29	1999	118229	756	6.4	127.3	90	23	1227214800	B	106662.9
Province 29	2000	120918	772	6.4	129.9	91	24	1390680800	B	110127.5
Province 29	2001	123403	786	6.4	132.3	92	25	1392556200	B	114567.4
Province 29	2002	126953	799	6.3	134.5	93	26	1446269900	B	129889.8
Province 29	2003	130975	814	6.2	137.0	93	28	1734552600	B	130811.1
Province 29	2004	134265	829	6.2	139.5	93	30	2185824300	B	132740.1
Province 29	2005	137310	845	6.2	142.23	95	33	2647047000	B	128880.0
Province 29	2006	142844	858	6.0	119.7	94	34	3003686400	B	124591.2
Province 29	2007	148305	872	5.9	146.8	94	35	3451463200	B	132686.3
Province 29	2008	152473	886	5.8	149.1	94	37	4389952800	B	193270.05
Province 29	2009	156099	902	5.8	151.8	95	39	3527271000	B	271673.4
Province 29	2010	159336	917	5.8	154.35	97	40	4108526800	B	275371.9
Province 29	2011	162447	931	5.7	156.7	99	42	5053281800	B	287001.7
Province 29	2012	166415	945	5.7	159.1	100	44	5238418500	B	307107.6
Province 29	2013	173148	960	5.5	161.6	100	44	5233152000	B	335973.4
Province 29	2014	186743	976	5.2	164.3	96	43	5329057600	B	301516
Province 29	2015	196799	992	5.0	167.0	95	43	4099539200	B	316372
Province 29	2016	203889	1006	4.9	169.3	96	44	3917364000	B	329371
Province 29	2017	207890	1020	4.9	171.7	98	46	4096830000	B	342370
Province 29	2018	210440	1034	4.9	174.0	100	48	4219443800	B	355369

▪ Base de données relative à la wilaya de Ouargla entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 30	1995	71251	360	5.1	1.7	94	17	539856000	D	85691.22
Province 30	1996	74221	368	5.0	1.7	94	17	604734400	D	82574.15
Province 30	1997	77561	377	4.9	1.8	93	17	625669200	D	92959.25
Province 30	1998	80902	386	4.8	1.8	91	18	630415200	D	98802.96
Province 30	1999	89315	396	4.4	1.9	85	17	642826800	D	108074.7
Province 30	2000	92913	406	4.4	1.9	85	17	731368400	D	108433.7
Province 30	2001	94563	414	4.4	2.0	85	19	733483800	D	116057.7
Province 30	2002	96456	423	4.4	2.0	87	20	765672300	D	87843.2
Province 30	2003	97730	432	4.4	2.0	93	22	920548800	D	86238.2
Province 30	2004	99090	441	4.5	2.1	94	24	1162784700	D	94321.4
Province 30	2005	102038	452	4.4	2.13	98	26	1415935200	D	140476.2
Province 30	2006	104903	460	4.4	1.7	91	29	1610368000	D	139285.2
Province 30	2007	108357	469	4.3	2.2	90	32	1856348900	D	137524.3
Province 30	2008	112055	479	4.3	2.3	91	35	2373349200	D	139975.90
Province 30	2009	116533	489	4.2	2.3	93	37	1912234500	D	151335.9
Province 30	2010	120735	499	4.1	2.35	95	39	2235719600	D	152946.8
Province 30	2011	123783	508	4.1	2.4	98	41	2757322400	D	164146.4
Province 30	2012	127328	518	4.1	2.4	100	44	2871429400	D	192419.3
Province 30	2013	132805	528	4.0	2.5	100	46	2878233600	D	210587.3
Province 30	2014	138259	538	3.9	2.5	100	48	2937533800	D	187033.6
Province 30	2015	143337	549	3.8	2.6	100	51	2268797400	D	194081.3
Province 30	2016	147385	558	3.8	2.6	100	53	2172852000	D	199847.6
Province 30	2017	152435	568	3.7	2.7	100	55	2281372000	D	206254.6
Province 30	2018	155343	579	3.7	2.7	100	57	2362725300	D	213302.3

▪ Base de données relative à la wilaya d'Oran entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 31	1995	228061	1120	4.9	528.1	76	38	1679552000	A	157556.82
Province 31	1996	235291	1139	4.8	537.0	76	38	1871718700	A	158133.19
Province 31	1997	242520	1158	4.8	546.0	77	38	1921816800	A	158571.39
Province 31	1998	250511	1179	4.7	555.9	77	38	1925542800	A	148427.39
Province 31	1999	270705	1200	4.4	565.8	74	36	1947960000	A	170371.7
Province 31	2000	275132	1222	4.4	576.1	76	36	2201310800	A	179031.0
Province 31	2001	278928	1239	4.4	584.2	77	36	2195136300	A	193240.3
Province 31	2002	282776	1257	4.4	592.6	79	37	2275295700	A	176204.7
Province 31	2003	287647	1276	4.4	601.6	80	37	2719028400	A	184219.8
Province 31	2004	293011	1296	4.4	611.0	80	38	3417163200	A	183433.1
Province 31	2005	299093	1316	4.4	620.46	82	39	4122501600	A	205131.1
Province 31	2006	305340	1333	4.4	537.0	84	41	4666566400	A	200786.5
Province 31	2007	310157	1351	4.4	637.0	87	42	5347393100	A	194299.5
Province 31	2008	317040	1369	4.3	645.5	88	44	6783121200	A	210068.94
Province 31	2009	323747	1389	4.3	654.9	90	45	5431684500	A	254759.7
Province 31	2010	329699	1409	4.3	664.31	91	47	6312883600	A	260629.1
Province 31	2011	337204	1425	4.2	671.9	92	48	7734615000	A	273224.6
Province 31	2012	342274	1443	4.2	680.3	94	51	7998981900	A	316094.4
Province 31	2013	348112	1461	4.2	688.8	95	54	7964203200	A	342844.9
Province 31	2014	353722	1481	4.2	698.3	97	57	8086408100	A	295342
Province 31	2015	367796	1501	4.1	707.7	97	60	6203032600	A	304582
Province 31	2016	389396	1517	3.9	715.2	95	60	5907198000	A	311974
Province 31	2017	402068	1533	3.8	722.8	95	57	6157294500	A	319366
Province 31	2018	413062	1551	3.8	731.3	96	64	6329165700	A	327682

