

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université KASDI Merbah d'Ouargla



—oooOooo—

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique

—oooOooo—

Mémoire Présenté pour l'obtention du Diplôme de MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Thème :

**Etat de l'art des bâtiments à énergie positive
avec des réflexions sur le contexte Algérien**

Présenté par :

HADJADJ AbdEssamia et KHENFER Oussama

Soutenu le : 23/06/2019

Devant le Jury :

**DRID. M. M
ZIANI. L
GHEDAMSI. R**

**MAA
MCB
MCB**

**Président Univ KMO
Examineur Univ KMO
Encadreur Univ KMO**

2018/2019

DÉDICACE

JE DÉDIE CE TRAVAIL :

À MES PARENTS

À TOUTES MA FAMILLE

À MES FRÈRES ET MES SŒURS

À TOUS MES ENSEIGNANTS CHACUN AVEC SON NOM,

À TOUS NOS ENSEIGNANTS DU DÉPARTEMENT DE GÉNIE

MÉCANIQUE.

À TOUS MES AMIS ET EN PARTICULIER : BENAÏDA MOUSSA,

HASSANI FOUAD, HADJI AÏSSA, ABBAS ABDELHAI, ABBANI

ABDELDJALIL.

HADJADJ ABDESSAMIA ET KHENFER OUSSAMA



Remerciements

Louange à Allah, celui qui nous a illuminé le chemin de la science et nous a accordé pour accomplir ce travail.

Nous adressons tout d'abord mes remerciements les plus sincères au Dr. Ghedamsi Rebha qui a accepté volontairement d'être la directrice de ce travail.

Mes remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail, et en particulier Monsieur **Hadji Aissa**.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers l'ensemble des membres de jury qui ont accepté de lire et juger notre travail :

M. M. Drid

L. Ziani

Enfin, j'aimerais aussi remercier nos chers amis, collègues et tous ceux et elles qui nous ont aidé de près et de loin afin de réaliser ce travail.

Sommaire

| | |
|--|----|
| Liste des abbreviations | I |
| Liste des figures | V |
| Liste des tableaux | |
| Introduction Générale | 1 |
| Chapitre I : Contexte énergétique en Algérie | |
| I.1. Introduction | 3 |
| I.2. Réserves énergétiques en Algérie | 4 |
| I. 3. Production énergétique en Algérie | 5 |
| I.4. Consommation énergétique en Algérie | 8 |
| I. 5. Consommation d'énergie par secteur | 8 |
| I. 5. 1. Consommation énergétique dans le secteur ménager en Algérie : | 9 |
| I.6. Efficacité énergétique | 10 |
| I.7. Classification des bâtiments à efficacités énergétiques | 11 |
| I.7.1. Bâtiments passives | 11 |
| I.7.2. Bâtiment à Basse Consommation Energétique | 11 |
| I.7.3. Bâtiments autonomies | 12 |
| I.7.4. Bâtiments à énergie positive. | 12 |
| I.8. Impact environnemental | 12 |
| I.9. Démographie et parc de logements | 13 |
| I.9.1. Evolution du parc logement | 13 |
| I.9.2. Taux d'occupation | 15 |
| I.10. Technologies de conversions | 15 |
| I.10.1. Photovoltaïque (PV) | 15 |
| I.10.2. Eolien | 16 |
| I.11. Conclusion | 17 |
| Chapitre II : Etat de l'art des bâtiments à énergie positive | |
| II.1. Introduction | 18 |
| II.2. Maison Hölken | 18 |
| II.3. Maison Incas Béton Banché | 19 |
| II.3.1. Maison ZEN | 20 |
| II.3.2. Lotissement Solarsiedlung | 21 |

Sommaire

| | |
|---|----|
| II.3.3. Maison Chloé | 23 |
| II.3.4. Conception de bâtiments à énergie positive en Ouargla (Algérie) | 25 |
| II.4 Analyse comparative | 26 |
| II.5 Conclusion | 28 |

Chapitre III : Conception de bâtiments à énergie à énergie positive sous différents climats en Algérie

| | |
|--|----|
| III.1. Introduction | 29 |
| III.2. Méthodologie | 29 |
| III.3. Description de l'étude de cas | 31 |
| III.4. Besoins énergétiques d'une habitation | 34 |
| III.4.1. Besoins énergétiques pour le chauffage et le refroidissement | 34 |
| III.4.2. Besoins énergétiques pour l'eau chaude sanitaire | 38 |
| III.4.3. Eclairage et équipements électroménagers | 38 |
| III.4.4. Energie à consommer par le matériel | 39 |
| III.5. Modélisation du système énergétique | 40 |
| III.5.1. Energie produite par un module photovoltaïque (PV) | 40 |
| III.5.1.1. Calcul de l'énergie à produire pour l'alimentation électrique | 40 |
| III.5.1.2. Calcul de la puissance crête P_c du générateur photovoltaïque | 40 |
| III.5.1.3. Calcul de nombre des panneaux photovoltaïque | 40 |
| III.5.1.4. Calcul de la surface occupée par les panneaux | 41 |
| III.6. Analyses économiques | 41 |
| III.6.1. Coût initial | 42 |
| III.6.2. Coût de maintenance | 42 |
| III.6.3. Coût de renouvellement des composants | 43 |
| III.7. Impact environnemental | 43 |
| III.8. Logiciel Surfer | 44 |
| III.9. Carte de Température (Moyenne) | 44 |
| III.10. besoin énergétiques: | 47 |
| III.11 Conclusion: | 52 |
| Conclusion générale | 53 |
| Bibliographie | 55 |

Annexe

Liste des abréviations

Nomenclature

| | | Unité |
|-----------------|---|--------------------------|
| Normales | | |
| C_p | Chaleur spécifique de l'eau | kJ/kg.K |
| P_{WF} | Facteur de valeur actuelle du coût de consommation d'énergie | |
| C_{OP} | Coefficient de performance d'un système de réfrigération | - |
| U | Coefficient global de transfert thermique en | W/m ² .K |
| h_e | Coefficient de transfert de chaleur par convection entre l'air et les faces externes de mur | W/m ² .K |
| h_i | Coefficient de transfert de chaleur par convection entre l'air et les faces internes de mur | W/m ² .K |
| λ_j | Conductivité thermique de la couche j | W/m.K |
| E_{com} | Consommation d'un habitat | kWh |
| E_{ECS} | consommation d'énergie quotidienne d'eau chaude sanitaire | kWh/jour |
| E_{app} | Consommation des appareils électroménagers et l'éclairage | kWh |
| C_m | Coût de maintenance | € /W |
| C_r | Coût de renouvellement des composants | € /W |
| C_E | coût énergétique annuel nécessaire pour maintenir le confort à l'intérieur du bâtiment | € /W |
| C_g | coût global pour toute la durée du fonctionnement | € /W |
| C_i | Coût initial | € /W |
| C_{ond} | Coût initial de l'onduleur | €/W |
| C_{pv} | Coût initial du système photovoltaïque, | €/W |
| t_f | Durée d'utilisation | |
| N | Durée de vie du système photovoltaïque et de l'onduleur | |
| A_s | Economies d'énergie annuelles | m ² . |
| E_{eff_regu} | Efficacité du régulateur de charge des accumulateurs egale à 0.77 | |
| η_s | Efficacité du système de chauffage | |
| E_{CO_2} | Emission de CO ₂ évitée des systèmes conventionnels | Kg |
| E_c | Energie de chauffage | kWh |
| E_{GES} | Emission de gaz à effet de serre évitée | Kg |
| E_p | Energie produit journalière | kWh |
| E_{con} | Energie produite par les systèmes conventionnels | kWh |
| E_p | Énergie produite par jour | Wh/j |
| E_r | Energie de refroidissement | kWh |
| PV | Energie produite par un module photovoltaïque | |
| e_j | Epaisseur thermique de la couche j | M |
| F_E | Facteur d'émission de CO ₂ | kg/kWh |
| I_f | Irradiation quotidienne moyenne annuelle | kWh/m ² .jour |
| P | Masse volumique de l'eau | kg/m ³ |
| N | Nombre des panneaux | |

Liste des abréviations

| | | |
|------------------|--|----------------------|
| N_{ond} | Nombre de modules de l'onduleur | |
| N_{pv} | Nombre de modules photovoltaïques | |
| N_n | Nombre des équipements | - |
| Q_c | Perte de chaleur annuelle pour le chauffage | |
| Q_r | Perte de chaleur annuelle pour le refroidissement | |
| m_{ond} | Pourcentage de maintenance annuel de l'onduleur, | % |
| m_{pv} | Pourcentage de maintenance annuel du système photovoltaïque, | % |
| P_c | Puissance crête en Watt crête | W _c |
| P | Puissance de chaque appareil | W |
| S_T | Surface totale des panneaux photovoltaïques | m ² |
| S_u | Surface unitaire des panneaux | m ² |
| g | Taux d'inflation | |
| i | Taux d'intérêt | |
| T_{in} | Température de l'eau froide | °C |
| T_b | Température de base | °C |
| T_{out} | Température de sortie de l'eau | °C |
| T_e | Température moyenne journalière de l'air extérieur | °C |
| H | Temps de fonctionnement journalier | |
| P_R | Temps de retour d'investissement | |
| V | Volume quotidien d'eau chaude consommé pour chaque personne | m ³ /jour |

Abréviation

| | |
|------------|---|
| OCDE | Organisation de Coopération et de Développement Economiques |
| GNL | Gaz Naturel Liquéfié |
| GPL | Les Gaz de pétrole liquéfiés |
| PV | Photovoltaïque |
| PHI | Passive House Institut |
| ECS | Eau Chaude Sanitaire |
| MCPs | Matériau à changement de phase microencapsulé |
| CCV | coût du cycle de vie |
| BEPOS | Le bâtiment à énergie positive |
| CDD | Nombre de degrés-jours de refroidissement |
| LED | Lampes à Diode Electroluminescente |
| CCV | Méthodes du coût du cycle de vie |
| HDD | Nombre de degrés-jours de chauffage |

Liste des figures

Chapitre I : Contexte énergétique en Algérie

| | | |
|-----------|--|----|
| Fig I. 1 | Structure de la production d'énergie primaire | 5 |
| Fig I. 2 | Structure de la consommation finale d'énergie par produits en Algérie | 8 |
| Fig I. 3 | (a) Structure de la consommation finale par secteur d'activité, (b) Mix énergétique du secteur résidentiel en 2016 | 9 |
| Fig I. 4 | Evolution de la consommation électrique national dans le secteur ménager en GWh entre 2011-2017 | 10 |
| Fig I. 5 | Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000-2100 (en l'absence de politiques | 13 |
| Fig I. 6 | Evolution du parc logement (1966 – 2012) | 14 |
| Fig I. 7 | Répartition du parc total de logement selon le type de construction en 2008 | 14 |
| Fig I. 8 | Evolution du nombre des logements occupés | 15 |
| Fig I. 9 | Le Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque | 16 |
| Fig I. 10 | Éolien | 17 |

Chapitre II : Etat de l'art des bâtiments à énergie positive

| | | |
|-----------|--|----|
| Fig II. 1 | Façade sud de la maison Hölken d'après Fraunhofer-ISE (1992) | 19 |
| Fig II. 2 | Maison I-BB de plateforme INCAS à Chambéry | 20 |
| Fig II. 3 | Maison ZEN | 21 |
| Fig II. 4 | Aperçu du lotissement Solarsiedlung de Rold Disch | 22 |
| Fig II. 5 | Façades « Sud » de la maison Chloé originale (gauche), et extension (droite) de la surface de panneaux photovoltaïques pour obtenir la certification « Passive House Plus », tirée de la maison passive (2016) | 23 |
| Fig II. 6 | Plan du rez-de-chaussée (à gauche) et de l'étage (à droite) de la maison Chloé | 24 |

chapitre III: Conception de bâtiments à énergie à énergie positive sous différents climats en Algérie

| | | |
|------------|---------------------------------|----|
| Fig III. 1 | Schéma de l'outil d'application | 30 |
|------------|---------------------------------|----|

Liste des figures

| | | |
|------------|--|----|
| Fig III. 2 | Archétype | 31 |
| Fig III. 3 | Structure du mur multicouche | 32 |
| Fig III. 4 | Structure de la toiture | 33 |
| Fig III. 5 | Variation de la température quotidienne moyenne de l'air extérieur en Ouargla | 36 |
| Fig III. 6 | Températures moyennes mensuelles pour les 46 stations en Algérie en hiver et printemps | 45 |
| Fig III. 7 | Températures moyennes mensuelles pour les 46 stations en Algérie en hiver et printemps | 46 |
| Fig III. 8 | Consommation annuelle d'énergie en 2018 (Setif) | 47 |
| Fig III. 9 | Consommation annuelle d'énergie dans la zone la plus froide en 2018 (BORDJ MOKHTAR) | 48 |

Liste des tableaux

Chapitre II : Etat de l'art des bâtiments à énergie positive

Tab II.1 **Principales caractéristiques des maisons recensées** **27**

chapitre III: Conception de bâtiments à énergie à énergie positive sous différents climats en Algérie

Tab III.1 Caractéristiques thermiques du mur extérieur 33

Tab III.2 Resistances thermiques superficiels 35

Tab III.3 Les nombres *degrés-jours* de *refroidissement* et de chauffage pour les 46 stations 37

Tab III.4 Puissance électrique et temps de fonctionnement de chaque appareil 39

Tab III.5 Caractéristiques techniques de panneau utilisé **41**

Tab III.6 Coûts et la durée de vie des différents composants du système 43

Tab III.7 Consommation annuelle d'énergie dans les bâtiments, Energie produite annuellement et émissions de CO₂ évitées pour les 46 stations 49

Tab III.8 Temps de retour d'investissement pour les 46 stations 51

Introduction Générale

Introduction générale

L'énergie constitue un facteur déterminant de la qualité de la vie et de la prospérité d'une société. Elle est représentative dans tous les aspects de la vie et indispensable à plusieurs égards. La production, le transport et l'utilisation de l'énergie sont pour la majorité des pays [1].

L'énergie est une ressource rare, donc précieuse ; sa consommation entraîne de surcroît des rejets ou émissions nuisibles à l'environnement, sa production mobilise des moyens financiers importants. Enfin son coût, même revenu à un niveau comparable à celui précédant le choc pétrolier de 1974, pèse sur le budget des ménages et des entreprises. Pour toutes ces raisons, l'énergie doit être utilisée de manière rationnelle.

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays soit 44.4% de la consommation finale et 25% des émissions de CO₂ [2]. Deux chiffres marquants que la loi de transition énergétique vise à améliorer grâce au bâtiment à énergie positive, des bâtiments durables et autonomes énergétiquement.

Le bâtiment à énergie positive (BEPOS) est un bâtiment qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Historiquement, les bâtiments à énergie positive peuvent être considérés comme une extension du concept de bâtiments passifs qui a été développé depuis les années 1970, ce concept relativement nouveau en Algérie offre d'importantes possibilités de réduire les *émissions de gaz à effet de serre* et la consommation d'énergie dans secteur bâtiments. Cette étude vise à explorer les modèles des bâtiments à énergie positive existants, à évaluer la progression de la littérature sur le BEPOS, à identifier les politiques clés encourageant le développement et à identifier les domaines potentiels de recherche bâtiment à énergie positive.

Une étude complète sur la conception bâtiment à énergie positive. 46 stations de climats très différents sont simulées dans le but de produire les meilleures pratiques pour réduire les charges énergétiques du bâtiment et son coût global sur son cycle de vie. Cette étude présente une méthodologie pour convertir un bâtiment à basse consommation d'énergie vers un bâtiment à énergie positive.

Pour arriver à cet objectif, nous avons divisé cette étude en trois chapitres dont le premier est consacré pour la description du contexte énergétique algérien en termes de ressources, de production et de consommation totale d'énergie tandis que le deuxième entamera l'état de l'art des bâtiments à énergie positive qui constitue la relève des bâtiments actuels dans la vision prospective et enfin dans le troisième chapitre, on présentera un modèle dynamique capable

Introduction générale

d'intégrer des sources d'énergie renouvelables (panneaux photovoltaïques) pour convertir un bâtiment individuel à basse consommation d'énergie à un bâtiment à énergie positive sous différents climats en Algérie.

Chapitre I: Contexte énergétique en Algérie

I.1. Introduction

La demande énergétique est tendanciellement en forte croissance. Sous l'effet de la croissance démographique et de la croissance économique. La population mondiale devrait passer de 7.3 milliards de personnes aujourd'hui à 9.7 milliards en 2040. Au cours de cette période, le PIB mondial aura plus que doublé et les pays non membres de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) enregistreront des taux de croissance particulièrement élevés [3].

Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie. La consommation énergétique mondiale dans le secteur bâtiment (résidentiels, commerciaux) continuera à augmenter dans les prochaines décennies. Les bâtiments ont consommé environ 33% de l'approvisionnement total en énergie primaire du monde en 2016 [4]. Si aucune mesure n'est prise pour améliorer l'efficacité énergétique dans les bâtiments, la demande énergétique mondiale devrait augmenter de 50% d'ici à 2050 [5].

En 2015, les bâtiments représentaient environ 49.3% de la consommation mondiale d'électricité, le secteur résidentiel représentant 27.1% de la consommation totale d'électricité et se classant au deuxième rang mondial des consommateurs d'électricité [4]. En général, les bâtiments sont aussi responsables d'environ 21% des émissions mondiales de CO₂, avec environ 15% pour le secteur résidentiel. Par conséquent, la consommation d'énergie du secteur résidentiel joue un rôle important dans l'augmentation des émissions mondiales de CO₂ et l'accélération du changement climatique [6]. Le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays soit 43% de la consommation finale et 25% des émissions de CO₂.

Dans ce chapitre, nous présentons le contexte énergétique Algérien, en termes de réserves, de production, de consommation, notamment des interconnexions électriques et gazières et leurs impacts sur l'environnement. Elle se focalise ensuite et particulièrement sur le secteur bâtiment.

I.2. Réserves énergétiques en Algérie

Les réserves estimées du gisement de Hassi Messaoud qui étaient de l'ordre de 9 milliards de barils avec sur un taux de récupération d'environ 27%, selon les statistiques internationales sont actuellement entre 4 et 5 milliards de barils ayant déjà été extraits entre 4 et 5. Hassi Messaoud qui produit actuellement environ 400.000 barils/jour, représenterait donc à lui seul près du tiers de la dotation initiale du pays. Sur la base d'un taux de récupération de 27%, normes actuelles, et au rythme de l'extraction actuelle il lui resterait moins d'une dizaine d'années. Selon le ministre de l'Énergie lors d'une conférence de presse, en marge du 25e congrès mondial du gaz courant 2013, l'Algérie produirait 1,2 million de barils/jour, mais avec des capacités de 1,4 million, pouvant atteindre à 1,5 mbj avec la production des nouveaux gisements qui devraient entrer en production entre fin 2013 courant 2014. Qu'en est-il de la récente découverte de 1,2 milliard de barils à El Merk, où il faut éviter toute euphorie. Car, il ne faut pas confondre réserves potentielles avec les réserves exploitables. Comme il ne faut pas confondre les recettes de Sonatrach avec le profit restant car devant déduire les coûts plus les profits pour le partenaire étranger [7].

Pour la durée, il faut diviser les réserves exploitables par la consommation intérieure plus la part exportable. Pour ce gisement, la profondeur du puits étant de 3.700 mètres, l'entreprise devra recourir à la fracturation hydraulique devant utiliser des techniques non conventionnelles pour l'exploration. Selon le ministre de l'énergie, si nous utilisons des techniques conventionnelles, nous ne pouvons exploiter ce puits que dans une proportion de 10% à 15% du pétrole qui se trouve à l'intérieur alors que les techniques non conventionnelles devraient permettre d'extraire 40% à 50%, taux qui laissent sceptiques bon nombre d'observateurs étant surestimé selon la majorité des experts tant algériens qu'étrangers consultés qui avancent environ 15% de coûts supplémentaires et pour le vice-président de l'amont de Sonatrach, une hausse d'environ 10% du coût. Selon, William Byrd, expert américain du pétrole, le taux moyen de la récupération primaire est de 15%, une récupération secondaire pouvant obtenir 15% supplémentaire.

