

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

UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE, DE GEOGRAPHIE ET DE L'AMENAGEMENT DU
TERRITOIRE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME

N° d'ordre...

Série ...

MEMOIRE

Pour l'Obtention du Diplôme de Magistère en Architecture

Option : Architecture Bioclimatique

THEME

*Consommation Energétique des logements collectifs : Performances,
Caractéristiques et Comportement des ménages*

Présenté par : Melle. BOUCHENAK Nour Elhouda

Sous la direction du Professeur ABDOU Saliha

Jury d'examen :

| | | |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Président : | Pr. ROUAG Djamila | Université de Constantine |
| Examineur : | Pr. BENRACHI Bouba | Université de Constantine |
| Examineur : | Dr. DERRADJI Mohamed | Université de Constantine |
| Rapporteur : | Pr. ABDOU Saliha | Université de Constantine |

Soutenu le .../... / 2014

REMERCIEMENTS :

Avant tout, je voudrais remercier **le bon DIEU** qui m'a aidée, m'a guidée et m'a montré le bon chemin. Je remercie **DIEU** de m'avoir donné la foi et la force d'y croire .

Je voudrais remercier aussi mon encadreur Pr. Abdou Saliha pour sa compréhension, son soutien, et sa patience. Je la remercie pour le temps qu'elle m'a consacrée, ses conseils précieux et ses directives .J'ai eu de la chance de l'avoir comme encadreur. C'est un vrai modèle pour moi.

Je remercie également les membres du jury : Pr.ROUAG Djamilia , Dr. DERRADJI Mohamed et Pr. BENRACHI Bouba pour avoir accepté de juger mon mémoire.

Mais aussi un merci à l'équipe A.B.E : Mme. BOURBIA Fatiha , Mme. BOUCHAHM Yasmina et Mme. NINI Garmia pour leurs conseils durant cette formation.

Merci à ma petite sœur Chiraz d'avoir été toujours là pour moi, d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir toujours soutenue et aidée durant mes années d'études. Je ne peux exprimer ma gratitude !

Je tiens à remercier aussi ma grande sœur Meriem , maman et papa pour leur soutien et leur amour .Merci maman pour tes prières .

Je remercie aussi mes amis : Fouad , Hanene et Fatima pour m'avoir aidée et soutenue . Selma ,Sara et Yasmine pour m'avoir encouragée dans les moments difficiles . sans oublier Farida , Soumia et Faiza .

Merci à Imen ,pour ses conseils amicaux et professionnels .Amel et Asma d'avoir su m'écouter et me conseiller .on a partagé des moments de rigolade mais aussi de stress .

Je remercie également ma cousine Naziha et mon cousin Ahmed pour leur inquiétude et leur soutien. Ma grand mère et tante Nabila pour leurs prières pour moi.

Pour finir, je remercie les familles qui m'ont accueillie et m'ont consacrée du temps à plusieurs reprises pour répondre à mon questionnaire, partie primordiale de mon travail.

Résumé :

De nombreuses études ont fait valoir que le comportement des résidents pourrait jouer un rôle important dans la réduction de la consommation d'énergie des ménages.

Il est largement reconnu que la consommation d'énergie résidentielle n'est pas seulement influencée par les caractéristiques de construction, mais également influencée par les caractéristiques des ménages, et le comportement des occupants.

Comparé à l'impact des caractéristiques des bâtiments sur la consommation d'énergie, peu de recherches qui considèrent les comportements des ménages existent.

Ainsi, cette étude vise à obtenir un aperçu de l'effet des caractéristiques et des comportements des résidents sur la consommation d'énergie.

La recherche commence à partir de l'hypothèse qu'il existe des différences dans la consommation d'énergie entre les trois catégories de logements choisis qui sont : Le logement colonial, le logement social et le logement promotionnel. Les principales différences entre ces types de quartiers résidentiels sont :

- la densité urbaine, l'âge et les matériaux de construction du logement.
- la différence dans les revenus, et les préférences personnelles des résidents.

D'abord Une différence entre la performance énergétique des logements est constatée. Puis l'impact des occupants est vérifié : Participent-ils à la maintenir, à l'améliorer ou à l'accentuer ?

Pour **définir la performance énergétique** des trois catégories de logement choisis pour l'étude on utilise :

- Le logiciel d'analyse thermique et de simulation énergétique « **Ecotect Analysis 2010** » : avec lequel on obtient la courbe de température intérieure par rapport aux limites de confort (été/hiver).
- Le simulateur de **DPE** « diagnostic de performance énergétique »: un outil de simulation en ligne qui donne :
 - / La classe énergétique du logement et sa consommation par m² et par an.
 - / Les émissions de CO₂ calculées en kilos par m² avec la lettre correspondante de l'étiquette climat.

Les résultats des simulations des caractéristiques physiques des bâtiments indiquent que selon les périodes de l'année :

Le logement promotionnel est le plus performant en hiver (cinq à six mois), grâce à ses caractéristiques d'implantation qui se présentent sous forme d'un grand îlot fermé, formé par des immeubles mitoyens, et qui génère une grande cours intérieure. et aussi grâce à la bonne orientation des espaces intérieurs, et à l'existence d'une véranda « thermique ».

Le logement colonial est le plus performant en été, ce bon comportement s'explique globalement par une réduction des apports solaires en journée et un rafraichissement nocturne, grâce aux éléments suivants : forte inertie des parois, ratios d'ouvertures adaptées à l'orientation de la façade, transversalité systématique des locaux (organisation intérieure) et la ventilation naturelle.

D'un autre côté, la consommation énergétique obtenues par le simulateur de DPE est plus petite dans la catégorie de logement promotionnel à une moyenne de : 185kwhep/m².an (classe D).Et que les chiffres équivalents pour le logement colonial et le logement social sont de 365kwhep/m².an (classe F), et de 414kwhep/m².an (classe F) respectivement.

Pour explorer l'impact des caractéristiques et comportement des ménages, **une enquête** en profondeur à été menée en termes de chauffage, refroidissement, bain, cuisson, éclairage, appareils électroménagers et de ventilation.

Le questionnaire de l'enquête comprend des questions sur les caractéristiques des ménages et de la construction, la consommation d'énergie, et le comportement des occupants en hiver et en été.

L'interprétation des résultats de l'enquête est effectuée par une analyse de **corrélation à l'aide du logiciel Excel 2007**.

Cette interprétation de résultat découvre que la consommation d'énergie est significativement corrélée avec: la surface de plancher l'âge du chef de ménage; nombre de climatiseur et le revenu du ménage .

Parmi ces quatre variables, la propriété de climatiseur possède la plus grande corrélation avec la consommation d'énergie, suivi par le revenu et la surface de plancher.

Comme indiqué par le coefficient de corrélation positive, il est facilement compréhensible que si le revenu, la superficie et le nombre de climatiseur augmentent, la consommation d'énergie augmente aussi. et si le revenu, la superficie et le nombre de climatiseur diminuent, la consommation d'énergie va aussi diminuer.

Secondairement, grâce aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz fournies par les ménages lors de l'enquête, l'étude compare l'utilisation réelle de l'énergie par les ménages dans les trois catégories de logements en termes de consommation et de conservation de l'énergie, et identifie celui qui consomme le plus.

Il a été également observé qu'il existe une différence remarquable dans la consommation d'énergie en fonction du niveau de consommation et d'économie d'énergie, par rapport aux résultats obtenus par le simulateur de DPE. En effet, le logement promotionnel devient le type de logement le plus consommateur, suivi du logement social et en dernier vient le logement colonial.

Effectivement, cela démontre l'effet considérable qu'ont les occupants sur la consommation d'énergie

En troisième lieu les relations entre le comportement des occupants et les caractéristiques des ménages, avec la consommation d'énergie, (en référence aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz) ont été établies identifiant 3 modèles de comportement et 4 profils d'utilisateur propres à la société sétifienne cités ci-dessous :

les trois (03) modèles de comportement sont : « dépensiers », « conscient-chaud », et « confort – commodité »

les quatre (04) profils d'utilisateur sont : les ménages à revenu élevé, les jeunes familles avec enfant, les ménages à faible revenu, et les personnes âgées.

Mots clés :

Consommation énergétique - confort - performance – ménages - comportement.

Sommaire :

| | |
|--------------------------|------|
| Table des matières | I |
| Liste des figures..... | VIII |
| Liste des tableaux..... | XI |
| Nomenclature | XII |

Introduction générale

| | |
|-------------------------------------------|---|
| Introduction | 1 |
| Problématique..... | 2 |
| Hypothèses..... | 4 |
| Objectifs de l'étude..... | 5 |
| Méthodologie et outils de recherche | 6 |
| Structure du mémoire | 7 |

Première partie : Partie théorique

I Chapitre I..... Généralités sur la problématique énergétique

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Introduction..... | 9 |
| I.1 Contexte énergétique et environnemental dans le monde : | 9 |
| I.1.1 Contexte | 9 |
| I.1.2 Développement de l'habitat à faible consommation :..... | 10 |
| I.1.2.1 Développement de l'économie d'énergie dans l'habitat en Europe | 10 |
| I.1.2.1.1 Initiatives apparues en Allemagne :..... | 11 |
| I.1.2.1.2 Initiatives apparues en France : | 12 |
| I.1.3 Objectifs à atteindre | 14 |
| I.1.3.1 Réduction des consommations | 14 |
| I.2 Contexte énergétique de l'Algérie : | 16 |
| I.2.1 Panorama de l'énergie en Algérie :..... | 16 |
| I.2.1.1 La consommation des énergies fossiles :..... | 16 |
| I.2.1.2 Consommation énergétique des différents secteurs : | 17 |
| I.2.1.3 Consommation énergétique du secteur résidentiel : | 18 |
| I.2.1.3.1 La consommation d'électricité : | 18 |
| I.2.1.3.2 La consommation du gaz naturel :..... | 19 |
| I.2.1.4 Le prix des principales énergies : | 20 |
| I.2.1.5 Inventaire des émissions :..... | 20 |
| I.2.1.6 Les énergies renouvelables en Algérie :..... | 22 |
| I.2.1.6.1 Bilan énergétique national et énergies renouvelables:..... | 22 |
| I.2.1.6.2 Sources d'énergie renouvelables en Algérie : | 22 |
| I.2.1.6.3 L'énergie solaire en Algérie : | 23 |

| | | |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| I.3 | Efficacité énergétique et réglementation thermique en Algérie : | 24 |
| I.3.1 | Position de l'Algérie par rapport à la maîtrise de l'énergie : | 24 |
| I.3.1.1 | Caractéristiques énergétiques du secteur habitat : | 24 |
| I.3.1.2 | Objectifs de la politique de maîtrise de l'énergie : | 24 |
| I.3.2 | Stratégie de maîtrise de l'énergie en Algérie : | 25 |
| I.3.3 | Efficacité énergétique en Algérie : | 26 |
| I.3.4 | Politique d'amélioration énergétique en Algérie : | 26 |
| I.3.4.1 | Outils réglementaires et opérationnels mis en application en Algérie : | 27 |
| I.3.4.2 | Stratégie nationale d'efficacité énergétique | 27 |
| I.3.4.3 | L'Algérie et les émissions de CO ₂ : | 28 |
| I.3.5 | Les études dans le secteur bâtiment : | 28 |
| Conclusion..... | | 30 |

II Chapitre II Performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment

| | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Introduction : | | 31 |
| II.1 | Enveloppe et conception du bâtiment | 32 |
| II.2 | Enveloppe et modélisation physique des phénomènes de transferts thermiques. | 36 |
| II.3 | Bilan énergétique du bâtiment | 38 |
| II.3.1 | Paramètres énergétiques | 38 |
| II.3.2 | Pertes par transmission des parois et renouvellement d'air par ventilation | 39 |
| II.3.3 | Apports par énergie solaire | 40 |
| II.3.4 | Apports internes par les occupants et les équipements électriques | 40 |
| II.3.5 | Calcul du coefficient U | 41 |
| II.3.6 | Bilan des émissions de CO ₂ | 41 |
| II.4 | Influence des caractéristiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique : | 41 |
| II.4.1 | Influence de l'orientation du vitrage | 41 |
| II.4.2 | Influence de l'isolation | 44 |
| II.4.3 | Influence de l'épaisseur de l'isolant : | 44 |
| Conclusion..... | | 47 |

III Chapitre III Etat de l'art

| | | |
|-------------------|-------------------------------------------|-----------|
| introduction..... | | 48 |
| III.1 | Les caractéristiques du bâtiment : | 48 |
| III.2 | Les caractéristiques des ménages : | 51 |
| III.2.1 | Revenu : | 52 |

| | | |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| III.2.2 | Age : | 54 |
| III.2.3 | Taille du ménage : | 55 |
| III.2.4 | Type de propriété : | 56 |
| III.2.5 | Propriété des équipements : | 56 |
| III.3 | Le comportement des résidents : | 56 |
| III.3.1 | Les habitudes : | 61 |
| III.3.2 | La méconnaissance : | 61 |
| III.3.3 | Le confort : | 62 |
| III.3.4 | Les effets du comportement des occupants sur la consommation d'énergie : .. | 70 |
| III.3.5 | Les facteurs de comportement sous-jacent : | 71 |
| III.3.6 | Les modèles de comportement : | 73 |
| III.3.7 | Les Profils des utilisateurs : | 75 |
| III.3.8 | Les Relations entre les modèles de comportement, les profils d'utilisateur et la consommation d'énergie : | 76 |
| III.3.8.1 | Les modèles de comportement et l'utilisation de l'énergie..... | 76 |
| III.3.8.2 | Les profils des utilisateurs et l'utilisation de l'énergie | 77 |
| III.3.9 | L'intensité du service et la gestion de l'énergie : les deux facettes du comportement quotidien | 79 |
| III.4 | Méthodologies étudiées : | 83 |
| III.4.1 | L'enquête Consommation d'énergie 2009 du CREDOC | 83 |
| III.4.2 | "La mesure des attitudes et des comportements des Bruxellois en matière de consommation d'énergie: apport d'un baromètre de l'utilisation rationnelle de l'énergie (URE)".2007 | 85 |
| III.4.3 | .Enquête Phébus 2013 : | 86 |
| III.4.4 | .La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel: facteurs socio-techniques (SEREC).2009 | 88 |
| Conclusion | | 91 |

Deuxième partie: Partie expérimentale

IV CHAPITRE IV.....Matériels et Méthodes

| | | |
|-------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
| Introduction : | | 92 |
| IV.1 Analyse climatique de la ville de Sétif : | | 92 |
| IV.1.1 | Température : | 92 |
| IV.1.2 | Humidité : | 93 |
| IV.1.3 | Ensoleillement : | 93 |

| | | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| IV.1.4 | Précipitations :..... | 93 |
| IV.1.5 | Vents : | 94 |
| IV.1.6 | Calcul de l'indice d'aridité d'après E.D. Martonne : | 96 |
| IV.2 | Présentation des cas d'étude :..... | 97 |
| IV.2.1 | Le premier cas d'étude : L'héritage du 19 ^{ème} siècle (l'immeuble de rapport du style néoclassique) construit avant 1930 :..... | 98 |
| IV.2.1.1 | Forme urbaine et analyse architecturale : | 98 |
| IV.2.1.2 | Analyse thermique du bâti :..... | 101 |
| IV.2.2 | Le deuxième cas d'étude : le logement social :..... | 105 |
| IV.2.2.1 | Forme urbaine et analyse architecturale..... | 105 |
| IV.2.2.2 | Analyse thermique du bâti : | 109 |
| IV.2.3 | Le troisième cas d'étude : le logement promotionnel | 111 |
| IV.2.3.1 | Forme urbaine et analyse architecturale..... | 111 |
| IV.2.3.2 | Analyse thermique du bâti : | 115 |
| IV.2.4 | Conclusions sur le choix des bâtiments retenus :..... | 116 |
| IV.3 | METHODOLOGIE D'APPROCHE :..... | 117 |
| IV.3.1 | la simulation : | 117 |
| IV.3.1.1 | Le logiciel d'analyse thermique et de simulation énergétique « Ecotect Analysis 2010 » | 117 |
| IV.3.1.1.1 | Informations obtenues par simulation..... | 118 |
| IV.3.1.1.2 | Les logements étudiés : | 118 |
| IV.3.1.1.3 | Caractéristiques thermiques : | 121 |
| IV.3.1.1.4 | Caractéristiques des logements : | 121 |
| IV.3.1.1.5 | . Orientation : | 123 |
| IV.3.1.1.6 | Les paramètres à régler sur ECOTECT | 123 |
| IV.3.1.1.7 | Analyse des données : | 125 |
| IV.3.1.2 | Le simulateur de consommation énergétique : | 126 |
| IV.3.1.3 | La performance énergétique..... | 127 |
| IV.3.1.3.1 | Définition de la performance énergétique..... | 127 |
| IV.3.1.3.2 | Le diagnostic de performance énergétique (DPE) : | 127 |
| IV.3.1.4 | L'efficacité énergétique | 128 |
| IV.3.1.4.1 | Définition de l'efficacité énergétique..... | 128 |
| IV.3.1.4.2 | Efficacité énergétique active et passive | 129 |
| IV.3.1.5 | Application du simulateur de la consommation énergétique : | 129 |
| IV.3.1.5.1 | La première rubrique : Caractéristiques générales de l'appartement : .. | 129 |
| IV.3.1.5.2 | La deuxième rubrique : Description de l'enveloppe du bâti | 130 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| IV.3.1.5.3 La troisième rubrique : Description des équipements | 130 |
| IV.3.1.6 Le bilan énergétique..... | 131 |
| IV.3.1.6.1 Le bilan énergétique en 10 points | 132 |
| IV.3.1.6.2 L'amélioration énergétique du logement | 132 |
| IV.3.1.7 Quelle est la différence entre un bilan énergétique et un diagnostic de performance énergétique ? | 133 |
| IV.3.2 L'investigation : l'enquête : | 134 |
| IV.3.2.1 Le questionnaire et l'entretien semi-directif | 134 |
| IV.3.2.2 Echantillon : | 135 |
| IV.3.2.3 Grille de questionnement : | 136 |
| Conclusion | 138 |

V CHAPITRE V : Résultats et Interprétation

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| introduction..... | 139 |
| V.1 Analyse des résultats obtenus par la simulation via le logiciel « Ecotect Analysis 2010 » : | 139 |
| V.1.1 Étude du comportement thermique du bâtiment : | 139 |
| V.1.2 Comparaison du comportement thermique par rapport aux limites de confort entre les trois cas d'étude :..... | 139 |
| V.1.2.1 Comportement thermique d'été :..... | 140 |
| V.1.2.1.1 Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures | 144 |
| V.1.2.1.2 Propriétés d'inertie thermique du logement colonial..... | 147 |
| V.1.2.2 Comportement thermique en hiver | 148 |
| V.1.2.2.1 Paramètres positifs du logement promotionnel | 152 |
| V.2 Résultat du logiciel de diagnostic et de simulation : | 154 |
| V.2.1 Analyse des données et calcul des performances :..... | 154 |
| V.2.1.1 Le logement colonial: construit avant 1930 | 154 |
| V.2.1.1.1 Consommation énergétique du logement colonial : | 155 |
| V.2.1.1.2 Emission de CO2 (gaz à effet de serre) de l'appartement colonial : | 155 |
| V.2.1.2 Le logement social: 1970-1980 | 156 |
| V.2.1.2.1 Consommation énergétique du logement social :..... | 157 |
| V.2.1.2.2 Emission de CO2 (gaz à effet de serre) du logement social :..... | 157 |
| V.2.1.3 Le logement promotionnel: à partir 2000: | 158 |
| V.2.1.3.1 Consommation énergétique du logement promotionnel :..... | 158 |
| V.2.1.3.2 Emission de CO2 (gaz à effet de serre) du logement promotionnel :..... | 159 |
| V.2.2 L'optimisation de la performance énergétique du logement colonial :..... | 160 |

| | | |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| V.2.3 | Analyse des travaux et consommations obtenues : | 160 |
| V.2.3.1 | Amélioration de l'isolation : | 160 |
| V.2.3.1.1 | Les fenêtres: | 160 |
| V.2.3.1.2 | Les murs: | 161 |
| V.2.3.1.3 | Le plancher : | 163 |
| V.2.3.1.4 | Le toit: | 164 |
| V.2.3.1.5 | Amélioration de l'isolation de toute l'enveloppe du logement | 165 |
| V.2.3.2 | Amélioration des équipements | 166 |
| V.3 | Interprétation des résultats de l'enquête : | 167 |
| V.3.1 | Les déterminants de la consommation d'énergie résidentielle liés au bâtiment et aux ménages : | 167 |
| V.3.1.1 | Analyse des données : | 168 |
| V.3.2 | La présentation des données : | 168 |
| V.3.2.1 | L'analyse de corrélation : | 172 |
| V.3.2.1.1 | Les variables des ménages et de la construction vs la consommation d'énergie. 173 | |
| V.3.2.1.2 | Le comportement particulier : | 176 |
| V.3.2.2 | L'Analyse de chemin | 180 |
| V.3.3 | L'utilisation réelle de l'électricité et du gaz : | 183 |
| V.3.3.1 | La consommation d'énergie | 183 |
| V.3.3.1.1 | La consommation d'électricité : | 183 |
| V.3.3.1.2 | La consommation de gaz : | 184 |
| V.3.3.2 | Les comportements liés à l'énergie : | 186 |
| V.3.3.2.1 | Le chauffage : | 186 |
| V.3.3.2.2 | Le refroidissement : | 187 |
| V.3.3.2.3 | L'éclairage, les équipements et la ventilation : | 187 |
| V.3.4 | Les modèles de comportement: | 189 |
| V.3.5 | Les profils d'utilisateurs : | 194 |
| V.3.6 | La relation entre les modèles de comportement, les profils utilisateur et la consommation d'énergie..... | 197 |
| V.3.6.1 | Les modèles de comportement et l'utilisation de l'énergie | 197 |
| V.3.6.2 | Les profils d'utilisateurs et l'utilisation de l'énergie..... | 197 |
| | conclusion..... | 200 |
| | Conclusion générale..... | 201 |
| | Pistes pour de futures recherches | 206 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| Références bibliographiques..... | ..207 |
| Annexes..... | 216 |
| annexe A : Questionnaire de l'enquête : | 216 |
| annexe B: Analyse bioclimatique de la ville de Sétif | 226 |
| Résumés..... | 236 |

Liste des figures :

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure I-1. Réduction de la consommation d'énergie dans l'habitat en Allemagne. | 11 |
| Figure I-2. Répartition de la consommation finale par produits. | 17 |
| Figure I-3. Répartition de la consommation finale par secteur d'activité -année 2010. | 17 |
| Figure I-4. Répartition de la consommation électrique des ménages en %. | 19 |
| Figure I-5. Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie en 2005. | 20 |
| FigureII- 1. Composants et fonctions de l'enveloppe du point de vue de la performance énergétique. | 31 |
| Figure II-2. Calcul des besoins énergétiques d'un bâtiment. | 35 |
| FigureII- 3. Pertes et apports énergétiques dans un bâtiment à usage d'habitation. | 38 |
| Figure II-4. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins mensuels de chauffage. | 42 |
| Figure II-5. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins annuels de chauffage. | 43 |
| Figure II- 6. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins mensuels de rafraîchissement. | 43 |
| Figure II-7. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins annuels de rafraîchissement. | 44 |
| Figure II- 8. Influence de l'isolation sur les besoins mensuels de chauffage. | 45 |
| Figure II- 9. Influence de l'isolation sur les besoins annuels de chauffage. | 45 |
| Figure II-10. Influence de l'isolation sur les besoins mensuels de rafraîchissement. | 46 |
| Figure II-11. Influence de l'isolation sur les besoins annuels de rafraîchissement. | 46 |
| Figure. III- 7. Cadre de recherche. | 67 |
| Figure. III-2. Méthodologie. | 68 |
| Figure III-3. Les relations trouvées entre les facteurs de comportement et les caractéristiques des ménages. | 73 |
| Figure. III-4. la consommation d'énergie en MJ par année par modèle de comportement. | 76 |
| Figure. III-5. La consommation d'énergie en MJ / an et par profil d'utilisateur. | 77 |
| Figure IV-1. Courbes des températures minimales, maximales, et moyennes mensuelles | 95 |
| Figure IV-2. CourbeS des humidités relatives minimales, maximales, et moyennes mensuelles. | 95 |
| Figure IV-3. Moyenne mensuelle de l'insolation en heures Sétif 1995_ 2005. | 95 |
| Figure IV-4. Répartition mensuelle des pluies 1995-2011. | 95 |
| Figure IV-5. Variation de la vitesse moyenne des vents. 1995-2011. | 95 |
| Figure IV-6. la rose des vents. | 94 |
| Figure IV-7. Immeuble de rapport du style néoclassique. Immeuble HENRY, Avenue 1 er Novembre 1954. | 98 |
| Figure IV-8. Plan de masse- Immeuble de rapport du style néoclassique. Immeuble HENRY. | 98 |
| Figure IV-9. Plan intérieur – immeuble Henry. | 100 |
| Figure IV-10. Coupe de mur : façade porteuse en pierre de taille; plancher avec poutre métallique et remplissage plâtre. | 102 |
| Figure IV-11 . Coupe de mur : façade porteuse ; plancher à ossature en bois. | 102 |
| Figure IV-12. Effet de paroi froide sur un mur de 50 cm en pierre. | 103 |
| Figure IV-13.. Inertie des murs selon les techniques constructives. | 103 |
| Figure IV-14. Les 600 logements. | 105 |
| Figure 8V-15 .plan de masse des 600 logements - ilot de type « plan masse libre ». | 105 |
| Figure IV-16. Plan intérieur – logement social – les 600 logt. | 107 |
| Figure IV-17. Effet de paroi froide sur un mur en brique. | 109 |
| Figure IV-18.. Immeuble de logement promotionnel. Promotion AMRANI. | 111 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure IV-19. Plan de masse. Logement promotionnel. | 111 |
| Figure IV-20. Plan intérieur – logement promotionnel. | 113 |
| Figure IV-21 .Effet de paroi froide sur un mur de 33 cm en brique . | 115 |
| Figure IV-22. Représentation graphique du logement colonial. | 119 |
| Figure IV-23.. Représentation graphique du logement social. | 119 |
| Figure VI-24. Représentation graphique du logement promotionnel. | 120 |
| | |
| Figure V-9. Interface du logiciel ECOTECT- onglet de l'analyse thermique. | 140 |
| Figure V-10.a . Résultat du logiciel : Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement COLONIAL . | 141 |
| Figure V- 2. b. Résultat transféré sur Excel Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement COLONIAL. | 141 |
| Figure V-11.a. Résultat du logiciel : Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement PROMOTIONNEL. | 142 |
| Figure V-3.b. Résultat transféré sur Excel Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement PROMOTIONNEL. | 142 |
| Figure V-12.a. Résultat du logiciel : Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement SOCIAL . | 143 |
| Figure V-4. b. Résultat transféré sur Excel Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement SOCIAL . | 143 |
| Figure V-5. Ecart négatifs entre températures moyennes intérieures et températures moyennes extérieures. | 144 |
| Figure V-6. a. Résultat du logiciel : Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'hiver du logement PROMOTIONNEL. | 149 |
| Figure V-6 .b. Résultat transféré sur Excel Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'hiver du logement PROMOTIONNEL. | 149 |
| Figure V-7. a. Résultat du logiciel : Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'hiver du logement COLONIAL. | 150 |
| Figure V-7 .b. Résultat transféré sur Excel Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'hiver du logement COLONIAL. | 150 |
| Figure V-8. a. Résultat du logiciel : Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'hiver du logement SOCIAL. | 151 |
| Figure V-8.b. Résultat transféré sur Excel Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'hiver du logement SOCIAL. | 151 |
| Figure V-9. Immeuble Henry au centre ville. | 154 |
| Figure V-10. Immeuble Henry au centre ville (modélisé par le logiciel AUTOCAD 2004). | 154 |
| Figure V-11. Consommation énergétique du logement colonial. | 155 |
| Figure V.12. Emission de CO2 de l'appartement colonial. | 155 |
| Figure V-13. Les 600 logements. | 156 |
| Figure V-14. Les 600 logements (modélisé par le logiciel AUTOCAD 2004). | 156 |
| Figure V-15. Consommation énergétique du logement social. | 157 |
| Figure V-16. Emission du CO2 du logement social . | 157 |
| Figure V-17. Promotion Amrani. | 158 |
| Figure V-18. Promotion Amrani(modélisé par le logiciel AUTOCAD 2004). | 158 |
| Figure V-19. Consommation énergétique du logement promotionnel. | 158 |
| Figure V-20. Emission de CO2 du logement promotionnel. | 159 |
| Figure V-21. Consommation énergétique du logement après isolation des fenêtres. | 161 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figure V-22. Consommation énergétique du logement après isolation des murs fenêtres. | 162 |
| Figure V-23. Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après isolation des murs. | 162 |
| Figure V-24. consommation énergétique du logement après isolation du plancher. | 163 |
| Figure V-25. consommation énergétique du logement après isolation du toit. | 164 |
| Figure 13. Consommation énergétique du logement après l'amélioration de l'isolation de toute l'enveloppe du logement. | 165 |
| Figure 14. Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après l'amélioration de l'isolation de toute l'enveloppe du logement . | 165 |
| Figure 15. Consommation énergétique du logement après l'amélioration des équipements. | 166 |
| Figure 16 .les déterminants de la consommation d'énergie résidentielle. | 167 |
| Figure 17. Tendances de propriété des gros appareils ménagers dans les trois catégories de logement de l'enquête. | 169 |
| Figure 18. Nuage de points et courbe de tendance de la consommation d'énergie en fonction de l'âge (a), en fonction du nombre de climatiseur (b) et en fonction du revenu (c). | 175 |
| Figure V-32. Comportement des occupants de l'utilisation du climatiseur. a) au dessous de 65 ans, b) au dessus de 65 ans. | 179 |
| Figure V-33. Schéma de la trajectoire de la consommation d'énergie. | 180 |
| Figure V-34 .La consommation d'électricité (kWh): charge de saison. | 183 |
| Figure-35. La consommation de gaz (kWh): la charge de saison. | 185 |
| Figure V-36. La consommation de l'électricité et du gaz : 1 an. | 185 |
| Figure V-37. Consommation moyenne d'énergie en kWh par année par type de comportement. | 192 |
| Figure V-38. Consommation moyenne d'énergie en kWh par année par profil d'utilisateur. | 196 |

Liste des tableaux :

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tableau I-1. Valeurs de U et de l'énergie utile pour différents standards de l'habitat en Allemagne. | 12 |
| Tableau I-2. Objectifs à atteindre pour les bâtiments antérieurs a 1975 (U en W/m2.K). | 15 |
| Tableau. I. 3 : Consommation totale par secteur d'activité. | 18 |
| Tableau. I. 4 : Bilan des émissions par secteur. | 21 |
| Tableau. I. 5 : Durée de séjour approximative dans l'atmosphère des gaz à effet de serre. | 21 |
| | |
| Tableau II-1 – Variables associées au calcul des déperditions énergétiques d'un bâtiment. | 33 |
| Tableau II-2 Valeur limite des émissions de CO2. | 41 |
| | |
| Tableau III-1 : le comportement de l'économie d'énergie. | 59 |
| Tableau III- 2 : Définitions des variables du comportement des occupants. | 69 |
| Tableau III-3 : facteurs de comportement. | 72 |
| Tableau III-4. Pratiques liées à la consommation d'énergie domestique. | 82 |
| | |
| Tableau.IV-1. représentation des modules pluviométriques saisonniers. | 94 |
| Tableau IV-2: Matériaux constituant l'enveloppe du logement colonial. | 101 |
| Tableau IV-3: Matériaux constituant l'enveloppe du logement social et leurs caractéristiques thermiques. | 108 |
| Tableau IV-4: Matériaux constituant l'enveloppe du logement promotionnel et leurs caractéristiques thermiques. | 114 |
| Tableau IV-5 .: Propriétés thermo physiques des matériaux de construction utilisés. | 121 |
| TableauIV-6. . Propriétés thermo physiques de la lame d'air. | 121 |
| | |
| Tableau V-1. Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures, lors de la journée la plus chaude d'été (le 08 aout). Logement colonial. | 145 |
| Tableau V-2. Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures, lors de la journée la plus chaude d'été (le 08 aout). Logement promotionnel. | 146 |
| Tableau V-3. Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures, lors de la journée la plus chaude d'été (le 08 aout). Logement social. | 146 |
| Tableau V-4 : Corrélation des variables des ménages et de la construction avec la consommation d'énergie. | 168 |
| Tableau.V-5 .Définitions des variables de comportement des occupants et des corrélations avec la consommation d'énergie. | 171 |
| Tableau V-6. Corrélations entre les variables des ménages, de la construction et de la consommation d'énergie. | 173 |
| Tableau V-7. Corrélations entre la consommation d'énergie par habitant et la taille de la famille. | 176 |
| Tableau V-8. Corrélation entre l'âge et le comportement en hiver. | 177 |
| Tableau V-9. Corrélation entre l'âge et le comportement en été. | 178 |
| Tableau V-10. Facteurs de comportement. | 190 |

Nomenclature

Listes des acronymes et symboles

Acronymes :

| | |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|
| ADEME | Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie |
| Aprue | Agence pour la Promotion, la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie |
| Apur | Atelier Parisien d'Urbanisme |
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating, & Air-Conditioning Engineers |
| CDER | Centre de développement des énergies renouvelables |
| Clode | cadrage sur les logements, leurs occupants, leurs dépenses énergétiques) |
| COP | Coefficient de Performance |
| Co2 | Dioxyde de carbone. |
| CIME | Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Energie. |
| CREDOC | Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie |
| CSTB | Centre scientifique et technique du bâtiment |
| CVC | Chauffage, ventilation et climatisation |
| DGUHC | Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction |
| DHUP | la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages |
| DPE | Diagnostic de Performance énergétique |
| DTR | Documents techniques réglementaires |
| ECS | Eau chaude sanitaire |
| EER | coefficient d'efficacité énergétique |
| FNME | Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie. |
| GES | gaz à effet de serre |
| Giec | Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat. |
| GTB | Gestion Technique du Bâtiment |
| HPE | Haute Performance Energétique |
| Haute | Qualité Environnementale |

Nomenclature

| | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IEA | International Energy Agency |
| Maison FCE | maison à faible consommation d'énergie. |
| OTB | Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies, Delft University of Technology, Netherlands. |
| Phébus | Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et USages de l'énergie |
| PNME | Programme National de Maîtrise de l'Energie. |
| PREBAT | Programme national de Recherche et d'expérimentation sur l'Énergie dans les Bâtiments |
| RT | Réglementation thermique. |
| SBN | Swedish Construction Standard |
| SEREC | Socio-technical factors influencing residential energy consumption |
| Tep | Tonne équivalent pétrole |
| TCAM | taux de croissance annuel moyen |
| THPE | très haute performance énergétique, |
| TRNSYS | Transient System Simulation Tool |
| UE | Union européenne |
| URE | utilisation rationnelle de l'énergie |
| VN | ventilation naturelle |

Nomenclature

Symboles :

| Symbole | Définition | Unité |
|---------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| Af | Surface des fenêtres | |
| Ai | Surface de l'élément | m ² |
| Cp | Chaleur dégagée par occupant | W/occupant |
| Ee | Consommation d'électricité | kWh/m ² an |
| Ee | énergie finale électrique | |
| Ew | énergie finale thermique 'calorifique' | |
| Fb | facteur de réduction (ombrage et poussière) | |
| Fe | Facteur de réduction | |
| Fg | Taux d'utilisation de la chaleur | |
| Fr | Surface du vitrage (sans cadre) | |
| G | Taux global de transmission | |
| GHT | Rayonnement global par jour de chauffage | |
| HGT | Taux de chauffage | Kx jour/an |
| Hp | Présence par jour | h/jour |
| HT | Nombre de jours chauffés | jours/an |
| Ki | Facteur k de l'élément | W/m ² K |
| P | Nombre d'occupant | |
| Q1 | Besoins en chaleur par ventilation | |
| Qe | Apports par les équipements électriques. | |
| Qe | Apports par les équipements électriques | |
| Qf | Chaleur interne et externe | |
| Qg | Apports en chaleur | |
| Qh | Besoins pour le chauffage | |
| Qt i | Pertes par élément 'toiture, paroi, fenêtre, plancher' | kWh |
| Qp | Apports par les occupants | |

Nomenclature

| | |
|----------|-------------------------------------|
| Q_s | Apports par énergie solaire |
| Q_t | Besoins en chaleur par transmission |
| Q_v | Somme des pertes en chaleur |
| Q_w | Besoins en chaleur |
| Q_{ww} | Besoins pour l'eau chaude |

Introduction générale :

Introduction

Au cours de la dernière décennie, l'atténuation du changement climatique, qui est de réduire l'effet de serre anthropique¹ est devenu un objectif politique commun. Par exemple, dans l'Union européenne l'objectif de réduction du dioxyde de carbone (CO₂) qui est de 20% en l'an 2020 a été fixé pour tous les États membres de l'UE.

Le secteur du bâtiment est considéré comme l'un des principaux secteurs responsables du changement climatique en raison de la vaste production de l'effet de serre.

Une grande partie des émissions de gaz à effet de serre du secteur de la construction proviennent de l'utilisation de l'énergie: ce secteur est responsable de 40% de la consommation mondiale d'énergie par an, et le secteur résidentiel représente à lui seul près de 30%². Heureusement, l'environnement bâti représente également un grand potentiel dans la réduction d'une manière rentable de l'effet de serre. Par exemple, le McKinsey & Company a déclaré tout récemment que le secteur du bâtiment offre les possibilités les plus rentables de la réduction des gaz à effet de serre³.

Autrement dit, le mode de développement de nos villes produisait massivement des gaz à effet de serre (GES), dus principalement à la concentration massive des activités d'une part, et le rejet de gaz polluant (CO₂) par l'industrie et les équipements domestiques d'autre part. Ainsi, l'acte d'aménager et de construire est un acte ayant un fort impact sur l'environnement, gourmand en énergie fossile et grand émetteur de CO₂, et ce de l'extraction des matériaux jusqu'à leurs utilisation dans le bâtiment.

Depuis 1999, l'Algérie a défini une loi pour maîtriser les consommations d'énergie⁴. Elle a mis en place des textes réglementaires de maîtrise de l'énergie qui fixent un modèle de consommation énergétique national et définissent un cadre général des différentes actions à mener pour parvenir le plus rapidement possible à une rationalisation de l'emploi des énergies disponibles et à une meilleure maîtrise de la consommation énergétique. Le secteur de l'habitat existant est particulièrement concerné. Lorsque l'on sait que le secteur résidentiel et tertiaire représente plus de 46 % de l'énergie finale et de 28 % de l'énergie

¹ Anthropique : En géographie et en écologie, l'anthropisation est la transformation d'espaces, de paysages, d'écosystèmes ou de milieux semi-naturels sous l'action de l'homme.

² R. Kyrö et al, Occupants have little influence on the overall energy consumption in district heated apartment buildings, *Energy and Buildings* 43 (2011) 3484–3490

³ McKinsey&Company, Pathways to a Low Carbon Economy, Version 2 of the Global Green House Gas Abatement Cost Curve, 2009.dans R. Kyrö et al, Occupants have little influence on the overall energy consumption in district heated apartment buildings, *Energy and Buildings* 43 (2011) 3484–3490.

⁴ M. Amirat , S.M.K. El Hassar, **Economies d'Énergie dans le Secteur de l'Habitat .consommation Electrique des Ménages - Cas d'un foyer algérien typique en période d'hiver -**, *Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 27 - 37*

primaire⁵ on comprend l'enjeu qu'il y a à intervenir sur ce secteur pour en améliorer les conditions énergétiques.

Plusieurs d'études dans le monde sont arrivées à montrer que les déterminants principaux de la consommation énergétique dans l'habitat sont les variables sociodémographiques telles que le revenu, le niveau d'éducation, la situation familiale, l'âge ainsi que les caractéristiques du logement et son équipement⁶.

De plus, ayant constaté que le champ de l'énergie dans l'habitat était largement étudié mais que les approches relevaient uniquement du domaine de la technique (analyse du bâti). C'est pour cette raison que cette étude aborde en plus du domaine technique (caractéristiques physiques du logement) un volet non négligeable relatif au domaine de la socio-démographie et de l'économie (caractéristiques et comportements des usagers et équipements énergétiques du logement).

Problématique :

Il est bien établi que les logements sont des facteurs clés de l'émission de gaz à effet de serre. La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel inclut le chauffage de l'espace et de l'eau, le refroidissement, l'éclairage et l'utilisation d'appareils⁷.

En Algérie, le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) est responsable de 46% de la consommation énergétique nationale finale, et représente un taux de croissance annuel estimé à 6.28%⁸.

Aussi, avec le boom colossal qu'a connu l'Algérie ces dernières années en matière de constructions résidentielles notamment le programme quinquennal 2005-2009 qui prévoit un million de logements et dont la quantité a failli à la qualité⁹. Le développement de ces logements s'est nécessairement accompagné d'un accroissement important des besoins

⁵ N. Fezzioui, et al, **Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien**, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°1 (2008) 25 – 34*

⁶ QUERTINMONT Jean-Charles, 2007, La mesure des attitudes et des comportements des Bruxellois en matière de consommation d'énergie: apport d'un baromètre de l'utilisation rationnelle de l'énergie (URE), Mémoire de Fin d'Études en Gestion de l'Environnement, page 27.

⁷ S. Barr et al , The household energy gap: examining the divide between habitual- and purchase-related conservation behaviours,, dans M.J. Kim et al, Energy use of households in apartment complexes with different service life, *Energy and Buildings* 66 (2013) 591–598

⁸ NAIT Nadia, 2011, *LA REHABILITATION ENERGETIQUE DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS EXISTANTS CAS DU CLIMAT SEMI ARIDE DE CONSTANTINE*, Thèse de magister, université Mentouri, Constantine, 2012 ,page 3.

⁹ N. Meghraoui, 'Quel Habitat pour l'Algérie', Edition Média-Plus, Constantine 2006. Dans N. Kadri et A. Mokhtari, **Contribution à l'étude de réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâtiment**, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°2 (2011) 301 – 311*

énergétiques en matière de chauffage, de climatisation et d'électricité; car la généralisation d'un nouveau confort moderne repose sur une grande consommation d'électricité, ce qui engendre souvent des coupures d'électricité dans les heures de pointe dues à une consommation maximale.

Les études existantes dans le secteur résidentiel en Algérie sont principalement axées sur des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment . parmi les quelles : l'étude de I. Benoudjafer¹⁰ , M. Amirat¹¹ ,C. Hamouda ¹² N. Fezzioui¹³, N. Kadri¹⁴ et celle de M. Annabi ¹⁵.

Par conséquent, cette étude vise à étudier l'impact des caractéristiques des ménages et de la construction sur la consommation d'énergie résidentielle, en répondant à ces questions:

- 1. Y'a-t-il des différences dans la performance énergétique des trois(3) catégories de logement choisis pour l'étude, en l'occurrence : le logement colonial, le logement social et le logement promotionnel ?**
- 2. Quel est le type de logement le plus performant ?**
- 3. Les caractéristiques et le comportement des ménages pourraient-ils expliquer la variation de la consommation énergétique réelle des logements ?**
- 4. Y'a-t-il des modèles de comportement associés à la consommation d'énergie résidentielle qui pourraient être déterminés ? ainsi que des profils d'utilisateurs d'énergie qui pourraient être élaborés ?**

¹⁰ I. Benoudjafer et al, **Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie**, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 15 N°1 (2012) 1 - 12

¹¹ ¹¹ M. Amirat , S.M.K. El Hassar,op.cit., 27 - 37

¹² C. Hamouda et A. Malek , **Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna**, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 9 N°3 (2006) 211 – 228

¹³ N. Fezzioui et al 'op.cit., 25 – 34

¹⁴ N. Kadri et al.op.cit., 301 – 311

¹⁵ M. Annabi et al, **Estimation des performances énergétiques du bâtiment dans le contexte maghrébin**, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 9 N°2 (2006) 99 - 106

Hypothèse :

La recherche commence à partir de l'hypothèse qu'il existe des différences dans la consommation d'énergie entre les trois catégories de logements choisis qui sont : Le logement colonial - le logement social et le logement promotionnel.

Cet écart dans la consommation d'énergie pourrait être du aux principales différences qui existent entre ces types de quartiers résidentiels, et qui sont :

- la densité urbaine, l'âge et les matériaux de construction **du logement**,
- la différence dans les revenus, et les préférences personnelles **des résidents**.

Ces différences fondamentales dans les caractéristiques des logements peuvent être structurées par quatre dimensions :

- la structure de l'habitat, qui prend en compte la taille de l'habitation (surface différente et nombre de pièces différent)
- le système thermique, qui intègre le système de chauffage proprement dit (poêle à gaz ou chauffage central)
- les caractéristiques des ménages, à travers le cycle de vie (l'écart dans l'âge, et la taille du ménage, la présence ou non d'enfants et de personnes âgées), le statut (revenu élevé ou faible revenu), le capital culturel (niveau d'éducation ou de diplôme)
- le système de valeurs, focalisé sur la bonne gestion ou non de l'énergie¹⁶

L'hypothèse est donc que :

Le logement du centre colonial à Sétif pourrait se montrer économe :

- ayant une structure en îlot densément bâti (la densité au plan), en effet, de nombreuses études ont mis en évidence que, la compacité limite la surface de déperdition et d'exposition au froid ou au vent, et participe au fonctionnement de l'inertie.
- Ayant une enveloppe performante : l'épaisseur et la composition des parois, la surface et l'occultation des fenêtres.
- Etant occupés le plus souvent par des personnes âgées qui possèdent **un équipement de base uniquement** et qui présentent un comportement plus économe que les plus jeunes (en hiver les occupants âgés portent plus de vêtements que les jeunes

¹⁶ Bruno MARESCA, Anne DUJIN, Romain PICARD, LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS L'HABITAT ENTRE RECHERCHE DE CONFORT ET IMPERATIF ECOLOGIQUE, « CREDOC » Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie, DECEMBRE 2009, page 29.

occupants, en été malgré qu'ils restent à la maison pendant de longues heures pendant la journée, ils utilisent les climatiseurs pour moins d'heures que les participants plus jeunes).

Le logement social pourrait être considéré comme moyennement énergivore, du point de vue de son implantation isolée (monobloc) favorisant des déperditions thermiques, mais le faible revenu du chef de ménage limite parfois l'équipement du logement, la consommation et impose la gestion de l'énergie.

Le logement promotionnel qui s'impose comme un modèle de bien être social **pourrait être qualifié comme un logement à forte consommation énergétique « très énergivore »**, du fait que cette catégorie de logement soit destinée aux classes sociales aisées qui possèdent un **sur-équipement**, et qui contrôlent intensivement les ambiances intérieures par la climatisation et le chauffage sans mesurer les conséquences en termes de consommation d'espace, et d'énergie.

Objectifs de l'étude

L'objectif général de cette recherche est d'étudier l'impact des caractéristiques des ménages et de la construction sur la consommation d'énergie résidentielle.

Donc :

- le premier but est d'obtenir **un aperçu de la performance énergétique théorique** des trois types de logement choisis (c'est-à-dire en prenant en compte que les caractéristiques physiques des bâtiments, leur configuration au sein de l'ilot, et la rigueur du climat) et puis identifier le type de logement le plus performant.
- Le second but est **d'explorer l'impact des caractéristiques et du comportement des ménages sur la consommation réelle d'énergie domestique** (cette consommation réelle d'énergie est obtenue grâce aux factures trimestrielles d'électricité et de gaz des habitants).

Méthodologie et outils de recherche:

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre des principales questions qui sont actuellement à l'honneur dans le monde, qui sont le comportement des consommateurs et la consommation d'énergie des ménages.

Tout d'abord, afin de mettre en œuvre une méthodologie à appliquer, une revue de littérature a été élaborée.

Ensuite les méthodes utilisées ont été articulées autour de deux (02) volets : un travail technique de simulation suivi d'un travail investigatif d'enquête.

I. Le travail technique de simulation : qui définit la performance énergétique des trois catégories de logement choisis pour l'étude, s'appuie sur deux logiciels :

a) Le logiciel d'analyse thermique et de simulation énergétique « Ecotect Analysis 2010 » : ce logiciel donne la courbe de température intérieure en évolution libre (sans chauffage ni climatisation) par rapport à la température extérieure et aux limites de confort (été /hiver). Ce qui reflète une évaluation du comportement thermique du logement.

b) Le simulateur de diagnostic de performance énergétique (DPE) : Un outil de simulation de DPE en ligne qui donne :

- la classe énergétique du logement et sa consommation par m² et par an.
- les émissions de CO₂ calculées en kilos par m² avec la lettre correspondante de l'étiquette climat.

II. Le travail investigatif d'enquête : permet de cerner l'effet des caractéristiques et du comportement des occupants sur la consommation d'énergie.

Le questionnaire utilisé vise à collecter des informations sur les caractéristiques du logement, ses occupants et les comportements de consommation d'énergie en termes de chauffage, de refroidissement, de bain, de cuisson, d'éclairage, d'utilisation d'appareils électroménagers et de ventilation.

Structure du mémoire :

Le plan du mémoire est le suivant :

Une introduction générale qui introduit le thème, la problématique et les hypothèses principales de la recherche.

Une première partie théorique qui comporte trois chapitres, elle est basée sur une recherche bibliographique et un état de l'art sur les facteurs qui influent sur la réduction de la consommation d'énergie, centré sur trois facteurs : les caractéristiques du bâtiment, les caractéristiques des ménages, et le comportement des résidents.

Le premier chapitre aborde la problématique énergétique dans le monde puis en Algérie, en présentant ses conséquences, ainsi que les différentes politiques et réglementations.

Le deuxième chapitre porte sur l'influence des caractéristiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le comportement thermique.

Le troisième chapitre intitulé " Etat de l'art " porte sur les interactions entre les occupants et la consommation d'énergie résidentielle.

Une seconde partie expérimentale comporte deux chapitres.

Dans le premier chapitre qui comporte trois sections, nous avons présenté l'analyse climatique de la ville de Sétif dans une première section, dans le but de déterminer les besoins de confort des habitants.

Puis nous avons décrit les trois cas d'étude dans une seconde section.

Enfin dans la dernière section intitulée " Méthodologie d'approche ", nous avons présenté la méthodologie appliquée permettant d'étudier l'impact des caractéristiques des ménages et de la construction sur la consommation d'énergie résidentielle. Qui se subdivise en deux sous-sections.

La première sous –section concerne la simulation par les deux logiciels.

La deuxième sous –section concerne le travail investigatif d'enquête.

Quand au deuxième chapitre de cette deuxième partie expérimentale présente les résultats de la recherche. Subdivisé en trois sous-sections.

D'abord l'analyse des résultats obtenus par la simulation via le logiciel énergétique « Ecotect Analysis 2010 ».

Puis le résultat du simulateur de diagnostic de performance énergétique (DPE). Et enfin l'interprétation des résultats de l'enquête.

Dans le but de confronter et de comparer entre les résultats obtenus par la simulation, et les données et résultats de l'enquête des trois types de logements. Et finir par identifier le logement le plus économe et le logement le plus consommateur.

La conclusion générale de ce travail synthétise les résultats

Première partie :
Partie théorique

Chapitre I :

Généralités sur la problématique énergétique

Introduction :

Depuis le début de l'ère industrielle, les civilisations ont fondé leur développement sur l'utilisation toujours croissante d'énergie fossile. La combustion de ces énergies s'accompagne de dégagement de CO₂. C'est l'un des principaux gaz à effet de serre : environ 300 milliards de tonnes de carbone ont été émises par les activités humaines depuis 1 800. La moitié de ce CO₂ a été reprise par les écosystèmes, l'autre moitié s'accumule dans l'atmosphère et participe à l'accentuation de l'effet de serre. L'équilibre thermique de la terre est, par ce mécanisme, en cours de modification et conduira à une température d'équilibre plus élevée que celle connue actuellement — à la fin du XXI^e siècle, la température aura augmenté de 1,1 °C à 6,4 °C¹.

La moitié du CO₂ émis est reprise par les écosystèmes (pour la photosynthèse principalement), l'autre moitié reste dans l'atmosphère et s'y accumule.

Les scientifiques estiment généralement que pour éviter une perturbation dangereuse du climat, il est nécessaire de ne pas émettre plus que ce que la nature reprend, il faut donc diviser les émissions par deux.

Les réserves fossiles responsables de ces émissions sont présentes en quantité finie sur terre, elles sont non renouvelables. Ainsi, de manière certaine, les émissions de CO₂ liées à leur combustion viendront à cesser, leur division par deux sera donc un jour une réalité. La question qui est posée aujourd'hui n'est donc pas de savoir si nous sommes capables, dans l'absolu, de diviser nos émissions de CO₂ par deux, mais en combien de temps nous devons y parvenir. Pour les scientifiques, il est impératif d'y arriver avant 2050.²

I.1 Contexte énergétique et environnemental dans le monde :**I.1.1 Contexte**

La consommation d'énergie dans l'habitat est à l'origine d'émissions importantes de gaz à effet de serre et pèse lourd dans le budget des ménages.

La réduction de la consommation énergétique est un défi qu'il est nécessaire de relever à plusieurs titres :

_ Environnemental : Des préjudices sont provoqués à tous les stades de transformation de l'énergie : pollution de l'air, risques de changements climatiques, déforestation, pluies acides, production de déchets dangereux sans solution de traitement aujourd'hui.

¹ Apur, consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes, décembre 2007, p5.[en ligne] : <http://www.apur.org>

² Apur, op.cit., p6.

_ Social et sanitaire : L'environnement construit constitue un support déterminant du bien-être et des relations sociales. L'environnement intérieur a un impact direct sur la santé des occupants.

_ Economique : Le secteur du bâtiment génère une part importante des emplois.

on peut compter par exemple, d'après les estimations de l'ADEME, sur 100 000 emplois nouveaux en France si un grand plan de rénovation des bâtiments existants est lancé.

_ Politique : la diminution des quantités de pétrole disponible va entraîner des bouleversements importants qu'il est nécessaire d'anticiper³.

La production d'énergie est la cause principale des risques de changement climatique dus à une augmentation des gaz à effet de serre. Ce phénomène est clairement corrélé à l'activité humaine pour ce qui concerne la deuxième moitié du 20ème siècle. En effet, une augmentation moyenne de la température de l'ordre de 1°C a été constatée au cours du siècle passé et l'un des scénarii probables prévoit une augmentation de 4°C d'ici un siècle environ⁴. Dans l'espoir de limiter ce réchauffement à 2°C à l'horizon de 2100, le GIEC, réseau mondial de chercheurs créé par l'Organisation des Nations Unies, préconise de ramener au plus vite à 2 tonnes par an et par habitant les émissions. Ceci s'inscrit dans la lignée du protocole de Kyoto qui oblige à diviser par plus de quatre la consommation d'énergie domestique pour atteindre, d'ici à 2050, une moyenne de 50 kWh d'énergie consommée par m² par an.

I.1.2 Développement de l'habitat à faible consommation :

Pourquoi les bâtiments sont-ils si « énergivores » ? Selon (Les amis de la terre, 2007), la plus grande partie des logements a été construite à une période pendant laquelle le coût de l'énergie était très bas, et le souci de l'environnement inexistant. Les constructions des années 50 et 60 ont une très mauvaise performance énergétique.

I.1.2.1 Développement de l'économie d'énergie dans l'habitat en Europe

Deux facteurs déterminants ont forcé le développement de l'habitat à faible consommation d'énergie. La crise de pétrole de 1973 et les changements climatiques, observés durant ces dernières décennies, ont incité les pays développés, membres de l'IEA (International Energy Agency), à reconsidérer leur mode de consommation énergétique. L'utilisation rationnelle de l'énergie, est devenue l'objectif principal. Le secteur du bâtiment, avec 45 % de la

³ C.FLORY-CELINI. Modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant, thèse de doctorat, Université Lyon 1 Claude.p22.

⁴ Giec, 2007 Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat.[en ligne] : <http://www.un.org/fr/climatechange>

consommation d'énergie et 20 % des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial⁵, constitue l'un des principaux domaines d'intérêt pour la recherche et développement en économie d'énergie.

Cet intérêt fait partie des plans d'action au service des établissements humains édictés dans l'agenda 21, adopté au sommet de la terre de Rio de Janeiro en 1992.

Pour le nouveau bâti, il s'agit d'introduire de nouvelles normes de construction et d'une nouvelle approche intégrée d'utilisation des diverses énergies dans les bâtiments.

I.1.2.1.1 Initiatives apparues en Allemagne :

En Allemagne, entre 1984 - 1995, la consommation d'énergie en besoin de chauffage est passée de 220 kWh/m².an à 100 kWh/m².an, avec l'adoption de nouvelles normes de protection contre les déperditions (isolation) (**Figure. I-1**). L'objectif de cette politique est de faire de l'habitat à Faible Consommation d'Énergie (< 70 kWh/m².an), un standard de construction⁶. Quant à l'habitat passif, il reste un objectif à long terme. Actuellement, 3000 projets de démonstration de maisons passives sont en cours d'évaluation en Europe

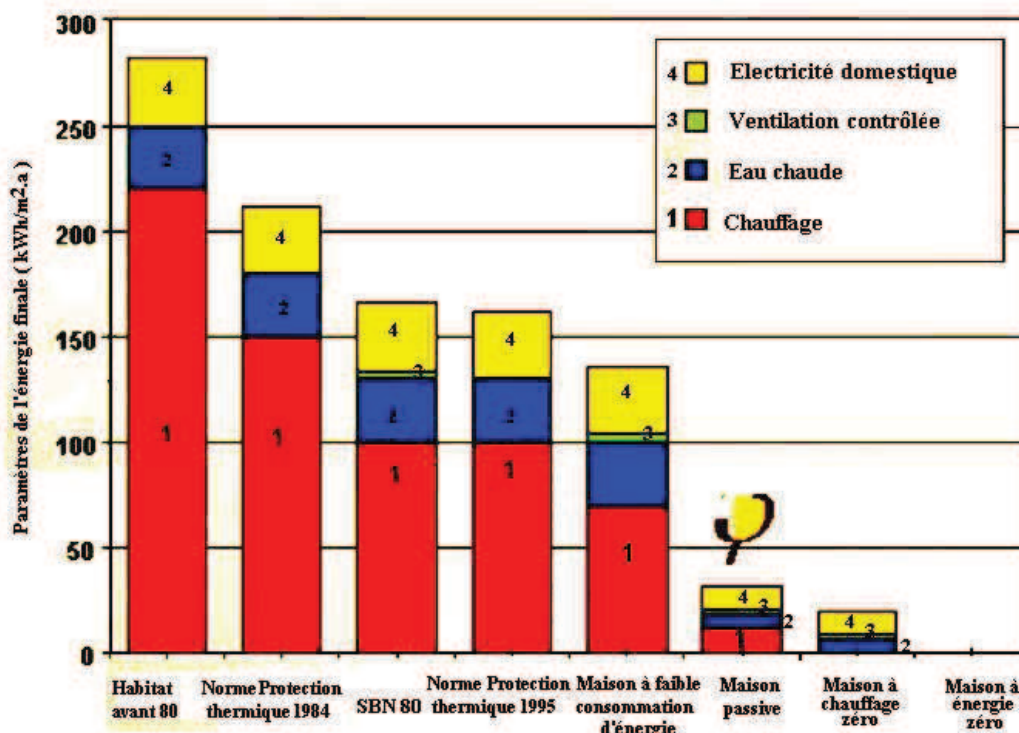


Figure I-1. Réduction de la consommation d'énergie dans l'habitat en Allemagne (source : C. Hamouda et A. Malek,2006)

*SBN= Swedish Construction Standard

⁵ C. Hamouda et A. Malek , **Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna**, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 9 N°3 (2006) 211 – 228

⁶ Loc. cit.

Les différents standards (**Tableau I-1**), réglementant l'isolation dans le bâtiment, par la réduction de la valeur de U, illustre les gains importants obtenus par la réduction de l'énergie utile consommée par ces types d'habitations.

Les normes adoptées, ainsi que les exigences, en termes d'indicateurs de déperditions, sont revues et corrigées périodiquement. Les résultats obtenus par ces pays, en termes d'efficacité énergétique, ont eu des retombées bénéfiques aussi bien sur la qualité du cadre bâti que sur le développement de l'industrie du bâtiment.⁷

Tableau I-1. Valeurs de U et de l'énergie utile pour différents standards de l'habitat en Allemagne (source : C. Hamouda et A. Malek ,2006)

| Eléments De bâtiment | Maison FCE* | Maison Passive |
|-------------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Toiture (W/m ² K) | ≤ 0,25 | ≤ 0,15 |
| Parois (W/m ² K) | ≤ 0,20 | ≤ 0,10 |
| Dalle (W/m ² K) | ≤ 0,30 | ≤ 0,13 |
| Vitrage (W/m ² K) | ≤ 1,30 | ≤ 0,70 |
| Energie utile (kWh/m ² .an) | ≤ 70 | ≤ 15 |

- Maison FCE : maison à faible consommation d'énergie.

I.1.2.1.2 Initiatives apparues en France :

En France, la première réglementation, qui date de 1974 et est consécutive au premier choc pétrolier, impose une performance énergétique minimale des constructions neuves. Les normes sont actualisées tous les 5 ans environ. En revanche, même si la réglementation a stabilisé la consommation d'énergie, elle ne l'a pas diminuée. Dans le même temps, différents labels d'efficacité énergétique et les décisions du Grenelle de l'Environnement se mettent en place.

Un autre dispositif juridique a été développé pour les bâtiments existants : le diagnostic de performance énergétique (DPE). La notion de diagnostic de performance énergétique des bâtiments est issue de la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments⁸ qui vise à donner un cadre européen aux politiques nationales de réduction des consommations d'énergie des bâtiments existants et à construire, dans la perspective de la mise en œuvre du protocole de Kyoto.

⁷ C. Hamouda et A. Malek ,op.cit., 211 – 228

⁸ (Conseil européen, 2002) Directive 2002/91/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments, Journal officiel des Communautés Européennes, 2002

Le diagnostic de performance énergétique a pour objectifs pour le futur propriétaire ou le futur locataire⁹ :

- _ D'informer sur la consommation énergétique du logement et le cout moyen de celle-ci.
- _ De sensibiliser aux conséquences de sa consommation en énergie sur le climat de notre planète, en repérant cette consommation et les émissions de CO2 qui en résultent, d'une part sur une étiquette « énergie » et d'autre part sur une étiquette « climat », suivant une échelle de A (logement économe) à G (logement énergivore).
- _ De donner des conseils pour maîtriser sa consommation sous forme de recommandations de gestion et de comportement; et au futur propriétaire des recommandations de travaux d'économie d'énergie ou de lutte contre l'effet de serre.

Parallèlement à la réglementation et au DPE, plusieurs initiatives sont apparues en France sur le modèle allemand, nous en relevons quelques unes :

_ Le label HPE (Haute Performance Energétique) : atteste la conformité des bâtiments nouveaux à un référentiel qui intègre les exigences de la réglementation thermique, le respect d'un niveau de performance énergétique globale de ce bâtiment supérieur à l'exigence réglementaire et les modalités minimales de contrôles. Il comporte deux niveaux correspondant à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure :

-soit de 8% à la consommation conventionnelle de référence. Le label « haute performance énergétique » est alors appelé « Label haute performance énergétique, HPE 2000 » ;

- soit de 15% à la consommation conventionnelle de référence, le label « haute performance énergétique » est alors appelé « Label très haute performance énergétique, THPE 2000 ».

Dans la RT2005, le label HPE est associé à une réduction de 10% de la consommation de référence et le label THPE à une réduction de 20%.

_ La démarche Haute Qualité Environnementale (HQE) : démarche de « management de projet » visant à limiter les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement tout en assurant à l'intérieur du bâtiment des conditions de vie saines et confortables. Le niveau énergétique limite les projets à une amélioration comprise entre 10 et 20% en dessous de la consommation de référence de la RT 2005, ce qui est loin des exigences Passivhaus, Minergie, Effinergie qui sont à 50% de réduction¹⁰

_ Certification Effinergie : depuis 2005, son objectif est de créer une dynamique en France autour des constructions et réhabilitations basse énergie. Inspiré par les

⁹ (Ademe, 2006) Le diagnostic de performance énergétique, <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15028>, 2006

¹⁰ (EnviroBat, 2007) Analyse de la certification de performance énergétique EFFINERGIE, http://www.envirobatmed.net/IMG/pdf/Analyse_certification_Effinergie.pdf, 2007

enseignements d'une étude de CSTB / PREBAT ¹¹ et par le succès d'initiatives type PASSIVHAUSR (Allemagne) et MinergieR (Suisse), ce groupe de travail s'est formalisé en 2006 par la création du « Collectif Effinergie ». Ce collectif a défini avec la DGUHC (Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction) le niveau de la basse énergie (ou basse consommation énergétique) .

I.1.3 Objectifs à atteindre

Les objectifs sont de plusieurs ordres : réduction des besoins de chauffage mais également l'amélioration du confort d'été sur un bâtiment existant. Ils peuvent être atteints par l'installation de solutions bioclimatiques

I.1.3.1 Réduction des consommations

L'Union Européenne s'est fixée l'objectif « 20/20/20 » en 2007 : par rapport à 1990, il doit y avoir, d'ici 2020, une réduction de 20% des émissions des GES (30% si d'autres pays s'engagent), une amélioration de 20% d'efficacité énergétique et 20% de la consommation d'énergie doit être couverte par les énergies renouvelables.

- en 2007, la consommation moyenne d'énergie est de 240 kWh/m²/an
- en 2012, elle devra passer à 210 (-12%)
- en 2020, à 150 (-38%)
- en 2050, entre 50 et 70 (au niveau de l'étiquette B du DPE).¹²

(Courgey et al, 2006)¹³ notent que pour atteindre le « facteur 4 » d'ici 2050, il faut d'ores et déjà tout construire et tout réhabiliter en « basse énergie ».

Les auteurs proposent un comparatif entre les exigences réglementaires et les référentiels existants repris dans le tableau suivant :

¹¹ Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) est un établissement public français à caractère industriel et commercial (EPIC)

PREBAT est le Programme national de Recherche et d'expérimentation sur l'Énergie dans les Bâtiments lancé en 2005 en France et mis en place dans sa première phase jusqu'en 2009

¹² C. FLORY-CELINI, op.cit.,

¹³ (Courgey et al, 2006) La conception bioclimatique: des maisons confortables et économiques en neuf et en réhabilitation, Courgey S., Oliva JP., Edition Terre Vivante, 2006. Dans C. FLORY-CELINI, op.cit.,

Tableau I-2. Objectifs à atteindre pour les bâtiments antérieurs a 1975 (U en W/m².K)

(source : Courgey et al, 2006)

| Type de parois | RT 2000 | RT 2005 | Basse Energie | Très basse énergie |
|----------------------------------|------------|-------------|---------------|--------------------|
| Murs en contact avec l'extérieur | 0,47 à 0,4 | 0,4 à 0,36 | 0,2 | 0,13 |
| Planchers hauts | 0,3 à 0,23 | 0,25 à 0,2 | 0,13 | 0,1 |
| Surface de plancher bas | 0,43 à 0,3 | 0,36 à 0,27 | 0,2 | 0,13 |
| Baies vitrées | 2,6 à 2 | 2,1 à 1,8 | 1,5 | 0,8 |

Le label Minergie en Suisse propose une consommation de chauffage de 15 kWh/m²/an pour les bâtiments neufs et l'atteint dans certaines configurations. Il semble intéressant de différencier pour les valeurs cibles à atteindre : les bâtiments neufs, dans lesquels on dispose d'une plus grande marge de manœuvre, et le parc de bâtiments anciens. Un facteur 4 de réduction dans chacun de ces secteurs a été distingué, et on obtient une valeur cible d'environ 80 kWh/m²/an pour les consommations en chauffage. Cette valeur correspond aux objectifs fixes par le Grenelle de l'environnement¹⁴ en 2007 et qui devrait donner lieu à une loi votée en 2008, qui comporte une rénovation thermique obligatoire et un seuil de consommation des bâtiments de 80 kWh/m²/an.

¹⁴ Le Grenelle Environnement (souvent appelé Grenelle de l'environnement) est un ensemble de rencontres politiques organisées en France en septembre et décembre 2007, visant à prendre des décisions à long terme en matière d'environnement et de développement durable, en particulier pour restaurer la biodiversité par la mise en place d'une trame verte et bleue.

I.2 Contexte énergétique de l'Algérie :

I.2.1 Panorama de l'énergie en Algérie :

A l'horizon 2025, la demande d'énergie primaire pourrait se trouver multipliée par 1,5 en Méditerranée, les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée (PSEM) connaissant des taux de croissance de leur demande énergétique quatre fois plus élevés que les pays du Nord (PNM). Ils représenteraient alors 42% de la demande d'énergie totale du bassin méditerranéen, contre 29%

en 2006. L'Algérie qui en fait partie, présente également une hausse perpétuelle et continue de la demande en énergie.

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

I.2.1.1 La consommation des énergies fossiles :

La consommation totale d'énergie est assurée par les produits pétroliers (40 %), l'électricité (27 %) et le gaz naturel (26 %). Le gaz naturel joue un rôle croissant dans la consommation d'énergie, même si le pétrole demeure, à cause des transports, la principale source d'énergie du pays (**Figure. I.2**).