▪ Base de données relative à la wilaya d'El Bayadh entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 32	1995	18259	183	10.0	2.3	0	0	274426800	C	23918.20
Province 32	1996	21123	186	8.8	2.4	0	0	305653800	C	23918.20
Province 32	1997	23986	189	7.9	2.4	0	0	313664400	C	23100.70
Province 32	1998	26850	192	7.2	2.4	0	0	313574400	C	22594.06
Province 32	1999	35984	195	5.4	2.5	0	0	316543500	C	24847.1
Province 32	2000	37481	198	5.3	2.5	0	0	356677200	C	25728.4
Province 32	2001	38535	201	5.2	2.5	0	0	356111700	C	27650.2
Province 32	2002	39590	204	5.2	2.6	0	0	369260400	C	31300.7
Province 32	2003	40350	207	5.1	2.6	0	0	441096300	C	33323.2
Province 32	2004	41230	210	5.1	2.7	0	0	553707000	C	34812.6
Province 32	2005	42413	213	5.0	2.70	0	0	667243800	C	28510.0
Province 32	2006	44689	215	4.8	2.4	0	0	752672000	C	12832.9
Province 32	2007	47249	218	4.6	2.8	83	40	862865800	C	36082.2
Province 32	2008	50826	221	4.3	2.8	81	42	1095010800	C	37274.58
Province 32	2009	55395	224	4.0	2.8	78	41	875952000	C	47772.3
Province 32	2010	58399	227	3.9	2.88	78	44	1017050800	C	45348.2
Province 32	2011	61450	229	3.7	2.9	78	46	1242966200	C	51859.2
Province 32	2012	63186	232	3.7	2.9	82	52	1286045600	C	63764.4
Province 32	2013	66058	235	3.6	3.0	80	53	1281032000	C	70441.5
Province 32	2014	70349	237	3.4	3.0	82	54	1294043700	C	67439.01
Province 32	2015	73810	240	3.3	3.0	82	56	991824000	C	72020.68
Province 32	2016	78296	243	3.1	3.1	82	57	946242000	C	77959.24
Province 32	2017	82013	245	3.0	3.1	83	60	984042500	C	82879.81
Province 32	2018	84451	248	2.9	3.1	83	59	1012013600	C	86107.23

- Base de données relative à la wilaya d'Illizi entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 33	1995	6980	25	3.6	0.1	0	0	37490000	D	2506.34
Province 33	1996	7631	26	3.4	0.1	0	0	42725800	D	2506.34
Province 33	1997	8283	27	3.3	0.1	0	0	44809200	D	2435.20
Province 33	1998	8934	28	3.1	0.1	0	0	45729600	D	2464.70
Province 33	1999	10034	29	2.9	0.1	0	0	47075700	D	2485.4
Province 33	2000	10654	30	2.8	0.1	0	0	54042000	D	2600.1
Province 33	2001	10886	31	2.8	0.1	0	0	54922700	D	2526.4
Province 33	2002	11135	31	2.8	0.1	0	0	56113100	D	2799.0
Province 33	2003	11548	32	2.8	0.1	0	0	68188800	D	3005.3
Province 33	2004	12259	33	2.7	0.1	0	0	87011100	D	2255.9
Province 33	2005	12709	34	2.7	0.12	0	0	106508400	D	3692.4
Province 33	2006	13331	35	2.6	0.1	72	1	122528000	D	3858.8
Province 33	2007	13970	36	2.6	0.1	71	3	142491600	D	4663.0
Province 33	2008	14697	37	2.5	0.1	71	4	183327600	D	4998.60
Province 33	2009	15459	38	2.5	0.1	73	4	148599000	D	5193.8
Province 33	2010	16053	39	2.4	0.14	75	5	174735600	D	5610.5
Province 33	2011	16667	41	2.5	0.1	76	5	222539800	D	5832.1
Province 33	2012	17097	42	2.5	0.1	80	7	232818600	D	6450.1
Province 33	2013	17694	43	2.4	0.2	82	8	234401600	D	7066.6
Province 33	2014	19118	44	2.3	0.2	82	8	240244400	D	6677.4
Province 33	2015	20407	45	2.2	0.2	82	9	185967000	D	6948.5
Province 33	2016	21354	46	2.2	0.2	82	11	179124000	D	7219.6
Province 33	2017	22054	47	2.1	0.2	83	12	188775500	D	7490.7
Province 33	2018	23108	49	2.1	0.2	82	12	199954300	D	8032.9