Au-delà il faut des investissements additionnels coûteux et surtout le savoir-faire, le ministre l'énergie ayant reconnu récemment que l'Algérie n'a pas encore acquis le savoir ni dans le gaz de schiste, ni dans le pétrole de schiste dit, « pétrole Tight ». Sachant qu'un pôle gazier conventionnel comme Gassi-touil et Rhourd Nouss nécessiterait 90 puits pour son développement, et pour un gisement de schiste il faudrait 900 puits soit 10 fois plus, le gisement

d'El Merk nécessiterait donc 10 fois plus de puits qu'un gisement de pétrole conventionnel alourdissant donc les couts. Et se pose un problème de rentabilité, mais moins de problèmes au partenaire étranger puisque les amendements à la Loi sur les hydrocarbures basés sur la rentabilité (assiette fiscale, incluant tous les surcouts) garantirait donc, une rentabilité au partenaire. Selon un des meilleurs experts en hydrocarbures algérien Nazim Zouiouèche, responsable pendant de longues années à l'amont et ancien PDG de Sonatrach, la découverte à été réalisée dans ce que l'on appelle les quartzites de Hamra dont les caractéristiques pétrophysiques sont mauvaises (porosité et perméabilité), d'où la nécessité de recourir aux forages horizontaux et à la fracturation pour améliorer la récupération. L'investissement étant un calcul d'opportunité, selon cet expert cela n'empêche pas de porter une attention particulière à Hassi Messaoud qui renferme environ 50 milliards de pétrole en place. La récupération max prévu par Sonatrach à ce jour serait de 27% étant faible pour une accumulation de cette taille.

On pourrait espérer en jumelant frac et forage horizontal au moins 37% soit 5 milliards de baril supplémentaires. En investissant au moins 10 milliards de \$, sur les 100 milliards de dollars annoncés par le PDG de Sonatrach, on pourrait, selon cet expert augmenter la récupération et porter la production annuelle à 800.000 barils par jour. Comme on le constate c'est tout un large. [7]

I. 3. Production énergétique en Algérie

La production commerciale d'énergie primaire a atteint 165,9 M Tep en 2017. La structure de la production d'énergie primaire reste dominée en 2017 par le gaz naturel à hauteur de 55%, comme illustré dans la figure I.1 ci-après :

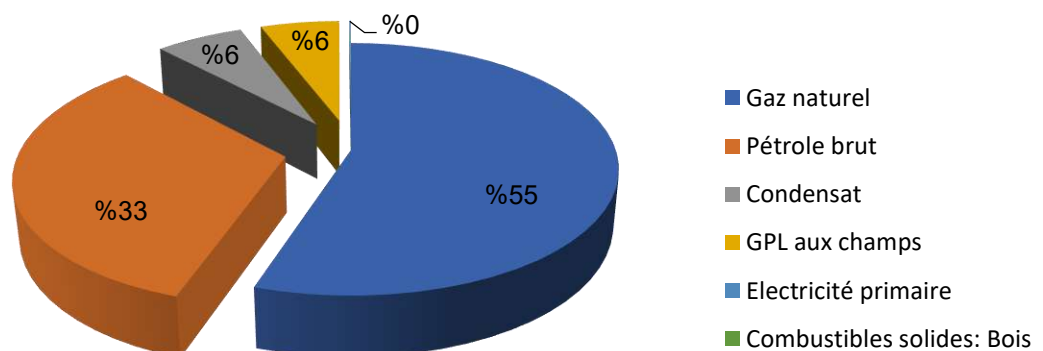


Figure I.1: Structure de la production d'énergie primaire [8]

1.3.1 Gaz naturel :

Il est clair d'après la figure ci-dessus, la proportion du gaz naturel de 55% est la plus importante de la gamme de production énergétique en Algérie compte tenu de la grande réserve du gaz naturel qui est un potentiel énergétique stratégique. Cette approche mène à développer l'alimentation de la production de l'énergie électrique et la distribution du gaz de ville.

1.3.2 Pétrole brut :

La proportion à ce point représente 33% de la galette de production énergétique comparée au gaz naturel est placé le deuxième. Avant dans les années 70, la production du pétrole brut représentait la forte proportion. Cette régression est justifiée par la décroissance de la production entre autre l'épuisement progressif des gisements et les surcouts de production incompatible avec le marché pétrolier.

1.3.3 Condensat :

La proportion du condensat représente 6% est insignifiante par rapport à la gamme de la production énergétique en Algérie. Les condensats de gaz naturel sont un type de pétrole léger : ce sont des hydrocarbures qui, gazeux dans le gisement, se *condensent* une fois refroidis par la détente en tête de puits. Il est connu que sa valeur marchande est très demandée au marché du pétrole.

1.3.4 GPL aux champs :

La proportion 6 % du GPL aux champs est presque de même proportion que celle du condensat mais seulement la valeur de l'utilité énergétique n'est pas identique. L'appellation « Gaz de Pétrole Liquéfiés » ou « GPL » peut qualifier deux gaz à l'état liquide : le propane (C_3H_8) et le butane (C_4H_{10}). Ce sont tous les deux des hydrocarbures « saturés » qui sont composés de liaisons simples d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils présentent l'intérêt de se liquéfier sous une pression moins forte que les autres gaz (notamment le méthane) : entre 1,5 et 7 bar, soit une pression équivalente à celle de l'eau du robinet ou à celle de l'air dans un pneu.

Plus de 60% des volumes de propane et de butane produits dans le monde proviennent de champs de gaz, le reste étant issu du raffinage du pétrole brut. L'usage des GPL est aujourd'hui largement répandu en raison de leur facilité de stockage et de transport. Leur distribution a débuté dans des bouteilles dès les années 1930 et s'est étendue avec le développement du

stockage en citernes (ou « vrac ») dans les années 1960. Les GPL sont aujourd'hui largement exploités par les industriels mais aussi par les particuliers dans leurs activités itinérantes. Mélangés, les GPL peuvent également être utilisés comme carburant pour véhicules (GPL-c).

Notons que les GPL ne doivent pas être confondus avec le GNL dont la température de liquéfaction est beaucoup plus basse.

1.3.5 Electricité primaire :

L'électricité primaire est l'électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire, photovoltaïque et géothermique. La proportion est de 0.090437 % qui sont destinées à ces produits, est très faible compte tenu de sa maturation technologique. Pour la prospective il va y avoir une production excessive surtout l'énergie solaire horizon 2030.

1.3.6 Combustibles (solides : bois) :

Depuis le préhistoire, l'Algérie produisait le feu à partir du bois compte énergie domestique en l'occurrence le chauffage et les cuisants lorsque la nature le permet jusqu' à ce jour. Cette production de 0.006029 % est pratiquement faible et cette production énergétique va disparaître compte tenu de la dégradation de l'écosystème.

I.4. Consommation énergétique en Algérie

La consommation finale nationale d'énergie a atteint 44.6 M Tep en 2017, tirée par celle du gaz naturel (30.5%), de l'électricité (29.8%) et des GPL (5.2%) qui ont plus que compensé la baisse des produits pétroliers (34.3%).

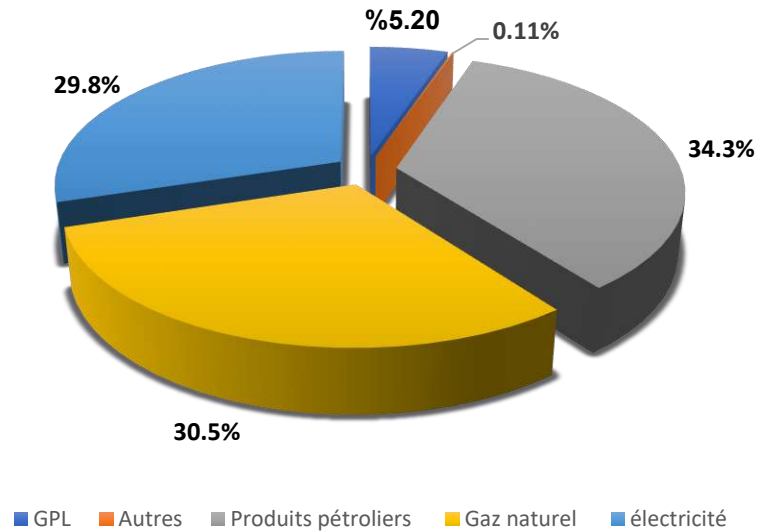


Figure I.2: Structure de la consommation finale d'énergie par produits en Algérie [8].

I. 5. Consommation d'énergie par secteur

La structure de la consommation finale reste dominée par le secteur des « Ménages & autres » (44.4%), suivi par le transport (33.3%) et enfin le secteur de « l'industrie et BTP » avec une part de 22% (figure I.3). L'observation du mix énergétique du secteur résidentiel, en énergie finale (Figure I.3 (b)), montre la prédominance actuelle du gaz naturel et de l'électricité (respectivement 53.61 % et 33.7 % des consommations) par rapport au gaz de pétrole liquéfié (GPL) et à la biomasse (bois) (respectivement 12.46 % et 0.01 % de la consommation globale).

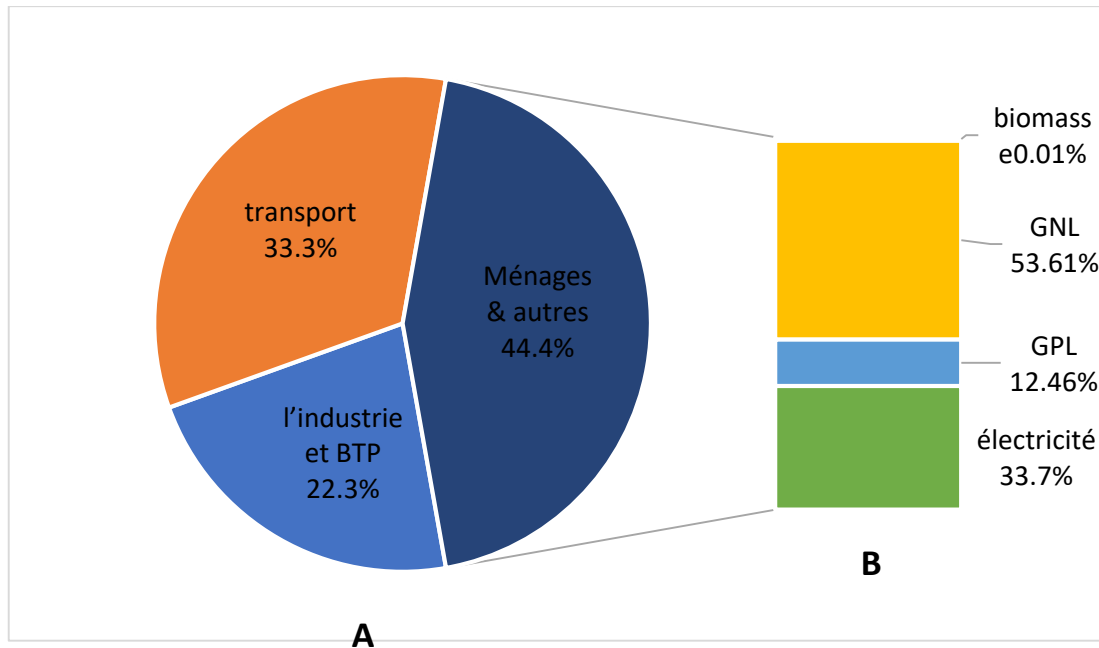


Figure I.3: (a) Structure de la consommation finale par secteur d'activité, (b) Mix énergétique du secteur résidentiel en 2016 [8].

I.5. 1. Consommation énergétique dans le secteur ménager en Algérie :

La consommation d'énergie dans le secteur ménager en Algérie, a été probablement multipliée par cinq entre les années 1980 et 2012. L'électricité, le gaz naturel, fuel, charbon, bois et même piles électriques sont les vecteurs d'énergie du secteur domestique. Les différents types d'énergie nous servent globalement à quatre différents usages. Le chauffage qui représente la plus forte dépense environ 60% de l'énergie domestique; L'éclairage, l'électroménager, l'audio-visuel et la climatisation représentent près de 20% de l'énergie. L'eau chaude sanitaire nécessaire, représente près de 15%. La cuisson représente près de 5%. Sachant que, la consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 tep en 1990, son évolution passera de 8607 k tep en 2010 à 13270 k tep en 2018. Aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Algérie sont satisfaits, presque exclusivement, par les hydrocarbures.

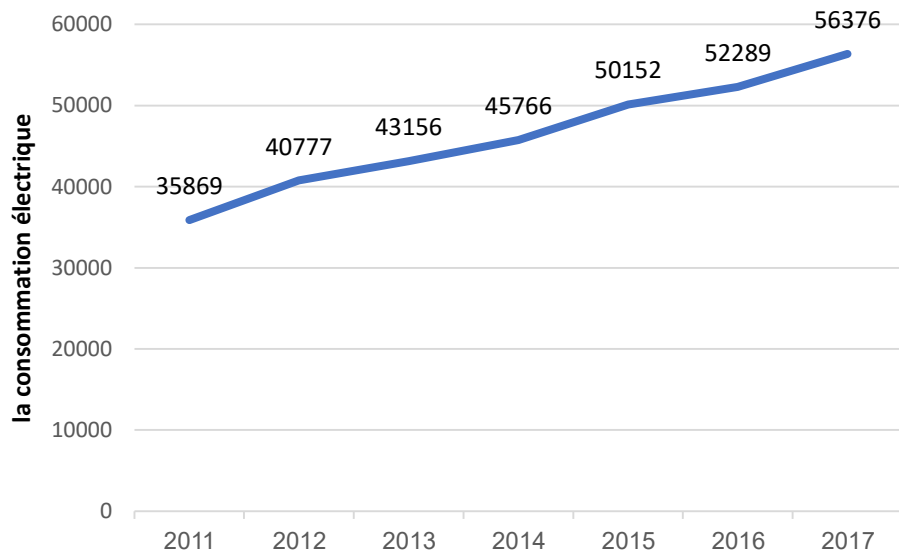


Figure I.4 : Evolution de la consommation électrique nationale dans le secteur ménager en kWh entre 2011-2017 [8].

Secteur Ménager, dont cette évolution constatée explique aussi la consommation électrique est en croissance compte tenu de la relativité du processus démographique sur l'aspect économique et sur l'aspect technique l'importance souvent méconnue, de la consommation d'énergie a atteint 35869 kWh en 2011 et 56376 kWh en 2017 k tep, elle représente 76.3% de la consommation totale d'électricité. Ainsi, il représente le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique au niveau national. Selon les statistiques de 2017.

I.6. Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique est appelée à jouer un rôle important dans le contexte énergétique national, caractérisé par une forte croissance de la consommation, notamment, par le secteur domestique avec la construction de nouveaux logements, la réalisation d'infrastructures d'utilité publique et la relance de l'industrie. L'adoption par le gouvernement du programme national sur l'efficacité énergétique à l'horizon 2030, réaffirme cette dernière comme priorité. La réalisation de ce programme par une diversité d'actions et de projets, devrait favoriser l'émergence, à terme, d'un marché durable de l'efficacité énergétique en Algérie.

Les retombées économiques et sociales de l'intégration de la dimension efficacité énergétique dans les différents secteurs d'activité sont multiples. Cette intégration permet d'améliorer le cadre de vie du citoyen mais constitue, également, une réponse appropriée au

défi de conservation de l'énergie avec ses implications bénéfiques sur l'économie nationale, en termes de création d'emplois et de richesse, en plus de la préservation de l'environnement.

Le programme se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie. Il s'agit principalement du bâtiment du transport et de l'industrie [9].

I.7. Classification des bâtiments à efficacités énergétiques

Les bâtiments énergétiquement efficaces sont classés en quatre catégories: bâtiments basse consommation, bâtiments passifs, bâtiments à consommation nulle et bâtiments à énergie positive [3].

I.7.1. Bâtiments passives

Un bâtiment appelé passif une l'ambiance intérieure confortable tant en hiver qu'en été, sans devoir faire appel ni à un système conventionnel de chauffage ou de refroidissement. Les apports passifs solaires et internes et les systèmes de ventilation suffisent à maintenir une ambiance intérieure confortable toute l'année. Ce concept inclut également une réduction des besoins en électricité spécifique et éventuellement une production d'électricité à base de sources d'énergie renouvelables. En pratique, un petit système d'appoint est nécessaire au maintien du confort thermique durant les jours les plus froids ; il est le plus souvent associé à la ventilation [3].

I.7.2. Bâtiment à Basse Consommation Energétique

Le concept Bâtiment à Basse Consommation Energétique est l'un des solutions adaptées économiquement rationnelle pour le bâtiment [10]. Ils se caractérisent principalement par une conception architecturale, bioclimatique, une bonne isolation thermique, des fenêtres performantes, un système de ventilation double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait, parfois associé à un puits climatique, un système de génération performant (pompe à chaleur, chaudière bois, chaudière à condensation...) et une attention particulière est portée à la perméabilité de l'air et aux ponts thermiques. On a également recours à des sources d'énergies renouvelables pour la production d'énergie, comme le solaire, l'air, la géothermie ou le bois [11].

I.7.3. Bâtiments autonomes

Un bâtiment dit autonome lorsque sa fourniture énergétique ne dépend d'aucune ressource distante. Ainsi la totalité de l'énergie consommée par le bâtiment est produite sur place à partir de ressources locales. En pratique, le bilan net d'énergie de ce bâtiment est nul à tout instant. Un tel bâtiment se passe des avantages apportés par les réseaux d'approvisionnement (foisonnement, sécurité d'approvisionnement), ce qui impose l'usage de moyens de stockage d'énergie (batteries d'accumulateurs, inertie thermique, etc.) [3].

I.7.4. Bâtiments à énergie positive.

Le bâtiment à énergie positive est défini comme étant un bâtiment qui produit autant ou plus d'énergie qu'il n'en consomme peu. Ce bâtiment est raccordé à un réseau de distribution d'électricité vers lequel il peut exporter le surplus de sa production électrique. De nombreux programmes d'opérations concernant les bâtiments zéro énergie ou à énergie positive sont en cours à l'étranger, comme au Japon, Etats-Unis, Canada, Allemagne et Nouvelle Zélande. A l'exception du Japon, ces opérations sont basées sur le même concept de et thermiques pour produire autant voire plus d'énergie que leurs besoins annuels [3].

I.8. Impact environnemental

La production d'énergie est l'une des principales causes de pollution, tant directe qu'indirecte, les images les plus importantes étant les gaz et les particules nocives émises par la combustion de combustibles fossiles, les fuites de pétrole brut dans les mers et les océans et le phénomène d'absorption thermique, ainsi que les polluants résultant de l'utilisation de l'énergie nucléaire.

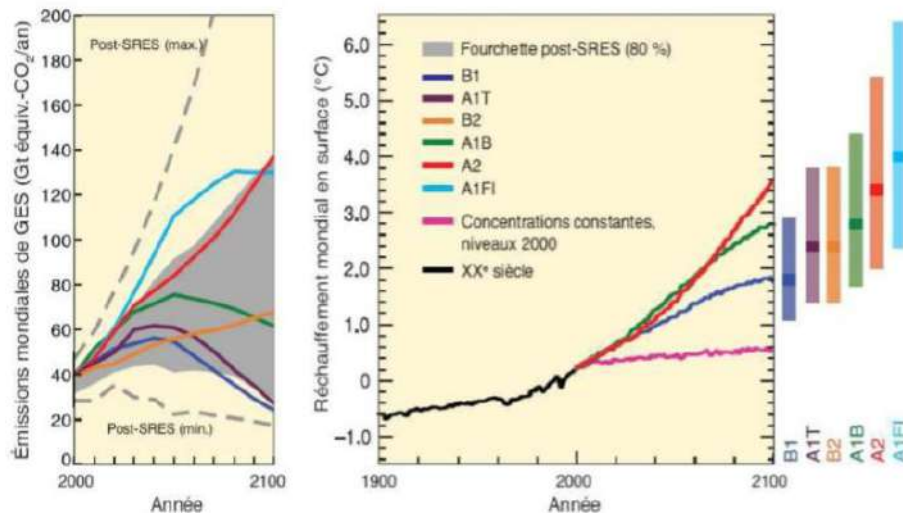


Figure I.5 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000-2100 (en l'absence de politiques [3].