En effet, la pénétration du gaz a été relativement rapide 15 % en 1977, 35 % en 2001 et demeure une priorité. La part de l'électricité progresse régulièrement 6 % en 1975, 10 % en 2001, tandis que le charbon ne représente plus que 3% de la consommation finale. La production d'électricité est surtout d'origine thermique, et en faible proportion hydraulique¹⁵

¹⁵ [En ligne] www.aprue.org.dz

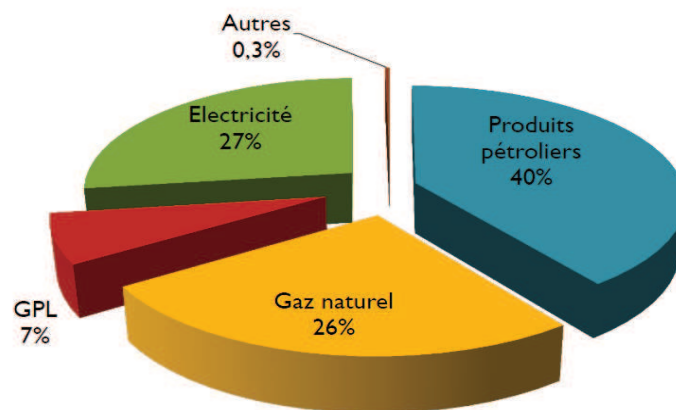


Figure I-2. Répartition de la consommation finale par produits

(Source : APRUE, 2013)

I.2.1.2 Consommation énergétique des différents secteurs :

Le bilan énergétique national de l'année 2013, montre que la consommation finale évaluée à 24,437 Millions de TEP, fait ressortir une prédominance de la consommation énergétique du secteur du transport et résidentiel (**Figure. I. 3**), soit pour le secteur des ménages 25% de la consommation finale, par rapport aux secteurs de l'industrie 16% et celui du tertiaire 6%. La consommation finale du secteur résidentiel a atteint 6 millions de tep en 2005.¹⁶

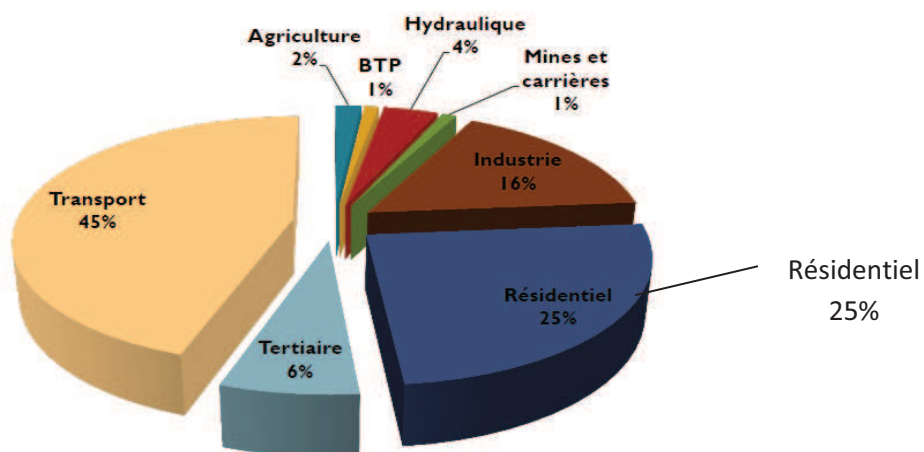


Figure I-3. Répartition de la consommation finale par secteur d'activité "année 2010

(Source : APRUE, 2013)

¹⁶ « Consommation énergétique finale de l'Algérie » Ministère de l'Energie et des Mines. [En ligne] www.aprue.org.dz.

La consommation d'énergie est en perpétuelle progression et ceci d'année en année. Les 2006 et 2007 ont servi de comparaison pour l'évaluation de l'augmentation de la consommation (cf. **Tableau. I.3**) Dans la catégorie industrie et BTP il y a un accroissement de 25%, dans la catégorie transport, il est de 23%, chez les ménages et autres, la consommation d'énergie a aussi évolué atteignant 52% du total constituant le plus grand taux d'accroissement.¹⁷

Tableau. I. 3 : Consommation totale par secteur d'activité (Source : <http://www.city-dz.com>)

| | 2006 | 2007 |
|-------------------|----------------|----------------|
| Industrie et BTP | 6 507 000 tep | 6 779 000 tep |
| Transport | 6 035 000 tep | 6 450 000 tep |
| Ménages et autres | 13 173 000 tep | 14 308 000 tep |

I.2.1.3 Consommation énergétique du secteur résidentiel :

Le secteur résidentiel et tertiaire en Algérie se trouve parmi les secteurs les plus consommateurs d'énergie avec une consommation représentant 46% de l'énergie finale et de 28% de l'énergie primaire. La consommation de ce secteur est en perpétuelle hausse. Un taux de croissance annuel moyen (TCAM) du secteur résidentiel - tertiaire est de l'ordre de 6.28%.¹⁸

La consommation énergétique moyenne annuelle d'un logement est de 1,050 tep¹⁹. La consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 TEP en 1990, son évolution passera de 0.71 TEP en 2000 à 1.35 TEP en 2010 et 1.88 TEP en 2020²⁰. L'évolution de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel représentant 35% de la consommation énergétique finale nationale⁴⁹²¹.

I.2.1.3.1 La consommation d'électricité :

La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 807 KTep en 2007, elle représente 38% de la consommation totale d'électricité. Ainsi, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national. Selon l'APRUE, 70% de la

¹⁷ [En ligne] <http://www.city-dz.com>

¹⁸ NAIT Nadia ,2011, *LA REHABILITATION ENERGETIQUE DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS EXISTANTS CAS DU CLIMAT SEMI ARIDE DE CONSTANTINE*, Thèse de magister, université Mentouri, Constantine,2012.p7-52

¹⁹ « Consommation énergétique finale de l'Algérie » Ministère de l'Energie et des Mines.

[En ligne] www.aprue.org.dz.

²⁰ **Chitour Ch.E.** « L'énergie, Les enjeux de l'an 2000 », Vol 1, Office des Publications Universitaires, Alger 1994 page 91. Dans NAIT Nadia ,op. cit., 7-52

²¹ « Bulletin trimestriel de l'Aprue n°14 », Avril 2009. [En ligne] www.aprue.org.dz

consommation énergétique des ménages est répartie entre le post froid et les produits d'éclairage²² (Figure I-4).

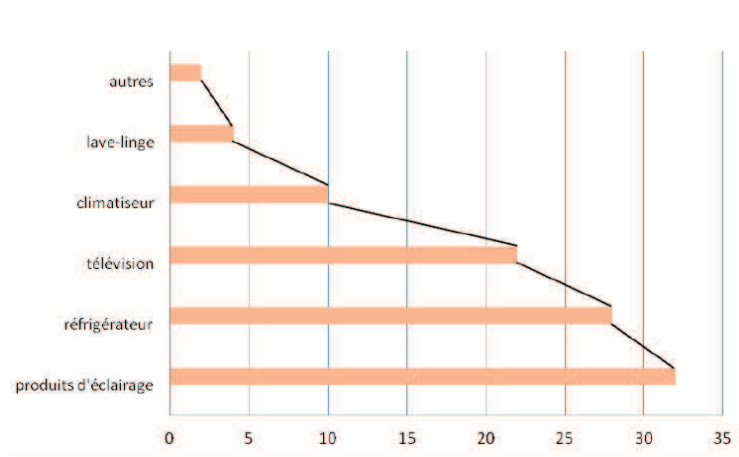


Figure I-4. Répartition de la consommation électrique des ménages en % (en 2009).Source : (<http://www.algerie-dz.com> dans NAIT Nadia ,2012)

I.2.1.3.2 La consommation du gaz naturel :

Troisième exportateur mondial de gaz, l'Algérie fera face à une hausse importante de la demande intérieure de gaz en raison de la croissance soutenue de son économie. Elle devrait consommer deux fois plus de gaz dans dix ans. La consommation de gaz à travers l'Algérie connaîtra des hausses de plus de 7% par an durant les prochaines années.²³

Selon le chargé d'étude de la Sonelgaz de Constantine, le secteur résidentiel constitue l'un des plus grands consommateurs de gaz de tous les secteurs. Il est considéré comme étant la source d'énergie la plus utilisée dans le secteur résidentiel à travers tout le territoire national (Figure I-5)

²² « Consommation énergétique finale de l'Algérie » Ministère de l'Énergie et des Mines Edition 2007. [En ligne] www.aprue.org.dz

²³ NAIT Nadia ,op. cit., 7-52

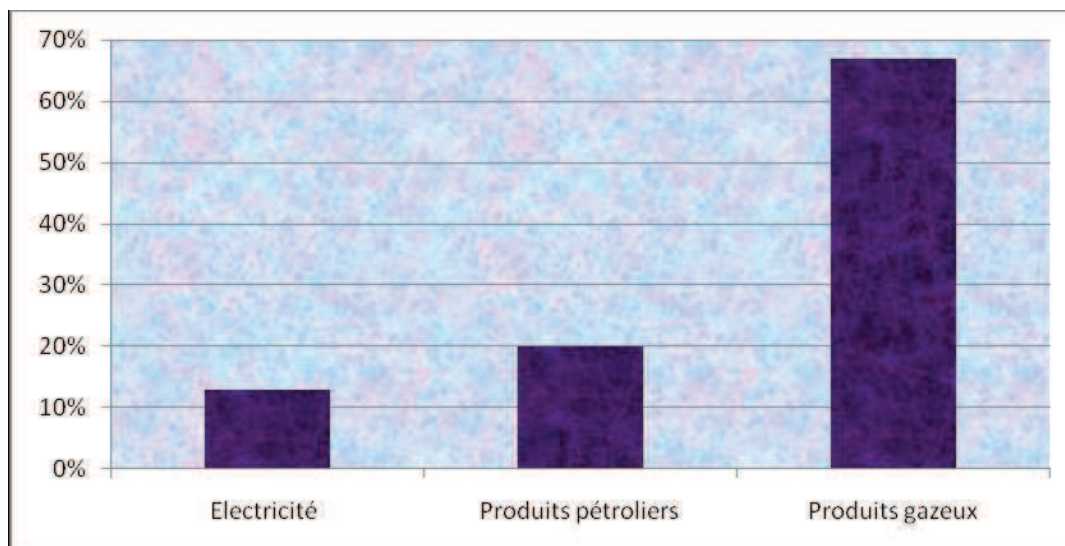


Figure I-5. Consommation du secteur résidentiel par type d'énergie en 2005.

(Source : www.aprue.org.dz)

I.2.1.4 Le prix des principales énergies :

Le prix des principales énergies utilisées en Algérie est en perpétuelle hausse et constitue une grande contrainte dans le budget des familles algériennes. La facture d'énergie pèse de plus en plus lourd et incite certains ménages modestes à diminuer les heures de chauffe en hiver et les heures de rafraîchissement artificiel en été. Elle constitue 10% à 20% des revenus annuels d'un ménage moyen.²⁴

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

I.2.1.5 Inventaire des émissions :

Les émissions brutes de GES en Algérie s'élevaient en 1994 à 104,8 Mt d'éq. CO₂. L'analyse des émissions par source démontre une nette prépondérance de la responsabilité du secteur de l'énergie, avec 67 % des émissions soit 70 Mt, due en grande partie aux industries énergétiques et aux transports. L'utilisation des terres et forêts et l'agriculture

²⁴ « Algérie : Paradoxe facture Sonelgaz » juin 2006. [En ligne] www.ladepeche.be.tf dans NAIT Nadia ,op. cit., 7-52

représentent respectivement 12,4 % et 11,5 % des émissions brutes. Le reste est attribué aux déchets 4,6 % et à l'industrie 4,5 %.²⁵(Tableau . I. 4)

Tableau . I. 4 : Bilan des émissions par secteur (Source : www.aprue.org.dz)

| | Consommation (Ktep) | Emissions GES(Teq CO2) |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Agriculture et hydraulique | 1130 | 1538 |
| Industrie et BTP | 3226 | 3881 |
| Résidentiel et tertiaire | 1047 | 6312 |
| Transport | 5536 | 9574 |
| Industries énergétiques | 5889 | 18544 |

Les émissions dues à l'énergie consommée sont de 40 Milliers Teq CO2²⁶

Les chiffres d'émission de CO2 de l'électricité d'origine fossile est entre 400 g et plus de 800 g par kWh selon les technologies, sans même compter les émissions liées à l'installation initiale des centrales électriques. La durée de vie de certains gaz à effet de serre dans l'atmosphère est considérable (Tableau. I. 5), notamment le gaz carbonique, le méthane et le peroxyde d'azote.²⁷

Tableau. I. 5 : Durée de séjour approximative dans l'atmosphère des gaz à effet de serre.

Source : (NAIT Nadia, 2012)

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

²⁵ . NAIT Nadia ,op. cit., 7-52

²⁶ « Consommation énergétique finale de l'Algérie » Ministère de l'Energie et des Mines. [En ligne] www.aprue.org.dz.

²⁷ NAIT Nadia ,op. cit., 7-52

I.2.1.6 Les énergies renouvelables en Algérie :

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

Par conséquent l'Algérie œuvre à la mise en place d'une politique de lutte contre les changements climatiques, la réduction des gaz à effet de serre conformément aux recommandations édictées dans le contenu dans les accords de Kyoto.²⁸

I.2.1.6.1 Bilan énergétique national et énergies renouvelables:

Pour concrétiser ses objectifs, l'Algérie a instauré un texte de loi sur la promotion des énergies renouvelables promulgué en 2004 appuyé par une politique énergétique qui préconise l'accroissement de la contribution des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national. L'objectif étant d'atteindre une contribution des énergies renouvelables de l'ordre de 6% (selon l'APRUE) dans le bilan national à l'horizon 2015 à travers les filières, photovoltaïques, thermique solaire et éolienne.

I.2.1.6.2 Sources d'énergie renouvelables en Algérie :

Les trois sources d'énergie renouvelables visées par le programme institutionnel et réglementaire retenues sont²⁹ :

Le solaire thermique : une technique éprouvée et performante tant du point de vue économique qu'environnemental et largement diffusée à travers le monde. Non polluante et inépuisable à l'échelle humaine, l'énergie solaire permet de respecter l'environnement et de préserver la santé. Elle permet de préserver les ressources énergétiques, sans produire de déchets ni d'émissions polluantes, notamment du gaz carbonique. la société NEAL prévoit la construction de 04 centrales hybrides solaire/gaz à l'horizon 2015 totalisant une capacité installée de l'ordre de 1350 MW.

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

²⁸ « Bulletin des énergies renouvelables semestriel n°11 » Juin 2007. Page 4. [En ligne] www.cder.dz

²⁹ Loc.cit

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

I.2.1.6.3 L'énergie solaire en Algérie :

Le potentiel de l'Algérie en énergie solaire est considérable, il avoisine les 5 Milliards de GWH. Le total annuel d'irradiation directe normale se situe entre 2100 kWh/m² an à plus de 2700 kWh/m² an. C'est parmi les meilleurs ensoleillements dans le monde selon le Centre de développement des énergies renouvelables (CDER) et selon Tewfik Hasni, dirigeant de New Energy Algeria (NEAL), compagnie fondée par le gouvernement algérien en 2002, pour développer les énergies renouvelables. Ce dernier a affirmé dans ses propos que : « Le potentiel en énergie solaire thermique de l'Algérie représente quatre fois la consommation énergétique mondiale». Aussi, le ministère algérien de l'Energie a affirmé que l'Algérie reçoit assez de soleil pour couvrir 60 fois les besoins de l'Europe de l'Ouest.³⁰

³⁰ NAIT Nadia ,op. cit., 7-52

I.3 Efficacité énergétique et réglementation thermique en Algérie :

I.3.1 Position de l'Algérie par rapport à la maîtrise de l'énergie :

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

C'est pourquoi, à partir de 2001, l'Algérie, pays exportateur de pétrole et de gaz, a mis en place une stratégie nationale de maîtrise de l'énergie adaptée à un contexte d'économie de marché. L'un des instruments retenus pour le développement de cette stratégie est le programme national de maîtrise de l'énergie(PNME) pour la période 2006-2010 dans les principaux secteurs consommateurs que sont l'industrie, les transports, le bâtiment et l'agriculture³¹ . Il y'a donc une volonté politique pour préserver les ressources non renouvelables et investir dans les énergies propres et durables.

I.3.1.1 Caractéristiques énergétiques du secteur habitat :

L'habitat existant, n'est soumis à aucune réglementation sur les économies d'énergie.

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

Le directeur général de l'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE), M. Mohamed Salah Bouzriba³², affirme dans ses propos que les équipements ménagers qui sont commercialisés sur le marché sont en majorité des produits bas de gamme qui consomment beaucoup d'énergie.

I.3.1.2 Objectifs de la politique de maîtrise de l'énergie :

Ils sont multiples et diversifiés. Ils visent essentiellement la conservation de l'énergie, l'augmentation de la durée de vie de nos réserves d'hydrocarbures, la préservation de la

³¹ Colloque international « Efficacité énergétique dans l'exploitation des installations hydrauliques » Centre des conventions d'Oran , mai 2013

³²« Bulletin trimestriel de l'Aprue N° 13» mars 2008. [En ligne] www.aprue.org.dz

capacité financière du pays et des retombées bénéfiques sur l'environnement. Quant à l'introduction des énergies renouvelables, elle aura pour retombées :

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

Les différents textes réglementaires adoptés au cours des dernières années traduisent la volonté de l'état de faire des énergies renouvelables des énergies d'avenir pour le pays, en favorisant une contribution plus conséquente de leur part dans le bilan énergétique national³³

I.3.2 Stratégie de maîtrise de l'énergie en Algérie :

Un dispositif de mise en œuvre qui s'articule autour de quatre principaux éléments : APRUE, FNME, PNME, CIME a été mis en place.

- APRUE: Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.
- FNME: Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie.
- PNME: Programme National de Maîtrise de l'Energie.
- CIME: Comité Intersectoriel de la Maîtrise de l'Energie.

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

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

La participation de l'APRUE à la journée d'étude sur la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment organisée par le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme, en marge du 12e BATIMATEC, le 15 mars 2009³⁴, a consisté à présenter l'apport du Programme national de maîtrise de

³³ « Guide des énergies renouvelables Edition 2007 », [En ligne] page 5 www.cder.dz

³⁴ [En ligne] www.aprue.org.dz

l'énergie dans l'accomplissement de projets d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, en particulier dans l'habitat.

I.3.3 Efficacité énergétique en Algérie :

Parmi les réformes engagées dans le secteur énergétique, l'adaptation du cadre institutionnel de la maîtrise de l'énergie à la nouvelle donne économique et politique est une des priorités fixées par le gouvernement algérien.

La période 2007-2009 a vu la mise en oeuvre du programme algérien de maîtrise de l'énergie. L'expertise française en matière de pratiques partenariales constitue un apport important, notamment pour le renforcement de la formation des cadres de l'APRUE, le soutien à la mise en place de l'observatoire national et des observatoires régionaux des consommations d'énergie, l'élaboration du plan de communication du PNME ou encore la définition et le montage de projets, y compris des projets relevant des mécanismes de développement propre mis en place par le protocole de Kyoto.

Le premier Programme quinquennal (Projets PNME 2006-2010) de maîtrise de l'énergie consacre une part importante à l'efficacité énergétique dans le bâtiment. Il s'articule principalement autour de quatre axes³⁵ à savoir :

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

I.3.4 Politique d'amélioration énergétique en Algérie :

Conscient des dangers liés au réchauffement climatique, le gouvernement algérien a choisi d'intégrer dans sa politique nationale le principe d'une utilisation rationnelle de l'énergie. Tout un dispositif législatif, réglementaire et institutionnel a été adopté au cours de ces dernières années consacrant de manière irréversible les options de l'Algérie en matière de protection de l'environnement à travers une large utilisation des énergies propres et du développement

³⁵ *Aprue, op.cit., p23*

durable. Cette démarche s'est privilégiée par une orientation des efforts de valorisation du potentiel énergétique et du développement de la filière électronucléaire.³⁶

I.3.4.1 Outils réglementaires et opérationnels mis en application en Algérie :

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

I.3.4.2 Stratégie nationale d'efficacité énergétique

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

La mise en application de la loi 99.0977 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Celle-ci a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants. Cette réglementation dont la finalité est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment, laisse ainsi de larges possibilités aux concepteurs et aux maîtres d'ouvrage de choisir entre les performances thermiques globales du bâtiment aussi bien dans le choix des matériaux que la conception du cadre bâti.

Pour sa part la loi de 2004 encourage la promotion des énergies nouvelles non polluantes à l'instar de l'énergie solaire qui participe au développement durable tout en préservant la conservation des énergies fossiles. L'objectif de la stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie est d'arriver à atteindre, à l'horizon 2015, une part de 6% dans le bilan électrique national.³⁷

La mise en application de cette réglementation permettra d'après les estimations de spécialistes de réduire les besoins calorifiques de nouveaux logements de l'ordre de 40% pour

³⁶ NAIT Nadia ,op. cit., 7-52

³⁷ « Guide des énergies renouvelables Edition 2007 » page 32. [En ligne] www.cder.dz

les besoins en chauffage et en climatisation. Cependant, sa mise en application effective nécessitera notamment, sa vulgarisation auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs à travers notamment des journées techniques dédiées à cet effet.³⁸

I.3.4.3 L'Algérie et les émissions de CO2 :

Tenant compte de l'engagement de l'Algérie dans la voie de la préservation de l'environnement, la mise en oeuvre du PNME permettra d'éviter l'émission de 470 000 tonnes de CO2 dans l'atmosphère³⁹. Dans cette voie, l'entreprise algérienne prend conscience de plus en plus de la nécessité de créer de la richesse tout en léguant aux générations futures un capital environnemental viable.

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

I.3.5 Les études dans le secteur bâtiment :

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

Le projet a pour objectif de montrer la faisabilité technique et économique d'améliorations énergétiques dans l'habitat. Parmi les mesures d'efficacité énergétiques utilisées dans ce projet pilote⁴⁰, il y a :

- L'Utilisation des matériaux locaux, BTS (Béton de Terre Stabilisé).
- L'Isolation horizontale et verticale.
- Le Double vitrage.

³⁸ Aprue.*op.cit.*, p23

³⁹ Loc.cit

⁴⁰ Aprue « Bulletin trimestriel de l'Agence nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie », la lettre n°17, mars 2010

- Le Traitement des ponts thermiques.
- L'eau chaude solaire.
- Le Plancher solaire direct (PSD) : 8 m² de capteurs solaires plans.
- Le Rafraîchissement par ventilation nocturne.
- L'optimisation de l'éclairage naturel et utilisation d'appareils électriques à basse consommation.

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

Le projet vise aussi à lancer une politique de maîtrise de l'énergie dans le secteur de l'habitat, par une sensibilisation des décideurs algériens et par un renforcement des capacités locales. Par la suite, les pouvoirs publics ont lancé un programme intitulé Eco-Bat ⁴¹. Ce programme vise à apporter le soutien financier et technique nécessaire à la réalisation de logements assurant une optimisation du confort intérieur en réduisant la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation.

Dans ce cadre, il est prévu la réalisation de 600 logements à haute performance énergétique répartis sur l'ensemble des zones climatiques, dans le cadre d'un partenariat entre l'APRUE et onze Offices de gestion et de promotion immobilière (OPGI)⁴² Le choix des wilayas tend à cibler l'ensemble des zones climatiques du pays afin de réaliser des variantes de logements bioclimatiques en fonction des conditions de chaque région. Et cette opération vise à démontrer les possibilités d'intégration de l'efficacité énergétique dans la construction quelles que soient les conditions climatiques.

⁴¹ Ibid. p 27

⁴² « Bulletin trimestriel de l'Aprue N° 14 » Avril 2009. [En ligne] www.aprue.org.dz

Conclusion :

Ce chapitre montre que le secteur des « bâtiments » fait partie des secteurs représentatifs de la lutte contre le changement climatique. C'est un secteur dans lequel les émissions peuvent être réduites de manière très significative, par une meilleure utilisation de l'énergie, et une amélioration des performances des bâtiments.

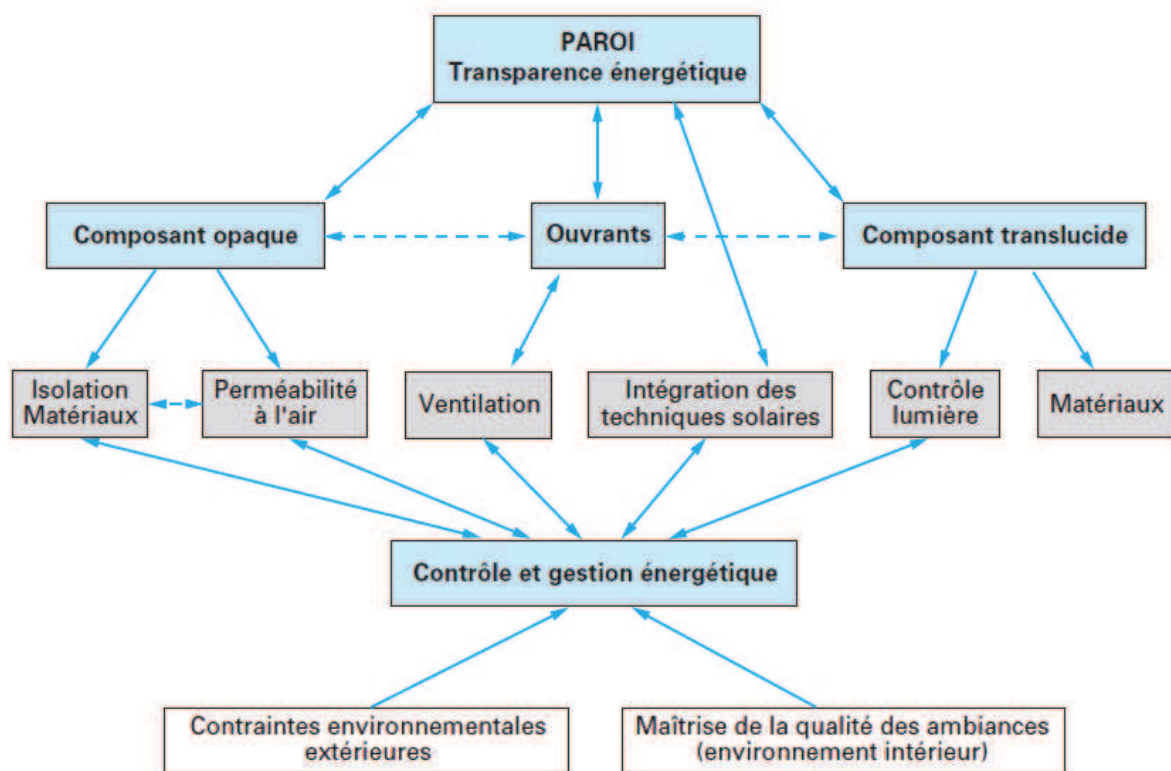
Il montre également que l'Algérie doit faire face à plusieurs défis dans le futur. Elle doit surtout prendre conscience de ses possibilités d'économies d'énergie. Et pour cela, elle doit établir une véritable politique énergétique en s'appuyant sur un modèle permettant un usage rationnel du potentiel énergétique avant la date fatidique de l'épuisement de ses ressources fossiles.

Chapitre II :
Performance énergétique de l'enveloppe du
bâtiment

Introduction :

L'enveloppe d'un bâtiment correspond à l'interface entre un espace qui doit satisfaire aux besoins de confort et de protection de ses occupants, et un environnement qui présente de l'inconfort et des risques. Elle est de ce fait, soumise à de multiples actions et la pérennité de ses performances doit être assurée.

Placée dans le contexte général de la maîtrise de la demande énergétique et de la réduction des gaz à effet de serre, l'approche de la performance énergétique de l'enveloppe, est considérée comme un composant thermique, et demande une analyse multicritère des composants et des fonctions à assurer (**Figure II-1**).



FigureII- 1. Composants et fonctions de l'enveloppe du point de vue de la performance Energétique (source. Gérard GUARRACINO, 2004)

Ainsi les éléments de construction ont un comportement plus ou moins actif, suivant leur capacité à transmettre la chaleur, la lumière, le bruit et l'air,

Il est donc possible de concevoir une relation entre ces éléments constructifs et les fonctions énergétiques à assurer.

Il est également nécessaire d'avoir une approche différentielle entre la partie opaque, les ouvrants et la partie translucide de la paroi.

Par ailleurs, de nouvelles technologies sont intégrées dans la conception des composants pouvant répondre à plusieurs fonctions mais demandant des techniques de gestion différentes. Il faut enfin souligner les contraintes environnementales spécifiques à l'environnement Urbain.

L'étude de la paroi, milieu incontournable de transferts de chaleur et de masse et point sensible dans l'acte de conception d'un bâtiment, demande en particulier une approche d'assemblage avec la maîtrise des ambiances intérieures en conditions estivales et hivernales. L'impact de la perméabilité à l'air de l'enveloppe et l'optimisation de matériaux isolants constituent des problématiques importantes, qu'il faut associer aux aspects sanitaires de la qualité de l'air et au confort thermique en période estivale.

L'objectif de ce chapitre est de proposer une approche globale de L'enveloppe déclinée sous forme d'indicateurs de performance.

I.1 Enveloppe et conception du bâtiment

Afin de créer le climat adapté à l'utilisation d'un bâtiment, le concepteur peut agir sur le système enveloppe et les différents systèmes de conditionnement d'air assurant le chauffage, le refroidissement, la ventilation et la régulation.

❖ **L'évaluation de la performance** est ainsi fonction des **critères économique, réglementaire et du niveau technique** de l'objectif fixé.

Les critères d'évaluation portent en particulier sur la maîtrise des paramètres agissant sur la qualité des ambiances intérieures et la consommation énergétique ¹

- **Qualité des ambiances intérieures :**
 - confort thermique en conditions hivernales et estivales ;
 - conception de l'enveloppe ;
 - dimensionnement des systèmes techniques ;
 - valeurs seuils réglementaires, interfaces avec les fonctions acoustiques, hygrothermique et lumineuse.
- **Consommation d'énergie :**
 - évaluation de la consommation en considérant les différents types d'usages énergétiques ;
 - contraintes sur le choix des sources d'énergie.

¹ Gérard GUARRACINO, Performance énergétique de l'enveloppe d'un bâtiment et réglementation, DOSSIER Techniques de l'Ingénieur, 2004. p 2-3.

Ainsi les variables associées au calcul des déperditions énergétiques d’un bâtiment, démarche importante pour l’évaluation de la performance d’une enveloppe, sont précisées dans le **tableau II- 1**.

Tableau II-1 – Variables associées au calcul des déperditions énergétiques d’un bâtiment
(source Gérard GUARRACINO,2004)

| Éléments de conception | Conditions climatiques d’hiver | Conditions climatiques d’été |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Objectifs | Niveau d’isolation des parois opaques et vitrées. Qualité des ambiances thermo-aérauliques. Consommation énergétique. | Puissance du système de climatisation. _ Température intérieure en fonction du temps pour les techniques passives de rafraîchissement. |
| Variables de conception | Implantation. Type d’énergie. Surfaces opaques. Surfaces vitrées. Volumes. Types de locaux. | Implantation. Type d’énergie. Surfaces opaques. Surfaces vitrées. Volumes. Types de locaux. |
| Variables estimées | Type d’isolation : extérieure, intérieure, répartie. Ventilation. Répartition des ponts thermiques. | Type d’isolation : extérieure, intérieure, répartie. Ventilation. Répartition des ponts thermiques. |
| Paramètres | Température extérieure de base. Seuils réglementaires. Température intérieure. Taux de renouvellement d’air. | Journées types, température et ensoleillement en fonction du temps. Température intérieure. |

La conception énergétique d'un bâtiment doit concourir à optimiser la récupération des apports passifs grâce aux divers dispositifs architecturaux, exposition et surfaces des éléments capteurs, à l'organisation spatiale, aux structures et aux protections solaires.

❖ En relation avec la conception de l'enveloppe, l'organigramme du calcul des **besoins énergétiques** d'un bâtiment est décrit sous forme simplifiée en **figure II-2**.

L'enveloppe doit contribuer à la **réduction des déperditions énergétiques**

Les règles de conception sont élaborées pour la recherche du compromis à établir entre les gains et les déperditions énergétiques d'un bâtiment pour obtenir une qualité des ambiances intérieures et une réduction de la facture énergétique donc des charges de fonctionnement d'un bâtiment.

Il en est de même de la prise en considération des **contraintes environnementales** dans l'acte de construire.

Dans le cadre d'une démarche empirique, les constructions traditionnelles résultent de l'adéquation entre les choix constructifs et les divers aspects socio-économique, climatique et technique. Cela constitue les fondements de l'architecture vernaculaire et la notion de « construire avec le climat », ou architecture bioclimatique.. Elle est articulée sur les points suivants :

- implantation du bâtiment, exposition, orientations, masques ;
- formes du bâtiment : enveloppe, ouvertures, inertie ;
- techniques d'économie d'énergie : isolation, régulation, ventilation;
- technologie solaire : chauffage solaire, eau chaude solaire, climatisation solaire².

² Gérard GUARRACINO.op.cit.,p3

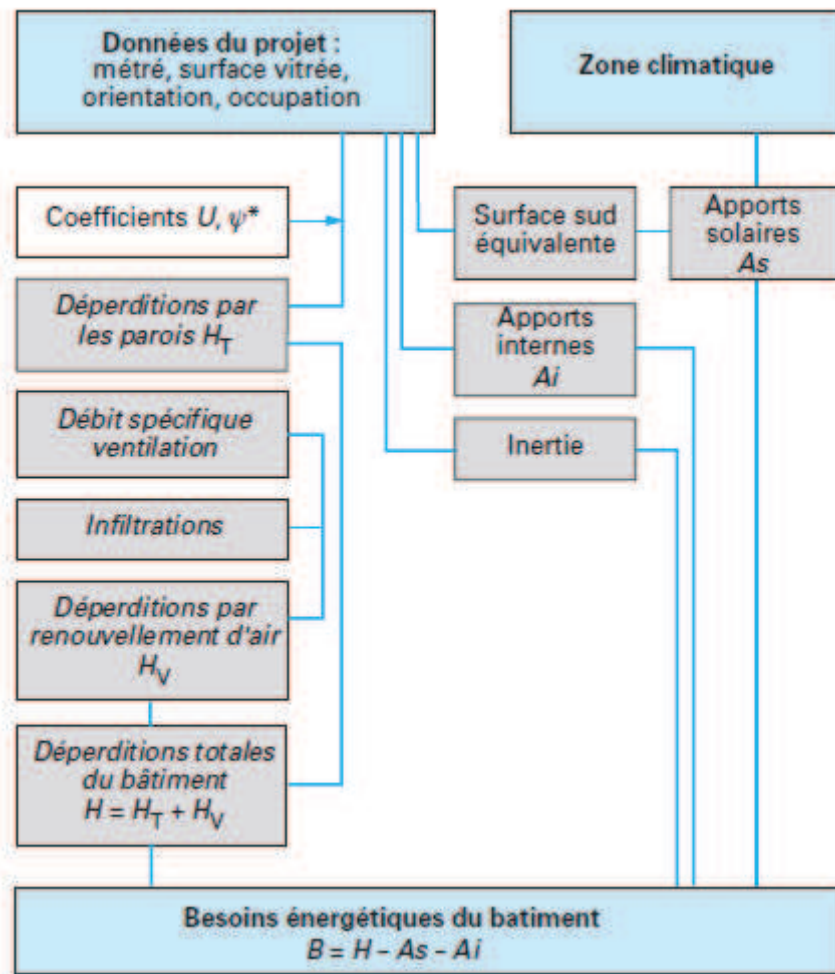


Figure II-2. Calcul des besoins énergétiques d'un bâtiment (source Gérard GUARRACINO,2004)

❖ À partir de 1995, un programme fédérateur prévisionnel, portant sur l'**optimisation des bâtiments**, a permis l'approche multicritère de la qualité environnementale avec la recherche de l'optimisation de la performance énergétique en point majeur.

La démarche globale de définition et de réalisation de projet visant à minimiser l'impact d'un bâtiment sur son environnement intérieur et extérieur, proche ou global, durant l'ensemble de son cycle de vie, est à l'origine de la notion de **bâtiment à haute qualité environnementale**.

Les enjeux sont multiples :

- environnementaux ;
- qualité de vie ;
- gestion du patrimoine ;
- pédagogiques ;
- économiques et sociaux.

À partir des enjeux, un certain nombre de cibles a été identifié.

Les cibles sont réparties en deux domaines fonctionnels concernant l'environnement et la qualité de vie et en quatre sous-domaines:

• **Préservation de l'environnement :**

— *éco construction* : relation entre le bâtiment et l'environnement, intégration des procédés et des produits de la construction, chantier à faible nuisance ;

— *éco gestion* : gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets d'activité, de l'entretien et de la maintenance.

• **Assurance de la qualité de vie :**

— *santé* : conditions sanitaires des espaces, qualité de l'air, qualité de l'eau ;

— *confort* : hygrothermique, acoustique, visuel, olfactif.

Ces notions permettent de souligner en conclusion, la nécessité d'assurer une programmation technique et fonctionnelle et l'objectif d'un projet de bâtiment³.

I.2 Enveloppe et modélisation physique des phénomènes de transferts thermiques

La modélisation d'un bâtiment **dans sa globalité** est en général constituée d'un réseau complexe de résistances et de capacités thermiques entre les différentes zones internes du bâtiment et entre ces zones et l'environnement proche du bâtiment, le milieu urbain en particulier.

Plusieurs articles précisent les lois fondamentales utilisées en génie climatique appliqué au bâtiment⁴ le comportement thermique et dynamique des parois planes⁵. l'isolation thermique à température ambiante⁶, le transfert de chaleur⁷ ainsi qu'un logiciel pour le calcul du coefficient de transmission thermique d'une paroi de bâtiment⁸.

Le lecteur pourra se reporter à ces articles.

³ Gérard GUARRACINO.op.cit.,p3-4.

⁴ DEPECKER (P.) et INARD (C.). – *Lois fondamentales en génie climatique*. B 9 055 (1996).dans Gérard GUARRACINO.op.cit.,

⁵ LEFEBVRE (G.). – *Comportement thermique dynamique des parois planes*. B 2 040 (1994). Dans Gérard GUARRACINO.op.cit.,

⁶ LANGLAIS (C.) et KLARSFELD (S.). – *Isolation thermique à température ambiante*. BE 9 860, BE 9 861, BE 9 862 (2004). dans Gérard GUARRACINO.op.cit.,

⁷ BORIES (S.) et PRAT (M.). – *Transferts de chaleur dans les milieux poreux*. B 8 250 (1995). dans Gérard GUARRACINO.op.cit.,

⁸ DEDIANOUS (Ph.). – *Progiciel PAROI pour le bâtiment. Calcul des performances thermiques*. BE 9 863 (1998). dans Gérard GUARRACINO.op.cit.,

Il faut rappeler simplement que les processus physiques à l'origine de déperditions thermiques au niveau de l'enveloppe et pris en compte dans les indicateurs de performances énergétiques des bâtiments sont les suivants :

- **Conduction** : processus par lequel une variation de flux de chaleur à une extrémité d'un solide se propage à une autre extrémité, diminuée par le stockage thermique à l'intérieur du solide .
- **Convection** : processus par lequel un flux de chaleur émanant de la surface d'un solide est transmis à une couche de fluide adjacente.
- **Rayonnement grande longueur d'onde** : processus par lequel une quantité de chaleur est échangée sans contact entre deux surfaces de solides à des températures différentes et pour des longueurs d'onde correspondant au domaine infrarouge du spectre de rayonnement thermique, soit à des températures proches des températures moyennes rencontrées dans les bâtiments.
- **Rayonnement courte longueur d'onde** : ce rayonnement provient essentiellement du soleil, soit directement, soit indirectement lorsqu'il est diffusé par l'atmosphère ou réfléchi par les surfaces proches d'un bâtiment. Il correspond aux domaines de l'ultraviolet et du visible du spectre de rayonnement thermique.
- **Gains internes** : ces quantités de chaleur correspondent aux émissions de chaleur liées à l'occupation des locaux et aux divers équipements d'éclairage et équipements techniques.

À ces différents flux, il faut associer les transferts de fluides et de vapeur par infiltration entre les différentes zones intérieures.

❖ Concernant l'**enveloppe**, les transferts thermiques sont présents dans le sens de l'épaisseur des parois.

Les échanges thermiques localisés sont à l'origine de dysfonctionnements du bâti, principalement au niveau du raccordement de parois et des liaisons avec le sol. Ces singularités ou **ponts thermiques** représentent une part importante des déperditions énergétiques d'un bâtiment, des valeurs pouvant atteindre 20 à 30 %.

La paroi d'un bâtiment est donc le siège de transferts thermiques et le bilan fait apparaître les différents flux conductif, convectif, par rayonnements GLO et CLO en provenance des environnements intérieur et extérieur.

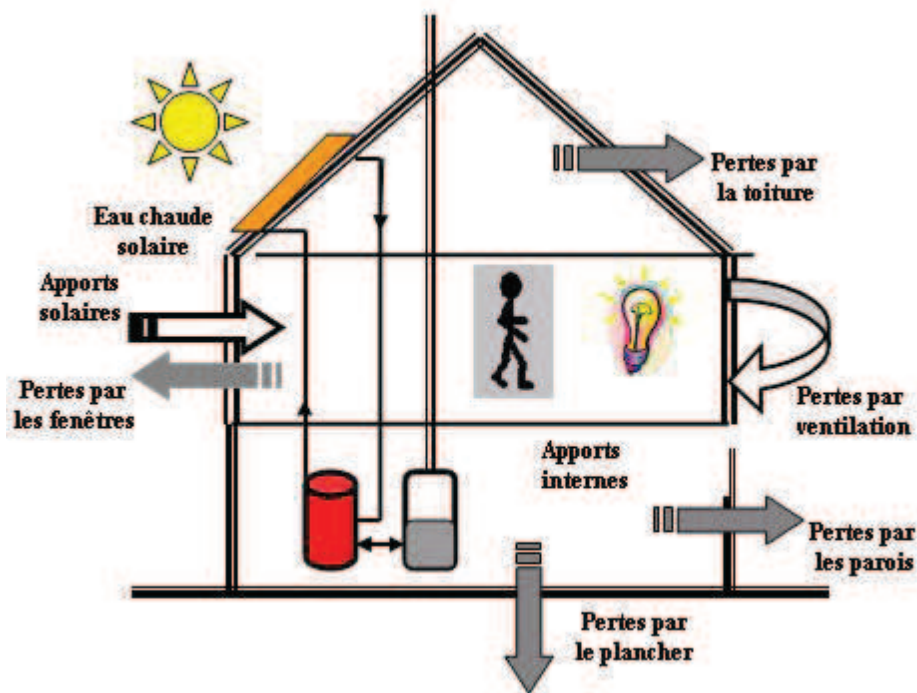
I.3 Bilan énergétique du bâtiment

I.3.1 Paramètres énergétiques

L'énergie finale (électrique E_e et thermique 'calorifique' E_w), consommée par un bâtiment à usage d'habitation (**FigureII- 3**), permet de compenser l'ensemble des diverses pertes thermiques par les parois, par ventilation et aussi celles des diverses installations de transformation d'énergie.

Les méthodes appliquées pour le calcul des différentes composantes du bilan énergétique sont établies différemment, en fonction des conditions climatiques, par zone, pour chaque pays ⁹.

Ces méthodes sont actualisées périodiquement, pour mieux les adapter aux exigences des normes établies d'une part et à l'utilisation des équipements à faible consommation d'énergie, d'autre part.



FigureII- 4. Pertes et apports énergétiques dans un bâtiment à usage d'habitation
(source M. Annabi et al, 2006)

⁹ C. Hamouda et A. Malek, Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 9 N°3 (2006) 211 – 228

L'énergie finale, pour le chauffage du local, est donnée par l'expression:

$$E_w = Q_w + Q_v \quad (1)$$

Q_w : Besoins en chaleur

Q_v : Somme des pertes en chaleur

$$Q_w = Q_h + Q_{ww} \quad (2)$$

Q_h : Besoins pour le chauffage

Q_{ww} : Besoins pour l'eau chaude

$$Q_h = Q_t + Q_1 - Q_g \quad (3)$$

Q_t : Besoins en chaleur par transmission

Q_1 : Besoins en chaleur par ventilation

Q_g : Apports en chaleur

$$Q_g = f_g \times Q_f \quad (4)$$

Q_f : Chaleur interne et externe

f_g : Taux d'utilisation de la chaleur.¹⁰

I.3.2 Pertes par transmission des parois et renouvellement d'air par ventilation

Les pertes par transmission des parois ou de l'enveloppe du bâtiment et par renouvellement d'air sont très importantes. Elles sont à leur maximum durant la période hivernale. Celles-ci dépendent de la différence de température entre la température intérieure et la température extérieure, et la réduction des pertes est influencée fortement par la qualité des matériaux isolants utilisés. Ces pertes sont compensées par les apports suivants:

- apports par chauffage auxiliaire avec ou sans appoint solaire,
- apports par énergie solaire,
- apports internes par les personnes et les équipements électriques.

Les pertes par les différentes parois et celles dues au renouvellement d'air sont données par les relations suivantes:

$$Q_t = Q_t \text{ Toit} + Q_t \text{ Parois} + Q_t \text{ Fenêtres} + Q_t \text{ Plancher} \quad (5)$$

$$Q_{t i} = A_i \times k_i \times HGT \times 24 \times (1/1000) \quad (6)$$

$Q_{t i}$: Pertes par élément 'toiture, paroi, fenêtre, plancher' (kWh)

A_i : Surface de l'élément (m²)

k_i : Facteur k de l'élément (W/m²K)

HGT : Taux de chauffage (K x jour/an)

$$Q_l = n \times V \times C_p \times \rho_l \times HGT \times 24 \times (1/3600) \quad (7)$$

¹⁰ Loc.cit.

Les apports internes et externes sont donnés par la relation ci-après:

$$Q_f = Q_s + Q_p + Q_e \quad (8)$$

Q_s : Apports par énergie solaire

Q_p : Apports par les occupants

Q_e : Apports par les équipements électriques.

Q_e : Apports par les équipements électriques¹¹.

I.3.3 Apports par énergie solaire

Les apports solaires les plus importants de l'année (mai-septembre) ne sont pas en phase avec les besoins pour le chauffage, période située entre les mois d'octobre et d'avril.

Le dispositif de captage est constitué d'éléments de façades vitrées (orientation sud +/- 30°), qui permettent un captage direct de l'énergie solaire. Durant la période d'été, une protection contre les surchauffes doit être apportée. Ces différents éléments, doivent faire l'objet, durant la phase de l'étude architecturale, d'une attention particulière et d'un choix judicieux des matériaux.

Les apports par énergie solaire par les parois vitrées sont donnés par l'expression suivante:

$$Q_s = \text{GHT} \times f_b \times g \times f_r \times A_f \quad (9)$$

GHT : Rayonnement global par jour de chauffage - f_b : facteur de réduction (ombrage et poussière) - g : Taux global de transmission - f_r : Surface du vitrage (sans cadre)

- A_f : Surface des fenêtres¹².

I.3.4 Apports internes par les occupants et les équipements électriques

La chaleur dégagée par les occupants, habitant le bâtiment, et les différents équipements électriques utilisés par ces derniers pour leurs besoins, constituent les apports internes en chaleur.

Pour les occupants, c'est le niveau d'activité qui modifie le contenu calorifique du corps (convection, radiation, évaporation par respiration et sudation).

Les apports par les occupants sont:

$$Q_p = C_p \times P \times h_p \times HT \pm 1 \ 1000 \quad (10)$$

La chaleur apportée par les équipements électriques est donnée par l'expression suivante:

$$Q_e = E_e \times f_e \times HT \ 365 \pm 1 \ 1000 \quad (11)$$

C_p : Chaleur dégagée par occupant (W/occupant) - P : Nombre d'occupant - h_p : Présence par

¹¹ C. Hamouda et A. Malek.op.cit., p215

¹² C. Hamouda et A. Malek.op.cit., p216

jour (h/jour) - HT : Nombre de jours chauffés (jours/an) - Ee : Consommation d'électricité (kWh/m²an) - fe : Facteur de réduction¹³.

I.3.5 Calcul du coefficient U

Les déperditions thermiques, essentiellement par conduction, à travers les parois de l'enveloppe d'une habitation, constituent les sources les plus importantes de déperditions. Celles-ci sont mesurées à l'aide du coefficient U. Celui-ci dépend de la typologie de la construction, isolée ou rangée en maisons mitoyennes, des matériaux utilisés en maçonnerie et particulièrement du type d'isolant utilisé. Pour l'ensemble de l'édifice, on attribue un coefficient U moyen ¹⁴.

I.3.6 Bilan des émissions de CO2

Les émissions de CO₂, d'une habitation sont considérées comme un indicateur de la qualité de sa conception, aussi bien architecturale que thermique. Comme pour les valeurs limites de la consommation de l'énergie utile, il existe aussi des valeurs limites pour les émissions de CO₂ (Tableau II-2).

Tableau II-2 Valeur limite des émissions de CO₂ (source M. Annabi et al, 2006)

| | Emission spécifique CO₂ (kg CO₂/m²an) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Valeur limite des émissions de CO ₂ , ancienne construction | 40,00 |
| Valeur cible des émissions de CO ₂ , pour maison à faible consommation | 33,00 |

I.4 Influence des caractéristiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique :

I.4.1 Influence de l'orientation du vitrage

Le vitrage joue un rôle important dans le comportement thermique d'un bâtiment, néanmoins son orientation n'est pas à négliger. C'est à travers cette réflexion que l'influence de ce paramètre a été analysée en considérant un local isolé (4 cm de polystyrène) et muni d'une baie vitrée sud ensuite, on remplace cette dernière par un vitrage nord de même type et

¹³ Loc.cit.

¹⁴ C. Hamouda et A. Malek, op.cit., p220.

superficie (4 m²). Le vitrage utilisé est simple de 4 mm d'épaisseur, de coefficient de transmission égal à 5.7 W/m²K et d'un facteur solaire de 0.85¹⁵.

Il a été constaté (**figure II-4 ET figure II-5**) que la diminution des besoins annuels de chauffage lorsqu'on passe d'une orientation nord à une orientation sud, est très sensible. Le besoin est de 66 % environ pour une orientation nord et 34 % pour celle du sud.

Cette constatation s'explique par le fait que la paroi exposée au sud reçoit une quantité maximale d'énergie solaire en hiver¹⁶. Alors que celle du nord ne reçoit pratiquement aucun apport solaire, c'est une paroi froide; donc l'optimisation de l'orientation des baies vitrées conduit à une diminution tangible des besoins de chauffage, mais cela n'empêcherait pas d'ajouter en plus du vitrage sud un vitrage nord avec une surface moins importante et qui contribuerait à l'amélioration de l'éclairage naturel en hiver et la ventilation naturelle en été lorsque les fenêtres sont ouvertes¹⁷.

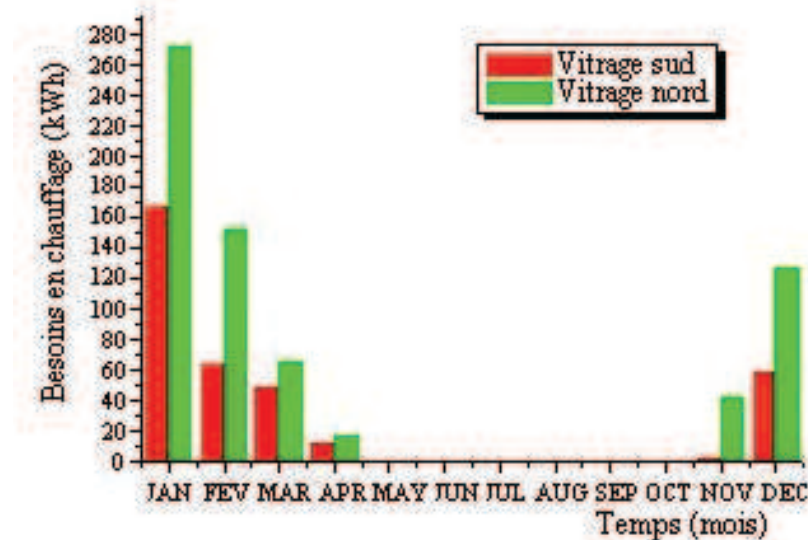


Figure II-5. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins mensuels de chauffage (source M. Annabi et al, 2006)

¹⁵ M. Annabi et al, **Estimation des performances énergétiques du bâtiment dans le contexte maghrébin**, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°2 (2006) 99 – 106*

¹⁶ Sous toutes les latitudes tempérées de l'hémisphère nord (de 32° à 56°), la façade sud d'un bâtiment reçoit en hiver, près de trois fois plus de soleil que les façades est et ouest. Les proportions s'inversent en été, et la façade sud reçoit alors beaucoup moins de soleil que la toiture et les façades orientées à l'est et à l'ouest

¹⁷ M. Annabi et al, op.cit., 99 – 106



Figure II-6. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins annuels de chauffage (source M. Annabi et al, 2006)

Les figures II-6 et II-7 présentent quant à elle la répartition des besoins de rafraîchissement mensuels et annuels respectivement. On constate que l'orientation du vitrage vers le nord est évidemment la plus favorable au confort d'été, car elle ne risque pas d'apporter de surchauffes.

On remarque à partir de la figure II-7, que l'écart n'est pas très considérable, il est de l'ordre de 10 % et cela peut s'expliquer par le fait que l'orientation du vitrage vers le sud en été ne présente pas vraiment un problème, car le soleil est au plus haut de sa trajectoire et on peut s'en protéger facilement par une casquette architecturale ou des masques végétaux.

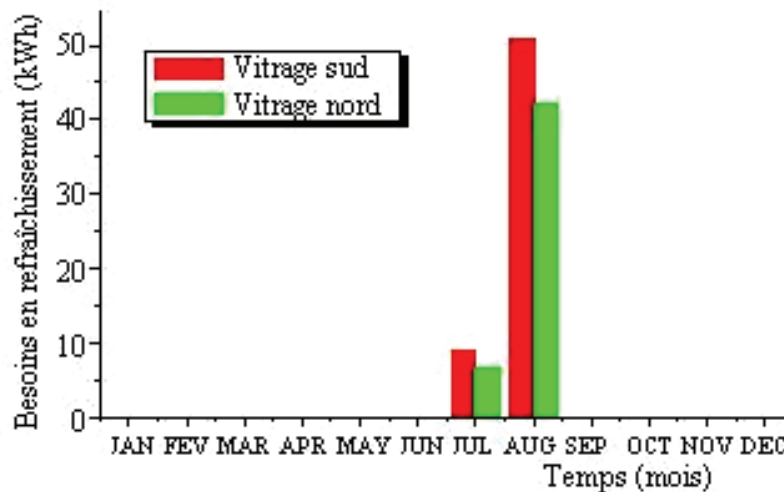


Figure II- 7. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins mensuels de rafraîchissement (source M. Annabi et al, 2006)

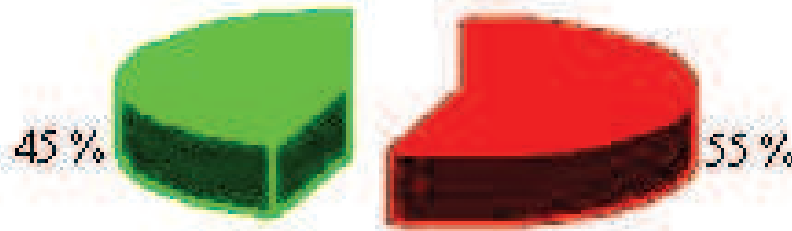


Figure II-7. Influence de l'orientation du vitrage sur les besoins annuels de rafraîchissement .
(source M. Annabi et al, 2006)

I.4.2 Influence de l'isolation

La **figure II-8** présente la répartition des besoins de chauffage tout au long d'une année. Il a été constaté que l'introduction de 2 cm d'isolant (polystyrène, $\lambda = 0.03 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$) entraîne une diminution tangible des besoins de chauffage; par rapport à la variante non-isolée, dont la période de chauffage s'étale sur 8 mois (octobre - mai). et en analysant **la figure II-9**, les besoins annuels sont presque deux fois plus importants par rapport à celle qui est isolée (2 cm) et dont la période de chauffage est plus courte de deux mois (novembre - avril).

Ces raisons découlent de la caractéristique essentielle de toute matière destinée à l'isolation thermique: une bonne résistance au passage de la chaleur, c'est-à-dire une réduction des pertes de chaleur ce qui permet d'effectuer des économies de chauffage en hiver.¹⁸

I.4.3 Influence de l'épaisseur de l'isolant :

L'épaisseur de l'isolant a un rôle non négligeable sur les performances thermiques du local. Pour la même constitution de l'enveloppe du local précédant (**cf. titre II-4-1**) , on a considéré trois valeurs différentes de l'épaisseur de l'isolant.

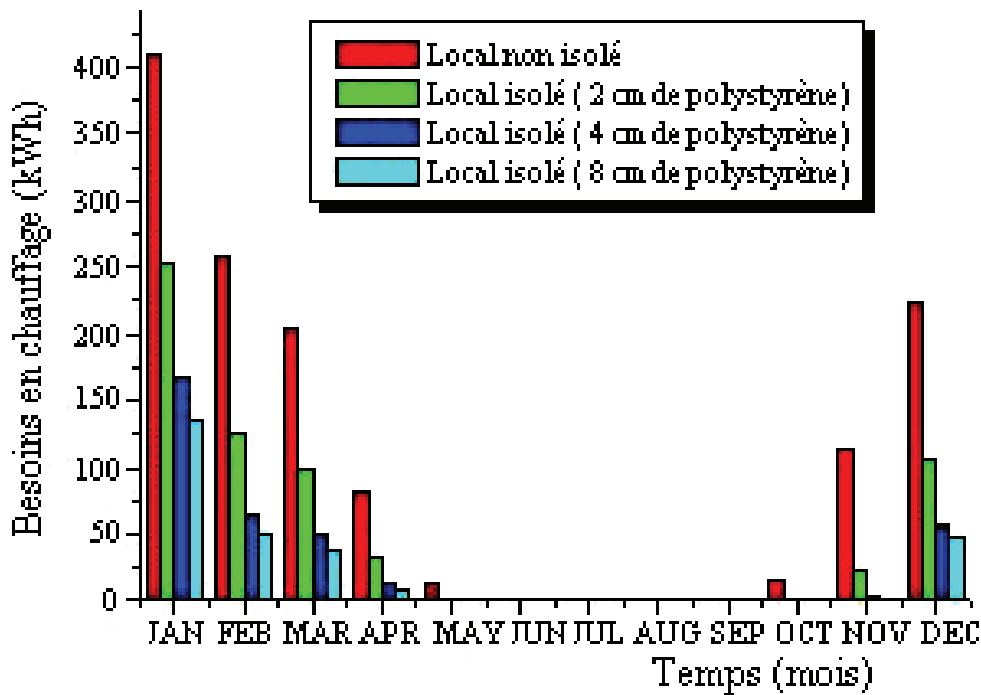
La **figure II-8** montre :

- le raccourcissement de la période de chauffage pour une épaisseur d'isolant égale à 8 cm,
- la période de chauffage pour une épaisseur d'isolant égale à 8 cm s'étale sur 4 mois (Décembre - mars) par rapport aux deux autres épaisseurs (2 et 4 cm) dont la durée de chauffage est allongée de deux mois de plus (novembre - avril).

¹⁸ M. Annabi et al, op.cit., p104.

La figure II-9 montre que l'augmentation de l'épaisseur de l'isolant entraîne une réduction des besoins de chauffage, donc une décroissance des pertes. La diminution des besoins est de l'ordre de 11 % en passant de 2 à 4 cm d'isolant, de 3 % en passant de 4 à 8 cm et de 14 % si on passe de 2 à 8 cm.

On note qu'en arrivant à un certain niveau d'épaisseur, l'écart des besoins est peu considérable.¹⁹



FigureII- 8. Influence de l'isolation sur les besoins mensuels de chauffage .
(source M. Annabi et al, 2006)

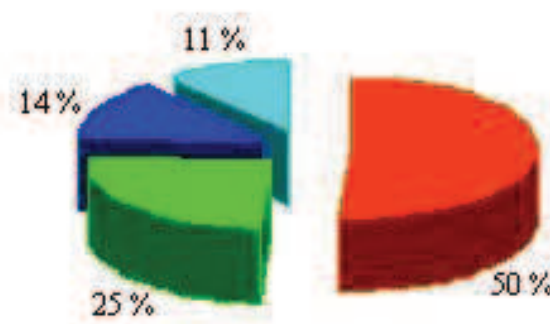


Figure II- 9. Influence de l'isolation sur les besoins annuels de chauffage (source M. Annabi et al, 2006)

¹⁹ Loc.cit.

La **figure II-10** représente, quant à elle, l'influence de l'isolation sur les besoins de rafraîchissement toujours au même site, à la même année et avec les mêmes caractéristiques de l'isolant (**cf. titre II-4-1**) .

On remarque un allongement de la période de climatisation pour la variante non-isolée; elle est de 4 mois (juin - septembre) et de 2 mois pour la variante isolée (juillet - août).

En terme de comparaison des besoins annuels de rafraîchissement, on constate à partir de la **figure II-11** une différence très sensible entre les deux variantes. Les besoins sont 9 fois plus importants pour le local non-isolé.

On en déduit que l'isolation du local a entraîné une réduction des gains de chaleur en été, ce qui réduit incontestablement le coût du refroidissement ²⁰

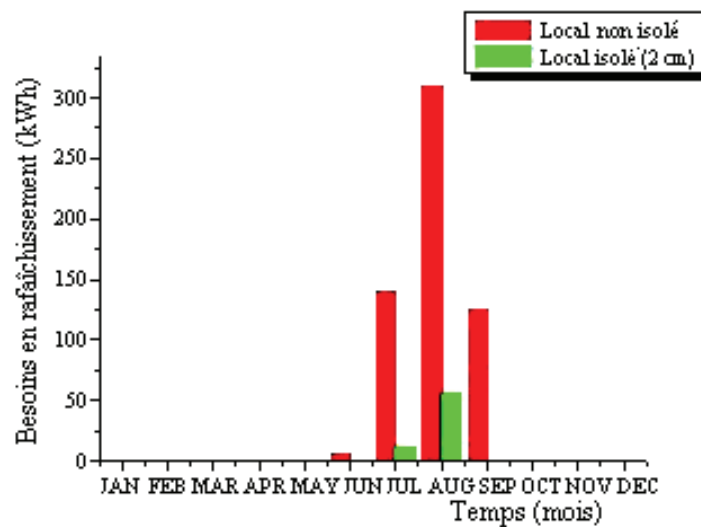


Figure II-10. Influence de l'isolation sur les besoins mensuels de rafraîchissement (source M. Annabi et al, 2006)

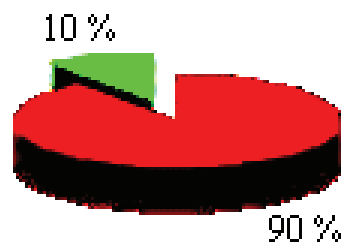


Figure II-11. Influence de l'isolation sur les besoins annuels de rafraîchissement (source M. Annabi et al, 2006)

²⁰ M. Annabi et al, op.cit., p105.

Conclusion :

Pour conclure, les recherches qui se sont intéressées à l'efficacité énergétique du bâtiment, sont citées ci-dessous :

(Mokhtari *et al.*)²¹ ont utilisé le logiciel TRNSYS pour modéliser, en régime dynamique, une cellule située à Béchar. Ils ont montré que le confort thermique peut être atteint par une combinaison de paramètres, tels que l'utilisation des matériaux de bonne résistance thermique comme la brique rouge.

(Medjelekh *et al.*)²² ont évalué l'impact de l'inertie thermique sur la consommation énergétique des bâtiments en réalisant une comparaison entre une maison de l'époque coloniale et une villa contemporaine.

Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région permet d'obtenir un confort hygrothermique et réduit ainsi la consommation d'énergie.

Aussi (Fezzioui *et al.*)²³ ont montré, par la simulation thermique utilisant le logiciel TRNSYS®, l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique en période de surchauffe. Ils ont introduit des éléments d'amélioration de l'habitat étudié, tels que l'augmentation de l'inertie thermique, l'isolation des murs extérieurs et de la toiture.

Et (Mohsen *et al.*)²⁴ ont effectué une recherche sur l'économie d'énergie par l'isolation des bâtiments avec différents matériaux comme le polystyrène, la laine de roche, et par une lame d'air. Ils ont constaté que l'économie d'énergie peut atteindre 77 % en utilisant le polystyrène dans l'isolation des murs et du toit.

²¹ A. Mokhtari, K. Brahim et R. Benziada, 'Architecture et Confort Thermique dans les Zones Arides, Application au Cas de la Ville de Béchar', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°2, pp. 307 – 315, 2008. Dans M. Annabi et al, op.cit 99 - 106

²² D. Medjelakh et S. Abdou, 'Impact de l'Inertie Thermique sur le Confort Hygrothermique et la Consommation Énergétique du Bâtiment', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°3, pp. 329 – 341, 2008. Dans M. Annabi et al, op.cit 99 - 106

²³ N. Fezzioui, B. Draoui, M. Benyamine et S. Larbi, 'Influence des Caractéristiques Dynamiques de l'Enveloppe d'un Bâtiment sur le Confort Thermique au Sud Algérien', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°1, pp. 25 – 34, 2008. Dans M. Annabi et al, op.cit 99 - 106

²⁴ M.S. Mohsen and B.A. Akash, 'Some Prospects of Energy Saving in Building', Energy Conversion and Management, Vol. 42, N°11, pp. 1307 – 1315, 2001. Dans M. Annabi et al, op.cit 99 – 106.

Chapitre III :
Etat de l'art

Introduction :

L'analyse bibliographique recense les différentes méthodologies visant à évaluer la performance énergétique du bâtiment en l'incluant, en incluant ses équipements et le comportement de ses utilisateurs d'une part, et les recherches précédentes qui ont tenté d'identifier les facteurs qui influent sur l'utilisation et la réduction de la consommation d'énergie d'autre part. Ces travaux étaient centrés sur les trois facteurs suivants : **les caractéristiques du bâtiment, les caractéristiques des ménages et le comportement des résidents.**

I.1 Les caractéristiques du bâtiment :

Les facteurs affectant l'utilisation et l'efficacité énergétique ont été focalisés sur les caractéristiques physiques des bâtiments .plusieurs paramètres de construction influent sur la consommation d'énergie, telles que le taux d'urbanisation, l'âge, le type du bâtiment, la conception des logements, l'isolation, la ventilation, les systèmes de chauffage, le type d'énergie et la taille des fenêtres¹.

Sherman et al (1997) ont montré que les différents types de systèmes de ventilation ont des besoins énergétiques différents². W.H. Francis et al (2010) ³cernent les moyens d'économie d'énergie par l'évaluation de la performance de la ventilation naturelle des bâtiments résidentiels. En ce qui concerne le coût et les questions d'économie d'énergie, Bakos (2000)⁴ a étudié diverses approches d'isolation pour un même bâtiment en comparant la performance des isolants. Il a été constaté que la combinaison correcte d'un matériau isolant et la promotion des nouvelles techniques d'isolation thermique conduisent à des économies d'énergie considérables.

Notons que la plupart des recherches récentes ont souligné l'efficacité énergétique des bâtiments de grande hauteur, des immeubles rénovés et des bâtiments respectueux de l'environnement. Wan et al. (2004) a étudié plusieurs éléments dans des immeubles

¹ O.G. Santin, L. Llard, H. Visscher, The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock, *Energy and Buildings* 41 (11) (2009) 1223–1232. Dans M.J. Kim et al, Energy use of households in apartment complexes with different service life, *Energy and Buildings* 66 (2013) 591–598.

² M. Sherman, N. Matson, Residential ventilation and energy characteristics, *ASHRAE Transactions* 103 (1) (1997) 717–730. dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

³ W.H. Francis, Y.Y.F. Lun, Energy saving by utilizing natural ventilation in public housing in hong kong, *Indoor and Built Environment* 19 (1) (2010) 73–87. dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

⁴ G.C. Bakos, Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector, *Energy and Buildings* 31 (3) (2000) 251–259. Dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

résidentiels de grande hauteur tels que les surfaces de plancher des appartements résidentiels , les rapports de la surface des chambres et salles de séjour et salle à manger à la superficie totale de l'appartement , les rapports d'aire de la fenêtre à la surface du mur , les types de fenestration(le nombre et la disposition générale des ouverture sur la façade) , et les dispositifs externes d'ombrage sur les façades des bâtiments résidentiels . Ils ont ensuite tenté d'identifier comment ces éléments influencent l'efficacité énergétique ⁵ . Seo et al (2011) ont montré combien les économies d'énergie ont été améliorées après rénovation des appartements détériorés à l'égard de l'isolation , la ventilation et le rayonnement solaire ⁶ .

L'institut de recherche OTB⁷ a réalisé une enquête auprès des ménages. L'objectif de son enquête était d'obtenir des données détaillées sur le comportement des occupants et de les coupler avec des données sur les caractéristiques de construction.

En effet les deux districts étudiés contenaient le type de logement représentatif aux Pays-Bas: individuel, jumelé , maisonnette et appartement ,et avaient trois types de contrôle de chauffage: les vannes manuelles sur les radiateurs, les thermostats manuels et les thermostats programmables. Il a été constaté d'après l'enquête réalisée auprès d'un total de 6000 ménages, que les thermostats programmables sont liés à la forte consommation d'énergie, car ils sont utilisés pour chauffer un espace qui pourrait être utilisé, alors que les thermostats manuels ne sont utilisés que pour chauffer un espace qui est utilisé. L'installation de thermostats selon le type de ménage pourrait contribuer à réduire l'énergie consommée pour le chauffage de l'espace. Par exemple, vu que le confort de la température a été jugé important pour les personnes âgées, qui passent plus de temps à la maison que les plus jeunes et donc gardent le chauffage pendant plus longtemps, l'utilisation d'un thermostat programmable peut être plus pratique.

Il a été constaté aussi que les thermostats manuels peuvent réduire la consommation d'énergie, car cela signifierait que seules les chambres qui sont en usage seraient chauffées, surtout dans le cas de logement de grande taille, un thermostat manuel dans chaque chambre permettra de

⁵K.S.Y. Wan, F.W.H. Yik, Building design and energy end-use characteristics of high-rise residential buildings in Hong Kong, Applied Energy 78 (1) (2004)19–36.dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

⁶ J.-W. Seo, J.-H. Lim, S.-Y. Song, Case Study of Energy-saving Effect Through Renovation of Old Apartment Building, Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Seoul, 2011, pp. 59–62.dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

⁷ OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies, Delft University of Technology, Netherlands.2011.

chauffer uniquement l'espace nécessaire. Toutefois, les ménages actifs et plus jeunes pourraient être mieux avec les thermostats programmables, car ils pourraient être moins enclins à interagir avec le système⁸

Dans l'article d'O. Guerra Santin (2011), il a été mentionné que les caractéristiques du bâtiment qui ont affecté la consommation d'énergie ont été la taille du logement (qui est liée aux surfaces de transfert de chaleur et à la zone totale chauffée), le niveau d'isolation et la présence d'un thermostat programmable.

la taille du logement et les thermostats programmables influencent le niveau de la consommation d'énergie tandis que, le niveau d'isolation conditionne la réduction de la consommation d'énergie. Les variables utilisées sont les suivantes: la zone chauffée, le nombre de chambres, la présence de grenier, le type de logement et la présence de thermostat programmable.