- Base de données relative à la wilaya de Bordj Bou Arreridj entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 34	1995	72112	518	7.2	125.9	100	32	776792800	C	59975.82
Province 34	1996	76662	527	6.9	128.1	100	32	866019100	C	63957.12
Province 34	1997	81717	537	6.6	130.5	100	33	891205200	C	63194.49
Province 34	1998	87277	548	6.3	133.2	97	32	894993600	C	70068.91
Province 34	1999	97789	559	5.7	135.8	89	31	907424700	C	66406.2
Province 34	2000	102635	570	5.6	138.5	89	31	1026798000	C	70430.5
Province 34	2001	106767	579	5.4	140.7	87	32	1025814300	C	70831.3
Province 34	2002	110975	588	5.3	142.9	85	35	1064338800	C	77189.8
Province 34	2003	112825	598	5.3	145.3	87	40	1274278200	C	88652.3
Province 34	2004	116219	609	5.2	148.0	87	42	1605750300	C	100526.7
Province 34	2005	119950	619	5.2	150.43	89	45	1939079400	C	106322.9
Province 34	2006	125241	628	5.0	128.1	89	49	2198502400	C	111597.5
Province 34	2007	131426	638	4.9	155.0	87	52	2525267800	C	118340.2
Province 34	2008	134738	648	4.8	157.5	88	55	3210710400	C	132823.95
Province 34	2009	138365	658	4.8	159.9	89	58	2573109000	C	189207.3
Province 34	2010	141275	669	4.7	162.58	92	63	2997387600	C	197549.7
Province 34	2011	147497	678	4.6	164.8	91	65	3680048400	C	219288.3
Province 34	2012	152105	688	4.5	167.2	91	68	3813790400	C	253611.4
Province 34	2013	160013	698	4.4	169.6	90	68	3804937600	C	286789.9
Province 34	2014	171009	708	4.1	172.1	89	68	3865750800	C	237037.6
Province 34	2015	176118	719	4.1	174.7	90	71	2971339400	C	249557.8
Province 34	2016	182392	728	4.0	176.9	100	71	2834832000	C	259801.6
Province 34	2017	187811	737	3.9	179.1	90	74	2960160500	C	270045.4
Province 34	2018	194527	747	3.8	181.5	91	80	3048282900	C	281427.4

- Base de données relative à la wilaya de Boumerdès entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 35	1995	118348	840	7.1	528.0	91	24	1259664000	A	87501.68
Province 35	1996	121712	862	7.1	541.8	91	24	1416524600	A	91805.52
Province 35	1997	125229	885	7.1	556.3	91	24	1468746000	A	91011.48
Province 35	1998	128898	909	7.1	571.3	91	24	1484578800	A	96517.41
Province 35	1999	139223	933	6.7	586.4	86	23	1514538900	A	105841.1
Province 35	2000	141449	959	6.8	602.8	88	24	1727542600	A	109237.0
Province 35	2001	144701	982	6.8	617.2	91	24	1739809400	A	112630.5
Province 35	2002	147308	1005	6.8	631.7	95	26	1819150500	A	121904.6
Province 35	2003	148161	1029	6.9	646.8	96	25	2192696100	A	122907.9
Province 35	2004	149215	1055	7.1	663.1	100	26	2781718500	A	119090.6
Province 35	2005	152097	1081	7.1	679.45	100	27	3386340600	A	133215.1
Province 35	2006	156992	1105	7.0	541.8	100	29	3868384000	A	128996.5
Province 35	2007	159676	1130	7.1	710.2	100	31	4472653000	A	137355.0
Province 35	2008	162743	1156	7.1	726.6	89	18	5727748800	A	120489.20
Province 35	2009	165527	1182	7.1	742.9	91	20	4622211000	A	125603.0
Province 35	2010	168814	1210	7.2	760.53	97	23	5421284000	A	133455.4
Province 35	2011	173321	1236	7.1	776.9	100	27	6708760800	A	145631.9
Province 35	2012	176169	1263	7.2	793.8	100	30	7001187900	A	156735.2
Province 35	2013	182999	1290	7.0	810.8	100	33	7032048000	A	180598.8
Province 35	2014	189604	1319	7.0	829.0	100	35	7201871900	A	162432.1
Province 35	2015	196881	1349	6.9	847.9	100	38	5574877400	A	167079.1
Province 35	2016	203278	1376	6.8	864.9	79	34	5358144000	A	171261.4
Province 35	2017	211487	1404	6.6	882.5	81	36	5639166000	A	175598.6
Province 35	2018	221074	1433	6.5	900.7	100	47	5847643100	A	180090.7

- Base de données relative à la wilaya d'El Taref entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 36	1995	49285	345	7.0	103.3	0	0	517362000	B	23383.98
Province 36	1996	51861	352	6.8	105.4	0	0	578441600	B	23383.98
Province 36	1997	54806	360	6.6	107.8	0	0	597456000	B	24254.86
Province 36	1998	57751	368	6.4	110.2	0	0	601017600	B	25373.13
Province 36	1999	65615	377	5.7	112.9	0	0	611984100	B	26401.1
Province 36	2000	68625	386	5.6	115.6	0	0	695340400	B	25996.7
Province 36	2001	70143	393	5.6	117.7	0	0	696278100	B	26371.2
Province 36	2002	71638	401	5.6	120.1	75	4	725850100	B	36833.6
Province 36	2003	73551	409	5.6	122.5	76	5	871538100	B	32836.6
Province 36	2004	74936	418	5.6	125.2	77	5	1102140600	B	36741.7
Province 36	2005	76960	427	5.5	127.88	79	6	1337620200	B	37932.5
Province 36	2006	79968	434	5.4	105.4	80	7	1519347200	B	34741.7
Province 36	2007	81831	443	5.4	132.7	81	8	1753438300	B	37619.3
Province 36	2008	83979	451	5.4	135.1	83	10	2234614800	B	39991.40
Province 36	2009	87602	460	5.3	137.8	83	12	1798830000	B	41525.0
Province 36	2010	90701	469	5.2	140.46	83	14	2101307600	B	43058.6
Province 36	2011	94518	477	5.0	142.9	83	16	2589060600	B	47017.3
Province 36	2012	98060	485	4.9	145.3	84	20	2688500500	B	53385.7
Province 36	2013	103724	494	4.8	147.9	84	22	2692892800	B	58753.8
Province 36	2014	109304	503	4.6	150.6	82	23	2746430300	B	53269.6
Province 36	2015	112192	512	4.6	153.3	83	25	2115891200	B	55152.4
Province 36	2016	116035	521	4.5	156.0	90	59	2028774000	B	57035.2
Province 36	2017	120736	529	4.4	158.4	86	60	2124728500	B	58708.8
Province 36	2018	125516	538	4.3	161.1	86	35	2195416600	B	60591.6