La pollution de l'ozone n'a pas cédé d'augmenter l'échauffement de la terre à cause des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) dues à la production d'énergie.

Dans le cadre des négociations internationales sur le climat, tous les pays se sont engagés à maintenir la hausse des températures de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. Pour aboutir à ce résultat, il faut globalement s'abstenir d'extraire un tiers des réserves de pétrole, la moitié des réserves de gaz et plus de 80 % du charbon disponibles dans le sous-sol mondial, d'ici à 2050. [13].

I.9. Démographie et parc de logements

I.9.1. Evolution du parc logement

Il s'agit que le nombre de ménages est un paramètre majeur qui influe la consommation d'énergie totale du secteur résidentiel. En Algérie, le nombre de ménages évolue depuis l'année 1966 de 1.9 millions pour atteindre 7.7 millions en 2012. Cette augmentation du nombre de logements est destinée pour répondre à l'augmentation de la population qui a atteint 38.4 millions en 2012. La figure I.6 représente l'évolution du parc logement et de la population jusqu'en 2012. [14]

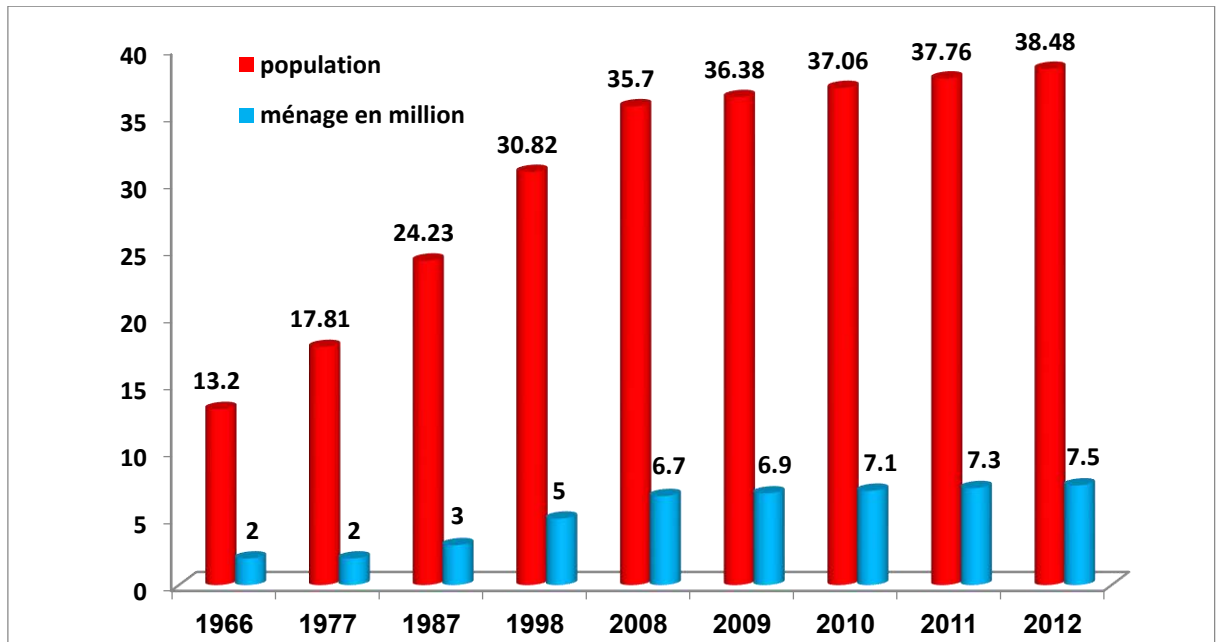


Figure I.6: Evolution du parc logement (1966 – 2012) [15].

Précisément en Algérie, le nombre de ménages a évolué depuis l’année 1966 de 2 millions pour atteindre 7.7 millions en 2012. Cette augmentation du nombre de logements est destinée pour répondre à l’augmentation de la population qui a atteint 38.4 millions en 2012. La demande de logements augmentera sous l’effet de la pression démographique. La figure I.7 présente le parc logement, habité et non habité en 2008 est à 6 236 le type de construction [15].

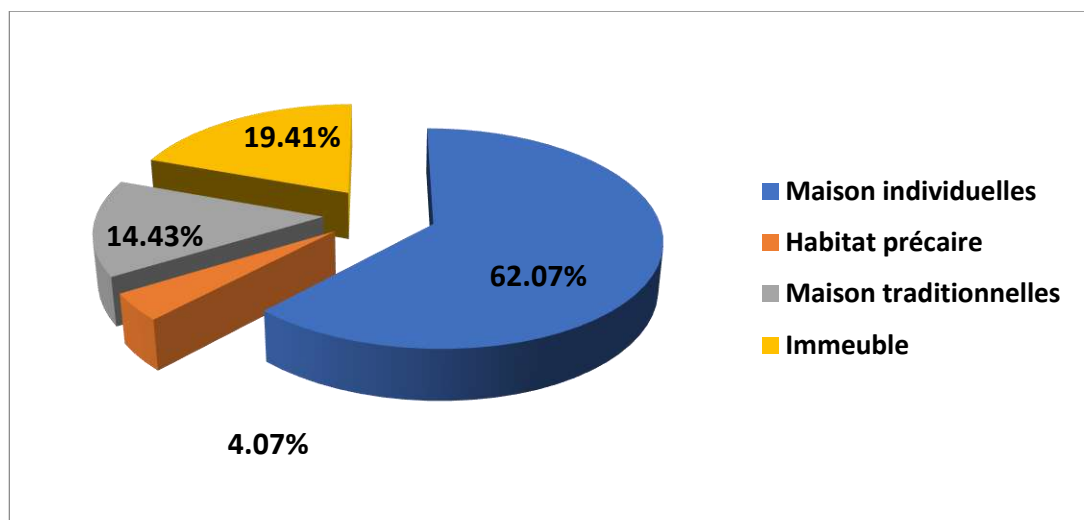


Figure I.7: Répartition du parc total de logement selon le type de construction en 2008 [15]

I.9.2. Taux d’occupation

Le nombre des logements occupés évolue, en parallèle au nombre total des logements, avec un taux d’occupation de 70 % (3.5 millions de logements occupés en 1998 pour 5 millions de logements) à 81.3 % (6.1 millions en 2012 pour 7.5 millions de logements), comme représenté dans la figure I.8 [15]

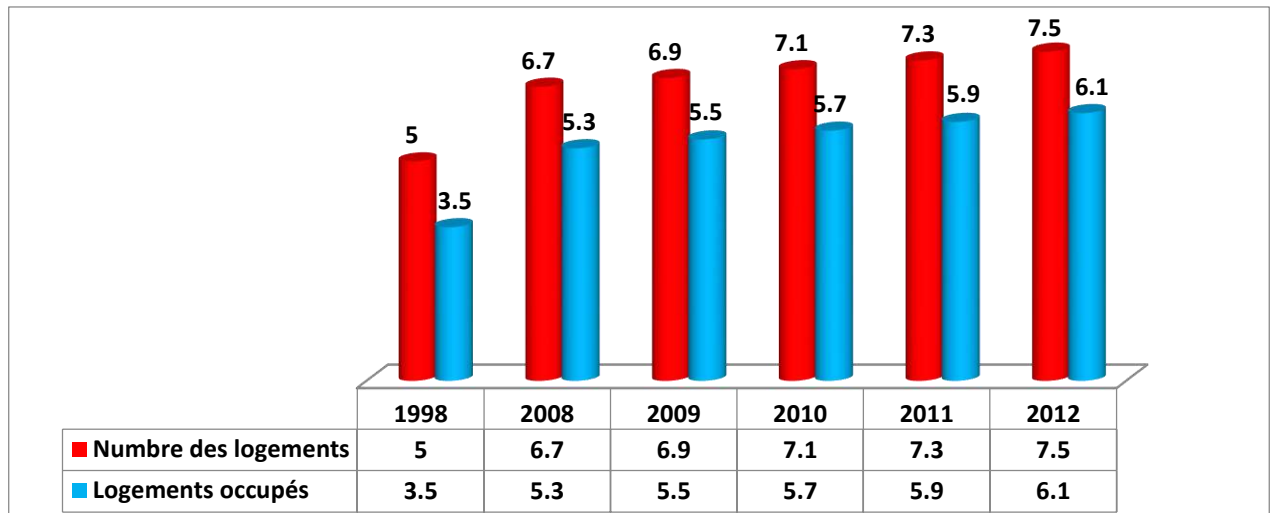


Figure I.8: Evolution du nombre des logements occupés [15].

I.10. Technologies de conversions

I.10.1. Photovoltaïque (PV)

L’énergie solaire photovoltaïque (PV) provient de la conversion directe de l’énergie provenant de photons, compris dans le rayonnement lumineux (solaire ou autre) en énergie électrique. Elle utilise pour ce faire des modules photovoltaïques composés de cellules ou de photopiles fabriqués avec des matériaux sensibles aux longueurs d’ondes du visible qui réalisent cette transformation d’énergie [13].

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir d’une jonction pn au silicium (diode). Pour obtenir du silicium dopé n, on ajoute du phosphore. Ce type de dopage permet au matériau de libérer facilement des électrons (charge -).

Pour obtenir du silicium dopé p, on ajoute du bore. Dans ce cas, le matériau crée facilement des lacunes électroniques appelées trous (charge +).

La jonction pn est obtenue en dopant les deux faces d'une tranche de silicium. Sous l'action d'un rayonnement solaire, les atomes de la jonction libèrent des charges électriques de signes opposés qui s'accumulent de part et d'autre de la jonction pour former un générateur électrique (**figure I.9**).

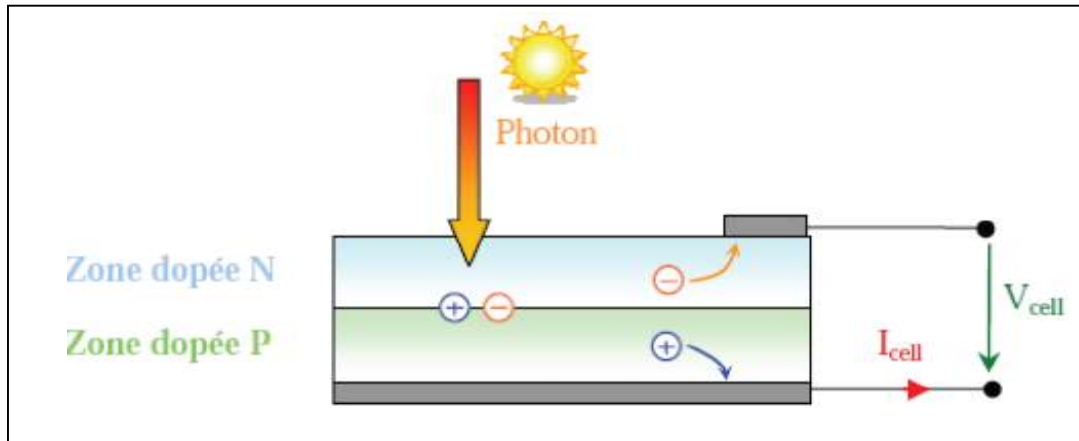


Figure I.9: Le Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque [16].

I.10.2. Eolien

Le vent est une forme d'énergie solaire. Les vents sont causés par le réchauffement inégal de l'atmosphère par le soleil, les irrégularités de la surface terrestre et la rotation de la terre. Les régimes d'écoulement du vent sont modifiés par le terrain terrestre, les plans d'eau et la couverture végétale. Ce flux de vent, ou énergie de mouvement, lorsqu'il est « récolté » par les éoliennes modernes, peut être utilisé pour produire de l'électricité.

L'éolienne capte l'énergie cinétique du vent et la convertit en un couple qui fait tourner les pales du rotor. Trois facteurs déterminent le rapport entre l'énergie du vent et l'énergie mécanique récupérée par le rotor: la densité de l'air, la surface balayée par le rotor et la vitesse du vent. La densité de l'air et la vitesse du vent sont des paramètres climatologiques qui dépendent du site (figure I.10) [17].



Figure I.10: Éolien

I.11. Conclusion

La régulation entre l'offre et la demande forte de l'énergie mondiale entre autre la réfaction des ressources énergétiques fossiles et le changement climatique amorcé au cours des dernières décennies sont des réalités indéniables. Dans ce contexte énergétique, préconise la mise en œuvre de mesures concrètes en faveur d'une plus grande sobriété énergétique de nos sociétés devient urgente. Dans la transition énergétique à opérer, le secteur résidentiel occupe une place de choix. La contribution des énergies renouvelables dans la régulation de ce défi est primordiale. L'intégration des énergies renouvelables nous permet d'une part, de garder un environnement propre et sain et d'autre part, assurer la protection de la biodiversité.

Chapitre II : Etat de l'art des bâtiments à énergie positive

II.1. Introduction

La réduction de la consommation d'énergie rend aujourd'hui une nécessité fortement demandée à cause de ses effets économiques, environnementale et même naturelles. Dans ce domaine, d'une part, le secteur résidentiel en Algérie consomme 33% de l'énergie finale et émet en moyenne 21% des gaz à effet de serre donc il est considéré comme la deuxième source d'émission de CO₂ [3]. D'autre part, cette consommation augmentée d'une année à l'autre, risquerait d'être inefficace sans la recherche d'une solution efficace pour l'avenir des prochaines générations et l'orientation vers les énergies renouvelables.

L'adaptation d'une politique énergétique qui prend en charge l'intégration la réduction de la consommation d'énergie encore chère était la démarche de plusieurs pays dans le monde entier depuis les années quatre-vingt-dix comme celle de la fabrication des bâtiments à énergie positive ou de basse consommation.

Le bâtiment à énergie positive c'est un bâtiment producteur d'énergie qui dépasse le niveau de zéro énergie : il produit globalement plus d'énergie qu'il n'en consomme. Historiquement, les bâtiments à énergie positive peuvent être considérés comme une extension du concept de bâtiments passifs qui a été développé depuis les années 1970 et dont de nombreux bâtiments de démonstration ont été construits autour du monde. Il existe de nombreux travaux de modélisation énergétique dans le secteur résidentiel. Citons ici quelque des études [3]:

II.2. Maison Hölken

En 1992, l'institut Fraunhofer de recherche solaire européen (ISE) a entrepris l'exploitation de la maison solaire autosuffisante de Fribourg (ISE, 2000); ceci peut être considéré comme le premier bâtiment à énergie positive.

On est certain que cette maison solaire autonome expérimentale a été construite à Fribourg-en Brisgau (Allemagne) en 1992 d'une surface chauffée de 145 m², par l'institut Fraunhofer de recherche solaire européen (ISE); ceci peut être considéré comme le premier bâtiment à énergie positive (Voss et al. 1996). Cette maison a été conçue selon une approche bioclimatique avec une façade solaire composée de vitrages (coefficient de déperditions égal à 0,6 W.m⁻².K⁻¹), d'isolants opaques (coefficient de déperditions inférieur à 0,2 W.m⁻².K⁻¹) et d'isolants transparents associés à des protections solaires intégrées (Figure II-2). Un échangeur de chaleur sur air vicié associé à un échangeur air-sol permet de minimiser les besoins de

chauffage, tandis que les appareils électriques retenus sont particulièrement efficaces. Des panneaux photovoltaïques (34 m^2) assurent la génération de l'électricité et des capteurs solaires thermiques (12 m^2) celle de l'ECS. La gestion et le stockage de l'énergie de la maison sont assurés par une pile à combustible réversible fonctionnant en cogénération : le surplus d'électricité produit par les panneaux photovoltaïques en été sert à l'électrolyse de l'eau. Lors de pointes de besoins et en l'absence de soleil, la pile convertit l'hydrogène stocké en électricité et en chaleur [18]. Le suivi des consommations sur plusieurs années indique que la part du chauffage de cette maison est quasiment nulle, et que l'eau chaude sanitaire et l'électricité spécifique représentent la majeure partie de la consommation du bâtiment. Selon [19], la généralisation à grande échelle d'un tel bâtiment se heurte à des contraintes techniques, économiques, et environnementales, même si l'autonomie énergétique est atteinte.



Figure II-1: Façade sud de la maison Hölken d'après Fraunhofer-ISE (1992)

II.3. Maison INCAS Béton Banché

C'est certain que la plateforme expérimentale INCAS située au Bourget-du-Lac [20] est dédiée au développement d'habitations à énergie positive intégrant plusieurs technologies notamment solaires. Une des maisons de cette plateforme est la maison « I-BB » (béton banché), réalisée par l'entreprise Maisons Giraud (Figure II-2). Dans le but d'étudier la fiabilité des outils de simulation, elle est inhabitée pour s'affranchir des incertitudes liées aux occupants. Possédant deux niveaux pour une surface habitable de 89 m^2 , le niveau de performance est proche de celle du standard allemand « Passive House ». L'architecture est simple et compacte, optimisant les

apports solaires (façade sud fortement vitrée avec protections solaires, panneaux photovoltaïques en toiture et thermiques sur le garde-corps du balcon). Toutes les fenêtres sont à double vitrage basse émissivité excepté celles au Nord qui ont un triple vitrage. Érigée sur vide sanitaire, la maison dispose de combles perdus sous la toiture et est isolée par l'extérieur par 20 cm de polystyrène extrudé (en paroi verticale et plancher bas) et 20 cm de laine de verre (plancher haut). Le chauffage se fait par air soufflé et utilise le réseau de distribution d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC) double-flux disposant d'un échangeur thermique pour récupérer la chaleur de l'air vicié.



Figure II-2: Maison I-BB de plateforme INCAS à Chambéry [21].

Dans le cadre d'évaluer ce que pourrait être le bilan énergétique de cette maison en configuration « tout électrique » si elle était habitée, un scénario d'occupation a été défini (4 personnes, chauffage à 19 °C, apports internes correspondant à 2680 kWh sur l'année). Les résultats des simulations montrent qu'un bilan équilibré sur l'année semble possible. L'ensemble des consommations est de l'ordre de 6 700 kWh et la production totale d'énergie (solaire thermique et photovoltaïque) s'élève à environ 6 800 kWh.

II.3.1. Maison ZEN

L'utilité de la maison ZEN (« Zero Energy Net »), située à Montagnole (Savoie, France), est utilisée depuis début 2008 par son concepteur, Alain Ricaud, et son entreprise [22]. D'une surface de 200 m², cette maison de structure en bois massif (Figure II-3) a pour but d'atteindre le bilan d'énergie positif, l'absence d'émission de CO₂ et la reproductibilité. Conçue selon les

principes du bioclimatisme, elle est isolée par une couche de liège expansée et est composée de larges fenêtres à triple vitrage peu émissif avec lame argon et de protections solaires. Le chauffage ou le rafraîchissement par l'air de ventilation est assurée par une pompe à chaleur sur air extrait couplée à un échangeur air-sol. Une pompe à chaleur air-eau produit, quant à elle, l'eau chaude sanitaire et un complément de chauffage par les murs. L'ensemble de l'énergie consommée correspond à de l'électricité, compensée par une toiture photovoltaïque de 13,5 kWc. En matière de bilan, la production photovoltaïque prévisionnelle (12 000 kWh) couvre en théorie largement la totalité des consommations, estimée à 9 000 kWh environ.



Figure II-3 : Maison ZEN [22].