Il a été aussi souligné que la consommation d'énergie des maisons individuelles peut être estimée à partir des caractéristiques des logements y compris : le type de propriété ; l'efficacité de la source de combustible primaire, l'exigence de chauffage de l'espace du ménage et le nombre de personnes vivant dans la maison⁹.

G.M. Huebner et al(2013) a présenté que les caractéristiques géographiques et constructifs jouent un rôle important dans la détermination du montant de l'énergie consommée .bien qu'à la base l'objectif de son étude ne se portait pas sur les aspects de la construction dans la consommation d'énergie. En effet La consommation d'énergie augmente avec la faible température extérieure et est plus élevée en milieu rural qu'en milieu urbain. La perte de chaleur est plus grande dans les maisons individuelles, suivie par les semi-individuelles,

⁸ O. Guerra Santin , Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating, *Energy and Buildings* 43 (2011) 2662–2672.

⁹ B.R. Anderson, P.F. Chapman, N.G. Cutland, C.M. Dickson, G. Henderson, J.H.Henderson, P.J. Iles, L. Kosmina, L.D. Shorrocks, BREDEM-12: Model Description.2001 Update, BRE, Garston, Watford, 2002.dans T. Craig et al ,The North East Scotland Energy Monitoring Project: Exploringrelationships between household occupants and energy usage, *Energy and Buildings* 75 (2014) 493–503.

maisons mitoyennes, pavillons, appartements. le chauffage central au gaz est généralement le type le plus efficace du système de chauffage ¹⁰

I.2 Les caractéristiques des ménages :

Les caractéristiques des ménages sont déterminantes dans la consommation d'énergie. Cependant, peu de travaux ont été réalisés sur l'impact des caractéristiques des ménages sur la consommation d'énergie. plusieurs recherches font valoir que l'âge, la taille de la famille, le revenu et la propriété sont des caractéristiques importantes qui déterminent l'utilisation de l'énergie dans la maison¹¹

Lenzen et al (2006) ont évalué l'importance de diverses caractéristiques socio-économiques- et démographiques des ménages en besoins énergétiques. Il a été constaté qu'il n'y avait pas de relation de cross-country uniforme entre les besoins énergétiques et les dépenses des ménages. Ce résultat confirme les résultats antérieurs que les caractéristiques de la consommation d'énergie sont propres à chaque pays, et sont déterminées par diverses fonctionnalités telles que la dotation en ressources, les événements historiques, les normes socio-culturelles, ainsi que les mesures politiques de l'énergie et de l'environnement ¹².

D'autres études précédentes avaient également présenté les caractéristiques des ménages qui influencent la consommation d'énergie, par exemple, l'information recueillie à l'enquête réalisé par l'institut de recherche OTB était liée aux variables sociodémographiques et au mode de vie: la taille du ménage, la présence d'enfants et des personnes âgées, la présence à la maison, l'éducation et le revenu.

La classification pour le revenu et l'éducation était basée sur le fait que dans les études antérieures, l'enseignement supérieur a été liée à la réduction de consommation d'énergie ¹³ et un revenu supérieur à plus de consommation d'énergie¹⁴. L'âge était établi du fait que la

¹⁰ L.D Shorrocks, J.I. Utley, Domestic Energy Fact File 2008, Building Research Establishment, Watford, 2008. Dans G.M. Huebner et al, Domestic energy consumption—What role do comfort, habit, and knowledge about the heating system play?, Energy and Buildings 66 (2013) 626–636.

¹¹ O. Guerra Santin, op.cit., 2662–267

¹² M. Lenzen, M. Wier, C. Cohen, H. Hayami, S. Pachauri, R. Schaeffer, A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan, Energy 31 (2/3) (2006) 181–207. dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

¹³ O. Guerra Santin, L. Itard, Occupant behaviour: determinants and effects on residential heating consumption, Building Research & Information 38 (2010) 318–338. dans .id Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating Energy and Buildings 43 (2011) 2662–2672

¹⁴ O. Guerra Santin, L. Itard, H. Visscher, The effect of occupancy and building characteristics on energy consumption for space and water heating in Dutch residential stock, Energy and Buildings 41 (2009) 1223–1232. dans O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672

présence d'enfants et de personnes âgées est liée à une utilisation différente des dispositions de la maison (systèmes de ventilation et de chauffage) ¹⁵

I.2.1 Revenu :

Vringer (2005) a étudié l'influence des revenus de ménage, l'âge des résidents et la taille de la famille, fondée sur les dépenses et la consommation d'énergie de 2800 ménages. Il a conclu que le revenu du ménage est un facteur important dans la détermination de la consommation d'énergie parce que l'utilisation de l'énergie accroît avec la croissance du revenu¹⁶. Dillman et al (1983) ont enquêté sur les mesures d'économie d'énergie visant des ménages aux Etats-Unis. Ils ont découvert que le revenu avait un effet différencié sur les économies d'énergie. Il semble que les réductions de style de vie ont été quelque peu liées à la mise temporaire d'ajustements à la maison pour économiser de l'énergie, mais ne sont pas liées à la prise d'actions permanentes de conservation de l'énergie. Autrement dit, les pauvres acceptent des réductions de mode de vie tandis que les riches investissent dans les travaux de conservation de l'énergie ¹⁷

De même, une étude par Druckman et Jackson a utilisé des données provenant d'un échantillon d'environ 7000 ménages enquêtés sur les relations entre variables socio-démographiques et la consommation d'énergie. Ils ont également constaté que la consommation d'énergie est liée positivement au revenu et la taille du ménage ¹⁸ de plus la recherche de T. Craig et al(2014) suggère que les ménages nombreux et ceux avec un revenu élevé sont susceptibles d'utiliser plus d'énergie.

L'évidence est qu'il y'a certaines maisons qui consomment très peu d'énergie et certaines qui consomment beaucoup. Des recherches antérieures ont démontré que le revenu et, en particulier, la taille de la maison, explique un montant important de la variation de la consommation d'électricité des ménages ¹⁹. Cela est particulièrement vrai parce que lorsque

¹⁵ O. Guerra Santin, L. Itard, Occupant behaviour: determinants and effects on residential heating consumption, *Building Research & Information* 38 (2010) 318–338.dans .id Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating *Energy and Buildings* 43 (2011) 2662–2672

¹⁶ C.R. Vringer, Analysis of the Energy Requirement for Household Consumption, University of Utrecht, Bilthoven, 2005, Thesis.dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

¹⁷ D.A. Dillman, E.A. Rosa, J.J. Dillman, Lifestyle and home energy conservation in the United States: the poor accept lifestyle cutbacks while the wealthy invest in conservation, *Journal of Economic Psychology* 3 (3/4) (1983)299–315.dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

¹⁸ A. Druckman, T. Jackson, Household energy consumption in the UK: a highly geographically and socio-economically disaggregated model, *Energy Policy* 36(8) (2008) 3177–3192.dans T. Craig et al, op.cit., 493–503

¹⁹ I. Vassileva, M. Odlare, F. Wallin, E. Dahlquist, The impact of consumers' feedback preferences on domestic electricity consumption, *Applied Energy* 93(2012) 575–582.dans T. Craig et al, op.cit., 493–503.

l'on compare des petits logements (par exemple, petits appartements) et des logements de taille moyenne (par exemple, les maisons individuelles), illustrant les différences démographiques entre les profils des habitants de ces deux types de maisons, on perçoit l'écart dans la consommation .

D'après la revue de littérature, on constate que parmi les variables sociodémographiques des ménages. Le revenu des ménages semble jouer le plus grand rôle dans la consommation d'énergie.

D'un point de vue économique, le revenu exerce une grande influence sur le taux d'accommodement utilisé par le ménage lors de l'achat du matériel, comme le montre le travail de pionnier de Hausman (1979) sur le refroidisseur d'air ou par Goett et McFadden (1982) sur le système de chauffage de l'espace ²⁰ . D'autre part, il influence également le niveau de consommation d'énergie via le paramètre de l'élasticité-revenu : plus le revenu est élevé, plus la consommation d'énergie augmente. En fait, le revenu aussi joue un rôle dans le type de stratégie de réduction de consommation adoptée par les ménages. Les ménages les plus aisés ont tendance à investir dans des équipements efficaces, tandis que les ménages les moins aisés ont tendance à réduire leur consommation d'énergie quotidienne ²¹ .

D'un point de vue sociologique, une combinaison de caractéristiques socio-démographiques, comme l'âge, le type de famille, zone urbaine / rurale ou le revenu des ménages constituent « les classes sociales ». Ces classes sociales définissent les façons dont les gens vivent, qui dirigent par la suite les pratiques qui influent sur la consommation d'énergie. Cependant, parmi ces variables, le plus important est encore une fois le revenu, ou plutôt la classe de revenu, car il reste l'élément constituant majeur de la classe sociale ²² .

Il est bien établi que les caractéristiques des occupants qui se rapportent à la consommation d'énergie incluent l'âge des occupants, le revenu, la taille du ménage et les niveaux d'éducation. Parmi ces caractéristiques démographiques et socio-économiques, les liens entre le revenu du ménage et la consommation de l'énergie ont été trouvés dans de nombreuses études. Ils ont montré que le revenu du ménage était un déterminant important de

²⁰ J.-M. Cayla et al, The role of income in energy consumption behaviour: Evidence from French households data , Energy Policy 39 (2011) 7874–7883.

²¹ Bartiaux, F. , Vekemans, G. , Gram-Hanssen D. et al., 2006, Sociotechnical factors influencing residential energy consumption. SPSDII, SEREC.dans J.-M. Cayla, op.cit., 7874–7883

²² Bigot, R. 2007 Une comparaison des hauts-revenus, des bas-revenus et des classes moyennes. Cahier de Recherches no 238 CREDOC. dans J.-M. Cayla, op.cit., 7874–7883

la taille, l'âge, le type, la qualité de l'enveloppe du logement et le type de l'équipement, ce qui influence indirectement la consommation d'énergie²³.

I.2.2 Age :

J. Chen et al(2013) ont exploré l'impact des occupants sur la consommation d'énergie résidentielle en Chine. En effet ces dernières décennies ont vu des améliorations significatives de l'efficacité énergétique de la construction par le biais de l'introduction de nouvelles règles de construction et de la construction de bâtiments basse consommation. Cependant, la réduction de l'énergie prévue n'a pas été observée, en grande partie en raison de la nature compliquée et difficile à prévoir le comportement des occupants .Ils ont mené des enquêtes liées à l'utilisation de l'énergie dans la ville de Hangzhou en hiver et en été. Leurs résultats montrent que l'âge des occupants est un facteur plus important que le revenu. Contrairement à d'autre recherche existante, ou l'âge a été trouvé étroitement lié au comportement de confort thermique, et influe sur la consommation d'énergie de chauffage, indiquant une relation positive entre l'âge des occupants et la consommation d'énergie pour le chauffage. C'est-à-dire, que les ménages les plus âgés ont tendance à consommer plus d'énergie pour le chauffage de l'espace que les jeunes ménages, et que les occupants âgés préfèrent un environnement intérieur plus chaud et utilisent le chauffage pendant de longues heures ²⁴ .

Une corrélation négative entre l'âge des occupants et la consommation de l'énergie a été trouvée donc dans l'étude de J. Chen et al(2013). Ou les résidents âgés présentent un comportement plus économe que les plus jeunes (en hiver les occupants âgés portent plus de vêtements que les jeunes occupants, en été malgré qu'ils restent à la maison pendant de longues heures pendant la journée, ils utilisent les climatiseurs pour moins d'heures par jour que les participants plus jeunes). En outre, leur étude a révélé que les variables socio-économiques et le comportement des ménages sont en mesure d'expliquer 28,8 % de la variation dans le chauffage et le refroidissement de la consommation d'énergie.

²³ M. Santamouris, K. Kapsis, D. Korres, I. Livada, C. Pavlou, M.N. Assimakopoulos, On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector, *Energy and Buildings* 39 (2007) 893–905. Dans J. Chen et al, A statistical analysis of a residential energy consumption survey study in Hangzhou, China *Energy and Buildings* 66 (2013) 193–202.

²⁴ H. Liao, T. Chang, Space-heating and water-heating energy demand of the aged in the U.S., *Energy Economics* 24 (2002) 267–284. Dans J. Chen et al, op.cit., 193–202.

Par surcroît, un revenu élevé a été montré pour être lié à une consommation d'énergie plus élevée, comme pour une grande taille de ménage, et l'âge a été trouvé être négativement liée à la consommation d'énergie.²⁵

Alors que Abrahamse et Steg (2009) n'ont trouvé aucune relation importante entre l'âge ou le sexe et la consommation d'énergie. Bien que les variables démographiques de revenu et la taille du ménage étaient liés à la consommation d'énergie, ils n'ont montré aucune relation aux économies d'énergie²⁶.

I.2.3 Taille du ménage :

T. Craig et al (2014) avaient rappelé que la consommation directe des ménages concerne les domaines fonctionnels : le chauffage des locaux, le chauffage de l'eau, l'éclairage, et l'utilisation des appareils ménagers (appareils du froid, appareils de cuisson, équipement domestique de l'informatique, de l'électronique et les appareils humides).

Pendant que la source de chauffage des ménages est un facteur important dans l'évaluation de la consommation totale d'énergie (et des émissions associées), il est important de considérer l'influence complexe des variables socio-démographiques des ménages sur la consommation d'énergie. Ce sujet a reçu une attention dans la littérature. Abrahamse et Steg ont utilisé les données d'un échantillon de 189 ménages néerlandais pour tester les relations entre les variables socio-démographiques et l'utilisation estimée de l'énergie domestique. Ils ont constaté que les familles nombreuses et les personnes à revenu élevé ont tendance à déclarer consommer plus d'énergie²⁷

²⁵ A. Druckman et al, op.cit.,3177–3192 dans G.M. Huebner et al , op.cit., 626–636

²⁶ W. Abrahamse, L. Steg, C. Vlek, T. Rothengatter, A review of intervention studies aimed at household energy conservation, *Journal of Environmental Psychology* 25 (3) (2005) 273–291. Dans G.M. Huebner et al , op.cit., 626–636

²⁷ W. Abrahamse, L. Steg, How do socio-demographic and psychological factors relate to households' direct and indirect energy use and savings? *Journal of Economic Psychology* 30 (2009) 711–720. dans T. Craig et al, op .cit., 493–503.

I.2.4 Type de propriété :

Par ailleurs, Leth - Petersen et Togeby (2011) ont identifié la tendance générale de propriétaire-occupant dans la consommation. Selon eux, plus d'énergie est utilisée dans les logements loués par rapport à ceux dont les occupants sont leurs propriétaires.²⁸

I.2.5 Propriété des équipements :

Dans autre étude réalisée aux États-Unis, Yun et Steemers(2009)²⁹ ont montré que le revenu explique 15 % de la variation dans le nombre de chambres climatisées et 20 % de la variation dans la surface de plancher des ménages.

La superficie est également un paramètre important, représentant 44 % de variation de la propriété de climatiseur et 14 % de la variation dans le nombre de chambres dans un ménage. En outre, le nombre de chambres a également une corrélation avec la propriété de climatiseur

I.3 Le comportement des résidents :

Pour comprendre les modèles de consommation d'énergie des résidents, des études récentes se sont rapprochés des comportements réels de conservation de l'énergie ³⁰ Les opérations et les activités des occupants d'un bâtiment peuvent être considérées comme étant causées par les besoins physiologiques, ou sociaux et normes culturelles, ou par une combinaison de ces facteurs qui constituent le comportement humain . Santin (2002) a essayé d'identifier combien les caractéristiques des ménages et les comportements, ainsi que les caractéristiques physiques des bâtiments, affectent la consommation d'énergie pour le chauffage. Le résultat montre que les caractéristiques physiques des bâtiments ont 42 % en poids, tandis que les caractéristiques des ménages et les comportements ont 4,2% du poids de l'effet sur la consommation d'énergie. Cependant, il s'attend à ce que le poids de l'effet des résidents sur la consommation d'énergie sera à la hausse dans l'avenir³¹.

Cependant, il existe également une variation considérable de la consommation d'énergie dans les ménages du même type et de la même tranche de revenu, ce qui indique que le

²⁸ S. Leth-Petersen, M. Togeby, Demand for space heating in apartment blocks:measuring effect of policy measures aiming at reducing energy consumption,Energy Economics 23 (2011) 387–403 dans M.J. Kim et al, op.cit., 591–598

²⁹ K. Steemers, G.Y. Yun, Household energy consumption in the USA: a study ofthe role of occupants, Building Research & Information 37 (2009) 625–637.dans J. Chen et al.op.cit., 193–202.

³⁰ M.J. Kim et al,op.cit., 591–598.

³¹ Loc.cit.

comportement individuel des occupants et la psychologie sont des facteurs importants de la consommation d'énergie.

Dans certains cas, il peut clairement y avoir de fortes liaisons entre les caractéristiques sociodémographiques et les comportements des occupants, que dans la plupart des ménages d'un type donné, on peut penser que les niveaux de consommation sont déterminés à la fois par le comportement des occupants et les antécédents psychologiques menant à de tels comportements. En effet, l'étude que j'ai évoquée ci-dessus de Abrahamse et Steg a constaté qu'une fois une référence de la consommation d'énergie a été créée, les antécédents psychologiques étaient beaucoup plus importants que les variables socio – démographiques en termes de comportement de prévision d'économie d'énergie³².

(Moussaoui , 2006) a démontré que le niveau de la consommation d'énergie dans une seule habitation peut varier largement selon le comportement des ménages et que la consommation d'énergie des ménages est intégrée dans un système extrêmement complexe impliquant des éléments d'origine technique, économique, social et psycho- social³³

En effet une étude précédente effectuée par J.-M. Cayla et al (2010) sur la consommation d'énergie pour le chauffage des locaux en France souligne l'impact significatif du comportement. Il a été trouvé qu'environ 33% des variations de consommation peuvent être attribuées aux caractéristiques des ménages qui est assez cohérente avec les résultats de Sonderegger (1977).

Yu [2007] a fait valoir que les facteurs sociaux et économiques déterminent en partie l'attitude des habitants à l'égard de la consommation d'énergie , et les résidents incarnent un tel impact dans leurs activités et leurs comportements quotidiens , influençant ainsi la consommation d'énergie du bâtiment ³⁴.

Des études socio-psychologiques ont porté sur diverses relations, et influences entre la structure du comportement d'économie de l'énergie et la consommation d'énergie.

³² W. Abrahamse et al , op. cit., 711–720 dans T. Craig et al,op.cit., 493–503

³³ Moussaoui, I.2006, L'appréhension de l'énergie : comment passer d'une vision "entreprise" à une vision "client"? Etat de l'art bibliographique de études SHS, Working paper EDF R&D. dans J.-M. Cayla et al, op.cit, 7874–7883.

³⁴ M.J. Kim et al ,op.cit., 591–598.

Barr et al. (2001)³⁵ ont développé un cadre des comportements de l'énergie pour comprendre les motifs de la consommation d'énergie des habitants, où les comportements de conservation de l'énergie sont divisés en deux catégories fondamentales. Cette étude consiste à analyser le modèle de la consommation d'énergie basé sur le cadre de Barr et al. (**Tableau III-1**)

- Le premier type de comportement de la conservation de l'énergie est : « **activités habituelles** » qui sont liés aux éléments habituels d'un style de vie dans leurs activités quotidiennes, dans leurs choix d'économie d'énergie. Ces comportements incluent le réglage du thermostat, la fermeture des pièces non utilisées, la modification de l'utilisation d'une pièce, fermeture de la fenêtre lorsque le chauffage est allumé, utilisation d'une ligne de vêtements plutôt que d'un sèche-linge, et mettre en pleine charge le lavage plutôt que sur une demi-charge.

- Le second type de comportement de conservation de l'énergie est « **activités d'achat** ». Par exemple, l'isolation, le double vitrage, l'économie d'énergie des produits, utilisation d'ampoules basse consommation et l'ajustement de la hauteur des rideaux. Ce groupe a une diversité d'actions sur une échelle liées à l'effort d'identifier les comportements comme des actions d'économie d'énergie³⁶.

³⁵ S. Barr, A.W. Gilg, N. Ford, The household energy gap: examining the divide between habitual- and purchase-related conservation behaviours, Energy Policy 33 (2005) 1425–1444 dans M.J. Kim et al., op.cit., 591–598.

³⁶ M.J. Kim et al., op.cit., 591–598.

Tableau III-1 : le comportement de l'économie d'énergie (source : M.J. Kim et al,2013)

| | |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Activités habituelles | 1. Éteindre l'eau tout en utilisant le savon pour se laver |
| | 2. Prendre des douches plutôt que des bains baignoire |
| | 3. Réduire le nombre de chasses d'eau |
| | 4. Éteindre le système de chauffage lorsque la pièce est utilisée |
| | 5. Réglage de la température de chauffage inférieure |
| | 6. Réduire le nombre de douches ou bains |
| | 7. Mettre sur les vêtements, ne pas augmenter la température de chauffage |
| | 8. Utilisation de la machine à laver quand il est complètement chargée |
| | 9. débrancher les appareils lorsqu'ils ne sont pas en cours d'utilisation |
| | 10. Essuyer bols avec les tissus gras avant le lavage |
| activités d'achat | 1. énergie de l'achat de produits efficaces |
| | 2. Éviter l'utilisation des aérosols |
| | 3. À l'aide des documents bruts |
| | 4. Utilisation de papier recyclé pour le papier hygiénique ou des notes |
| | 5. Utiliser des sacs au lieu de sacs en plastique |
| | 6. Éviter les plus décoratives colis pour les produits |
| | 7. Accroître les plantes d'intérieur |
| | 8. Éviter les produits jetables |
| | 9. Utilisation nettoyeurs respectueux de l'environnement |
| | 10. Utiliser les transports en commun au lieu de voitures |

(Desjeux et al. , 1996) avaient conclu que les ménages ne sont pas intéressés à faire des économies d'énergie en remplaçant leur équipements. et que le choix du changement d'équipement est en réalité un choix entre plusieurs faisceaux de caractéristiques , telles que la taille de l'équipement, la facilité d'entretien , la fiabilité ou même l'apparence, et le critère d'économie d'énergie est parfois juste secondaire ³⁷. Toute fois il a été mentionné dans cette étude que le taux de remplacement des équipements est très fortement lié au revenu .ce qui est expliqué par deux facteurs .D'une part, les ménages les moins aisés ne sont pas en une position de faire des investissements dans des équipements plus performant qui leur permettraient de réduire leurs factures d'énergie.

En fait, ils sont très limitées en termes d'accès au capital .D'autre part, 50 % des ménages aisés sont prêts à changer leurs systèmes avant la fin de leurs durée de vie

d'une autre façon , après la crise du pétrole dans les années 1970, il y avait beaucoup de recherches effectuées sur les questions psychologiques liées au comportement de réduction de l'énergie. Diverses études ont montré que la simple fourniture de l'information générale sur les mesures d'économie d'énergie sous format d'atelier ou de campagnes médiatiques permet souvent d'augmenter les connaissances et les préoccupations par les questions énergétiques. Cependant, ces augmentations dans les connaissances et les préoccupations ne se traduisent pas souvent dans les comportements observables.

Une question de grande importance est celle de la convenance personnelle; aucun programme ou intervention perçu par les ménages occupants sans rapport avec leur vie quotidienne n'est capable de motiver le changement.

L'importance du comportement humain dans la détermination réelle de la consommation d'énergie a en outre été mise en évidence dans une étude récente qui a constaté que les comportements d'efficacité énergétique ont représenté 51 % , 37 % , et 11 % de la variation de la chaleur , de l'électricité , et la consommation d'eau respectivement , entre les habitations très similaires ³⁸

³⁷Desjeux, D.,Berthier,C.,Jarrafoux,S.,etal.,1996.Anthropologie de l'électricité' . L'Harmattan, Paris. Dans J.-M. Cayla et al, op.cit, 7874–7883.

³⁸ Z.M. Gill, M.J. Tierney, I.M. Pegg, A. Neil, Low-energy dwellings: the contribution of behaviours to actual performance, Building Research and Information 38 (5)(2010) 491–508. dans G.M. Huebner et al ,op.cit., 626–636.

Cependant, tandis qu'un certain nombre de facteurs qui jouent un rôle dans la composante comportementale de la consommation d'énergie ont été identifiés ; aucun compte rendu complet de ce qui détermine la consommation d'énergie n'existe et une grande part de la variation de la consommation d'énergie reste inexplicée. Et conformément, l'étude réalisée par G.M. Huebner et al (2013) résume l'impact du comportement des ménages sur la consommation d'énergie domestique, en complément avec les résultats d'autres études qui ont abordé l'importance du confort, de l'habitude et des connaissances des comportements de consommation d'énergie domestique.

I.3.1 Les habitudes :

Beaucoup de comportements humains constituent les habitudes qui sont souvent définies comme des séquences tirées d'actes qui sont devenues des réponses automatiques aux indices spécifiques et sont fonctionnelles dans l'obtention de certains objectifs³⁹.

Beaucoup de comportements de consommation d'énergie, comme éteindre les lumières, sont supposés être sous contrôle habituel. Des recherches antérieures ont montré que les gens n'ont pas identifié les habitudes comme un obstacle important au changement de comportement, et croyaient qu'ils étaient faciles à changer, même s'ils ont reconnu que beaucoup de leurs pratiques de consommation d'énergie et de chauffage sont habituelles. La présence de fortes habitudes pourrait également expliquer la faible efficacité des mesures de réduction de consommation d'énergie⁴⁰.

I.3.2 La méconnaissance :

Alors que les campagnes d'information en soi ont peu de succès pour changer le comportement, les connaissances sur les problèmes environnementaux, leurs causes et leurs stratégies d'action, sont des précurseurs importants au changement de comportement⁴¹. En

³⁹ B. Verplanken, S. Faes, Good intentions, bad habits, and effects of forming implementation intentions on healthy eating, *European Journal of Social Psychology* 29 (5–6) (1999) 591–604. dans G.M. Huebner et al, op.cit., 626–636.

⁴⁰ K. Maréchal, Not irrational but habitual: the importance of behavioural lock-in in energy consumption, *Ecological Economics* 69 (2010) 1104–1114. dans G.M. Huebner et al, op.cit., 626–636.

⁴¹ A. Kollmuss, J. Agyeman, Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behaviour, *Environmental Education Research* 8 (3) (2002) 239–260. dans G.M. Huebner et al, op.cit., 626–636.

ce qui concerne la consommation d'énergie domestique, les connaissances sur le fonctionnement du système de chauffage est d'une grande importance, étant donné que le chauffage des locaux est responsable de la plus grande part de la consommation d'énergie domestique. Alors qu'il a été montré que l'utilisation d'un thermostat programmable peut significativement diminuer l'énergie consommée pour le chauffage et le refroidissement, avec des économies allant jusqu'à 30 % pour les systèmes de chauffage et 23 % pour les systèmes de refroidissement, ces économies ne sont pas nécessairement réalisées, sauf si l'utilisateur a des connaissances sur le fonctionnement détaillé du mécanisme de commande du thermostat⁴².

Dans la revue de la littérature l'étude Liao et al. [2005] a montré que la plupart des occupants ne savent pas ce que les VTR (vannes thermostatiques) étaient, ou même la façon dont elles devraient être réglées, un questionnaire dans les logements individuels a montré que plus de 65 % de tous les VTR ont été mises sur une valeur trop élevée⁴³.

I.3.3 Le confort :

ASHRAE⁴⁴ définit le confort dans la maison comme l'état d'esprit qui se déclare satisfait de l'environnement et comprend un minimum de six dimensions : confort thermique, qualité de l'air, visuel, acoustique, ergonomique et psychologique. Les premières recherches sur le confort étaient axées sur la création d'un ensemble de conditions de confort standard conçus pour correspondre aux besoins physiologique, ce qui a entraîné la fourniture et la maintenance d'un ensemble fixe de conditions thermiques, lumineuses et acoustiques. et la négligence des dimensions sociales et comportementales de confort⁴⁵.

il a été reconnu que les occupants du bâtiment pourraient être thermiquement satisfaits des conditions en dehors de la gamme de températures "confortables" prévue par les résultats de

⁴² A.K. Meier, C. Aragon, B. Hurwitz, D. Mujumdar, D. Perry, T. Peffer, M. Pritoni, How people actually use thermostats, in: Proceedings of the 2010 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove, CA, August 15–20, 2010. Dans G.M. Huebner et al., op.cit., 626–636.

⁴³ Z. Liao, M. Swainson, A.L. Dexter, On the control of heating systems in the UK, Building and Environment 40 (3) (2005) 343–351. Dans G.M. Huebner et al., op.cit., 626–636.

⁴⁴ ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating, & Air-Conditioning Engineers

⁴⁵ R.J. Cole, J. Robinson, Z. Brown, M. O'Shea, Re-contextualizing the notion of comfort, Building Research and Information 36 (4) (2008) 323–336. Dans G.M. Huebner et al., op.cit., 626–636.

laboratoire des préférences thermiques également influencées par les facteurs contextuels et l'histoire du passé thermique ⁴⁶ .

Pendant que dans l'étude de G.M. Huebner et al(2013). un angle différent était pris sur le confort, à savoir ce que signifie explicitement le confort des occupants à la maison, c'est à dire du point de vue d'un profane, et quelles sont les stratégies qu'ils utilisent pour atteindre leur niveau de confort souhaité. L'intérêt était ce que signifie pour les occupants le confort général. De plus, d'autres études ont rapporté que les préoccupations du confort et de la santé personnelle ont été trouvées comme étant les meilleurs prédicateurs de la consommation d'énergie pour l'utilisation du climatiseur.

O. Guerra Santin(2011) a indiqué que des données plus fiables sur la consommation d'énergie aideraient à déterminer la performance énergétique réelle des logements. De plus il a été remarqué que les programmes de simulation utilisent le comportement moyen des occupants pour prédire les besoins énergétiques des bâtiments, mais le comportement réel des occupants peut fournir un ensemble différent de données. Il a noté aussi que plus d'informations sur l'utilisation effective des équipements de la maison aiderait à déterminer la conception la plus adéquate du bâtiment. Et que d'autres réductions de consommation d'énergie pourraient également être atteintes si les programmes de politique d'économie d'énergie auraient été orientés à différents groupes de ménages.

Dans ce but de définir des profils de comportement liés à des niveaux élevés de la consommation d'énergie et à des attitudes d'économie d'énergie, diverses études ont été menées dans les Pays-Bas ⁴⁷ .

Les Facteurs liés à l'économie de l'énergie ont été identifiés ainsi que les caractéristiques des ménages liées à des niveaux élevés de consommation d'énergie en raison de l'utilisation de systèmes de chauffage et de ventilation.

Des études ont également montré que le comportement des occupants est relié aux caractéristiques de construction et aux systèmes de chauffage et de ventilation. Un effet

⁴⁶ J. van Hoof, M. Mazej, J.L.M. Hensen, Thermal comfort: research and practice,Frontiers in Bioscience—Landmark 15 (2010) 765–788.dans G.M. Huebner et al ,op.cit., 626–636.

⁴⁷W. Poortinga, L. Steg, C. Vlek, G. Wiersma, Household preferences for energysaving measures: a conjoint analysis, Journal of Economic Psychology 29 (2005) 49–64. Dans O. Guerra Santin , op.cit., 2662–2672.

rebond de la consommation d'énergie a également été identifié sur la base du constat que les ménages vivant dans des logements avec des propriétés thermiques améliorées optent pour des températures intérieures plus élevées⁴⁸. Ils supposent que les comportements dans des logements avec des propriétés thermiques améliorées et des systèmes de CVC⁴⁹ automatiques seront différents des comportements dans les logements anciens, et que les caractéristiques des ménages vivant dans des logements plus récents seront différentes de ceux des ménages vivant dans des logements anciens. Le comportement des occupants dans les nouveaux logements pourrait donc être différent de celui déterminé pour le stock total de logements.

L'objectif de l'étude d'O. Guerra Santin, 2011 était double : le développement de modèles comportementaux de la consommation d'énergie dans les maisons, et le développement des profils d'utilisateur qui peuvent être liés aux habitudes comportementales. En effet, lier les profils des utilisateurs à un comportement particulier fournira plus de perspicacité sur la façon dont l'occupant pourrait utiliser les équipements de la maison, ce qui rend les prévisions de l'énergie plus précises.

D'ailleurs, la littérature propose de nombreuses études portant sur les modèles comportementaux et les profils d'utilisateurs dans la consommation d'énergie pour le chauffage de l'espace.

Les profils des utilisateurs ont été définis avec les caractéristiques du ménage, le mode de vie et habitudes comportementales et les variables cognitives telles que les valeurs, les besoins et les attitudes⁵⁰. Les variables cognitives se réfèrent à des valeurs, des motivations, des besoins et des attitudes.

Certaines études ont montré encore avec succès des relations entre les variables cognitives et la consommation d'énergie. van Raaij et Verhallen ont constaté dans les années 1980 que 5 % de la variation en consommation d'énergie pourrait être expliquée par des attitudes liées à l'énergie qui pourraient être classées sous les préoccupations du prix, de l'environnement et de l'énergie, les préoccupations de santé et de confort personnel⁵¹.

⁴⁸ O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

⁴⁹ CVC : Chauffage, ventilation et climatisation

⁵⁰ K. Vringer, K. Blok, Household energy requirement and value patterns, Energy Policy 35 (2007) 553–566. Dans O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

⁵¹ W.F. van Raaij, T.M.M. Verhallen, A behavioural model of residential energy consumption, Journal of Economic Psychology 3 (1983) 39–63. Dans O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

Plus récemment, une enquête par Poortinga et al (2005) au près de 455 ménages aux Pays-Bas a été menée, ils ont étudié l'acceptabilité de mesures d'économie d'énergie pour différentes caractéristiques des ménages. Ils ont constaté que les différents groupes socio-démographiques et les personnes de différentes préoccupations environnementales préfèrent différents types de mesures d'économie d'énergie. L'acceptabilité moyenne de mesures d'économie d'énergie varie chez les personnes de différentes préoccupations environnementales. Les personnes âgées, les célibataires et les ménages à faible revenu étaient moins disposés à appliquer des mesures d'économie d'énergie à la maison ⁵².

Vringer et Blok (2007) ont étudié l'effet des valeurs, la motivation et la perception du changement climatique sur la consommation d'énergie de différents groupes de ménages néerlandais. Il n'ont trouvé aucune différence significative dans la consommation d'énergie des groupes de ménages de différents modèles de valeurs (en tenant compte de la situation socio-économique). Les ménages ont été regroupés selon le revenu, l'âge, l'éducation et la taille du ménage ⁵³.

Le comportement en ce qui concerne l'utilisation des équipements de la maison a été plus lié avec succès à la consommation d'énergie. Dans une étude récente par J. Paauw et al., 2009 cinq groupes de ménages ont été étudiés sur la base de la composition : habitant seul, couple (< 60), monoparentales, la famille et les personnes âgées (> 60). Quatre profils ont été construits sur la base des réponses aux questions sur les pilotes potentiels de la consommation d'énergie par rapport au revenu, à l'environnement et aux convenances personnelles :

- « commodité / facilité » (le confort est important, aucun intérêt à l'économie d'énergie, à l'argent ou à l'environnement),
- « conscient » (le confort est important, avec une certaine sensibilité à l'environnement et aux coûts)
- les « coûts » (prise de conscience des coûts de l'énergie et le souci d'économiser de l'argent)
- et « climat / environnement » (souci de l'environnement) ⁵⁴

⁵² W. Poortinga et al., op.cit., 49–64 dans O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

⁵³ K. Vringer et al., op.cit. 553–566. dans O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

⁵⁴ J. Paauw, B. Roossien, M.B.C. Aries, O. Guerra Santin, Energy pattern generator—understanding the effect of user behaviour on energysystems, in: Proceedings First European Conference on Energy Efficiency and Behaviour, Maastricht, 18–19 October, 2009, dans O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

selon Groot et al . (2008) , ces groupes avaient différents pilotes pour s'engager dans des comportements d'économie d'énergie.

van Raaij et Verhallen (1983) soutiennent que , dans la plupart des ménages , le comportement de l'énergie n'est pas un type de comportement distinct, mais qu'il est subordonné à d'autres comportements associés ,par exemple aux travaux domestiques , à la garde d'enfants, et aux loisirs . Ils ont réalisé une étude dans 145 ménages aux Pays-Bas dans les années 1980, et ont défini cinq modèles de comportement de l'énergie par rapport à l'utilisation de systèmes de chauffage et aux habitudes de ventilation: **conservateurs, dépensiers, froid, chaleureux, et la moyenne**. Ils ont constaté que l'âge des occupants dans le groupe «chaleureux» était plus élevé que dans les quatre autres groupes , que le niveau d'éducation des « conservateurs » était plus élevé que celui des « dépensiers », et que la taille des ménages des « conservateurs » est plus petite que le reste . Ils n'ont déterminé aucune différence pour les revenus et l'emploi. Leur conclusion était que le mode de vie des ménages influence les attitudes et les comportements liés à l'énergie . que la taille et la composition de la famille, en plus de la présence ou de l'absence à la maison , ont un effet direct sur le comportement de la consommation d'énergie ⁵⁵.

La relation entre les modèles de comportement et les caractéristiques des ménages et de la construction a également été étudiée en vue de construire des profils d'utilisateur basés sur les types de ménages. la détermination de types de ménages conduirait à des estimations plus précises de l'énergie, qui pourrait être conservée par des mesures ciblées et , en même temps , aider les entreprises de l'énergie à prédire la consommation d'énergie . Les relations entre la consommation d'énergie et les caractéristiques des ménages et de la construction tels que les propriétés thermiques de l'immeuble, et le type de système de chauffage ont déjà été identifiés dans d'autres recherches.

Les caractéristiques des ménages et le comportement des occupants ont été étudiés puisque les deux pourraient s'avérer utiles pour la détermination des profils d'utilisateurs pour la consommation d'énergie.

Une distinction a été faite entre le comportement et l'utilisation⁵⁶ . **Le comportement** a été défini comme toute activité que les gens jouent dans la maison, tandis que **l'utilisation** se réfère à l'interaction directe entre un occupant et une action pour obtenir un objectif.

⁵⁵ W.F. van Raaij, op.cit., 39–63 dans O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

⁵⁶ O. Guerra Santin, op.cit., 2662–2672.

Le comportement se définit comme l'utilisation de l'espace, des systèmes de chauffage des locaux et de l'eau, de ventilation et d'autres équipements de la maison qui peuvent influencer sur la consommation de l'énergie. Le cadre de recherche des études précédentes est représenté sur la **Figure.III- 1**

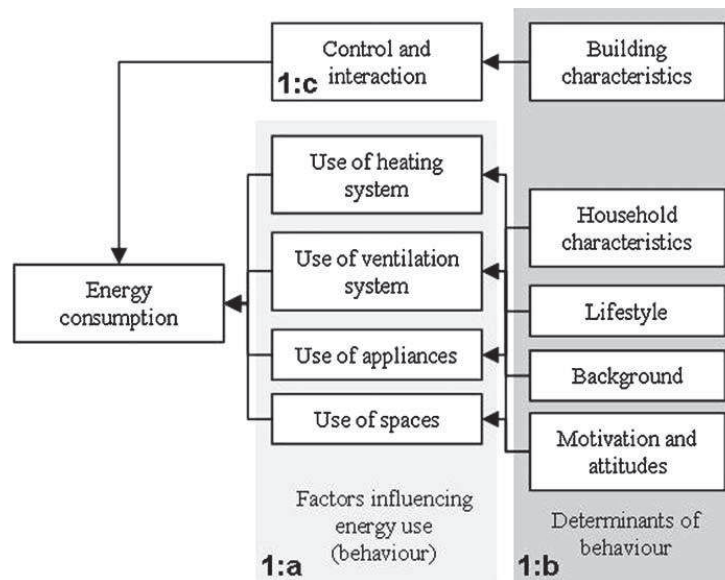


Figure.III- 2. Cadre de recherche (source : O. Guerra Santin, 2011)

les caractéristiques des ménages, le style de vie , le contexte, la motivation , les valeurs et les attitudes [1 : b] déterminent le comportement [1 : a] qui influence à son tour la consommation d'énergie pour le chauffage . le comportement pourrait également être influencé par l'interaction entre l'utilisateur et les systèmes du bâtiment [1 : c] .

une analyse de l'effet du comportement des occupants sur la consommation d'énergie a été réalisée (2a) ,et les modèles de comportement ont été définis (2c) .

les groupes ont été formés à partir des groupes qui ont démontré des comportements avec des conséquences d'énergie similaires (par exemple plus d'heures avec le radiateur allumé) des profils d'utilisateurs ont été définis aussi .

les facteurs de comportement (cf. titre III-3-5) ont été utilisés pour déterminer leurs relation avec les caractéristiques des ménages et de la construction (2d) . Les ménages ont ensuite été attribués à des groupes.

La dernière étape était de déterminer la relation entre les modèles de comportement et les profils des utilisateurs (2e). (**Figure. III-2**)

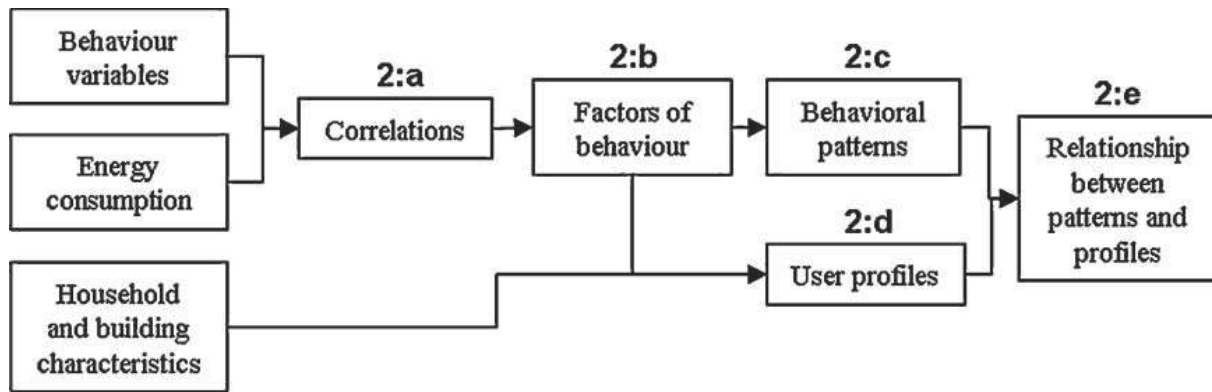


Figure. III-2. Méthodologie (source : O. Guerra Santin, 2011)

O. Guerra Santin(2011) a utilisé un questionnaire qui comprenait des questions sur l'utilisation de chauffage et de ventilation, la douche et la fréquence des bains, et l'utilisation d'appareils générant de la chaleur. Les occupants ont été invités à remplir des tableaux, montrant l'utilisation d'équipements de la maison et le temps passé à la maison. Les données de l'enquête étaient prises sous forme de variables, ces variables de comportement peuvent être trouvées dans le **Tableau III- 2**

Le but de son étude cité ci-dessus était de déterminer des modèles de comportement sur la base du comportement des occupants et construire des profils d'utilisateur basés sur les caractéristiques des ménages et de la construction.

La définition des concepts présentés en dessus :

- **les facteurs de comportement** : ceux sont des groupes de comportements assemblés. Ils sont obtenus avec l'analyse des facteurs de comportements sous-jacents (**cf. titre III-3-5**), et sont la base de l'obtention des modèles de comportement et des profils d'utilisateur.
- **Les modèles comportementaux**: sont les façons dont les occupants utilisent la maison et les systèmes (plus de ventilation, des températures plus élevées, etc.)
- **Les profils d'utilisateur**: les utilisateurs sont regroupés en fonction de leurs caractéristiques.
- **Les variables caractéristiques des ménages** :la démographie des occupants. Celles-ci sont utilisées pour créer des profils d'utilisateur.

Tableau III- 2 : Définitions des variables du comportement des occupants (source :O. Guerra Santin, 2011)

| Variable | Définition |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de chambres utilisées | Nombre de chambres utilisées pour dormir, travailler ou étudier |
| Heures à température la plus élevée | Heures avec le thermostat à la température la plus élevée choisi |
| Heures radiateur dans le salon | Heures avec le radiateur dans la salle de séjour |
| Heures radiateur dans la chambre | Heures avec le radiateur dans les chambres |
| Heures radiateur dans la salle de bain | Heures avec le radiateur dans la salle de bain |
| Heures radiateur en entrée | Heures avec le radiateur à l'entrée |
| Heures fenêtres ouvertes dans le salon | Heures avec les fenêtres ouvertes dans le salon |
| Heures fenêtres chambres | Heures avec les fenêtres ouvertes dans les chambres |
| Heures grilles dans le salon | Heures avec les grilles ouvertes dans le salon |
| Utilisez bain | Nombre de fois que le bain est utilisé à la semaine |
| Les lampes halogènes dans le salon | Nombre de lampes halogènes dans le salon |
| Lampes à économie dans le salon | Nombre d'ampoules à économie d'énergie dans le salon |
| Heures électronique et des ordinateurs dans le salon | Nombre d'heures que l'électronique et les ordinateurs sont utilisés dans le salon |
| Électronique de secours et des ordinateurs dans le salon | Nombre d'heures que l'électronique et les ordinateurs sont en stand-by dans le salon |
| fois de lave-vaisselle par semaine | nombre de fois par semaine que le lave-vaisselle est utilisé |
| Séchoir | nombre de fois par semaine que le sèche-linge est utilisé |
| Blanchisserie | Nombre de fois par semaine que le lave-linge est utilisé |
| Eau chaude blanchisserie | nombre de fois par semaine que le lave-linge est utilisé avec de l'eau chaude (30 ° C) |

I.3.4 Les effets du comportement des occupants sur la consommation d'énergie :

Le nombre de pièces utilisées s'est avéré être l'une des variables les plus importantes qui déterminent la consommation d'énergie pour le chauffage du logement. Les chambres considérées étaient celles utilisées pour dormir, étudier ou travailler.

Il a été demandé aux occupants de faire le rapport de manière rétrospective du réglage du thermostat par heure, (des heures pendant les quelles les radiateurs ont été maintenus allumés dans chaque chambre), du réglage du système de la ventilation mécanique par heure (des heures pendant les quelles les fenêtres et les grilles restent ouvertes dans chaque chambre), et du nombre et de la durée habituelle de bain pris par chaque membre de la famille par semaine. Ces variables ont aidé à identifier les tendances dans le comportement «Le réglage du thermostat» n'a pas montré une corrélation significative avec la consommation d'énergie. De même pour la ventilation mécanique puisque la plupart des ménages avaient déclaré qu'elle n'était presque toujours pas en marche ou au réglage le plus bas. Les utilisateurs ont déclaré la durée en minutes de l'utilisation de l'eau (pour l'ensemble du ménage) par semaine, elle a été divisée par la taille du ménage à fin de trouver une corrélation entre la fréquence de douches et la consommation d'énergie.

L'utilisation des appareils, des ordinateurs et de l'électronique se réfère à la fréquence de l'utilisation de l'électronique des ordinateurs générant de la chaleur dans la salle de séjour et le nombre de fois par semaine que les appareils qui consomment l'eau chaude tels que les machines à laver et les lave-vaisselle ont été utilisés. L'utilisation de lampe halogène, d'ampoule à économie d'énergie, la mise en veille des ordinateurs et des appareils électroniques, ont été également incluses dans l'analyse. Ces variables peuvent pointer vers des tendances (par exemple, une plus grande utilisation d'ampoules à économie d'énergie pourrait indiquer une attitude positive envers l'économie d'énergie)⁵⁷.

⁵⁷ O. Guerra Santin, Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating, Energy and Buildings 43 (2011) 2662–2672.

I.3.5 Les facteurs de comportement sous-jacent :

Cinq groupes sous-jacents des variables de comportement des occupants ont été trouvés:

- « l'utilisation intensive des grand appareils et des espaces »,
- « un mode de vie avec une forte consommation d'énergie » ,
- « la ventilation » ,
- « un mode de vie avec plus d'utilisation des médias et de la technologie moderne »
- et « le confort de la température »

Le facteur de comportement « un mode de vie avec une plus forte consommation d'énergie » peut être liée par exemple à l'utilisation accrue de lampes halogènes et une moindre utilisation des ampoules à économie d' énergie , ce qui indique moins de souci d'économie d'énergie et le facteur de comportement« le confort de la température » indique une préférence pour un environnement intérieur chaud, alors les thermostats et les radiateurs sont allumés plus longtemps et les chambres sont moins aéré . Donc ce facteur de comportement est lié à une utilisation intensive du système de chauffage avec plus de préoccupations d'économie d'énergie

L'utilisation accrue des ordinateurs et des appareils électronique indique une préférence pour la commodité personnelle⁵⁸ .

Tableau III-3 montre les variables définissant chaque facteur.

⁵⁸ Loc.cit.

Tableau III-3 : facteurs de comportement (source :O. Guerra Santin, 2011)

| Facteur | Nom du facteur | Variables |
|-----------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Facteur 1 | Utilisation des appareils et des espaces | • Nombre de chambres utilisées |
| | | • temps de vaisselle par semaine |
| | | • Sèche |
| | | • Lave-linge |
| | | • Lave-linge eau chaude |
| | | • Les lampes halogènes dans le salon |
| Facteur 2 | Forte intensité énergétique | • Les lampes halogènes dans le salon |
| | | • Heures radiateur dans le salon |
| | | • Heures radiateur dans la chambre |
| | | • Heures radiateur dans la salle de |
| | | • Heures radiateur en entrée |
| | | • Heures électronique et des ordinateurs dans le salon |
| | | • lampes à économie moins |
| Facteur 3 | Ventilation | • grilles d'heures dans le salon |
| | | • grilles d'heures dans la chambre |
| | | • grilles d'heures en reste |
| Facteur 4 | Médias | • Moins de nombre de chambres utilisées |
| | | • Les lampes halogènes dans le salon |
| | | • Heures électronique et des ordinateurs dans le salon |
| | | • Heures fenêtres ouvertes dans le salon |
| | | • Douches |
| | | • Moins d'utilisation bain |
| Facteur 5 | confort de température | • Heures radiateur dans le salon |
| | | • Heures électronique et des ordinateurs dans le salon |
| | | • lampes à économie d'énergie |
| | | • Heures température la plus élevée |
| | | • Moins heure fenêtres chambres |
| | | • l'électronique et les ordinateurs en veille |

I.3.6 Les modèles de comportement :

de plus dans l'étude de O. Guerra Santin , les modèles comportementaux ont été formés, Cinq groupes ont été identifiés : « dépensiers », « à tendance frais », « conscient - chaud », «confort» et «commodité».

La définition de modèles de comportement a pour objectif de catégoriser des groupes de comportements associés. Ceux-ci nous disent comment les occupants se comportent à la maison.

Les ménages ayant des scores élevés pour « le confort de la température » avaient de faibles scores pour « ventilation » et les ménages avec des scores élevés pour «médias» avaient des notes faibles pour « appareils et de l'espace ». (**Figure III-3.**)

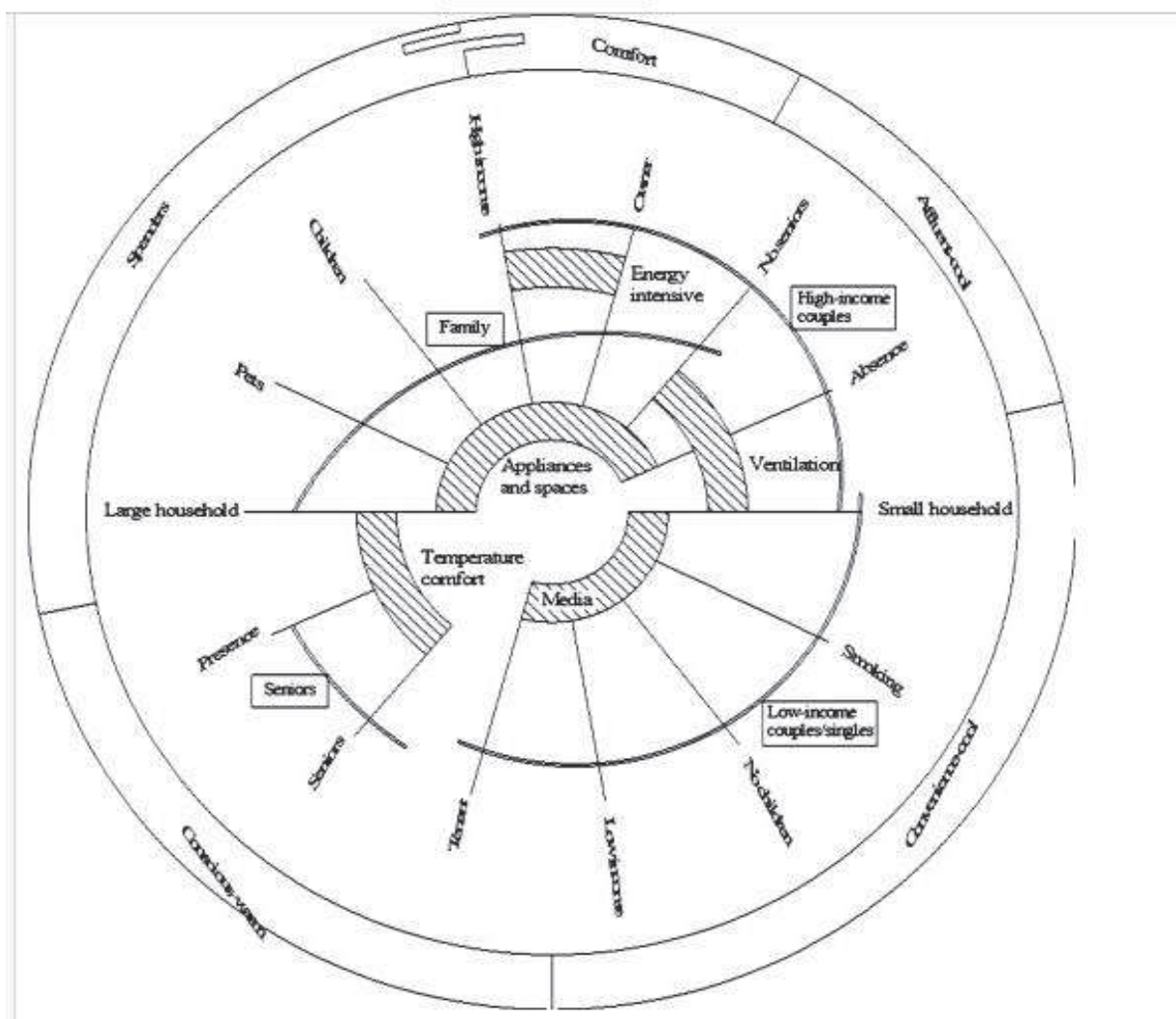


Figure III-3. Les relations trouvées entre les facteurs de comportement et les caractéristiques des ménage (source :O. Guerra Santin, 2011)

ces cinq modèles de comportement se décrivent comme suit:

- (1) dépensiers: utilisation de plus d'espace, plus d'utilisation de l'électronique, plus d'heures de chauffage, plus d'heures de ventilation, pas de préoccupations d'économie d'énergie
- (2) à tendance fraîche : l'utilisation de plus d'espace, plus d'heures de ventilation (plus d'heures d'ouverture des fenêtres dans les chambres, le salon et le reste de la maison).
- (3) Conscient-chaud: utilisation de plus d'espace, plus d'utilisation de l'électronique, plus d'heures de chauffage, moins d'heures de ventilation (moins d'heures avec les fenêtres ouvertes dans le salon) , avec des préoccupations de l'économie d'énergie
- (4) Confort: plus l'utilisation de l'électronique , plus d'heures de chauffage , plus heures de ventilation.
- (5) commodité -frais : plus l'utilisation de l'électronique, plus d'heures de ventilation⁵⁹

Certaines similitudes ont été trouvées entre les modèles de comportement établis par O. Guerra Santin(2011) et les conclusions de van Raaij et Verhallen [1983] et de Groot et al. [2008].

Van Raaij et Verhallen [1983] ont rassemblé leurs données rétrospectives à travers l'auto-rapport sur le comportement des occupants sur les réglages du thermostat et de l'utilisation des radiateurs; l'utilisation de grilles de ventilation, les fenêtres et les systèmes de ventilation mécanique. Ils ont trouvé cinq modèles de comportement: «conservateurs» (basse température, basse ventilation, niveau élevé d'éducation, la petite taille du ménage, la femme travaille, moins de consommation d'énergie), «dépensiers» (température élevée, ventilation élevée, faible niveau d'éducation, le plus souvent à la maison, plus de consommation d'énergie), «cool» (basse température, ventilation élevée, moyenne consommation d'énergie), «chaud» (température élevée, faible ventilation, les personnes âgées), et «moyenne». Leur analyse a montré des différences statistiquement significatives dans la consommation énergétique des groupes. Dans l'étude réalisée par O. Guerra Santin, ils ont été trouvés des modèles comportementaux similaires à «frais », «chaleureux» et «dépensiers». quand à Groot et al. [2008] ont trouvé quatre modèles de comportement: «commodité», «coûts» «conscient» et «environnement».

⁵⁹ O. Guerra Santin , Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating, Energy and Buildings 43 (2011) 2662–2672.

I.3.7 Les Profils des utilisateurs :

Les profils d'utilisateur peuvent être définis comme des groupes de ménages avec les mêmes caractéristiques et qui se comportent de manière similaire⁶⁰. Ils ont été définis en tenant compte des corrélations entre les facteurs de comportement et les caractéristiques du ménage et de la construction.

Il y avait une raison pratique d'avoir développé les profils d'utilisateur. Puisque les prévisions de l'énergie (faites avec des programmes de simulation) sont généralement basées sur une moyenne des ménages, ce qui pourrait mener à de grandes différences entre la consommation réelle et la consommation prévue de l'énergie.

Alors que des prévisions plus précises peuvent être obtenues en liant le type d'habitation avec les profils d'utilisateur qui à leurs tours peuvent être liés à des modèles de comportement

Quatre profils d'utilisateurs ont été déterminés :

- « les jeunes familles avec enfants »,
- « les ménages à revenu élevé »,
- « les célibataires/ les couples à faible revenu »
- et « les personnes âgées »⁶¹

Aucune différence statistiquement significative dans la consommation d'énergie a été trouvée entre les profils d'utilisateur, mais ils ont pu conclure quel est le type de comportement observé dans chaque profil. Le comportement des célibataires ou couples à faible revenu était moins lié au « confort de température » ou à « l'utilisation intensive des appareils et de l'espace ». Les couples à revenu élevé étaient moins préoccupés par l'économie de l'énergie et recherchaient une utilisation plus pratique de l'habitation, ils ont tendance à garder un environnement intérieur chaud et à utiliser plus d'électronique et d'éclairage.. Les jeunes familles avec enfants avaient besoin de plus d'espace et de plus d'utilisation des appareils lourds tel que le sèche-linge, lave-vaisselle et la Machine à laver. Les personnes âgées préfèrent clairement plus de confort étant donné qu'ils ont marqué des scores élevés pour « ventilation » et « confort de la température ».

⁶⁰ O. Guerra Santin ,op.cit ., 2662–2672.

⁶¹ Loc.cit.

La consommation d'énergie s'est avéré être plus faible dans les ménages âgés et plus élevé dans les jeunes familles avec enfants⁶².

Les profils d'utilisateurs définis dans l'étude de O. Guerra Santin (2011) correspondent à ceux définis par Groot et al.[2008].En outre, «deux adultes de moins de 60 »a été divisé en revenu élevé et à faible revenu, parce que le revenu s'est avéré être un déterminant important du comportement. Les ménages dans la catégorie «couples à faible revenu» ont été fusionnés avec «célibataires», puisque la tranche de revenu était semblable et aucune différence notable dans le comportement n'a été trouvé entre les «célibataires » et des «couples à faible revenu»

I.3.8 Les Relations entre les modèles de comportement, les profils d'utilisateur et la consommation d'énergie :

I.3.8.1 Les modèles de comportement et l'utilisation de l'énergie

(O. Guerra Santin, 2011) a effectué un test afin de déterminer les différences dans la consommation d'énergie par type de comportement. (Figure. III-4)

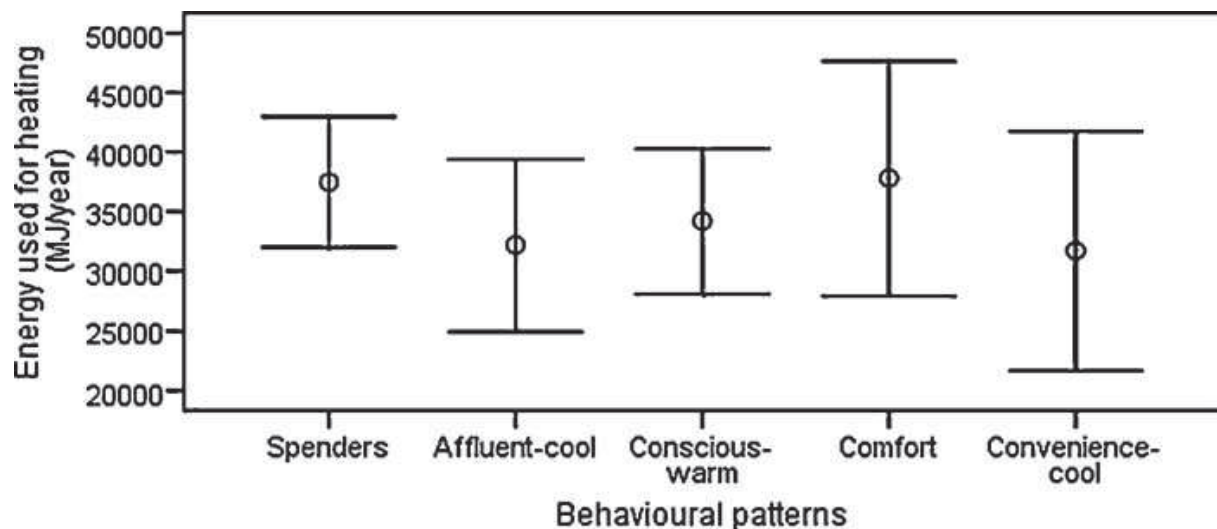


Figure. III-4. la consommation d'énergie en MJ par année par modèle de comportement.

(source :O. Guerra Santin, 2011)

Hamrin [1999] a montré que la participation active dans l'économie de l'énergie (en contrôlant les équipements de la maison) conduit à réduire la consommation d'énergie. Il a

⁶² O. Guerra Santin ,op.cit ., 2662–2672.

également constaté que les ménages éco énergétiques conservaient plus d'énergie avec les systèmes qui nécessitent la participation active.

1.3.8.2 Les profils des utilisateurs et l'utilisation de l'énergie

La **Figure. III-5** montre la consommation d'énergie par profil d'utilisateur. Les profils d'utilisateur ont été définis comme suit : «famille», «personnes âgées», «les ménages à revenu élevé » et «les célibataires et les couples à faible revenu». « Les célibataires et les couples à faible revenu » ont tendance à utiliser moins d'énergie que tout autre type de ménage⁶³. Cela a été lié à un score élevé pour «médias» et un faible score pour «l'utilisation intensive des appareils lourds et de l'espace ». Le reste des profils d'utilisateurs «les jeunes familles», « les personnes âgées » et «les ménages à revenu élevé » avaient une consommation d'énergie plus élevée à titre indicatif. Les ménages à revenu élevé ont tendance à avoir un comportement plus intensif d'utilisation de l'énergie; les jeunes familles avec enfants ont tendance à utiliser les appareils et les espaces plus intensivement, et les personnes âgées ont tendance à avoir des températures plus élevées pour un temps plus long⁶⁴.

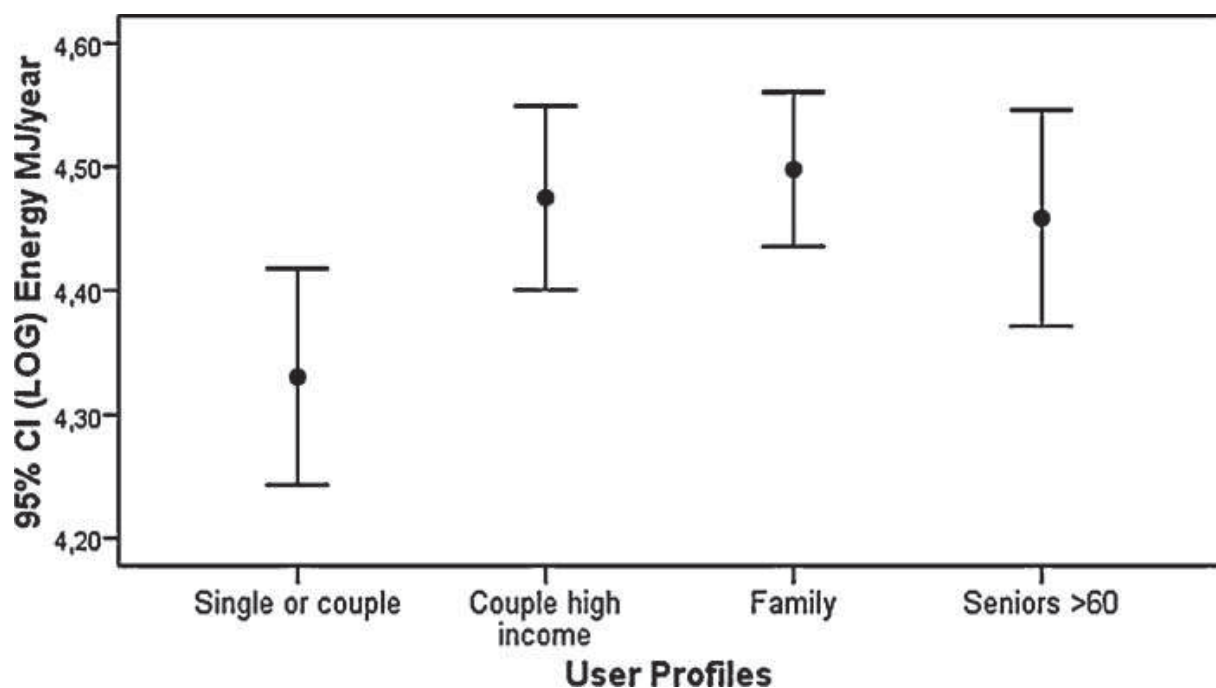


Figure. III-5. La consommation d'énergie en MJ / an et par profil d'utilisateur. (source : O. Guerra Santin, 2011)

⁶³ O. Guerra Santin ,op.cit ., 2662–2672.

⁶⁴ Loc.cit.

Les variables comportementales pour l'utilisation des équipements de la maison peuvent être utilisées pour élaborer des profils de comportement qui peuvent être appliqués dans les programmes de simulation ou des calculs d'économie d'énergie en reliant les ménages ayant un comportement spécifique (plus d'heures de ventilation , plus d'utilisation d'ampoules à économie d'énergie).

Les profils des utilisateurs peuvent être utilisés pour formuler une politique d'économie d'énergie ciblée pour des secteurs spécifiques de la société

T. Craig et al(2014) avaient présenté que le montant total de l'énergie consommée par les ménages sur une période de temps donnée est fonction des facteurs socio-physiques et du comportement des occupants .ils avaient mené une étude longitudinale sur les modèles de consommation d'énergie des ménages .les données d'électricité de 215 ménages ont été enregistrées. L'étude a exploré les différents profils de consommation d'électricité liés aux types de ménages. Il est suggéré que ces profils basés sur des données empiriques ont un grand potentiel dans l'éclaircissement des différences entre les groupes. Les ménages ont été également invités à remplir un questionnaire de calcul de l'empreinte carbone dans le cadre de l'étude. Une association significative a été trouvée entre les estimations de l'empreinte de carbone provenant de l'outil de calcul du carbone (en particulier la composante liée à l'utilisation des appareils) et la quantité réelle d'électricité consommée par les ménages . Ceci démontre que le calculateur de l'empreinte carbone - un questionnaire en papier qui ne prend pas la consommation réelle d'énergie en compte - peut potentiellement être utilisé comme un outil pour mesurer la consommation d'électricité où les données de consommation ne sont pas disponibles. Ce questionnaire contient des questions sur divers aspects de la composition du ménage (par exemple , le nombre de personnes vivant dans la maison , l'âge , le type de ménage) ; les caractéristiques de la maison (par exemple , l'âge de la propriété , source de chauffage , nombre de chambres , niveaux d'isolation) , la propriété et l'utilisation des appareils (par exemple , le nombre et l'efficacité des appareils de réfrigération , de téléviseurs et le temps approximatif de visualisation)

Wiedmann et Minx définissent l'empreinte carbone comme «une mesure de la quantité totale exclusive des émissions de dioxyde de carbone qui est directement et indirectement causée par une activité ou est accumulée au cours des étapes de la vie d'un produit ».⁶⁵ . leur étude se

⁶⁵T. Weidmann, J. Minx, A definition of 'Carbon Footprint', in: C. Pertsova (Ed.), Ecological Economics Research Trends, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, 2008, pp. 1–11. Dans T. Craig et al , The North East

concentre sur la consommation d'énergie des ménages et les émissions de dioxyde de carbone résultantes. L'empreinte carbone des ménages est donc une mesure des émissions de dioxyde de carbone causées par toutes les activités domestiques et accumulées au cours de la vie de tous les produits ménagers, y compris les produits avec des fonctions telles que le chauffage, l'éclairage et la cuisson.

T. Craig et al (2014) dans cette étude a exploré les profils de consommation des ménages dans le but de trouver le modèle de consommation quotidienne moyenne pour confirmer un stéréotype attendu dans les ménages. Il est arrivé à trouver qu'il existe 2 pics de consommation perceptibles dans tous les types de ménages (avec ou sans enfants et quelle que soit l'âge des enfants). Le pic principal de la consommation se produit entre les heures de 17 heures et 20 heures, avant la tombée de la nuit (quand les occupants de la maison rentrent à leur domicile). Le deuxième pic de consommation est plus faible et se produit le matin entre 6 heures-8 heures. Ce qui est susceptible de correspondre à des activités telles que la douche, les soins personnels, la préparation de boissons chaudes et de la nourriture.