▪ Base de données relative à la wilaya de Tindouf entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 37	1995	2178	21	9.6	0.1	0	0	31491600	D	6225.34
Province 37	1996	3519	22	6.3	0.1	0	0	36152600	D	6225.34
Province 37	1997	3519	22	6.3	0.1	0	0	36511200	D	6735.48
Province 37	1998	4861	23	4.7	0.1	0	0	37563600	D	7411.13
Province 37	1999	6171	23	3.7	0.1	0	0	37335900	D	7439.5
Province 37	2000	6812	24	3.5	0.2	0	0	43233600	D	7422.7
Province 37	2001	7608	24	3.2	0.2	0	0	42520800	D	7524.5
Province 37	2002	8157	25	3.1	0.2	0	0	45252500	D	7830.2
Province 37	2003	8611	26	3.0	0.2	0	0	55403400	D	8264.2
Province 37	2004	9026	26	2.9	0.2	0	0	68554200	D	8504.0
Province 37	2005	9566	27	2.8	0.17	0	0	84580200	D	8961.6
Province 37	2006	10108	27	2.7	0.1	0	0	94521600	D	8551.0
Province 37	2007	10744	28	2.6	0.2	79	0	110826800	D	9715.1
Province 37	2008	11249	29	2.6	0.2	81	0	143689200	D	9807.90
Province 37	2009	12164	29	2.4	0.2	83	0	113404500	D	9807.9
Province 37	2010	12762	30	2.4	0.19	82	0	134412000	D	10260.2
Province 37	2011	13467	30	2.2	0.2	86	1	162834000	D	10863.6
Province 37	2012	14338	31	2.2	0.2	83	3	171842300	D	11722.0
Province 37	2013	15388	32	2.1	0.2	91	4	174438400	D	12255.6
Province 37	2014	17133	32	1.9	0.2	87	5	174723200	D	11687.9
Province 37	2015	18798	33	1.8	0.2	85	5	136375800	D	12206.8
Province 37	2016	20462	34	1.7	0.2	86	6	132396000	D	12725.7
Province 37	2017	21949	34	1.5	0.2	79	7	136561000	D	12725.7
Province 37	2018	22374	35	1.6	0.2	85	7	142824500	D	13244.6

- Base de données relative à la wilaya de Tissemsilt entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 38	1995	22770	273	12.0	86.6	0	0	409390800	C	16949.11
Province 38	1996	25334	277	10.9	87.9	0	0	455194100	C	16949.11
Province 38	1997	28538	282	9.9	89.5	0	0	468007200	C	17760.06
Province 38	1998	31101	286	9.2	90.7	0	0	467095200	C	17432.11
Province 38	1999	38894	291	7.5	92.3	0	0	472380300	C	19173.9
Province 38	2000	40934	296	7.2	93.9	0	0	533214400	C	20207.3
Province 38	2001	43053	300	7.0	95.2	0	0	531510000	C	21578.3
Province 38	2002	44728	305	6.8	96.8	74	0	552080500	C	25299.5
Province 38	2003	46572	309	6.6	98.0	76	0	658448100	C	28213.6
Province 38	2004	47270	314	6.6	99.6	78	0	827923800	C	29517.5
Province 38	2005	49006	318	6.5	100.89	80	5	996166800	C	27650.9
Province 38	2006	51055	322	6.3	87.9	80	11	1127257600	C	26888.0
Province 38	2007	53743	326	6.1	103.4	79	16	1290340600	C	30279.7
Province 38	2008	55674	331	5.9	105.0	80	19	1640038800	C	33041.04
Province 38	2009	60022	335	5.6	106.3	77	22	1310017500	C	39530.1
Province 38	2010	61800	340	5.5	107.87	77	27	1523336000	C	43246.1
Province 38	2011	64830	343	5.3	108.8	76	31	1861735400	C	49614.2
Province 38	2012	68260	347	5.1	110.1	75	35	1923525100	C	58547.9
Province 38	2013	71796	352	4.9	111.7	74	37	1918822400	C	65449.4
Province 38	2014	77198	356	4.6	112.9	72	37	1943795600	C	53591.6
Province 38	2015	81345	361	4.4	114.5	71	38	1491868600	C	56227.1
Province 38	2016	85338	364	4.3	115.5	71	40	1417416000	C	57808.4
Province 38	2017	87159	368	4.2	116.8	73	40	1478072000	C	59916.8
Province 38	2018	89094	372	4.2	118.0	75	46	1518020400	C	62025.2