II.3.2. Lotissement Solarsiedlung

L'éminent architecte allemand Rolf Disch a conçu plusieurs projets selon le concept bâtiment à énergie positive. C'est le cas notamment du lotissement solaire Solarsiedlung de Fribourgen-Brisgau (Figure II-4), dont le projet a démarré en 1997 et la construction s'est achevée milieu des années 2000. Les 58 maisons à ossature bois offrent des surfaces habitables comprises entre 75 m² à 270 m² et présentent des besoins de chauffage inférieurs à 15 kWh.m⁻².an⁻¹. Chaque maison est équipée d'une toiture photovoltaïque (PV) d'une puissance crête de 3 à 10 kWc. La production électrique est injectée sur le réseau public [23]. Un monitoring a été effectué sur 20 logements (Heinze et Voss 2009) et les résultats montrent un bilan d'énergie primaire en moyenne très positif (+36 kWh.m⁻².an⁻¹). En énergie finale, les postes du chauffage et de l'ECS représentent 25 kWh.m⁻².a⁻¹, la consommation d'électricité spécifique

21 $kWh.m^{-2}.a^{-1}$ et la production photovoltaïque 43 $kWh.m^{-2}.a^{-1}$ ce qui explique le bilan en énergie primaire positif. Plusieurs mesures ont contribué à atteindre ce résultat :

- isolation thermique importante (coefficient global de déperditions du bâtiment égal à 0,28 $W.m^{-2}.K^{-1}$) ;
- ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur à haute efficacité ;
- électroménager à très faible consommation et utilisation appropriée par les occupants ;
- présence d'un réseau de chaleur produite par un système de cogénération à bois et gaz naturel.

Il est remarquable de constater que même si le bilan moyen est largement positif pour les 20 logements, il existe quelques logements qui n'arrivent pas à atteindre la condition de « zéro énergie », notamment ceux avec un ratio défavorable entre surface de PV et surface habitable (immeubles à trois étages) et ceux situés à l'extrémité d'un immeuble (surfaces déprédatives plus importantes). Le nombre d'occupants par logement peut aussi être un des facteurs explicatifs.



Figure II-4 : Aperçu du lotissement Solarsiedlung de Rold Disch (www.rolfdisch.de).

II.3.3. Maison Chloé

La description générale de la maison Chloé est la première maison de France certifiée « Passive House Plus » (La Maison Passive 2016). Érigée au cœur de l'Alsace en 2011, elle a d'abord obtenu la certification « Passive House Classic » en 2012 [24], avant que les maîtres d'ouvrage décident en 2016 de faire évoluer cette maison passive vers une maison à énergie positive (Figure II-5). La maison Chloé offre une surface habitable de 114 m² avec un rez-de-chaussée disposant de grandes baies vitrées (protégées par des volets coulissants et des brise-soleil), un étage composé de trois chambres (dont deux ont été réaménagés pour accueillir les bureaux des sociétés Maisons Voegelé et B. Conception), d'une salle de bains et de toilettes (Figure II-6).



Figure II-5: Façades « Sud » de la maison Chloé originale (gauche), et extension (droite) de la surface de panneaux photovoltaïques pour obtenir la certification « Passive House Plus », tirée de la maison passive (2016)

* Enveloppe

La conception de la maison qui présente une architecture très compacte et une isolation renforcée de près de 49 cm en paroi, pour une résistance thermique supérieure à 11 m²/K/W. La structure en ossature bois préfabriquée liée à une dalle en béton ceinturée par de l'isolant permet un traitement efficace des ponts thermiques de l'enveloppe. Toutes les menuiseries sont en alu/bois et en triple-vitrage avec un facteur solaire élevé, 60 %, et un coefficient de

déperditions thermiques très bas ($UW = 0,72 \text{ W/K/m}^2$). L'étanchéité à l'air présente une performance très élevée, avec un résultat de mesure de 0,39 vol/h sous 50 pascals lors du test final. Une démarche environnementale a été mise en œuvre via l'utilisation de matériaux bio-sources comme le bois en ossature et des isolants à base végétale (ouate de cellulose et fibre de bois), ou encore l'usage de peintures « éco-labellisées ». Un écran antimagnétique a par ailleurs été ajouté dans les murs du fait de la proximité de la maison avec une ligne à haute tension (400 000V).

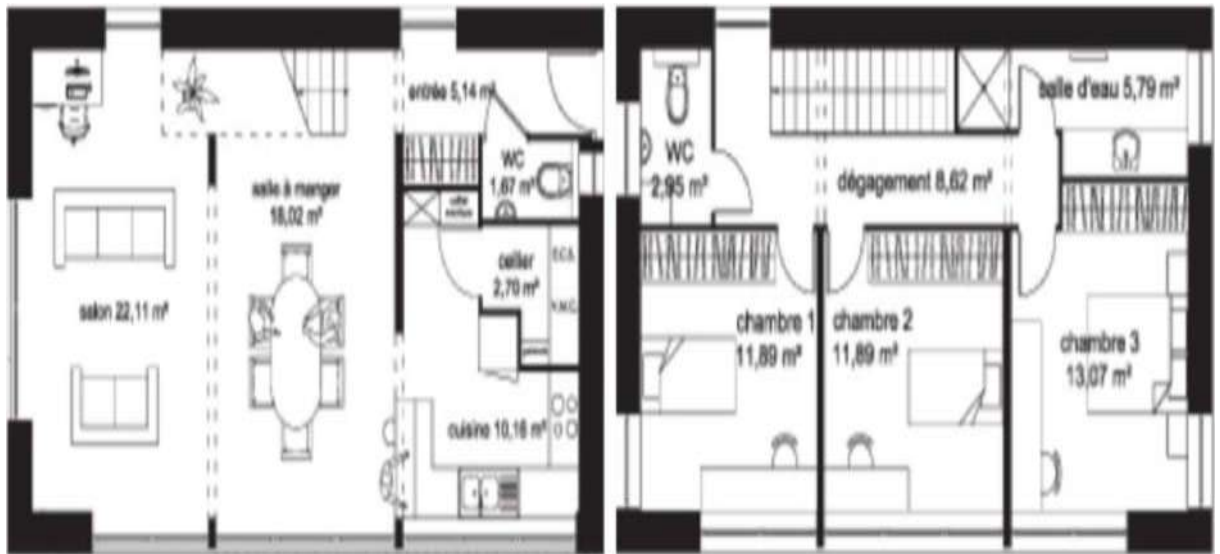


Figure II-6 : Plan du rez-de-chaussée (à gauche) et de l'étage (à droite) de la maison Chloé

Les Systèmes des eaux pluviales sont récupérées dans une cuve (de 2 700 litres) qui alimente les toilettes et le lave-linge, et un récupérateur de chaleur sur eaux grises est installé sur la douche, permettant de préchauffer l'ECS. La maison dispose d'une ventilation double-flux (rendement de l'échangeur : 75 % certifié par le PHI) multifonctions puisqu'elle associe les fonctions de chauffage, et de chauffe-eau thermodynamique via une mini pompe à chaleur. Elle est de plus reliée à un puits canadien glycolé, s'affranchissant ainsi de système hors-gel. L'éclairage est intégralement équipé de diodes électroluminescentes (LED). Initialement, 10 m² de panneaux photovoltaïques avaient été installés en toiture (produisant environ 1 100 kWh/an), couvrant de l'ordre de 15 % de la consommation totale en énergie finale annuelle mesurée (autour de 6 200 kWh), dont l'ECS est le contributeur majeur, de manière nette. Depuis, la capacité photovoltaïque a été augmentée à 6 kWc (soit un peu plus de 60 m² de panneaux), pour une production à présent supérieure aux consommations (7 000 kWh générés environ). Cet investissement ultérieur à la construction de 2012 a été rendu possible grâce à une progression de la filière photovoltaïque en matière de coût et de performances des capteurs.

*** Mesures**

La certitude d'un ensemble de capteurs permet de suivre en temps réel, via un logiciel, le taux de CO₂ et de radon, l'hygrométrie, les températures intérieure et extérieure, les consommations d'ECS, de chauffage, et de ventilation entre autres. Cette instrumentation a nécessité un surcoût relativement modéré, de l'ordre de 2 500 €.

II.3.4. Conception de bâtiments à énergie positive en Ouargla (Algérie)

Ghedamsi a étudié un bâtiment individuel occupé par une famille de 6 personnes. Cet habitat est caractérisé par la haute efficacité énergétique des appareils électroménagers, les systèmes d'éclairage (lampes basses consommation d'énergie), et l'isolation thermique (on intègre les matériaux à changement de phase micro-encapsulés dans l'enveloppe du bâtiment) ainsi que l'intégration des énergies renouvelables pour compléter les besoins énergétiques du bâtiment.

L'objectif est de démontrer la possibilité de convertir un bâtiment individuel consommateur d'énergie à un bâtiment à énergie positive, cet habitat situé dans la ville de Ouargla (latitude: 31N, longitude: 5.24'E) caractérisée par un climat chaud et aride. Pour cela, une simulation numérique a été réalisée avec l'outil Matlab. Deux scénarios sont proposés pour convertir le bâtiment vers un bâtiment à énergie positive. Pour le premier scénario, on utilise un système hybride comprenant une éolienne de 0.4 kW et du module PV poly cristallins de puissance unitaire de 70 W, et pour le deuxième scénario on utilise un système hybride comprenant une éolienne de 0.4 kW et du module PV poly cristallins de puissance unitaire de 240 W.

Les aspects environnementaux et économiques ont été pris en considération pour l'évaluation de l'étude. L'équilibre entre l'apport énergétique de chaque source et la demande (type de charge) n'est pas toujours réalisable. Ce manque sera compensé par l'introduction du réseau électrique. Si l'énergie produite par le système hybride dépasse l'énergie demandée par la charge, le surplus d'énergie sera envoyé au réseau électrique. Les résultats obtenus permis de tirer de multiples conclusions:

Le deuxième scénario présente le meilleur moyen pour atteindre d'un bâtiment à énergie positive sur une base annuelle, car la période de récupération est la plus petite (7.5 ans) et permettra d'éviter environ 8 tonnes d'émissions de CO₂ chaque année. De plus, le système

hybride produit le plus haut surplus d'énergie annuelle par rapport l'autre système hybride (2147.21 kWh) qui peuvent être livrés au réseau de distribution électrique.

II.4 Analyse comparative

La comparaison de quelques-unes des caractéristiques les plus significatives des quatre premiers projets présentés plus haut fait ressortir plusieurs points importants (Tableau I.1). La maison expérimentale INCAS développe notamment des solutions technologiques solaires. La maison autonome Hölken a fortement développé les aspects de chauffage passif et de stockage de l'énergie. La maison ZEN est un bâtiment à énergie positive qui dépasse largement les exigences du standard « Passive House ». Les maisons « Plusenergiehaus » correspondent davantage aux contraintes de coût liées au marché. Et enfin, la maison Chloé vise l'exemplarité.

Les techniques mises en œuvre sur ces projets présentent certaines similitudes. La réduction des besoins de chaleur et la nécessité, pour cela, de maîtriser la plus grande partie des échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur a amené invariablement à disposer les ouvertures du bâtiment de manière optimale, à mettre en place des protections solaires, à sur-isoler les parois, à utiliser des vitrages très isolants, à réduire les ponts thermiques, à réduire les infiltrations d'air, à traiter la ventilation de manière mécanisée et à recycler la plus grande partie de la chaleur à l'aide d'un échangeur air.

Par contre, selon l'objectif retenu, le choix des systèmes de production, de transformation, de stockage, de diffusion et de consommation de l'énergie varie fortement. En particulier, pour la maison Hölken et ZEN, le refus de consommer des carburants fossiles localement ou à distance (pas de consommation nette d'électricité à partir du réseau électrique) a mené au choix du tout électrique.

Tableau II-1 : Principales caractéristiques des maisons recensées

| | Maison INCAS | Maison Hölken | Maison ZEN | Maison Plusenergiehaus | Maison Chloé |
|--|-------------------------------|---|-------------------------|----------------------------------|--|
| Isolation renforcée | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Protection solaire | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Échangeur sur air vicié | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Équipements économes | Oui | Oui | Oui | Oui | Oui |
| Réseau de chauffage | à air | à air | à air, complément à eau | à air | à air |
| Préchauffage de l'air ventilé | Non | Échangeur air-sol | Échangeur air-sol | Non | Échangeur air-sol |
| Source d'énergie | Solaire PV et thermique | Solaire PV et thermique | Solaire PV | Solaire PV | Solaire PV |
| Système de chauffage | résistance électrique | Pile à combustible réversible en cogénération | Pompe à chaleur | cogénération bois et gaz naturel | Pompe à chaleur + récup. De chaleur sur eaux |
| Rafrâichissement | Passif | Passif | Passif et actif | Passif | Passif |
| Consommation totale 13 kWh.m ⁻² .an ⁻¹ | environ 60 (éclairage inclus) | Environ 30 | environ 45 | NC (36 en bilan | environ 55 |
| Couverture énergétique des besoins par production renouvel | 130% | 130% | 130% | 130% | 130% |

II.5 Conclusion:

Ce chapitre a permis d'apprécier la diversité des définitions existantes sur le concept de « bâtiment à énergie positive ». Pour améliorer sa visibilité, un cadre méthodologique commun de définitions a été construit, permettant une lecture uniformisée et cohérente de cette pluralité de définitions. L'examen de plusieurs ouvrages exemplaires a permis d'esquisser les principales caractéristiques et solutions techniques adaptées à ce concept, que plusieurs initiatives internationales ou nationales visent à développer et généraliser pour faciliter sa pénétration sur le marché. Néanmoins, pour s'inscrire comme de réelles solutions de développement durable, ces bâtiments devront dépasser le cadre énergétique et économique conçus pour également intégrer les impacts environnementaux qui leur sont associé

Chapitre III : Conception de bâtiments à énergie positive sous différents climats en Algérie

III.1. Introduction

La lutte contre le réchauffement climatique rend une nécessité obligatoire car il menace la vie sur la planète terrestre. L'augmentation et la concentration des fumées et des grandes quantités des gaz à effet de serre ont poussé les scientifiques à la recherche d'autres méthodes pour une consommation d'énergie moins nocive. L'augmentation de la consommation d'énergie, notamment la consommation résidentielle est parmi les premiers facteurs de ce problème qui ne cesse à prendre l'ampleur. Pour cette raison, une vision prospective qui se base sur une conception durable en utilisant notamment des ressources renouvelables sera la première et l'adéquate solution.

L'orientation vers la construction des bâtiments à basse consommation constitue l'objet de cette vision prospective afin de réduire l'impact environnemental de ce secteur, ensuite la conception des bâtiments à énergie positive.

Nous pouvons définir les bâtiments à énergie positive comme ceux qui prennent leurs besoins énergétiques annuels à l'aide des ressources renouvelables. Le coût d'investissement de ces derniers est considéré comme le plus diminué par rapport le système courant anti-environnemental. Les technologies d'énergies renouvelables auront absolument un effet significatif sur la performance économique avec ces dimensions les plus attrayantes.

L'objectif de ce travail est d'identifier et de calculer les besoins énergétiques relevant des panneaux photovoltaïques tout au long de notre pays tout en estimant la réduction du coût et l'augmentation de performance dans les 46 stations de l'Algérie. Pour cela, L'objectif de ce travail est de développer une méthodologie pour réaliser des études de conception de bâtiments à énergie positive dont l'amélioration des performances énergétique et du confort des bâtiments ainsi que la réduction des émissions de CO₂ dans l'environnement.

III.2. Méthodologie:

Plusieurs raisons nous ont poussés à entamer cette étude que la première raison est l'augmentation de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel qui représente plus de 44.4% de la consommation totale de l'énergie en Algérie et plus de 30% d'émission de CO₂ [2]. La deuxième raison consiste à chercher une énergie moins chère et moins nocif sur l'environnement tout en construisant une vision prospective de l'avenir de la consommation d'énergie qui ne cesse de prendre l'ampleur.

En suivant une démarche descriptive et analytique, cette étude a un objectif bien précis, celui de démontrer essentiellement la possibilité de transformer les ressources d'énergie résidentielles actuelles qualifiées comme anti environnementales et plus chères par une énergie positive tout en comparant le coût des deux sources d'énergie comme nous clarifie la figure III.1

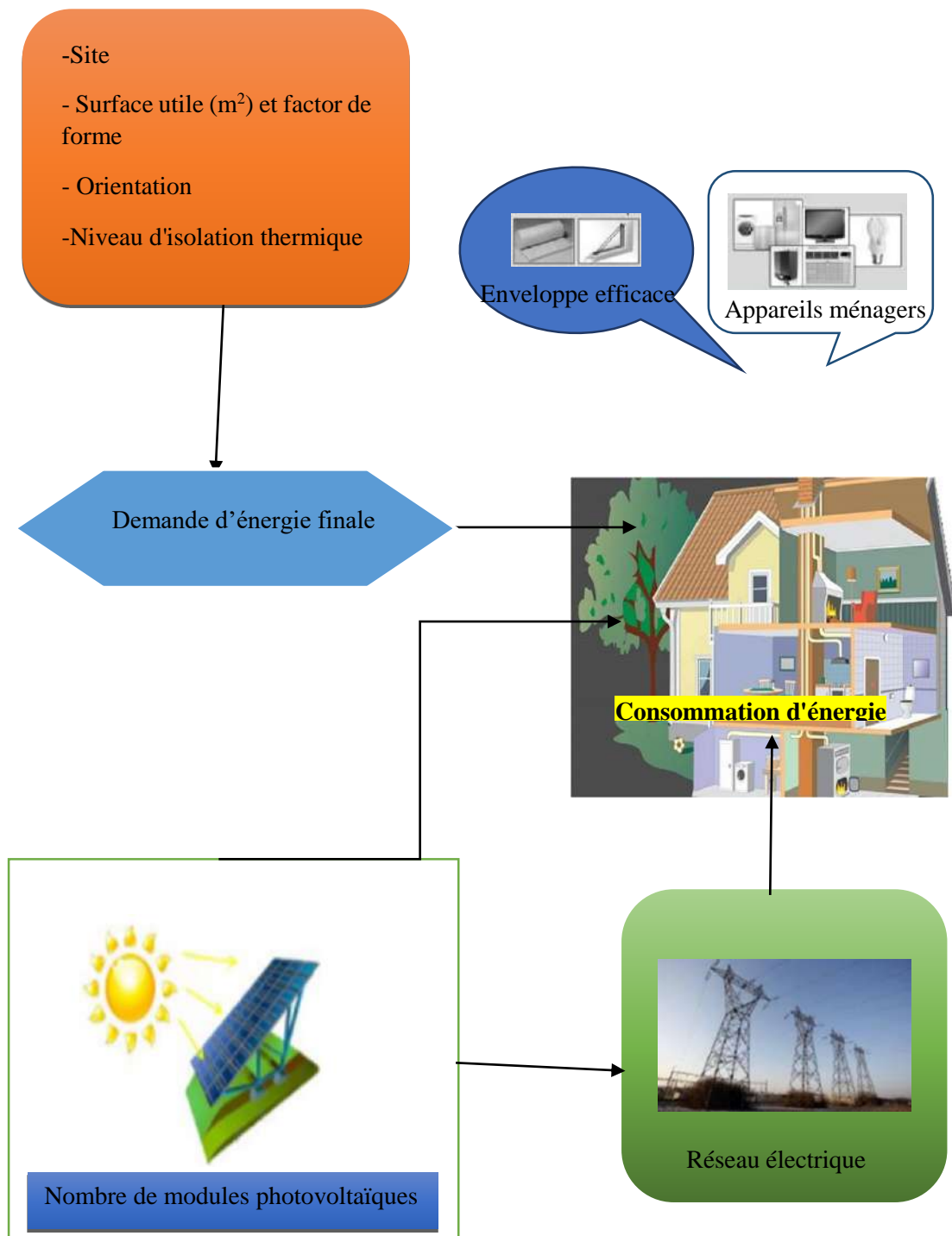


Figure III.1: Schéma de l'outil d'application.

Cette étude a une visée d'identifier et de calculer les besoins énergétiques relevant des panneaux photovoltaïques tout au long de notre pays tout en estimant la réduction du coût et l'augmentation de performance dans les 46 stations de l'Algérie. Pour cela, L'objectif de ce travail est de développer une méthodologie pour réaliser des études de conception de bâtiments à énergie positive dont l'amélioration des performances énergétique et du confort des bâtiments ainsi que la réduction des émissions de CO₂ dans l'environnement.