I.3.9 L'intensité du service et la gestion de l'énergie : les deux facettes du comportement quotidien

Afin de tenter d'expliquer les déterminants des pratiques liées à la consommation d'énergie, beaucoup de modèles (profils comportementaux) ont été construits, entre ceux-ci, on peut citer le modèle Valeur - croyance - Norme produit par Stern et al. (1999) ou la théorie du comportement planifié proposé par Ajzen (1991)⁶⁶. Entreprendre une pratique donnée dépend étroitement des intentions individuelles et de la faisabilité perçue de l'action⁶⁷. Ces intentions dépendent des attitudes individuelles, guidées par les valeurs, en particulier les préoccupations environnementales et les aspects collectifs reliés aux normes sociales⁶⁸.

Dans l'enquête menée par J.-M. Cayla et al (2011), les ménages ont été interrogés pour répondre aux questions concernant leur pratiques de l'énergie domestique. Les pratiques relatives à l'intensité de l'utilisation ont été séparées de celles relatives à la gestion de l'énergie.

Scotland Energy Monitoring Project: Exploring relationships between household occupants and energy usage, *Energy and Buildings* 75 (2014) 493–503.

⁶⁶ J.-M. Cayla et al, The role of income in energy consumption behaviour: Evidence from French households data, *Energy Policy* 39 (2011) 7874–7883.

⁶⁷ Corraliza, J., Berenguer, J., 2000. Environmental values, beliefs and actions : a situational approach. *Environment and Behaviour* 32 (6), 832–848. Dans J.-M. Cayla et al, op.cit., 7874–7883.

⁶⁸ Ajzen, I., 1991. The theory of planned behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes* 50, 179–211. Dans J.-M. Cayla et al, op.cit., 7874–7883.

Par exemple, le nombre hebdomadaire d'utilisations de la machine à laver se rapporte à l'intensité, quant au lavage à une température de 30 ou 40 °C concerne plus la gestion. Ils ont ainsi recueilli 22 pratiques qu'ils ont classées de 1 (très faible consommation d'énergie) à 4 (très énergivores) (Tableau III-4)

Il était devenu possible d'établir, pour chaque ménage, un score global de gestion et d'intensité moyenne à partir de 1 (très faible consommation d'énergie) à 4 (énergie très élevée) en additionnant les scores obtenus pour les différents pratiques. Ils ont comparé ensuite les résultats moyens obtenus pour les ménages en fonction de leurs niveaux de revenu.

Ils ont observé une différence de score de près de 0,5 entre les tranches de revenus extrêmes. Cela signifie que plus le ménage a un revenu élevé, plus il a tendance à intensifier l'utilisation des services de consommation d'énergie⁶⁹. Cette observation est en accord avec celle des études précédentes qui disent que la contrainte énergétique augmente avec l'augmentation du revenu. En fin de compte, un changement dans le revenu des ménages conduirait certainement à un changement dans la consommation d'énergie grâce à un changement dans l'intensité de la consommation de services énergétiques.

Inversement, lorsque ils ont examiné l'effet du revenu sur le score de la gestion moyenne, ils ont trouvé qu'il est nul, et que le fait de prendre soin d'éteindre les lumières, les veilles ou réduire la température de la maison pendant les absences n'a rien à voir avec les riches ou les pauvres. Bien que ces pratiques contribuent à réduire la consommation d'énergie, ils ne semblent pas être adoptés comme une priorité par les ménages à faible revenu avec un objectif de limiter leur consommation⁷⁰.

Cette impossibilité à expliquer le comportement de gestion de l'énergie en utilisant les variables socio-démographiques est particulièrement en ligne avec un souci d'énergie qui est plus liée à l'éducation, aux préoccupations environnementales ou même aux normes sociales comme l'a noté⁷¹.

En ce qui concerne le score d'intensité, il est à peu près déterminé par les variables socio-démographiques : le revenu, bien sûr, mais aussi l'âge et le type de famille, Ceci est en accord

⁶⁹ J.-M. Cayla et al, op.cit., 7874–7883.

⁷⁰ Loc.cit.

⁷¹ Bartiaux, F., Vekemans, G., Gram-Hanssen D. et al., 2006, Sociotechnical factors influencing residential energy consumption. SPSDII, SEREC. dans J.-M. Cayla et al, op.cit., 7874–7883.

avec la notion d' un besoin qui est plus ou moins réglé au moyen du compromis coût / confort effectué par les ménages . Ceci peut être expliqué par le fait que, dans les modèles de comportement, les valeurs influencent la formation des attitudes qui jouent un rôle majeur dans l'explication du comportement.

Ces deux facettes de pratiques de consommation d'énergie (l'intensité du service et la gestion de l'énergie) reflètent des mécanismes très différents dans l'action et dans les différents changements possibles dans le comportement au fil du temps.

Tableau III-4. Pratiques liées à la consommation d'énergie domestique

(source. J.-M. Cayla, 2011)

| Description | 1 | 2 | 3 | 4 | Type |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------|----------------|---------------|-----------|
| Température dans la pièce principale pendant l'hiver | ≤ 16 ° C | De 17 à 19 ° C | De 20 à 22 ° C | ≥ 23 ° C | Intensité |
| Partie de la maison ne chauffe pas | > 50% | 25 à 50% | 0-25% | 0% | Intensité |
| la réduction de la température pendant les postes vacants demi-journée | Toujours | Souvent | Parfois | Jamais | Gestion |
| la réduction de la température pendant les postes vacants du week-end | Toujours | Souvent | Parfois | Jamais | Gestion |
| la réduction de la température pendant la semaine vacants | Toujours | Souvent | Parfois | Jamais | Gestion |
| la réduction de la température la nuit | Toujours | Souvent | Parfois | Jamais | Gestion |
| Durée de la ventilation par semaine | ≤ 35 min | 36-105 min | 106-135 min | ≥ 135 min | Gestion |
| Nombre de salles de bains par personne et par semaine | 0 | 0,5 | 1 | > 1 | Intensité |
| Durée totale de douches par personne et par semaine | ≤ 35 min | 36-70 min | 71-105 min | ≥ 135 min | Intensité |
| L'eau coule en permanence pendant les douches | Aucun | Parfois | | Oui | Gestion |
| Matin et soir fraîcheur est utilisé pour refroidir logement au cours de l'été | Souvent | Parfois | | Aucun | Gestion |
| Volets / stores sont fermés la nuit | Souvent | Parfois | | Aucun | Gestion |
| La lumière est maintenue lorsque la pièce est vide | Jamais | Rarement | Parfois | Régulièrement | Gestion |
| La lumière est utilisé pendant la journée | Jamais | Rarement | Parfois | Régulièrement | Gestion |
| Fréquence de la machine à laver par semaine | <1 | 1 | 2-6 | ≥ 7 | Intensité |
| Lave-linge est plein lors de l'utilisation | Oui | Ignorant | | Aucun | Gestion |
| Température de la machine à laver | ≤ 30 ° C | 40 ° C | 60 ° C | 90 ° C | Gestion |
| Fréquence de lave-vaisselle par semaine | <1 | 1 | 2-6 | ≥ 7 | Intensité |
| Lave-vaisselle est plein lors de l'utilisation | Oui | Ignorant | | Aucun | Gestion |
| Durée d'utilisation de la télévision et l'ordinateur | ≤ 3 h | 4-5 h | 6-7 h | ≥ 8 h | Intensité |
| Téléviseur est allumé quand personne ne le regarde | Désactivé | Veille | | Tourné sur | Gestion |
| Ordinateur est allumé lorsque personne ne l'utilise | Désactivé | Veille | Ecran éteint | Tourné sur | Gestion |

I.4 Méthodologies étudiées :

Cette section recense les différentes méthodologies étudiées, qui semblent être appropriées au sujet de cette recherche car elles tiennent compte des mêmes critères d'études, c'est-à-dire, l'évaluation de la performance énergétique du bâtiment en l'incluant, et en incluant ses occupants et leurs dépenses énergétiques.

L'objet de cette sous-partie est de justifier le choix de l'approche retenue : la méthodologie d'enquête sur les consommations d'énergie dans les habitations.

I.4.1 L'enquête Consommation d'énergie 2009 du CREDOC⁷²

Il s'agit d'une enquête réalisée par le CREDOC en 2009, pour la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP) du ministère de l'Ecologie. La problématique de cette enquête, et sa grille d'interrogation, se constituent de deux champs:

- **un champ technique** qui inventorie les caractéristiques du parc des logements français,
- **un champ de nature plus sociologique** qui explore les pratiques de consommation d'énergie des ménages.

L'enquête vise en premier lieu à actualiser les connaissances sur le parc de logement en termes de dates de construction, énergie et système de chauffage utilisés, niveau d'équipement de l'habitation. Parallèlement, elle s'intéresse aux comportements des individus, leurs habitudes de chauffage, d'aération du logement, d'économie d'énergie. Dans le champ sociologique, la question des pratiques de consommation d'énergie a été peu investie. Ce sont davantage les enquêtes d'opinion, qui portent à la fois sur le degré de sensibilité aux questions environnementales et sur le degré d'adhésion aux pratiques incitées par les politiques publiques (économie d'eau et d'énergie, tri des déchets, consommation de produits bio, achats d'équipements labellisés) qui ont connu un développement important. De ce point de vue, l'enquête du CREDOC pour la DHUP représente une innovation importante pour la France, l'approche par les comportements en matière de consommation d'énergie faisant jusque là défaut.⁷³

⁷² « CREDOC » Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie

⁷³ Bruno MARESCA, Anne DUJIN, Romain PICARD., LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS L'HABITAT ENTRE RECHERCHE DE CONFORT ET IMPERATIF ECOLOGIQUE. CAHIER DE RECHERCHE N°264, Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie, DECEMBRE 2009.

La grille de questionnement

Dans le cadre des travaux sur l'évolution des réglementations thermiques, notamment pour la future réglementation des bâtiments neufs, la DHUP mobilise de nombreuses données sur les caractéristiques du parc de logements français (types de bâtiments, énergies de chauffage utilisées, types d'équipement), et sur les comportements des occupants (habitudes de consommation de l'énergie, modes d'usage des appareils).

L'enquête Consommation d'énergie 2009 du CREDOC permet de connaître les différents déterminants de la consommation d'énergie dans les logements.

En effet, les réglementations thermiques des bâtiments font appel, pour le calcul des consommations d'énergie des bâtiments, à des comportements moyens d'usage des locaux, dit « scénarios conventionnels », prenant en compte les différents aspects suivants :

- l'occupation du logement ou du bâtiment (nombre de personnes au m², périodes d'occupation),
- le chauffage (périodes de chauffe et températures de consigne, usage d'appareils d'appoint),
- le refroidissement (périodes d'usage de la climatisation et températures de consigne),
- l'utilisation de la ventilation (système de ventilation, ouverture des fenêtres),
- l'utilisation de l'éclairage artificiel, l'utilisation des stores et volets pour l'occultation des ouvertures,
- l'usage de l'eau chaude sanitaire,
- l'utilisation d'appareils électroménagers, de la bureautique.

La DHUP s'appuie sur les données recueillies par le CREDOC pour actualiser ses scénarios conventionnels d'occupation des habitations et définir les réglementations thermiques les plus adaptées.

Il s'agit de la réglementation thermique pour les bâtiments neufs (RT 2005 en vigueur, et bientôt RT 2010-2012), et de la réglementation thermique pour les bâtiments existants (RT existant dite « globale » qui s'applique aux rénovations importantes de bâtiments de plus de 1000m²). L'actualisation des comportements moyens d'usage des locaux est également essentielle pour la mise en oeuvre du Diagnostic de Performance Energétique (DPE).

I.4.2 "La mesure des attitudes et des comportements des Bruxellois en matière de consommation d'énergie: apport d'un baromètre de l'utilisation rationnelle de l'énergie (URE)".2007⁷⁴

Le but de ce travail était de bien comprendre ce que recouvre la *consommation domestique d'énergie* elle-même et quels en sont les éléments déterminants. Il semble indispensable de bien appréhender la *spécificité* de la consommation d'énergie, c'est-à-dire les différences de comportements et d'attitudes selon les usages (se chauffer, se laver, s'éclairer, cuisiner, nettoyer, se divertir) et donc les besoins qui les sous tendent.

Le baromètre⁷⁵ dressé ici est basé sur un questionnaire mais celui-ci est complété par quelques données globales qui permettront d'interpréter d'éventuelles tendances.

La consommation d'énergie en RBC :

Ils ont mis en évidence quatre **variables explicatives** de la hausse de la consommation d'énergie en région Bruxelloise

-La première est l'effet climat, qui explique les variations saisonnières et temporelles

-La seconde est l'effet parc (ou effet activité), qui représente l'augmentation de la taille du parc de logement.

-La troisième est l'effet parc électrique, qui reprend l'augmentation de la consommation électrique due spécifiquement à la croissance du nombre de logements chauffés à l'électricité.

-La quatrième et dernière, la plus conséquente, est l'effet intensité (ou effet de structure), c'est-à-dire l'augmentation de l'intensité électrique qui se traduit par un équipement plus important en électroménager.

- On peut ajouter une dernière variable explicative: l'effet **efficience énergétique** qui recouvre à la fois les variations de consommation dues aux variations de performance des équipements et aux modifications de comportement des usagers (croissance des besoins en eau chaude par exemple). Cependant, le gain d'énergie apporté par l'amélioration de la performance énergétique peut être compensé par un plus grand nombre d'équipements électroménagers (taux de pénétration) ainsi qu'une utilisation plus fréquente de ceux-ci. Ce retournement,

⁷⁴ QUERTINMONT Jean-Charles, 2007, La mesure des attitudes et des comportements des Bruxellois en matière de consommation d'énergie: apport d'un baromètre de l'utilisation rationnelle de l'énergie (URE), Mémoire de Fin d'Études en Gestion de l'Environnement, page 27.

⁷⁵ Baromètre : un procédé qui enregistre les variations de quelque chose et en indique la tendance

appelé "**effet rebond**" peut aussi être observé en ce qui concerne la consommation des combustibles de chauffage: la généralisation des installations de chauffage central, bien que présentant des rendements supérieurs(dans le sens d'une économie d'échelle) , est aussi déterminante dans les hausses de consommation (on chauffe tout le logement plutôt que une ou deux pièces).

Construction du baromètre :

Les dimensions principales retenues pour la construction du baromètre afin de centrer les indicateurs sur les éléments clés de la consommation domestique d'énergie sont les suivantes:

- caractéristiques sociodémographiques
- caractéristiques du logement et des équipements
- utilisations (et pratiques) des équipements, des appareils .

I.4.3 .Enquête Phébus 2013 :

L'enquête **Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et USages de l'énergie** (Phébus) ⁷⁶est une enquête nouvelle et ponctuelle réalisée par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie en France.

Elle comprend deux volets réalisés séparément :

1. le premier volet correspond à un entretien en face à face avec les occupants des logements, sur leurs équipements consommateurs d'énergie, leurs consommations énergétiques, leur attitude vis-à-vis de l'énergie.
2. le deuxième volet correspond à un diagnostic de performance énergétique (DPE) du logement.

Objectif : Fournir une photographie des performances énergétiques

L'enquête Phébus vise à fournir une photographie des performances énergétiques du parc des logements, en permettant de les analyser en fonction des caractéristiques de leurs occupants, des équipements ménagers, de leurs usages énergétiques et de leurs consommations d'énergie. Elle doit aussi permettre d'étudier la précarité énergétique, en mettant en regard les revenus et la part des dépenses énergétiques, ainsi que des questions plus subjectives sur la satisfaction en termes de chauffage.

⁷⁶ CONSEIL NATIONAL DE L'INFORMATION STATISTIQUE .Commission Environnement et développement durable – 12 avril 2012. Projets d'enquêtes pour avis d'opportunité.

Procédure

L'enquête comprend deux volets distincts :

- un entretien en face à face avec les occupants des logements ;
- un diagnostic de performance énergétique (DPE) du logement.

Elle est menée en 2013 et porte au minimum sur la période hivernale 2012/2013. Seuls les logements ayant réalisé l'entretien en face à face et donné leur accord sont interrogés pour le DPE.

Les thèmes abordés dans le premier volet « Phebus-Clode » sont les suivants :

1. les caractéristiques générales du logement et des occupants (taille, statut d'occupation)
2. les caractéristiques socio-démographiques du ménage (composition, âge, sexe, diplôme, situation, profession, nature de l'emploi, revenus)
3. les travaux d'amélioration de l'habitat et pouvant avoir un impact sur l'efficacité énergétique (travaux d'isolation, changement de la chaudière, des fenêtres, installation de panneaux solaires)
4. L'équipement du logement (modes de chauffage, équipements ménagers électriques les plus " énergivores ")
5. Les usages et comportements énergétiques :
 - la fréquence d'utilisation des équipements ménagers les plus « énergivores »
 - les scénarios d'occupation des logements (période d'inoccupation du logement, période de Chauffage, réglage de température nuit/jour, pratique d'aération, ouverture des fenêtres)
 - la mesure de la satisfaction en termes de chauffage
 - l'évaluation des restrictions que les ménages s'imposent en terme de consommation d'énergie pour baisser leurs factures
6. les consommations d'énergie.

Lors du DPE, le diagnostiqueur recueille des informations relatives au système de chauffage du logement, à son isolation, à son plancher, à ses fenêtres... de façon à pouvoir établir un diagnostic complet de sa performance énergétique.

Le questionnement du volet « **Clode** » (cadrage sur les logements, leurs occupants, leurs dépenses énergétiques) est centré sur les questions relatives aux dépenses énergétiques ; la description des occupants et des principales caractéristiques du logement permettront cependant d'avoir des données de cadrage indispensables, pour faire l'évaluation des politiques de l'énergie.

Le second volet « **Phebus-DPE** » consiste à faire effectuer un diagnostic de performance énergétique (DPE) officiel visant à mesurer la performance énergétique du logement et à préconiser des voies d'amélioration via les recommandations figurant dans le DPE.

il est conseillé à l'enquêté de disposer lors de l'entretien des factures de gaz et d'électricité couvrant une période la plus récente possible d'au minimum 12 mois et d'au maximum 24 mois .

Le DPE est envoyé environ trois semaines après la visite du diagnostiqueur.

Cible de l'enquête

L'unité statistique examinée est le logement. Les réponses sont relatives au logement pour ce qui est de la performance énergétique, et au ménage pour ce qui est des comportements.

Champ de l'enquête

Le champ de l'enquête est constitué des logements ordinaires occupés à titre de résidence principale.

Champ géographique de l'enquête

L'enquête couvre la France métropolitaine

I.4.4 .La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel: facteurs socio-techniques (SEREC)⁷⁷.2009

Contexte

Pour atteindre leurs objectifs dans le cadre du Protocole de Kyoto, les pays de l'hémisphère Nord devraient limiter leurs émissions atmosphériques liées à leur consommation d'énergie. Ce projet de recherche est centré sur la consommation énergétique des ménages (à l'exclusion du transport).

Description du Projet

Cette étude socio-technique des ménages belges vise à une meilleure compréhension de leurs pratiques énergétiques⁷⁸. En effet, la consommation d'énergie des ménages dépend de deux types de facteurs qui sont fortement interdépendants :

-les caractéristiques techniques du logement (surface, facteur d'isolation, caractéristiques de la chaudière, etc.) et

⁷⁷(SEREC) Socio-technical factors influencing residential energy consumption

⁷⁸ Banque de données projets FEDRA.[en ligne] : <http://www.belspo.be>

-des caractéristiques socio-économiques des membres du ménage (taille du ménage, groupe de revenus, nombre, type et utilisation d'appareils électriques, température intérieure, représentation sur l'environnement, etc.)

Objectifs

Ce projet de recherche a deux objectifs : mieux comprendre les pratiques des ménages liées à la consommation d'énergie, et apporter un support accru à la décision dans le domaine des politiques énergétiques.

Le premier objectif est rencontré par une étude socio-technique sur les ménages belges, menée par une équipe multidisciplinaire où des ingénieurs, collaborent avec des sociologues et démographes.). Cette étude socio-technique vise à fournir une contribution sociologique permettant une réévaluation des facteurs socio-techniques qui expliquent les changements effectifs et la résistance au changement dans le secteur de la consommation domestique d'énergie.

Le second objectif est rencontré en traduisant les résultats de l'étude socio-technique et recommandations aux responsables de campagnes de sensibilisation du public et aux conseillers en énergie. L'objectif est d'intégrer les connaissances non- techniques avec les connaissances techniques existantes, afin de proposer une formation plus complète et plus efficace pour les conseillers en énergie.

Méthodologie

L'enquête socio-technique est composée de trois procédures de recueil des données.

- L'enquête socio-démographique porte sur la consommation d'énergie, les comportements, les représentations et les connaissances

- . • Les personnes intéressées par un audit énergétique pourront participer à l'un des trois groupes de « testeurs énergétiques » décrits ci-dessous et composant l'enquête technique.

- o L'évaluation énergétique complète qui consiste en un recueil des caractéristiques du bâtiment, de l'installation ,accompagné d'une proposition de mesures spécifiques d'économie d'énergie. Les consommations seront mesurées par des appareils de surveillance appropriés.

- o L'évaluation énergétique rapide qui est un instrument permettant de rassembler rapidement des données pertinentes dans le but d'une comparaison de consommation entre ménages.

- o Le journal de bord qui consiste en un compte-rendu quotidien de comportements liés à la consommation d'énergie.

L'interaction entre les recueils de données sociales et techniques est un des piliers de la méthodologie appliquée.

Résultats et/ou produits attendus

La recherche devra aboutir à un état des lieux de la consommation en énergie dans les ménages et à une évaluation des méthodes de mesure et de divulgation de recommandations d'économies d'énergie.

Conclusion :

De cette vaste revue de littérature, on retient que la consommation d'énergie résidentielle n'est pas seulement influencée par les caractéristiques de construction, mais également influencée par les caractéristiques des ménages, et le comportement des occupants.

Les caractéristiques des occupants qui concernent la consommation d'énergie comprennent l'âge des occupants, le revenu, la taille du ménage et le niveau d'éducation. Parmi ces caractéristiques démographiques et socio-économiques, les liens entre le revenu des ménages et la consommation d'énergie ont été trouvés dans de nombreuses études.

Ces études ont trouvé que le revenu du ménage était un facteur important qui influence la taille, l'âge, le type, la qualité de l'enveloppe du logement et le type d'équipement, ce qui influe directement sur la consommation d'énergie.

En outre, l'âge a été trouvé à être étroitement lié au comportement du confort thermique, et influence donc la consommation d'énergie de chauffage.

En effet, la plupart des études existantes ont indiqué une relation positive entre l'âge des occupants et la consommation d'énergie pour le chauffage. En général, les ménages les plus âgés ont tendance à consommer plus d'énergie pour le chauffage de l'espace que les plus jeunes, les occupants âgés préfèrent un environnement intérieur plus chaud et utilisent le chauffage pendant de longues heures.

D'autre part, il est important de noter que les études existantes dans le secteur résidentiel à travers le monde sont principalement axées sur des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment en tissu isolant surtout. Cependant, des études plus récentes commencent à étudier l'impact des occupants sur la consommation d'énergie. Et essayent d'évaluer le potentiel d'économie d'énergie par l'amélioration du comportement des occupants dans la vie domestique par le biais de l'éducation d'économies d'énergie.

Deuxième partie :
Partie expérimentale

Chapitre IV :
Matériels et méthodes

Introduction :

Ce chapitre comporte trois sections,

D'abord, l'analyse climatique de la ville de Sétif est présentée dans une première section, dans le but de déterminer les besoins de confort des habitants. Puis, la présentation des trois cas d'étude dans une seconde section. Enfin dans la dernière section intitulée " Méthodologie d'approche ", présente la méthodologie appliquée permettant d'étudier l'impact des caractéristiques des ménages et de la construction sur la consommation d'énergie résidentielle. Qui se subdivise en deux sous-sections.

La première sous –section concerne la simulation par les deux logiciels.

La deuxième sous –section concerne le travail investigatif d'enquête.

I.1 Analyse climatique de la ville de Sétif :

Il est important d'aborder l'étude climatique de la ville, C'est-à-dire le régime de température et de l'humidité de l'air, le régime et la nature des précipitations, l'ensoleillement, le régime et la nature des vents. Parce que cette étude va permettre par la suite d'analyser le comportement thermique du logement en faisant appel à ces contraintes externes qui lui sont associées.

Sétif est une région semi-aride caractérisée par une saison "chaude et sèche "s'étendant sur la plus grande partie de l'année et une saison "froide et humide", avec de faibles précipitations.

I.1.1 Température :

C'est une donnée importante qui intervient dans l'évaporation, le rayonnement et le mouvement des masses.

La courbe des températures moyennes mensuelles (Figure IV-1) montre que :

- La moyenne annuelle des températures est de 14.90C°.
- Le mois le plus froid de l'année est le mois de Janvier avec $T_{moy} 5.60 C^{\circ}$.
- Le mois le plus chaud de l'année est le mois de Juillet avec $T_{moy} 26.65 C^{\circ}$.
- L'année peut être divisée en trois (03) saisons:

La saison chaude (de Juin à Septembre)

La saison intermédiaire (Avril - Mai, Octobre)

La saison froide (de Novembre à Mars).

I.1.2 Humidité :

La courbe de l'humidité relative (**Figure IV-2**) varie dans le sens inverse que celle des températures et des radiations solaires, les moyennes mensuelles se rapprochent des 80% pour les périodes froides ce qui laisse penser à un climat hivernal froid et humide.

I.1.3 Ensoleillement :

Le rayonnement solaire est une radiation électromagnétique émise par le soleil avec une gamme de longueur d'onde comprise entre 0.28 à 3 Microns.

L'ensoleillement est considérable dans la ville de Sétif. Pratiquement, pour une latitude de 36°, le nombre d'heures d'ensoleillement dépasse les 11 heures par jour en été, et les 5 heures en hiver comme le montre la **Figure IV-3**.

A Sétif, la durée d'insolation effective est très importante pendant toute l'année. Elle est comprise entre 175 h pour le mois de janvier et plus de 350 h pour le mois de Juillet (**Figure VI-3**.)

Le mois où le ciel est plus clair, le sol reçoit une fraction d'insolation importante de l'ordre de 80%.

Le mois où le ciel est couvert, le sol reçoit une fraction d'insolation de l'ordre de 45%.

I.1.4 Précipitations :

L'examen des données pluviométriques (**Figure IV-4**) permet de tirer les conclusions suivantes :

- Les pluies tombent d'une façon irrégulière.
- La hauteur des pluies mensuelles varie entre 16 et 49 mm.
- Le mois le plus pluvieux de l'année est le mois d'Avril avec 49.09 mm.
- Le mois le plus sec de l'année est le mois de Juillet (16.03 mm), suivi du mois d'Aout (16.83 mm).
- Donc la répartition annuelle des précipitations est marquée par une importante période de sécheresse (trois mois : juin, juillet, aout) ou les précipitations sont très faibles et si elles existent-elles tombent sous forme d'orage, le reste paraît plus humide.

Répartition saisonnière des pluies :

Tableau.IV-1. représentation des modules pluviométriques saisonniers

| Saison | Pluie | % |
|-----------|--------|-------|
| Automne | 105.76 | 26.06 |
| Hiver | 122.54 | 30.19 |
| Printemps | 125.58 | 30.94 |
| Eté | 51.89 | 12.78 |
| Total | 405.77 | 100 |

Ce tableau montre le pourcentage des pluies :

- En automne (septembre, octobre, novembre)
- En hiver (décembre, janvier, février)
- En printemps (mars, avril, mai)
- Et en été (juin, juillet, aout)

On remarque que les saisons les plus pluvieuses sont l'hiver et le printemps, avec 30.19% et 30.94% des pluies annuelles respectivement,

Soit 122.54 mm de pluviosité pour l'hiver ,et 125.58 mm de pluviosité pour le printemps .suivi de 26.06% (105.76 mm) de pluviosité pour l'automne . La saison sèche est l'été qui comprend 12.78 % de la pluviosité de l'année soit 51.89 mm.

I.1.5 Vents :

Les vents qui prédominent à Sétif sont de direction Nord et Nord Ouest (**Figure IV-6**) avec des vitesses moyennes qui varient entre 2.4 et 2.9 pour une moyenne annuelle de 2.67. (**Figure IV-5**). Ces vents sont froids et humides pendant la période hivernale.

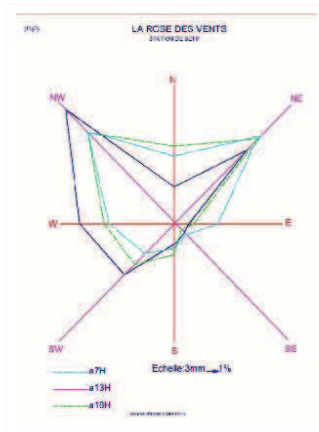
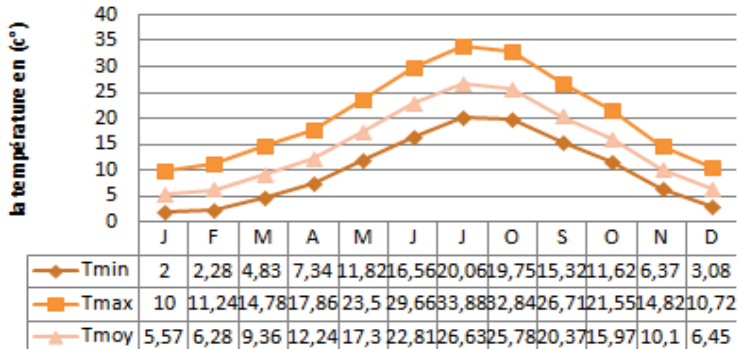
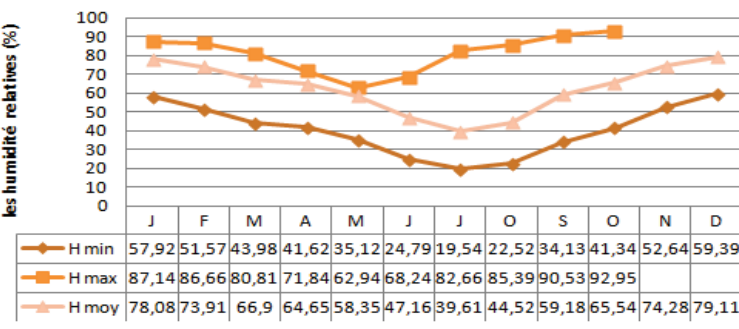
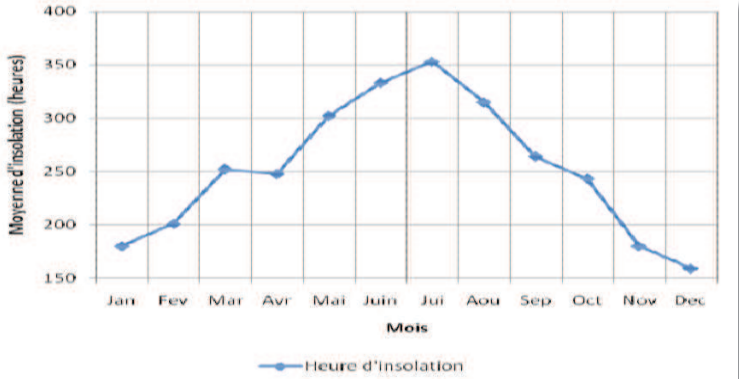
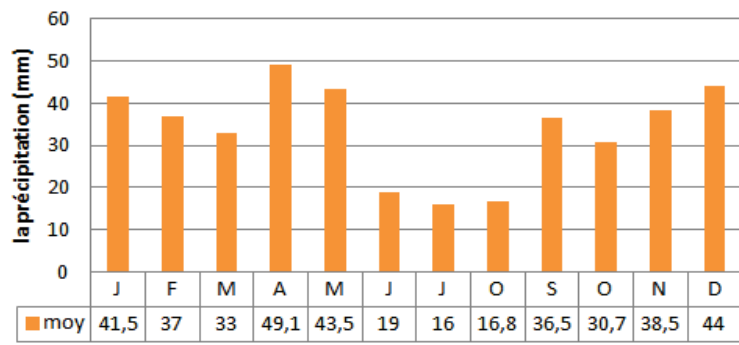
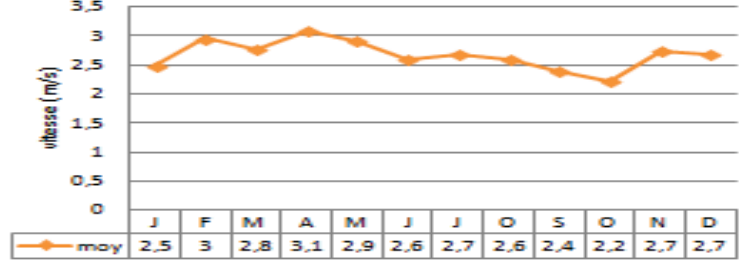


Figure IV-6.la rose des vents. (source : station météo: SETIF-SFIHA)

|  <table border="1" data-bbox="236 465 951 566"> <thead> <tr> <th></th> <th>J</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>O</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tmin</td> <td>2</td> <td>2,28</td> <td>4,83</td> <td>7,34</td> <td>11,82</td> <td>16,56</td> <td>20,06</td> <td>19,75</td> <td>15,32</td> <td>11,62</td> <td>6,37</td> <td>3,08</td> </tr> <tr> <td>Tmax</td> <td>10</td> <td>11,24</td> <td>14,78</td> <td>17,86</td> <td>23,5</td> <td>29,66</td> <td>33,88</td> <td>32,84</td> <td>26,71</td> <td>21,55</td> <td>14,82</td> <td>10,72</td> </tr> <tr> <td>Tmoy</td> <td>5,57</td> <td>6,28</td> <td>9,36</td> <td>12,24</td> <td>17,3</td> <td>22,81</td> <td>26,63</td> <td>25,78</td> <td>20,37</td> <td>15,97</td> <td>10,1</td> <td>6,45</td> </tr> </tbody> </table> | | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | Tmin | 2 | 2,28 | 4,83 | 7,34 | 11,82 | 16,56 | 20,06 | 19,75 | 15,32 | 11,62 | 6,37 | 3,08 | Tmax | 10 | 11,24 | 14,78 | 17,86 | 23,5 | 29,66 | 33,88 | 32,84 | 26,71 | 21,55 | 14,82 | 10,72 | Tmoy | 5,57 | 6,28 | 9,36 | 12,24 | 17,3 | 22,81 | 26,63 | 25,78 | 20,37 | 15,97 | 10,1 | 6,45 | <p>Température :</p> <p>Figure IV-1. Courbes des températures minimales, maximales, et moyennes mensuelles 1995-2011 (source : station météo: SETIF-SFIHA)</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tmin | 2 | 2,28 | 4,83 | 7,34 | 11,82 | 16,56 | 20,06 | 19,75 | 15,32 | 11,62 | 6,37 | 3,08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tmax | 10 | 11,24 | 14,78 | 17,86 | 23,5 | 29,66 | 33,88 | 32,84 | 26,71 | 21,55 | 14,82 | 10,72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tmoy | 5,57 | 6,28 | 9,36 | 12,24 | 17,3 | 22,81 | 26,63 | 25,78 | 20,37 | 15,97 | 10,1 | 6,45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <table border="1" data-bbox="236 853 951 949"> <thead> <tr> <th></th> <th>J</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>O</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H min</td> <td>57,92</td> <td>51,57</td> <td>43,98</td> <td>41,62</td> <td>35,12</td> <td>24,79</td> <td>19,54</td> <td>22,52</td> <td>34,13</td> <td>41,34</td> <td>52,64</td> <td>59,39</td> </tr> <tr> <td>H max</td> <td>87,14</td> <td>86,66</td> <td>80,81</td> <td>71,84</td> <td>62,94</td> <td>68,24</td> <td>82,66</td> <td>85,39</td> <td>90,53</td> <td>92,95</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>H moy</td> <td>78,08</td> <td>73,91</td> <td>66,9</td> <td>64,65</td> <td>58,35</td> <td>47,16</td> <td>39,61</td> <td>44,52</td> <td>59,18</td> <td>65,54</td> <td>74,28</td> <td>79,11</td> </tr> </tbody> </table> | | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | H min | 57,92 | 51,57 | 43,98 | 41,62 | 35,12 | 24,79 | 19,54 | 22,52 | 34,13 | 41,34 | 52,64 | 59,39 | H max | 87,14 | 86,66 | 80,81 | 71,84 | 62,94 | 68,24 | 82,66 | 85,39 | 90,53 | 92,95 | | | H moy | 78,08 | 73,91 | 66,9 | 64,65 | 58,35 | 47,16 | 39,61 | 44,52 | 59,18 | 65,54 | 74,28 | 79,11 | <p>Humidité :</p> <p>Figure IV-2. Courbes des humidités relatives minimales, maximales, et moyennes mensuelles 1995-2011 (source : station météo : SETIF-SFIHA)</p> |
| | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H min | 57,92 | 51,57 | 43,98 | 41,62 | 35,12 | 24,79 | 19,54 | 22,52 | 34,13 | 41,34 | 52,64 | 59,39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H max | 87,14 | 86,66 | 80,81 | 71,84 | 62,94 | 68,24 | 82,66 | 85,39 | 90,53 | 92,95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H moy | 78,08 | 73,91 | 66,9 | 64,65 | 58,35 | 47,16 | 39,61 | 44,52 | 59,18 | 65,54 | 74,28 | 79,11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <table border="1" data-bbox="209 958 951 1335"> <thead> <tr> <th>Mois</th> <th>Jan</th> <th>Fev</th> <th>Mar</th> <th>Avr</th> <th>Mai</th> <th>Juin</th> <th>Jui</th> <th>Aou</th> <th>Sep</th> <th>Oct</th> <th>Nov</th> <th>Dec</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Heure d'insolation</td> <td>180</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>300</td> <td>330</td> <td>350</td> <td>320</td> <td>270</td> <td>250</td> <td>180</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table> | Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Jui | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec | Heure d'insolation | 180 | 200 | 250 | 250 | 300 | 330 | 350 | 320 | 270 | 250 | 180 | 160 | <p>Ensoleillement :</p> <p>Figure IV-3. Moyenne mensuelle de l'insolation en heures Sétif 1995_2005 (source : station météo : SETIF-SFIHA)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mois | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Juin | Jui | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Heure d'insolation | 180 | 200 | 250 | 250 | 300 | 330 | 350 | 320 | 270 | 250 | 180 | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <table border="1" data-bbox="236 1653 951 1727"> <thead> <tr> <th></th> <th>J</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>O</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>moy</td> <td>41,5</td> <td>37</td> <td>33</td> <td>49,1</td> <td>43,5</td> <td>19</td> <td>16</td> <td>16,8</td> <td>36,5</td> <td>30,7</td> <td>38,5</td> <td>44</td> </tr> </tbody> </table> | | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | moy | 41,5 | 37 | 33 | 49,1 | 43,5 | 19 | 16 | 16,8 | 36,5 | 30,7 | 38,5 | 44 | <p>Précipitations :</p> <p>Figure IV-4. répartition mensuelle des pluies 1995-2011 (source : station météo : SETIF-SFIHA)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| moy | 41,5 | 37 | 33 | 49,1 | 43,5 | 19 | 16 | 16,8 | 36,5 | 30,7 | 38,5 | 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <table border="1" data-bbox="236 1966 951 2033"> <thead> <tr> <th></th> <th>J</th> <th>F</th> <th>M</th> <th>A</th> <th>M</th> <th>J</th> <th>J</th> <th>O</th> <th>S</th> <th>O</th> <th>N</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>moy</td> <td>2,5</td> <td>3</td> <td>2,8</td> <td>3,1</td> <td>2,9</td> <td>2,6</td> <td>2,7</td> <td>2,6</td> <td>2,4</td> <td>2,2</td> <td>2,7</td> <td>2,7</td> </tr> </tbody> </table> | | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | moy | 2,5 | 3 | 2,8 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,7 | 2,7 | <p>Vents :</p> <p>Figure IV-5. Variation de la vitesse moyenne des vents. 1995-2011 (source : station météo : SETIF-SFIHA)</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | J | F | M | A | M | J | J | O | S | O | N | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| moy | 2,5 | 3 | 2,8 | 3,1 | 2,9 | 2,6 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,7 | 2,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

I.1.6 Calcul de l'indice d'aridité d'après E.D. Martonne :

$$Im = P / (T + 10)$$

$$= 405.77 / (14.90 + 10)$$

$$= 19.41$$

Im=indice d'aridité

P = précipitations de l'année

T = température moyenne annuelle

La lecture caractéristique de cet indice se fait de la manière suivante :

* $Im < 5$ climat hyper-aride.

* $5 < Im < 10$ climat aride.

* $10 < Im < 20$ climat semi-aride.

* $20 < Im < 30$climat semi-humide.

* $30 < Im < 55$climat humide.

Pour la ville de Sétif $Im = 19.41$ donc c'est une région semi-aride avec $10 < Im < 20$

I.2 Présentation des cas d'étude :

Cette section présente les immeubles de logement collectif choisis pour l'étude, et qui sont représentatifs des différentes périodes et des modes de construction à Sétif.

Ces trois immeubles sont analysés sous l'angle architectural et thermique.

Dans une première partie, la forme urbaine et les techniques constructives sont analysées.

Dans une seconde partie les atouts et les faiblesses des bâtiments en tant que consommateurs d'énergie sont identifiés.

Pour réduire efficacement les consommations énergétiques d'un bâtiment, il est essentiel de bien identifier ses sources de déperditions.

Les déperditions thermiques d'un immeuble varient selon :

- **sa forme et son implantation** : l'idéal étant qu'il soit compact et accolé à d'autres bâtiments
- **La qualité de ses façades** : épaisseur des murs, nombres et qualité des fenêtres, isolation
- **ses équipements techniques** : chauffage, ventilation¹.

¹ APUR, atelier parisien d'urbanisme, La thermographie des façades des immeubles de paris, Decembre2007.

I.2.1 Le premier cas d'étude : L'héritage du 19^{ème} siècle (l'immeuble de rapport du style néoclassique) construit avant 1930 :



Figure IV-7. Immeuble de rapport du style néoclassique. Immeuble **HENRY**, Avenue 1^{er} Novembre 1954. (Source : auteur, 2013)



Figure IV-8. Plan de masse- Immeuble de rapport du style néoclassique. Immeuble **HENRY**. (Source : Google Earth)

I.2.1.1 Forme urbaine et analyse architecturale :

Forme urbaine

Les îlots sont de petite dimension

Les parcelles sont généralement de forme régulière, avec un minimum de 12 mètres de large sur la rue.

À l'échelle de l'îlot, les bâtiments forment un ensemble généralement compact, et dense.

Les volumétries sont homogènes : de R+3 à R+4.

Les bâtiments sont systématiquement implantés à l'alignement sur rue.

La mise en commun des cours intérieures entre les parcelles. La présence de courettes de 3 à 4 mètres de large est systématique pour permettre l'éclairage et la ventilation naturelle des pièces sur cour.

L'implantation des bâtiments en mitoyenneté limite les déperditions énergétiques, en multipliant les adossements.

Les apports solaires pour les façades sur cour sont faibles.

Techniques de Construction

Les façades de ce type d'immeuble de rapport du style néoclassique sont essentiellement constituées de blocs de pierres formant un mur de 45 à 50 cm d'épaisseur bénéficiant généralement d'une qualité architecturale élevée.

Les toitures sont des combles non habités, à 2 pentes et constituées de rampants en tuile

Structure dans le parc

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Période de construction | Avant 1930 |
| Situation géographique | Centre ville de la ville de Sétif |

Caractéristiques urbaines et architecturales

| | |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Position du bâtiment sur la parcelle | Alignement sur rue mitoyenneté |
| Surface du logement | 103 m ² |
| Volumétrie/ gabarit | R+3 Combles non habitables |
| Rapport vide / plein en façade | 40% de vitrage |
| Orientation | Nord/ sud |
| Hauteur sous plafond | 3.20 m |
| Compacité du bâti | C= 0.56 un système spatial distributif en triple corps structuré autour d'un espace central matérialisé par la position des cours/courettes et des escaliers. |
| Façade | rythmique des ouvertures et des balcons (filants / partiels) Ornementation riche : les frises, les entablements de balcons, les sculptures et la ferronnerie. Gaine de cheminée apparente sur la toiture |

Caractéristiques constructives

| | | |
|--------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parois verticales | structure | façade porteuse en pierre de taille (50 cm d'épaisseur) |
| | Isolation thermique | aucune |
| Ouverture | | portes fenêtres de taille identique et superposées pour les pièces principales. Menuiserie en bois Vitrage simple Persiennes |
| Toiture | disposition | Double pente |
| | structure | Charpente bois |
| | Revêtement | Tuile |
| | Isolation thermique | Aucune |
| Planchers intermédiaires | | Planchers en bois sur solive en bois |
| Ventilation | | ventilation naturelle |

| | |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Disposition intérieure (Figure IV-9)</p> | <p>appartements traversant (chambres, salon, salle à manger sur rue et cuisine, salle de bain sur cour) Rez de chaussée commercial Cour intérieure accessible par un accès secondaire de l'immeuble</p> |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

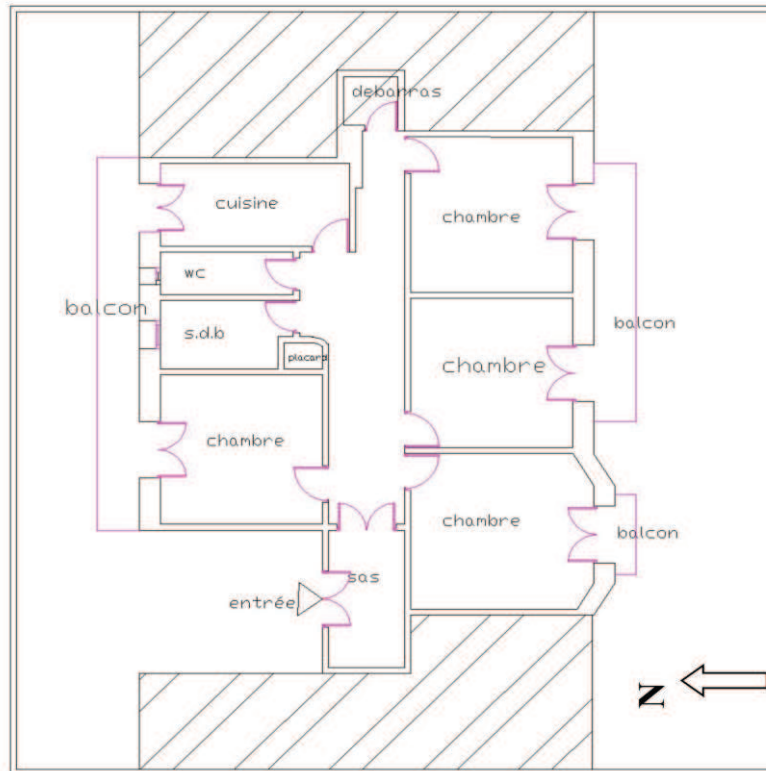


Figure IV-9. Plan intérieur – immeuble Henry – (Source : auteur, 2013)

Matériaux constituant l'enveloppe :

Tableau IV-2: Matériaux constituant l'enveloppe du logement colonial
(Source : auteur, 2013)

| Paroi | Matériau | Epaisseur (cm) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Paroi extérieure en pierre de taille | Enduit de ciment | 0.2 à 0.5 |
| | Pierre de taille | 50 |
| | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 |
| Paroi intérieure en brique pleine | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 |
| | Brique pleine | 10 |
| | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 |
| Plancher bas* | Carrelage | 2 |
| | Bardeaux jointifs (plaque de bois) | 2 |
| | Solive (poutrelle en bois) | 5 |
| | Lattis bois | 2 |
| | Enduit de ciment | 0.2 à 0.5 |
| | Faux plafond | 2 |
| Toiture en tuile | Tuiles | 2 |
| | Contre chevron (bois) | 5 |
| | Panneau de sous-toiture étanche et respirant (bardeaux de bois) | 2 |
| | Lame d'air | 4 |
| | Isolant en vrac (laine de bois) | 4 |
| | Lambris (plaque de gypse) | 2 |

*le plancher bas est un plancher intermédiaire.

I.2.1.2 Analyse thermique du bâti :**Ponts thermiques géométriques**

Le niveau d'ornementation assez élevé de la façade ainsi que les saillies créent des zones de moindre résistance thermique qui occasionnent des fuites thermiques, notamment au niveau des balcons ².

Façade porteuse

Les murs de façade, les murs de refend et les murs mitoyens portent l'intégralité du bâtiment. Les planchers ne contribuent que peu à la stabilité de l'édifice, et pénètrent à minima dans les façades pour ne pas contraindre la portance des façades.

La conséquence de ce principe constructif est que les planchers n'occasionnent pas de ponts thermiques. (**Figure IV-10 et Figure IV-11**).

² Id. Analyse de la performance thermique des logements parisiens, MARS 2011

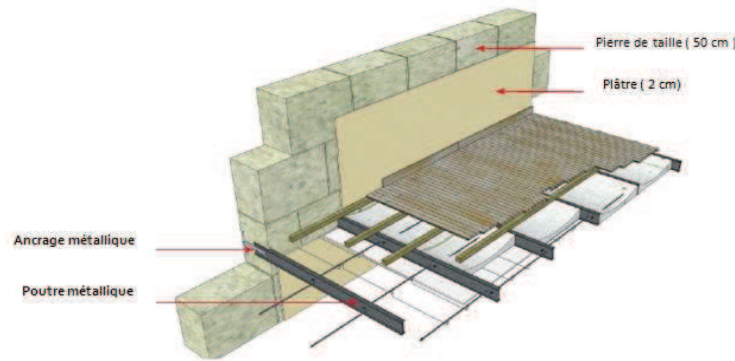


Figure IV-10. Coupe de mur : façade porteuse en pierre de taille; plancher avec poutre métallique et remplissage plâtre (source : APUR, MARS 2011)

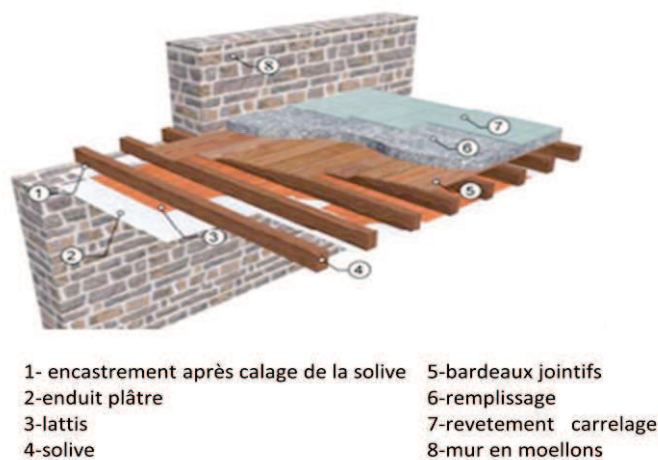


Figure IV-11 . Coupe de mur : façade porteuse ; plancher à ossature en bois (source : APUR, MARS 2011)

Effet de paroi froide

La sensation de confort thermique dépend de deux choses : la température du logement et la température des parois du logement³.

Dans les logements non isolés les murs ont des températures de surface souvent basses ce qui accentue la sensation d'inconfort en hiver et pousse les occupants à surchauffer le logement. Ce phénomène est connu sous le nom de phénomène de paroi froide et caractérise la plupart des logements non isolés.

On peut simuler l'évolution de la température en régime stationnaire⁴ sur un mur en pierre, pour une température extérieure de 0 °C et une température intérieure de 20 °C.

On constate une température sur les parois intérieures de 16°C. Le phénomène de paroi froide

³ Loc.cit

⁴ On définit un régime permanent (ou stationnaire) quand les températures ne dépendent pas du temps. La température ne dépend plus que de la disposition du point où l'on effectue la mesure et plus du temps.

est très prononcé (Figure IV-12).

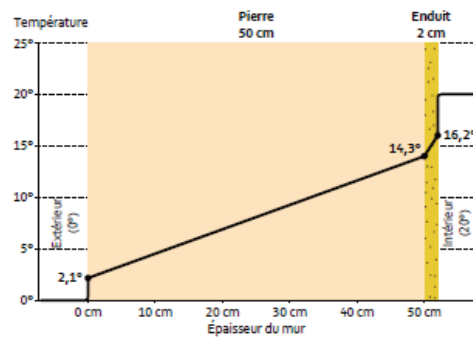


Figure IV-12. Effet de paroi froide sur un mur de 50 cm en pierre (APUR ,2011)

Les ouvertures :

Les simples vitrages qui subsistent entraînent en général des pertes thermiques importantes et participent à l’effet de paroi froide.

L’inertie thermique, l’atout des bâtiments anciens

Les bâtiments anciens ont été construits avec des matériaux denses capables d’emmagasinier de grandes quantités de chaleur, cette propriété s’appelle l’inertie thermique (Figure IV-13)

Lorsque la température varie de façon importante entre le jour et nuit (en demi-saison par exemple), l’inertie permet de protéger les occupants des variations de température et garantit un certain confort intérieur.

De même, lorsqu’un épisode de canicule démarre, les bâtiments à forte inertie mettent un certain temps à s’échauffer et restent donc agréable à vivre sans nécessité de climatiser pendant les premiers jours de la vague de chaud.

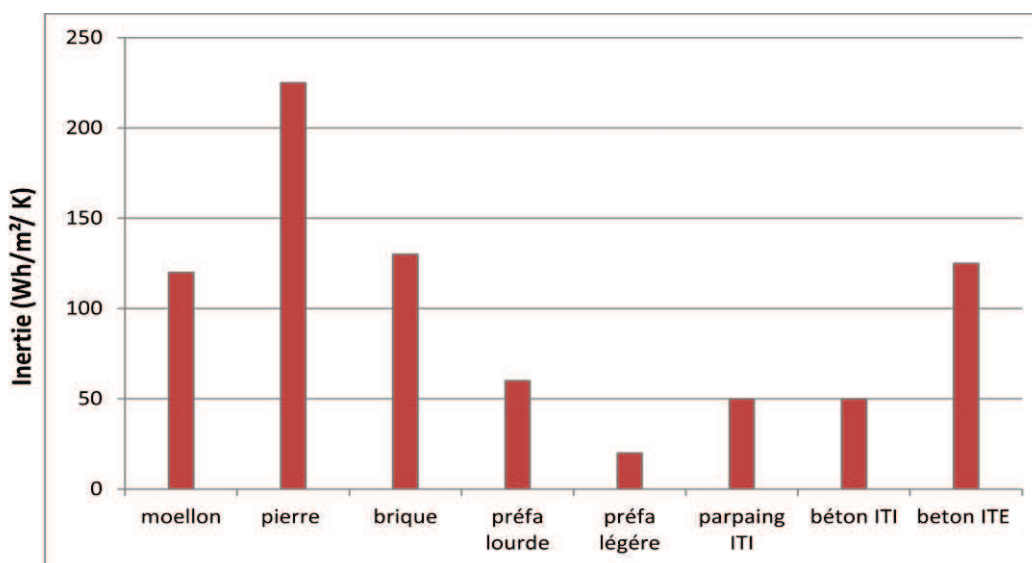


Figure IV-13.. Inertie des murs selon les techniques constructives (source APUR ,2011)

Ventilation

Les bâtiments anciens sont ventilés naturellement, cette ventilation est essentiellement assurée par l’ouverture des fenêtres par les occupants qui gèrent ainsi eux-mêmes le renouvellement de l’air.

La ventilation est une source de déperdition de chaleur puisque l’air chaud chauffé par les occupants s’échappe à l’extérieur du bâtiment

Les appartements, lorsqu’ils sont grands, sont toujours traversant ce qui permet à la ventilation naturelle de fonctionner correctement puisqu’il existe toujours une différence de pression entre l’air extérieur sur rue et l’air extérieur sur cour.

Ce point est un avantage très important pour le confort d’été, puisque lorsque toutes les fenêtres sont ouvertes l’appartement se ventile efficacement la nuit.

Atouts et faiblesses du logement colonial :

| POINTS FORTS DU BÂTI ANCIEN | POINTS FAIBLES DU BÂTI ANCIEN |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Forte inertie thermique | phénomène de paroi froide |
| morphologie favorable (mitoyenneté, taille des ouvertures) | menuiseries et vitrages anciens |
| peu de ponts thermiques au niveau des planchers | ponts thermiques au niveau des saillies et des éléments d’ornementation des façades |
| appartement traversant | |

I.2.2 Le deuxième cas d'étude : le logement social :



Figure IV-14. Les 600 logements (source : auteur, 2013)

I.2.2.1 Forme urbaine et analyse architecturale

Forme urbaine

Les bâtiments construits dans les années 70 sont implantés selon des plans-masses libres et sont systématiquement en retrait d'alignement.

Les plans-masses des îlots sont ouverts, avec des petits immeubles de R 3+ à R4. (Figure 1V-15)

L'implantation isolée des bâtiments favorise les déperditions thermiques, mais les logements sont mieux ventilés, avec plus de lumière naturelle.

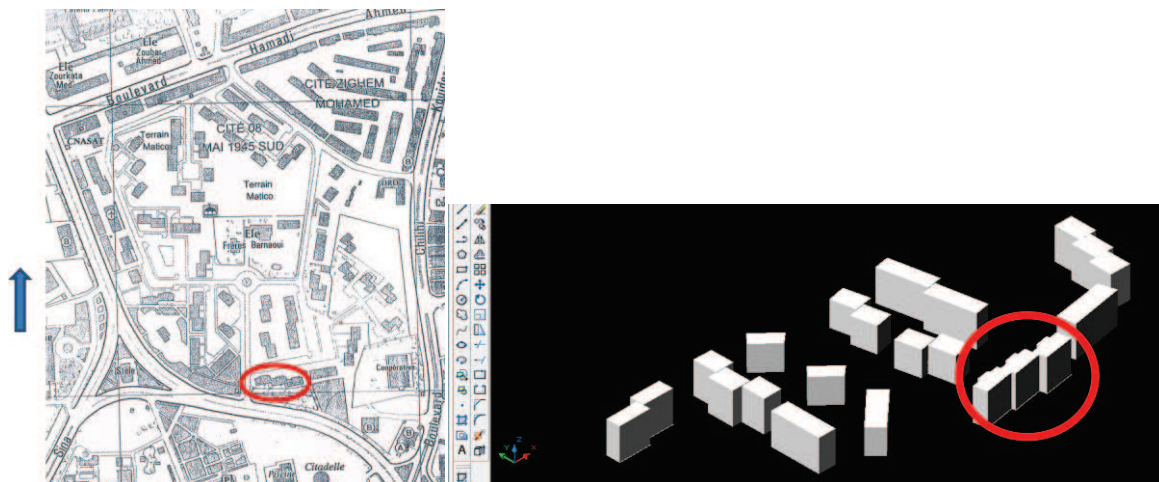


Figure 2V-15 .plan de masse des 600 logements - îlot de type « plan masse libre »
(source : institut national de cartographie et de télédétection).

Techniques de Construction

La brique est employée ainsi que le béton dans les éléments de structure.

Les murs de façades ne sont plus porteurs. Ils deviennent de simples remplissages entre les poutres et les poteaux.

Le toit terrasse est adopté

Dans les logements sociaux, les pièces sont de petite taille, de larges fenêtres et portes-fenêtres se multiplient dans les pièces à vivre, les petites ouvertures sont adoptées dans les salles d'eau.

Structure dans le parc

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Période de construction | 1970-1980 |
| Situation géographique | À l'extension de la ville |

Caractéristiques urbaines et architecturales

| | |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Position du bâtiment sur la parcelle | Plan libre. Mitoyenneté abandonnée |
| Surface du logement | 80 m ² |
| Volumétrie/ gabarit | R+4 |
| Rapport vide / plein en façade | 20% de vitrage |
| Orientation | Nord/ sud |
| Hauteur sous plafond | 2.80 m |
| Compacité du bâti | C= 0.88 Implantation isolée des bâtiments |
| Façade | matériaux de revêtement Balcon, loggia Surface plane |

Caractéristiques constructives

| | | |
|----------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Parois verticales | structure | système poteaux / poutres |
| | Isolation thermique | aucune |
| Enveloppe | | Brique en remplissage Béton armé pour les éléments structurels |
| Ouverture | | menuiserie en bois Simple vitrage |
| Toiture | disposition | toit terrasse |
| | structure | béton armé |
| | Revêtement | |
| | Isolation thermique | Polystyrène |
| Ventilation | | ventilation naturelle |
| Disposition intérieure (Figure IV-16) | | appartements traversant |

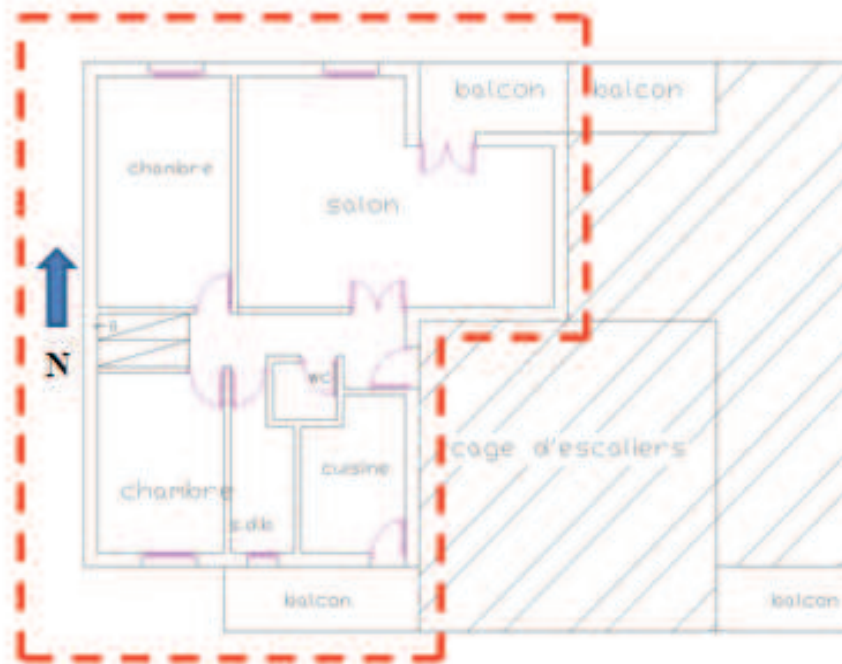


Figure IV-16. Plan intérieur – logement social – les 600 logt (source : auteur ,2014)

Matériaux constituant l'enveloppe et leurs caractéristiques thermiques :**Tableau IV-3:** Matériaux constituant l'enveloppe du logement social et leurs caractéristiques thermiques (source : auteur ,2014)

| paroi | Matériau | Epaisseur (cm) | Conductivité λ (w/m ² °C) | Capacité thermique C (j/kg°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|
| Paroi extérieur en brique creuse | Enduit de ciment | 0.2 à 0.5 | 1.4 | 1080 | 1800 |
| | Brique creuse | 15 | 0.5 | 936 | 1900 |
| | Lame d'air | 5 | 0.31 | 1005 | 1.29 |
| | Brique creuse | 10 | 0.5 | 936 | 1900 |
| | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| Paroi intérieure en brique creuse | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| | Brique creuse | 10 | 0.5 | 936 | 1900 |
| | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| Plancher bas* | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| | Corps creux + Dalle de compression | 20 | 1.45 | 1080 | 1450 |
| | Mortier | 2 | 1.4 | 1080 | 1800 |
| | Dallage en granito | 5 | 2.1 | 336 | 2200 |
| Plancher terrasse | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| | Corps creux + Dalle de compression | 20 | 20 | 1.45 | 1080 |
| | Isolation en liège | 4 | 0.1 | 1512 | 500 |
| | Forme de pente | 4 | 1.15 | 1080 | 1800 |
| | étanchéité | 3 | 0.04 | 670 | 200 |

*le plancher bas est un plancher intermédiaire.

I.2.2.2 Analyse thermique du bâti :

Performance des façades

La performance de l'enveloppe est assez faible puisque les bâtiments ne sont pas isolés. Les balcons et les loggias sont autant d'éléments qui vont créer des ponts thermiques, c'est-à-dire des lieux propices à la diffusion de la chaleur vers l'extérieur en hiver.

Effet de paroi froide

La sensation de confort thermique dépend de deux choses : la température du logement et la température des parois du logement.

Dans les logements non isolés les murs ont des températures de surface souvent basses ce qui accentue la sensation d'inconfort en hiver et pousse les occupants à surchauffer le logement. Ce phénomène est connu sous le nom de phénomène de paroi froide et caractérise la plupart des logements non isolés.

On peut simuler l'évolution de la température en régime stationnaire⁵ sur un mur à remplissage en brique, pour une température extérieure de 0 °C et une température intérieure de 20 °C.

On constate une température sur les parois intérieures qui avoisine les 15°C. C'est assez bas, la sensation d'inconfort des habitants est forte. (Figure IV-17)

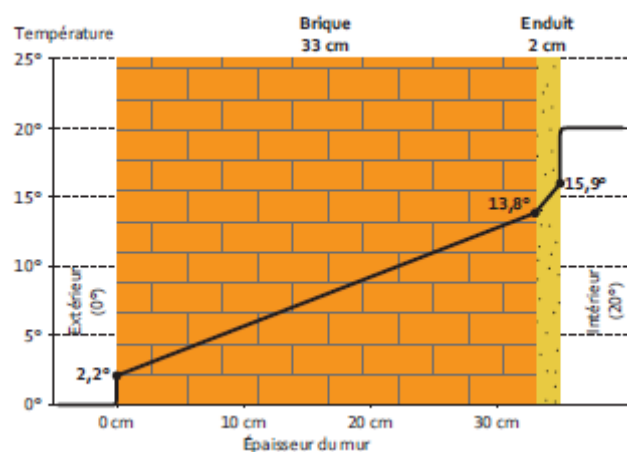


Figure IV-17. Effet de paroi froide sur un mur en brique (source : APUR, mars 2011)

⁵ On définit un régime permanent (ou stationnaire) quand les températures ne dépendent pas du temps. La température ne dépend plus que de la disposition du point où l'on effectue la mesure et plus du temps

Confort d'été :

Dans ces logements sociaux, on rencontre de réels soucis de surchauffes estivales.

Voici les principaux facteurs créant des problèmes de surchauffe estivale :

- Apports solaires importants :
 - orientation Ouest : la mitoyenneté est abandonnée , ce qui permet d' augmenter le nombre de façades exposées, et en conséquence l'orientation ouest .
 - Absence d'occultation
 - forte capacité du bâtiment à récupérer les apports solaires (ex : baies vitrées)
- Pas de décalage entre l'élévation de la température extérieure et l'élévation de la température intérieure liée à l'absence d'inertie (façade avec remplissage en brique , et baies vitrées)⁶.

Point faibles du logement social :

| POINTS FAIBLES |
|----------------------------------------------------------------------|
| • façades non performantes thermiquement |
| • ponts thermiques générés par les balcons et les loggias |
| • inconfort lié en hiver au phénomène de paroi froide |
| • faible inertie qui peut créer des problèmes de surchauffe estivale |

⁶ APUR « analyse de la performance thermique des logements parisiens », MARS 2011

I.2.3 Le troisième cas d'étude : le logement promotionnel

I.2.3.1 Forme urbaine et analyse architecturale

Forme urbaine

Les immeubles résidentiels de grand standing sont implantés d'une nouvelle manière. la tendance est : grands îlots, constructions mitoyennes de six à sept étages, grandes cours, ce qui garantit la ventilation et l'ensoleillement maximal des logements (**FigureIV-18 et Figure IV-19**).



FigureIV-18.Immeuble de logement promotionnel. Promotion AMRANI

(source : auteur ,2014)

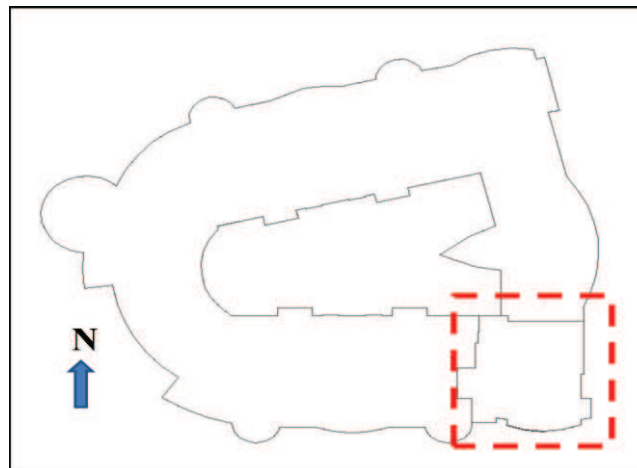


Figure IV-19. Plan de masse. Logement promotionnel (source : auteur ,2014)

Techniques de Construction

La brique est utilisée, ainsi que le béton dans les éléments de structure. Les façades s'ornent d'oriel⁷.

Dans les logements promotionnels, les pièces sont de grande taille, de larges fenêtres et portes-fenêtres se multiplient dans les pièces à vivre, les petites ouvertures sont adoptées dans les salles d'eau.

Structure dans le parc

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Période de construction | Après 2000 |
| Situation géographique | A l'extension de la ville |

Caractéristiques urbaines et architecturales

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Position du bâtiment sur la parcelle | Grand ilot Constructions mitoyennes Grandes cours |
| Surface du logement | 145 m ² |
| Volumétrie/ gabarit | R+7 |
| Rapport vide / plein en façade | 50 % de vitrage |
| Orientation | Nord/ sud |
| Hauteur sous plafond | 2.80 m |
| Compacité du bâti | C= 0.54 Les immeubles entourent de larges cours |
| Façade | matériaux de revêtement Balcon, loggia Bow-windows en saillie |

Caractéristiques constructives

| | | |
|-------------------|---------------------|---------------------------|
| Parois verticales | structure | système poteaux / poutres |
| | Isolation thermique | polystyrène / aucune |
| Enveloppe | | Brique en remplissage |

⁷ Un oriel (fenêtre en baie ou fenêtre arquée) est une avancée en encorbellement aménagée sur un ou plusieurs niveaux d'une façade.

| | | |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Béton armé pour les éléments structurels |
| Ouverture | | menuiserie en bois Simple vitrage Grandes fenêtres pour les pièces principales Petites fenêtres pour les pièces de service |
| Toiture | disposition | toit terrasse |
| | structure | béton armé |
| | Revêtement | |
| | Isolation thermique | Polystyrène |
| Ventilation | | ventilation naturelle |
| Disposition intérieure (Figure IV-20) | | Appartement traversant |

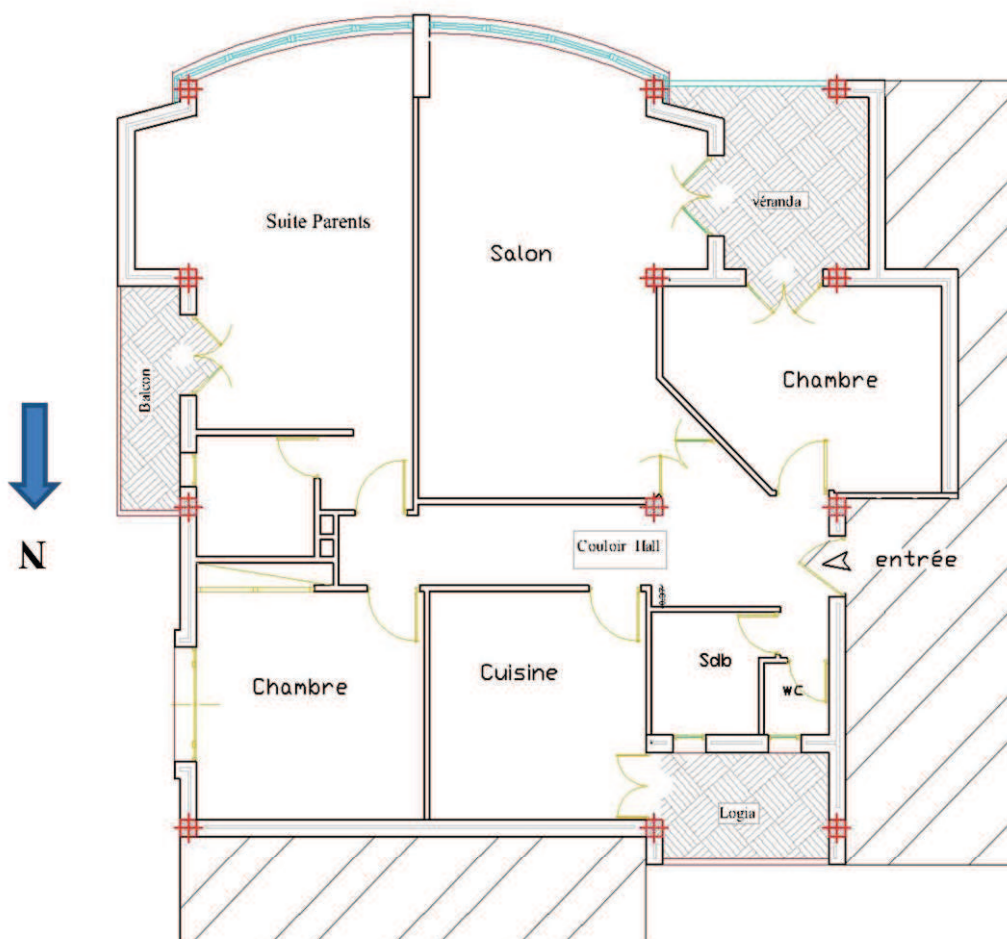


Figure IV-20. Plan intérieur – logement promotionnel- (source : auteur,2014)

Matériaux constituant l'enveloppe et leurs caractéristiques thermiques :**Tableau IV-4:** Matériaux constituant l'enveloppe du logement promotionnel et leurs caractéristiques thermiques (source : auteur ,2014)

| paroi | Matériau | Epaisseur (cm) | Conductivité λ (w/m ² °C) | Capacité thermique C (j/kg°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|
| Paroi extérieur en brique creuse | Enduit de ciment | 0.2 à 0.5 | 1.4 | 1080 | 1800 |
| | Brique creuse | 15 | 0.5 | 936 | 1900 |
| | Polystyrène expansé | 5 | 0.046 | 1404 | 9 à 13 |
| | Brique creuse | 10 | 0.5 | 936 | 1900 |
| | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| Paroi intérieure en brique creuse | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| | Brique creuse | 10 | 0.5 | 936 | 1900 |
| | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| Plancher bas* | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| | Corps creux + Dalle de compression | 20 | 1.45 | 1080 | 1450 |
| | Mortier | 2 | 1.4 | 1080 | 1800 |
| | Dallage en granito | 5 | 2.1 | 336 | 2200 |
| Plancher terrasse | Enduit de plâtre | 0.2 à 0.5 | 0.35 | 936 | 1000 |
| | Corps creux + Dalle de compression | 20 | 20 | 1.45 | 1080 |
| | Isolation en liège | 4 | 0.1 | 1512 | 500 |
| | Forme de pente | 4 | 1.15 | 1080 | 1800 |
| | étanchéité | 3 | 0.04 | 670 | 200 |

*le plancher bas est un plancher intermédiaire.

Remarque : la même composition que celle du logement social, sauf pour les parois extérieures, il est mis du polystyrène (un isolant) au lieu de la lame d'air

I.2.3.2 Analyse thermique du bâti :

Performance des murs

La façade des immeubles est portée par une ossature en béton, le remplissage est en brique. Les murs sont fins (30 cm) et ne sont donc pas performants puisqu'ils ne sont pas isolés.

Ponts thermiques géométriques

Les saillies au niveau de la façade créent des zones de moindre résistance thermique qui occasionneront des fuites thermiques au niveau des oriels, balcons, etc.⁸

(jonction entre l'oriel en béton et la façade en brique)

Effet de paroi froide

Selon le type de paroi utilisée, on peut dire que dans les logements promotionnels,

Le phénomène de paroi froide est très prononcé. (Figure IV-21)

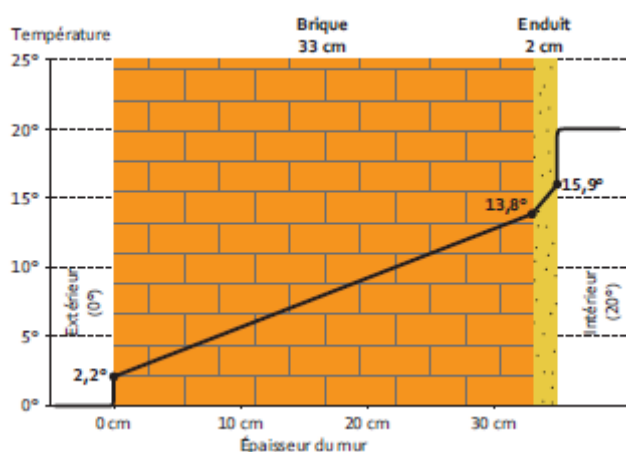


Figure IV-21 .Effet de paroi froide sur un mur de 33 cm en brique

(source : Apur, mars2011)

Les ouvertures :

Les simples vitrages entraînent des pertes thermiques importantes et participent à l'effet de paroi froide.

Faiblesses du logement promotionnel :

| POINTS FAIBLES |
|----------------------------------------------------------------------------------------|
| • façades non performantes thermiquement |
| • ponts thermiques générés par les balcons et les loggias et les saillies de la façade |
| • inconfort lié en hiver au phénomène de paroi froide |
| • faible inertie qui peut créer des problèmes de surchauffe estivale |

⁸ APUR « analyse de la performance thermique des logements parisiens », MARS 2011

I.2.4 Conclusions sur le choix des bâtiments retenus :

De nombreuses études sur la consommation énergétique ont constaté que les différences dans la consommation d'énergie provenaient de l'écart de revenu entre les ménages. Ainsi, dans cette étude les cas d'étude choisis dévoilent un certain écart de revenu entre les ménages occupants.

Il y avait des différences fondamentales dans les caractéristiques des logements choisis (l'immeuble de rapport du style néoclassique construit en 1930, le logement promotionnel , logement social) , structurées par quatre dimensions :

- la structure de l'habitat, qui prend en compte la taille de l'habitation (surface différente et nombre de pièces différent)
- le système thermique, qui intègre le système de chauffage proprement dit (poêle à gaz ou chauffage central)
- les caractéristiques des ménages, à travers le cycle de vie (l'écart dans l'âge, et la taille du ménage, la présence ou non d'enfants et de personnes âgées), le statut (revenu élevé ou faible revenu), le capital culturel (niveau d'éducation ou de diplôme)
- le système de valeurs, focalisé sur la bonne gestion ou non de l'énergie.

I.3 METHODOLOGIE D'APPROCHE :

Dans l'objectif de déterminer la relation entre les caractéristiques physiques du bâtiment, les caractéristiques et comportement des ménages avec la consommation d'énergie, la méthodologie appliquée se subdivise en deux parties : un travail technique de simulation suivi d'un travail investigatif d'enquête.

I.3.1 la simulation :

Le travail technique de simulation définit la performance énergétique des trois catégories de logement choisis pour l'étude et s'appuie sur deux logiciels :

- a) Le logiciel d'analyse thermique et de simulation énergétique « Ecotect Analysis 2010 » : ce logiciel donne la courbe de température intérieure en évolution libre (sans chauffage ni climatisation) par rapport à la température extérieure et aux limites de confort (été /hiver). Ce qui reflète une évaluation du comportement thermique du logement.
- b) Le simulateur de diagnostic de performance énergétique (DPE) : Un outil de simulation de DPE en ligne qui donne :
 - la classe énergétique du logement et sa consommation par m² et par an.
 - les émissions de CO₂ calculées en kilos par m² avec la lettre correspondante de l'étiquette climat.

I.3.1.1 Le logiciel d'analyse thermique et de simulation énergétique « Ecotect Analysis 2010 »

ECOTECT est un logiciel pour l'analyse thermique et les simulations énergétiques des bâtiments, il comprend un modeleur 3D et un module d'analyse thermique et énergétique, solaire, acoustique et de coût.

Liens de CAO (conception assistée par ordinateur) sont également fournis dans le modeleur 3D.

Import / Export :**Importations :**

3D Studio (.3DS .ASC .PRJ); AUTOCAD (.DXF); EnergyPlus (.IDF); Windows Bitmap (.BMP)

Exportations :
DOE-2 (.INP); AIOLOS (.PPA); VRML (.WRL); ESP-r (.CFG); WinAir4 CFD (.GEO); Radiance (.RAD .OCT); EnergyPlus (.IDF); AUTOCAD (.DXF)⁹.

Il s'agit d'une solution complète pour la simulation thermique d'un bâtiment, et un outil de conception puissant dans l'optimisation de l'environnement, des performances de l'énergie et du confort d'un bâtiment.

I.3.1.1.1 Informations obtenues par simulation

On veut faire la simulation du comportement thermique des trois appartements choisis pour l'étude, et voir les différents résultats qu'on obtient.

La principale représentation de la performance énergétique est la courbe de température d'évolution libre de l'appartement par rapport à la température extérieure et au limite de confort

Avec cette information on peut bien classifier la performance d'un appartement.

Le logiciel utilisé pour la simulation est ECOTECT et avec celui-ci on obtient la température intérieure.

On veut définir la performance énergétique des trois cas de figure en utilisant les résultats obtenus par la simulation et pouvoir comparer cette performance entre ces différents bâtiments.

I.3.1.1.2 Les logements étudiés :

Les 3 logements sont modélisés avec le logiciel AUTOCAD puis SKETCHUP, ensuite ces trois modèles ont été importés au logiciel ECOTECT.

Les simulations sont effectuées pour une zone dans chaque appartement. La zone choisie est le salon, puisque le salon **est souvent décrit comme la « pièce à vivre » du logement c'est-à-dire un espace d'occupation prolongée** contrairement à d'autres pièces où l'occupation est plus ponctuelle, et donc un certain degré de confort est souhaitable dans cette espace.

Pour ces logements, il s'agit également d'appartement situé à l'étage supérieur dans un immeuble de trois étages avec comble, quatre, et sept étages pour le logement colonial, le logement social, et le logement promotionnel respectivement.

⁹ **I3ER** « Ingénierie de l'Efficacité Énergétique et des Énergies Renouvelables », [en ligne] <http://logiciels.i3er.org/ecotect.html>.

On considère le reste de l'immeuble comme une seule zone en leur affectant des matériaux appropriés

Figure IV-22 , Figure VI-23et Figure IV-24 sont des visualisations graphiques des trois appartements sur le logiciel ECOTECT.

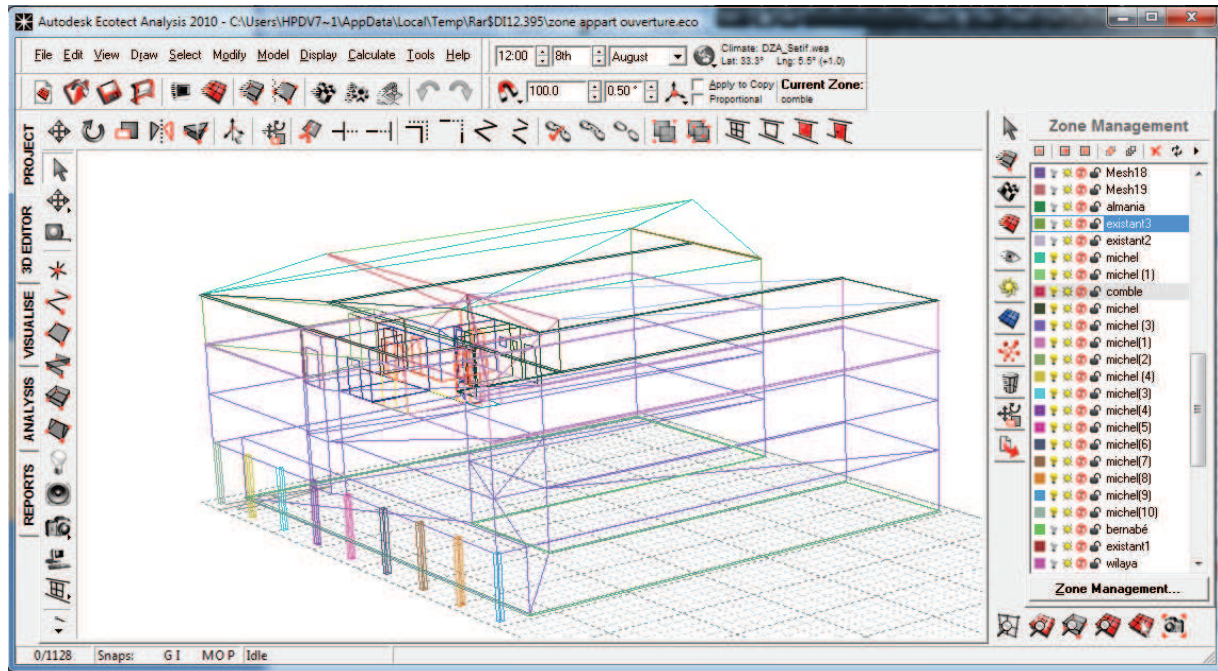


Figure IV-22. Représentation graphique du logement colonial (source : auteur, 2014)

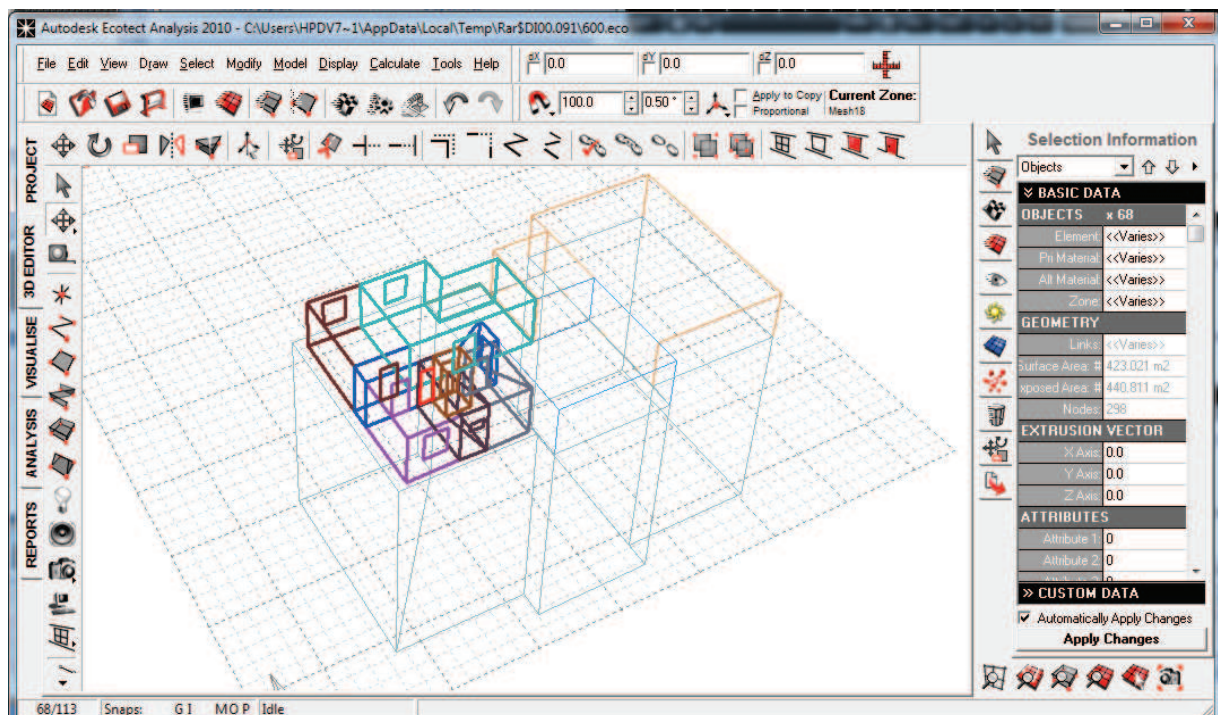


Figure IV-23.. Représentation graphique du logement social (source : auteur, 2014)

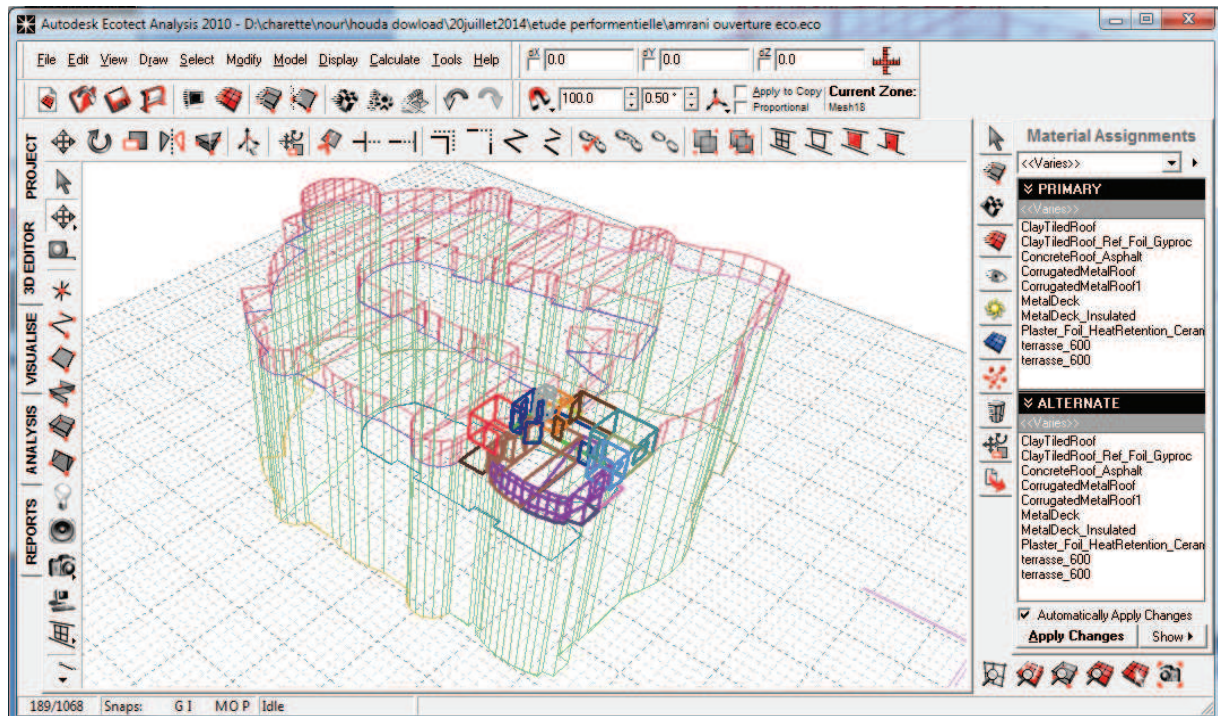


Figure VI-24.Représentation graphique du logement promotionnel
(source : auteur, 2014)

I.3.1.1.3 Caractéristiques thermiques :

Tableau IV-5 .: Propriétés thermo physiques des matériaux de construction utilisés.
(Source : DTR C 3-2, 1998 et bibliothèque de Tas).¹⁰

| Matériau | Conductivité λ (w/m ² °C) | Capacité thermique C (j/kg°C) | Masse volumique ρ (kg/m ³) |
|---------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|
| Plâtre | 0.35 | 936 | 960 |
| Béton | 1.45 | 1080 | 1450 |
| Brique creuse | 0.48 | 936 | 900 |
| Mortier de ciment | 1.4 | 780 | 1890 |
| Liège | 0.04 | 2207 | 145 |
| Bitume | 0.23 | 1656 | 1100 |
| Graviers | 1.2 | 792 | 18000 |
| Bois sapin du nord | 0.138 | 2805 | 500 |
| Polystyrène expansé | 0.046 | 1404 | 9 à 13 |

Tableau IV-6. . Propriétés thermo physiques de la lame d'air. (Source : DTR C 3-2, 1998)

| | Coefficient de convection (w/m ² °C) | Vapour diffusion factor ¹¹ |
|------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Lame d'air | 1.25 | 1 |

I.3.1.1.4 Caractéristiques des logements :

Le logement colonial construit avant 1930 : Immeuble Henry au centre ville

- Volume=328.23 m³
- Surface plancher =102.574 m²
- Surface fenêtre = 15.95 m²

¹⁰ DTR C 3-2, 1998 et bibliothèque de Tas dans .NAIT Nadia ,2011, LA REHABILITATION ENERGETIQUE DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS EXISTANTS CAS DU CLIMAT SEMI ARIDE DE CONSTANTINE, Thèse de magister, université Mentouri, Constantine,2012 ,page 166.

¹¹ Ce coefficient est l'inverse de la perméance. Il représente l'aptitude du matériau à s'opposer au passage de la vapeur d'eau

L'occupation de l'appartement est la suivante :

- Occupation = 4 personnes
- L'apport en chaleur sensible = 20 W/m²
- L'apport en chaleur latente = 5 W/m²
- Débit de ventilation = 0.5 vol/h

Scénario d'occupation :

On considère que l'occupation est de 100 % les 24 heures du jour, c'est-à-dire, il y a 4 personnes pendant 24 heures dans l'appartement en apportant les apports internes. Les personnes sont considérées en situation sédentaire et la chaleur produite par chaque personne est 70 W.

Le logement social ,1970-1980 : Les 600 logements

- Volume=224m³
- Surface plancher =80 m²
- Surface fenêtre = 9.74 m²

L'occupation de l'appartement est la suivante :

- Occupation =6 personnes
- L'apport en chaleur sensible = 20 W/m²
- L'apport en chaleur latente = 5 W/m²
- Débit de ventilation = 0.5 vol/h

Scénario d'occupation :

L'occupation de l'appartement varie en fonction des horaires de travail des parents et des horaires des écoles pour les enfants .

La période d'occupation est de 17h jusqu'à 8h pendant la semaine, et une occupation continue les week-ends .

Le logement promotionnel, a partir de 2000 : Promotion Amrani

- Volume=406 m³
- Surface plancher =145 m²
- Surface fenêtre = 24.98 m²

L'occupation de l'appartement est la suivante :

- Occupation = 6 personnes
- L'apport en chaleur sensible = 20 W/m²
- L'apport en chaleur latente = 5 W/m²
- Débit de ventilation = 0.5 vol/h

Scénario d'occupation :

L'occupation de l'appartement varie en fonction des horaires de travail des parents et des horaires des écoles pour les enfants.

La période d'occupation est de 17h jusqu'à 8h pendant la semaine, et une occupation continue les week-ends .

I.3.1.1.5 . Orientation :

Les immeubles des trois catégories de logements retenues pour l'étude ont la même orientation : une orientation nord/sud. (C'est-à-dire qui offre une plus grande façade au sud).

Cette orientation est la plus passivement profitable et donne le meilleur compromis entre apports de chaleur et apports lumineux en toute saison (apports solaires d'hiver facilement maîtrisables l'été).

I.3.1.1.6 Les paramètres à régler sur ECOTECH

1. Système de chauffage/climatisation : Il y a quatre systèmes différents :

- **None** ; maison complètement fermée en évolution libre, sans chauffage ni climatisation et toutes les fenêtres sont toujours fermées.
- **Ventilation naturelle**; maison en évolution libre, sans chauffage ni climatisation, mais les occupants peuvent ouvrir la fenêtre quand la température extérieure est plus confortable que la température intérieure.
- **Mix - Mode système** ; le même cas que 'ventilation naturelle' mais avec chauffage et climatisation.
- **Full – Air Conditioned** (le même cas que 'none' mais avec chauffage et climatisation)¹²

Dans les simulations de cette étude, on a choisi le système de **Ventilation naturelle** pour voir la performance énergétique des différents logements à leur état initial c'est-à-dire sans les apports des équipements mécaniques (sans chauffage ni refroidissement) .

¹² *Iñigo Jiménez Mensaque* ,Analyse des données obtenues par simulation.pdf, page 30.

2. Zone de confort : On définit la température limite inférieure et supérieure de **la zone de confort** ° C en hiver et en été.

Définition de **la Zone de confort** : selon la méthode de **Humphrey**.

$$T_n - 2 \leq \text{zone de confort} \leq T_n + 2$$

La température neutre : $T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m)$

La courbe des températures moyennes mensuelles (cf. **Figure IV-1**) ont montré que :

-L'année pourrait être divisée en trois (03) saisons:

- la saison chaude (de Juin à Septembre)
- la saison intermédiaire (Avril - Mai, Octobre)
- la saison froide(de Novembre à Mars) .

Définition de la Zone de confort pour la saison chaude :

Calcul de la température moyenne de la saison chaude :

Pour quatre(04) mois : Juin-Juillet-Aout-Septembre

$$T_m = (22.81 + 26.63 + 25.78 + 20.37) / 4$$

$$T_m = 95.59 / 4$$

$$T_m = 23.89^\circ\text{C}$$

La température neutre : $T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m)$

$$= 17.6 + (0.31 \times 23.89) = 25^\circ\text{C}$$

$$T_n - 2 \leq \text{zone de confort} \leq T_n + 2$$

$$25^\circ - 2 \leq \text{zone de confort} \leq 25^\circ + 2$$

$$23^\circ \leq \text{zone de confort} \leq 27^\circ$$

la Zone de confort pour la saison chaude : $23^\circ \leq \text{zone de confort} \leq 27^\circ$

Définition de la Zone de confort pour la saison froide :

Calcul de la température moyenne de la saison froide :

Pour cinq(05) mois : Novembre-Décembre-Janvier-Février-Mars

$$T_m = (10.1 + 6.45 + 5.57 + 6.28 + 9.36) / 5$$

$$T_m = 37.76 / 5$$

$$T_m = 7.55^\circ\text{C}$$

La température neutre : $T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m)$
 $= 17.6 + (0.31 \times 7.55) = 19.94^\circ\text{C}$

$T_n - 2 \leq \text{zone de confort} \leq T_n + 2$
 $19.94^\circ - 2 \leq \text{zone de confort} \leq 19.94^\circ + 2$

$17.94^\circ \leq \text{zone de confort} \leq 21.94^\circ$

la Zone de confort pour la saison froide : $17.94^\circ \leq \text{zone de confort} \leq 21.94^\circ$

pour chaque appartement, autrement dit pour chaque zone de séjour, on fait deux (02) simulations , l'une pour le jour le plus froid de l'année , et l'autre pour le jour le plus chaud de l'année .

La station météo : **SETIF-SFIHA** indique que :

le jour le plus froid de l'année est le 28 Février (le 59 ème jour de l'année)

le jour le plus chaud de l'année est le 08 Aout (le 220 ème jour de l'année)

I.3.1.1.7 Analyse des données :

La simulation faite est celle de : Hourly température profile

Hourly temperature profile : affiche la température horaire dans chaque zone à la date du jour choisi

Les graphiques de température horaires affichent les températures internes de toutes les zones thermiques visibles dans le modèle sur une période de 24 heures. Cette forme d'analyse peut être accessible via l'onglet d'analyse thermique dans la page d'analyse dans ECOTECT.

La bande de confort définie pour l'hiver et pour l'été est indiquée par des bandes de couleurs horizontales rouge et bleues.

Le rouge indique une température jugée trop élevée et au-dessus de la zone de confort.

Le bleu indique une température trop basse et au-dessous de la zone de confort¹³.

Le graphique affiche un ensemble d'informations de l'environnement ainsi que la température de l'air intérieur de la zone.

¹³ Autodesk® Ecotect™ | HELP,2010.

La température de l'air extérieur et la vitesse du vent, ainsi que le rayonnement solaire diffus à l'extérieur, sont affichés en traits pointillés à l'intérieur du graphe. Il est donc tout à fait clair que les températures intérieures concordent avec les facteurs climatiques.

Le graphique de la température horaire :

Le graphique de la température affiche les températures intérieure et extérieure pour une période de 24 heures.

Afin de mieux comprendre pourquoi les fluctuations de température se produisent, les données environnementales supplémentaires sont également affichées. Cela inclut des vitesses de rayonnement solaire et éolien.

Les graphiques de température horaires affichent une seule journée (24 heures) où 0 = minuit, 12 = midi et 22 = 22 heures le soir.

I.3.1.2 Le simulateur de consommation énergétique :

L'Outil de simulation de DPE (diagnostic de performance énergétique)

Cette partie correspond à **une simulation de diagnostic de performance énergétique (DPE)** du logement visant à mesurer **la performance énergétique** du logement et à préconiser des voies d'amélioration.

Afin de répondre à cet objectif, un logiciel de diagnostic et de simulation pour l'amélioration du confort thermique dans le logement, autrement dit un simulateur de DPE (Diagnostic de Performance Énergétique) est utilisé.

Cet **outil de simulation** en ligne, développé par l'association «**PROMODUL**»¹⁴ permet d'estimer la consommation énergétique d'un logement et d'obtenir un aperçu des solutions d'amélioration de la performance énergétique, adaptées à ses propres besoins. À partir d'un descriptif complet des caractéristiques du logement (sa forme, sa construction, sa surface vitrée, l'énergie utilisée) **une évaluation de la consommation énergétique du logement, et les émissions de CO2 calculées** sont obtenues, comme lors d'un DPE.

¹⁴ **PROMODUL** est l'association référence de la performance énergétique et du confort thermique dans tous les types de bâtiments, neufs comme existants.

Les éléments à fournir se déclinent en trois parties :

D'abord les caractéristiques générales du logement: c'est à dire sa surface habitable et vitrée, son orientation, et sa forme.

Puis vient la description de l'enveloppe du bâti, autrement dit les murs, la toiture, les fenêtres et le plancher.

Enfin, le logiciel demande la description des équipements : les systèmes de chauffage et d'eau chaude sanitaire, et les paramètres énergétiques.

Le tout donne :

- la classe énergétique du logement et sa consommation par m² et par an.
- les émissions de CO₂ calculées en kilos par m² avec la lettre correspondante de l'étiquette climat.
- les notes obtenues par chaque élément du logement (murs, sol, toiture, mais aussi système de chauffage). Ce qui permet de déterminer ce qui peut être amélioré.

Ce bilan donne une bonne approximation et permet d'envisager les travaux réalisables en calculant le gain réalisable.

I.3.1.3 La performance énergétique

I.3.1.3.1 Définition de la performance énergétique

- La performance énergétique d'un bâtiment correspond à **la quantité d'énergie consommée ou estimée** dans le cadre d'une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut notamment l'énergie utilisée pour le **chauffage**, l'**eau chaude** sanitaire, le **refroidissement** (éventuellement), la **ventilation** et l'éclairage. Plus la quantité d'énergie nécessaire est faible, meilleure est la performance énergétique de l'habitat¹⁵
- La performance énergétique d'un logement est liée à l'**efficacité énergétique** de chacun de ses équipements, ainsi qu'à l'usage fait au quotidien : le **comportement est donc essentiel** pour optimiser la performance énergétique d'un habitat.

I.3.1.3.2 Le diagnostic de performance énergétique (DPE) :

Pour évaluer la performance énergétique d'un logement, on établit le **diagnostic de performance énergétique (DPE)**, dispositif accompagné de conseils pour réduire la consommation d'énergie et de recommandations de travaux pour améliorer la performance énergétique de l'habitat.

¹⁵« Les Pros de la Performance Énergétique », 2009.[En ligne] <http://www.performance-energetique.lebatiment.fr>, page consultée le 25/01/2014.

Le diagnostic de performance énergétique fournit une estimation de la consommation énergétique du logement, et son impact en matière d'émissions de gaz à effet de serre.

Le Diagnostic de Performance Energétique dresse un **état des lieux de la performance énergétique du logement** qui permet d'estimer la consommation annuelle de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de climatisation.

C'est un dispositif réglementé qui mentionne obligatoirement :

- **Les équipements** et leurs conditions d'utilisation (chauffage au gaz)
- et **leurs caractéristiques thermiques**, pour mieux évaluer le coût de la facture énergétique (chauffage, production d'eau chaude et climatisation).

La durée de validité d'un diagnostic de performance énergétique est de **10 ans** .

Une étiquette énergie et une étiquette climat

Le DPE est illustrée par 2 étiquettes :

- une « **étiquette énergie** » indiquant la consommation d'énergie (la même que pour l'électroménager). L'échelle va de la classe A (logement économe consommant moins de 50kwh/m²/an) à la classe G (logement énergivore consommant plus de 450 kwh/m²/an)
- une « **étiquette climat** » précisant le niveau de CO₂ généré et l'impact des consommations grâce à une estimation de la quantité de gaz à effet de serre (GES) émis¹⁶ .

I.3.1.4 L'efficacité énergétique

La notion d'efficacité énergétique s'applique à un équipement particulier. L'efficacité énergétique de tous les équipements garantit la bonne performance énergétique du logement.

I.3.1.4.1 Définition de l'efficacité énergétique

- L'efficacité énergétique est **le rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée** (en général supérieure du fait des pertes).
- Elle s'applique à un **équipement énergétique particulier**, par exemple une chaudière ou une pompe à chaleur. Elle relève des **qualités intrinsèques** de cet équipement.

¹⁶ **Loc.cit.**

- L'efficacité énergétique est exprimée par le **COP** (Coefficient de Performance) quand il s'agit de production de chaleur) et par l'**EER** (coefficient d'efficacité énergétique) pour les appareils produisant du froid

I.3.1.4.2 Efficacité énergétique active et passive

- L'efficacité énergétique passive se rapporte à l'isolation, la ventilation et aux équipements de chauffage
- L'efficacité énergétique active touche à la gestion de l'énergie, la domotique et la Gestion Technique du Bâtiment (GTB)

Cumulées, l'efficacité énergétique passive et l'efficacité énergétique active révèlent la performance énergétique globale du logement¹⁷.

I.3.1.5 Application du simulateur de la consommation énergétique :

Grâce au simulateur en ligne développé par Promodul, la consommation énergétique des logements est évaluée et des solutions adaptées aux situations peuvent être trouvées. Comme il a été décrit dans la section précédente (**cf. titre IV -1-1-2**) les éléments à fournir pour la simulation se déclinent en trois rubriques.

I.3.1.5.1 La première rubrique : Caractéristiques générales de l'appartement : qui comprend

Des informations générales sur l'apparence de l'appartement :

- Surface habitable
- Vitrage sud dégagé ou non
- Présence ou non d'une véranda

Le nombre de niveaux chauffés :

- Avec ou sans combles
- La hauteur sous plafond

La mitoyenneté : que l'appartement soit :

- Accolé sur un ou deux cotés.
- Accolée sur des petits ou des grands cotés

La configuration : la configuration qui se rapproche le plus de l'appartement

- Plutôt carré

¹⁷ « Les Pros de la Performance Énergétique », 2009. [En ligne] <http://www.performance-energetique.lebatiment.fr>

- Ou de forme allongée

I.3.1.5.2 La deuxième rubrique : Description de l'enveloppe du bâti (toitures, murs, fenêtres, planchers), qui saisit :

Le type de toiture

- Combles
- Terrasse

L'isolation ou non pour :

- La toiture
- Les murs
- Le plancher

Le type de vitrage utilisé :

- Simple
- Double

I.3.1.5.3 La troisième rubrique : Description des équipements (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation) qui englobe :

Les systèmes de chauffage et de climatisation

Système de chauffage

- Poêle à gaz
- Chauffage central

Présence ou non d'un appoint solaire

Système de climatisation

Le système d'eau chaude sanitaire

Présence ou non d'une veilleuse

Présence ou non d'un appoint solaire

Ventilation

Naturelle ou autres

Paramètres énergétiques

Autre usage ou non du gaz (cuisson)

Présence ou non de capteurs photovoltaïques

Présence ou non d'un système de cogénération

Cet outil de simulation :

- **dresse la photographie énergétique du logement.** Selon les réponses apportées aux premières questions posées, le logement est positionné sur une échelle énergétique selon qu'il consomme peu, moyennement ou beaucoup d'énergie
- **propose des solutions d'amélioration de la performance énergétique du logement.**

On a le choix entre 2 ou 3 niveaux de performance à atteindre

Un graphique donne le nouveau positionnement sur l'échelle énergétique, les gains enregistrés en matière de consommation d'énergie, et d'émissions de gaz à effet de serre du logement.

On peut effectuer plusieurs simulations de travaux et les comparer, le simulateur de consommation énergétique garde en mémoire les différents paramètres ¹⁸

I.3.1.6 Le bilan énergétique

Un bilan énergétique est une approche globale, précise et détaillée de l'état énergétique du logement réalisée par un professionnel formé à cet effet.

Un bilan énergétique est une analyse de la performance énergétique d'un bâtiment, à partir:

- de la description du bâti
- des systèmes de ventilation
- des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire
- du comportement des habitants
- des conditions climatiques

Pour disposer d'une **information fiable et complète** sur la **performance énergétique globale** du logement, un professionnel établit un bilan énergétique de l'installation, il examine en particulier :

- l'état de la toiture, des murs et des fenêtres pour déterminer comment tous ces éléments contribuent à l'isolation du logement
- le système de ventilation
- l'installation de chauffage, y compris la régulation et la programmation,

¹⁸ [en ligne] <http://www.ecoco2.com> .

- le système de production d'eau chaude, et les réseaux (état général, vétusté, etc.)
- les installations d'éclairage

I.3.1.6.1 Le bilan énergétique en 10 points

Chaque cas est spécifique en fonction des techniques utilisées, de l'emplacement et de l'environnement.

Le bilan énergétique s'appuie sur :

- l'**environnement climatique** du bâtiment (exposition au vent et au soleil, zone climatique)
- la description géométrique du bâtiment (mètres,...)
- **les techniques et les matériaux** utilisés, y compris
- l'isolation et les caractéristiques des ouvrants associés à leurs protections solaires et à leur fermeture
- la description du système de **ventilation**, son type et son mode de fonctionnement
- les systèmes d'éclairage
- le mode de **chauffage, sa régulation et sa programmation**
- **la description du système de production d'eau chaude** sanitaire quelques points particuliers (jonction de la menuiserie au bâti, présence de ponts thermiques, fuites d'air intempestives)
- la composition de la **famille, ses habitudes et comportements** ¹⁹

I.3.1.6.2 L'amélioration énergétique du logement

A partir de ce bilan initial, il est possible de simuler les effets des différentes **solutions d'amélioration énergétique** fournies

- isoler les parois et/ou la toiture
- remplacer les fenêtres
- remplacer la chaudière par une chaudière plus performante (classique ou à bois)
- installer des capteurs solaires pour produire l'eau chaude sanitaire
- s'équiper d'une pompe à chaleur qui capte les calories dans l'air, l'eau ou le sol et les restitue dans l'habitation,
- installer un système de ventilation efficace

¹⁹ « Les Pros de la Performance Énergétique », op.cit.

I.3.1.7 Quelle est la différence entre un bilan énergétique et un diagnostic de performance énergétique ?

- Le diagnostic de performance énergétique est utilisé pour estimer la consommation d'énergie d'un logement pour les postes de chauffage, eau chaude sanitaire et refroidissement et pour estimer les émissions de gaz à effet de serre. Il permet de confronter les performances énergétiques des logements entre eux.
- Le bilan énergétique est un audit plus détaillé du comportement énergétique d'un bâtiment et une étude plus poussée des déperditions thermiques et de la performance énergétique. Il est fortement conseillé avant de réaliser des travaux d'éco-construction²⁰.

Autrement dit, le DPE représente un premier niveau d'information mais la réalisation d'un bilan énergétique donne une vue précise de l'état énergétique du logement.

²⁰ [en ligne]<http://www.voseconomiesdenergie.fr>

I.3.2 L'investigation : l'enquête :

Le travail investigatif d'enquête permet de cerner l'effet des caractéristiques et du comportement des occupants sur la consommation d'énergie.

I.3.2.1 Le questionnaire et l'entretien semi-directif

Les études qui mesurent les attitudes des gens peuvent être divisés en deux groupes: les méthodes d'auto-rapport (évaluation) et les techniques de mesure implicites²¹.

Les méthodes d'auto-évaluation (entretiens et questionnaires) sont généralement utilisées lors de l'évaluation des valeurs environnementales de la population, tandis que les méthodes implicites (par exemple, d'observation) sont utilisées beaucoup plus rarement²².

Dans cette étude deux techniques sont utilisées : **le questionnaire et ensuite l'entretien semi-directif**.

Le questionnaire a été distribué à des participants choisis au hasard dans différents types de logement, avant de commencer l'étude réelle, pour avoir une idée générale sur la consommation d'énergie et le comportement de la société sétifienne.

Sur les 30 questionnaires distribués, 4 ont été récupérés uniquement.

En suite **l'entretien semi-directif** a été fait avec les participants habitants les 3 zones sélectionnées pour l'étude, après avoir beaucoup insisté sur eux.

L'entretien semi-directif est la technique la plus appropriée au sujet de cette étude, il permet de guider les enquêtés dans leurs réponses parce que c'est des questions auxquelles ils n'ont pas l'habitude d'être confrontés, et leurs paraissent un peu indiscretes.

Aussi c'est la méthode la plus compréhensive, Parce que elle laisse libre cours aux choix des réponses des enquêtés avec leurs mots, tout en restants dans le sujet (juste milieu entre l'entretien fermé = réponse oui/non et l'entretien ouvert).

(Bernard ,1988 dans J. Langevin et al.2013)²³ note que les entretiens semi- structurés sont utilisés dans des situations où le chercheur sait ce qu'il veut savoir, mais reste ouvert pour suivre de nouvelles pistes.

²¹ Krosnick J, Judd C, Wittenbrink B. The measurement of attitudes. In: Albarracín D, Johnson B, Zanna M, editors. *The Handbook of Attitudes*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 2005. p. 21–76. dans N. Valkila, A. Saari, Attitude-behaviour gap in energy issues: Case study of three different Finnish residential areas, *Energy for Sustainable Development* 17 (2013) 24–34.

²² Milfont T, Duckitt J. The environmental attitudes inventory: a valid and reliable measure to assess the structure of environmental attitudes. *J Environ Psychol* 2010;30:80–94. dans N. Valkila .op.cit., 24–34.

²³ Bernard RH. *Research methods in cultural anthropology*. Thousand Oaks: Sage Publications; 1988. dans J. Langevin et al, Reducing energy consumption in low income public housing: Interviewing residents about energy behaviors, *Applied Energy* 102 (2013) 1358–1370.

Pour cerner l'effet des occupants sur la consommation d'énergie, le questionnaire vise à collecter des informations sur les caractéristiques du logement, ses occupants et les comportements de consommation d'énergie en termes de chauffage, de refroidissement, de bain, de cuisson, d'éclairage, d'utilisation d'appareils électroménagers et de ventilation.

L'enquête consiste à interroger les facteurs qui influencent les modèles de la consommation d'énergie des ménages, puisqu'il a été supposé qu'il pourrait y avoir certaines différences dans la consommation d'énergie en fonction de **différentes caractéristiques des logements et les caractéristiques et comportements des ménages**. De la sorte, trois catégories de logement sont choisies, afin de mener une étude comparative sur la consommation d'énergie.

L'enquête examine donc le comportement de consommation et d'économie d'énergie des ménages dans les trois types de logement, à fin de voir comment ils utilisent les équipements de leurs logements, comment ils atteignent le confort, et la façon qu'ils adoptent pour tenter de réduire leur consommation d'énergie.

Un entretien en profondeur a été utilisé pour l'enquête.

Tout d'abord, les trois catégories de logement ont été visitées et leurs caractéristiques physiques ont été revues, y compris le type de bâtiment, la conception de l'habitation, la superficie de l'espace, l'orientation.

Ensuite, le montant de la facture trimestrielle d'électricité et de gaz de chaque ménage (été et hiver) a été examiné afin d'estimer approximativement la consommation énergétique de chaque logement.

I.3.2.2 Echantillon :

Les logements sélectionnés présentent des caractéristiques différents en termes de : âge et taille de la famille , revenu ,et taille de l'appartement, afin de cerner les déterminants de la consommation d'énergie.

Les ménages montrent également des modes de vie différents. Effectivement, de nombreuses études sur la consommation énergétique ont constaté que les différences dans la consommation d'énergie provenaient de l'écart de revenu entre les

ménages²⁴. Ainsi, les cas d'étude choisis dévoilent un certain écart de revenu entre les ménages occupants.

Or, Il y a des différences fondamentales dans les caractéristiques des appartements sélectionnés. L'immeuble Henry du centre ville colonial a été construit en 1930 et avait des appartements de 100m², le système de chauffage adopté utilise le poêle à gaz. Quant aux appartements promotionnels, ils ont été construits en 2005, sont de tailles différentes, allant jusqu'à 180 m² de superficie habitable, et ils adoptent le chauffage central.

Les zones d'étude ont été parcourues à des moments aléatoires pour trouver les résidents qui sont prêts à prendre part à l'étude. Il nécessitait de faire au minimum 10 questionnaires dans chaque zone d'étude, si possible les faire en face à face, sinon distribuer le questionnaire et le récupérer par la suite. Les personnes sélectionnées représentent non seulement les différents types de logements mais aussi, les différentes situations et style de vie, ainsi que les différents groupes d'âge et niveaux de revenus.

Plusieurs personnes ont refusé de participer à l'étude, citant manque de temps ou d'intérêt. En effet le faible taux de participation est dû à certains détails du questionnaire et au sentiment de malaise que les répondants peuvent ressentir à fournir des renseignements personnels sur leur mode de vie et leurs biens.

Le nombre total d'entretien fait en face à face et de questionnaire récolté est de 42.

I.3.2.3 Grille de questionnement :

Le but de l'enquête est d'estimer la mesure dans laquelle le comportement des occupants et les caractéristiques des ménages influent sur la consommation d'énergie domestique. L'enquête comprend des questions sur la surface de l'habitation, les âges de tous les membres de la famille, le revenu, la consommation d'énergie, et la propriété des appareils. Elle comprend également une deuxième série de questions relatives aux paramètres du système de chauffage (température et utilisation), aux habitudes vestimentaires en hiver, au temps passé à la maison, et à la fréquence de l'utilisation des appareils.

Pour la consommation d'été, le questionnaire comprend des questions sur les différents moyens de refroidissement, les paramètres du système de refroidissement (température et

²⁴ T. Craig et al, The North East Scotland Energy Monitoring Project: Exploring relationships between household occupants and energy usage, Energy and Buildings 75 (2014) 493–503.

utilisation), les habitudes vestimentaires, les habitudes de sommeil (avec ou sans climatisation), et en général la perception thermique à l'intérieur du logement.

Précisément, le questionnaire se compose de 73 questions, et est structuré en différentes parties, dans le but d'étudier la façon dont le comportement des occupants et les caractéristiques des ménages sont liés à la consommation d'énergie. **(Voir l'annexe A)**

La première partie porte sur :

1. Les caractéristiques sociodémographiques du ménage (composition, âge, sexe, Diplôme, situation, profession, nature de l'emploi, revenu)
2. les caractéristiques générales du logement: surface, période de construction,
 - l'occupation du logement ou du bâtiment (nombre de personnes au m², périodes d'occupation),
 - le chauffage (périodes de chauffe et températures de consigne, usage d'appareils d'appoint),
 - le refroidissement (périodes d'usage de la climatisation et températures de consigne),
 - l'utilisation de la ventilation (système de ventilation, ouverture des fenêtres),
 - l'utilisation de l'éclairage artificiel, l'utilisation des stores et volets pour l'occultation des ouvertures,
 - l'usage de l'eau chaude sanitaire,
 - l'utilisation d'appareils électroménagers, de la bureautique.

Les trois parties suivantes permettent de cerner la diversité des comportements de consommation dans le logement en se focalisant sur les pièces principales :

- équipements et pratiques de consommation dans la pièce de séjour principale,
- équipements et pratiques de consommation dans la chambre de la personne interrogée,
- équipements et pratiques de consommation dans la cuisine et la salle de bain.

Cette décomposition du questionnement par pièces repose sur l'hypothèse que les comportements de consommation ne sont pas uniformes dans l'ensemble du logement.

La dernière partie aborde les opinions et les connaissances de la personne interrogée sur les questions de l'environnement et de l'économie d'énergie.

Conclusion :

La méthodologie d'approche proposée vise à étudier l'impact des caractéristiques des ménages et de la construction sur la consommation d'énergie résidentielle. Elle permet :

- d'obtenir un aperçu de la performance énergétique théorique des trois types de logement choisis pour l'étude (c'est-à-dire en prenant en compte que les caractéristiques physiques des bâtiments, leur configuration au sein de l'ilot, et la rigueur du climat) à fin d'identifier le type de logement le plus performant.
- Et d'explorer l'impact des caractéristiques et du comportement des ménages sur la consommation réelle d'énergie domestique (cette consommation réelle d'énergie qui est obtenue grâce aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz des habitants).

Dans le but de mettre en exergue l'effet qu'ont les occupants sur la consommation d'énergie.

Chapitre V :
Résultats et interprétation

Introduction :

Ce chapitre de cette deuxième partie expérimentale présente les résultats de la recherche. Subdivisé en trois sous-sections.

D'abord l'analyse des résultats obtenus par la simulation via le logiciel énergétique « Ecotect Analysis 2010 ».

Puis le résultat du simulateur de diagnostic de performance énergétique (DPE). Et enfin l'interprétation des résultats de l'enquête.

Dans le but de confronter et de comparer entre les résultats obtenus par la simulation, et les données et résultats de l'enquête des trois types de logements. Et finir par identifier le logement le plus économe et le logement le plus consommateur.

I.1 Analyse des résultats obtenus par la simulation via le logiciel « Ecotect Analysis 2010 » :**I.1.1 Étude du comportement thermique du bâtiment :****Méthode d'analyse :**

L'analyse du comportement de chaque logement s'appuie sur l'ensemble des données recueillies au regard des **caractéristiques physiques du logement et du mode d'occupation** (le **mode d'occupation** selon T. de Meester et al.(2013) ¹ correspond au nombre d'occupant et au nombre d'heures passées à la maison) .

I.1.2 Comparaison du comportement thermique par rapport aux limites de confort entre les trois cas d'étude :

La représentation graphique de la température intérieure des trois types de logement en évolution libre (sans chauffage ni climatisation) par rapport aux limites de confort nous donne une évaluation du comportement thermique du bâtiment.

On obtient les courbes de **température horaire dans la zone choisie pour la simulation**, en l'occurrence **le salon dans les trois appartements** à la date du jour choisi (Le 28 Février comme le jour le plus froid de l'année et le 08 Aout comme le jour le plus chaud de l'année).

Qu'on peut comparer par rapport à la température extérieure et surtout aux limites de confort définies pour l'hiver et pour l'été selon la méthode de **Humphrey**.

La courbe de température intérieure sur une période de 24 heures représente le comportement en évolution libre du logement et par conséquent indique **si le logement présente des**

¹ T. de Meester et al, Impacts of occupant behaviours on residential heating consumption for detached houses in a temperate climate in the northern part of Europe, Energy and Buildings 57 (2013) 313–323.

conditions de confort acceptable ou non sans les apports des équipements mécaniques (sans chauffage ni climatisation).

La ligne mauve est la limite inférieure de la zone de confort

La ligne verte est la limite supérieure de la zone de confort.

Synthèse :

Les données graphiques ou résultats de calculs, combinés à la connaissance des bâtiments grâce aux données générales, permettent d’analyser le comportement réel de chaque logement présenté, en particulier le comportement d’hiver et le comportement d’été, et de comparer la performance énergétique entre les trois types de logement pour voir quel est le plus performant. (Figure. V-2, V-3, V-4, V- 6, V- 7, et V-8).

I.1.2.1 Comportement thermique d’été :

En thermique d’été, de bonnes performances sont constatées en ordre décroissant pour le logement colonial, promotionnel, et social. (Figure V-2, V-3 et V- 4)

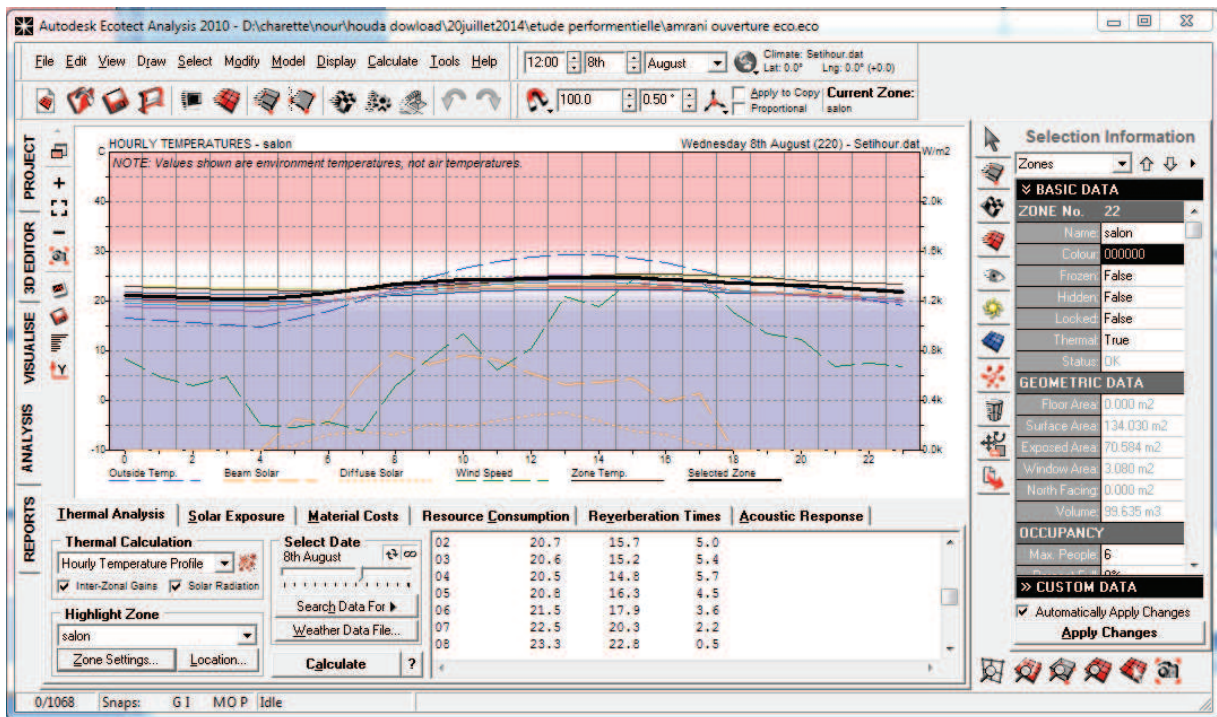


Figure V-1. Interface du logiciel ECOTECT- onglet de l’analyse thermique (source : auteur, 2014)

1/ Le logement colonial

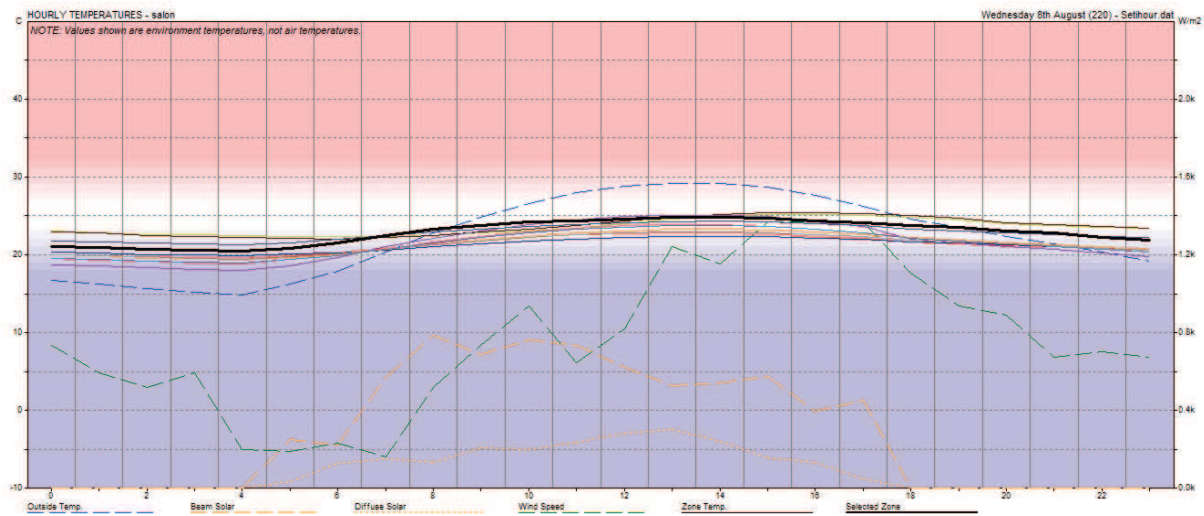


Figure V-2.a . Résultat du logiciel :

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’été du logement COLONIAL – séjour- le jour le plus chaud de l’année le 8 Aout (source : auteur, 2014)

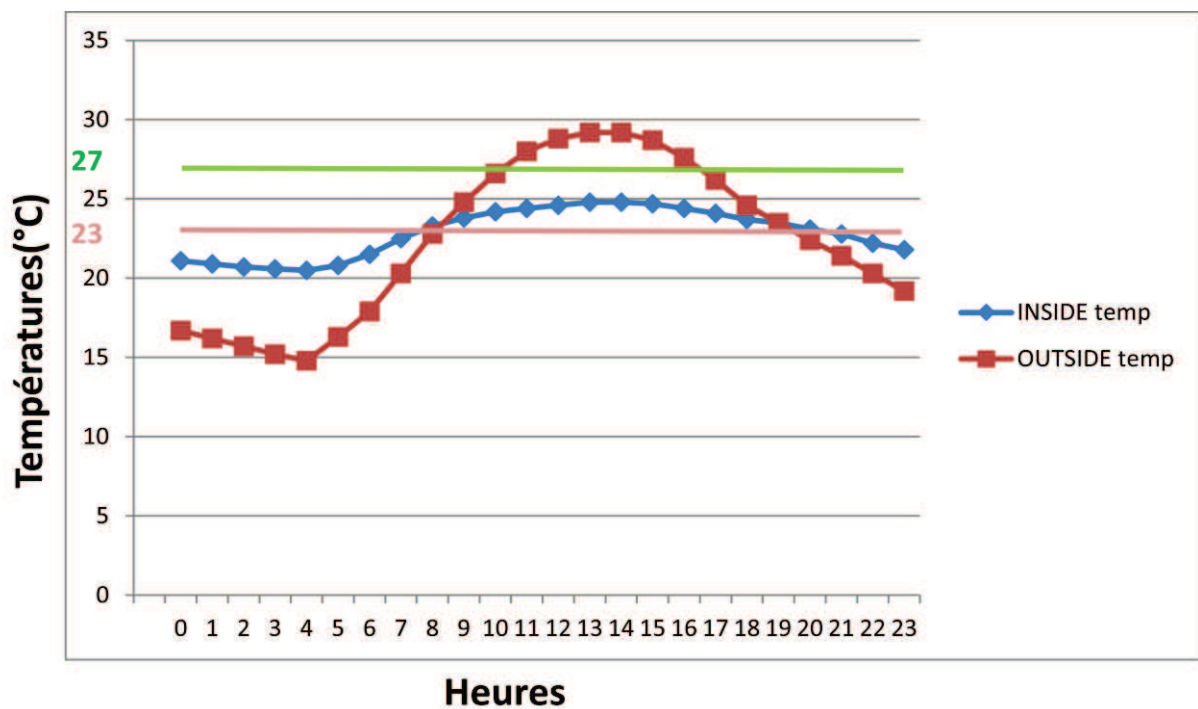


Figure V- 2. b. Résultat transféré sur Excel

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’été du logement COLONIAL – séjour- le jour le plus chaud de l’année le 8 Aout. (source : auteur, 2014)

2/ Le logement promotionnel

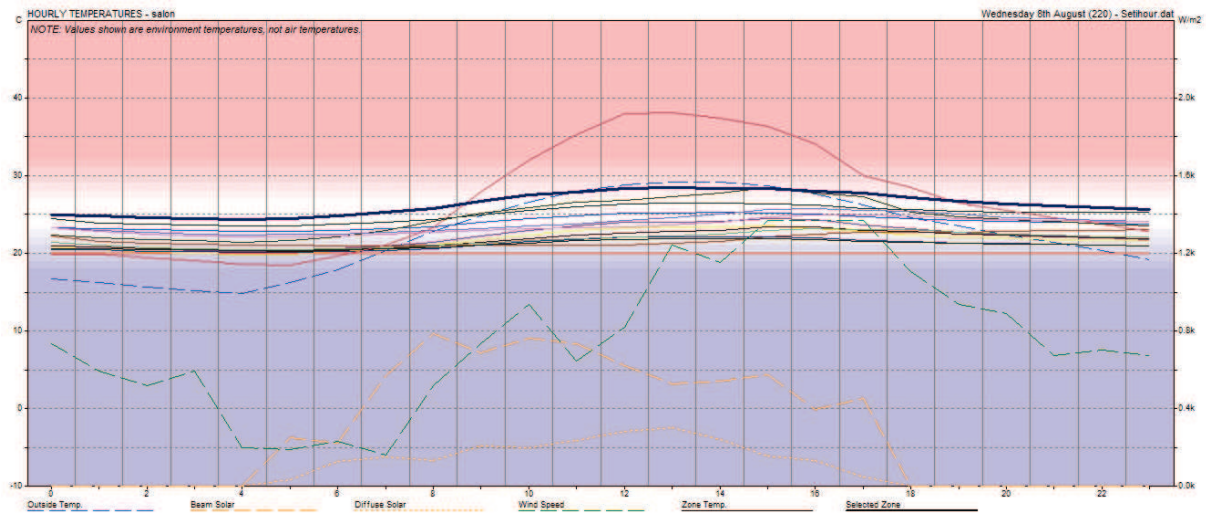


Figure V-3.a. Résultat du logiciel :

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement PROMOTIONNEL

– séjour- le jour le plus chaud de l'année le 8 Aout . (source : auteur, 2014)

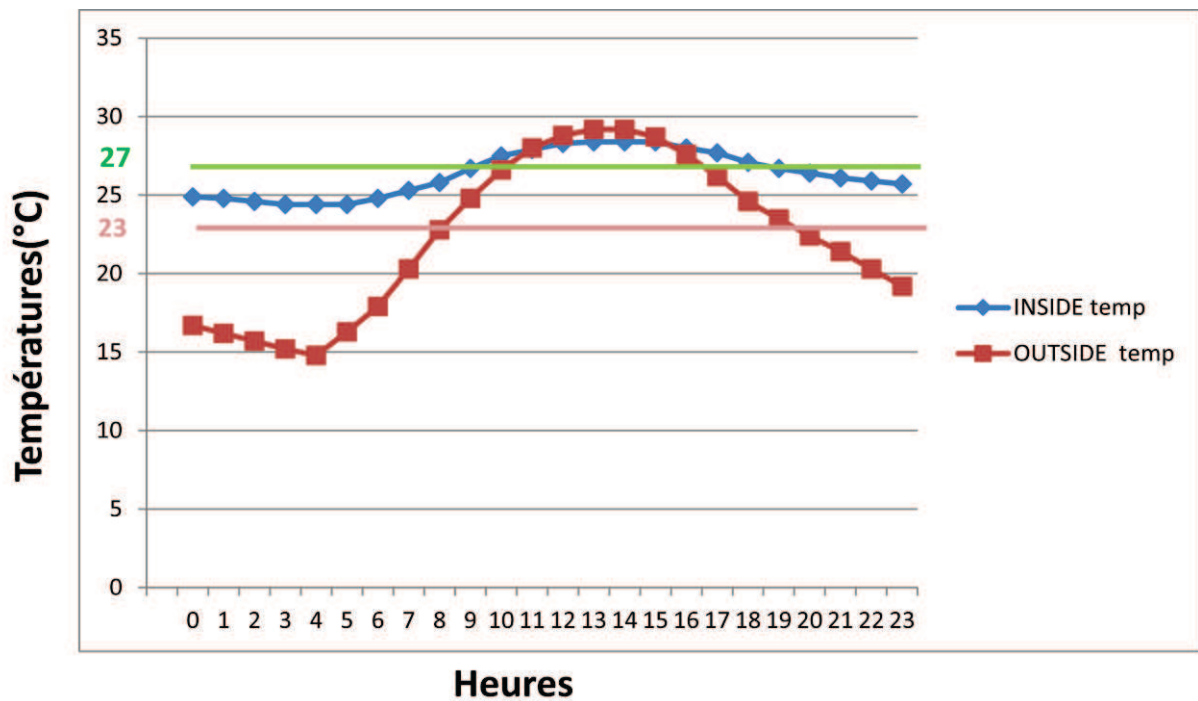


Figure V-3.b. Résultat transféré sur Excel

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement PROMOTIONNEL

– séjour- le jour le plus chaud de l'année le 8 Aout . (Source : auteur, 2014)

3/ Le logement social

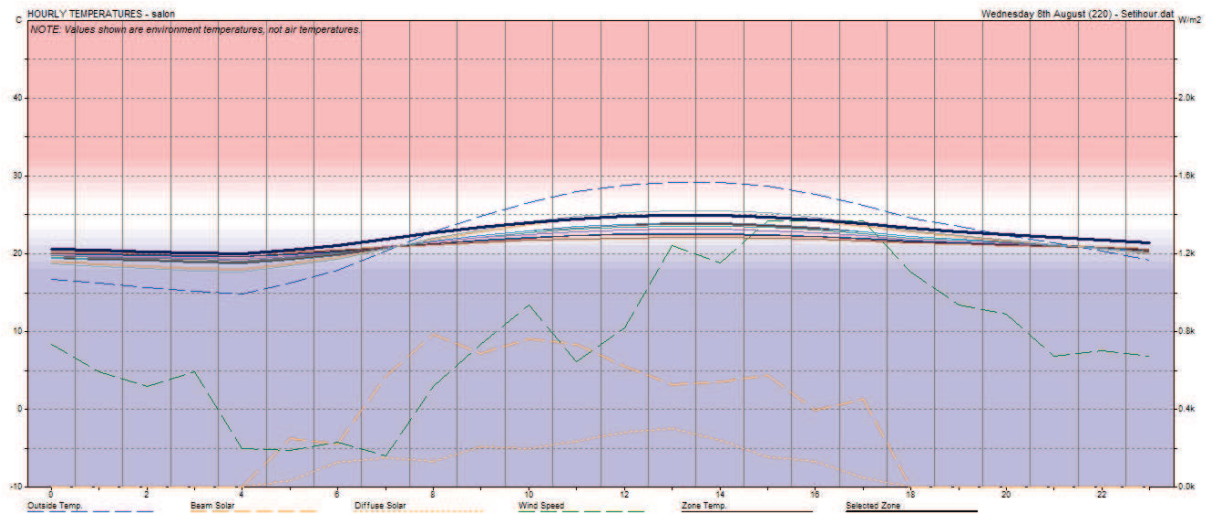


Figure V-4.a. Résultat du logiciel :

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement SOCIAL – séjour- le jour le plus chaud de l'année le 8 Aout. (Source : auteur, 2014)

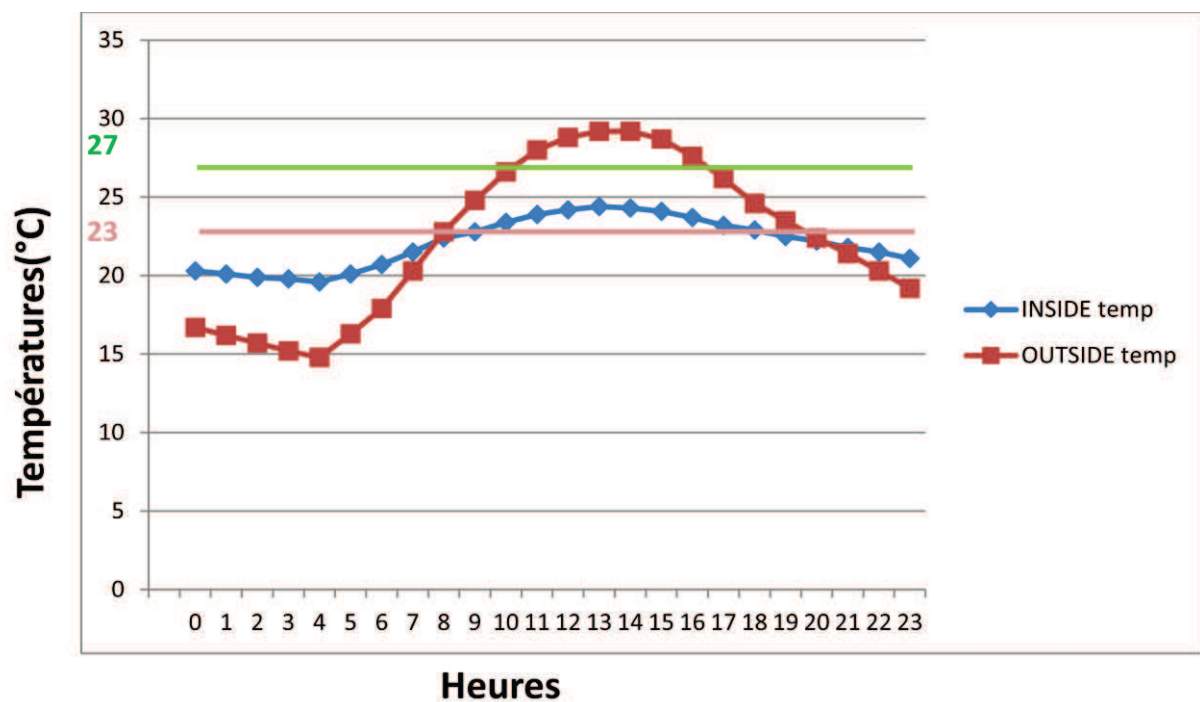


Figure V-4. b. Résultat transféré sur Excel

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d'été du logement SOCIAL – séjour- le jour le plus chaud de l'année le 8 Aout .(Source : auteur, 2014)

I.1.2.1.1 Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures

Les tableaux (V-1, V-2 et V- 3) illustre les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures, lors de la journée la plus chaude d'été (le 08 aout) .