▪ Base de données relative à la wilaya d'El Oued entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 39	1995	73787	479	6.5	5.8	96	0	718308400	D	32735.86
Province 39	1996	76438	490	6.4	5.9	96	0	805217000	D	33136.19
Province 39	1997	79330	502	6.3	6.1	95	0	833119200	D	32081.47
Province 39	1998	82463	515	6.2	6.2	93	0	841098000	D	28024.72
Province 39	1999	91589	528	5.8	6.4	87	0	857102400	D	35876.5
Province 39	2000	94133	541	5.7	6.5	87	0	974557400	D	39491.7
Province 39	2001	95797	553	5.8	6.7	88	0	979750100	D	42336.2
Province 39	2002	97430	565	5.8	6.8	89	0	1022706500	D	47336.3
Province 39	2003	99017	577	5.8	7.0	93	0	1229529300	D	50689.0
Province 39	2004	100644	590	5.9	7.1	96	1	1555653000	D	54022.0
Province 39	2005	102124	604	5.9	7.29	100	3	1892090400	D	53826.1
Province 39	2006	103775	616	5.9	5.9	100	5	2156492800	D	55333.4
Province 39	2007	105622	628	5.9	7.6	100	6	2485686800	D	55171.3
Province 39	2008	108086	641	5.9	7.7	30	7	3176026800	D	59208.71
Province 39	2009	111298	655	5.9	7.9	100	10	2561377500	D	61692.9
Province 39	2010	114171	669	5.9	8.08	100	11	2997387600	D	64070.7
Province 39	2011	116888	682	5.8	8.2	100	12	3701759600	D	69896.9
Province 39	2012	118885	695	5.8	8.4	100	14	3852593500	D	77815.9
Province 39	2013	124288	709	5.7	8.6	100	17	3864900800	D	83392.1
Province 39	2014	130752	723	5.5	8.7	100	20	3947652300	D	79602.8
Province 39	2015	136633	738	5.4	8.9	100	25	3049858800	D	82821.8
Province 39	2016	143329	752	5.2	9.1	100	28	2928288000	D	85826.2
Province 39	2017	150121	765	5.1	9.2	100	31	3072622500	D	88616
Province 39	2018	158207	779	4.9	9.4	100	33	3178865300	D	91620.4

▪ Base de données relative à la wilaya de Khenchela entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 40	1995	41585	288	6.9	29.4	0	0	431884800	C	21031.54
Province 40	1996	45739	292	6.4	29.8	0	0	479843600	C	21031.54
Province 40	1997	49892	296	5.9	30.2	91	19	491241600	C	33653.34
Province 40	1998	55084	301	5.5	30.7	87	19	491593200	C	34172.72
Province 40	1999	68031	305	4.5	31.1	77	18	495106500	C	37682.7
Province 40	2000	70101	310	4.4	31.6	79	19	558434000	C	38133.7
Province 40	2001	71932	313	4.4	31.9	76	22	554542100	C	37843.6
Province 40	2002	73592	317	4.3	32.3	77	25	573801700	C	43011.0
Province 40	2003	75047	320	4.3	32.6	80	28	681888000	C	51957.7
Province 40	2004	76512	324	4.2	33.0	82	34	854290800	C	54728.1
Province 40	2005	78464	328	4.2	33.43	86	37	1027492800	C	59203.3
Province 40	2006	81321	332	4.1	29.8	84	38	1162265600	C	61143.5
Province 40	2007	84958	335	3.9	34.1	100	40	1325963500	C	62747.6
Province 40	2008	89510	338	3.8	34.5	84	41	1674722400	C	67502.19
Province 40	2009	92846	342	3.7	34.9	83	44	1337391000	C	88646.8
Province 40	2010	96437	346	3.6	35.27	82	46	1550218400	C	91335.0
Province 40	2011	100259	349	3.5	35.6	82	49	1894302200	C	100876.8
Province 40	2012	104620	352	3.4	35.9	85	52	1951241600	C	112737.6
Province 40	2013	108992	355	3.3	36.2	86	55	1935176000	C	114145.4
Province 40	2014	113786	359	3.2	36.6	85	55	1960175900	C	107294.3
Province 40	2015	120223	363	3.0	37.0	82	55	1500133800	C	112645.1
Province 40	2016	128248	365	2.8	37.2	100	80	1421310000	C	115320.5
Province 40	2017	132762	368	2.8	37.5	82	84	1478072000	C	119333.6
Province 40	2018	135543	371	2.7	37.8	85	59	1513939700	C	123346.7

▪ Base de données relative à la wilaya de Souk Ahras entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 41	1995	44094	348	7.9	79.8	95	26	521860800	B	20270.96
Province 41	1996	47951	353	7.4	81.0	95	26	580084900	B	24665.56
Province 41	1997	51807	358	6.9	82.1	92	25	594136800	B	41282.58
Province 41	1998	56435	364	6.4	83.5	87	25	594484800	B	39591.24
Province 41	1999	66132	369	5.6	84.6	76	22	598997700	B	43550.6
Province 41	2000	69036	375	5.4	86.0	77	23	675525000	B	44317.8
Province 41	2001	71013	379	5.3	86.9	78	24	671474300	B	45568.3
Province 41	2002	73940	384	5.2	88.1	79	25	695078400	B	44823.8
Province 41	2003	75630	388	5.1	89.0	80	26	826789200	B	48184.1
Province 41	2004	77351	393	5.1	90.1	80	28	1036223100	B	51939.4
Province 41	2005	78571	399	5.1	91.51	84	31	1249907400	B	54903.1
Province 41	2006	81306	403	5.0	81.0	83	35	1410822400	B	53491.6
Province 41	2007	85335	407	4.8	93.3	84	40	1610946700	B	53130.2
Province 41	2008	89934	411	4.6	94.3	83	43	2036422800	B	59282.24
Province 41	2009	92988	416	4.5	95.4	84	44	1626768000	B	79145.2
Province 41	2010	96795	421	4.3	96.56	83	46	1886248400	B	77740.0
Province 41	2011	99826	425	4.3	97.5	84	47	2306815000	B	84884.6
Province 41	2012	105113	429	4.1	98.4	83	48	2378075700	B	98547.0
Province 41	2013	109399	433	4.0	99.3	84	50	2360369600	B	102454.5
Province 41	2014	115568	438	3.8	100.5	82	50	2391523800	B	92248
Province 41	2015	119973	443	3.7	101.6	83	53	1830741800	B	96198
Province 41	2016	123613	446	3.6	102.3	77	26	1736724000	B	98568
Province 41	2017	126114	450	3.6	103.2	86	31	1807425000	B	101728
Province 41	2018	129305	454	3.5	104.1	87	59	1852637800	B	104888