III.3. Description de l'étude de cas

La maison choisie pour notre étude est une maison individuelle de 120 m² qui prend la forme carrée. L'archétype est composé d'un séjour orienté Nord-Ouest, une cuisine est située au Nord, trois chambres l'une orientée au Nord et la deuxième chambre orientée au Nord- Est et la troisième orientée au Est-Sud, un garage au est situé au Sud-Ouest et une salle de bain au centre de la maison (figure. III.2).

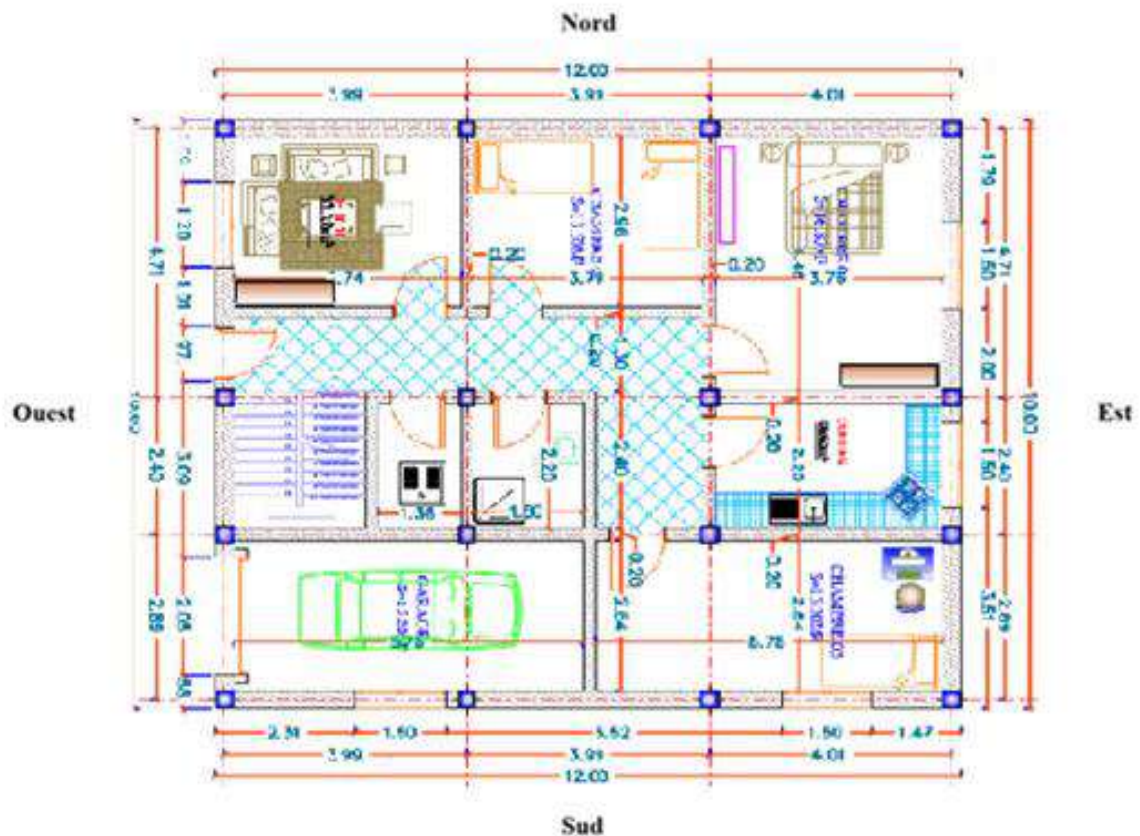


Figure III.2 : Archétype

La surface extérieure du mur est exposée au rayonnement solaire périodique et à la température de l'air extérieur. La surface intérieure ayant une température constante égale à celle de l'air de la pièce. Le mur extérieur se compose, de l'extérieur à l'intérieur, d'une couche de ciment, isolant (mélange plâtre/MCPs), brique, lame d'air, brique et couche de plâtre, comme représente la figure III.3, avec des épaisseurs de chaque matériau utilisé respectivement 2 cm, 2cm, 10 cm; 5cm, 15 cm et 2 cm. Le matériau à changement de phase choisi est le $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (la concentration de $X=15\%$) (Ghedamsi et al., 2014). Pour l'éclairage, nous avons intégré des Lampes à Diode Electroluminescente (LED). Le mur extérieur, qui contient une fenêtre a double vitrage standard (4/6/4) avec menuiserie en bois de surface $A_w = 1,44 \text{ m}^2$, comme illustré à la figure III.3.

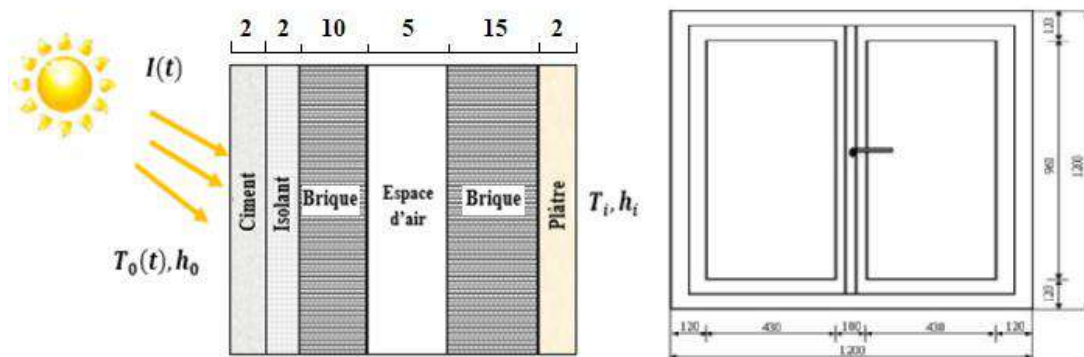


Figure III.3: Structure du mur multicouche.

La toiture se compose, de l'extérieur à l'intérieur, d'une couche de en béton de laitier, isolant (mélange plâtre/MCPs), en béton de laitier ou de entrevous en terre cuite et couche de plâtre, comme représente la figure III.4, avec des épaisseurs de chaque matériau utilisé respectivement 5 cm, 2cm, 5 cm; 16cm et 2 cm.

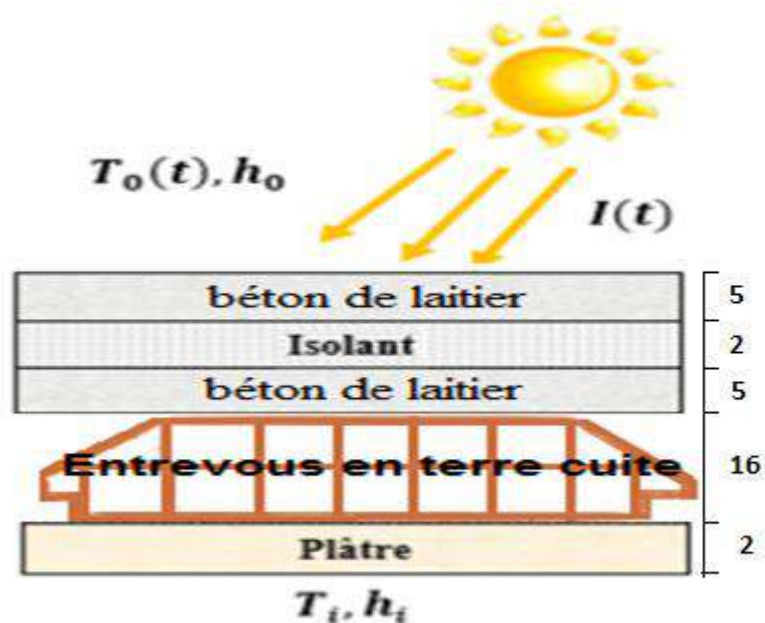


Figure III.4: Structure de la toiture.

Le tableau III.1 représente les caractéristiques thermiques du mur extérieur.

Tableau III.1 : Caractéristiques thermiques du mur extérieur [25] [26] [27].

| Matériaux de construction | Conductivité thermique (W/m K) | Résistance thermique (m ² K/W) |
|--------------------------------------|--------------------------------|---|
| Ciment | 1.4 | 0.014 |
| Plâtre | 0.35 | 0.043 |
| Brique | 0.48 | 0.31 |
| Lame d'air | 0.026 | 0.16 |
| en béton de laitier | 0,65 | - |
| CaCl ₂ .6H ₂ O | - | 0.052 |
| Entrevous en terre cuite 16 cm | - | 0,23 |

III.4. Besoins énergétiques d'une habitation

III.4.1. Besoins énergétiques pour le chauffage et le refroidissement

Les besoins énergétiques annuelle pour le chauffage et le refroidissement est donnée par [28].

$$E_c = \frac{Q_c}{(\eta_s)} \quad \text{III.1}$$

$$E_r = \frac{Q_r}{cop} \quad \text{III.2}$$

Avec, η_s est l'efficacité du système de chauffage, prise égale à 0.93 [3].

COP est le coefficient de performance d'un système de réfrigération. Prise égale à 2.5

Q_c et Q_r sont les pertes de chaleur annuelles pour le chauffage et le refroidissement par unité de surface de mur extérieure est donnée par [3]:

$$Q_c = U \times HDD \times A \quad \text{III.3}$$

$$Q_r = U \times CDD \times A \quad \text{III.4}$$





U est le coefficient global de transfert thermique en $W/m^2.k$

$$U = 1 / \left(\frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^N \frac{e_j}{k_j} + \frac{1}{h_e} \right) \quad \text{III.5}$$

Avec, h_i et h_e sont les coefficients de transfert de chaleur par convection entre l'air et les faces internes et externes de mur. La valeur de la résistance thermique superficielle varie avec la position de la paroi horizontale ou verticale, ainsi que le sens d'écoulement du flux de chaleur. Les résistances thermiques d'échanges superficiels intérieur, $r_i = \frac{1}{h_i}$, et extérieur $r_e = \frac{1}{h_e}$, sont données dans le tableau III.2 [25] [3]. e_j et k_j sont l'épaisseur et la conductivité thermique de la couche j , respectivement. Résistance thermique d'isolant (mélange plâtre/MCPs):

$$R_{\text{isolant(mélange plâtre/MCPs)}} = e_{\text{isolant}} / (X \lambda_{\text{MCP}} + (1 - X) \lambda_{\text{plâtre}}) \quad \text{III.6}$$

Tableau III.2 : Resistances thermiques superficiels [25]

| $\frac{1}{h}$ (W/m ² K) | Paroi en contact avec l'extérieur | |
|---|-----------------------------------|-----------------|
| | $\frac{1}{h_i}$ | $\frac{1}{h_e}$ |
|  Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$ | 0,11 | 0,06 |
|  Ascendant (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$ | 0,09 | 0,05 |
|  Latéral (Mur) $\alpha > 60^\circ$ | 0.1 | 0.04 |
|  (toiture) $\alpha \leq 60^\circ$ | 0.16 | 0.04 |

HDD et CDD sont les nombres de degrés-jours de chauffage et de refroidissement. La méthode de degrés-jours permet de réaliser des estimations des besoins énergétiques nécessaires pour le chauffage et le refroidissement dans un bâtiment. La méthode suppose que les besoins énergétiques d'un bâtiment sont proportionnels à la différence entre la température de base (température de confort thermique) et la température moyenne de l'air extérieure. Le nombre de degrés-jours de chauffage (HDD) et de refroidissement (CDD) est obtenu comme démontrent les équations suivantes[3]

$$HDD = \sum_{jours}(T_b - T_e) \tag{III.7}$$

$$CDD = \sum_{jours}(T_e - T_b) \tag{III.8}$$

Avec

T_b est la température de base et T_e est la température moyenne journalière de l'air extérieur. Le signe plus (+) au-dessus des parenthèses indique que seulement des valeurs positives doivent

être comptées. Les températures de base choisies du point de vue du confort thermique, on prend la température de base en saison d'hivernal et estival, 18 °C et 26 °C, respectivement [3]. La figure suivante représente la variation de la température quotidienne de l'air extérieur en Ouargla.

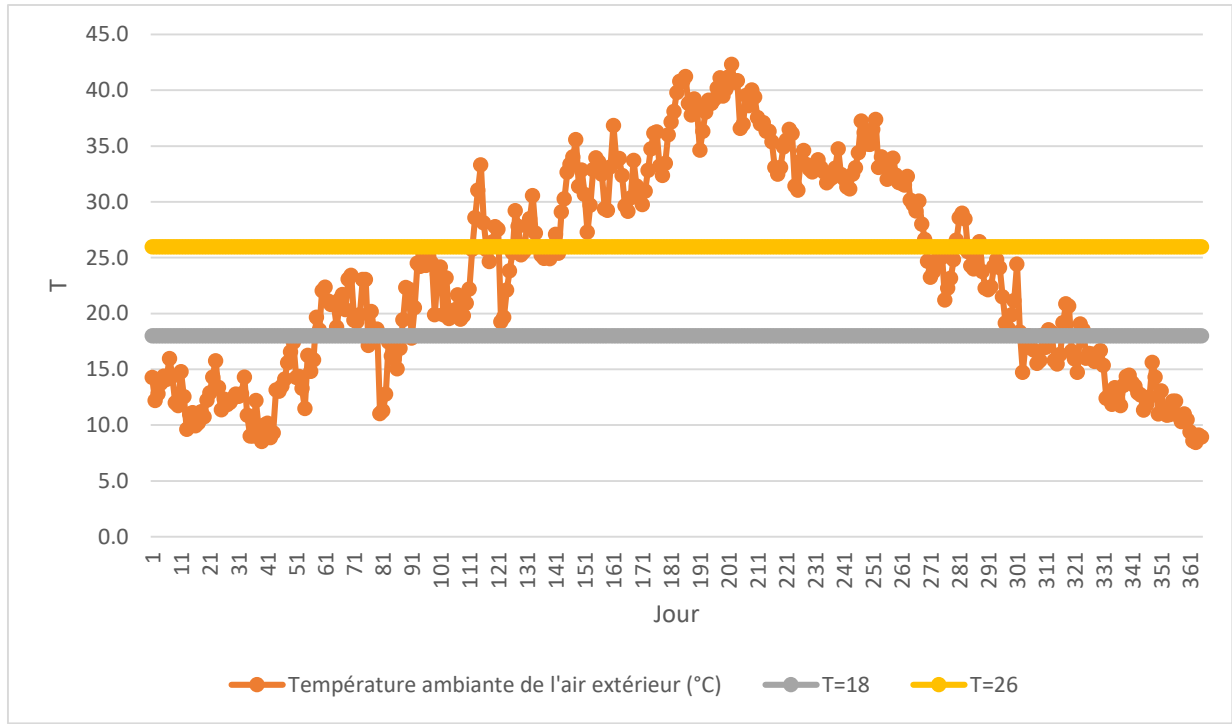


Figure III.5: Variation de la température quotidienne moyenne de l'air extérieur en Ouargla 2018.

Cette figure est utilisée pour la détermination le début et la fin de la saison de chauffage et de refroidissement. Il est observé sur cette figure que le début et la fin de la saison de chauffage sont le 303^{ème} jours (30 octobar) et le 87^{ème} jour (28 mars) de l'année pour la température de base de 18°C. Il peut être calculé à partir des valeurs données que les saisons de chauffage durent totalement 121 jours. Donc, la saison de chauffage prend environ 33% de l'année.

Ainsi que le début et la fin de la saison de climatisation sont 114^{ème} jours (22 avril) et le 295^{ème} jour de l'année pour une température de base de 26°C, il est possible de le calculé à partir des valeurs déterminées à la saison de refroidissement qui dure totalement 146 jours cela représente 40 % de l'année.

Le tableau suivant représente les nombres degrés-jours *de* refroidissement et de chauffage pour les 46 stations.

Tableau III. 3. Les nombres *degrés-jours* de *refroidissement* et de chauffage pour les 46 stations

| Station | CDD | HDD | Station | CDD | HDD |
|---------------------|--------|---------|--------------------|---------|----------|
| Adrar | 1448.4 | 340.09 | MOSTAGANEM | 124.6 | 757.6 |
| Chlef | 305 | 983.9 | MASCARA-GHRISS | 138.3 | 1315.7 |
| Laghouat | 643.1 | 1253.8 | Ouargla | 1115.25 | 580.3125 |
| OUM EL BOUAGHI | 232.3 | 1386.4 | Oran Es Senia | 28 | 757 |
| Batna | 126.6 | 1789.5 | Illizi | 1407.8 | 360.3 |
| Bejaia | 28.2 | 851.6 | BORDJ-BOU-ARRERIDJ | 312.6 | 1435.4 |
| Biskra | 834 | 552.4 | TAFARAQUI | 1106.1 | 1111.6 |
| Bechar | 598 | 848 | Tindouf | 1448.4 | 340.09 |
| Tamanrasset Aguenza | 293 | 449 | El Oued | 993.1 | 579.1 |
| Tebessa | 155.4 | 1506.23 | SOUK AHRAS | 151.9 | 1556.4 |
| Tlemcen Zenata | 53.9 | 1041.5 | NAAMA | 354.6 | 1387.3 |
| Tiaret | 60.7 | 1956.2 | Ghardaia | 819.2 | 609.7 |
| TIZI-OUZOU | 440 | 810.1 | AIN-SEFRA | 716.6 | 1123.8 |
| ALGER-PORT | 20 | 1165 | BENI-ABBES | 1289.8 | 385 |
| Djelfa | 396.7 | 1777.9 | BORDJ MOKHTAR | 2251.7 | 14.7 |
| Jijel | 325.5 | 797.1 | Bou-Saada | 936.7 | 836.3 |
| Setif | 86.1 | 2142.3 | Dar-El-Beida | 41.3 | 938.1 |
| SAIDA | 276.4 | 1134.6 | Djanet | 990.6 | 441.3 |
| Skikda | 123.8 | 644.9 | El Golea | 989.2 | 702.9 |
| SIDI-BEL-ABBES | 236.6 | 1235.1 | Hassi-Messaoud | 1180.3 | 581.6 |
| Annaba | 27 | 910 | In Amenas | 1085.6 | 561.5 |
| GUELMA | 304.8 | 954.1 | Machria | 309.9 | 1455.5 |
| Constantine | 94 | 1656.47 | Mila | 255.9 | 1277.2 |

Le tableau **III. 3** indique que la ville BORDJ BADJI MOKHTAR à une température de base de 26 ° C possède un nombre de degrés-heures de refroidissement est supérieure (2251,7 °C). Donc la ville BORDJ BADJI MOKHTAR est le plus chaud en pays.

- La ville Sétif à une température de base de 18°C possède un nombre de degrés-heures de chauffage est supérieure (2142.3 °C). Donc la ville Sétif est la région le plus froid en pays.

- Nous notons que le mandat de Ouargla, en particulier que la température à prendre chaque jour pour le refroidissement dans une année est de 1115,25 ° C et la température qui devrait être augmentée le chauffage quotidien au cours de l'année est de 580,31 ° C et est basé sur un refroidissement supplémentaire.

III.4.2. Besoins énergétiques pour l'eau chaude sanitaire

Les besoins en eau chaude sanitaire sont fonction du nombre d'occupants, de leurs âges respectifs, de leurs professions, de leur mode de vie, du jour de la semaine (ouvrable, week-end ou férié), de la saison, et de bien d'autres circonstances encore. La consommation d'énergie quotidienne d'eau chaude sanitaire (E_{ECS}) en (kWh/jour) peut être calculée comme suit [3]:

$$E_{ECS} = \frac{c_p \rho V (T_{out} - T_{in})}{3600} \quad \text{III.9}$$

Avec, C_p est la chaleur spécifique de l'eau (4.187 kJ/kg K), ρ est la masse volumique de l'eau (1000 kg/m³), V est le volume quotidien d'eau chaude consommé pour chaque personne (m³/jour), T_{out} est la température de sortie de l'eau (50°C) et T_{in} est la température de l'eau froide (20 °C) [3].

III.4.3. Eclairage et équipements électroménagers

La consommation des appareils électroménagers et l'éclairage, sont comme suit:

$$E_{app} = n_n * (p * t_f) \quad \text{III.10}$$

Avec, p est la puissance de chaque appareil, n_n est le nombre des équipements et t_f est la durée d'utilisation. Quelques valeurs de puissance d'appareils sont mentionnées dans le tableau ci-dessous [3].

Tableau III.4: Puissance électrique et temps de fonctionnement de chaque appareil

| Appareil | Puissance Indicative (W) | Quantité | Temps de fonctionnement journalier (h) |
|--|--------------------------|----------|--|
| Téléviseur | 74 | 2 | 13 |
| Ordinateur | 12 | 1 | 3 |
| Cuisinière | 132.5 | 1 | 7 |
| Lave-linge | 330 | 1 | 1 |
| fer à repasser | 800 | 1 | 1 |
| Réfrigérateur | 42 | 1 | 24 |
| Congélateur | 40 | 1 | 24 |
| Lampes à Diode Electroluminescente (LED) | 12 | 12 | 7 |

III.4.4. Energie à consommer par le matériel

Avant d'effectuer le calcul de dimensionnement, il est indispensable d'établir le bilan énergétique, des appareils électroménagers. La consommation d'un habitat est calculée comme suite (E_{con}):

$$E_{con} = E_r + E_c + E_{ECS} + E_{app} \quad \text{III.11}$$

III.5. Modélisation du système énergétique:

III.5.1. Energie produite par un module photovoltaïque (PV):

III.5.1.1. Calcul de l'énergie à produire pour l'alimentation électrique:

L'efficacité de l'onduleur est donnée entre 80 % et 95 %. Pour nos calculs nous avons choisi la valeur à efficacité de 90% [29].

- L'énergie produit journalière

$$E_P = \frac{E_{con}}{\eta_{ond}} \quad \text{II.12}$$

Où:

E_{con} : Energie consommée journalière (Wh/j)

III.5.1.2. Calcul de la puissance crête P_c du générateur photovoltaïque

La puissance crête P_c de modules (en W) est donnée par la formule suivante:

$$P_c = \frac{E_P}{H_{ens} \times \eta_{reg}} \quad \text{III.13}$$

Où :

H_{ens} est l'heure d'ensoleillement maximal, P_c est la puissance crête (Wc) et η_{reg} est l'efficacité du régulateur de charge des accumulateurs égale à 0.77 [29].

III.5.1.3. Calcul de nombre des panneaux photovoltaïque

A partir de la puissance crête du panneau on peut déterminer le nombre des panneaux nécessaires pour l'installation:

$$N = \frac{P_c}{P_U} = \frac{P_c}{240} \quad \text{III.14}$$

P_U : Puissance unitaire de panneau photovoltaïque (W).

P_c : puissance unitaire de 240 W

III.5.1.4. Calcule de la surface occupée par les panneaux

La surface totale des panneaux photovoltaïques

$$S_T = S_u \cdot N \tag{III.15}$$

Avec S_u est la surface unitaire des panneaux, et N les nombres des panneaux.

Les panneaux qui vont être utilisés sont fabriqués par l’entreprise Condor electronics, et avec une puissance unitaire de 240 W. Chaque panneau solaire est composé de 60 cellules photovoltaïques polycristallins à contact arrière offrant un rendement de 16,4%. Le tableau suivant représente les caractéristiques techniques de panneau utilisé.

Tableau III.5. Caractéristiques techniques de panneau utilisé [29].

| Type | Puissance crête (W) | Surface unitaire (m²) | Rendement (%) |
|------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| CEM240P-60 | 240 | 1.62 | 16.4 |

III.6. Analyses économiques

L'équation suivante utilisée pour calculer le CCV est donnée comme suit (Kartia et al., 2016) [30]:

$$CCV = C_g + PWF(N.r_b) \times C_E \tag{III.16}$$

Avec, C_g est le coût global pour toute la durée du fonctionnement, C_E représente le coût énergétique annuel nécessaire pour maintenir le confort à l'intérieur du bâtiment pour les caractéristiques de conception et d'exploitation sélectionnées. PWF est le facteur de valeur actuelle du coût de consommation d'énergie est défini comme suit:

$$PWF(N.r) = \begin{cases} \frac{(1+r)^N - 1}{r(1+r)^N} & \begin{cases} i > g \\ i < g \end{cases} \\ \frac{1}{1+i} & i = g \end{cases} \quad \begin{cases} r = \frac{i-g}{i+g} \\ r = \frac{g-i}{1-i} \end{cases} \tag{III.17}$$

Avec, est la durée de vie d'un système (25 ans).

Le temps de retour d'investissement (PR) est le coût global initial de système photovoltaïque divisé par les économies d'énergie annuelles A_S , il est simplement donné par :

$$PR = \frac{C_g}{A_S} \quad \text{III.18}$$

Les économies d'énergie annuelles sont définies comme la différence entre le coût énergétique sans système photovoltaïque et le coût énergétique avec un système hybride, qu'utilise un couple optimale des panneaux photovoltaïques et éoliens, divisée par le PWF .

Le coût global initial de systèmes photovoltaïques pour toute la durée du fonctionnement est donné par [31] [3]:

$$C_g = C_i + C_m + C_r \quad \text{III.19}$$

Avec:

C_i est le coût initial, C_m est coût de maintenance et C_r est coût de renouvellement des composants

III.6.1. Coût initial:

Le coût initial lié au coût de l'achat du système, ainsi que le coût d'installation, ce dernier est exprimée par la relation suivante:

$$C_i = N_{pv}C_{pv} + N_{ond}C_{ond} \quad \text{III.20}$$

Avec, N_{pv} est le nombre de modules photovoltaïques, N_{ond} est le nombre de modules de l'onduleur, C_{pv} est le coût initial du système photovoltaïque (€ /W) et C_{ond} est le coût initial de l'onduleur (€ /W) (Ghedamsi R, 2018) [3].

III.6.2. Coût de maintenance:

Dans notre cas, il est donné en pourcentage par rapport au coût initial de chaque composant, et cela pour une période d'une année [31] [3].

$$C_m = (N_{pv}C_{pv}m_{pv} + N_{ond}C_{ond}m_{ond})N \quad \text{III.21}$$

Avec, m_{pv} est le pourcentage de maintenance annuel du système photovoltaïque (%) et m_{ond} est le pourcentage de maintenance annuel de l'onduleur (%) [3].

III.6. 3. Coût de renouvellement des composants

Chaque composant de système a une durée de vie. Il doit être remplacé périodiquement sur toute la durée du fonctionnement de système photovoltaïque [31] [3].

$$C_i = N_{pv}C_{pv}\left(\frac{N-N_{pv}}{N_{pv}}\right) + N_{ond}C_{ond}\left(\frac{N-N_{ond}}{N_{ond}}\right) \quad \text{III.22}$$

Avec, N_{pv} et N_{ond} représentent respectivement les durées de vie du système photovoltaïque et de l'onduleur. Les caractéristiques et les prix unitaire, le coût de maintenance et la durée de vie des différents composants de l'installation (module photovoltaïque et le convertisseur d'énergie) sont présentés dans le tableau III.6.

Tableau III.6: Coûts et la durée de vie des différents composants du système [29], [32] [33] [3].

| Matériel | Prix unitaire (€) | Coût de maintenance dans la première année (%) | Durée de vie (ans) | Taux d'intérêt (%) | Taux d'inflation (%) |
|------------------------------------|-------------------|--|--------------------|--------------------|----------------------|
| Panneau Condor CEM240P-60 | 188.99 | 1% du prix | 25 | 8 | 4 |
| Convertisseur d'énergie 24V-2400 W | 1420.20 | 0% du prix | 10 | | |

Prix unitaires d'électricité est 0.1467 € [34].

III.7. Impact environnemental

L'émission de gaz à effet de serre à évitée pour les énergies renouvelables est déterminée supposant que chaque kWh produit par les énergies renouvelables substitue chaque kWh produit par les systèmes énergétiques conventionnels. L'émission de gaz à effet de serre évitée (E_{GES} en kg) des systèmes conventionnels est évaluée selon l'équation suivante:

$$E_{GES} = E_{con} \cdot F_E \quad \text{III.23}$$

Où E_{con} est l'énergie produite par les systèmes conventionnels (kWh) et F_E est le facteur d'émission des gaz à effet de serre qui dépend du type de combustible fossile et de la technique de conversion employée pour produire la puissance. Dans cette étude, l'émission de CO₂ évitée prévue est basée sur le facteur d'émission d'électricité de 0.548 (kg/kWh) [33].

III.8. Logiciel *Surfer*

La connaissance des coordonnées géographiques et l'état de climat du site choisis sont nécessaires pour l'étude de dimensionnement. Ils peuvent être recueillis via logiciel *Surfer* est un programme de mappage basé sur la grille qui interpole les données XYZ espacées irrégulièrement dans un grille régulièrement espacée. Les grilles peuvent également être importées d'autres sources, telles que les États-Unis Commission géologique (USGS). La grille est utilisée pour produire différents types de cartes, y compris le contour, vecteur, image, relief ombragé, bassin versant, surface 3D et cartes filaires 3D. Beaucoup de quadrillage et Des options de cartographie sont disponibles, vous permettant de produire la carte qui représente le mieux vos données parmi eux est une méthode de Krigeage.

Une vaste gamme de méthodes de quadrillage est disponible dans *Surfer*. La variété des méthodes disponibles fournit différentes interprétations de vos données, et vous permet de choisir le plus approprié méthode pour vos besoins. De plus, les statistiques sur les données vous permettent de recueillir des informations sur votre donnée quadrillée. La surface, la surface plane projetée et les calculs volumétriques peuvent être effectués rapidement à *Surfer*. Les profils transversaux peuvent également être calculés et exportés.

Les fichiers de grille eux-mêmes peuvent être édités, combinés, filtrés, découpés, interrogés et mathématiquement transformé. Par exemple, vous pouvez créer une carte isopach à partir de deux fichiers de grille. Vous aurez besoin de fichier de grille de surface d'origine et le fichier de grille de surface après qu'un volume de matériau a été supprimé. Soustraire les deux surfaces pour créer une carte isopach. La carte résultante affiche combien de matériel a été enlevé dans tous les domaines [34].

III.9. Carte de Température (Moyenne)

Le climat a un impact significatif sur l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments résidentiels, et les codes et normes énergétiques sont basées sur une définition claire des zones climatiques permettant de transférer les exigences aux maçons. La figure III.6 représente les températures moyennes mensuelles en différentes stations en Algérie.

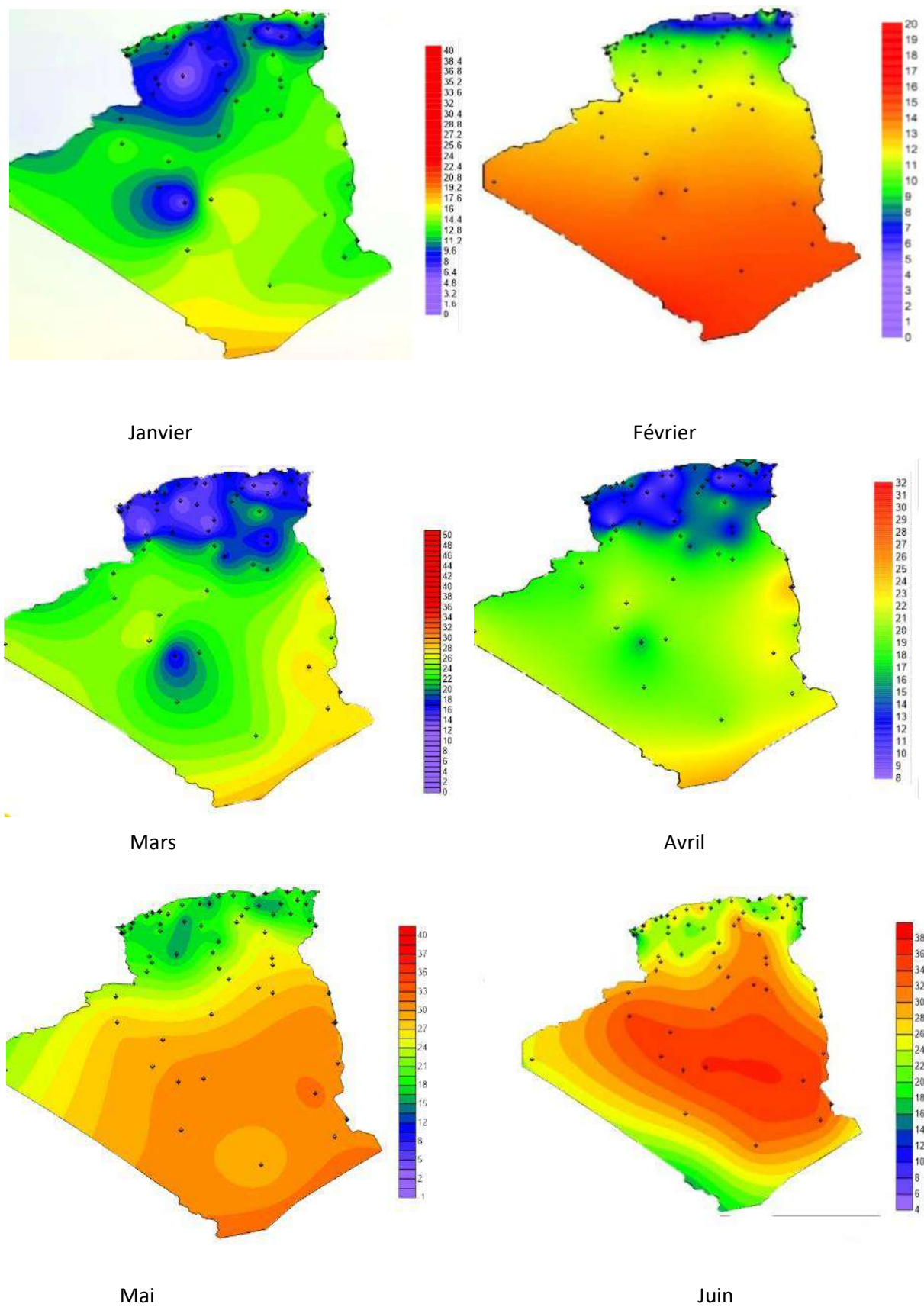


Figure III.6: Températures moyennes mensuelles pour les 46 stations en Algérie en hiver et printemps [35] [36].

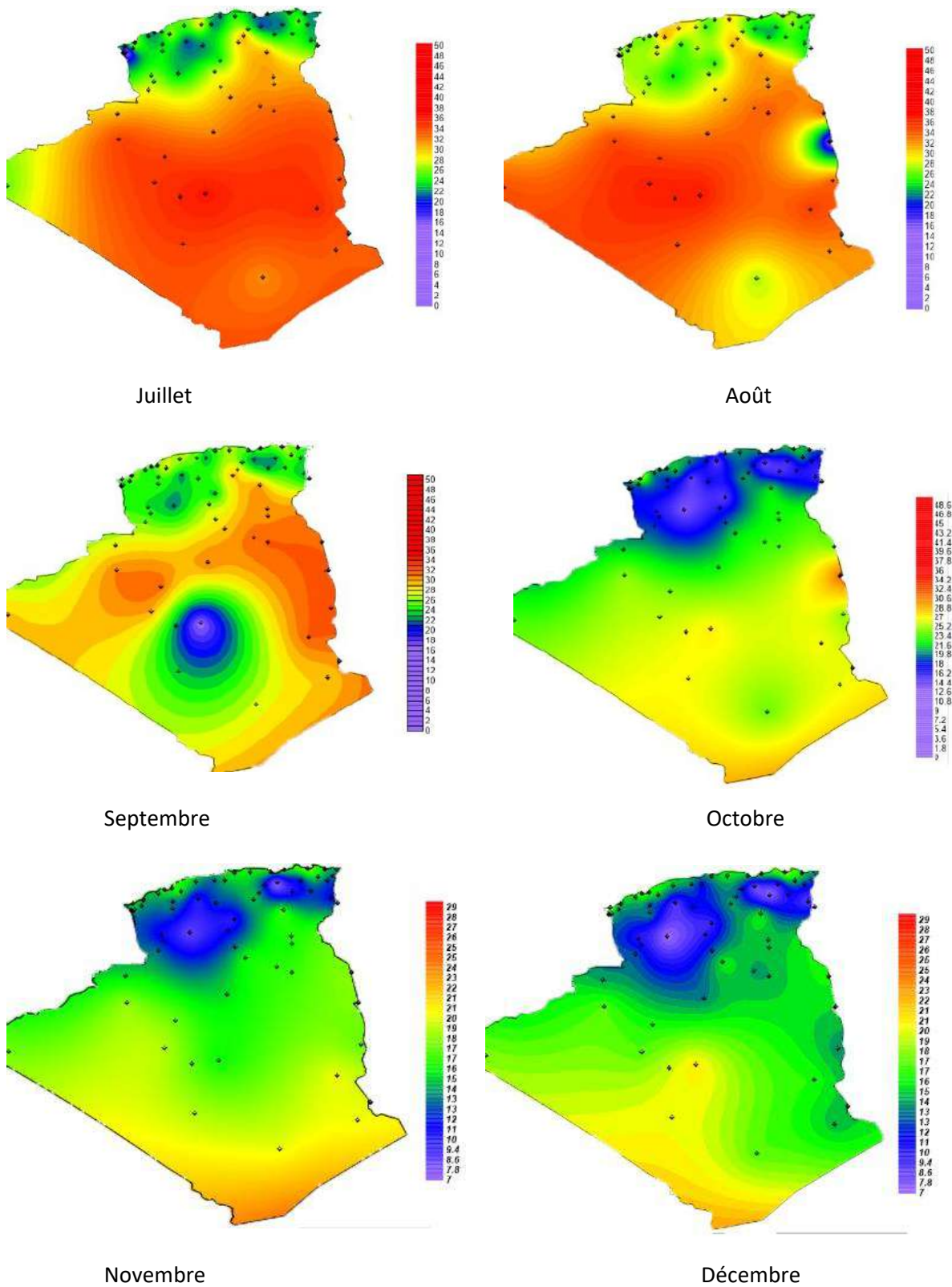


Figure III.7: Températures moyennes mensuelles pour les 46 stations en Algérie en été et automne [35] [36].

Nous remarquons une variation des températures mensuelles du territoire national entre chaque région:

En automne: une diminution de la température tout au long du territoire national notamment les régions antérieures et les steppes entre 12-16° C

En hiver: une diminution de la température jusqu'au 2°C mais à partir du mois de février, nous remarquons une modération de la température sur les régions sahariennes.

Au printemps: nous remarquons une stabilité de la température sur les régions antérieures et sahariennes.

En été: à partir du mois du Mai, nous remarquons une augmentation de la température notamment sur les régions saharienne, elle atteint son sommet jusqu'au 50°C au mois de juillet.

III.10. Besoins énergétiques:

Afin de déterminer les actions prioritaires à entreprendre pour économiser l'énergie dans secteur résidentiel, il est nécessaire d'accéder aux informations suivantes: Comment les familles utilisent-elles l'énergie? Les figures III.8 et III.9 représentent la consommation annuelle d'énergie des ménages dans deux régions Sétif et BORDJ MOKHTAR (la région la plus froide et le plus chaud).

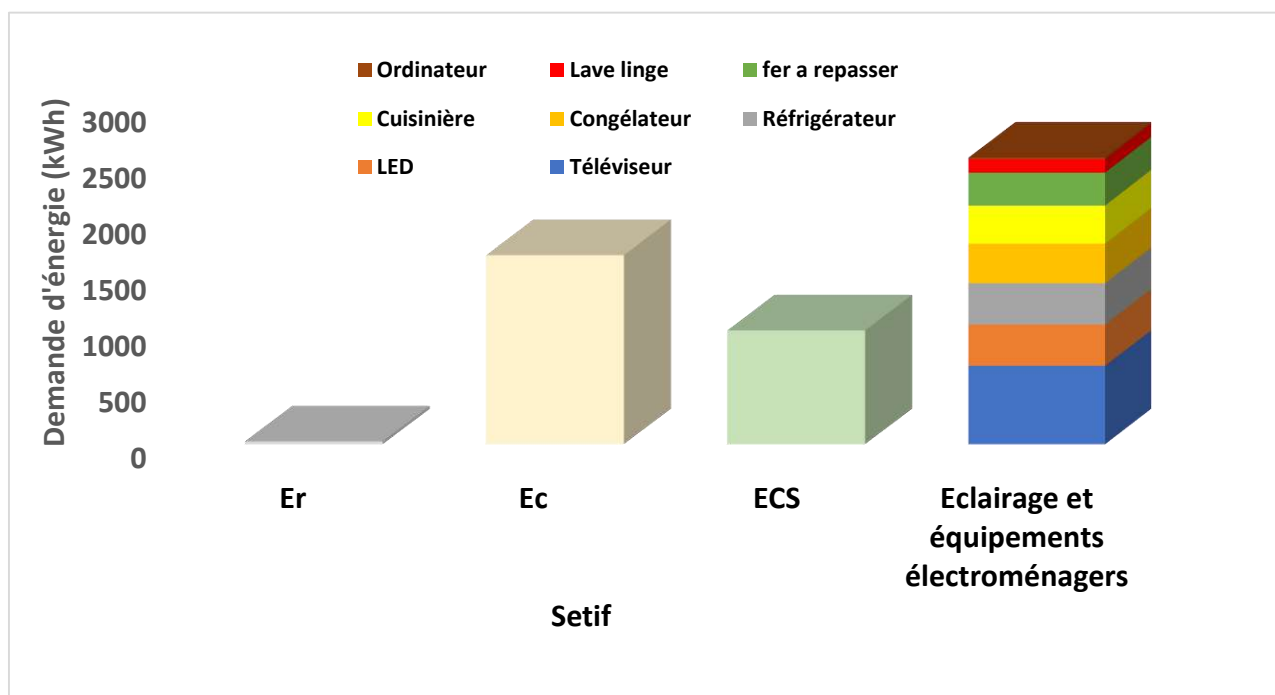


Figure III.8: Consommation annuelle d'énergie en 2018 (Setif).

Nous pouvons remarquer que les principales catégories de consommation d'énergie dans la ville Sétif vont être le chauffage (1686,41 kWh), l'eau chaude sanitaire (1017.44 kWh) ainsi que les appareils électroménagers.

La figure suivante représente la consommation annuelle d'énergie dans la zone la plus froide en 2018 (BORDJ MOKHTAR).

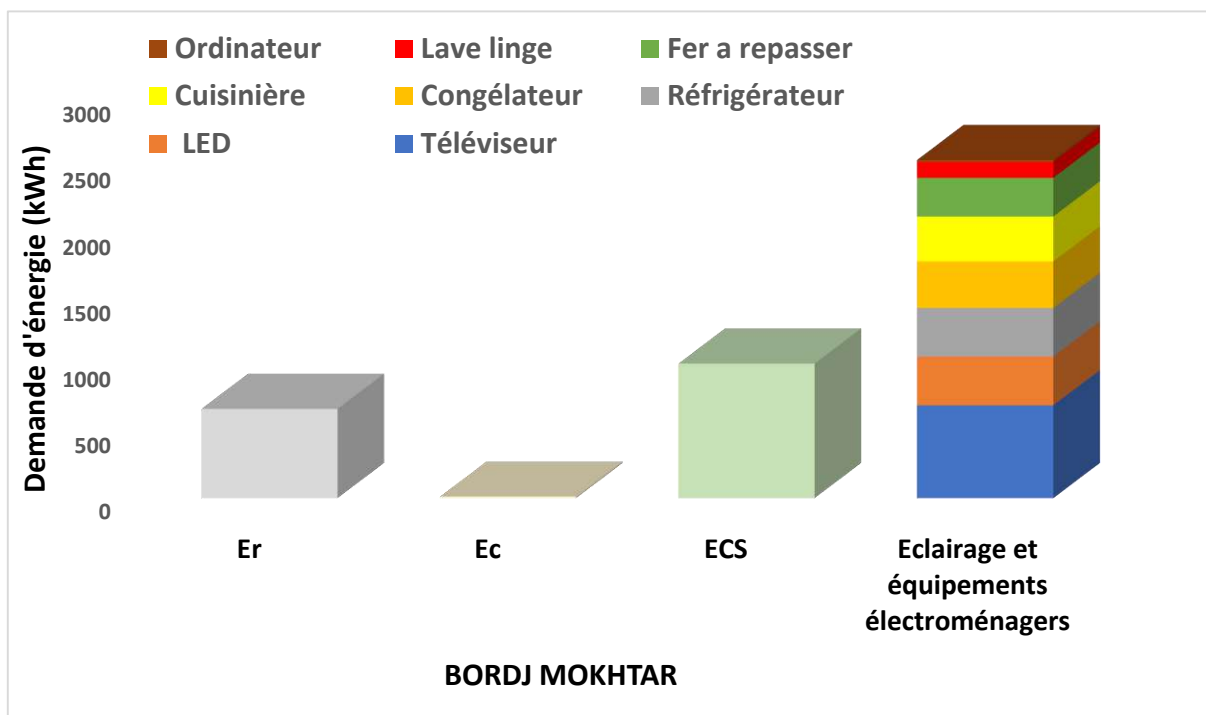


Figure III.9: Consommation annuelle d'énergie dans la zone la plus froide en 2018 (BORDJ MOKHTAR).

En BORDJ BADJI MOKHTAR, Nous observons que la principale source de consommation est l'eau chaude sanitaire (ECS), suivie par la climatisation et les appareils électriques.

Le tableau suivant représente la consommation annuelle d'énergie dans les bâtiments, Energie produite annuellement et émissions de CO₂ évitées pour les 46 stations.

Tableau III.7 Consommation annuelle d'énergie dans les bâtiments, Energie produite annuellement et émissions de CO₂ évitées pour les 46 stations.

| Station | Consommation d'énergie (kWh) | Energie produite (kWh) | CO ₂ évité (ton) | Station | Consommation d'énergie (kWh) | Energie produite (kWh) | CO ₂ évité (ton) |
|------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Adrar | 4272.11 | 4921.97 | 2.70 | Mostaganem | 4203.98 | 4692.24 | 2.57 |
| Chlef | 4436.19 | 5116.45 | 2.80 | Mascara-Ghriss | 4647.42 | 5344.30 | 2.93 |
| Laghouat | 4750.00 | 5548.59 | 3.04 | Ouargla | 4361.35 | 5317.34 | 2.91 |
| Oum El Bouaghi | 4731.25 | 5549.46 | 3.04 | Oran Es Senia | 4174.55 | 4672.12 | 2.56 |
| Batna | 5016.89 | 5654.14 | 3.10 | Illizi | 4275.85 | 4991.00 | 2.74 |
| Bejaia | 4249.08 | 5072.24 | 2.78 | Bordj-Bou-arreridj | 4793.89 | 5558.85 | 3.05 |
| Biskra | 4255.08 | 5191.83 | 2.85 | Tafaraoui | 4776.84 | 5536.66 | 3.03 |
| Bechar | 4417.04 | 5045.02 | 2.76 | Tindouf | 4272.11 | 4954.12 | 2.71 |
| Tamanrasset Aguenna | 4011.52 | 4733.06 | 2.59 | El Oued | 4323.79 | 5218.66 | 2.86 |
| Tebessa | 4802.53 | 5516.99 | 3.02 | Souk Ahras | 4840.97 | 5443.60 | 2.98 |
| Tlemcen Zenata | 4406.27 | 5018.04 | 2.75 | Naama | 4768.62 | 5713.12 | 3.13 |
| Tiaret | 5128.36 | 6184.34 | 3.39 | Ghardaia | 4295.75 | 4923.04 | 2.70 |
| Tiziouzou | 4339.84 | 5179.09 | 2.84 | Ain-Sefra | 4669.70 | 5667.68 | 3.11 |
| Alger-Port | 4493.33 | 5074.47 | 2.78 | Beni-Abbes | 4259.92 | 4937.99 | 2.71 |
| Djelfa | 5088.71 | 5697.97 | 3.12 | Bordj Mokhtar | 4256.74 | 4961.04 | 2.72 |
| Jijel | 4295.29 | 4826.65 | 2.65 | Bou-Saada | 4509.35 | 5341.52 | 2.93 |
| Setif | 5282.47 | 6127.14 | 3.36 | Dar-El-Beida | 4321.10 | 5085.04 | 2.79 |
| SAIDA | 4546.25 | 5502.22 | 3.02 | Djanet | 4214.56 | 4701.99 | 2.58 |
| Skikda | 4115.02 | 4627.38 | 2.54 | El Golea | 4420.07 | 4933.05 | 2.70 |
| Sidi-Bel-Abbes | 4613.44 | 5337.38 | 2.92 | Hassi-Messaoud | 4381.87 | 5267.26 | 2.89 |
| Annaba | 4294.69 | 5071.25 | 2.78 | In Amenas | 4337.66 | 4995.89 | 2.74 |
| Guelma | 4412.67 | 5200.54 | 2.85 | Machria | 4808.90 | 5769.95 | 3.16 |
| Constantine | 4902.39 | 5934.90 | 3.25 | Mila | 4652.36 | 5458.01 | 2.99 |

L'intégration du système d'énergie renouvelable (photovoltaïque) dans l'habitat étudié permettra la production d'une énergie moyenne de logement en Algérie d'environ 5252.51 kWh. Dans ce cas et sur une base annuelle, l'énergie produite dépasse la consommation moyenne du logement (4509.3 kWh), donc, le but à atteindre un bâtiment à énergie positive a été réalisé. Nous aurons un excès d'énergie annuelle d'environ 743.21 kWh que nous pouvons le revendre au réseau de distribution. De plus, le système d'énergie renouvelable permet d'éviter l'émission d'environ 2.88 tonnes de CO₂ par an.

- Nous notons que la ville la plus importante en matière de production d'énergie est Sétif, de sorte que la production excédentaire est d'environ 844.67 kWh et que la ville de production la plus basse est le taux de Tamanrasset de 4733.06 kWh, de sorte que l'excédent de production est d'environ 721.53 kWh.

- En ce qui concerne la région de Ouargla, l'énergie produite est d'environ 5317.34 kWh et le surplus de production est estimé à 955.99 kWh et, donc le système d'énergie renouvelable permet d'éviter l'émission d'environ 2.91 tonnes de CO₂ par an.

Le tableau suivant représente le temps de retour d'investissement pour les 46 stations

Tableau III.8 Temps de retour d'investissement pour les 46 stations

| Station | Temps de retour d'investissement (année) | Station | Temps de retour d'investissement (année) |
|---------------------|--|--------------------|--|
| Adrar | 2.41 | Mostaganem | 2.48 |
| Chlef | 2.41 | Mascara-Ghriss | 2.41 |
| Laghouat | 2.37 | Ouargla | 2.28 |
| Oum El Bouaghi | 2.36 | Oran Es Senia | 2.48 |
| Batna | 2.45 | Illizi | 2.37 |
| Bejaia | 2.33 | Bordj-Bou-Argeridj | 2.39 |
| Biskra | 2.28 | Tafaraoui | 2.39 |
| Bechar | 2.42 | Tindouf | 2.39 |
| Tamanrasset Aguenta | 2.35 | El Oued | 2.30 |
| Tébessa | 2.41 | Souk AHRAS | 2.46 |
| Tlemcen Zenata | 2.43 | NAAMA | 2.31 |
| Tiaret | 2.29 | Ghardaia | 2.42 |
| Tizi-Ouzou | 2.33 | AIN-SEFRA | 2.28 |
| Alger-Port | 2.46 | BENI-ABBES | 2.39 |
| Djelfa | 2.47 | Bordj Mokhtar | 2.38 |
| Jijel | 2.47 | Bou-Saada | 2.34 |
| Sétif | 2.38 | Dar-El-Beida | 2.36 |
| Saida | 2.29 | Djanet | 2.48 |
| Skikda | 2.47 | El Golea | 2.48 |
| Sidi-Bel-Abbes | 2.39 | Hassi-Messaoud | 2.31 |
| Annaba | 2.35 | In Amenas | 2.40 |
| Guelma | 2.35 | Machria | 2.31 |
| Constantine | 2.29 | Mila | 2.36 |

Le temps moyen de retour d'investissement d'un logement en Algérie est 2.38 années. Cette période variée entre chaque région.

- Pour Ouargla, le temps moyen de retour d'investissement d'un logement est 2.28 ans.

III.11 Conclusion:

Après avoir mené l'étude de ce chapitre, nous sommes en mesure de transformer un seul bâtiment consommant de l'énergie en un bâtiment à énergie positive situé dans 46 wilayas : choisissez donc un bâtiment à haute efficacité énergétique pour appareils ménagers et systèmes d'éclairage (lampes LED) et intégrez les énergies renouvelables pour répondre à nos besoins énergétiques. Le bâtiment

Nous avons intégré un générateur photovoltaïque multi cristallin de 3,12 KW et une unité atomique de 240 W dans l'habitat étudié, ce qui nous permet de produire une charge énergétique annuelle d'environ 5252.51 KWh et d'éviter des émissions de dioxyde de carbone de 2.88 tonnes par an dans Algérie.

Nous concluons donc que la ville de Ouargla est la meilleure zone pour réaliser des constructions positives sur une base annuelle car la période de récupération est la plus courte de la période de 2.27 années et évite l'émission de dioxyde de carbone d'environ 2.91 tonnes par an. En outre, le système produit le surplus d'énergie annuel excédentaire par rapport aux autres États estimé à 955.99 KWh pouvant être connectés au réseau de distribution.

Conclusion générale

Conclusion générale

La demande augmentée d'énergie notamment dans le secteur résidentiel rend la situation de la sa satisfaction plus complexe pour les responsables économiques et politique à l'échelle internationale que nationale. L'inefficacité énergétique et le changement climatique mondial rendent la recherche d'autres ressources d'énergie une obligation indispensable pour l'avenir de la planète terrestre.

Le gouvernement algérien comme tous les autres du monde ont pris en charge ce changement mondial vers les énergies renouvelables (solaire photovoltaïque et thermique, éolienne, géothermique, biomasse) pour d'une part diminuer le coût de l'énergie d'origine pétrolière, et d'autre part, réduire ses effets anti environnementales comme les émissions du gaz à effet de serre. Cette modeste étude s'est intéressée à l'orientation vers les bâtiments à basse consommation qui se présente comme la meilleure solution pour éviter l'inefficacité énergétique dans un secteur que nous pouvons le considérer comme le plus consommable d'énergie que les autres secteurs notamment en Algérie.

Cette étude a présenté des chiffres concrets de la consommation des panneaux solaires au sein des quarante-huit wilayas de l'Algérie tout dépendant au caractéristiques climatiques de chacun et en utilisant un système bien déterminer pour l'identification des résultats. Mais avant d'arriver aux résultats, la description du contexte énergétique algérien en termes de ressources, de production et de consommation totale d'énergie était la première étape de cette étude dans le premier chapitre: l'augmentation des besoins énergétiques dans notre pays vise de plus en plus une intégration rapide des énergies renouvelables tandis que la présentation et description des bâtiments à énergie positive qui constitue la relève des bâtiments actuels dans la vision prospective était la deuxième étape et enfin, la dernière partie présentait l'étude et l'application du système "Surfer" pour compter le coût de consommation d'énergie pour les bâtiments à énergie positive en Algérie.

Dans ce chapitre, nous sommes en mesure de transformer un bâtiment consommant d'énergie à un bâtiment à basse consommation tout en choisissant celui à haute efficacité énergétique pour appareils ménagers et système d'éclairage (lampe LED). Tout n'intégrant un système des panneaux photovoltaïques pour répondre aux besoins énergétiques, les résultats suivants ont été résumés:

Conclusion générale

- Le bâtiment que nous avons intégré un générateur photovoltaïque multi cristallin de 3,12 KW et une unité atomique de 240 W nous permet de produire une charge énergétique annuelle d'environ 5105.94 kWh et d'éviter des émissions de dioxyde de carbone de 2.79 tonne par an.
- La ville d'Ouargla est la meilleure zone pour réaliser des constructions positives sur une base annuelle car la période de récupération est la plus courte d'une période de 2.22 ans et éviter l'émission de dioxyde de carbone d'environ 2.56 tonnes par an.
- Le système produit plus d'énergie annuelle excédentaire par rapport aux autres pouvant connecter au réseau de distribution (état estimé à 922.18 kWh).

Enfin, cette étude prouve qu'une vision prospective sur la transformation des bâtiments actuels à des bâtiments à énergie positive est tout à fait possible dans la mesure de diminuer des coûts de production d'énergie et de réduction des émissions des gaz à effet de serre contre l'environnement et la terre toute entière.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] Hadia Benalouache, 2017. L'énergie solaire pour la production d'électricité au maghreb : transition énergétique et jeux d'échelles. Thèse de doctorat. Université de SFAX, Tunisie.
- [2] Kapsalaki M, 2012. Economic-efficient design of residential net zero energy buildings with respect to local context. Thèse de doctorat. Université de Porto, Portugal.
- [3] GHEDAMSI Rebha, 2018. Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à énergie positive en Algérie, Université Kasdi Merbah Ouargla, Thèse de doctorat
- [4] World E., Perspectives énergétiques mondiales 2016. International Energy Agency (IEA). Paris Cedex 15, France.
- [5]. Didier H., Marc L., Launch of IEA's New Transition to sustainable buildings strategies and opportunities to 2050 publication. International Energy Agency. 2013
- [6] Harkouss, F., Optimal design of net zero energy buildings under different climates. Mechanical engineering. Université Côte d'Azur, 2018.
- [7] Dr Abderrahmane Mebtoul, expert International en management stratégique directeur d'Etudes ministère Energie/Sonatrach, Les conditions de l'efficacité de la nouvelle inspection générale relevant du premier ministre, Le Matin, 15/07/2017.
- [8] Ministère de l'énergie, Bilan Énergétique national année 2017, Sonatrach des réalisations et engagements, Ministère de l'énergie, 2018
- [9] APRUE (Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie, Programme Eco-Bat, "L'efficacité énergétique dans le bâtiment" [en ligne], <<http://www.aprue.org.dz/prg-alsol-detail.html>>
- [10] Blervaque H. Règles de modélisation des systèmes énergétiques dans les bâtiments basse consommation. Doctorat Paristech. Thèse de doctorat. 2014
- [11] Chlela F, 2008. Développement d'une méthodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie, Thèse doctorat, Université de La Rochelle, France
- [12] Une évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Les changements climatiques projetés et les effets attendus. [en ligne]. <

Bibliographie

https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/fr/spms3.html> consulté le 25/02/2019.

[13] Boumediene, F., *Système hybride photovoltaïque-éolien, de production d'électricité. Application aux sites de Tlemcen et de Bouzaréah*. Mémoire de Magister Octobre 2012

[14] GHEDAMSI Rebha, *Elaboration d'un matériau de construction en vue de l'isolation thermique des bâtiments*, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2013.

[15] GOUAREH Abderrahmane, *Maîtrise et optimisation de la gestion énergétique en Algérie*, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès, thèse de doctorat, 2017.

[16] Nadia SAIFI, *CONTRIBUTION A LA CONCEPTION DES BATIMENTS A FAIBLE CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LES ZONES ARIDES*, Université Kasdi Merbah Ouargla, thèse de doctorat, 2015

[17] F. Kendouli, K. Nabti, K. Abed and H. Benalla, “ Modélisation, Simulation et Contrôle d'une Turbine Eolienne à Vitesse Variable basée sur la Génératrice Asynchrone à double alimentation ”, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 14 N°1, pp. 109-120, 2011.

[18] GOETZBERGER, A., BOPP, G., GRIESSHABER, W., STAHL, W. (1993). The PV/hydrogen/oxygen system of the self-sufficient solar house Freiburg. Conference record of the twenty third IEEE photovoltaic specialists conference. Louisville. pp. 1152–1158.

[19] Goetzberger, A., Stahl, W., Bopp, G., Heinzl, A., et Voss, K. 1994. « The self-sufficient solar house Freiburg ». *Advances in Solar Energy* 9. [en ligne] < <http://www.osti.gov/scitech/biblio/245114> .> consulté le 25/02/2019.

[20] CEA. 2010. « Plateforme INCAS, description des bâtiments test et des éléments et systèmes contenus ». *Projet ANR HABISOL 2008 SIMINTECH L1-1*.

[21] Maison I-BB de plateforme INCAS à Chambéry [en ligne] < <http://www.cea.fr/comprendre/Pages/climat-et-environnement.aspx> > consulté le 25/02/2019.

Bibliographie

- [22] Ricaud, A. et Lokhat, I. 2012. SOCIETE de l'ELECTRICITE, de l'ELECTRONIQUE et des TECHNOLOGIES de l'INFORMATION et de la COMMUNICATION « La maison ZEN ». La revue 3EI. [en ligne] <<http://www.thierry-lequeu.fr/data/3EI-73.pdf>.> consulté le 07/03/2019.
- [23] Disch. 2008. « Das Plusenergiehaus ». [en ligne] <<https://www.zuhause3.de/page/plusenergiehaus-definition-erklaerung>.> consulté le 08/03/2019.
- [24] Doaré, G. 2012. « Chloé, maison passive exemplaire ». Habitat Naturel. [En ligne] <<http://www.maisonpassive-chloe.com/pdf/Chloe-habitat%20naturel.pdf>.> consulté le 19/03/2019.
- [25] Centre National de Recherches Intégrées du bâtiment CNERIB, 2011. Réglementation thermique du bâtiment.
- [26] Ghedamsi R, Settou N, Saifi N, Dokkar B, 2014. Contribution on buildings design with low consumption of energy incorporated PCMs, Energy Procedia; 50: 322-332.
- [27] Ghedamsi R, Settou N, Gouareh A, Khamouli A, Saifi N, Recioui B, Dokkar B, 2016. Modeling and forecasting energy consumption for residential buildings in Algeria using bottom-up approach, Energy and Buildings; 121:309-317
- [28] Kaynakli O, 2008. A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness. Renewable Energy, 33:1164-1172
- [29] Centre de Recherche des Energies Renouvelables (CDER), 2014. Prix du panneau photovoltaïque en Algérie. Portail Algérien des Energies renouvelables.
<http://portail.cder.dz/spip.php?article3925>.
- [30] Krartia M, Ihm P. 2016. Evaluation of net-zero energy residential buildings in the MENA region. Sustainable Cities and Society, 22:116-125.
- [31] Bouharchouche A, Bouabdallah A, Berkouk E.M, Diaf S, et Belmili H, 2014. Conception et réalisation d'un logiciel de dimensionnement d'un système d'énergie hybride éolienphotovoltaïque, Revue des Energies Renouvelables. 17 N°3: 359 -376

Bibliographie

- [32] Kaabeche A, Belhamel M, Ibtouen R, 2011. Techno-economic valuation and optimization of integrated photovoltaic/wind energy conversion system, Solar Energy, 85:2407-2420.
- [33] CONVERTISSEUR AJ 24V/220V 2400W [en ligne] < <https://www.apb-energy.fr/convertisseur-studer-aj,fr,4,AJ-2400-24.cfm> >._Consulté le 11/04/2019.
- [34] Grille tarifaire du tarif Bleu en option base - au 11 décembre 2018 [en ligne] <<https://www.kelwatt.fr/guide/tarif-edf-2018>.> consulté le 18/04/2019.
- [35] Office National de la Météologie (ONM), 2019. Wilaya de Ouargla
- [36] Données climatiques (605350). Climat Djelfa (année 2018) [en ligne] < <https://fr.tutiempo.net/climat/algerie.html> > consulté le 17/04/2019.
- [37] Calcul du rayonnement solaire (ciel clair). [en ligne] < <http://data.cder.dz:81/> > consulté le 01/05/2019.

Annexe

Annexe

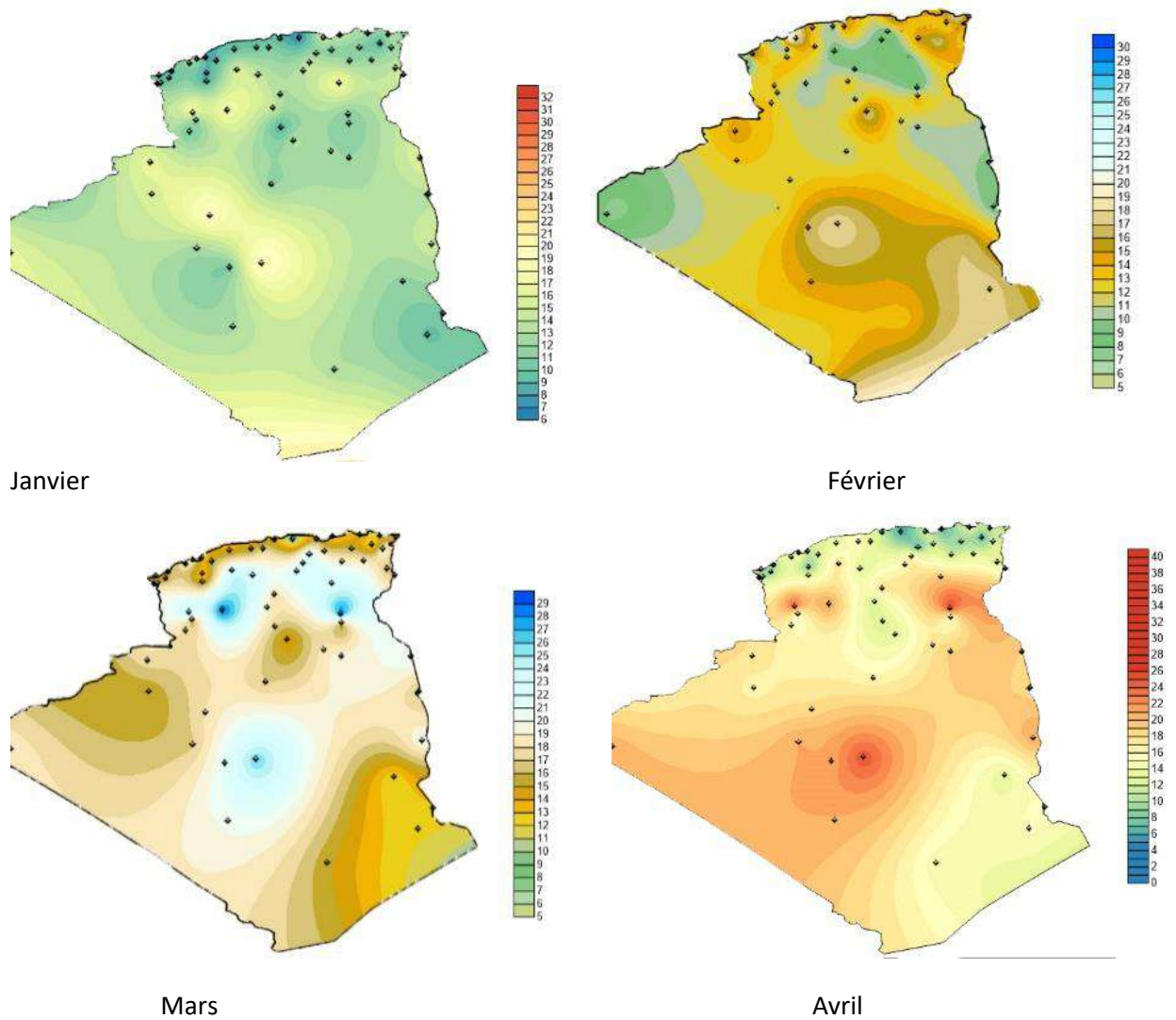
Annexe chapitre III

Tableau III. a. Les nombres des panneaux photovoltaïques et la surface occupée par les panneaux pour les 46 stations

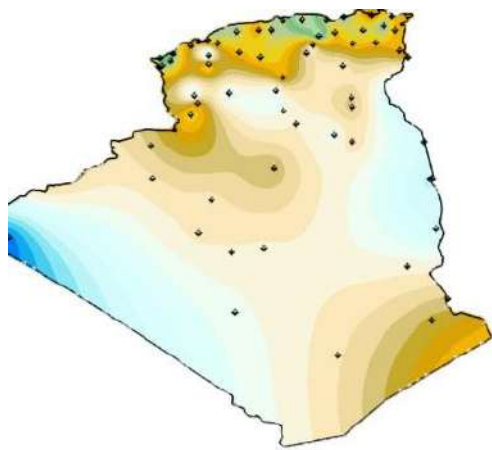
| Station | Nombre des panneaux photovoltaïque | Surface occupée par les panneaux | Station | Nombre des panneaux photovoltaïque | Surface occupée par les panneaux |
|--------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Adrar | 10 | 16.2 | MOSTAGA | 10 | 16.2 |
| Chlef | 11 | 17.82 | NEM | | |
| donnees | 12 | 19.44 | MASCARA | 11 | 17.82 |
| Laghouat | | | -GHRISS | | |
| OUM EL | 11 | 17.82 | Ouargla | 11 | 17.82 |
| BOUAGHI | | | Oran Es | 10 | 16.2 |
| Batna | 11 | 17.82 | Senia | | |
| Bejaia | 11 | 17.82 | Illizi | 10 | 16.2 |
| | | | BORDJ- | 11 | 17.82 |
| | | | BOU- | | |
| Biskra | 11 | 17.82 | ARRERIDJ | | |
| | | | TAFARAO | 12 | 19.44 |
| Bechar | 10 | 16.2 | UI | | |
| Tamanrasset | 9 | 14.58 | Tindouf | 10 | 16.2 |
| Aguenna | | | El Oued | 11 | 17.82 |
| Tebessa | 11 | 17.82 | SOUK | 11 | 17.82 |
| | | | AHRAS | | |
| Tlemcen | 10 | 16.2 | NAAMA | 11 | 17.82 |
| Zenata | | | | | |
| Tiaret | 12 | 19.44 | Ghardaia | 10 | 16.2 |
| TIZI- | 11 | 17.82 | AIN- | 11 | 17.82 |
| OUZOU | | | SEFRA | | |
| ALGER- | 11 | 17.82 | BENI- | 10 | 16.2 |
| PORT | | | ABBES | | |
| Djelfa | 11 | 17.82 | BORDJ | 10 | 16.2 |
| | | | MOKHTA | | |
| Jijel | 11 | 17.82 | R | | |
| Setif | 12 | 19.44 | Bou-Saada | 11 | 17.82 |
| | | | Dar-El- | 11 | 17.82 |
| SAIDA | 11 | 17.82 | Beida | | |
| Skikda | 10 | 16.2 | Djanet | 9 | 14.58 |
| SIDI-BEL- | 11 | 17.82 | El Golea | 10 | 16.2 |
| ABBES | | | Hassi- | 11 | 17.82 |
| Annaba | 11 | 17.82 | Messaoud | | |
| GUELMA | 11 | 17.82 | In Amenas | 10 | 16.2 |
| Constantine | 12 | 19.44 | Machria | 11 | 17.82 |
| | | | Mila | 11 | 17.82 |

III.11 Carte de Vitesse (Moyenne)

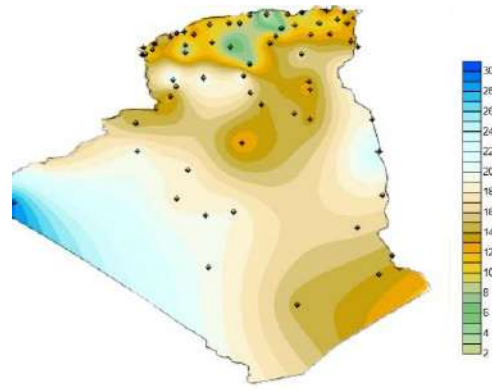
La figure III.7 ci-dessous représente une carte du territoire national où sont discutées les modifications de la vitesse du vent selon les mois d'une seule année comme ainsi de suite:



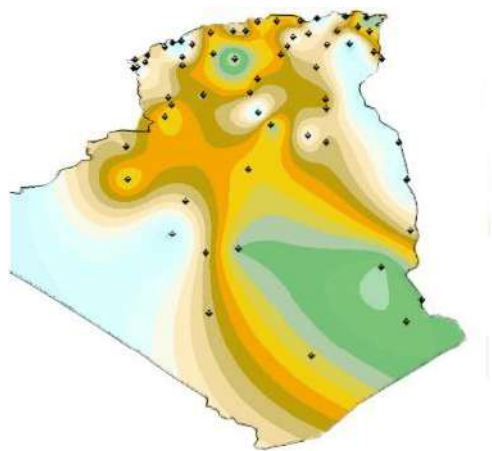
Annexe



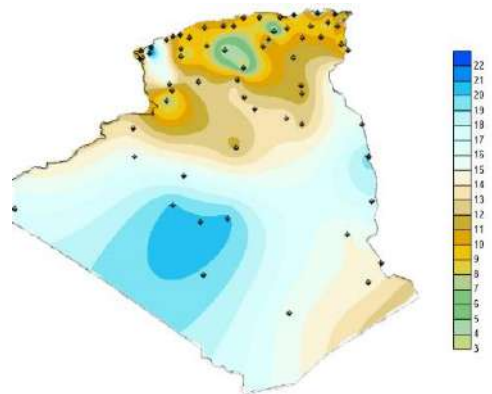
Mai



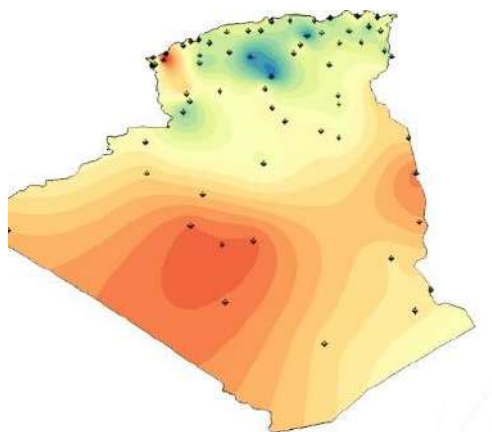
Juin



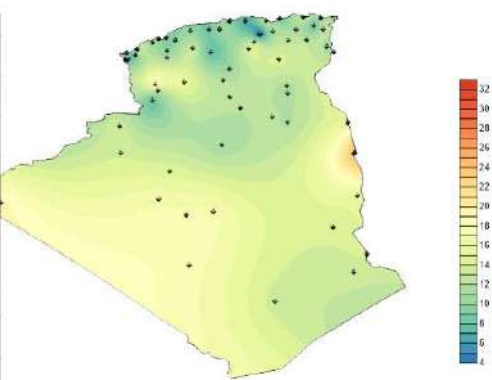
Juillet



Août



Septembre



Octobre

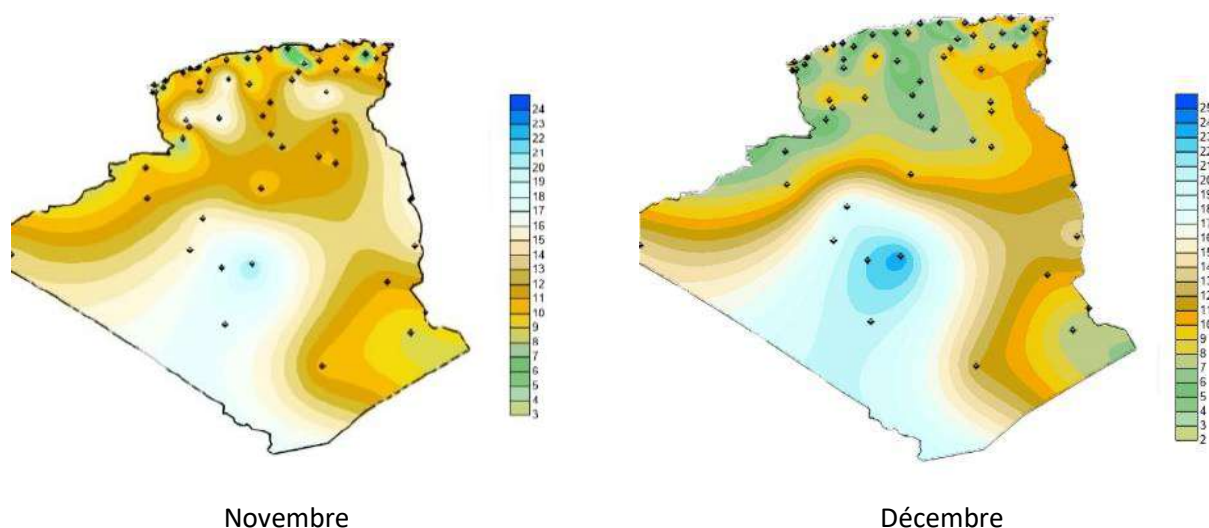


Figure III.9: Vitesse moyenne du vent pour les 46 stations [37].

Nous remarquons:

-En automne: l'existence des courants d'air sur les régions sud-est et sud-ouest ainsi que les régions littorales.

-En hiver: une diminution de la vitesse des vents sur les régions littorales tandis qu'il y a eu une stabilité de la vitesse des vents sur les régions sahariennes d'environ 20 km/h (le Grand Erg)

-Au printemps: une augmentation de la vitesse des vents tout au long du territoire national notamment les régions sahariennes (le Grand Erg)

-En été une certaine stabilité de la vitesse des vents entre 15-20 km/h dans les régions sahariennes tandis qu'elle se situe entre 7-12 km/h sur le nord du pays.

Cette étude a été réalisée dans le but de déterminer les cas pouvant être créés pour les centrales éoliennes, les plus importants les régions littorales et du désert, ainsi que dans le cas d'Adrar et de Tindouf et Amenas et In Salah Nord et AOULEF et EL-BAYADH et Mecheria et El Oued dans le but d'une vision prospective.

Résumé

Résumé

Résumé:

La réduction du coût de consommation d'énergie à l'aire de l'augmentation de sa demande rend une nécessité fortement demandée que se soit pour les citoyens ou pour le gouvernement. Pour cet objectif une vision prospective est en cours d'évaluation: il sert à transformer les ressource d'énergie actuelles par des ressources renouvelables moins chères et respectueuses de l'environnement notamment les panneaux photovoltaïques essentiellement dans le secteur résidentiel. Dans cette perspective, cette étude arrive à décrire la transformation des bâtiments par de bâtiments à basse consommation tout en comparant les deux ressources et en utilisant un système bien déterminé pour les résultats. Il ressort que les panneaux solaires sont effectivement moins chers et très respectueux de l'environnement et la meilleure zone pour cette démarche et la wilaya d'Ouargla la plus chaude zone du monde.

الخلاصة:

التقليل من سعر استهلاك الطاقة في عصرنا الحالي أصبح ضرورة ملحة من قبل المواطنين والحكومات على السواء ولان مصادر الطاقة الحالية مكلفة فإن نظرة مستقبلية في طور التقييم والتي تهدف إلى تحويل هذه المصادر إلى مصادر الطاقات المتجددة الأقل تكلفة والصديقة للبيئة خاصة الخلايا الشمسية الكريستالية و في قطاع السكن خصوصا ففي هذا الإطار جاءت الدراسة لتقييم هذا التحول من البنايات العادية إلى بنايات ذات طاقة ايجابية وذلك بمقارنة المصدرين و باستعمال نظام "Surfer" وقد تراءى من هذه الدراسة بأن الخلايا الشمسية أقل تكلفة وأقل اضرارا للبيئة وبأن المنطقة الأكثر ملاءمة لهذا النوع من الأنظمة هي ولاية ورقلة المنطقة الأكثر حرارة في العالم.

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

B.P.511, 30 000, Ouargla. Algérie