Les écarts négatifs traduisent la forte capacité du logement colonial à réguler les flux énergétiques. (Figure.V-5).

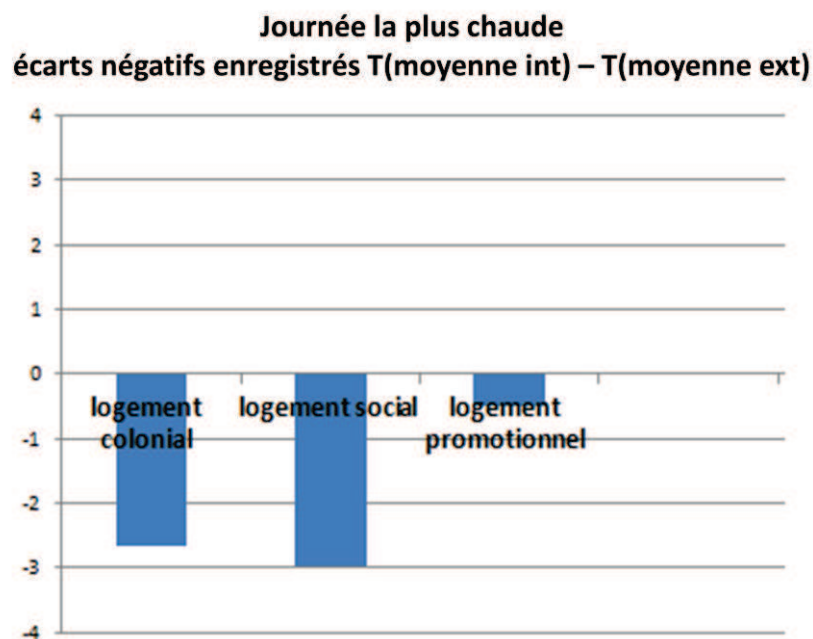


Figure V-5. Ecarts négatifs entre températures moyennes intérieures et températures moyennes extérieures. (Source : auteur, 2014)

Remarque :

Malgré que l'écart négatif dans le logement social soit le plus important ($- 2.99^{\circ}$) comparé à celui du logement colonial (-2.66°) ainsi qu'à celui du logement promotionnel (-0.5°).

il a été jugé que c'est le logement colonial qui est le plus performant en période d'été présentant une forte capacité à réguler les flux énergétiques, parce qu'on a pris en compte que le salon (zone prise pour la simulation) dans le type social a une orientation nord . Et il est largement connu que les pièces orientées au nord sont généralement fraîches, elles ne reçoivent jamais de rayonnement direct mais bénéficient toute l'année d'une lumière égale et

du rayonnement solaire diffus .pendant l'été elles peuvent souffrir d'un rayonnement direct au petit matin et en soirée car le soleil est bas et ses rayonnement provoquent un éblouissement². Donc cet écart négatif entre les températures moyennes intérieures et températures moyennes extérieures dans le logement social est du à l'orientation nord de la pièce qui fait qu'elle soit toujours déficitaire d'un point de vue énergétique.

Mais cette orientation ne convient pas à une telle pièce, parce qu'elle ne reçoit jamais le soleil en hiver et de ce fait elle ne reprend donc pas les préceptes d'une architecture bioclimatique.

Tableau V-1. Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures, lors de la journée la plus chaude d'été (le 08 aout). Logement colonial. (Source : auteur, 2014)

| HOUR | INSIDE (C) | OUTSIDE (C) | TEMP.DIF |
|------|------------|-------------|----------|
| 0 | 21.1 | 16.7 | 4.4 |
| 1 | 20.9 | 16.2 | 4.7 |
| 2 | 20.7 | 15.7 | 5.0 |
| 3 | 20.6 | 15.2 | 5.4 |
| 4 | 20.5 | 14.8 | 5.7 |
| 5 | 20.8 | 16.3 | 4.5 |
| 6 | 21.5 | 17.9 | 3.6 |
| 7 | 22.5 | 20.3 | 2.2 |
| 8 | 23.3 | 22.8 | 0.5 |
| 9 | 23.8 | 24.8 | -1.0 |
| 10 | 24.2 | 26.6 | -2.4 |
| 11 | 24.4 | 28.0 | -3.6 |
| 12 | 24.6 | 28.8 | -4.2 |
| 13 | 24.8 | 29.2 | -4.4 |
| 14 | 24.8 | 29.2 | -4.4 |
| 15 | 24.7 | 28.7 | -4.0 |
| 16 | 24.4 | 27.6 | -3.2 |
| 17 | 24.1 | 26.2 | -2.1 |
| 18 | 23.7 | 24.6 | -0.9 |
| 19 | 23.5 | 23.5 | -0.0 |
| 20 | 23.1 | 22.4 | 0.7 |
| 21 | 22.8 | 21.4 | 1.4 |
| 22 | 22.2 | 20.3 | 1.9 |
| 23 | 21.8 | 19.2 | 2.6 |

² Alain Liébard, André de Herde , entre 1996 et 2004, **traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, edifier et aménager avec le developpement durable** , page 64a

Tableau V-2. Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures, lors de la journée la plus chaude d'été (le 08 aout).

Logement promotionnel. (Source : auteur, 2014)

| HOUR | INSIDE (C) | OUTSIDE (C) | TEMP.DIF |
|------|------------|-------------|----------|
| 0 | 24.9 | 16.7 | 8.2 |
| 1 | 24.8 | 16.2 | 8.6 |
| 2 | 24.6 | 15.7 | 8.9 |
| 3 | 24.4 | 15.2 | 9.2 |
| 4 | 24.4 | 14.8 | 9.6 |
| 5 | 24.4 | 16.3 | 8.1 |
| 6 | 24.8 | 17.9 | 6.9 |
| 7 | 25.3 | 20.3 | 5.0 |
| 8 | 25.8 | 22.8 | 3.0 |
| 9 | 26.7 | 24.8 | 1.9 |
| 10 | 27.5 | 26.6 | 0.9 |
| 11 | 27.9 | 28.0 | -0.1 |
| 12 | 28.3 | 28.8 | -0.5 |
| 13 | 28.4 | 29.2 | -0.8 |
| 14 | 28.4 | 29.2 | -0.8 |
| 15 | 28.4 | 28.7 | -0.3 |
| 16 | 28.0 | 27.6 | 0.4 |
| 17 | 27.7 | 26.2 | 1.5 |
| 18 | 27.1 | 24.6 | 2.5 |
| 19 | 26.7 | 23.5 | 3.2 |
| 20 | 26.4 | 22.4 | 4.0 |
| 21 | 26.1 | 21.4 | 4.7 |
| 22 | 25.9 | 20.3 | 5.6 |
| 23 | 25.7 | 19.2 | 6.5 |

Tableau V-3. Les écarts mesurés entre les températures horaires intérieures et les températures horaires extérieures, lors de la journée la plus chaude d'été (le 08 aout).

Logement social. (Source : auteur, 2014)

| HOUR | INSIDE (C) | OUTSIDE (C) | TEMP.DIF |
|------|------------|-------------|----------|
| 0 | 20.3 | 16.7 | 3.6 |
| 1 | 20.1 | 16.2 | 3.9 |
| 2 | 19.9 | 15.7 | 4.2 |
| 3 | 19.8 | 15.2 | 4.6 |
| 4 | 19.6 | 14.8 | 4.8 |
| 5 | 20.1 | 16.3 | 3.8 |
| 6 | 20.7 | 17.9 | 2.8 |
| 7 | 21.5 | 20.3 | 1.2 |
| 8 | 22.4 | 22.8 | -0.4 |
| 9 | 22.8 | 24.8 | -2.0 |
| 10 | 23.4 | 26.6 | -3.2 |
| 11 | 23.9 | 28.0 | -4.1 |
| 12 | 24.2 | 28.8 | -4.6 |

| | | | |
|----|------|------|------|
| 13 | 24.4 | 29.2 | -4.8 |
| 14 | 24.3 | 29.2 | -4.9 |
| 15 | 24.1 | 28.7 | -4.6 |
| 16 | 23.7 | 27.6 | -3.9 |
| 17 | 23.2 | 26.2 | -3.0 |
| 18 | 22.9 | 24.6 | -1.7 |
| 19 | 22.5 | 23.5 | -1.0 |
| 20 | 22.2 | 22.4 | -0.2 |
| 21 | 21.8 | 21.4 | 0.4 |
| 22 | 21.5 | 20.3 | 1.2 |
| 23 | 21.1 | 19.2 | 1.9 |

I.1.2.1.2 Propriétés d'inertie thermique du logement colonial. (Figure.V- 2)

- Ce phénomène d'inertie est essentiel en thermique d'été.
- en été, le phénomène d'inertie mesuré sur le logement colonial de l'étude permet d'obtenir un décalage des courbes (des pics) de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'ordre de 8 à 10 h et d'avoir ainsi une température minimum dans le logement au moment le plus chaud de la journée. Avec un minimum extérieur nocturne situé vers 4 h du matin en en été, le minimum de température intérieur se situe entre 12 h et 14 h.

Le bon comportement du logement colonial s'explique globalement par sa gestion optimisée, combinant une réduction des apports solaires en journée et un rafraichissement nocturne, grâce aux éléments suivants :

- ratios d'ouvertures adaptées à l'orientation de la façade ;
- transversalité systématique des locaux (organisation intérieure) ;
- forte inertie des parois
- une ventilation naturelle : assurée par
 - L'ouverture temporaire des ouvrants (portes et fenêtres) et leurs défauts d'étanchéité.
 - tirage thermique créé par des gradients de température existants entre la face ensoleillée et la face ombragée du logement.

I.1.2.2 Comportement thermique en hiver

En thermique d'hiver, la meilleure performance est constatée dans le logement promotionnel, puis vient le logement colonial et le logement social mais avec une faible différence dans la performance de ces deux derniers types de logement. **(Figure V-6, V- 7 et V-8)**

Il est important de noter que selon l'hypothèse de l'étude, le logement colonial serait éventuellement le plus performant principalement grâce à la compacité de sa forme urbaine et sa bonne inertie de parois mais contrairement à nos attentes, les résultats des simulations des caractéristiques physiques des bâtiments indiquent que le logement promotionnel est le plus performant.

1/ Le logement promotionnel

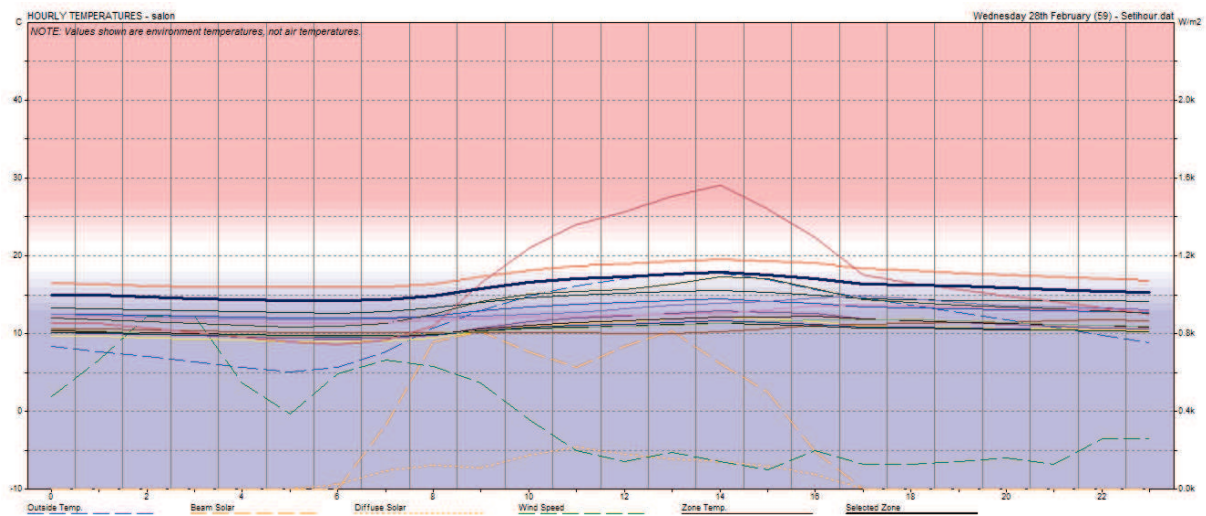


Figure V-6. a. Résultat du logiciel :
 Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’hiver du logement PROMOTIONNEL – séjour- le jour le plus froid de l’année le 28 Février. (Source : auteur, 2014)

21.9

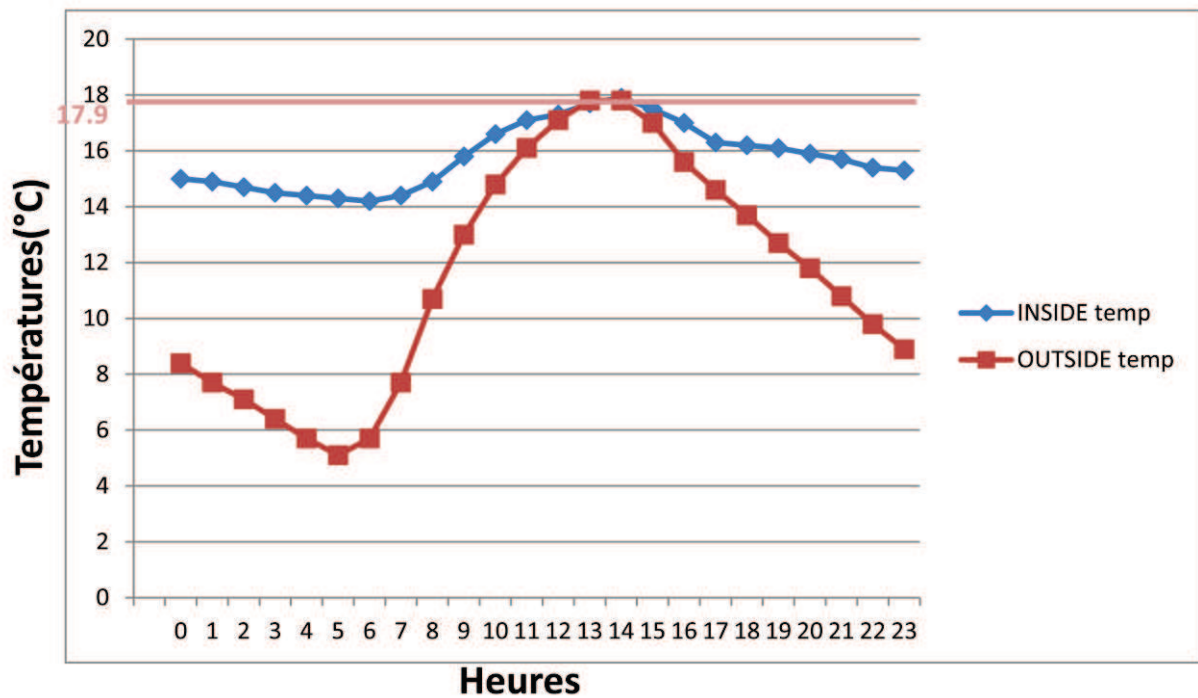


Figure V-6 .b. Résultat transféré sur Excel
 Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’hiver du logement PROMOTIONNEL – séjour- le jour le plus froid de l’année le 28 Février. (Source : auteur, 2014)

2/ Le logement colonial

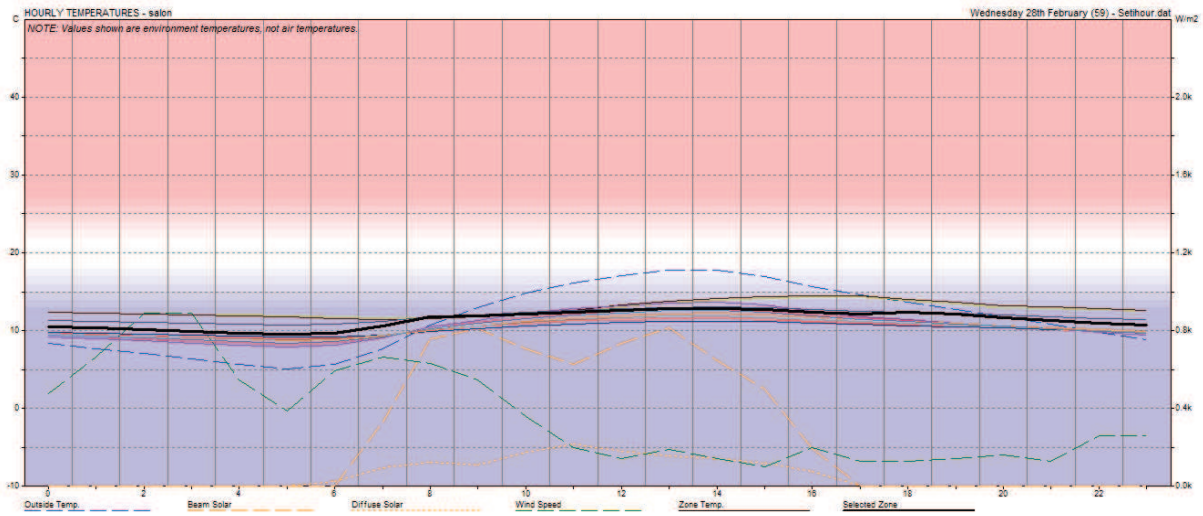


Figure V-7. a. Résultat du logiciel :

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’hiver du logement COLONIAL – séjour- le jour le plus froid de l’année le 28 Février. (Source : auteur, 2014)

21.9

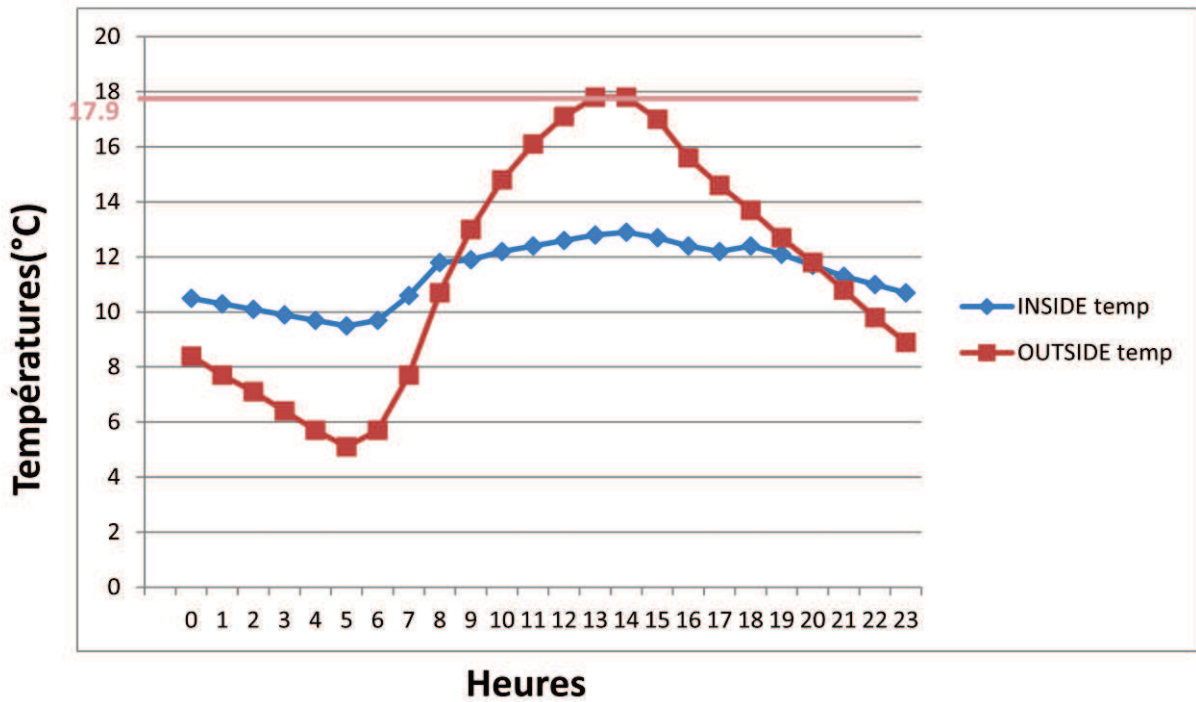


Figure V-7. b. Résultat transféré sur Excel

Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’hiver du logement COLONIAL – séjour- le jour le plus froid de l’année le 28 Février. (Source : auteur, 2014)

3/ Le logement social

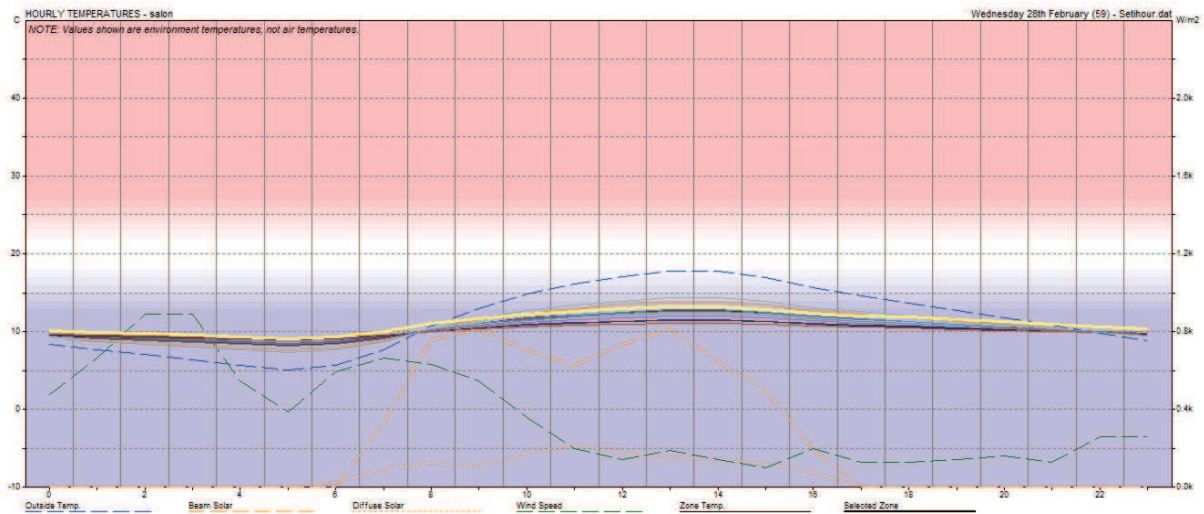


Figure V-8. a. Résultat du logiciel :
 Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’hiver du logement SOCIAL
 – séjour- le jour le plus froid de l’année le 28 Février. (Source : auteur, 2014)

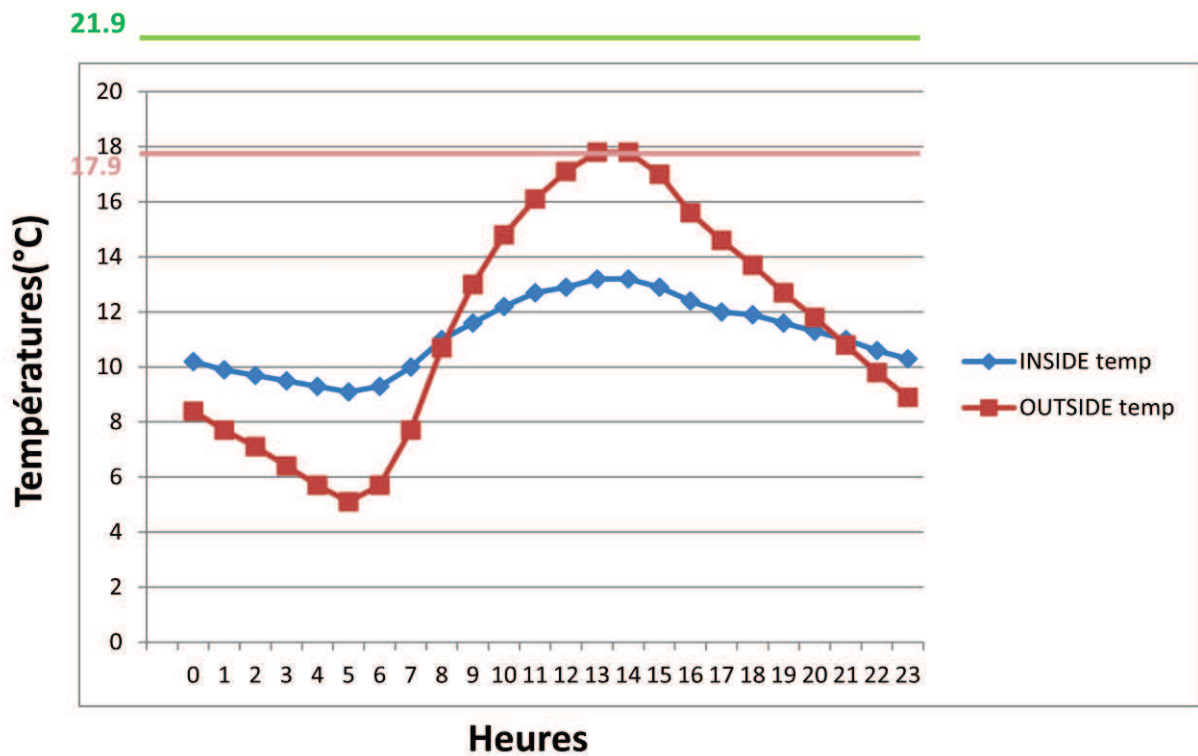


Figure V-8.b. Résultat transféré sur Excel
 Profil de température horaire en évolution libre par rapport aux limites de confort d’hiver du logement SOCIAL
 – séjour- le jour le plus froid de l’année le 28 Février. (Source : auteur, 2014)

Suite à ce comportement positif du logement promotionnel et sachant que cette analyse interprète l'influence des caractéristiques physiques du logement et omit le système «équipement et comportement des occupant». Il ne s'agissait donc plus que de confirmer que cet exemple de logement promotionnel ait bénéficié d'une démarche de conception bioclimatique, en distinguant ses paramètres qui ont eu cette influence positive sur son comportement thermique d'hiver. et que nous allons décrire dans ce qui suit.

I.1.2.2.1 Paramètres positifs du logement promotionnel

L'étude de l'exemple du logement promotionnel pris pour cette recherche fait apparaître des caractéristiques qui lui sont propres, et qu'il convient de mettre en évidence, étant méconnues jusqu'à maintenant, puisque effectivement elles n'étaient pas prises en compte au début de cette étude (lors de la phase des hypothèses).

Les systèmes qui distinguent le logement promotionnel des deux autres types de logement sont :

- l'environnement et l'implantation ;
- l'organisation intérieure ;
- l'enveloppe ;
- les ouvertures ;

Environnement et implantation

Concernant le logement promotionnel étudié, l'analyse révèle globalement une forte prise en compte de l'environnement dans la conception du bâtiment.

Les caractéristiques d'implantation du bâtiment promotionnel se présentent sous la forme d'un grand îlot fermé, formé par des immeubles mitoyens, et qui génère une grande cours intérieure.

Cette forme présente plusieurs caractéristiques ayant des conséquences sur le comportement thermique d'hiver du logement :

- mitoyenneté des parois importante (la mitoyenneté permet de réduire les surfaces déperditives du logement) ;
- le positionnement tend à optimiser les apports solaires (face au Sud)
- la grande cours garantit un ensoleillement maximal des logements.

Organisation des espaces intérieurs :

L'organisation intérieure du logement est un système important.

La distribution intérieure influence le comportement thermique du logement en hiver et en été, en fonction de l'orientation des espaces, du mode de distribution (logement traversant ou non).

Dans le cas du logement promotionnel (Cf. **Figure IV-20**) et en l'absence de moyens de chauffage performants, l'organisation intérieure tend à favoriser le confort en été et en hiver :
– emplacement des pièces : les pièces de vie sont situées du côté ensoleillé (Sud) et les pièces de service du côté froid (Nord).

Enveloppe :

Toiture terrasse isolée : des panneaux de polystyrène d'une épaisseur de 4 cm sont utilisés pour l'isolation de la toiture terrasse du logement promotionnel.

Murs en brique : malgré que les parois n'offrent pas une étanchéité totale, elles peuvent être considérées comme étanches comparées à la construction coloniale.

Ouvertures

Le rôle des fenêtres et des portes-fenêtres est primordial dans un logement (accès à l'éclairage naturel, récupération des apports solaires en hiver, ventilation naturelle). Mais, ces ouvertures (parois non opaques) peuvent également engendrer des déperditions thermiques (renouvellement d'air) et un effet de paroi froide³.

Concernant l'exemple de logement promotionnel de l'étude, on peut distinguer

- **des ouvertures dites « simples »** (menuiseries simples, simple vitrage),
- **les ouvertures dites « spécifiques »** (doubles fenêtres, oriel, véranda).

Ouvertures simples

Elles permettent des apports solaires en hiver, de part leur position, taille ou orientation.

Le type de vitrage ne répond pas aux exigences d'isolation (simple vitrage).

Véranda « thermique »

Une véranda est un espace tampon qui permet de récupérer les apports solaires en hiver. Dans le cas du logement promotionnel, la véranda est orientée vers le Sud (plus performante) et constitue le prolongement du salon. Elle est séparée du volume chauffé (le salon) par des parois et une porte fenêtre.

³ Richard CANTIN et Gérard GUARRACINO, 2012, Performance énergétique des bâtiments existants, Techniques de l'Ingénieur « l'expertise technique et scientifique de référence », page 12.

I.2 Résultat du logiciel de diagnostic et de simulation :

L'outil de simulation utilisé est gratuit, mais nécessite de créer un compte sur le site maville.estaucourant.com .

I.2.1 Analyse des données et calcul des performances :

I.2.1.1 Le logement colonial: construit avant 1930



Figure V-9. Immeuble Henry au centre ville (source : auteur.2013)

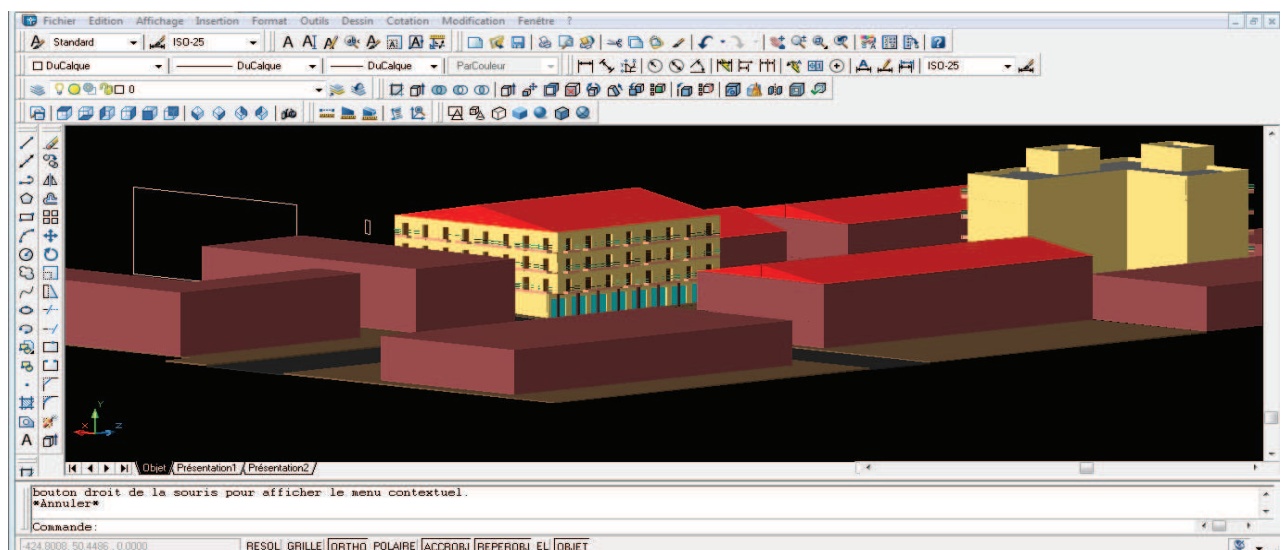


Figure V-10. Immeuble Henry au centre ville (modélisé par le logiciel AUTOCAD 2004)
(source : auteur.2013)

I.2.1.1.1 Consommation énergétique du logement colonial :

La consommation énergétique du logement colonial pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **365kwhep/m².an (classe F)**

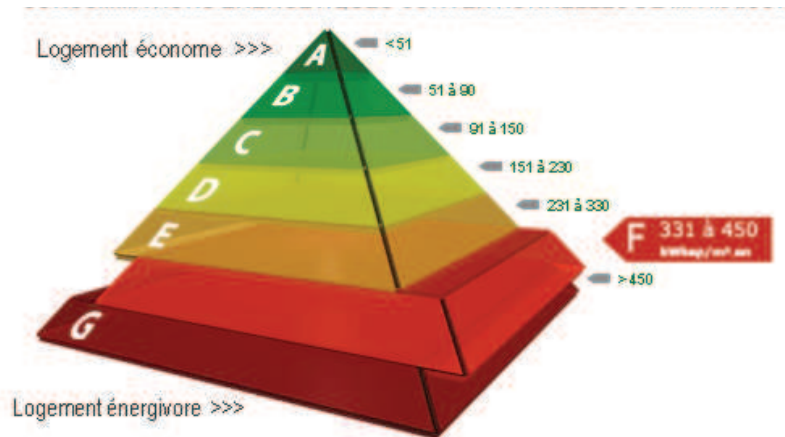


Figure V-11. Consommation énergétique du logement colonial. (Source : auteur.2013)

Le logement colonial peut être qualifié comme « **un logement à forte consommation énergétique** »

I.2.1.1.2 Emission de CO₂ (gaz à effet de serre) de l'appartement colonial :

Les émissions de gaz à effet de serre (CO₂) du logement colonial pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **106 kg. CO₂/m².an (classe G).**

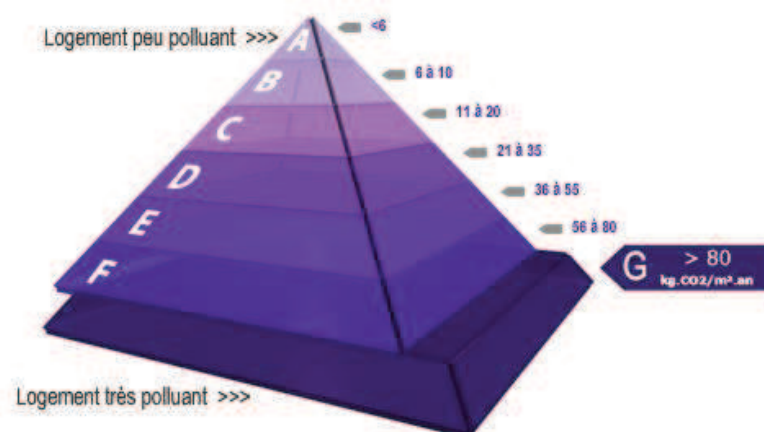


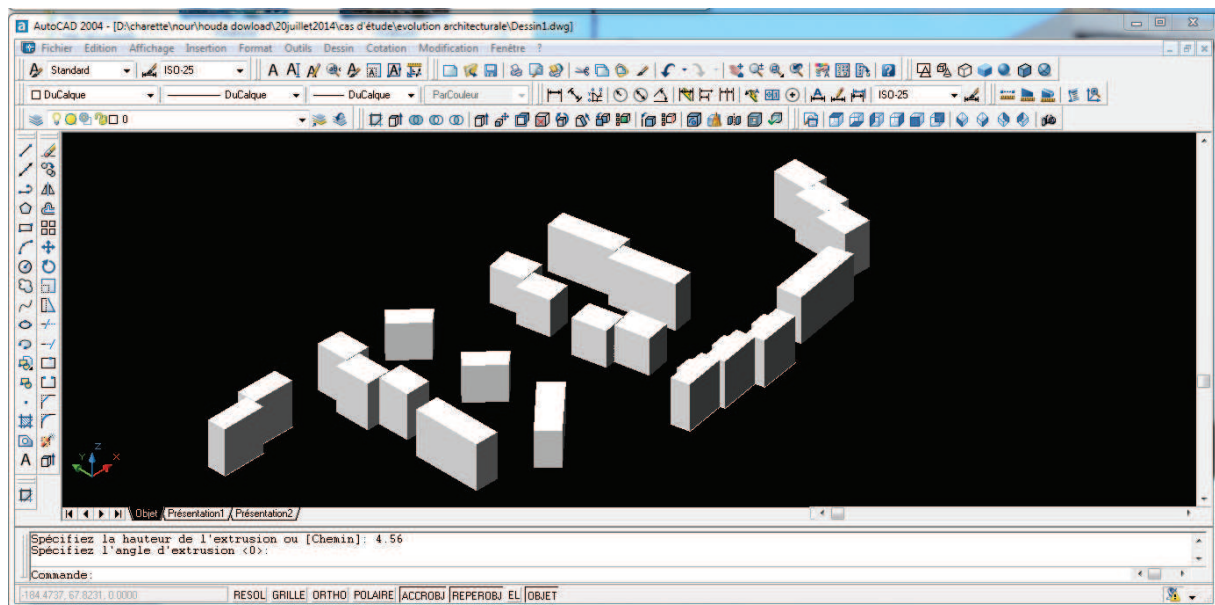
Figure V.12. Emission de CO₂ de l'appartement colonial. (Source : auteur.2013)

Le logement colonial peut être qualifié comme « **un logement à forte Emission de CO₂** »

I.2.1.2 Le logement social: 1970-1980



Figure V-13. Les 600 logements (source : auteur.2013)

Figure V-14. Les 600 logements (modélisé par le logiciel AUTOCAD 2004)
(source : auteur.2013)

I.2.1.2.1 Consommation énergétique du logement social :

La consommation énergétique du logement social pour le chauffage, l’eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **414kwhep/m².an** (classe F) .

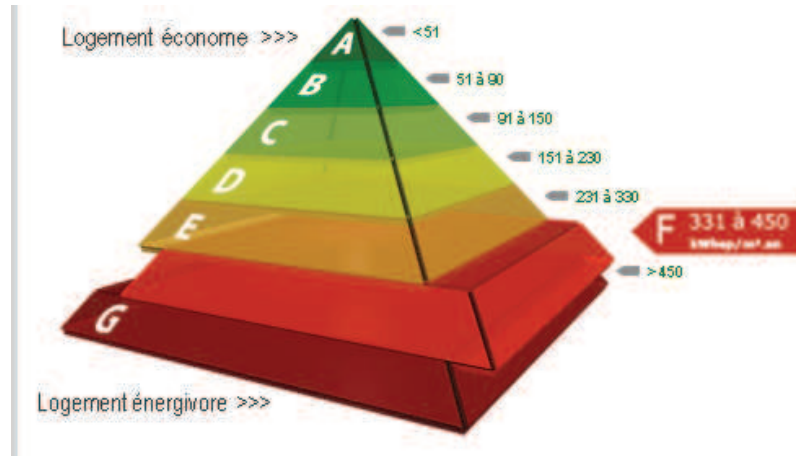


Figure V-15. Consommation énergétique du logement social (source :auteur.2013)

Le logement social peut être qualifié comme « **un logement à forte consommation énergétique** »

I.2.1.2.2 Emission de CO2 (gaz à effet de serre) du logement social :

Les émissions de gaz à effet de serre (CO2) du logement social pour le chauffage, l’eau chaude sanitaire et le refroidissement sont de : **110 kg.CO2/m².an** (classe :G)

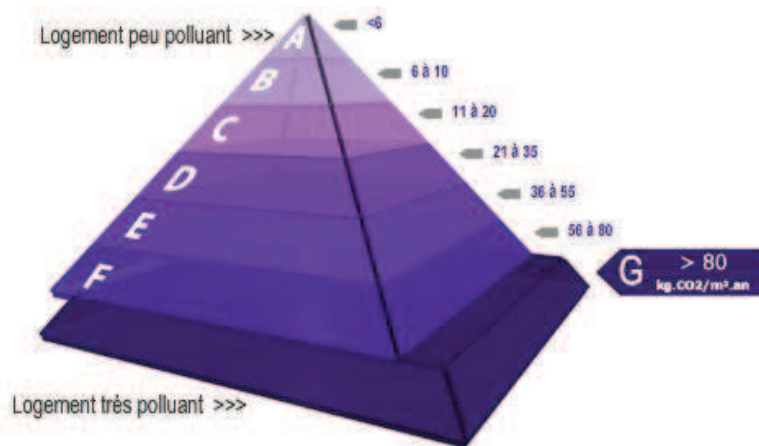


Figure V-16. Emission du CO2 du logement social (source :auteur.2013)

Le logement social peut être qualifié comme « **un logement à forte émission de CO2** »

I.2.1.3 Le logement promotionnel: à partir 2000:



Figure V-17. Promotion Amrani(source :auteur.2013)

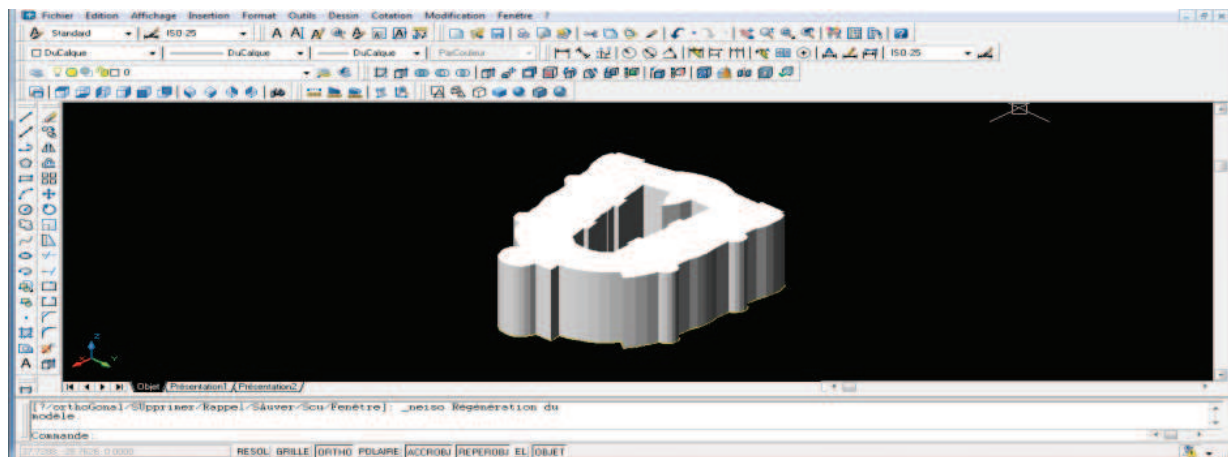


Figure V-18. Promotion Amrani (modélisé par le logiciel AUTOCAD 2004) (source :auteur.2013)

I.2.1.3.1 Consommation énergétique du logement promotionnel :

La consommation énergétique du logement promotionnel pour le chauffage, l’eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **185kwh/m².an (classe D)**

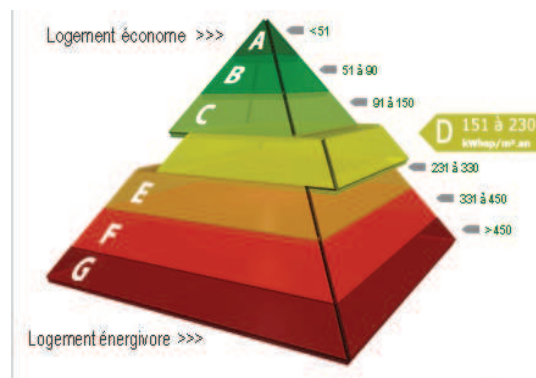


Figure V-19. Consommation énergétique du logement promotionnel (source : auteur.2013)

Le logement promotionnel peut être qualifié comme « **un logement à moyenne consommation énergétique** »

I.2.1.3.2 Emission de CO₂ (gaz à effet de serre) du logement promotionnel :

Les émissions de gaz à effet de serre (CO₂) du logement promotionnel pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement sont de : **46 kg.CO₂/m².an (classe :E)**

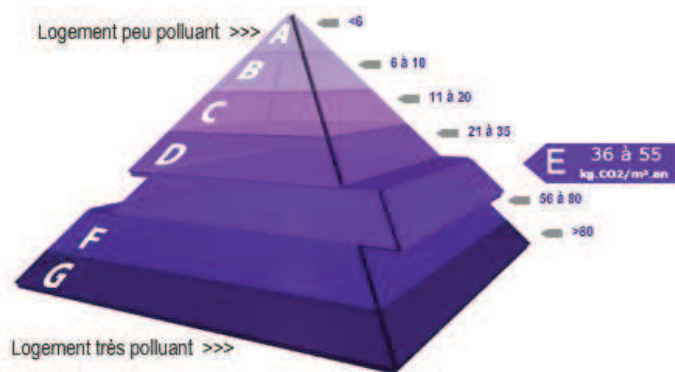


Figure V-20. Emission de CO₂ du logement promotionnel (source :auteur.2013)

Le logement promotionnel peut être qualifié comme « **un logement à moyenne émission de CO₂** ».

I.2.2 L'optimisation de la performance énergétique du logement colonial :

L'amélioration de la performance énergétique du logement (isolation thermique, équipements plus performants), permet au même temps **d'accroître le confort, d'augmenter la durabilité du bâti**, et de **réduire les consommations d'énergie**, de chauffage et de climatisation.

Elle est également **bénéfique pour l'environnement** car en réduisant les consommations, elle permet de préserver les sources énergétiques et de **limiter les émissions de gaz à effet de serre**⁴

- **Amélioration de l'isolation (toiture, murs, fenêtres, plancher) :**

La performance du logement avant travaux est **insuffisante**

La toiture obtient un score de 10/20

Les murs obtiennent un score de 2/20

Les fenêtres obtiennent un score de 0/20

Le plancher bas obtient un score de 0/20

- **Amélioration des équipements (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation):**

La performance des équipements du logement est

Insuffisante pour le chauffage et la ventilation

Moyenne pour l'eau chaude sanitaire

Le système de chauffage obtient un score de 8/20

Le système d'eau chaude sanitaire obtient un score de 11/20

Le système de ventilation obtient un score de 8/20

I.2.3 Analyse des travaux et consommations obtenues :

I.2.3.1 Amélioration de l'isolation (toiture, murs, fenêtres, plancher) :

I.2.3.1.1 Les fenêtres:

- **Type de vitrages existants** : simple vitrage
- **Procédé envisagé** : double vitrage
- **Niveau de performance** : ultra = très faibles déperditions thermiques ($U = 1.7 \text{ W/m}^2$)⁵.

⁴ [en ligne] <http://www.ecoco2.com>

⁵ **Les niveaux de performances pour les fenêtres**

Classic Moyenne déperdition thermique ($U = 2.7 \text{ W/m}^2$)

Premium Faible déperdition thermique ($U = 2 \text{ W/m}^2$)

Ultra Très faible déperdition thermique ($U = 1.7 \text{ W/m}^2$)

Consommation énergétique du logement après isolation des fenêtres

Le logement reste qualifié comme un logement **a forte consommation énergétique**

«**classe F**»

La consommation énergétique du logement colonial pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **365kwh/m².an (classe F)**

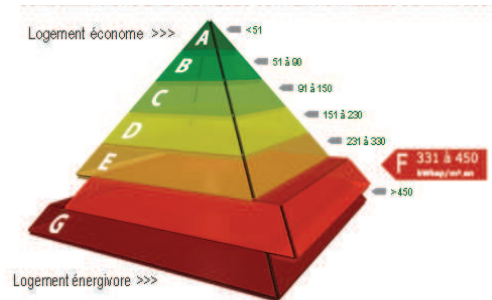


Figure V-21. Consommation énergétique du logement après isolation des fenêtres (source :auteur.2013)

Gains estimés : 0 kWh/m².an

Avant travaux « **classe F** » \longrightarrow après travaux « **classe F** »

Des doubles vitrages peuvent améliorer le confort mais si les murs ne sont pas performants, ils ne seront pas très performants

I.2.3.1.2 Les murs:

- **Type d'isolation thermique** : par l'extérieur
- **Niveau de performance** : premium ⁶
- **Type d'isolant** : polystyrène

La performance thermique des murs après travaux peut être qualifiée comme **satisfaisante**

La note des murs est de 16/20

Consommation énergétique du logement après isolation des murs

Le coefficient de déperdition thermique (U) est la capacité d'un vitrage à s'opposer à la perte de la chaleur. Plus la valeur est basse, plus le vitrage est performant thermiquement

⁶ **Les niveaux de performance pour les murs**

Classic Faible résistance thermique (R= 1.2 m².K/W)

Premium Bonne résistance thermique (R= 2.4 m².K/W)

ULTRA Excellente résistance thermique (R= 5m².K/W)

La résistance thermique(R) est la capacité d'un matériau à s'opposer au froid et au chaud. Plus la valeur est élevée, plus l'isolant est performant.

Le nouveau positionnement du logement sur l'échelle énergétique est **CLASSE « E »**, il **consomme moyennement l'énergie.308 kwhep/m².an**

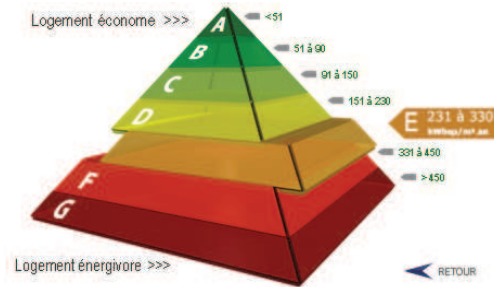


Figure V-22. Consommation énergétique du logement après isolation des murs fenêtres (source : auteur.2013)

Gains estimés: 57 kwhep/m².an

Avant travaux « **classe F** » \longrightarrow après travaux « **classe E** »

Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après isolation des murs :

Les émissions de gaz à effet de serre (CO2) du logement colonial pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **7 kg. CO2/m².an (classe B).**

Gains estimés: 99 kg. CO2/m².an

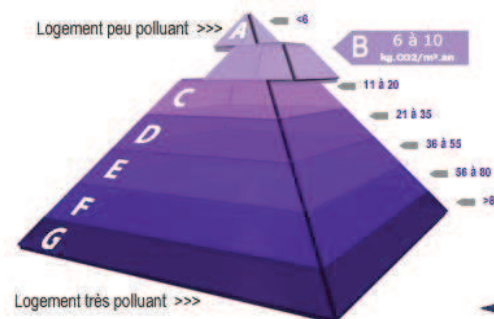


Figure V-23. Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après isolation des murs(source : auteur.2013)

I.2.3.1.3 Le plancher :

- **Nature du plancher:** plancher en bois
- **Niveau de performance :** premium⁷
- **Type d'isolant :** plastique alvéolaire (polystyrène, polyuréthane)
- **Type d'isolation thermique :** par le dessus

La note du plancher bas est 13/20

Consommation énergétique du logement après isolation du plancher

Le nouveau positionnement du logement sur l'échelle énergétique est **CLASSE « E »** , il consomme **moyennement l'énergie :254 kwhep/m².an** .

Gains estimés :111 kwhep/m².an

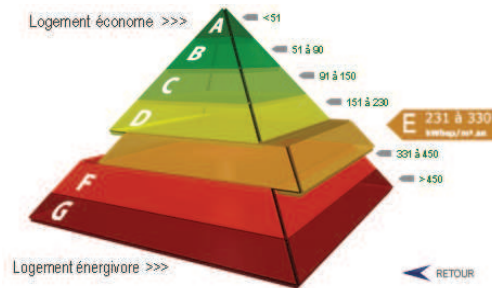


Figure V-24.consommation énergétique du logement après isolation du plancher (source : auteur.2013)

Avant travaux « **classe F** » \Rightarrow après travaux « **classe E** »

Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après isolation du plancher

Les émissions de gaz à effet de serre (CO2) du logement colonial pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **7 kg. CO2/m².an (classe B).**

⁷ **Les niveaux de performance pour le plancher**

Classic Faible résistance thermique (R= 1.2 m².K/W)

Premium Bonne résistance thermique (R= 2.4 m².K/W)

ULTRA Excellente résistance thermique (R= 4 m².K/W)

La résistance thermique(R) est la capacité d'un matériau à s'opposer au froid et au chaud. Plus la valeur est élevée, plus l'isolant est performant.

I.2.3.1.4 Le toit:

- **Type de toiture :** toiture en pente
- **Destination des combles :** combles perdus non chauffés
- **Niveau de performance :** classic ⁸
- **Accès aux combles :** non
- **Type d'isolation thermique :** Isolant en vrac (laine de bois)

La note du toit est de 20/20

La performance thermique du toit après travaux peut être qualifiée comme **satisfaisante**.

Consommation énergétique du logement après isolation du toit

Le nouveau positionnement du logement sur l'échelle énergétique est **CLASSE « E »**, il consomme **moyennement l'énergie : 234 kwhep/m².an**.

Gains estimés :131 kwhep/m².an

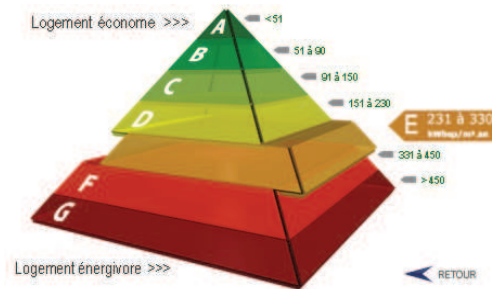


Figure V-25.consommation énergétique du logement après isolation du toit (source : auteur.2013)

Avant travaux « **classe F** » \longrightarrow après travaux « **classe E** »

Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après isolation du toit

Les émissions de gaz à effet de serre (CO2) du logement colonial pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement est de : **7 kg. CO2/m².an (classe B)**.

⁸ **Les niveaux de performance pour la toiture**

Classic Faible résistance thermique (R= 2.5 m².K/W)

Premium Bonne résistance thermique (R= 5 m².K/W)

ULTRA Excellente résistance thermique (R= 8 m².K/W)

La résistance thermique(R) est la capacité d'un matériau à s'opposer au froid et au chaud. Plus la valeur est élevée, plus l'isolant est performant.

I.2.3.1.5 Amélioration de l'isolation de toute l'enveloppe du logement (toiture, murs, fenêtres et planchers)

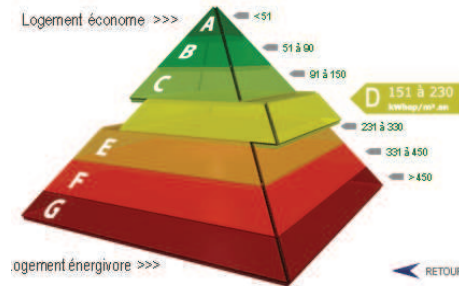


Figure 5. Consommation énergétique du logement après l'amélioration de l'isolation de toute l'enveloppe du logement (toiture, murs, fenêtres et planchers).(source : auteur ,2013)

- Le nouveau positionnement du logement sur l'échelle énergétique est **CLASSE « D »** **il consomme moyennement l'énergie : 222 kwhep/m².an**
- **Gains estimés 143 kwhep/m².an**

Avant travaux « **classe F** » \longrightarrow après travaux « **classe D** »

Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après l'amélioration de l'isolation de toute l'enveloppe du logement (toiture, murs, fenêtres et planchers) est de : **7 kg. CO2/m².an (classe B).**

Gains estimés: 99 kg. CO2/m².an

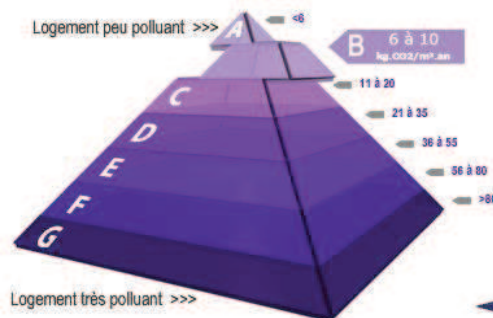


Figure 6. Emissions de CO2 (gaz à effet de serre) du logement après l'amélioration de l'isolation de toute l'enveloppe du logement (toiture, murs, fenêtres et planchers) (source : auteur.2013)

I.2.3.2 Amélioration des équipements

Energies utilisées : énergies renouvelables

Utilisation d'une pompe à chaleur pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

La note du chauffage est de 13/20

La performance du système de chauffage peut être qualifiée comme **moyenne**.

La note du système d'ECS est de 20/20

La performance du système d'ECS peut être qualifiée comme **satisfaisante**

Le nouveau positionnement du logement sur l'échelle énergétique est **CLASSE « E »** , il **consomme moyennement l'énergie** .

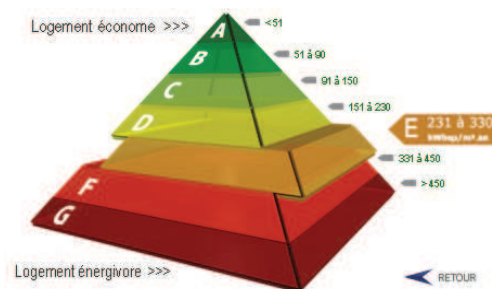


Figure 7. Consommation énergétique du logement après l'amélioration des équipements (source : auteur ,2013)

Même après l'installation d'équipements très puissants (équipement utilisant l'énergie renouvelable, ou améliorant l'efficacité énergétique) la performance énergétique du logement ne s'améliore pas considérablement , il faut donc avant d'améliorer les équipements énergétiques s'assurer que l'isolation du logement est performante .

I.3 Interprétation des résultats de l'enquête :

I.3.1 Les déterminants de la consommation d'énergie résidentielle liés au bâtiment et aux ménages :

En général, les déterminants de la consommation d'énergie résidentielle peuvent être classés en domaines contextuels et comportementaux⁹.

Les domaines comportementaux caractérisent la consommation d'énergie sous la rubrique du styles de vie et des comportements de consommation¹⁰ dont la plupart sont en corrélation avec les caractéristiques sociodémographiques et économiques des ménages.

Le domaine contextuel englobe les caractéristiques des logements accompagnées du climat local, du type d'énergie, et des appareils ménagers. Il est à noter que les caractéristiques des logements englobent les principaux constituants du domaine contextuel. **(Figure 8)** Il ya deux groupes de caractéristiques de l'unité de logement qui influencent la consommation d'énergie:

1) la qualité de la construction (par exemple l'isolation, les systèmes d'efficacité énergétique, et les matériaux de construction);

2) les caractéristiques physiques de l'immeuble (par exemple le type de logement et la taille).

L'étude se concentre sur l'impact des caractéristiques physiques du logement et des caractéristiques des ménages sur la consommation d'énergie.

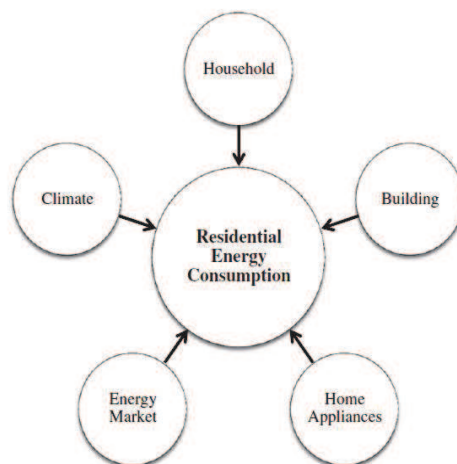


Figure 9 .les déterminants de la consommation d'énergie résidentielle.
(source. H. Estiri,2014)

⁹ Wilson, Charlie,Dowlatabadi,Hadi, 2007.Model of decisionmaking and residential energy use. Annu. Rev. Environ. Resour. 169–203.dans H. Estiri, Building and household X-factors and energy consumption at the residential sector.A structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of US residential buildings, Energy Economics 43 (2014) 178–184.

¹⁰ Lutzenhiser, Loren, 1992. A culturalmodel of household energy consumption. Energy 47–60. MacKay, R.S., 2008. Nonlinearity in complexity science. Nonlinearity 21 (12), T273–T281.dans H. Estiri,op.cit., 178–184.

I.3.1.1 Analyse des données :

Une analyse statistique des paramètres est réalisée à l'aide du **logiciel Excel 2007**

Il s'agit d'une analyse de corrélation à deux variables, qui est réalisée pour examiner les relations entre les variables sociodémographiques, économiques et de comportement des ménages ainsi que les variables physiques du logement avec la consommation d'énergie. Toutefois, cette analyse de corrélation explore dans quelle mesure la variation d'un paramètre peut être expliquée par une autre.

I.3.2 La présentation des données :

Le **Tableau V-4** décrit les variables étudiées et examinées dans cette étude, qui sont classés en catégories : construction, ménage et comportement des occupants :

Tableau V-4 : Corrélation des variables des ménages et de la construction avec la consommation d'énergie (source : auteur, 2014)

| Variables | | Ecart type ¹¹ | Moyenne | Corrélation avec la consommation d'énergie |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|--------------------------------------------|
| Bâtiment | Superficie (m ²) | 50.93 | 142,7 | r=0.63 |
| | Densité | 0.10 | 0,582 | r=-0.21 |
| | Nombre de pièces | 0.84 | 4,4 | r=0.48 |
| Ménage | Nombre des membres du ménage | 1.06 | 5,3 | r=0.44 |
| | Revenu mensuel (DA) | 25033 | 66000 | r=0.71 |
| | Age de la personne de référence du ménage | 12.82 | 51,8 | r=-0.93 |
| | Nombre de climatiseurs installés dans le ménage | 1.83 | 2,6 | r=0.77 |
| Le comportement des occupants | Réglage de température de chauffage en hiver | 2.41 | 25,5 | r=-0.28 |
| | Nombre quotidien d'heures du fonctionnement de chauffage en température élevée | 2.21 | 8,3 | r=0.13 |
| | Réglage de température de climatisation en été | 2.97 | 23,2 | r=0.24 |
| | Nombre quotidien d'heures de mise en marche de climatiseurs | 2.11 | 3,6 | r=0.46 |

¹¹ En statistique. L'Ecart type: mesure la variation dans les données - des données cohérentes doivent avoir un faible écart type

Le revenu mensuel moyen des ménages des sujets interrogés est 66000 DA. La taille moyenne des familles dans l'ensemble de données est de 5,3 personnes par ménage, l'ensemble de données dans cette étude est plus ou moins représentatif de la population générale dans la ville de Sétif.

La Figure 10. montre la propriété de gros appareils ménagers pour les ménages interrogés dans les trois catégories de logement, En plus de leur propriété de climatiseurs et des ordinateurs.

la population étudiée est supposée être représentative de la population générale de la ville puisque l'étude comprend les trois types de logements collectifs observés à Sétif.

La hausse de la possession et de l'usage des climatiseurs peut être causée par le revenu légèrement élevé des ménages et pourrait également indiquer une plus forte consommation d'électricité dans la population étudiée, comme suggéré dans les données de consommation d'énergie.

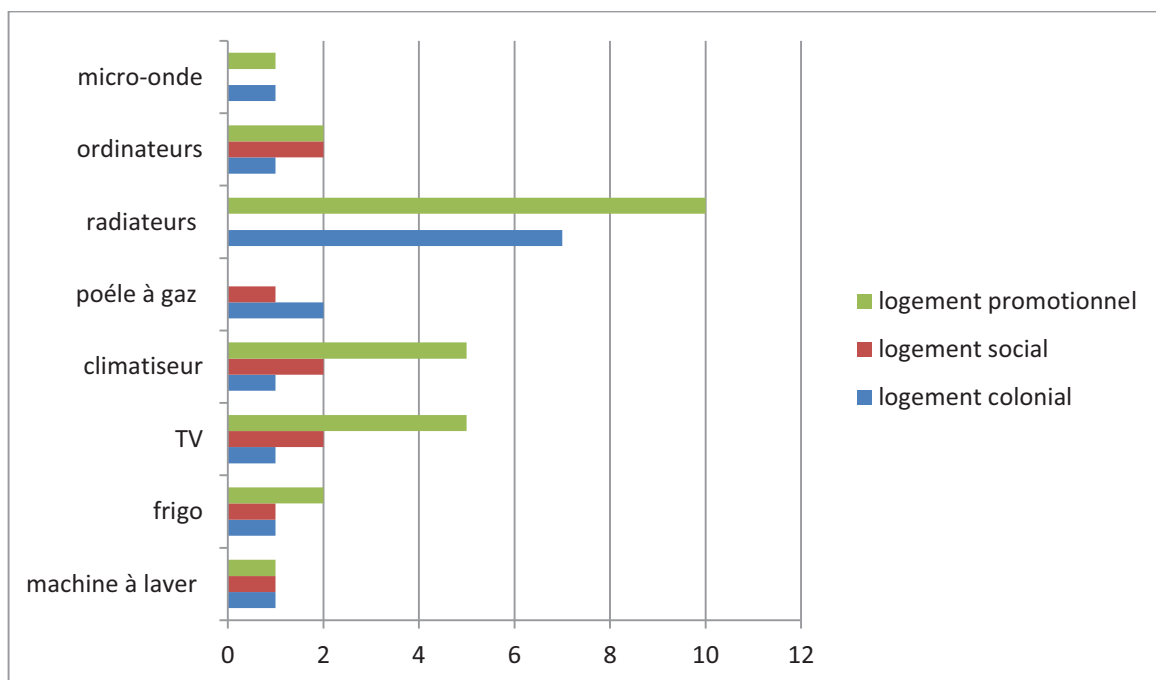


Figure 11. Tendence de propriété des gros appareils ménagers dans les trois catégories de logement de l'enquête (source : auteur, 2014)

Le questionnaire utilisé pour l'enquête comprend également des questions sur le comportement de ventilation, la fréquence de bain pris à la maison, l'utilisation des appareils électriques et des appareils consommant de l'eau chaude tel que la machine à laver. Ainsi que l'utilisation de lampes halogènes, et des lampes à économie d'énergie.

Ces variables de comportement sont pris séparément des variables de comportement mentionnées dans le tableau précédent (tableau .1) , parce que ce sont des variables qui servent exclusivement à identifier les tendances dans le comportement.

De ce fait ces variables de comportement pourraient aider à indiquer si les occupants ont une attitude positive ou négative envers l'économie d'énergie.

Les statistiques peuvent être vus dans le **Tableau.V-5**

Tableau.V-5 .Définitions des variables de comportement des occupants et des corrélations avec la consommation d'énergie (source : auteur, 2014)

| variable | définition | Ecart type | Moyenne | Corrélation avec la consommation d'énergie |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|---------|--------------------------------------------|
| durée de ventilation | durée et moment au cours des 24h d'ouverture de fenêtres, été et hiver | 107.6 | 98.88 | r= 0.5924 |
| Nombre de bain | Nombre de bain pris par semaine | 0.5 | 1.66 | r= 0.5426 |
| Les lampes halogènes | Nombre de lampes halogènes dans le logement | 2.60 | 11.4 | r= 0.8922 |
| Lampes à économie d'énergie | Nombre d'ampoules à économie d'énergie dans le logement | 2.31 | 1.88 | r= -0.3397 |
| Utilisation de télévision et d'ordinateur | Nombre d'heures que les télévisions et les ordinateurs sont utilisés | 2.24 | 10.44 | r= 0.4209 |
| Mise en veille des télévisions et des ordinateurs | Nombre d'heures que les télévisions et les ordinateurs sont mis en veille | 3.60 | 9.33 | r= 0.2514 |
| Utilisation du lave-linge | Nombre de fois par semaine que le lave linge est utilisé | 0.78 | 1.11 | r= 0.1640 |

En résumé :

Les variables physiques clés de l'étude comprennent :

- la surface de plancher (en moyenne 105 m² par ménage)
- le nombre de pièces (en moyenne 4 pièces par ménage).

Les paramètres des ménages comprennent :

- la taille des ménages,
- le revenu mensuel du ménage

-l'âge du chef de ménage.

Les paramètres de comportement individuels :

-Réglage du chauffage en hiver

-Réglage de température du climatiseur en été.

- nombre d'heures de mise en marche du chauffage /climatiseur,

I.3.2.1 L'analyse de corrélation :

L'analyse de corrélation est effectuée à l'aide du logiciel Excel 2007 pour déterminer la relation entre :

- les caractéristiques physiques du bâtiment (par exemple superficie, nombre de pièces) avec la consommation d'énergie.

-les caractéristiques et comportement des ménages (par exemple taille du ménage, revenu, nombre d'heures de mise en marche de chauffage / climatiseur) avec la consommation d'énergie.

Ça veut dire que cette analyse de corrélation évalue le sens de variation entre les variables, et qualifie l'indépendance de ces variables.

Le coefficient de corrélation de Pearson (r) est une mesure de la force de la dépendance linéaire entre deux variables avec une valeur comprise entre -1 et 1 (inclus) $r \in [-1,1]$.

Les résultats sont présentés dans le **Tableau.V-5** , le **Tableau V-6**et le **Tableau V-7**.

On peut interpréter le coefficient de corrélation linéaire de la façon suivante :

- Si r est proche de 1 alors les deux variables sont très bien corrélées (ou liées).
- Si r est proche de 0 alors les deux variables ne sont pas corrélées (ou liées).
- Si r est proche de -1 alors les deux variables sont très bien anti corrélées ou sont liées de façon opposée.

Tableau V-6. Corrélations entre les variables des ménages, de la construction et de la consommation d'énergie. (source : auteur, 2014)

| | | Consommation d'énergie (kWh/an) | Superficie (m ²) | Nombre de pièces | Taille de la famille | L'âge de la personne de référence | Nombre de Climatiseur | Revenu mensuel (DA) |
|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | Coefficient de corrélation (r) | 1 | 0,6326 | 0,4880 | 0,4445 | -0,93198 | 0,77485 | 0,7138 |
| Consommation d'énergie | | 0,6326 | 1 | 0,7170 | 0,2263 | -0,5064 | 0,8709 | 0.5043 |
| Superficie | | 0,4880 | 0,7170 | 1 | 0,2238 | -0,3822 | 0,7599 | 0.4743 |
| Nombre de pièces | | 0,4445 | 0,2263 | 0,2238 | 1 | -0,2568 | 0,2396 | -0,0754 |
| Taille de la famille | | -0,93198 | -0,5064 | -0,3822 | 0,2568 | 1 | -0,7346 | -0,8128 |
| L'âge de la personne de référence | | 0,77485 | 0,8709 | 0,7599 | 0,2396 | -0,7346 | 1 | 0,4443 |
| Nombre de climatiseur | | 0,7138 | 0.5043 | 0.4743 | 0,0754 | -0,8128 | 0,4443 | 1 |
| Revenu mensuel | | | | | | | | |

I.3.2.1.1 Les variables des ménages et de la construction vs la consommation d'énergie.

Comme le montre Le **Tableau V-4** et la **Figure 12**, la consommation d'énergie est significativement corrélée avec: la surface de plancher ($r = 0.6326$, r est proche de 1); l'âge du chef de ménage ($r = - 0.9319$, r est proche de -1); nombre de climatiseur ($r = 0.7748$, $r \rightarrow 1$) et le revenu du ménage ($r = 0.7138$, $r \rightarrow 1$).

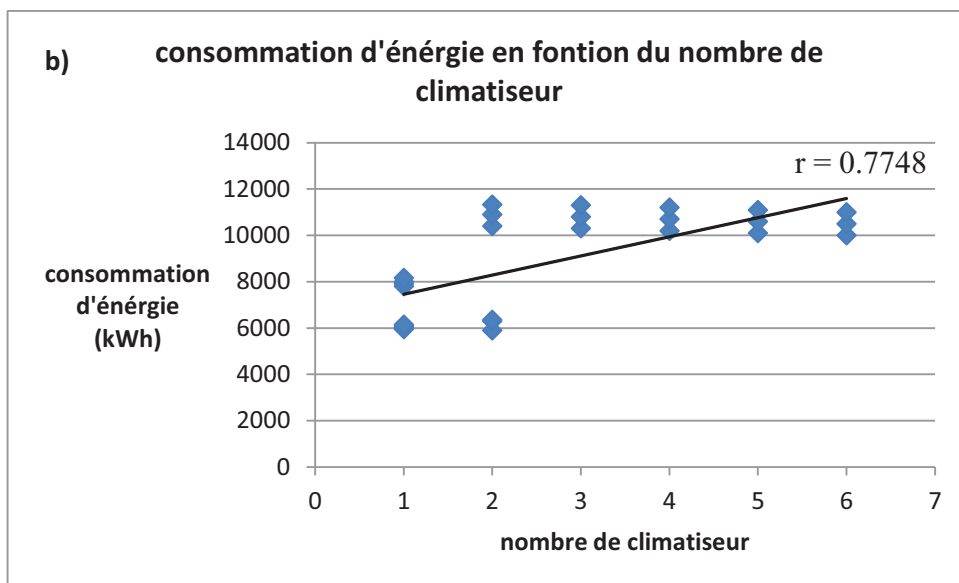
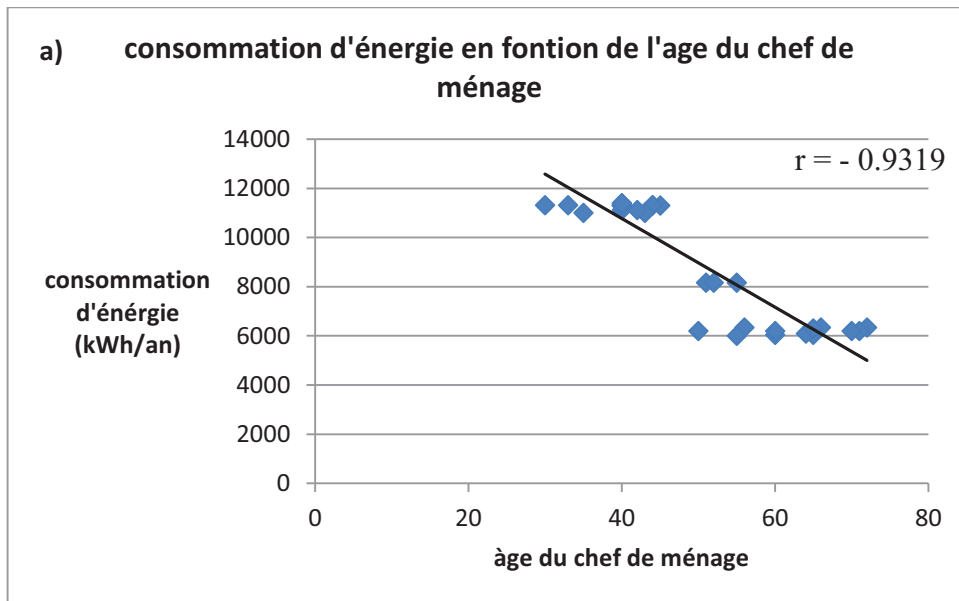
Parmi ces quatre variables, la propriété de climatiseur possède la plus grande corrélation avec la consommation d'énergie, suivi par le revenu et la surface de plancher.

Comme indiqué par le coefficient de corrélation positive, il est facilement compréhensible que si le revenu, la superficie et le nombre de climatiseur augmentent, la consommation d'énergie augmente aussi. et si le revenu, la superficie et le nombre de climatiseur diminuent, la consommation d'énergie va aussi diminuer.

Ce résultat est parfaitement similaire aux résultat de l'analyse statistique de l'étude d'enquête sur la consommation de l'énergie résidentielle à Hangzhou, en Chine réalisée par J. Chen et al, 2013 ¹² .

¹² J. Chen et al, A statistical analysis of a residential energy consumption survey study in Hangzhou, China Energy and Buildings 66 (2013) 193–202.

Cependant l'âge de l'occupant a une corrélation négative($r = - 0.9319$, r est proche de -1) avec la consommation d'énergie, ce qui suggère que les ménages les plus âgés consomment moins d'énergie que leurs homologues les plus jeunes. Ceci est en contraste avec les études antérieures qui ont montré une corrélation positive entre l'âge et la consommation d'énergie [Olivia Guerra Santín ,2010 dans J. Chen et al 2013].¹³



¹³ Olivia Guerra Santín, Actual Energy Consumption in Dwellings: The Effect of Energy Performance Regulations and Occupant Behaviour, IOS, Press, Amsterdam, 2010. Dans J. Chen et al, op.cit., 193–202.

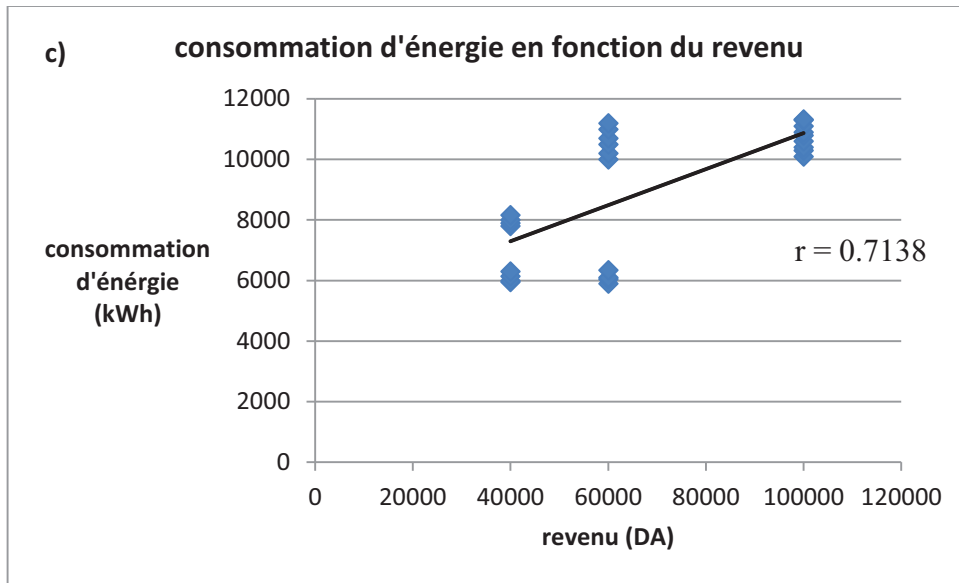


Figure 13. Nuage de points et courbe de tendance de la consommation d'énergie en fonction de l'âge (a), en fonction du nombre de climatiseur (b) et en fonction du revenu (c). (source : auteur, 2014)

Bien que le nombre de pièces dans un ménage n'a pas de corrélation significative avec la consommation d'énergie ($r = 0.4880$ donc r est proche de 0) , on peut constater qu'il ya une corrélation moyenne pour le nombre de pièces et la consommation d'énergie ,du fait qu'une relation indirecte existe entre les deux variables .Par exemple, le nombre de chambres dans un logement peut être fortement corrélé au nombre de climatiseurs dans le logement ($r=0.7599$) ,(tableau 3) , ou celui-ci est significativement corrélé à la consommation d'énergie. En conséquence, le nombre de chambres dans un ménage aurait alors un impact indirect sur la consommation d'énergie. Les paragraphes suivants décrivent les relations entre les variables.

Le Tableau V-6montre les corrélations entre les variables. Le revenu semble être un indicateur important, car il est nettement corrélé à tous les six variables avec différents degrés de corrélations. Ce qui est en accord avec la littérature .En général, la consommation d'énergie est associée positivement avec le revenu .

On peut dire qu'il y'a une corrélation moyenne à satisfaisante pour le revenu avec le nombre de climatiseur, et la surface de plancher.

La superficie est également un paramètre important, elle est très bien corrélée avec le nombre de climatiseur ($r = 0.8709$) , et très bien corrélée également avec le nombre de pièces dans un

logement ($r = 0.7170$). vu que $r \sim 0.8$, dans ce cas on peut dire que si la superficie augmente, le nombre de climatiseur et le nombre de pièces dans un logement auront tendance à augmenter avec le même ordre de grandeur. ou si la superficie diminue, le nombre de climatiseur et le nombre de pièces dans un logement diminue avec un ordre comparable.

Ce résultat est conforme à la littérature qui stipule que l'augmentation de la taille des logements (la superficie) est souvent associée à une intensification de l'utilisation des appareil électroménagers, et fait monter la consommation totale d'énergie dans le secteur résidentiel¹⁴

La taille de la famille est négativement corrélée à la consommation d'énergie **par habitant** ($r = -0,2236$), ce qui est conforme à la littérature générale qui suppose que dans les grandes familles, la consommation d'énergie par personne est inférieure à celui des familles plus petites, en raison du partage des ressources¹⁵ (**Tableau V-7**)

Tableau V-7. Corrélations entre la consommation d'énergie **par habitant** et la taille de la famille. (source : auteur, 2014)

| | consommation d'énergie par habitant | Taille de la famille |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| consommation d'énergie par habitant | 1 | - 0,2236 |
| Taille de la famille | - 0,2236 | 1 |

I.3.2.1.2 Le comportement particulier :

Des études antérieures ont montré que les paramètres de température et le nombre d'heures de mise en marche du chauffage ou du climatiseur influencent largement la consommation d'énergie¹⁶. Mais dans cette étude, on a trouvé l'âge, que l'on pourrait s'attendre à être associé à une plus grande sensibilité thermique et à de plus longues heures d'occupation, corrélé d'une façon opposée avec la consommation d'énergie. Les paragraphes qui suivent tentent d'explorer les raisons derrière tout cela.

¹⁴ Kelly, Scott, 2011. Do homes that are more energy efficient consume less energy? A structural equation model of the English residential sector. Energy 5610–5620. dans H. Estiri, op.cit., 178–184.

¹⁵ O'Neill, Brian C., Chen, Belinda S., 2002. Demographic determinants of household energy use in the United States. Popul. Dev. Rev. 53–88. H. Estiri, op.cit., 178–184.

¹⁶ J. Chen et al, op.cit., 193–202.

Tout d'abord, l'âge peut être un indicateur important de la perception du confort thermique. Il est positivement corrélé au niveau d'habillement dans les deux enquêtes d'été et d'hiver (Tableau V-8 et Tableau V-9), ce qui indique que les occupants âgés portent plus de vêtements que les jeunes occupants. En outre, l'âge est positivement corrélé au réglage de la température la plus élevée en hiver et négativement corrélé au réglage de la température en été ($r = -0.2669$), bien que faiblement. Ceci suggère que les personnes âgées mettent le chauffage à une température élevée en hiver mais à une température moins basse en été que les plus jeunes.

Les personnes âgées (de plus de 65 ans) mettent le climatiseur en été, en moyenne, à 23 ° C tandis que les jeunes (moins de 35 ans) fixent leur climatiseurs, en moyenne, à 20 ° C.

Deuxièmement, l'âge s'avère être non corrélé au nombre d'heures avec la température la plus élevée choisie en hiver, ce qui indique un modèle de chauffage similaire dans tous les groupes d'âge en hiver, malgré le fait que les personnes âgées restent à la maison pendant de longues heures pendant la journée.

Tandis qu'en été, l'âge est anti corrélé avec le nombre d'heures d'utilisation du climatiseur ($r = -0.5875$), ce qui suggère que les participants les plus âgés utilisent les climatiseurs pour moins d'heures par jour que les jeunes participants. Encore une fois, malgré de longues heures d'occupation.

Tableau V-8. Corrélation entre l'âge et le comportement en hiver (source : auteur, 2014)

| | | Réglage de la température la plus élevée choisie en hiver | Niveau d'habillement | Nombre d'heures ou le chauffage est allumé à la température la plus élevée choisie | Nombre d'heures durant lesquelles les gens restent à la maison chaque jour de la semaine |
|-----|----------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| âge | Coefficient de corrélation | 0.1327 | 0.7892 | -0.032 | 0.5878 |

Tableau V-9. Corrélation entre l'âge et le comportement en été (source : auteur, 2014)

| | | Nombre d'heures que le climatiseur est allumé | Niveau d'habillement | Réglage du climatiseur à la température la plus basse en été |
|-----|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| âge | Coefficient de corrélation | -0.5875 | 0.7070 | -0.2669 |

L'enquête de l'été révèle que plus d'un tiers des participants ont déclaré qu'ils utilisent un climatiseur uniquement dans le salon. D'autres utilisent les climatiseurs seulement dans les chambres, tandis que d'autres utilisent les climatiseurs selon l'endroit où ils sont. Ceci suggère que l'utilisation du climatiseur dans les salons est beaucoup plus importante que dans les chambres.

En outre, si l'on compare l'utilisation du climatiseur des personnes de moins de 65 ans à ceux de plus de 65 ans (**Figure V-32.**), on constate que l'utilisation de climatiseur par les personnes âgées est bien moins que celles des plus jeunes .

Seulement 3,1% du groupe de jeunes participants a voté pour "Je n'utilise pas le climatiseur pendant le sommeil", d'autres ont tous voté pour "Le climatiseur est toujours allumé pendant que je dors " (58,5%) ou "Le climatiseur s'éteint quelques heures après que je m'endors »(38,4%).

En revanche, le groupe de plus de 65 ans a beaucoup moins de personnes (26,4%) avec "Le climatiseur est toujours allumé pendant que je dors ", un peu plus de personnes dans le groupe " pas d'utilisation de climatiseur pendant le sommeil" (16.1%) et la plupart dans le groupe " utilisation limitée du climatiseur".

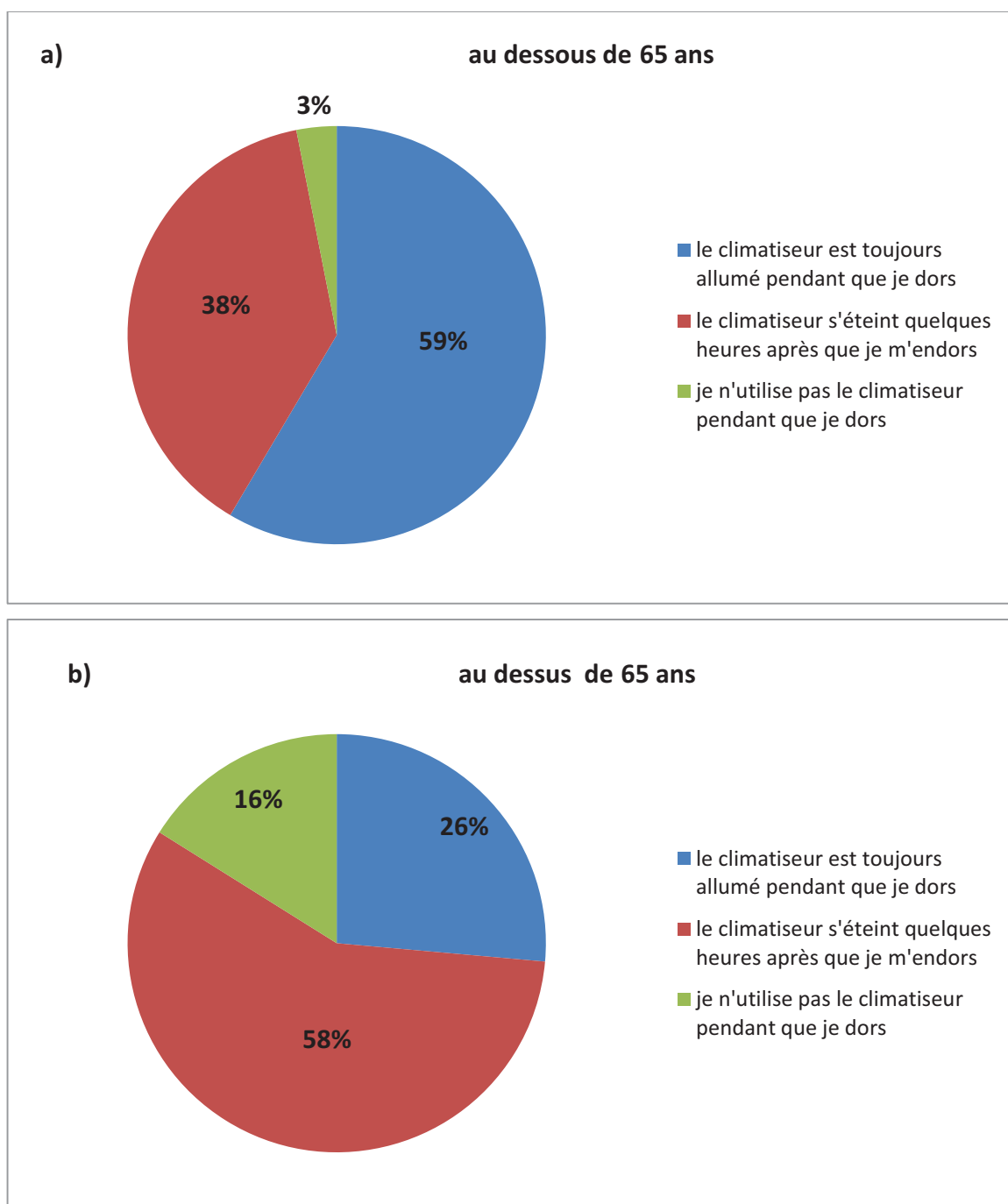


Figure V-32. Comportement des occupants de l'utilisation du climatiseur. a) au dessous de 65 ans, b) au dessus de 65 ans. (source : auteur, 2014)

En correspondance avec cela, le nombre d'heures moyen d'utilisation de climatiseur affiche également une différence entre les personnes âgées de plus de 65 et moins de 65 ans.

L'utilisation moyenne du climatiseur pour les personnes de moins de 65 ans est d'environ 10 h par jour, alors qu'il est inférieur à 5 à 7 h pour les personnes âgées.

I.3.2.2 L'Analyse de chemin

La Figure V-33 représente le schéma de la trajectoire de la consommation d'énergie. Et le Tableau V-6 donne les corrélations entre toutes les variables de la consommation d'énergie.

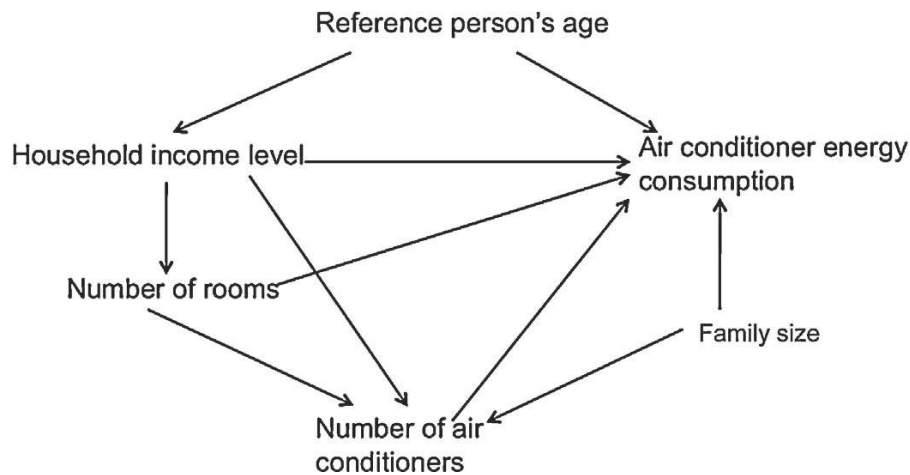


Figure V-33. Schéma de la trajectoire de la consommation d'énergie.

(source : J. Chen et al.2013)

L'âge de l'occupant a l'effet le plus fort sur la consommation d'énergie ($r=-0.9319$), suivi par le revenu ($r=0.7138$) et le nombre de climatiseurs ($r=0.7748$).

Il reste évident que c'est le nombre de climatiseur qui a le plus grand effet direct sur la consommation d'énergie, ce qui indique que les ménages qui sont équipés de plusieurs unités de climatisation ont tendance à présenter une utilisation plus intensive.

Le revenu a le plus grand effet indirect sur la consommation d'énergie, et influe également sur tous les autres paramètres, principalement sur le nombre de climatiseur et la surface de plancher (Figure V-33)

Les effets des variables ont été comparés aux résultats de l'étude américaine [K. Steemers et al, 2009 dans J. Chen et al 2013]¹⁷ .ainsi qu'à d'autres recherches dans les pays comme le Canada, l'Australie, le Brésil, le Danemark, l'Inde et les Pays-Bas [Olivia Guerra Santín, 2010

¹⁷ K. Steemers, G.Y. Yun, Household energy consumption in the USA: a study of the role of occupants, Building Research & Information 37 (2009) 625–637. dans J. Chen et al op.cit., 193–202.

dans J. Chen et al 2013]¹⁸ , [M. Lenzen et al, 2006 dans J. Chen et al 2013]¹⁹ et [I. Lariviere et al, 1999 dans J. Chen et al 2013]²⁰. Il a été remarqué que, dans ces études, l'âge de l'occupant a une corrélation positive avec la consommation d'énergie. alors que dans la présente étude, on a trouvé que l'âge a une corrélation négative avec la consommation d'énergie.

La taille de la famille dans cette étude n'a pas un effet aussi important sur la consommation d'énergie($r=0.4445$) (tableau 2) que dans l'étude américaine, probablement en raison du choix de l'échantillon de l'étude sélectionnant des familles comparables représentatives de la société sétifiénne (un couple+ trois enfants/ un couple+ trois enfants + présence d'une grand mère).

Comme dans le cas de la taille de la famille, dans cette étude, on a trouvé que la densité n'est pas corrélée ou n'a pas un grand impact sur la consommation d'énergie ($r= 0.2$, r est proche de 0). parce que les trois cas d'étude choisis sont tous des appartements en immeuble collectif dont le facteur de forme F_f varie entre 0.54 ,0.58 ,et 0.88 donc leur $F_f \in [0.25,1.5]$. ($F_f = \text{aire totale des surfaces extérieures} / \text{aire des surfaces habitables}$). Ce qui est conforme la littérature qui trouve que la consommation d'énergie du secteur résidentiel varie selon les différents types de logements ²¹ . Mais que cette différence est souvent plus importante entre Les maisons individuelles et les logements en immeuble collectif ²²

Enfin d'après les statistiques observées dans le tableau, on peut conclure que l'âge des résidents a un effet plus important sur la consommation d'énergie que le revenu: les jeunes résidents consomment plus d'énergie pour leur confort thermique que les plus âgés.

Une façon d'expliquer ce phénomène important est de consulter l'histoire du développement du pays.

¹⁸ Olivia Guerra Santín, Actual Energy Consumption in Dwellings: The Effect of Energy Performance Regulations and Occupant Behaviour, IOS, Press, Amsterdam, 2010. Dans J. Chen et al, op.cit., 193–202.

¹⁹ M. Lenzen, M. Wier, C. Cohen, H. Hayami, S. Pachauri, R. Schaeffer, A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan, Energy 31 (2006) 181–207. dans J. Chen et al, op.cit., 193–202.

²⁰ I. Lariviere, G. Lafrance, Modeling the electricity consumption of cities: effect of urban density, Energy Economics 21 (1999) 53–66. dans J. Chen et al op.cit., 193–202.

²¹ Brounen, Dirk, Kok, Nils, Quigley, John M., 2012. Residential energy use and conservation: economics and demographics. Eur. Econ. Rev. 931–945. dans H. Estiri, o., p.cit 178–184.

²² Kaza, Nikhil, 2010. Understanding the spectrum of residential energy consumption: a quantile regression approach. Energy Policy 6574–6585. dans H. Estiri, op.cit. 178–184.

Il y'avait pas de développement socio-économique dans le pays avant 1962 en raison de la guerre de libération. Le pays a ensuite connu un développement socio-économique très modéré jusqu'aux années 70. Il a fallu attendre ces deux dernières décennies pour que le pays commence à faire des progrès dans son développement socio-économique.

Par conséquent, les personnes qui existaient avant les années 1980, et qui étaient exposés à la rareté de la nourriture et des ressources constantes, sont généralement très économes et ont un fort instinct pour économiser l'argent et les ressources.

Bien au contraire, les plus jeunes apprécient les améliorations technologiques et sont donc plus habitués à l'utilisation de climatiseurs et ont une attente thermique plus élevée que les générations plus âgées. Ils se tournent sur les climatiseurs pendant de longues heures, à des températures plus élevées en hiver, des températures plus basses en été et portent moins de vêtements que les participants plus âgés.

Bien que d'après l'analyse de corrélation, l'âge est signalé comme le paramètre le plus important entre les variables socio-économiques dans la détermination de la consommation d'énergie, mais on peut relever qu'il est moins important que le revenu des occupants dans cette étude de la société sétifienne . La raison est que l'électricité est chère en algérie.et donc affecte directement le comportement lié à la consommation d'énergie des gens, les familles les plus riches vivent dans les grands appartements et installent plus d'équipements qui alors à leur tour influent sur la consommation d'énergie.

I.3.3 L’utilisation réelle de l’électricité et du gaz :

I.3.3.1 La consommation d’énergie

L’étude a comparé l'utilisation réelle par chaque ménage de l'électricité et du gaz pour le chauffage, la cuisson et l'eau chaude.

I.3.3.1.1 La consommation d'électricité :

Pour l’électricité, l’accent est mis sur la consommation d’énergie pour l’éclairage, le matériel électrique, le refroidissement en été.

Pendant un trimestre, la consommation moyenne des ménages dans le logement du type colonial est 606 kWh , comparé à 711 kWh pour les ménages des habitations récentes ; ainsi , la différence est 14,7% (105 kWh) .

Le graphique à barres dans la **Figure V-34** montre les usages périodiques de l' électricité pendant la saison chaude (de Juin à Septembre) , la saison intermédiaire (Avril - Mai, Octobre) et la saison froide(de Novembre à Mars) .

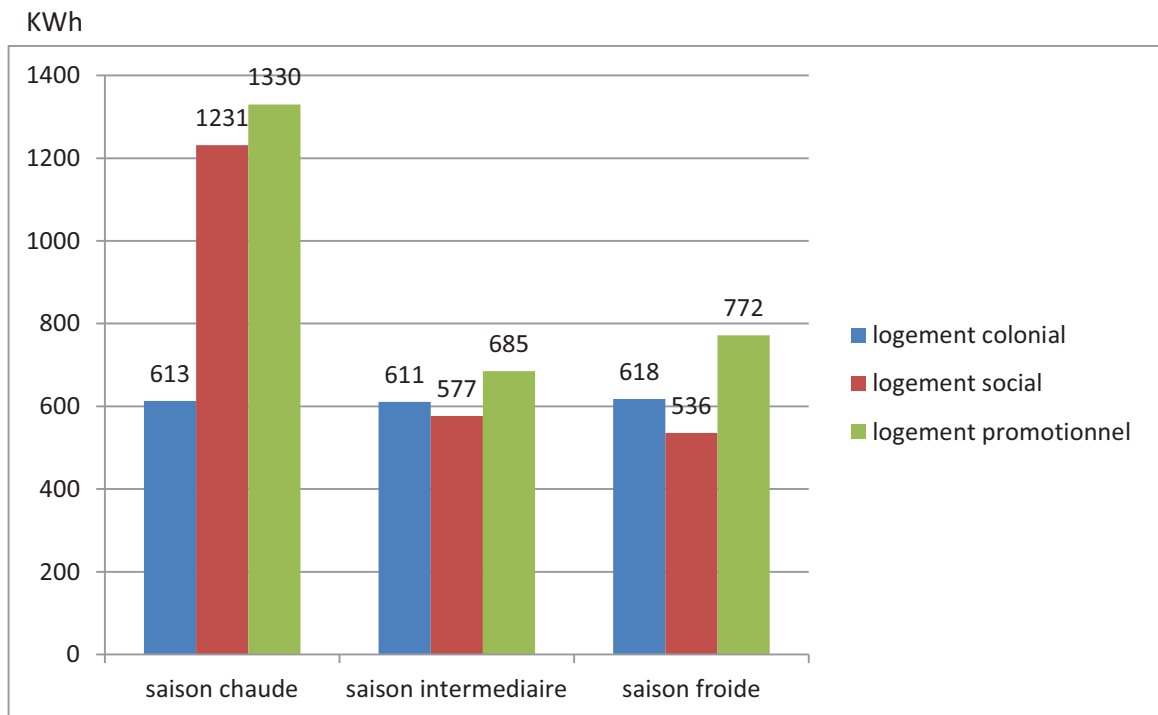


Figure V-34 .La consommation d’électricité (kWh): charge de saison. (source : auteur, 2014)

La quantité d'électricité pour la charge de refroidissement est la plus grande. Autrement dit, par rapport à la consommation de l'électricité pour l'éclairage et pour d'autres produits électriques, celle des climatiseurs est la plus élevée.

En particulier, la consommation d'électricité des deux catégories de logement (le promotionnel et le social) augmente considérablement en été. Cette augmentation est due essentiellement à la consommation des équipements de froid (les climatiseurs) et aux équipements de l'audiovisuel.

Quant aux logements coloniaux construits avant 1918, ils procurent un confort thermique appréciable en saison chaude, ce n'est qu'il ya à peine 2 années que le besoin de s'équiper de climatiseur s'est fait ressentir.

Toutefois, l'utilisation du climatiseur dans ces logements est très faible comparée à celle du logement promotionnel (en considérant une même orientation sud pour la façade principale). En effet, ils les utilisent avec une température de consigne de 22°C, et ils les utilisent uniquement durant les journées les plus chaudes de la saison d'été.

La consommation électrique des ménages change entre la période d'hiver et la période d'été.

La consommation de l'électricité pour l'éclairage est la plus grande en hiver, effectivement, certains ménages utilisent beaucoup l'éclairage pour les études de leurs enfants. La consommation de l'éclairage en été est faible du fait qu'elle soit fonction de la durée du jour, longue en été, nécessitant une courte période d'éclairage (Les lumières sont allumées à partir de 18h).

La consommation d'électricité est plus élevée dans le logement promotionnel, cela est dû à la différence du niveau d'équipement entre les ménages, qui se situe au niveau du petit électroménager et des divers appareils électriques et à l'élévation du niveau de vie qui a conduit à un accroissement des exigences de confort (possession de plusieurs climatiseurs, nombre élevé de climatiseur rapporté à la surface).

I.3.3.1.2 La consommation de gaz :

Comme le montre **Figure-35**, l'utilisation d'énergie de gaz en hiver est élevée, par exemple la moyenne la plus élevée de la consommation du gaz est celle du premier trimestre (du 01 Janvier au 31 Mars), elle est d'environ 13400kWh. Pendant la saison froide, l'utilisation réelle du gaz ne semble pas différer beaucoup entre les trois catégories de logement. Par contre dans le reste de l'année, l'écart est remarquable entre les 3 types de logement. Ce ci montre que dans la typologie coloniale la plus part de la consommation d'énergie est

destinée essentiellement au chauffage des pièces, par contre dans les habitations les plus récentes (les appartements promotionnels surtout), l'utilisation de l'eau chaude a une part importante dans la consommation du gaz tout au long de l'année.

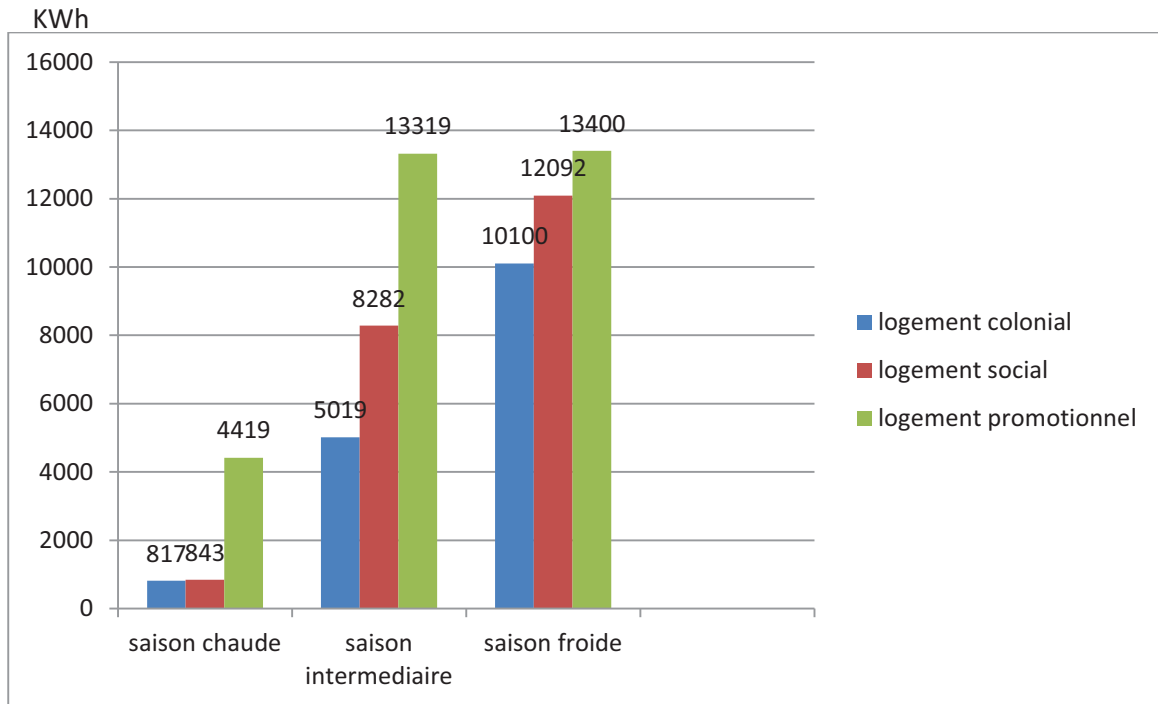


Figure-35. La consommation de gaz (kWh): la charge de saison (source : auteur, 2014)

Pour résumer, l'étude a comparé la consommation d'électricité et du gaz pour le chauffage, l'eau chaude et la cuisson dans les ménages entre 3 catégories de logement . Les résultats ont montré que les ménages dans le logement promotionnel consomment 14,7% de plus d'électricité et 40.14% de plus d'énergie de gaz . Ainsi, il semble que les ménages des logements promotionnels consomment plus de ressources énergétiques (Figure V-36)

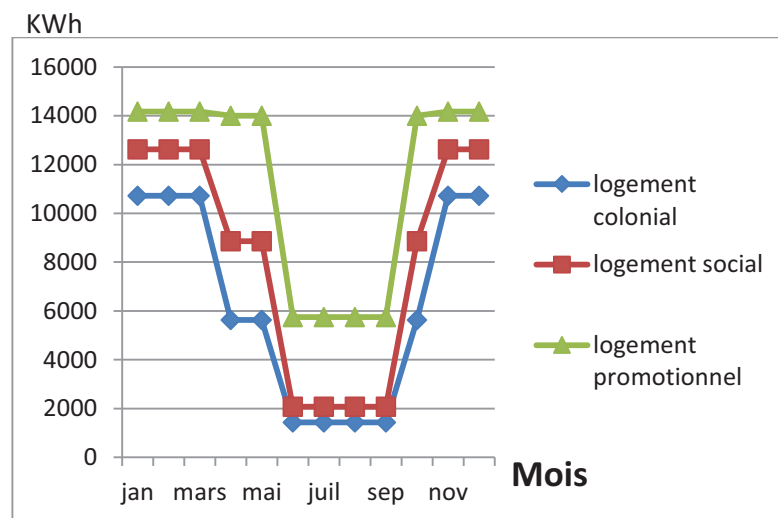


Figure V-36. La consommation de l'électricité et du gaz : 1 an (source : auteur, 2014)

I.3.3.2 Les comportements liés à l'énergie :

Pour enquêter sur les comportements liés à l'énergie des habitants, une enquête en profondeur a été menée couvrant le chauffage, le refroidissement, le bain, la cuisine, l'éclairage, l'équipement ménagers et la ventilation. Cette section présente les résultats de l'enquête sur les comportements liés à l'énergie dans les 3 types de logements.

I.3.3.2.1 Le chauffage :

les ménages peuvent chacun contrôler leurs propres température de chauffage, allant de 20 ° C à 28 ° C.

Pour les appartements utilisant le chauffage central, une chaudière est installée dans chaque appartement.

La température moyenne est d'environ 25° C.

Comparés aux habitations récentes (le promotionnel et le social), les logements du type colonial sont très froids en hiver, en effet ils se refroidissent aussitôt que le chauffage est éteint. Leur température tombe très vite et il faut une consommation d'énergie importante, et pendant un long moment pour que l'appartement atteigne à nouveau une température confortable, de ce fait certains habitants de ces logements utilisent parfois le chauffage auxiliaire comme les résistances électriques.

La plupart des ménages dans le logement social ont élargi leurs salons en incluant les balcons, où ils se sentent relativement froid si un chauffage n'est pas fourni dans cette salle de séjour.

Dans le logement colonial, les résidents se sentent très froid. En effet, la capacité de ce type de logement à retenir la chaleur n'est pas très intéressante, car il n'a pas d'isolation de châssis par exemple, et même si les murs sont épais, ils ne sont pas très performants en hiver. De même les fenêtres constituent des sources de déperditions non négligeables parce que malgré l'utilisation d'une protection nocturne réalisée par des volets (en bois) , la majorité des habitants laissent les persiennes en partie ouvertes pour profiter de l'éclairage urbain (situé en plein centre ville) .un compromis entre déperdition thermique et gains en matière d'éclairage .

Cependant, tous les appartements sont exposés au sud, donc, la température dans les appartements augmente dans la journée. Certains ménages utilisent tapis, et rideaux épais pour bloquer l'air froid de l'extérieur.

De plus, les résidents des logements coloniaux portent toujours des vêtements chauds à la maison, à l'inverse, dans le logement promotionnel, la plupart trouvent que c'est plus commode de monter la température d'un ou deux degrés que de se couvrir davantage, ils préfèrent les vêtements légers.

En particulier, les chambres donnant sur la cour dans les appartements coloniaux sont généralement froid en raison de l'incursion de l'air froid, de sorte qu'un ménage de cette catégorie a tenté d'améliorer le confort en installant un double vitrage.

I.3.3.2.2 Le refroidissement :

Tous les ménages dans les trois catégories ont un climatiseur dans leurs salons, et tous les ménages dans le promotionnel ont des climatiseurs supplémentaires installés dans chaque chambre.

Les habitants n'utilisent plus les ventilateurs électriques, que ce soit dans les habitations récentes ou dans les appartements anciens. Ceux qu'ils l'ont encore ne les mettent plus en marche. Le nombre de climatiseurs dans les appartements récents (spécialement le promotionnel) est plus grand que celui des appartements anciens (le nombre moyen est égal à 2) .par exemple 1 appartement dispose de 4 climatiseurs dans les appartements promotionnels . Ce résultat suggère que la consommation d'électricité dans le logement promotionnel est supérieure à celle dans le logement colonial. Au cours de l'été dernier, les gens ont eu une difficulté à obtenir un sommeil profond la nuit parce que la température était élevée. Tous les ménages dans les trois catégories de logement allumaient les climatiseurs durant une bonne partie de la nuit au cours du moi de juillet.

I.3.3.2.3 L'éclairage, les équipements et la ventilation :

L'éclairage des logements étudiés est assuré par des lampes ordinaires à incandescence , tandis que les ménages qui remplacent leur lampes à incandescence par des LBC le font uniquement dans des espaces qui ne nécessitent pas une grande puissance lumineuse(hall ou alors dans plusieurs cas dans le débarras du logement) pour la laisser longtemps allumée , durant toute la nuit par exemple , elle est utilisée entant que veilleuse alors qu'il ya des lampes LBC qui délivrent de grande puissance lumineuse . Toutefois, Il a été constaté que ces lampes LBC se détériorent rapidement alors les gens ne les renouvèlent pas et retrouvent leur habitude d'utilisation de lampes à incandescence. Pourtant, des études ont montré que le fait de remplacer les lampes à incandescence par les lampes économiques dites les lampes basses consommation LBC conduit à une économie de 47,4 % ,

cela se traduit par une économie d'environ 15,5% sur la consommation électrique globale du logement. il a été montré aussi qu'en agissant seulement sur l'éclairage, il est possible pour les ménages de réaliser des économies d'énergie, en constatant un investissement qui peut être rapidement amorti (à raison de 4 DA le kWh, l'investissement effectué peut être amorti entre trois et quatre mois).²³

Les ménages des appartements anciens ont un seul réfrigérateur parce que les cuisines ne sont pas assez grandes pour deux, alors que les ménages dans le promotionnel ont généralement deux réfrigérateurs (frigo et congélateur séparés). Ceci suggère que les ménages dans le promotionnel pourraient consommer plus d'électricité pour les réfrigérateurs par rapport à ceux des appartements anciens.

Ventilation :

D'une manière générale, dans les logements du type colonial, les apports internes sont réduits à cause de la faible consommation électrique des équipements ménagers à part la cuisson. Parmi les apports dus aux équipements ménagers seuls ceux de la cuisinière et du four sont reconnus, le reste des apports dus aux équipements ménagers (réfrigérateur, télé) ne sont pas reconnus par les ménages.

Ils ne sont pas conscients des gains en chaleur obtenus de l'éclairage artificiel, ils sont plutôt soucieux du confort visuel (surtout pour la lecture).

Ils laissent leurs équipements en veille, car ils ne cernent pas le potentiel d'économie d'énergie contenu dans le mode veille des équipements.

D'une manière générale, durant l'hiver, les vitres sont fermées et les volets sont ouverts le jour, la nuit les vitres et les volets sont fermés.

Durant l'été, les vitres et les volets sont fermés le jour et la nuit les vitres et les volets sont ouverts pour que les occupants aient une sensation de fraîcheur et profitent du courant d'air naturel.

En hiver, les habitants ouvrent les fenêtres le matin. la durée de ventilation pour les trois catégories est pratiquement la même (20 min).

²³ M. Amirat, S.M.K. El Hassar, Economies d'Energie dans le Secteur de l'Habitat Consommation Electrique des Ménages - Cas d'un foyer algérien typique en période d'hiver -, *Rev. Energ. Ren.* Vol. 8 (2005) 27 - 37

En été, ils les ouvrent, matin et soir après 18h d'une part pour assurer le confort et d'autre part pour améliorer la qualité d'air intérieur.

Pour résumer, l'étude a comparé les comportements liés à l'énergie des ménages dans trois types de quartiers résidentiels différents. Les résultats montrent quelques différences dans les comportements liés à l'énergie en fonction du mode de vie des ménages. Les résidents des appartements coloniaux adoptent des comportements liés à l'économie d'énergie tels que l'utilisation des rideaux épais et des vêtements chauds plutôt que de monter la température. Ils démontrent une sorte de confort thermique adaptatif.

Les activités communes habituelles sont : éteindre l'éclairage et parfois le chauffage dans les pièces non utilisées, remplir le lave linge, profiter au maximum de la lumière du jour, utiliser le climatiseur avec une température de consigne de 22°C et uniquement durant les journées les plus chaudes de la saison d'été.

I.3.4 Les modèles de comportement:

La définition de modèles de comportement a pour objectif de catégoriser les groupes de comportements associés. Ceux-ci nous disent comment les occupants se comportent à la maison.

Pour déterminer les modèles de comportement, l'étude fait références aux facteurs de comportement trouvés dans l'article de O. Guerra Santin en 2011²⁴ qui sont : « utilisation des appareils et de l'espace », « ventilation », « forte intensité énergétique », « médias » et « confort et température » (Cf. titre III-3-6)

Tableau V-10. montre les variables définissant chaque facteur.

²⁴ O. Guerra Santin , Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating, Energy and Buildings 43 (2011) 2662–2672.

Tableau V-10. Facteurs de comportement (source . O. Guerra Santin,2011)

| Behaviour Factors. | | |
|--------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Factor | Name of factor | Variables |
| Factor 1 | Use of appliances and spaces | <ul style="list-style-type: none"> • Number of bedrooms used • Dishwasher times per week • Dryer • Washing-machine • Washing-machine warm water • Halogen lamps in living room |
| Factor 2 | Energy-intensive | <ul style="list-style-type: none"> • Halogen lamps in living room • Hours radiator in living room • Hours radiator in bedroom • Hours radiator in bathroom • Hours radiator in entrance • Hours electronics and computers in living room • Fewer saving lamps |
| Factor 3 | Ventilation | <ul style="list-style-type: none"> • Hours grilles in living room • Hours grilles in bedroom • Hours grilles in rest |
| Factor 4 | Media | <ul style="list-style-type: none"> • Fewer number of bedrooms used • Halogen lamps in living room • Hours electronics and computers in living room • Hours windows open in living room • Showers • Less use bath |
| Factor 5 | Temperature comfort | <ul style="list-style-type: none"> • Hours radiator in living room • Hours electronics and computers in living room • Saving lamps • Hours highest temperature • Fewer hours windows bedrooms • Standby electronics and computers |

(Tableau traduit .cf. Tableau III-3)

Pour la classification des modèles de comportement .Dans l'étude , la priorité a été accordée à trois facteurs sur les cinq facteurs cités précédemment , ces trois facteurs sont fortement associés à la consommation d'énergie, et sont :

-le comportement lié à l'utilisation intensive des appareils et des espaces qui s'avère être un prédicateur important de la consommation d'énergie.

- le comportement lié à l'utilisation intensive des systèmes de chauffage à l'égard d'un manque de souci d'économie d'énergie.

- le comportement lié à l'utilisation intensive du système de chauffage avec plus de préoccupations d'économie d'énergie.

Donc d'après le tableau, les noms des facteurs pris en compte sont :

- Le facteur 1 « utilisation des appareils et des espaces »,
- Le facteur 2 « forte intensité énergétique »,
- Le facteur 5 « température de confort ».

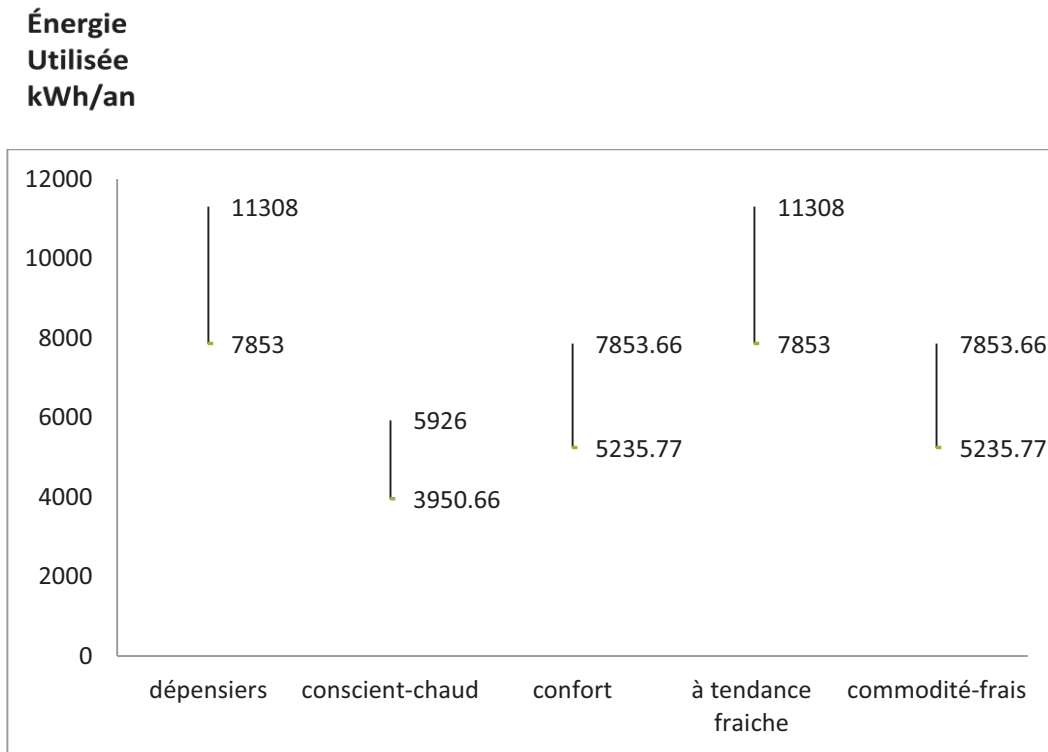
De ce fait, les ménages de l'échantillon sont regroupés en fonction de l'effet que les variables de comportement de chaque facteur ont sur la consommation d'énergie. Pour être enfin organisés en cinq modèles de comportement (**Figure V-37**)

Il est à noter que les modèles de comportement trouvés dans cette étude se rapprochent de ceux découverts dans l'étude de O. Guerra Santin en 2011²⁵, parce que il y'a eu les mêmes critères d'analyse et de comparaison.

Ces modèles de comportement déterminés sur la base du comportement de l'occupant sont :

- 1/ **Dépensiers**: utilisation de plus d'espace, d'appareils électroménagers, et d'appareils électriques, avec plus d'heures de chauffage, plus d'heures de ventilation, pas de souci d'économie d'énergie.
- 2/ **A tendance frais**: l'utilisation de plus d'espace, plus d'heures de ventilation en hiver (plus d'heures avec fenêtres ouvertes), utilisation intensive du climatiseur.
- 3/ **Conscients-chaud**: plus d'heures de chauffage, moins d'heures de ventilation en hiver (moins d'heures avec les fenêtres ouvertes), avec des préoccupations d'économie d'énergie.
- 4/ **Confort**: usage plus ou moins modéré et contrôlé du chauffage, de climatisation, et des autres appareils électriques.
- 5/ **Commodité-frais** : utilisation des appareils selon la convenance personnelle, avec plus d'heures de ventilation.

²⁵ O. Guerra Santin , Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating, Energy and Buildings 43 (2011) 2662–2672.



Modèles de comportement

Figure V-37. Consommation moyenne d'énergie en kWh par année par type de comportement (source : auteur, 2014)

Pour expliquer l'effet que les variables de comportement de chaque facteur ont sur la consommation d'énergie, pour le modèle «**dépensiers**», par exemple. Les ménages dévoilent :

- une utilisation plus intensive des appareils et des espaces.
- un mode de vie avec une très forte consommation d'énergie. En fait l'utilisation accrue de lampes à incandescence classiques et la faible utilisation des ampoules à économie d'énergie indiquent moins de souci d'économie d'énergie.
- une préférence pour un environnement intérieur chaud, ce comportement est déterminé par le confort plutôt que par la conscience de l'économie d'énergie (comme dans « à forte intensité énergétique »).

D'une manière générale, on peut récapituler ces cinq modèles trouvés en trois grands modèles, en associant les deux premiers sous-groupe, et les deux derniers sous-groupe, pour identifier les modèles suivants : «**dépensiers**», «**conscient-chaud**», et «**confort – commodité**»

D'après l'analyse de l'échantillon de l'enquête :

- Le premier modèle « dépensiers » comprend **12 cas** avec un comportement intensif vis-à-vis de « l'utilisation des appareils et de l'espace » et de « la ventilation ».
- Le deuxième modèle se compose de **8 cas**, et contient principalement des ménages composés de personnes âgées habitant dans le colonial.
- Le troisième modèle se compose de **22 cas** et composé de ménages avec un comportement déterminé par le confort et la complaisance sans tomber dans le gaspillage.

Les différences de consommation d'énergie entre les différents modèles de comportement peuvent être vues dans **Figure V-37**.

Certaines similitudes entre les modèles de comportement trouvés dans cette étude avec les conclusions de van Raaij et Verhallen [1983]²⁶ et de Groot et al. [2008]²⁷. van Raaij et Verhallen [1983] ont rassemblé leurs résultats récapitulatifs à travers l'auto-rapports sur le comportement des occupants sur les réglages du thermostat et de l'utilisation de radiateurs; l'utilisation de grilles de ventilation, les fenêtres et les systèmes de ventilation mécanique. Ils ont trouvé cinq modèles de comportement:

- «**conservateurs**» : basse température, faible ventilation, faible consommation d'énergie
- «**dépensiers**» : haute température, ventilation élevée, faible niveau d'éducation, le plus souvent à la maison, consommation d'énergie élevée,
- «**frais**» : basse température, ventilation élevée
- «**chaleureux**» : haute température, faible ventilation, les personnes âgées,
- «**moyen**» : consommation d'énergie moyenne.

Leur analyse a montré des différences significatives dans la consommation énergétique entre les groupes.

Dans cette étude (cf. **Figure V-37**.), on a trouvé des modèles comportementaux similaires à «frais», «chaleureux» et «dépensiers». On n'a pas trouvé des modèles liés aux efforts

²⁶ W.F. van Raaij, T.M.M. Verhallen, A behavioural model of residential energy consumption, *Journal of Economic Psychology* 3 (1983) 39–63.

²⁷ E. de Groot, M. Spiekman, I. Opstetten, Dutch research into user behaviour in relation to energy use of residences, in: *Proceedings PLEA Conference*, 2008. Dans O. Guerra Santin , op.cit., 2662–2672.

d'économie d'énergie, mais le modèle «confort-commodité» pourrait être comparable à « conservateurs » et « moyen », car ce modèle « confort –commodité » est composé de ménages ayant un comportement déterminé par le confort et la complaisance sans tomber dans le gaspillage.

E. de Groot et al[2008]²⁸ et J. Paauwet al [2009]²⁹ ont trouvé quatre modèles de comportement: «**commodité**», «**coûts**» «**conscient**» et «**environnement**». Les similitudes avec les résultats de E. de Groot et al[2008] et J. Paauwet al [2009] se trouvent entre «commodité / dépensier» et «conscient / conscient –chaud ».

I.3.5 Les profils d'utilisateurs :

Les profils d'utilisateurs peuvent être définis comme des groupes de ménages ayant des caractéristiques semblables, et qui se comportent de la même façon.

O. Guerra Santin,2011³⁰ a montré qu' Il y 'a une raison pratique du développement de profils d'utilisateurs. En effet pour une économie d'énergie résidentielle, des relations entre le type de logement et sa consommation réelle avec le type de ménage peuvent être obtenues pour plus de précision. De même d'autre prévisions plus régulières peuvent être obtenues en liant le type de logement avec les profils d'utilisateurs qui à leurs tour peuvent être liés à des modèles de comportement.

Dans cette étude, les profils d'utilisateur sont obtenus sur la base des facteurs de comportement soutirés de l'étude de O. Guerra Santin, 2011³¹ et des caractéristiques du ménage et du logement.

Les conclusions présentent que les ménages qui ont une « utilisation intensive des appareils et des espaces » sont des grandes familles avec enfants qui vivent dans de grands appartements.

Ces ménages à revenu élevé, ont tendance à faire un usage plus fréquent des appareils lourds tels la machine à laver.

Leur mode de vie dévoile aussi plus d'utilisation d'ordinateurs, d'appareils électroménagers et d'éclairage, une préférence pour un environnement intérieur chaud, avec un certain manque

²⁸ Loc.cit .

²⁹ J. Paauw, B. Roossien, M.B.C. Aries, O. Guerra Santin, Energy pattern generator—understanding the effect of user behaviour on energy systems, in: Proceedings First European Conference on Energy Efficiency and Behaviour, Maastricht, 18–19 October, 2009,dans O. Guerra Santin , op.cit., 2662–2672.

³⁰ O. Guerra Santin , op.cit., 2662–2672.

³¹ Loc.cit .

de souci pour l'économie d'énergie. Ainsi, le premier profil d'utilisateur se définit comme «ménage à revenu élevé »

les ménages avec enfants habitant dans des logement moyens ou grands , ayant également tendance à garder un environnement intérieur plus chaud et utiliser intensivement l'éclairage, la machine à laver à cause de la présence d'enfants, et certains autre appareils électriques tel que les consols de jeux, définissent le deuxième profil qui est « jeunes familles avec enfant ».

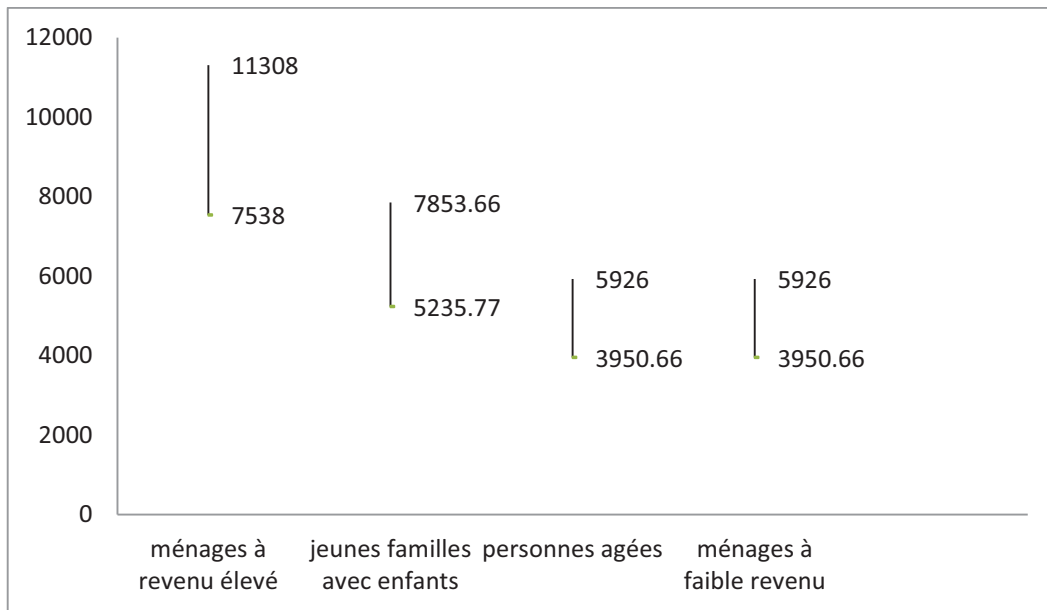
Les ménages habitant dans la plupart des cas de l'échantillon dans de petits logements, ont un comportement déterminé par le souci d'économie plutôt que par la convenance personnelle. Le profil d'utilisateur pour ces ménages est défini comme «ménage à faible revenu ».

Les ménages habitant dans le logement colonial, sont petits et dans la plupart des cas sans la présence d'enfant, donc ils ont une très faible utilisation des ordinateurs et des appareils électriques.

Il semble, par conséquent, que ce groupe de ménages passe plus de temps à la maison, et a une préférence et un besoin d'un environnement intérieur chaud. Toutefois, leur présence à la maison ne semble avoir aucune influence sur la consommation d'énergie, puisque leur comportement est déterminé par l'économie. Le profil d'utilisateur attribué à ces ménages est donc « personnes âgées ».

Quatre profils d'utilisateurs sont ainsi identifiés : les ménages à revenu élevé, les jeunes familles avec enfant, les ménages à faible revenu, et les personnes âgées. De l'analyse, on peut conclure qu'il ya une différence significative entre les profils d'utilisateurs trouvés (**Figure V-38**).

**Énergie
Utilisée
kWh/an**



Profils d'utilisateur

Figure V-38. Consommation moyenne d'énergie en kWh par année par profil d'utilisateur (source : auteur, 2014)

On peut conclure aussi, le type de comportement observé dans chaque profil : le comportement des ménages à faible revenu est moins lié au confort de la température ou à l'utilisation intensive des appareils et de l'espace.

Les jeunes familles avec enfants sont moins préoccupées par l'économie d'énergie et tentent une utilisation pratique de l'habitation.

Les ménages à revenu élevé font usage de plus d'espace et d'appareil lourd. Les personnes âgées préfèrent clairement un environnement intérieur chaud en hiver, mais leur attitude explique leurs préoccupations d'économie.

Ainsi la consommation d'énergie s'avère être plus faible chez les personnes âgées et les ménages à faible revenu et plus élevée chez les ménages à revenu élevé et les jeunes familles avec enfants. (**Figure V-38**).

Les profils d'utilisateurs définis dans l'étude correspondent à ceux définis par O. Guerra Santin, 2011³² qui étaient: ' personnes âgées ', ' familles ', ' célibataires ', ' ménages à revenu élevé '.

Dans l'échantillon de l'étude, il n'y pas de ' célibataires '. En outre , on a identifié ' ménage à revenu élevé ' et ' ménage à faible revenu ' , parce que le revenu s'est avéré être un déterminant important du comportement.

I.3.6 La relation entre les modèles de comportement, les profils utilisateur et la consommation d'énergie

I.3.6.1 Les modèles de comportement et l'utilisation de l'énergie

La **Figure V-37.** montre les différences dans la consommation d'énergie par type de comportement. Des différences significatives sont trouvées entre la consommation moyenne des différents modèles de comportement. La consommation moyenne d'énergie en kWh par an est tirée des factures des ménages des trois catégories de logement de l'échantillon.

I.3.6.2 Les profils d'utilisateurs et l'utilisation de l'énergie

La **Figure V-38.** montre la consommation d'énergie par profil d'utilisateur. Les profils d'utilisateurs sont définis dans le titre précédent : «ménage à revenu élevé », «jeunes familles avec enfant», «ménage à faible revenu» et «personnes âgées ».

Les ménages à faible revenu ont tendance à utiliser moins d'énergie que tout autre type de ménage. Cela est lié à la petite surface de leur logement, à la possession limitée d'équipement électroménager, et à l'utilisation modérée et contrôlée de ces équipements, été et hiver, indiquant leur souci d'économie d'argent.

Les personnes âgées ont également une faible consommation d'énergie mais elle est plus élevée que celle des ménages à faible revenu, particulièrement en hiver. Cette augmentation de consommation de gaz en hiver est due aux propriétés thermiques du bâtiment colonial nécessitant une consommation considérable pour le chauffage, et à la tendance qu'ils ont à avoir des températures plus élevées pendant plus longtemps. Le reste des profils d'utilisateurs à savoir : «ménage à revenu élevé », et « jeunes familles

³² O. Guerra Santin , op.cit., 2662–2672.

avec enfants »ont une consommation d'énergie plus élevée à titre indicatif. Les jeunes familles avec enfant ont un comportement plus intensive de l'énergie, tandis que les ménages à revenu élevé utilisent plus intensivement les appareils et les espaces, privilégiant plutôt le confort, la commodité et la facilité que l'économie d'argent ou d'énergie

Conclusion :

Les résultats des simulations des caractéristiques physiques des bâtiments indiquent que selon les périodes de l'année :

Le logement promotionnel est le plus performant en hiver (cinq à six mois) , grâce à ses caractéristiques d'implantation qui se présentent sous forme d'un grand îlot fermé, formé par des immeubles mitoyens, et qui génère une grande cours intérieure. et aussi grâce à la bonne orientation des espaces intérieurs ,et à la l'existence d'une véranda « thermique ».

Le logement colonial est le plus performant en été, ce bon comportement s'explique globalement par une réduction des apports solaires en journée et un rafraîchissement nocturne, grâce aux éléments suivants : forte inertie des parois, ratios d'ouvertures adaptées à l'orientation de la façade , transversalité systématique des locaux (organisation intérieure) et la ventilation naturelle.

D'un autre coté, la consommation énergétique obtenues par le simulateur de DPE est plus petite dans la catégorie de logement promotionnel à une moyenne de : 185kwhep/m².an (classe D).Et que les chiffres équivalents pour le logement colonial et le logement social sont de 365kwhep/m².an (classe F), et de 414kwhep/m².an (classe F) respectivement.

L'interprétation des résultats de l'enquête est effectuée par une analyse de corrélation à l'aide du logiciel Excel 2007.

cette interprétation de résultat découvre que la consommation d'énergie réelle de l'électricité et du gaz est significativement corrélée avec: la surface de plancher ($r = 0.6326$, r est proche de 1); l'âge du chef de ménage ($r = - 0.9319$, r est proche de -1); nombre de climatiseur ($r = 0.7748$, $r \rightarrow 1$) et le revenu du ménage ($r = 0.7138$, $r \rightarrow 1$).

Secondairement, grâce aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz fournies par les ménages lors de l'enquête, l'étude compare l'utilisation réelle de l'énergie par les ménages dans les trois catégories de logements en termes de consommation et de conservation de l'énergie, et identifie celui qui consomme le plus.

Il a été également observé qu'il existe une différence remarquable dans la consommation d'énergie en fonction du niveau de consommation et d'économie d'énergie, par rapport aux résultats obtenus par le simulateur de DPE. En effet, le logement promotionnel devient le type de logement le plus consommateur, suivi du logement social et en dernier vient le logement colonial.

Effectivement, cela démontre l'effet considérable qu'ont les occupants sur la consommation d'énergie

En troisième lieu les relations entre le comportement des occupants et les caractéristiques des ménages, avec la consommation d'énergie, (en référence aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz) ont été établies identifiant 3 modèles de comportement et 4 profils d'utilisateur propres à la société sétifienne cités ci-dessous :

les trois (03) modèles de comportement sont : « dépensiers », « conscient-chaud », et « confort –commodité »

les quatre (04) profils d'utilisateur sont : les ménages à revenu élevé, les jeunes familles avec enfant, les ménages à faible revenu, et les personnes âgées.

Conclusion générale :

CONCLUSION GENERALE :

La consommation d'énergie dans les bâtiments résidentiels est l'une des principales sources de production d'émissions de gaz à effet de serre des villes.

Ces gaz à effet de serre entrant dans l'atmosphère sont à l'origine de la hausse de température de la terre, conduisant à un phénomène dangereux connu sous le nom de changement climatique. Pour ce la, des mesures rigoureuses pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et pour s'adapter aux conséquences du changement climatique sont nécessaires.

Beaucoup de recherches ont donc montré que les caractéristiques de construction ont un effet significatif sur la consommation d'énergie; et les gouvernements à travers le monde ont mis en place des règlements et des politiques dans le but d'améliorer la performance énergétique du tissu et du système au sein de l'environnement bâti.

Par ailleurs, l'impact des occupants sur la consommation d'énergie du secteur résidentiel est parmi les principales questions actuellement à l'honneur à travers le monde.

Ainsi, cette étude vise à étudier l'effet des caractéristiques des ménages et de la construction sur la consommation d'énergie résidentielle. Et se concentre principalement sur les effets des déterminants de cette consommation d'énergie qui sont liés aux ménages. vu que l'essentiel des études existantes sur l'énergie résidentielle en Algérie est principalement axé sur les caractéristiques physiques du logement et sous-estime le rôle des caractéristiques et du comportement des occupants.

La recherche commence à partir de l'hypothèse qu'il existe des différences dans la consommation d'énergie entre les trois catégories de logements choisis qui sont :

- Le logement colonial,
- le logement social
- et le logement promotionnel.

Les principales différences entre ces types de quartiers résidentiels sont :

- la densité urbaine, l'âge et les matériaux de construction du logement.
- la différence dans les revenus, et les préférences personnelles des résidents.

Il s'agit d'abord de constater une différence entre la performance énergétique des logements et d'identifier le type le plus performant.

Puis vérifier l'impact des occupants: à fin de voir s'ils participent à maintenir cette performance, à l'améliorer ou à l'accentuer.

L'état de l'art réalisé a mis en évidence que les déterminants de la consommation d'énergie résidentielle peuvent être classés en domaines contextuels et comportementaux.

- Les domaines comportementaux caractérisent la consommation d'énergie sous la rubrique du styles de vie et des comportements de consommation, dont la plupart sont en rapport avec les caractéristiques sociodémographiques et économiques des ménages (l'âge, la taille de la famille, le revenu et la propriété des équipements)

- Le domaine contextuel englobe les caractéristiques des logements accompagnées du climat local, et du type d'énergie. Il est à noter que les caractéristiques des logements englobent les principaux constituants du domaine contextuel.

Il ya deux groupes de caractéristiques de l'unité de logement qui influencent la consommation d'énergie:

- la qualité de la construction (par exemple l'isolation, les systèmes d'efficacité énergétique, et les matériaux de construction);
- les caractéristiques physiques de l'immeuble (par exemple le type de logement et la taille).

Nous avons proposé une méthodologie permettant d'étudier l'impact des caractéristiques des ménages et de la construction sur la consommation d'énergie résidentielle. Cette méthodologie permet :

- d'obtenir un aperçu de la performance énergétique théorique des trois types de logement choisis pour l'étude (c'est-à-dire en prenant en compte que les caractéristiques physiques des bâtiments, leur configuration au sein de l'ilot, et la rigueur du climat) à fin d'identifier le type de logement le plus performant.
- Et d'explorer l'impact des caractéristiques et du comportement des ménages sur la consommation réelle d'énergie domestique (cette consommation réelle d'énergie qui est obtenue grâce aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz des habitants).

Dans le but de mettre en exergue l'effet qu'ont les occupants sur la consommation d'énergie.

Dans l'objectif de déterminer la relation entre les caractéristiques physiques du bâtiment, les caractéristiques et comportement des ménages avec la consommation d'énergie, la méthodologie appliquée se subdivise en deux parties : un travail technique de simulation suivi d'un travail investigatif d'enquête.

- Le travail technique de simulation qui définit la performance énergétique des trois catégories de logement choisis pour l'étude, s'appuie sur deux logiciels :

- a) Le logiciel d'analyse thermique et de simulation énergétique « Ecotect Analysis 2010 » : ce logiciel donne la courbe de température intérieure en évolution libre (sans chauffage ni climatisation) par rapport à la température extérieure et aux limites de confort (été /hiver). Ce qui reflète une évaluation du comportement thermique du logement.

Les résultats indiquent que selon les périodes de l'année :

Le logement promotionnel est le plus performant en hiver (cinq à six mois) , grâce à ses caractéristiques d'implantation qui se présentent sous forme d'un grand îlot fermé, formé par des immeubles mitoyens, et qui génère une grande cours intérieure. et aussi grâce à la bonne orientation des espaces intérieurs ,et à la l'existence d'une véranda « thermique ».

Le logement colonial est le plus performant en été, ce bon comportement s'explique globalement par une réduction des apports solaires en journée et un rafraichissement nocturne, grâce aux éléments suivants : forte inertie des parois, ratios d'ouvertures adaptées à l'orientation de la façade , transversalité systématique des locaux (organisation intérieure) et la ventilation naturelle.

- b) Le simulateur de diagnostic de performance énergétique (DPE) : Un outil de simulation de DPE en ligne qui donne :

- la classe énergétique du logement et sa consommation par m² et par an.
- les émissions de CO₂ calculées en kilos par m² avec la lettre correspondante de l'étiquette climat.

La consommation énergétique obtenues par le simulateur de DPE est plus petite dans la catégorie de logement promotionnel à une moyenne de : 185kwhep/m².an (classe D).Et les chiffres équivalents pour le logement colonial et le logement social sont de 365kwhep/m².an (classe F), et de 414kwhep/m².an (classe F) respectivement.

- Le travail investigatif d'enquête permet de cerner l'effet des caractéristiques et du comportement des occupants sur la consommation d'énergie.

Le questionnaire utilisé vise à collecter des informations sur les caractéristiques du logement, ses occupants et les comportements de consommation d'énergie en termes de chauffage, de refroidissement, de bain, de cuisson, d'éclairage, d'utilisation d'appareils électroménagers et de ventilation.

L'interprétation des résultats de l'enquête est effectuée par une analyse de corrélation à l'aide du logiciel Excel 2007.

cette interprétation de résultat découvre que la consommation d'énergie réelle de l'électricité et du gaz est significativement corrélée avec: la surface de plancher ($r = 0.6326$, r est proche de 1); l'âge du chef de ménage ($r = -0.9319$, r est proche de -1); le nombre de climatiseur ($r = 0.7748$, $r \rightarrow 1$) et le revenu du ménage ($r = 0.7138$, $r \rightarrow 1$).

Parmi ces quatre variables, la propriété de climatiseur possède la plus grande corrélation avec la consommation d'énergie, suivie par le revenu et puis la surface de plancher.

Comme indiqué par le coefficient de corrélation positive, il est facilement compréhensible que si le revenu, la superficie et le nombre de climatiseur augmentent, la consommation d'énergie augmente aussi. Et si le revenu, la superficie et le nombre de climatiseur diminuent, la consommation d'énergie va aussi diminuer.

Ce résultat est parfaitement similaire au résultat de l'analyse statistique de l'étude d'enquête sur la consommation de l'énergie résidentielle à Hangzhou, en Chine réalisée par J. Chen et al, 2013

Cependant l'âge de l'occupant a une corrélation négative ($r = -0.9319$, r est proche de -1) avec la consommation d'énergie, ce qui suggère que les ménages les plus âgés consomment moins d'énergie que leurs homologues les plus jeunes. Ceci est en contraste avec les études antérieures qui ont montré une corrélation positive entre l'âge et la consommation d'énergie [Olivia Guerra Santín, 2010 dans J. Chen et al 2013] et [K. Steemers, 2009 dans J. Chen et al, 2013]

Secondairement, grâce aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz fournies par les ménages lors de l'enquête, l'étude compare l'utilisation réelle de l'énergie par les ménages dans les trois catégories de logements en termes de consommation et de conservation de l'énergie, et identifie celui qui consomme le plus.

Il a été également observé qu'il existe une différence remarquable dans la consommation d'énergie, par rapport aux résultats obtenus par le simulateur de DPE. En effet, le logement promotionnel devient le type de logement le plus consommateur, suivi du logement social et en dernier vient le logement colonial.

Effectivement, cela démontre l'effet considérable qu'ont les occupants sur la consommation d'énergie

En troisième lieu les relations entre le comportement des occupants et les caractéristiques des ménages, avec la consommation d'énergie, (en référence aux factures trimestrielles de l'électricité et du gaz) ont été établies identifiant 3 modèles de comportement et 4 profils d'utilisateur propres à la société sétifienne cités ci-dessous :

Les trois (03) modèles de comportement sont : « dépensiers », « conscient-chaud », et « confort-commodité »

Les quatre (04) profils d'utilisateur sont : les ménages à revenu élevé, les jeunes familles avec enfant, les ménages à faible revenu, et les personnes âgées.

Ce que l'on retiendra de cette étude, c'est que la consommation d'énergie résidentielle n'est pas seulement influencée par les caractéristiques du bâtiment, mais également influencée par les caractéristiques des ménages, le comportement des occupants, et l'efficacité des systèmes de services.

Ainsi, les ménages représentent un groupe cible très important dans les efforts visant à accroître l'efficacité énergétique des logements. Et l'objectif de lutte contre le changement climatique nécessitera sans aucun doute des changements immédiats et substantiels de la façon dont nous menons nos vies de tous les jours.

En effet, la durabilité du développement respectueux de l'environnement en matière de logement peut être divisée en deux grandes catégories:

- la viabilité technique
- et la durabilité comportementale.

La poursuite de la durabilité technique ne sera pas, par elle-même, rendre le logement plus économe en énergie, mais les progrès en matière de durabilité comportementale seront également nécessaires.

La durabilité comportementale fait référence aux attitudes et comportements des ménages. Donc, les résidents doivent avoir des connaissances, une bonne attitude et de bonnes compétences sur la façon d'être respectueux de l'environnement et leurs efforts devraient se concentrer sur la réduction de leur consommation d'énergie et leur empreinte carbone également.

Pistes pour de futures recherches :

Maintenant que cette étude a confirmé l'impact des caractéristiques et du comportement des occupants sur la consommation d'énergie résidentielle. Les recherches futures devraient viser à étudier la variation de la consommation d'énergie dans des logements ayant les mêmes caractéristiques physiques et avec le même rendement énergétique théorique. Dans l'objectif de trouver le degré de variation de cette consommation d'énergie résidentielle que les occupants pourraient expliquer. Cela pourrait s'interpréter par un coefficient traduisant l'effet des habitants. Ce coefficient, affecté à la consommation du diagnostic de performance énergétique, donnera les consommations et émissions réelles.

Par ailleurs, vu que l'utilisation des outils de simulation est souvent présentée comme l'approche la plus crédible pour modéliser le comportement d'un bâtiment et pour prévoir la consommation de chauffage dans une vision globale de la durabilité. Le comportement et les préférences des habitants et les solutions adoptées par les ménages pour réduire leur consommation peuvent varier considérablement et ne peuvent pas être caractérisés en utilisant un seul type standard de ménage dans les simulations. Parmi ces paramètres, l'accent pourrait être mis sur :

- la taille des ménages, et leur mode d'occupation
- le réglage du chauffage (réduction de la température de chauffage pendant les heures ou le logement n'est pas occupé)
- la gestion de la zone chauffée (il s'agit de zone de chauffage réellement occupée et chauffée , non pas de la superficie totale de la maison).

Références Bibliographiques :

Articles publiés

Articles principaux de l'étude :

- A travers le monde:

G.M. Huebner et al ,Domestic energy consumption—What role do comfort, habit,and knowledge about the heating system play?, *Energy and Buildings* 66 (2013) 626–636.

G. Wood, M. Newborough, Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design, *Energy and Buildings* 35 (2003) 821–841.

H. Estiri, Building and household X-factors and energy consumption at the residential sector.A structural equation analysis of the effects of household and building characteristics on the annual energy consumption of US residential buildings, *Energy Economics* 43 (2014) 178–184.

J. Chen et al, A statistical analysis of a residential energy consumption survey studyin Hangzhou, China *Energy and Buildings* 66 (2013) 193–202

J. Langevin et al,Reducing energy consumption in low income public housing: Interviewing residents about energy behaviors, *Applied Energy* 102 (2013) 1358–1370.

J.-M. Cayla et al, The role of income in energy consumption behaviour: Evidence from French households data , *Energy Policy* 39 (2011) 7874–7883.

M.J. Kim et al, Energy use of households in apartment complexes with different service life, *Energy and Buildings* 66 (2013) 591–598.

N. Valkila, A. Saari,Attitude–behaviour gap in energy issues: Case study of three different Finnish residential areas, *Energy for Sustainable Development* 17 (2013) 24–34.

O. Guerra Santin , Behavioural Patterns and User Profiles related to energy consumption for heating, *Energy and Buildings* 43 (2011) 2662–2672.

R. Kyrö et al, Occupants have little influence on the overall energy consumption in district heated apartment buildings, *Energy and Buildings* 43 (2011) 3484–3490.

T.A. Nguyen, M. Aiello,Energy intelligent buildings based on user activity: A survey, *Energy and Buildings* 56 (2013) 244–257.

T. Craig et al ,The North East Scotland Energy Monitoring Project: Exploringrelationships between household occupants and energy usage, *Energy and Buildings* 75 (2014) 493–503.

T. de Meester et al, Impacts of occupant behaviours on residential heating consumption for detached houses in a temperate climate in the northern part of Europe, *Energy and Buildings* 57 (2013) 313–323.

- En Algérie:

C. Hamouda et A. Malek , Analyse théorique et expérimentale de la consommation d'énergie d'une habitation individuelle dans la ville de Batna, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°3 (2006) 211 – 228*

I. Benoudjafer et al, Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°1 (2012) 1 – 12*

M. Amirat , S.M.K. El Hassar, Economies d'Energie dans le Secteur de l'Habitat Consommation Electrique des Ménages - Cas d'un foyer algérien typique en période d'hiver -, *Rev. Energ. Ren. Vol. 8 (2005) 27 - 37*

M. Annabi et al, Estimation des performances énergétiques du bâtiment dans le contexte maghrébin, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°2 (2006) 99 – 106*

N. Fezzioui1, et al, Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°1 (2008) 25 – 34*

N. Kadri et A. Mokhtari, Contribution à l'étude de réhabilitation thermique de l'enveloppe du bâtiment, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°2 (2011) 301 – 311*

N. Meghraoui, '*Quel Habitat pour l'Algérie*', Edition Média-Plus, Constantine 2006.

Sous- articles (références des Articles principaux de l'étude) :

- A travers le monde:

A. Druckman, T. Jackson, Household energy consumption in the UK: a highly geographically and socio-economically disaggregated model, *Energy Policy 36(8) (2008) 3177–3192*.

Ajzen, I., 1991. The theory of planned behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes 50*, 179–211.

A.K. Meier, C. Aragon, B. Hurwitz, D. Mujumdar, D. Perry, T. Peffer, M. Pritoni, How people actually use thermostats, in: *Proceedings of the 2010 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, Pacific Grove, CA, August 15–20, 2010.

A. Kollmuss, J. Agyeman, Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behaviour, *Environmental Education Research 8 (3) (2002) 239–260*.

Bartiaux, F. , Vekemans, G. , Gram-Hanssen D. et al., 2006, Sociotechnical factors influencing residential energy consumption. *SPSDII, SEREC.*

Bernard RH. *Research methods in cultural anthropology*. Thousand Oaks: Sage Publications; 1988

- BORIES (S.) et PRAT (M.). – *Transferts de chaleur dans les milieux poreux*. B 8 250 (1995).
- B.R. Anderson, P.F. Chapman, N.G. Cutland, C.M. Dickson, G. Henderson, J.H.Henderson, P.J. Iles, L. Kosmina, L.D. Shorrock, BREDEM-12: Model Description.2001 Update, BRE, Garston, Watford, 2002.
- Brounen, Dirk, Kok, Nils, Quigley, John M., 2012. Residential energy use and conservation: economics and demographics. *Eur. Econ. Rev.* 931–945.
- B. Verplanken, S. Faes, Good intentions, bad habits, and effects of forming implementation intentions on healthy eating, *European Journal of Social Psychology* 29 (5–6) (1999) 591–604
- Corraliza, J., Berenguer, J., 2000. Environmental values, beliefs and actions : a situational approach. *Environment and Behaviour* 32 (6), 832–848.
- C.R. Vringer, Analysis of the Energy Requirement for Household Consumption, University of Utrecht, Bilthoven, 2005, Thesis.
- D.A. Dillman, E.A. Rosa, J.J. Dillman, Lifestyle and home energy conservation in the United States: the poor accept lifestyle cutbacks while the wealthy invest in conservation, *Journal of Economic Psychology* 3 (3/4) (1983) 299–315.
- DEPECKER (P.) et INARD (C.). – *Lois fondamentales en génie climatique*. B 9 055 (1996).
- Desjeux, D., Berthier, C., Jarrafoux, S., et al., 1996. *Anthropologie de l'électricité*. L'Harmattan, Paris.
- E. de Groot, M. Spiekman, I. Opstetten, Dutch research into user behaviour in relation to energy use of residences, in: *Proceedings PLEA Conference*, 2008.
- G.C. Bakos, Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector, *Energy and Buildings* 31 (3) (2000) 251–259.
- H. Liao, T. Chang, Space-heating and water-heating energy demand of the aged in the U.S., *Energy Economics* 24 (2002) 267–284.
- I. Lariviere, G. Lafrance, Modeling the electricity consumption of cities: effect of urban density, *Energy Economics* 21 (1999) 53–66.
- J. Paauw, B. Roossien, M.B.C. Aries, O. Guerra Santin, Energy pattern generator—understanding the effect of user behaviour on energy systems, in: *Proceedings First European Conference on Energy Efficiency and Behaviour*, Maastricht, 18–19 October, 2009,
- J. van Hoof, M. Mazej, J.L.M. Hensen, Thermal comfort: research and practice, *Frontiers in Bioscience—Landmark* 15 (2010) 765–788.
- J.-W. Seo, J.-H. Lim, S.-Y. Song, Case Study of Energy-saving Effect Through Renovation of Old Apartment Building, *Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, Seoul, 2011, pp. 59–62

- Kaza, Nikhil, 2010. Understanding the spectrum of residential energy consumption: a quantile regression approach. *Energy Policy* 6574–6585.
- Kelly, Scott, 2011. Do homes that are more energy efficient consume less energy? A structural equation model of the English residential sector. *Energy* 5610–5620.
- K. Maréchal, Not irrational but habitual: the importance of behavioural lock-in in energy consumption, *Ecological Economics* 69 (2010) 1104–1114
- Krosnick J, Judd C, Wittenbrink B. The measurement of attitudes. In: Albarracín D, Johnson B, Zanna M, editors. *The Handbook of Attitudes*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 2005. p. 21–76.
- K. Steemers, G.Y. Yun, Household energy consumption in the USA: a study of the role of occupants, *Building Research & Information* 37 (2009) 625–637
- K.S.Y. Wan, F.W.H. Yik, Building design and energy end-use characteristics of high-rise residential buildings in Hong Kong, *Applied Energy* 78 (1) (2004) 19–36.
- K. Vringer, K. Blok, Household energy requirement and value patterns, *Energy Policy* 35 (2007) 553–566.
- LEFEBVRE (G.). – *Comportement thermique dynamique des parois planes*. B 2 040 (1994)
- Lutzenhiser, Loren, 1992. A cultural model of household energy consumption. *Energy* 47–60.
- MacKay, R.S., 2008. Nonlinearity in complexity science. *Nonlinearity* 21 (12), T273–T281.
- Milfont T, Duckitt J. The environmental attitudes inventory: a valid and reliable measure to assess the structure of environmental attitudes. *J Environ Psychol* 2010;30:80–94.
- M. Lenzen, M. Wier, C. Cohen, H. Hayami, S. Pachauri, R. Schaeffer, A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan, *Energy* 31 (2006) 181–207
- Moussaoui, I. 2006, L'analyse de l'énergie : comment passer d'une vision "entreprise" à une vision "client"? État de l'art bibliographique de ces études SHS, Working paper EDF R&D.
- M. Santamouris, K. Kapsis, D. Korres, I. Livada, C. Pavlou, M.N. Assimakopoulos, On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector, *Energy and Buildings* 39 (2007) 893–905
- M. Sherman, N. Matson, Residential ventilation and energy characteristics, *ASHRAE Transactions* 103 (1) (1997) 717–730.
- O.G. Santin, L. L'ard, H. Visscher, The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock, *Energy and Buildings* 41 (11) (2009) 1223–1232.

- O. Guerra Santin, L. Itard, Occupant behaviour: determinants and effects on residential heating consumption, *Building Research & Information* 38 (2010) 318–338.
- O. Guerra Santin, L. Itard, H. Visscher, The effect of occupancy and building characteristics on energy consumption for space and water heating in Dutch residential stock, *Energy and Buildings* 41 (2009) 1223–1232.
- O'Neill, Brian C., Chen, Belinda S., 2002. Demographic determinants of household energy use in the United States. *Popul. Dev. Rev.* 53–88.
- R.J. Cole, J. Robinson, Z. Brown, M. O'Shea, Re-contextualizing the notion of comfort, *Building Research and Information* 36 (4) (2008) 323–336.
- S. Charbonnier, C. Parant et A. Pouget, '*Guide de la Thermique dans l'Habitat Neuf*', Edition du Moniteur, Paris, 1992.
- S. Leth-Petersen, M. Togeby, Demand for space heating in apartment blocks: measuring effect of policy measures aiming at reducing energy consumption, *Energy Economics* 23 (2011) 387–403.
- T. Weidmann, J. Minx, A definition of 'Carbon Footprint', in: C. Pertsova (Ed.), *Ecological Economics Research Trends*, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, 2008, pp. 1–11
- W. Abrahamse, L. Steg, C. Vlek, T. Rothengatter, A review of intervention studies aimed at household energy conservation, *Journal of Environmental Psychology* 25 (3) (2005) 273–291.
- W. Abrahamse, L. Steg, How do socio-demographic and psychological factors relate to households' direct and indirect energy use and savings? *Journal of Economic Psychology* 30 (2009) 711–720.
- W.F. van Raaij, T.M.M. Verhallen, A behavioural model of residential energy consumption, *Journal of Economic Psychology* 3 (1983) 39–63.
- W.H. Francis, Y.Y.F. Lun, Energy saving by utilizing natural ventilation in public housing in hong kong, *Indoor and Built Environment* 19 (1) (2010) 73–87.
- Wilson, Charlie, Dowlatabadi, Hadi, 2007. Model of decisionmaking and residential energy use. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 169–203.
- W. Poortinga, L. Steg, C. Vlek, G. Wiersma, Household preferences for energy saving measures: a conjoint analysis, *Journal of Economic Psychology* 29 (2005) 49–64..
- Z. Liao, M. Swainson, A.L. Dexter, On the control of heating systems in the UK, *Building and Environment* 40 (3) (2005) 343–351.

- **En Algérie:**

- A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada, '*Architecture et Confort Thermique dans les Zones Arides, Application au Cas de la Ville de Béchar*', *Revue des Energies Renouvelables*, Vol.

11, N°2, pp. 307 – 315, 2008.

D. Medjelakh et S. Abdou, *‘Impact de l’Inertie Thermique sur le Confort Hygrothermique et la Consommation Énergétique du Bâtiment’*, Revue des Énergies Renouvelables, Vol. 11, N°3, pp. 329 – 341, 2008.

M.S. Mohsen and B.A. Akash, *‘Some Prospects of Energy Saving in Building’*, Energy Conversion and Management, Vol. 42, N°11, pp. 1307 – 1315, 2001.

N. Fezzioui, B. Draoui, M. Benyamine et S. Larbi, *‘Influence des Caractéristiques Dynamiques de l’Enveloppe d’un Bâtiment sur le Confort Thermique au Sud Algérien’*, Revue des Énergies Renouvelables, Vol. 11, N°1, pp. 25 – 34, 2008.

Ouvrages :

Alain Liébard, André de Herde , entre 1996 et 2004, traité d’architecture et d’urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable , page 64a

APUR, atelier parisien d’urbanisme, La thermographie des façades des immeubles de paris, Decembre2007.

APUR, atelier parisien d’urbanisme, Analyse de la performance thermique des logements parisiens, MARS 2011

Iñigo Jiménez Mensaque ,Analyse des donnÃ©s obtenues par simulation.pdf, page 30.

Richard CANTIN et Gérard GUARRACINO, 2012, Performance énergétique des bâtiments existants, Techniques de l’Ingénieur « l’expertise technique et scientifique de référence », page 12.

Mémoires et thèses :

C.FLORY-CELINI. Modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant, thèse de doctorat, Université Lyon 1 Claude.

Gaëtan Brisepierre, 2011, LES CONDITIONS SOCIALES ET ORGANISATIONNELLES DU CHANGEMENT DES PRATIQUES DE CONSOMMATION D’ÉNERGIE DANS L’HABITAT COLLECTIF, thèse de doctorat, UNIVERSITE PARIS DESCARTES.

Hervé CHENAILLER, 2006, L’efficacité d’usage énergétique : pour une meilleure gestion de l’énergie électrique intégrant les occupants dans les bâtiments, thèse de doctorat, université de Grenoble .

NAIT Nadia ,2011, *LA REHABILITATION ÉNERGETIQUE DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS EXISTANTS CAS DU CLIMAT SEMI ARIDE DE CONSTANTINE*, Thèse de magister, université Mentouri, Constantine,201

QUERTINMONT Jean-Charles, 2007, La mesure des attitudes et des comportements des Bruxellois en matière de consommation d’énergie: apport d’un baromètre de l’utilisation rationnelle de l’énergie (URE), Mémoire de Fin d’Études en Gestion de l’Environnement

Rapports d'études et comptes rendus de colloques

ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie , Stratégie de rénovation énergétique des bâtiments dans l'objectif du Facteur 4 , orientations stratégiques de l'ADEME . 2013.

ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie , STRATEGIE UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE : LES BATIMENTS, 2005.

Aprue « Bulletin des énergies renouvelables semestriel n°11 » Juin 2007.

Aprue « *Bulletin trimestriel de l'Aprue N° 13* » mars 2008.

Aprue « Bulletin trimestriel de l'Aprue n°14 », Avril 2009.

Aprue « Bulletin trimestriel de l'Agence nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie », la lettre n°17, mars 2010

Apur, consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes, décembre 2007,

Bruno MARESCA, Anne DUJIN, Romain PICARD, LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS L'HABITAT ENTRE RECHERCHE DE CONFORT ET IMPERATIF ECOLOGIQUE, « CREDOC » Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie, DECEMBRE 2009,

CDER , « *Guide des énergies renouvelables Edition 2007* »,

Colloque international « Efficacité énergétique dans l'exploitation des installations hydrauliques » Centre des conventions d'Oran , mai 2013

Commissariat générale du développement durable , guide du contrat de performance énergétique ,juillet 2010.

CONSEIL NATIONAL DE L'INFORMATION STATISTIQUE .Commission Environnement et développement durable – 12 avril 2012. Projets d'enquêtes pour avis d'opportunité.

« Consommation énergétique finale de l'Algérie » Ministère de l'Energie et des Mines.

Elithis , groupe de l'ingénierie de l'énergie positive, l'efficacité énergétique des bâtiments à l'épreuve de l'utilisateur,2011.

Gérard GUARRACINO, Performance énergétique de l'enveloppe d'un bâtiment et réglementation, DOSSIER Techniques de l'Ingénieur,2004.

LEFEBVRE (G.). – *Comportement thermique dynamique des parois planes*. B 2 040 (1994

Lois et documents techniques :

Autodesk® Ecotect™ | HELP,2010.

BORIES (S.) et PRAT (M.). – *Transferts de chaleur dans les milieux poreux*. B 8 250 (1995).

Conseil européen, 2002- Directive 2002/91/CE du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments, Journal officiel des Communautés Européennes, 2002

DEDIANOUS (Ph.). – *Progiciel PAROI pour le bâtiment. Calcul des performances thermiques*. BE 9 863 (1998).

DEPECKER (P.) et INARD (C.). – *Lois fondamentales en génie climatique*. B 9 055 (1996).

DTR C 3-2, 1998

LANGLAIS (C.) et KLARSFELD (S.). – *Isolation thermique à température ambiante*. BE 9 860, BE 9 861, BE 9 862 (2004).

LEFEBVRE (G.). – *Comportement thermique dynamique des parois planes*. B 2 040 (1994).

Sites internet

Ademe, 2006, Le diagnostic de performance énergétique, [en ligne] <http://www2.ademe.fr>

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

Apur, consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes, décembre 2007,.[en ligne] : <http://www.apur.org>

Banque de données projets FEDRA.[en ligne] : <http://www.belspo.be>

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

EnviroBat, 2007, Analyse de la certification de performance énergétique EFFINERGIE, .[en ligne] http://www.envirobatmed.net/IMG/pdf/Analyse_certification_Effnergie.pdf, 2007

Giec, 2007 Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat.[en ligne] : <http://www.un.org/fr/climatechange>

How to Run a Multiple Regression in Excel 2007[en ligne] <http://www.youtube.com/>

I3ER « Ingénierie de l'Efficacité Énergétique et des Énergies Renouvelables » , [en ligne] <http://logiciels.i3er.org/ecotect.html>.

« Les Pros de la Performance Énergétique » , 2009.[En ligne] <http://www.performance-energetique.lebatiment.fr>. page consultée le 25/01/2014.

[En ligne] www.cder.dz

[en ligne] : [www. Developpement-durable .gouv.fr](http://www.Developpement-durable.gouv.fr).

[en ligne] <http://www.ecoco2.com>

[En ligne] : maville.estaucourant.com

[En ligne] : <http://www.voseconomiesdenergie.fr>

Annexes :

Annexe A : Questionnaire de l'enquête :**I -Caractéristiques socio-démographique :**

1. Quel âge avez-vous ?

| | |
|-----------------|--|
| Moins de 25 ans | |
| 25 à 55 ans | |
| Plus de 55 ans | |

2. Sexe ?

| | |
|----------|--|
| Féminin | |
| Masculin | |

3. De combien de personnes se compose votre ménage ?

| | |
|------------------|--|
| Adultes | |
| Enfants 0-5 ans | |
| Enfants 5-17 ans | |

4. Quelle est la profession exercée par le principal responsable des revenus?

quel est le revenu du chef familial ?

| | |
|-----------------------|--|
| 20.000 DA – 40.000 DA | |
| 40.000 DA – 60.000 DA | |
| 60.000DA – 100.000 DA | |

II-Caractéristiques du logement :

5. Le logement est-il ?

| | |
|-----------------------------------|--|
| mitoyen sur un côté | |
| mitoyen sur (au moins) deux côtés | |

6. Le logement est –il ?

| | |
|-------------------------|--|
| A l'extrémité | |
| A l'étage intermédiaire | |

7. Quelle est la surface de votre logement ?

| | |
|----------------------------|--|
| Moins de 80 m ² | |
| 80- 100 m ² | |
| Plus de 100 m ² | |

8. Quelle est la hauteur sous plafond de votre logement ?

| | |
|--------|--|
| 2.80 m | |
| 3.20 m | |

9. Combien avez-vous de pièces habitables dans votre logement (hors hall, couloir, et toilettes)?

10.votre cuisine est - elle ?

| | |
|---------------------------------------|--|
| Une pièce qui se ferme avec une porte | |
| Ouverte sur le séjour | |

11.Les fenêtres sont-elles ?

| | |
|-------------------|--|
| De petite surface | |
| De grande surface | |

12.Combien d’heures vos pièces reçoivent – elles le soleil ?

13.Pensez- vous que votre logement est bien orienté ?

| | |
|-----|------------|
| | Pourquoi ? |
| Oui | |
| Non | |

III.Les usages et comportements énergétiques :

III.1/Le chauffage :

14. Quelle est la période de chauffe de votre logement ?

15.utilisez-vous le chauffage central ou les poêles à gaz ?

16. Combien vous-en-avez ? Et ou sont-ils installés (poêle à gaz ou radiateur) ?

17. En hiver, habituellement, sur quelle position vous régler le thermostat lorsque vous êtes chez vous?

Par ex : la position 3à 4 correspond à 20-22 ° de température ambiante.

18. Comment Réglez vous votre chauffage ?

| | | |
|-------------------------------------------------------------|-----|-----|
| | oui | non |
| En l’adaptant aux besoins de la personne la plus frileuse ? | | |

-Variation de la température de chauffage :

19. Lorsque votre chauffage fonctionne, la température de votre domicile est-elle régulée (modifiée en fonction de votre présence/absence, du jour/de la nuit)?

| | | |
|--------------------------------------------------|-----|-----|
| | Oui | non |
| En fonction de chaque pièce de votre habitation | | |
| En fonction du jour et de la nuit | | |
| En fonction de la présence/absence des personnes | | |

20. Que faites-vous pour les pièces qui ne sont pas occupées à plein temps ?

| | |
|----------------------------|--|
| Vous les chauffez | |
| Vous fermez le chauffage | |
| Vous diminuez le chauffage | |

21. En hiver, qu'elle est la pièce de votre logement qui devient votre « refuge thermique » ?
Et pourquoi ?

22. En hiver, calfeutrez-vous ?

| | oui | non |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| la porte d'entrée par le boudin en tissu pour empêcher que le vent n'entre | | |
| sous les portes entre les pièces | | |

23. A fin de gérer les écarts de température entre les différentes pièces du logement,
Pratiquez-vous ?

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| un « cloisonnement thermique » à fin de conserver la chaleur de l'espace le plus chaud sans avoir besoin de chauffer l'espace le plus froid. | |
| un « décroisonnement thermique » complet (c'est-à-dire maintenir les portes ouvertes pour diffuser la chaleur dans les autres pièces et donc mieux répartir la chaleur entre ces pièces) | |

24. Utilisez-vous les appareils de chauffage pour autres usages ?

| | oui | non | Comment ? / pourquoi ? |
|--------------------------------|-----|-----|------------------------|
| Chauffer l'eau ou les aliments | | | |
| Sécher le linge en hiver | | | |

25. Quand vous ouvrez la fenêtre pour aérer votre logement, baissez-vous ou éteignez-vous le chauffage ?

| |
|-----------------|
| Oui, en général |
| Oui, parfois |
| Non |

26. Si oui, pourquoi ?

| | oui | non |
|---------------------------|-----|-----|
| Pour éviter le gaspillage | | |

III.2/Le confort d'été :

27. A votre domicile, possédez-vous un climatiseur (air conditionné) ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

28. Si oui, combien vous en possédez ? Et où sont ils installés ?

29. Quelle est la période d'usage de votre climatiseur ?

30. Sur quelle température mettez vous votre climatiseur ?

- Si vous ne possédez pas de climatiseur,

31. Quel moyen utilisez-vous pour rafraîchir l'espace ?

| | |
|------------------------------------------------|--|
| Utiliser un ventilateur | |
| Fermer les fenêtres avant les grandes chaleurs | |
| Asperger le sol avec de l'eau | |
| Utiliser des rideaux /bâches/persiennes | |
| Utiliser autre types de protections | |

32. Pensez-vous en acquérir un dans le futur, notamment si nous vivons encore des périodes très chaudes?

| |
|-------------------|
| Oui, certainement |
| Oui, peut-être |
| Non |

33. Si non, pourquoi?

| | |
|--------------------------------------------------|--|
| Cet appareil coûte en consommation d'électricité | |
| Cela pollue | |
| Je ne connais pas cet appareil | |
| Il ne me serait pas utile/ Je n'en ai pas besoin | |
| Ça me rend malade | |
| Trop cher à l'achat | |

34. En été, fermez-vous les volets et/ou les stores pendant la journée pour lutter contre la chaleur ?

| |
|-----|
| Oui |
| non |

35. Au cours de l'été dernier, dans votre logement, votre ménage a-t-il souffert, de la chaleur ?

| |
|-----|
| Oui |
| non |

36. Quelle est selon vous la cause principale de cet inconfort ?

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|--|
| L'été a été chaud | |
| Mauvaise isolation du logement (volets, stores ou rideaux absents, simple vitrage) | |
| Surexposition du logement au soleil | |

III.3/Eau chaude sanitaire

37. Prenez vous votre bain à la maison ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

38. Combien de temps vous prenez dans le bain ?

39. En moyenne, combien de fois par semaine vous prenez de douches ?

40. Et quels sont vos moyens pour chauffer l'eau ?

41. Est-il vraiment nécessaire d'utiliser beaucoup d'eau chaude pendant le mois de ramadan pour différents usages ?

| | |
|-------------------------|--|
| Laver plus de vaisselle | |
| Cuisson | |

III.4/Eclairage :

42. Y'a t- il une lumière naturelle suffisante chez vous ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

43. Dans quel espace ?

| pièce | Pratique spatiale de la pièce | | |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| | Pièce de séjour | Pièce multifonctionnelle (lieu de détente, de jeu, de travail) | Pièce de repos nocturne (sommeil) |
| salon | | | |
| Cuisine | | | |
| Chambre d'enfant | | | |
| Chambre à coucher | | | |

44. Votre logement est-il équipé d'ampoules économiques (ampoules fluo compactes) ?

| | |
|-----------------------------------------------|--|
| Non | |
| Oui, Pour une majorité des points d'éclairage | |
| Oui, Pour quelques points d'éclairage | |

45. Est-ce que la lumière des lampes économiques vous plait ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

46. Si non, qu'est ce qu'il ne vous plait pas ?

| | |
|--------------------------------------------------------------|--|
| La lumière blanche | |
| La qualité des lampes elles mêmes (elles s'usent rapidement) | |

47. Si non, réservez vous l'utilisation de ses lampes économiques uniquement pour les lieux ou vous ne restez pas (le couloir, le débarras)?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

48. Nettoyez vous régulièrement les lampes , les vitres et les rideaux translucides à fin d'améliorer leur rendement lumineux ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

49. Vos vitres sont elles ?

| | |
|--------------|--|
| teintées | |
| translucides | |

III.5/ Ventilation :

50. Combien de temps ouvrez-vous les fenêtres de votre logement?

| | |
|----------------------------------------|--|
| 10 minutes en hiver et 1 heure en été. | |
| Tous les jours plus de 15min | |
| Tous les jours moins de 15 min | |
| Occasionnellement | |

51. Quand vous n'ouvrez pas les fenêtres de votre logement, par quoi vous substituez la ventilation naturelle ?

| | |
|----------|--|
| En hiver | |
| En été | |

52. En été, aérez-vous le logement le matin et/ou la nuit pour profiter de la fraîcheur ?

| | |
|------------------------|--|
| Oui, le plus souvent | |
| Oui, de temps en temps | |
| Non | |

53. Si non , pour quoi ?

| | |
|-----------------|--|
| intimité | |
| Insécurité | |
| Autres logiques | |

III.6/ Les appareils électroménagers :

54. Je vais vous citer une liste d'appareils électriques équipant le salon et la chambre , pouvez-vous me dire si vous en possédez et utilisez ?

| | possède | combien | utilisation |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|---------|-------------|
| Télévision | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Démodulateur analogique | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--|--|
| Lecteur enregistreur vidéo | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Console de jeux | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Micro ordinateur multimédia : - à écran plat - à écran classique | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Micro ordinateur portable | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Imprimante | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| onduleur | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Poste magnétoscope | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Fer à repasser | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |

55. Je vais vous citer une liste d'appareils électriques équipant la cuisine et la salle de bain , pouvez-vous me dire si vous en possédez et utilisez ?

| | possède | combien | utilisation |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------|-------------|
| Cuisinière :-plaque électrique -four à gaz -four électrique | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Four électrique | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Micro onde | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Réchaud taboua à gaz | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Réfrigérateur | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Congélateur | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Lave linge | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Lave vaisselle | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Mixer | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| piétrain | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Sèche cheveux | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |
| Lisseur | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | | |

56. Quel est l'équipement de cuisson le plus utilisé ?

| | |
|------------------------------------|--|
| Cuisinière à gaz + four électrique | |
| Réchaud taboua à gaz | |

57. Si votre cuisine est froide, utilisez-vous les équipements de cuisson pour la chauffer ?

| | |
|--------------|--|
| Taboua à gaz | |
| Four | |

58. Utilisez-vous le fer à repasser ?

| | |
|--------------------------------------------------|--|
| Pour tous les vêtements | |
| Pour certains vêtements nécessitant le repassage | |

59. Quand vous n'utilisez pas vos appareils de type TV, informatique,...

| | |
|----------------------------|--|
| Vous les éteignez | |
| Vous les laissez en veille | |
| Vous les laissez allumés | |

60. Quand vous regardez la télévision, laissez-vous les lampes allumées ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

61. Observez-vous un recours plus fréquent à la télévision pendant la saison froide, comme c'est le cas pour le chauffage et l'éclairage ?

IV. les opinions et les connaissances sur les questions d'environnement et d'économies d'énergie :

62. Connaissez-vous la période durant laquelle vous consommez la plus grande quantité d'énergie ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

63. Pourquoi ?

| | Chauffage des locaux | Production d'eau chaude | Alimentation des réfrigérateurs | Climatisation |
|-------|----------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------|
| Hiver | | | | |
| été | | | | |

64. La différence est de combien entre la facture d'hiver et la facture d'été ?

| | |
|---------------------|--|
| Moins de 2000DA | |
| De 4000 DA à 6000DA | |
| Plus de 6000DA | |

65. Combien payez-vous votre facture d'électricité ?

| | Moins de 5000DA | Plus de 5000DA |
|-------|-----------------|----------------|
| Hiver | | |
| Eté | | |

66. Lorsque vous avez froid chez vous, que faites-vous d'abord ?

| | |
|-------------------------------------------|--|
| Mettre un pull supplémentaire | |
| Augmenter le chauffage | |
| prendre des plats et des boissons chaudes | |

67. Concernant vos consommations, privilégiez-vous plutôt le confort ou l'économie ?

| | Plutôt le confort (et payer plus) | Plutôt l'économie (avec moins de confort) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| Concernant vos consommations d'électricité (éclairage, appareils électroménagers, médias) ? | | |
| Concernant vos consommations de chauffage | | |
| Concernant vos consommations de climatisation | | |
| Concernant vos consommations d'eau chaude | | |

68. Dans les magasins, on trouve sur les frigos des étiquettes indiquant leurs performances énergétiques. Connaissez-vous ces étiquettes?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

69. à l'avenir, prendrez-vous en compte l'étiquette énergie, A l'achat d'électroménager?

| | |
|-------------------|--|
| une télévision | |
| Un frigo | |
| Un lave linge | |
| Un lave vaisselle | |

70. Pourriez-vous faire des économies pour les activités domestiques suivantes?

| | | comment? |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lavage du linge | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | - Remplir le lave linge - privilégier les programmes à basse température (un lavage à 30°C = 3 fois moins d'énergie qu'un lavage à 90°C). -utiliser les lingettes qui absorbent les couleurs (pour éviter le tri de couleur et faire 1 seul programme au lieu de 4 par exemple) |
| Eclairage | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | - Avoir les bons réflexes. Eteindre toujours la lumière en quittant une pièce et éviter d'allumer la lumière en plein jour. - Profiter au maximum de la lumière du jour. s'installez près des fenêtres pour lire ou travailler. - Equiper le logement d'ampoules fluo compactes (basse consommation) |
| Chauffage | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | -Ne pas chauffer les pièces qui ne sont pas occupées à plein temps -Baissez la température avant de se coucher -Lors d'une aération en hiver, ne pas dépasser une durée de quelques minutes. |
| Climatisation | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | -Régler le climatiseur à 25° pas sur 18 - Ne pas ouvrir les fenêtres quand le climatiseur est allumé -Ne pas régler le climatiseur sur température très basse au point de se couvrir ou de sentir un inconfort. |

71. Fermez-vous les rideaux ou volets en soirée?

| | |
|-----|--|
| Oui | |
| Non | |

Pourquoi ?

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|
| Conscients des déperditions (les vitres perdent beaucoup d'énergie) | |
| Pour une économie d'éclairage (profiter de l'éclairage publique pendant la nuit) | |

72. connaissez-vous les campagnes de sensibilisation aux économies d'énergie « APRUE » (L'Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie)?

Spots TV

- Campagne été 2008
 - « -Régler le climatiseur à 25° pas sur 18°
 - Ne pas laisser le réfrigérateur longtemps ouvert
 - Attendre que les aliments soit totalement refroidis avant de les mettre au frigo
 - Remplir le lave linge
 - Eteindre la lumière »
- Campagne 2012
 - «- Utiliser le chauffage à gaz plutôt que le chauffage électrique
 - Eteindre la lumière dans les pièces inoccupées
 - Remplacer les lampes classiques par les lampes économises
 - Ne pas utiliser le lave linge et le fer à repasser entre 18h et 21h »

73. Si oui, avez-vous suivi leurs conseils et modifié vos comportements ?

| |
|-----|
| Oui |
| Non |

Annexe B : Analyse bioclimatique de la ville de Sétif :

1- Matrice des isothermes par mois et en heure de la ville de Sétif :

La température neutre : $T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m)$

$$= 17.6 + (0.31 \times 14.9) = 22.2^\circ\text{C}$$

$T_n - 2 \leq \text{zone de confort} \leq T_n + 2$

$22.2 - 2 \leq \text{zone de confort} \leq 22.2 + 2$

$20.2 \leq \text{zone de confort} \leq 24.2$

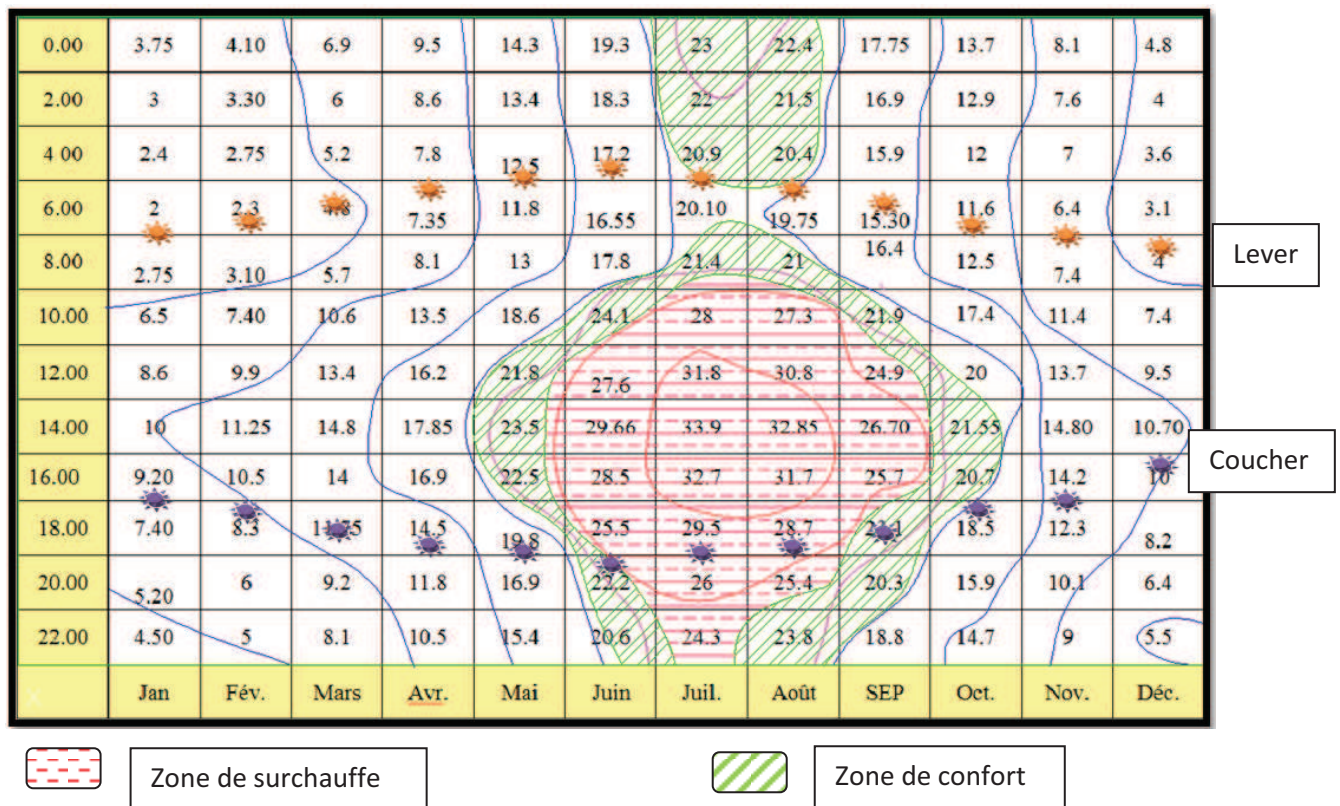


Figure A-1. Isothermes de la ville de Sétif, période de zone de confort et de surchauffe

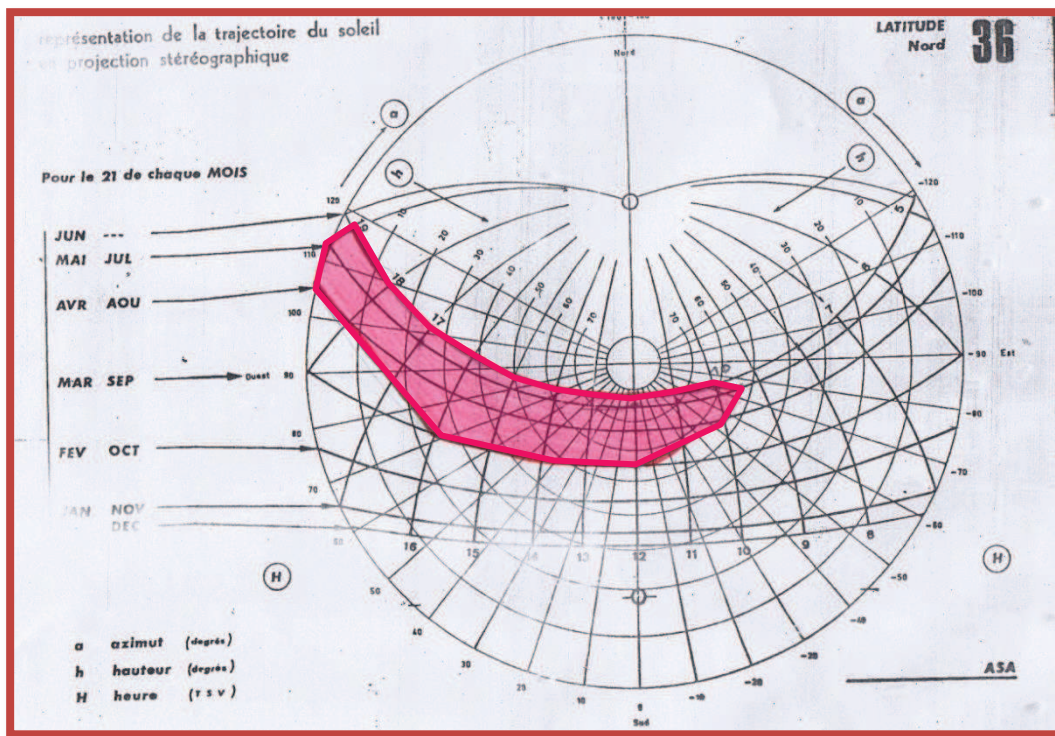
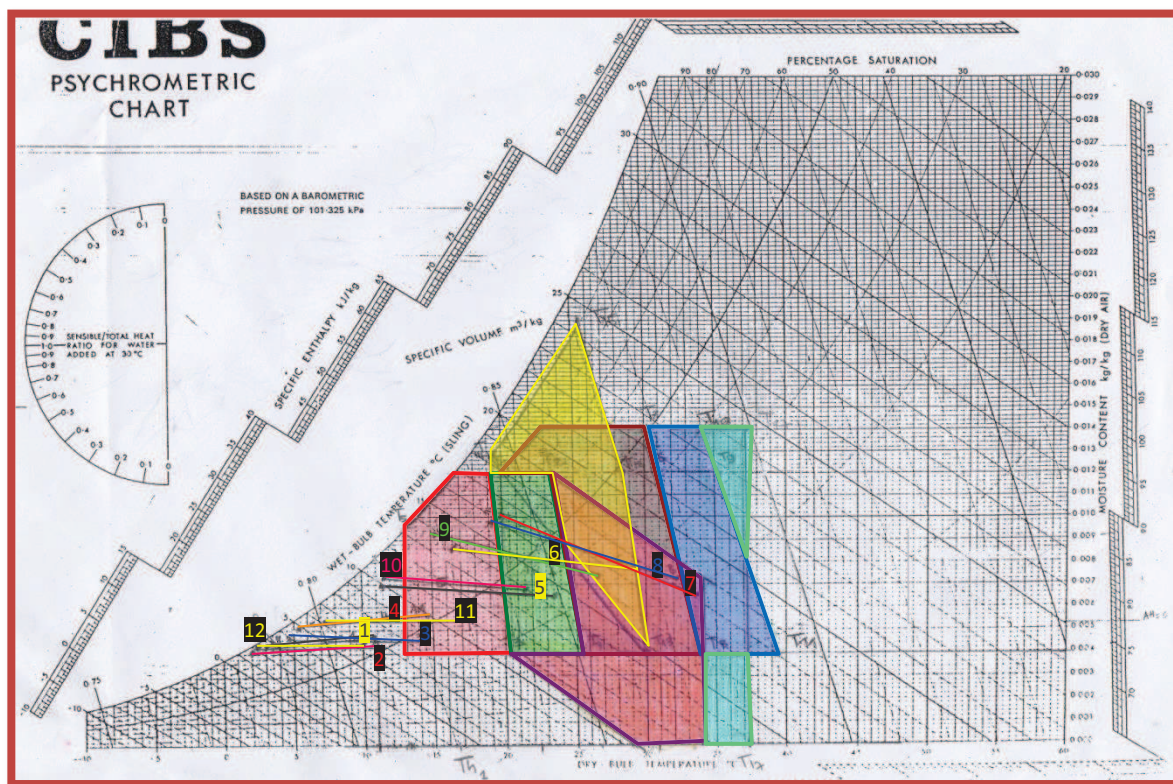


FIGURE A-2. Détermination de zone d'occultation



- Chauffage solaire passif
- Chauffage solaire passif
- Zone de confort
- Effet de masse
- Ventilation naturelle
- Refroidissement évaporatif indirect
- Effet de masse avec ventilation nocturne

Figure A-3. Diagramme de S Zockolay pour la ville de Sétif

L'interprétation du diagramme psychrométrique de S Zockolay appliquée à la ville de sétif sur la figure ci-dessous laisse apparaître deux périodes distinctes, une période fraîche qui sollicite un chauffage passif, elle concerne les mois de octobre, novembre, décembre, janvier et février, mars et avril pour atteindre cet objectif il suffirait d'une bonne maîtrise des tailles et de l'orientation des ouvertures pour ramener l'ambiance le plus près de la zone de confort.

Une période chaude, durant laquelle les mois de juin, juillet, août, nécessitent un effet de masse avec une ventilation nocturne afin de se rapprocher de la zone de confort.

TABLEAUX DE MAHONEY :

TABLE 1

| | |
|-----------------|------------------|
| Location | Sétif |
| s | 05° 53 O |
| Latitude | 33° 30' N |
| Altitude | 1100 m |

Air Température. °C :

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | High | AMT |
|--------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| Monthly mean max | 10 | 11.25 | 14.80 | 17.85 | 23.50 | 29.66 | 33.9 | 32.85 | 26.70 | 21.55 | 14.80 | 10.70 | 33.9 | 17.95 |
| Monthly mean min | 2 | 2.30 | 4.80 | 7.35 | 11.80 | 16.55 | 20.10 | 19.75 | 15.30 | 11.60 | 6.40 | 3.10 | 2 | 31.9 |
| Monthly mean range | 8 | 8.95 | 10 | 10.5 | 11.7 | 13.11 | 13.8 | 13.1 | 11.4 | 9.95 | 8.4 | 7.6 | Low | AMR |

Relative humidity %:

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Monthly mean max.a.m | 92.62 | 91.39 | 87.14 | 86.66 | 80.81 | 71.84 | 62.94 | 68.24 | 82.66 | 85.39 | 90.53 | 92.95 |
| Monthly mean min.p.m | 57.92 | 51.57 | 43.98 | 41.62 | 35.12 | 24.79 | 19.54 | 22.52 | 34.13 | 41.34 | 52.64 | 59.39 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Average | 75.27 | 71.48 | 65.56 | 64.14 | 57.96 | 48.31 | 41.24 | 45.38 | 58.39 | 63.36 | 71.58 | 76.17 |
| Humidity group | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Humidity group: | 1 | if average RH: below 30% |
| | 2 | 30-50% |
| | 3 | 50-70% |
| | 4 | above 70% |

Rain and wind

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Rainfall mm | 41.50 | 37.02 | 33.02 | 49.09 | 43.47 | 19.03 | 16.03 | 16.83 | 36.54 | 30.68 | 38.54 | 44.02 | 405.77 | Total |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|

| Comfort limits | AMT over 20°C | | AMT 15-20°C | | AMT below 15°C | |
|-------------------|---------------|-------|-------------|-------|----------------|-------|
| | Day | Night | Day | Night | Day | Night |
| Humidity group: 1 | 26-34 | 17-25 | 23-32 | 14-23 | 21-30 | 12-21 |
| 2 | 25-31 | 17-24 | 22-30 | 14-22 | 20-27 | 12-20 |
| 3 | 23-29 | 17-23 | 21-28 | 14-21 | 19-26 | 12-19 |
| 4 | 22-27 | 17-21 | 20-25 | 14-20 | 18-24 | 12-18 |

Table 2:

Diagnosis: °C

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
|--------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Monthly mean max | 10 | 11.25 | 14.80 | 17.85 | 23.50 | 29.66 | 33.9 | 32.85 | 26.70 | 21.55 | 14.80 | 10.70 | 17.95 |
| Day upper comfort: | 25 | 25 | 28 | 28 | 28 | 30 | 30 | 30 | 28 | 28 | 25 | 25 | AMT |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| lower | 20 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 |
| Monthly mean min | 2 | 2.30 | 4.85 | 7.35 | 11.80 | 16.60 | 20.00 | 19.75 | 15.30 | 11.62 | 6.40 | 3.00 |
| Night comfort: upper | 20 | 20 | 21 | 21 | 21 | 22 | 22 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 |
| lower | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Thermal stress: day | C | C | C | C | O | O | H | H | O | O | C | C |
| night | C | C | C | C | C | O | O | O | O | C | C | C |

Indicators

| | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | | |
|--------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Humid: | H1 totals | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| | H2 | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| | H3 | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Arid: | A1 | | | x | x | x | x | x | x | x | x | | | 8 | |
| | A2 | | | | | | | | x | x | | | | 2 | |
| | A3 | x | x | x | x | | | | | | | | x | x | 6 |

Applicable when

| Meaning | Indicator | Thermal stress | | rainfall | Humidity group | Monthly mean range |
|---------------------------|-----------|----------------|-------|------------|----------------|--------------------|
| | | Day | Night | | | |
| Air movement essential | H1 | H | | | 4 | |
| | | H | | | 2,3 | Less then 10°C |
| Air movement desirable | H2 | O | | | 4 | |
| | | | | | | |
| Rain protection necessary | H3 | | | Over 200mm | | |
| Thermal capacity | A1 | | | | 1,2,3 | More then 10°C |

| | | | | | |
|-----------------------------|----|---|-----|-----|----------------|
| necessary | H | | 1,2 | | |
| Out door sleeping desirable | A2 | H | O | 1,2 | More then 10°C |
| Protection from cold | A3 | C | | | |

Table 3:**Recommended specifications**

| Indicator totals from table 2 | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|
| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 |
| 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 6 |

Layout

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------|--|------|---|---------------------------------------------------|
| | | | 0-10 | | | 1 | Orientation north and south (long axis east-west) |
| | | | | | 5-12 | √ | |
| | | | 11,12 | | 0-4 | 2 | Compact courtyard planning |

Spacing

| | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|---|---|--------------------------------------------|
| 11,12 | | | | | | 3 | Open spacing for breeze penetration |
| 2-10 | | | | | | 4 | As 3.but protection from hot and cold wind |
| 0,1 | | | | | √ | 5 | Compact lay-out of estates |

Air movement

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 6 |
| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 |

| | | | | | | | | |
|------|------|--|------|--|--|---|---|-----------------------------------------------------------|
| 3-12 | | | | | | | 6 | Rooms single banked, permanent provision air movement |
| 1,2 | | | 0-5 | | | | 7 | Double banked rooms, temporary provision for air movement |
| | | | 6-12 | | | | | |
| 0 | 2-12 | | | | | | 8 | No air movement requirement |
| | 0,1 | | | | | √ | | |

Openings

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|-------|--|-----|--|----|----------------------------|------------------------|
| | | | 0,1 | | 0 | | 9 | Large openings 40-80% | |
| | | | 11,12 | | 0,1 | | 10 | Very small openings 10-20% | |
| Any other conditions | | | | | | | √ | 11 | Medium openings 20-40% |

Walls

| | | | | | | | | |
|--|--|--|------|--|--|---|----|-----------------------------------|
| | | | 0-2 | | | | 12 | Light walls, short time-lag |
| | | | 3-12 | | | √ | 13 | Heavy external and internal walls |

Roofs

| | | | | | | | | |
|--|--|--|------|--|--|---|----|-------------------------------|
| | | | 0-5 | | | | 14 | Light, insulated roofs |
| | | | 6-12 | | | √ | 15 | Heavy roofs, over 8h time-lag |

Out –door sleeping

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|------|--|---|----|--------------------------------------|
| | | | | 2-12 | | √ | 16 | Space for out-door sleeping required |
|--|--|--|--|------|--|---|----|--------------------------------------|

Rain protection

| | | | | | | | | |
|--|--|------|--|--|--|--|----|--------------------------------------|
| | | 3-12 | | | | | 17 | Protection from heavy rain necessary |
|--|--|------|--|--|--|--|----|--------------------------------------|

Table 4**Detail recommendations**

| Indicator totals from table 2 | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|
| H1 | H2 | H3 | A1 | A2 | A3 |
| 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 6 |

Size of opening

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------|------|---|---|--------------------|
| | | | | 0 | | 1 | Large: 40-80% |
| | | | 0,1 | 1-12 | | | |
| | | | 2-5 | | | 2 | Medium: 25-40% |
| | | | 6-10 | | √ | 3 | Small: 15-25% |
| | | | | 0-3 | | 4 | Very small: 10-20% |
| | | | 11,12 | 4-12 | | 5 | Medium: 25-40% |

Position of openings

| | | | | | | | |
|------|------|--|------|--|--|---|----------------------------------------------------------|
| 3-12 | | | | | | 6 | In north and south walls at body height on windward side |
| 1-2 | | | 0-5 | | | | |
| | | | 6-12 | | | | |
| 0 | 2-12 | | | | | 7 | As above, openings also in internal walls |

Protection of openings

| | | | | | | | |
|--|--|------|--|-----|--|---|------------------------------|
| | | | | 0-2 | | 8 | Exclude direct sunlight |
| | | 2-12 | | | | 9 | Provide protection from rain |

Walls and floors

| | | | | | | | | |
|--|--|--|------|--|--|---|----|-----------------------------|
| | | | 0-2 | | | | 10 | Light, low thermal capacity |
| | | | 3-12 | | | √ | 11 | Heavy, over 8 h time-lag |

Roofs

| | | | | | | | | |
|-------|--|--|------|--|--|---|----|-----------------------------------|
| 10-12 | | | 0-2 | | | | 12 | Light, reflective surface, cavity |
| | | | 3-12 | | | | 13 | Light, well insulated |
| 0,9 | | | 0-5 | | | | | |
| | | | 6-12 | | | √ | | |

External features

| | | | | | | | | |
|--|--|------|--|------|--|---|----|-----------------------------|
| | | | | 1-12 | | √ | 15 | Space for out-door sleeping |
| | | 1-12 | | | | | 16 | Adequate rainwater drainage |

Les recommandations des tableaux de **Mahonney**, viennent confirmer celles de **S Zockolay** et se résument comme suit :

- 1- Orientation Nord Sud (Grand axe Est ouest).
- 2- Compacité du plan masse et du volume.
- 3- Taille des ouvertures moyennes 20 à 40 %.
- 4- Murs extérieurs et intérieurs à inertie forte (maçonnerie épaisse)
- 5- Toit épais, temps de déphasage supérieur à 8 heures.
- 6- Espace extérieur pour dormir le soir.

Il ressort de l'analyse que la radiation solaire constitue un facteur important à exploiter soit par un captage direct par les vitres ou par l'utilisation des capteurs solaires pour produire de l'eau chaude sanitaire.

L'utilisation de protections solaires bien dimensionnées, la protection de la surface horizontale du toit ainsi que son isolation, l'utilisation d'une couleur un peu sombre, l'usage

de la végétation caduques sont autant de solutions passives qui permettent de favoriser les gains en énergie pour la consommation.

Le facteur vent constitue un élément positif pour la ventilation nocturne en été car il permet le rafraichissement de la structure.

Résumés :

Abstract:

Many studies have argued that "the behavior of residents could play an important role in reducing household energy consumption.

It is widely recognized that the residential energy consumption is not only influenced by the characteristics of construction, but also influenced by household characteristics and occupant behavior.

Compared to the impact of building characteristics on energy consumption, little research that consider the behavior of households exist.

Thus, this study aims to get a glimpse on the effect of the characteristics and behaviors of residents on energy consumption. The search starts from the assumption that there are differences in energy consumption between the three categories of dwellings that are chosen: The colonial housing, social housing and the promotional housing. The main differences between these types of neighborhoods are: -urban density, age and building materials of the housing. - The difference in income and personal preferences of residents.

First ,a difference between the energy performance of housing is found. then,the impact of occupants is checked: do they contribute to maintain it, improve it or increase it?

To define the energy performance of the three categories of selected houses ,the study uses: First,a thermal analysis and energy simulation "Ecotect Analysis 2010" software: with which the internal temperature curve is compared to thermal comfort boundaries (summer / winter). Then ,The simulator ECD "energy performance diagnosis": a simulation tool that gives online: / energy class housing and consumption per m² per year. / CO₂ emissions calculated in kilograms per m²with the corresponding letter of the label climate.

Due to its compact urban form and its good inertia , one could expect that colonial housing would be eventually top performer but contrary to our expectations, the simulation results of the physical characteristics of the buildings indicate that the promotional house is the most efficient in winter (five to six months). Moreover ,energy consumption obtained by the simulator ECD is smaller in this category of promotional housing to an average of: 185kwhep / m².an (D) .And the equivalent figures for the colonial housing and social houses are 365kwhep / m².an (class F) and 414kwhep / m².an (class F), respectively.

To explore the impact of the characteristics and behavior of households, a survey was conducted in depth in terms of heating, cooling, bath, cooking, lighting, appliances and ventilation. The survey questionnaire includes questions on household characteristics , building , energy consumption, and occupant behavior toward energy consumption in winter and summer.

Interpretation of the results of the survey is conducted by a correlation analysis using the Excel 2007 software .that interpretation discovers that the energy consumption is significantly correlated with: floor area ,age of household head ,number of air conditioner, and household income .

Secondarily, the study compares the actual electricity and gas consumption by households in the three categories of houses in terms of consumption and energy conservation, and identifies those who consume the most (in reference quarterly electricity and gas bills). It was also observed that there is a remarkable difference in energy depending on the level of consumption and saving energy compared to the results obtained by the simulator ECD consumption. Indeed, the promotional housing seems to be the most consuming type, followed by social housing .then, the colonial housing.

Indeed, this demonstrates the significant effect of the occupants on energy consumption .

Thirdly, through the quarterly gas and electricity bills provided by the households in the survey, the relations between both occupant behavior and household characteristics, with energy consumption have been established identifying three patterns of behavior and four user-profiles specific to Setifian society ,listed below. three (03) models of behavior are "spending", "hot-conscious" and "comfort - commodity" four (04) user profiles are: high income households, young families with children, the low-income households and the elderly.

Keywords:

Thermal performance – Households – Behavior- Housing

ملخص :

تثبت العديد من الدراسات أن سلوك السكان يمكن أن يلعب دورا هاما في الحد من استهلاك الطاقة المنزلية. وأنه من المعترف به على نطاق واسع أن استهلاك الطاقة في القطاع السكني لا يتأثر إلا بلامح البناء، ولكن يتأثر أيضا بخصائص الأسر، وسلوكهم .

يوجد القليل من البحوث حول تأثير سلوك الأسر على استهلاك الطاقة المنزلية، مقارنة بكمية البحوث الموجودة حول تأثير خصائص المباني على استهلاك الطاقة.

وهكذا، تهدف هذه الدراسة إلى الحصول على لمحة من تأثير خصائص وسلوكيات السكان على استهلاك الطاقة المنزلية..

يبدأ البحث من افتراض أن هناك اختلافات في استهلاك الطاقة بين الفئات الثلاثة من المساكن المختارة وهي: السكن الاستعماري، السكن الاجتماعي وسكن الإقامة الفاخرة. الاختلافات الرئيسية بين هذه الأحياء هي:

- الكثافة الحضرية ، العمر، و مواد البناء للمساكن.

-الفرق في الدخل، والتفضيلات الشخصية للسكان.

أولا يتم تحديد الفرق في كفاءة استخدام الطاقة في السكن.

ثم يتم التحقق من تأثير السكان على استهلاك الطاقة :رؤية: هل يشارك السكان في الحفاظ على أداء الطاقة في تحسينها، أو في تخفيضها؟

لتحديد كفاءة استخدام الطاقة في الفئات الثلاثة من المساكن المختارة للدراسة نستخدم

-برنامج التحليل الحراري و تشبيه الطاقة "تحليل Ecotect 2010" الذي بواسطته يتم الحصول على منحنى درجة الحرارة الداخلية مقارنة بحدود الراحة (صيف /شتاء).

-جهاز تشبيه كفاءة استخدام الطاقة في السكن : " أداة تشبيه على الانترنت التي تعطي:

/درجة الطاقة للسكن و إستهلاكه للمتر المربع الواحد في السنة.

/انبعاثات CO2 بكغ للمتر المربع الواحد مع حرف لتسمية المناخ المقابلة.

نتائج الخصائص الفيزيائية للمباني تشير إلى أن:

سكن الإقامة الفاخرة هو الأكثر كفاءة في فصل الشتاء(خمسة إلى ستة أشهر)، من خلال ميزات تنفيذ التي هي في شكل مساحة كبيرة مغلقة، شكلتها المباني المتجاورة فيما بينها ، مما يترك فناء واسع، وأيضا بفضل الاتجاه الصحيح للغرف الداخلية، ووجود الشرفة "الحرارية".

المنزل الاستعماري هو الأكثر كفاءة في فصل الصيف، ويفسر السلوك الجيد عموما بإنخفاض في الحصول على الطاقة الشمسية خلال النهار التبريد ليلا ، وذلك بفضل:العطالة العالية للجدران ، ونسب فتحات تكيف مع اتجاه الواجهة، (التنظيم الداخلي) ومنهجية التهوية الطبيعية.

من ناحية أخرى، استهلاك الطاقة التي حصل عليها جهاز تشبيه DPE أصغر في فئة سكن الإقامة الفاخرة بمعدل / 185kwhpep :
m².an (الفئة D) وهذه الأرقام تعادل للإسكان الاستعماري و السكن الاجتماعي ب :

F (الطبقة) 365kwhpep / m².an

414kwhpep / m².an (F، على التوالي

لاستكشاف تأثير خصائص وسلوك الأسرة، أجري تحقيق معمق من حيث التدفئة والتبريد، ، والطبخ، والإضاءة، والأجهزة والتهوية. يتضمن الاستبيان أسئلة حول خصائص الأسر والبناء، واستخدام الطاقة والسلوك في الشتاء والصيف.

تم اجراء تفسير نتائج التحقيق عن طريق تحليل الارتباط باستخدام برنامج Excel 2007.

نتيجة هذا التفسير تكشف أن استهلاك الطاقة يرتبط بشكل كبير مع :مساحة السكن ،سن رب الأسرة .عدد أجهزة تكييف الهواء ودخل الأسرة.

هذه المتغيرات الأربعة، عدد أجهزة مكيف الهواء على أعلى العلاقة مع استهلاك الطاقة، تليها الدخل و مساحة السكن

كما يتضح من معامل الارتباط الإيجابي ، إذا زاد الدخل والمساحة وعدد مكيفات الهواء، يزيد استهلاك الطاقة

إذا انخفض الدخل والمساحة وعدد مكيفات الهواء، سوف ينخفض استهلاك الطاقة.

ثانياً، من خلال الفواتير الفصلية للكهرباء والغاز التي قدمتها الأسر في التحقيق ، تقارن الدراسة استخدام الطاقة الفعلي من قبل الأسر في الفئات الثلاث من المساكن من حيث الاستهلاك و الحفاظ على الطاقة، ويحدد الفئة التي تستهلك أكثر من غيرها.

لوحظ أيضا أن هناك فرقا ملحوظا في استهلاك الطاقة تبعا لمستوى الاستهلاك و الحفاظ على الطاقة، بالمقارنة مع النتائج التي حصل عليها جهاز تشبيه DPE.

في الواقع، سكن الإقامة الفاخرة يصبح أكبر مستهلك، يليه السكن الاجتماعي، ويأتي آخرًا السكن الاستعماري.

هذا ما يدل على تأثير السكان الكبير على استهلاك الطاقة المنزلية

ثالثًا تم إنشاء العلاقات بين السلوك وخصائص الأسر، مع استهلاك الطاقة، (نظرًا إلى فواتير للكهرباء والغاز تم تحديد 3 نماذج سلوكية و 4 تشكيلات للمستخدم الخاصة بمجتمع مدينة سطيف : ثلاثة (03) أنماط السلوك هي "المنفقين"، "الساخنة واعية" و "الراحة. وأربعة (04) تشكيلات للمستخدم هي: الأسر ذات الدخل المرتفع، والأسر الشابة التي لديها أطفال، و الأسر وكبار السن ذوي الدخل المنخفض.

الكلمات الرئيسية:

استهلاك الطاقة - الراحة - الأداء - الأسر - السلوك.