- Base de données relative à la wilaya de Tipaza entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((lnha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 42	1995	69055	757	11.0	349.5	100	30	1135197200	A	69395.51
Province 42	1996	73062	771	10.6	356.0	100	30	1266984300	A	70806.66
Province 42	1997	77355	786	10.2	362.9	98	30	1304445600	A	75893.79
Province 42	1998	81648	801	9.8	369.8	98	30	1308193200	A	79596.48
Province 42	1999	94120	817	8.7	377.2	89	26	1326236100	A	92364.5
Province 42	2000	97395	834	8.6	385.0	91	27	1502367600	A	92043.9
Province 42	2001	99826	848	8.5	391.5	95	27	1502401600	A	86719.5
Province 42	2002	102499	862	8.4	398.0	98	28	1560306200	A	87207.9
Province 42	2003	104902	876	8.4	404.4	100	29	1866668400	A	101814.7
Province 42	2004	106659	892	8.4	411.8	100	29	2351936400	A	75210.3
Province 42	2005	108201	908	8.4	419.21	100	32	2844400800	A	80410.9
Province 42	2006	110682	921	8.3	356.0	100	34	3224236800	A	81701.6
Province 42	2007	113250	935	8.3	431.7	100	36	3700823500	A	98892.4
Province 42	2008	116737	950	8.1	438.6	90	28	4707060000	A	100379.75
Province 42	2009	122170	965	7.9	445.5	90	29	3773632500	A	104776.8
Province 42	2010	127404	981	7.7	452.91	90	30	4395272400	A	108323.8
Province 42	2011	133847	995	7.4	459.4	90	31	5400661000	A	112017.3
Province 42	2012	137078	1009	7.4	465.8	94	34	5593189700	A	124991.9
Province 42	2013	140800	1024	7.3	472.8	97	37	5582028800	A	132022.1
Province 42	2014	150642	1040	6.9	480.1	96	38	5678504000	A	120131
Province 42	2015	159951	1056	6.6	487.5	95	40	4364025600	A	123001.4
Province 42	2016	165244	1069	6.5	493.5	100	51	4162686000	A	125333.6
Province 42	2017	169210	1083	6.4	500.0	100	55	4349869500	A	127845.2
Province 42	2018	172608	1098	6.4	506.9	100	47	4480608600	A	130536.2

- Base de données relative à la wilaya de Mila entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 43	1995	89103	615	6.9	180.5	85	18	922254000	B	63483.78
Province 43	1996	93747	626	6.7	183.7	85	18	1028705800	B	66078.38
Province 43	1997	98391	637	6.5	186.9	84	20	1057165200	B	64754.22
Province 43	1998	103036	648	6.3	190.2	84	20	1058313600	B	66152.11
Province 43	1999	115626	660	5.7	193.7	79	18	1071378000	B	71390.9
Province 43	2000	119536	672	5.6	197.2	79	18	1210540800	B	72577.8
Province 43	2001	122742	682	5.6	200.1	73	19	1208299400	B	74387.2
Province 43	2002	125613	692	5.5	203.1	82	21	1252589200	B	78410.8
Province 43	2003	128151	703	5.5	206.3	83	23	1498022700	B	85520.3
Province 43	2004	130476	714	5.5	209.5	100	25	1882603800	B	91443.2
Province 43	2005	131668	725	5.5	212.76	88	28	2271135000	B	92334.9
Province 43	2006	134437	735	5.5	183.7	89	31	2573088000	B	85061.8
Province 43	2007	138234	745	5.4	218.6	52	35	2948784500	B	94621.3
Province 43	2008	141467	755	5.3	221.6	91	38	3740874000	B	109599.03
Province 43	2009	144922	766	5.3	224.8	92	42	2995443000	B	142398.5
Province 43	2010	148916	777	5.2	228.02	94	46	3481270800	B	147721.8
Province 43	2011	154769	786	5.1	230.7	95	49	4266250800	B	158918.7
Province 43	2012	161181	796	4.9	233.6	95	50	4412466800	B	181288.4
Province 43	2013	167704	807	4.8	236.8	94	51	4399118400	B	180021.2
Province 43	2014	175248	817	4.7	239.8	93	52	4460901700	B	164629.4
Province 43	2015	182579	829	4.5	243.3	93	54	3425925400	B	171903.8
Province 43	2016	188856	838	4.4	245.9	55	37	3263172000	B	177359.6
Province 43	2017	195857	847	4.3	248.6	93	38	3401975500	B	182815.4
Province 43	2018	200264	857	4.3	251.5	96	60	3497159900	B	188877.4

▪ Base de données relative à la wilaya d'Ain Defla entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 44	1995	75442	654	8.7	133.9	86	15	208444400	B'	56860.25
Province 44	1996	79620	666	8.4	136.3	86	15	231705300	B'	54675.24
Province 44	1997	84145	679	8.1	139.0	79	15	238982400	B'	57867.12
Province 44	1998	88670	692	7.8	141.7	78	15	240080400	B'	55207.29
Province 44	1999	99578	706	7.1	144.5	74	14	243495000	B'	60881.9
Province 44	2000	101917	720	7.1	147.4	76	14	275614200	B'	60749.4
Province 44	2001	106451	732	6.9	149.8	77	15	274613500	B'	64812.7
Province 44	2002	110440	744	6.7	152.3	78	15	285995800	B'	73628.8
Province 44	2003	113233	756	6.7	154.8	81	18	343074900	B'	75038.8
Province 44	2004	115354	769	6.7	157.4	83	20	432418800	B'	82275.6
Province 44	2005	118604	783	6.6	160.29	85	22	520011600	B'	84758.9
Province 44	2006	123000	794	6.5	136.3	87	25	591635200	B'	79893.6
Province 44	2007	126001	806	6.4	165.0	88	27	680793200	B'	80740.0
Province 44	2008	129056	819	6.3	167.7	90	28	862135200	B'	81865.02
Province 44	2009	132137	832	6.3	170.3	93	30	692158500	B'	98959.9
Province 44	2010	135549	845	6.2	172.98	95	33	806472000	B'	100303.3
Province 44	2011	138692	857	6.2	175.4	97	34	987859600	B'	105527.6
Province 44	2012	141537	869	6.1	177.9	100	37	1025510500	B'	78117.1
Province 44	2013	145629	881	6.0	180.3	100	39	1024825600	B'	118733.4
Province 44	2014	155806	894	5.7	183.0	97	38	1042879100	B'	106856.6
Province 44	2015	164067	908	5.5	185.9	96	40	801724400	B'	110145.2
Province 44	2016	174517	919	5.3	188.1	95	40	763224000	B'	112729.1
Province 44	2017	182925	931	5.1	190.6	96	41	799283500	B'	115547.9
Province 44	2018	188027	944	5.0	193.2	99	45	820220700	B'	118601.6

- Base de données relative à la wilaya de Naâma entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 45	1995	17090	139	8.1	4.6	0	0	208444400	C	13909.79
Province 45	1996	18754	141	7.5	4.7	0	0	231705300	C	13909.79
Province 45	1997	21250	144	6.8	4.8	0	0	238982400	C	13203.60
Province 45	1998	23746	147	6.2	4.9	0	0	240080400	C	12864.43
Province 45	1999	30368	150	4.9	5.0	0	0	243495000	C	14774.4
Province 45	2000	31889	153	4.8	5.1	0	0	275614200	C	14450.8
Province 45	2001	33156	155	4.7	5.2	0	0	274613500	C	14395.4
Province 45	2002	33953	158	4.7	5.3	0	0	285995800	C	15168.0
Province 45	2003	34898	161	4.6	5.4	0	0	343074900	C	16514.5
Province 45	2004	36773	164	4.5	5.5	0	0	432418800	C	15419.5
Province 45	2005	37958	166	4.4	5.54	0	0	520011600	C	14132.7
Province 45	2006	39258	169	4.3	4.7	0	0	591635200	C	13343.7
Province 45	2007	40902	172	4.2	5.7	80	33	680793200	C	25514.8
Province 45	2008	43645	174	4.0	5.8	77	41	862135200	C	27971.03
Province 45	2009	46845	177	3.8	5.9	76	38	692158500	C	35645.4
Province 45	2010	49443	180	3.6	6.01	75	39	806472000	C	34700.2
Province 45	2011	51787	182	3.5	6.1	76	41	987859600	C	38104.9
Province 45	2012	53374	185	3.5	6.2	78	43	1025510500	C	45626.3
Province 45	2013	55995	188	3.4	6.3	79	45	1024825600	C	48599.0
Province 45	2014	59600	191	3.2	6.4	76	46	1042879100	C	41216
Province 45	2015	62572	194	3.1	6.5	77	49	801724400	C	43247
Province 45	2016	66684	196	2.9	6.5	76	50	763224000	C	44601
Province 45	2017	71069	199	2.8	6.6	75	95	799283500	C	46632
Province 45	2018	73309	201	2.7	6.7	76	52	820220700	C	47986

▪ Base de données relative à la wilaya d'Ain Timouchent entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 46	1995	36532	312	8.5	131.1	100	29	467875200	B	51377.19
Province 46	1996	40723	315	7.7	132.4	100	29	517639500	B	57841.83
Province 46	1997	44914	318	7.1	133.7	100	27	527752800	B	58008.44
Province 46	1998	50502	322	6.4	135.4	100	25	525890400	B	54306.19
Province 46	1999	56918	325	5.7	136.6	95	22	527572500	B	59994.2
Province 46	2000	60387	329	5.4	138.3	93	21	592660600	B	60724.0
Province 46	2001	64478	331	5.1	139.1	91	20	586432700	B	56582.6
Province 46	2002	67963	334	4.9	140.4	93	21	604573400	B	63557.3
Province 46	2003	72475	336	4.6	141.2	90	22	715982400	B	59979.7
Province 46	2004	76135	339	4.5	142.5	88	25	893841300	B	67401.9
Province 46	2005	78516	342	4.4	143.76	91	28	1071349200	B	67327.3
Province 46	2006	80276	344	4.3	132.4	93	29	1204275200	B	79224.8
Province 46	2007	82453	346	4.2	145.4	95	31	1369502600	B	90331.2
Province 46	2008	85040	348	4.1	146.3	97	34	1724270400	B	93812.72
Province 46	2009	87356	351	4.0	147.5	98	38	1372585500	B	115766.2
Province 46	2010	90056	353	3.9	148.38	98	40	1581581200	B	120301.3
Province 46	2011	93300	355	3.8	149.2	98	42	1926869000	B	125056.3
Province 46	2012	96223	357	3.7	150.1	99	45	1978958100	B	141247.6
Province 46	2013	99289	359	3.6	150.9	100	48	1956980800	B	144190.4
Province 46	2014	103362	361	3.5	151.7	100	50	1971096100	B	126482.3
Province 46	2015	107826	363	3.4	152.6	99	51	1500133800	B	130256.9
Province 46	2016	114413	365	3.2	153.4	97	52	1421310000	B	134031.5
Province 46	2017	117250	366	3.1	153.8	98	55	1470039000	B	135918.8
Province 46	2018	119757	368	3.1	154.7	99	56	1501697600	B	139693.4

▪ Base de données relative à la wilaya de Ghardaïa entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 47	1995	44704	257	5.7	3.0	100	42	385397200	D	23588.36
Province 47	1996	47775	261	5.5	3.0	100	42	428901300	D	26800.77
Province 47	1997	50846	265	5.2	3.1	100	43	439794000	D	26650.87
Province 47	1998	53917	269	5.0	3.1	100	42	439330800	D	27286.03
Province 47	1999	62592	274	4.4	3.2	100	37	444784200	D	30247.1
Province 47	2000	64176	278	4.3	3.2	100	37	500789200	D	30638.4
Province 47	2001	65801	282	4.3	3.3	100	38	499619400	D	31259.4
Province 47	2002	68026	286	4.2	3.3	100	39	517688600	D	34632.5
Province 47	2003	70334	290	4.1	3.4	100	39	617961000	D	36838.4
Province 47	2004	72995	294	4.0	3.4	100	42	775189800	D	37846.9
Province 47	2005	74907	298	4.0	3.46	100	47	933514800	D	41619.0
Province 47	2006	77333	301	3.9	3.0	100	48	1053740800	D	43159.6
Province 47	2007	79579	305	3.8	3.5	100	49	1207220500	D	40998.4
Province 47	2008	81416	309	3.8	3.6	100	52	1531033200	D	44810.55
Province 47	2009	84277	313	3.7	3.6	100	54	1223986500	D	56357.3
Province 47	2010	87460	317	3.6	3.68	100	56	1420286800	D	52021.5
Province 47	2011	90722	320	3.5	3.7	100	58	1736896000	D	60345.2
Province 47	2012	92872	324	3.5	3.8	100	61	1796029200	D	70219.2
Province 47	2013	95218	327	3.4	3.8	100	64	1782542400	D	70528.8
Province 47	2014	97635	331	3.4	3.8	100	66	1807293100	D	64766.6
Province 47	2015	101523	335	3.3	3.9	100	67	1384421000	D	67241
Province 47	2016	106679	338	3.2	3.9	100	68	1316172000	D	69096.8
Province 47	2017	116595	342	2.9	4.0	100	66	1373643000	D	71571.2
Province 47	2018	124700	345	2.8	4.0	100	65	1407841500	D	73427

- Base de données relative à la wilaya de Relizane entre 1995 et 2018



Provinces	Years	RBS (Housing)	Resident population (thousand)	Household size (persons)	Urban density ((Inha/Km2)	Electrification rate (%)	Gas connection (%)	GDP (\$)	Climatic Zone	REC estimates (Tce)
Province 48	1995	84786	702	8.3	144.1	85	14	1052719200	B	32315.54
Province 48	1996	89778	726	8.1	149.1	85	14	1193035800	B	46096.63
Province 48	1997	92482	739	8.0	151.7	86	14	1226444400	B	46670.54
Province 48	1998	96642	759	7.9	155.9	86	14	1239598800	B	46462.08
Province 48	1999	107105	780	7.3	160.2	78	14	1266174000	B	51466.9
Province 48	2000	110621	801	7.2	164.5	78	14	1442921400	B	52829.9
Province 48	2001	112950	820	7.3	168.4	78	14	1452794000	B	53650.4
Province 48	2002	115449	839	7.3	172.3	78	15	1518673900	B	56737.8
Province 48	2003	118730	859	7.2	176.4	78	15	1830443100	B	61326.5
Province 48	2004	121530	880	7.2	180.7	79	17	2320296000	B	60863.3
Province 48	2005	124073	902	7.3	185.22	81	18	2825605200	B	57371.1
Province 48	2006	127574	922	7.2	149.08	82	20	3227737600	B	54430.7
Province 48	2007	131668	943	7.2	193.6	84	21	3732488300	B	59274.3
Province 48	2008	136043	964	7.1	197.9	84	25	4776427200	B	63108.01
Province 48	2009	139687	986	7.1	202.5	85	27	3855753000	B	73027.4
Province 48	2010	143661	1009	7.0	207.19	86	28	4520723600	B	74124.1
Province 48	2011	148050	1030	7.0	211.5	87	31	5590634000	B	79234.6
Province 48	2012	151782	1052	6.9	216.0	88	34	5831551600	B	88476.7
Province 48	2013	155506	1075	6.9	220.7	90	37	5860040000	B	93551.1
Province 48	2014	163646	1099	6.7	225.7	89	37	6000649900	B	87080.9
Province 48	2015	174683	1124	6.4	230.8	86	37	4645042400	B	90158.4
Province 48	2016	183597	1146	6.2	235.3	86	38	4462524000	B	92866.6
Province 48	2017	188680	1169	6.2	240.0	88	28	4695288500	B	95697.9
Province 48	2018	195947	1193	6.1	245.0	89	42	4868275100	B	98652.3

Annexe. 2. Tableau des abréviations

APRUE	Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie
CDER	Centre de Développement des Energies Renouvelables
CNERIB	Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment
MHUV	Ministère de l'Habitat de l'Urbanisme et de la Ville
REC	<i>Residential Energy Consumption</i> (La consommation énergétique résidentielle)
RBS	<i>Residential Building Stock</i> (Stock résidentiel bâti)
DTR	Document Technique Réglementaire
SIG (GIS)	Système d'informations géographiques
Log	Logarithme
QGIS	Quantum GIS
R²	Coefficient of determination
Toe	<i>Tonne of oil equivalent</i> (Tonne équivalent pétrole)
CPDN	Contribution Prévue Déterminée au Niveau National
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques