



Ministère de l'enseignement supérieur et de
La recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira Bejaia
Faculté de Technologie
Département d'Architecture



Mémoire Pour L'obtention Du Diplôme De Master en Architecture

Filière : Architecture.

OPTION : Architecture ville et territoire

Thème

**La réduction de la consommation énergétique d'un habitat
Algérien.**

**Le photovoltaïque et le photo bioréacteur (micro-algues)
comme alternatives.**

(Cas de la cité Aban Ramdane, Bejaia)

Présenté par :

M^{elle} BAKOUCHE Lynda

M^{elle} BEDJAOUI Thiziri

M^{elle} TOURI Tassadit

Jury :

M^r MESSAOUDI Sofiane	Enseignant	Univ.de BEJAIA	Président
M^r KEZZAR Med Akli	Enseignant	Univ.de BEJAIA	Examineur
M^{elle} MOUHOUBI Nedjima	Enseignante	Univ.de BEJAIA	Encadreur
M^r BADIS Abderrahmane	Enseignant	Univ.de BEJAIA	Encadreur

Soutenue le : 1^{er} mars 2017

Année Universitaire : 2016-2017

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier en premier lieu le Dieu tout puissant pour nous avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à nos encadreurs Melle Mouhoubi Nedjima et Mr Badis Abderrahmane pour avoir accepté de diriger ce travail et pour la confiance qu'ils nous ont témoigné, pour leur aide fournie afin de développer notre capacité de recherche, pour leur intérêt au sujet, nous les remercions aussi pour le grand soutien moral qu'ils nous ont apporté et leur patience.

Nous associons nos remerciements aussi à tous les gens qui nous ont aidés durant notre recherche tel que Dr Rekioua professeur au sein du département de génie électrique, Dr Boukeroui enseignant au sein du département de microbiologie, Mr et Me Alloui ,

Un grand merci aux habitants du quartier Abane Ramande pour avoir répondu avec pertinence à notre questionnaire.

Merci également à tous les organismes de la wilaya de Bejaia tel que le service de la météo au sein de l'aéroport de Bejaia pour leur aide et d'avoir accepté de nous fournir toute la documentation nécessaire pour bien mener notre recherche.

Merci à nos familles de nous avoir encouragé et soutenu le long de cette recherche et le long de notre cursus universitaire.

Nous remercions encore toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont aidés dans notre recherche.

Résumé

Dans le contexte actuel de la dégradation perpétuelle des énergies fossiles dans le monde notamment en Algérie due essentiellement à leurs surconsommations où le secteur du bâtiment est considéré le plus énergivore. De nouveaux labels d'habitat sont apparus en vue de satisfaire les besoins énergétiques en faisant appel à l'exploitation des énergies renouvelables comme l'habitat à énergie positive ou les bâtiments à basse consommation énergétique

L'objectif étant de concevoir une solution technique efficiente pouvant diminuer la consommation d'énergies fossiles, notre recherche vise un meilleur rendement des énergies alternatives à moindre cout dans un habitat algérien. Les deux alternatives constituant le cœur de cette recherche sont les panneaux photovoltaïques et les panneaux photo bioréacteurs (la culture des micros algues). Ainsi, une application sur un habitat collectif algérien (la cite Aban Ramdane Bejaia) et une conception de divers scénarios pouvant atteindre l'efficience énergétique est effectuée en termes de rendement et de cout.

Le choix du meilleur scénario étant basée sur la méthode d'analyse multicritère, nous avons abouti à une réduction non négligeable de la consommation des énergies fossiles et une utilisation optimale des énergies renouvelables.

Les mots clés :

Energie renouvelable, énergie fossile, habitat à énergies positif, panneaux photovoltaïque, panneaux photo bioréacteurs, scénarios.

Abstract

In the current context of the perpetual degradation of fossil energies in the world particularly in Algeria due essentially to its overconsumption, the building sector is considered as the sector with the most energy-consumption. New labels of habitat are emerged with a view to meet the energy needs by calling on the exploitation of renewable energies as the positive energy habitat or buildings with low consumption.

The objective is to devise a technical solution that can efficiently reduce the consumption of fossil energies, our research aims for a better performance of alternative energies to a lesser cost in an Algerian habitat. The two alternatives constituting the core of this research are the photovoltaic panels and photos bioreactors panels (culture of the Micros algae). Thus, an application on a collective Algerian habitat (district Abane Ramdan Béjaia) and a design of various scenarios that can achieve energy efficiency has been carried out in terms of performance and cost.

The choice of the best scenario is based on the method of multi-criteria analysis, we have resulted in a significant reduction of the consumption of fossil energies and the optimal use of renewable ones.

The key words:

Renewable energy, fossil energy, habitat to positive energies, photovoltaic panels, photo bioreactors panels, scenario.

ملخص

في ظل التدهور المستمر للطاقت اللامتجددة في العالم خاصة في الجزائر والذي يعود أساسا الى استهلاكها المفرط حيث يعتبر قطاع السكن القطاع الأكثر استهلاكا لها، هنالك عدة معايير سكنية جديدة ظهرت من اجل ارضاء الاحتياجات الطاقوية بالرجوع الى استهلاك الطاقات البديلة كالمسكن ذو الطاقة الإيجابية او المسكن ذو الاستهلاك الضئيل للطاقة، الهدف من ذلك إيجاد حلول تقنية ناجعة التي من شأنها ان تخفض من استهلاك الطاقة اللامتجددة بحيث يهدف الى تحقيق احسن مردودية للطاقة البديلة بسعر اقل في المسكن الجزائري.

ان البديلين الذين يشكلان قلب الموضوع في هذا البحث هما الألواح الشمسية والمفاعلات الحيوية (طحالب الدقيقة) ، و يسعى البحث الى التحقق من إمكانية هذه الأنظمة على المسكن الجزائري (حي عيان رمضان بجاية) وكذا تصميم عدة سناريوهات التي بإمكانها تحقيق الكفاءة الطاقوية في ما يخص تحسين المردودية و تخفيض التكلفة.

ان اختيار أفضل سناريو يتم اعتمادا على منهجية تحليل المعايير، اين سنتوصل الى تخفيض هام في استهلاك الطاقة اللامتجددة واستعمال أفضل للطاقت المتجددة.

الكلمات المفتاحية:

الطاقات المتجددة، الطاقات اللامتجددة، المسكن ذو الطاقة الإيجابية، الألواح الشمسية، المفاعلات الحيوية، سناريوهات.

Table de matière :

Remerciement

Résumé

Abstract

ملخص

Table des figures, tableaux et graphes

Chapitre Introductif

Introduction générale.....1

Problématique2

Hypothèses3

Objectifs3

Méthodologie4

Partie Théorique

Chapitre I : L'énergie

Introduction5

1- Définition et évolution du concept de l'énergie5

2- Forme d'énergie5

 2-1- L'énergie primaire5

 2-2- L'énergie secondaire ou dérivée.....6

 2-3- L'énergie finale.....6

3- Type d'énergie.....6

 3-1- L'énergie non renouvelable6

 3-1-1- Energie fossile.....6

 3-1-2- Energie nucléaire.....7

 3-1-2-1-principe de fonctionnement7

 3-2- L'énergie renouvelable7

 3-2-1- Exemple d'énergie renouvelable7

 3-2-1-1- L'énergie éolienne.....7

 3-2-1-1-1- Principe de fonctionnement8

 3-2-1-2- L'énergie solaire8

 3-2-1-2-1- Types d'énergie solaire.....8

 3-2-1-2-2- Utilisation de l'énergie solaire9

 3-2-1-3- L'énergie biomasse.....9

 3-2-1-3-1- Principe de fonctionnement.....10

 4- Le bilan de consommation de l'énergie dans le monde10

 4-1- La crise de l'énergie et le développement durable11

Conclusion.....11

CHAPITRE II : Habitat à énergie positive

Introduction.....12

 1- Habitat.....12

1-2- Définition et évolution de l'habitat.....	12
1-3- Types d'habitat.....	13
1-3-1- Selon l'emplacement.....	13
1-3-2- Selon les occupants.....	14
1-4- L'habitat, enjeux environnementaux et de sante	14
1-5- Vers un nouveau type d'architecture et d'habitat.....	15
1-5-1- Architecture écologique	15
1-5-2- Habitat écologique.....	15
1-5-3- Habitat bioclimatique.....	15
1-5-3-1- Principe de l'habitat bioclimatique	15
1-5-4- Habitat à haute performance énergétique	16
1-5-4-1-Habitat passif	16
1-5-4-2-Habitat à zéro énergie.....	17
1-5-4-3-Habitat à basse consommation	17
2- Habitat à énergie positive	18
2-2- Principes	18
2-2-1- La conception bioclimatique de l'habitat	18
2-2-2- Chauffage passive	19
2-2-3- Une isolation intérieure et extérieure renforcée	20
2-2-4- Suppression des ponts thermiques.....	20
2-2-5- Une bonne étanchéité à l'air.....	21
2-2-6- Le recours aux appareils ménagers de très faible consommation	21
2-2-7- Protection solaire par l'emploi des dispositifs de rafraîchissement passif	21
2-2-8- Ventilation naturelle et renouvellement d'air par une ventilation double flux avec récupération de chaleur sur air vicié	21
2-2-9- Récupération et utilisation des eaux pluviales	22
2-2-10- L'emploi des équipements performants et des énergies renouvelables	22
2-3- Exemples de réalisation	23
3- Labels et réglementations.....	24
3-1- Les labels	24
3-1-1- Le label HPE et ses différents niveaux	24
3-1-2- Le label HPE EnR.....	24
3-1-3- Le label THPE.....	24
3-1-4- Le label THPE EnR.....	24
3-2- Les réglementations.....	24
3-2-1- La RT 2005.....	24
3-2-2- La RT 2012.....	25
4- La Réglementation Thermique Algérienne.....	25
Conclusion	26

CHAPITRE III : habitat en Algérie

Introduction.....	27
1- Présentation générale de l'Algérie.....	27
2- Le processus d'urbanisation et la crise de l'habitat en Algérie.....	27
3- La réponse à la crise de logements.....	28
4- L'énergie en Algérie.....	30
4-1- Types et productions.....	30
4-2- La consommation d'énergie en Algérie.....	30
4-3- La consommation énergétique dans le secteur résidentiel.....	33
5- Potentiel des énergies renouvelables en Algérie.....	34
5-1- Potentiel Solaire	34
5-2- Potentiel Eolien	34
6- Stratégie nationale de maîtrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelables	35
6-1- Le secteur résidentiel.....	36
Conclusion.....	36
Partie pratique	
Introduction.....	37
Section 1 : La méthode de recherche	37
1- Le choix de la méthode.....	37
2- Présentation de la méthode des scénarios	38
3- Les objectifs de la méthode.....	38
4- Les types de la méthode.....	38
5- Les étapes de la méthode.....	38
6- L'outil de la méthode multicritère	40
6-1- Présentation	40
6-2- Etapes de mise en œuvre.....	40
6-3- Méthodes d'application.....	40
6-4- Description de la procédure utilisée dans l'AMC	41
6-4-1- Classement et notation	41
6-4-2- Processus de hiérarchisation analytique et comparaison par paires	42
II-section 2 : l'application de la méthode	43
1- La ville de Bejaia	43
2- L'air d'étude « cité Aban Ramdane »	43
III-Section 3 : application de la méthode sur le cas d'étude	45
1- Etape 1 : Analyse de la tâche.....	45
2- Etape 2 : Analyse des influences extérieures.....	45
3- Etape 3 : projection certaines et incertaines.....	46
4- Etape 4 : Analyse de la cohérence : assemblage des alternatives.....	47
5- Etape 5 : développement des scénarios ; description et visualisation.....	47
5-1- Les alternatives.....	47

5-1-1- Le choix des alternatives.....	47
5-1-2- alternative 1 alimentation en photovoltaïque uniquement	48
5-1-2-1- présentation.....	48
5-1-2-2- principe de fonctionnement.....	49
5-1-2-3- Les composantes d'une installation photovoltaïque.....	50
5-1-2-4- Types d'installation de panneaux photovoltaïque pour l'habitat.....	50
5-1-2-5- Intégration au bâtiments	51
5-1-2-6- Avantages et inconvénients.....	52
5-1-2-7- Le rendement des systèmes photovoltaïques	52
5-1-2-7-A- Le rendement selon le type de cellule.....	52
5-1-2-7-B- Les principaux facteurs influençant la production d'énergie électrique	
d'une installation PV	53
5-1-2-8- L'élément cout dans un système photovoltaïque	53
5-1-2-9- Exemples de réalisations	54
5-1-3- Alternative 2 alimentation en photo bioréacteurs uniquement	54
5-1-3-1- Présentation des micro algues	54
5-1-3-2- Les photo bioréacteurs	55
5-1-3-3- Principe de fonctionnement.....	56
5-1-3-4- Les éléments d'installation	58
5-1-3-5- L'entretien et maintenance	58
5-1-3-6- Avantages et inconvénients de la culture des micros algues	59
5-1-3-7- Le rendement des systèmes photo bioréacteurs (micro algues)	60
5-1-3-7-A- le rendement	60
5-1-3-7-B- Les paramètres influençant la croissance du micro algue	60
5-1-3-8- Exemples de réalisations.....	60
6- Etape 6 : Analyse des conséquences	61
6-1- Le dimensionnement	61
6-1-1- calcul du besoin journalier de l'habitat	61
6-2- Dimensionnement des panneaux photovoltaïques	62
6-2-1- calcul de la taille du generateur photovoltaïque.....	62
6-2-2- Dimensionnement des batteries	63
6-2-3- Dimensionnement du régulateur	64
6-2-4- Dimensionnement de l'onduleur	65
6-2-5- Dimensionnement des câbles.....	65
6-2-6- Description du scénario 1	66
6-3- Dimensionnement des panneaux photo bioréacteurs.....	67
6-3-1- Dimensionnement.....	67
6-3-2- Dimensionnement des éléments d'installation.....	68
6-3-3- Description du scénario 2.....	68

6-4-Dimensionnement de la combinaison panneaux photovoltaïque et des panneaux photo bioréacteurs	70
6-4-1- Dimensionnement des panneaux photovoltaïques.....	70
6-4-2- Dimensionnement des panneaux photo bioréacteurs	71
6-4-3- Description du scénario 3.....	72
6-5-Système de notation	74
7- Etape7 : Analyse des évènements perturbateurs.....	78
8- Etape8 : mise en œuvre vision et lignes directrices ; système de veille.....	78
9- Résultats et discussions	79
Conclusion.....	80
Conclusion générale.....	81
Bibliographie	
Annexes	

Liste de figure :

Figure 1 le principe de fonctionnement d'une éolien	08
Figure 2 : le principe de fonctionnement de l'énergie solaire photovoltaïque	09
Figure 3 : principe de fonctionnement de l'énergie solaire thermique	09
Figure 4 : la production de la biomasse	09
Figure 5 : Les principes de la conception bioclimatique d'un bâtiment.....	15
Figure 6 : les principes d'architecture bioclimatique	16
Figure 7 : les principes de l'habitat passif	16
Figure8 : Les caractères définissants l'habitat a basse consommation	17
Figure9 : un exemple de déperditions d'énergie comparées de l'enveloppe de différents logements de 96 m ²	18
Figure 10 : le chauffage passif dans l'habitat à énergie positive.....	20
Figure 11 : les principaux ponts thermiques.....	20
Figure 12 : Isolation thermique du bâti : les coefficients U du BEPOS	21
Figure 13 : le principe de la ventilation mécanique double flux.....	22
Figure 14 : le principe des capteurs solaire thermique	23
Figure 15 : les principes d'un habitat à énergie positive	23
Figure 16 : le projet « Sunstone » à Meyzieu-Jonage,	23
Figure 17 : le projet 30 logements collectifs BEPOS à Nantes avec le Grand Carcouët, inauguré en 2013	23
Figure 18 : une carte de gisement éolienne en Algérie	34
Figure 19 : le programme Algérien des énergies renouvelables	35
Figure 20 : l'ensoleillement en Algérie.....	43
Figure 21 : plan de situation de cas d'étude.....	44
Figure 22 : plan de masse de la cité Aban Ramdan.....	44
Figure 23 : Façade principale du bâtiment.....	44
Figure 24 : modules photovoltaïques.....	48
Figure 25 : Type De Cellule Photovoltaïque	49
Figure 26 : Principe De Fonctionnement D'une Cellule Photovoltaïque	49
Figure 27 : Schéma Principe D'une Installation Autonome De Panneaux Photovoltaïque.....	50
Figure 28 : Principe D'une Installation Raccorde Au Réseau.....	51
Figure 29 : Principe D'une Installation Raccorde Au Réseau	51
Figure 30 : La Maison Minto, A Ottawa, A Zéro Energie.....	54
Figure 31 : Immeuble HLM A Montreuil	54
Figure 32 : les micros algue.....	54
Figure 33 et 34 : Photo Bioréacteur	55
Figure 35: Voies possibles pour la production d'énergie.....	56
Figure 36 : le processus de production d'énergie par les photo bioréacteur dans un Bâtiment.....	57

Figure 37 : schéma récapitulatif des différents éléments entrant nécessaire à la culture des micros algue et les éléments sortant.....	57
Figure 38 l'installation photo bioréacteur.....	58
Figure 39: Atlanpole Blue Cluster meeting.....	60
Figure 40 : bâtiment Big house à Hambourg en Allemagne 2013.....	60
Figure 41 : bâtiment In Vivo Paris.....	60
Figure 42 : l'intégration des panneaux photovoltaïques sur la façade sud, scenario 1.....	66
Figure 43 : l'intégration des panneaux photo bioréacteurs sur la façade EST, scenario 2.....	69
Figure 44 : l'intégration des panneaux photo bioréacteurs sur la façade OUEST, scenario 2.....	69
Figure 45 : l'intégration des panneaux photos bioréacteurs (sur la façade) et les panneaux photovoltaïques (sur la toiture),scenario 3.....	73

Liste de tableau :

Tableau 1 : les Valeurs De Consommation D'énergie Dans Un Habitat A Basse Consommation.....	17
Tableau 2 : l'évolution De Taux D'urbanisation En Algérie De 1980 A 2011.....	28
Tableau 3 : l'évolution De Taux D'exode Rurale En Algérie Après L'indépendance.....	28
Tableau 4 : la consommation finale d'énergie par secteur en Algérie entre 2014 et 2015.....	33
Tableau 5 : la Consommation finale d'énergie par produit en Algérie entre 1962 et 2010.....	33
Tableau 6 : la consommation finale d'énergie par produit en Algérie entre 2013 et 2015.....	34
Tableau 7 : les statistiques des degrés d'ensoleillement par zones.....	34
Tableau 8 : la Fiche technique de la cité Aban Ramdan.....	43
Tableau 9 : la Fiche technique du bâtiment choisi.....	45
Tableau 10 : la classification des différents facteurs qui influencent notre cas d'étude selon les différents domaines.....	46
Tableau 11 : la classification des différents facteurs qui influencent notre cas d'étude en facteurs GIVEN et DRIVER.....	47
Tableau 12 : les composantes d'une installation photovoltaïque.....	50
Tableau 13 : les déférentes intégrations des panneaux photovoltaïque dans les bâtiments.....	52
Tableau 14 : les avantages et inconvénients des panneaux photovoltaïques.....	52
Tableau 15 : les types des cellules photovoltaïques et leur rendement.....	52
Tableau 16 : les avantages de la culture des micros algues pour les bâtiments et la ville.....	59
Tableau 17 : un questionnaire sur la durée de l'utilisation des appareils électrique destiné à un habitat.....	61
Tableau 18 : les résultats de dimensionné des panneaux de plusieurs puissance.....	63
Tableau 19 : nombre, cout et emplacement des éléments du système solaire photovoltaïques dans le bâtiment.....	67

Tableau 20 : le nombre, cout des éléments du système photo bioréacteur dans le bâtiment.....	69
Tableau 21 : nombre, cout et emplacement des éléments du système solaire photovoltaïques dans le bâtiment	73
Tableau 22 : nombre, cout des éléments du système photo bioréacteur dans le bâtiment.....	74
Tableau 23 : l'échelle sémantique.....	74
Tableau24 : système de notation	75
Tableau 25 : notes avec pondération.....	76
Tableau 26 : système de notation avec pondération.....	77

Liste de graphe :

Graphe1 : La consommation d'énergie dans le monde.....	10
Graphe2 : Répartition de la consommation totale d'énergie 2015	11
Graphe 3 : le besoin énergétique d'habitat à énergie positive	18
Graphe 4 : Évolution des exigences réglementaires de consommation énergétique des bâtiments neufs une rupture opérée par le Grenelle Environnement.....	25
Graphe 5 : l'évolution de la population en Algérie de 1960 à 2015	27
Graphe 6 : le pourcentage de la population urbaine en Algérie de 1960 à 2015.....	28
Graphe 7 : L'évolution de la consommation du pétrole en Algérie 2015	30
Graphe 8 : L'évolution de la consommation du gaz naturel en Algérie 2015.....	31
Graphe 9 : L'évolution de la consommation de l'électricité en Algérie 2015.....	31
Graphe 10 : La consommation finale d'énergie par produit type en Algérie 2015.....	32
Graphe 11 :la Consommation finale d'énergie par secteur en Algérie en 2015.....	32
Graphe 12 : les phases du programme Algérien des énergies renouvelables.....	36
Graphe 13 : l'objectif du programme Algérien des énergies renouvelables.....	36
Graphe 14 : le résultat des choix des habitants sur les scénarios proposés.....	78

CHAPITRE INTRODUCTIF

Introduction générale

Le besoin du confort s'est imposé dès la révolution industrielle, sa recherche a conduit à une augmentation considérable dans la consommation énergétique. Les causes étant que la classe moyenne croissait en nombre d'une part et que la surface occupée par habitant augmentait d'autre part.

La demande mondiale des énergies primaires et des énergies fossiles ont atteint leurs extrémités (Babusiaux.D, 2010). Les deux demandes les plus importantes concernent l'électricité dans les villes et les carburants pour les transports (Atmania H, 2015). Les réserves de pétrole et de gaz sont importantes, mais limitées, ce qui représente le principal inconvénient. Cette augmentation de la consommation est au centre des préoccupations de plusieurs pays vu l'insuffisance de la production des hydrocarbures engendrée par l'épuisement des réserves face à la demande de plus en plus croissante des énergies fossiles (Idem.).

Après le choc pétrolier, en 1970, l'augmentation des prix d'énergie fossile force les gens à améliorer leur confort en gaspillant moins (Mongazon.loir D, 2011). Face à cette crise énergétique due à la croissance de la consommation ainsi que les prévisions de la future pénurie des ressources fossiles et leur principal inconvénient sur l'écologie, le monde entier s'est tourné vers l'exploitation d'autres types d'énergies qui proviennent des sources renouvelables appelées « énergies propres ou vertes », celles-ci sont considérées comme une alternative à l'épuisement des énergies fossiles avec moins d'impact sur l'environnement (Atmania H, 2015). Les gouvernements ont ainsi promulgué un ensemble de textes et de lois visant la maîtrise des énergies fossiles et leurs consommations dans un premier temps puis le développement d'énergies alternatives vertes. Ceci étant dans un but de remédier à cette crise et d'assurer un modèle économique viable dans le temps. (Boursas. A, 2013).

Sachant que le secteur du bâtiment est le plus énergivore, il constitue une des premières cibles des politiques d'efficacité énergétique et des réglementations thermiques internationales (RT) successives. Celles-ci se sont d'abord intéressées à l'infrastructure puis aux équipements des bâtiments neufs et plus récemment des bâtiments existants (Hamado. H, 2011). Parmi ces réglementations thermiques, la RT2012 qui traduit une des exigences importantes de la loi Grenelle I, cette réglementation stipule que la consommation d'énergie des bâtiments neufs doit être inférieure à 50 kWh/m²/an, c'est dans cette perspective que la notion de bâtiment à basse consommation est adoptée (Idem.).

En Algérie, Le secteur du bâtiment est en plein expansion ; « *Le déficit de logements est évalué à 1.2 million d'unités* » (Boursas. A, 2013, p 23) ; résultant d'un retard accumulé de plusieurs décennies de manque de logement et d'équipement combiné à une forte croissance démographique et une urbanisation galopante due à l'exode rural. Cherchant un mode de vie plus confortable, les besoins énergétiques ne font qu'accroître, ce qui implique une surconsommation d'électricité engendrée par l'utilisation des équipements énergivores à savoir les climatiseurs, aspirateurs, réfrigérateurs et toute autres appareils électriques sont loin d'être conforme aux exigences environnementales (Benali Cherif. S. A ,2016). C'est pour cela que le secteur du bâtiment est l'un des secteurs dont la consommation a un impact significatif sur la consommation

globale d'énergie du pays soit 42% de la consommation finale où la consommation unitaire en énergie tourne autour de 2000kwh/an ce qui représente aux yeux des spécialistes près de 10 fois la norme internationale 200 à 250kwh/an (Aprue¹, 2015).

Actuellement le modèle énergétique en Algérie s'appuie sur les énergies fossiles dans tous les domaines (bâtiment, transport, industries...), en plus de caractère non renouvelable de cette énergie, son extraction, son transport et son utilisation engendrent beaucoup de maux principalement sur l'environnement (gaz à effet de serre). Aujourd'hui l'approvisionnement des ressources énergétiques durables est devenu comme précautions majeures du pays pour faire face à l'épuisement de cette ressource (Idem.).

Problématique :

Pour remédier à ces défis énergétiques et environnementaux et aussi à leurs déficits, plusieurs éléments de solutions peuvent être mis en œuvre de manière complémentaire. Du point de vue environnemental, les solutions sont très nombreuses et concernent notamment l'emploi des énergies renouvelables pour produire de l'énergie au sein des bâtiments comme :

- L'énergie solaire ;
- L'énergie hydraulique ;
- L'énergie géothermique ;
- L'énergie éolienne... etc.

Mais la quantité d'énergie produite par ces énergies pousse l'homme à s'interroger sur l'échelle d'intégration architecturale ; qu'il s'agisse des coûts d'installation (construction, fonctionnement et entretien), du rendement et de la surface d'application, cette complexité du processus incitera le développement des nouvelles technologies et des alternatives durables comme la technique des micro algues.

À travers ce constat, plusieurs questionnements surgissent, cependant, dans notre recherche, nous allons nous focaliser sur **la question de la réduction de la consommation énergétique d'un habitat en Algérie tout en assurant un meilleur rendement à moindre coût.**

Ainsi,

- Par quel moyen pouvons-nous réduire la consommation énergétique d'un habitat en Algérie ?
- Peut-on combiner plusieurs alternatives ?
- Quelle est la meilleure alternative en matière de coût et de rendement ?

Hypothèses :

L'enjeu aujourd'hui est à la fois de préserver et améliorer le confort des habitants et de réduire la consommation d'énergie des bâtiments. La réalisation d'habitat à énergie positive est un processus complexe qui nécessite un développement des outils performants. En effet, le choix des techniques retenues pour ce genre de conception influe de manière très importante sur la consommation énergétique du bâtiment.

¹ Aprue : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie

Afin de répondre aux questions posées dans la problématique, nous avons esquissé des pistes de recherche servant d'hypothèses :

Hypothèse 1 :

- L'intégration des panneaux photovoltaïques seuls permet de réduire la consommation énergétique d'un habitat Algérien avec un meilleur rendement et à moindre coût.

Hypothèse 2 :

- L'intégration des photos bioréacteurs (micro- algues) seuls permet de réduire la consommation énergétique d'un habitat Algérien avec un meilleur rendement et à moindre coût.

Hypothèse 3 :

- La combinaison des panneaux photovoltaïques et les photo bioréacteurs (micros algues) permettent de réduire la consommation énergétique d'un habitat Algérien avec un meilleur rendement et à moindre coût.

Objectifs :

L'objectif principal de notre recherche est de concevoir une solution technique efficace pouvant ainsi assurer une moindre consommation d'énergie fossile pour l'habitat algérien et un meilleur rendement des énergies alternatives assurant un confort et un moindre coût.

Écoulant de cet objectif, plusieurs sous-objectifs sont escomptés :

1. Reconnaître et identifier les différentes caractéristiques des panneaux photovoltaïques.
2. Reconnaître et identifier les différentes caractéristiques écologiques des panneaux photo bioréacteurs (micro-algues).
3. Comparer entre plusieurs scénarios de consommation d'énergies et repérer le scénario le plus adéquat pour un habitat algérien.

Méthodologie :

Pour répondre à la problématique émise, nous avons adopté une méthodologie se basant sur trois approches : conceptuelle, analytique et opérationnelle. Ainsi, pour la constitution d'un cadre référentiel pouvant assurer une base à notre recherche, nous nous sommes basé sur l'analyse de contenu après une recherche bibliographique et ce concernant la notion d'énergie en traitant ses types et ses évolutions et en particulier l'utilisation de l'énergie dans l'habitat en mettant l'accent sur l'habitat à énergie positive, ceci constitue notre première approche conceptuelle et théorique.

Ensuite, pour le contexte algérien, une approche analytique est adoptée. En effet, la lecture de plusieurs ouvrages soit généraux ou spécifiques ; des articles, des revues et des statistiques en

rapport avec le thème de l'habitat en Algérie, nous a permis d'analyser le contexte algérien en se focalisant sur l'évolution de l'habitat, les différents programmes ainsi que la consommation énergétique.

Pour l'opérationnalisation de notre recherche, la méthode des scénarios constitue le support de notre travail. Cette méthode est définie comme étant un ensemble formé par la description d'une situation future et du cheminement des événements qui permettent de passer de la situation origine à la situation future. Ainsi, nous avons étudié les différentes alternatives de consommation énergétique dans l'habitat et ensuite nous avons comparé et analysé les différents résultats afin de déceler la bonne alternative pour la réduction de la consommation énergétique dans l'habitat algérien, le choix était fondé sur l'analyse multicritères pouvant assurer la fiabilité de l'alternative choisie en termes de rendement et de coût.

PARTIE THEORIQUE
CHAPITRE I : L'ENERGIE

Introduction

Au long de son histoire, l'homme a employé les ressources végétales et animales de son environnement à divers usages. À partir du milieu du XIX^e siècle, beaucoup de ces utilisations ont été concurrencées par les combustibles fossiles et leurs dérivés (Barré, 1970). La croissance démographique s'est accompagnée d'une augmentation encore supérieure de la consommation énergétique, et les nuisances environnementales croissent dramatiquement.

Ces dernières années, le développement et l'exploitation des énergies renouvelables ont connu une forte croissance grâce aux avantages économiques et environnementaux procurés.

D'ici et au future, tout système énergétique durable sera basé sur l'utilisation rationnelle des sources traditionnelles et sur un recours accru aux énergies renouvelables outre l'énergie solaire, on distingue plusieurs sources d'énergies renouvelables à savoir l'énergie hydroélectrique, géothermique, biomasse et énergie éolienne.

Dans ce chapitre nous allons présenter la notion d'énergie, son évolution dans le temps, ces différentes formes, types et la consommation énergétique dans le monde.

1- Définition et évolution de l'énergie :

Le terme « énergie » est utilisé pour la première fois par Thomas Young en 1807, c'est un concept qui désignait en premier lieu un travail mécanique, mais au cours des décennies suivantes, le concept a été étendu à la chaleur. Au XIX^e siècle, James Prescott Joule, a découvert l'équivalence entre l'énergie thermique et l'énergie mécanique (Westra.T.M & al ,2002) qui révolutionne le monde.

La révolution industrielle a été le point de départ de l'exploitation des énergies, la surexploitation des forêts au XVIII^e siècle a entraîné un épuisement des ressources en bois (la source énergétique la plus utilisée pendant ce siècle) qui a provoqué une augmentation de la demande en charbon, ainsi l'invention par Thomas Newcomen de la machine à vapeur en 1712 a permis l'accélération de l'utilisation de cette source. Ce type de machine n'a pas pu satisfaire les besoins, cependant le pétrole a pris le pas, et de la même façon que d'autres techniques sont apparues afin d'exploiter le gaz naturel, ce sont les turbines à gaz. L'apparition de nombreux amonts liée à l'utilisation de ces énergies fossiles introduit au développement des nouvelles énergies plus durables (énergie renouvelable) (Idem.).

2- Forme d'énergie :

2-1- L'énergie primaire :

L'énergie primaire est une énergie brute, c'est-à-dire non transformée après extraction (Pétrole brut, gaz naturel, électricité primaire). En d'autres termes, il s'agit de l'énergie tirée directement de la nature (soleil, fleuves ou vent) ou contenue dans les produits énergétiques tirés de la nature (comme les combustibles fossiles ou le bois) avant transformation. On considère donc que l'énergie électrique produite à partir d'une éolienne, d'un barrage ou de capteur photovoltaïque

est une énergie primaire. La chaleur est fournie par les réservoirs géothermiques, les réacteurs nucléaires et les panneaux solaires qui convertissent les rayons solaires en chaleur.

L'énergie primaire n'est pas toujours directement utilisable et fait donc souvent l'objet de transformations par exemple : raffinage du pétrole pour avoir de l'essence ou du gazole, combustion du charbon pour produire de l'électricité dans une centrale thermique (Bernard .W , 2006).

2-2- L'énergie secondaire ou dérivée :

C'est une énergie obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion. La production d'électricité en brûlant du fioul en est un, ainsi nous pourrions citer : les produits pétroliers (secondaires) issus du pétrole brut (primaire), le charbon de bois (secondaire) issu du bois de chauffage (primaire)...etc. La branche industrielle qui effectue cette transformation est appelée industrie de l'énergie ou plus simplement branche énergie (Idem.)

2-3- L'énergie finale :

C'est une énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale. Il s'agit par exemple de l'essence à la pompe, de l'électricité au foyer, du gaz pour chauffer une serre, du bois utilisé par une chaufferie collective...etc. L'énergie finale peut être une énergie primaire (consommation de charbon dans la sidérurgie ou de bois par les ménages par exemple) ou non (Idem.).

3- Type d'énergie :

3-1- L'énergie non renouvelable :

Les énergies non renouvelables ou conventionnelles sont des formes d'énergie massivement employées pour répondre aux besoins de production et de consommation des humains. Ces énergies sont considérées comme étant épuisables. Parmi celles-ci, les plus utilisées au niveau mondial sont l'énergie nucléaire et l'énergie tirée des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel). De plus, les impacts de l'utilisation de ces sources d'énergie sont souvent des plus néfastes pour l'homme et l'environnement (OECD, 2007).

3-1-1- Énergies fossile :

D'après le dictionnaire de l'environnement et développement durable : « *Énergie fossile désigne l'énergie produite à partir de composés issus de la décomposition sédimentaire des matières organiques, c'est à dire principalement composés de carbone.* » (Dictionnaire de l'environnement et développement durable, 2003).

Les énergies fossiles sont produites à partir de roches qui se sont formées par le biais de la fossilisation de végétaux vivants sous forme de pétrole, de charbon et de gaz naturel. Ces sources d'énergie sont non renouvelables parce qu'elles sont consommées à un rythme excessivement rapide mais qu'elles ont mis des millions d'années à se former (Albercht J, 2009).

Le charbon, le gaz naturel et le pétrole sont des matières présentes dans le sous-sol de la terre. Leur particularité, c'est qu'elles brûlent très bien : ce sont d'excellents carburants. On les appelle « hydrocarbures ». Ils ont aussi l'avantage de pouvoir être facilement stockés et transportés, ce qui en fait la source d'énergie la plus pratique à utiliser (Idem.).

3-1-2- L'énergie nucléaire

Le mot nucléaire vient du latin « nucleus » qui signifie noyau. Alors que l'énergie nucléaire aussi appelée énergie atomique, est l'énergie produite via des réactions nucléaires caractérisées par la fission atomique des éléments chimiques ayant comme répercussions la transformation structurelle transitoire de ces éléments (OPG, 2010).

3-1-2-1- principe de fonctionnement :

Dans les centrales nucléaires, la génération d'électricité est obtenue pratiquement suite aux réactions de fission d'atomes dont l'uranium 235 U, qui est principalement l'élément le plus utilisé pour la production de cette énergie. L'uranium possède les plus gros atomes et c'est donc son noyau qui a plus de chance de se fractionner. L'électricité est obtenue par la chaleur produite lors de la fission de l'uranium 235 « bombardé » par des particules subatomiques appelées neutrons. Cette réaction se produit en permanence dans la nature, mais à un rythme extrêmement lent. Les réacteurs nucléaires accélèrent énormément ce processus en ralentissant les neutrons et en augmentant la probabilité qu'ils heurtent et divisent le noyau des atomes d'uranium. Cette énergie est utilisée dans le réacteur pour chauffer de l'eau qui, en s'évaporant, entraîne des turbines reliées à des génératrices qui produisent de l'électricité. (OECD, 2007). Les réacteurs nucléaires de l'Ontario utilisent des pastilles de combustible faites d'uranium naturel. Ces pastilles sont insérées dans des tubes en alliage de zirconium, métal spécial extrêmement résistant à la corrosion, d'environ 50 cm de longueur. Ces tubes sont ensuite fermés par soudage et regroupés dans ce qu'on appelle une grappe de combustible. Une seule de ces grappes de 50 cm peut produire assez d'énergie pour alimenter 100 maisons pendant un an. (OPG, 2010).

3-2- L'énergie renouvelable :

C'est une forme d'énergie qui se reproduit de façon constante pour être inépuisable dans le temps et parmi ces énergies renouvelables : l'énergie solaire, éolienne, hydraulique et la biomasse comme le bois et les plantes qui peuvent être des énergies renouvelables tant que l'homme existe sur la planète (Westra.T.M, & al, 2002).

3-2-1- Exemples d'énergie renouvelable :

3-2-1-1- L'énergie éolienne :

L'énergie éolienne c'est l'énergie tirée du vent par un dispositif aérogénérateur comme une éolienne qui transforme une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis

en énergie électrique. Elle tire son nom d'éole (en grec ancien Αἰολός, Aiolos) qui désigne le nom de dieu du vent dans la Grèce antique(Muschiatti.C et Friess .S, 2009).

3-2-1-1-1- Principe de fonctionnement :

Une éolienne appelée aussi aérogénérateur, permet une transformation de l'énergie cinétique produite par le vent en énergie mécanique dans le but de créer de l'électricité. Elle est composée d'un grand rotor qui est constitué de trois pales actionnées par le vent. L'énergie mécanique produite par la rotation de ces pales est transformée en énergie électrique grâce à un générateur. Elle se compose aussi d'un mât sur lequel est installée une nacelle renfermant la génératrice électrique (Idem.)

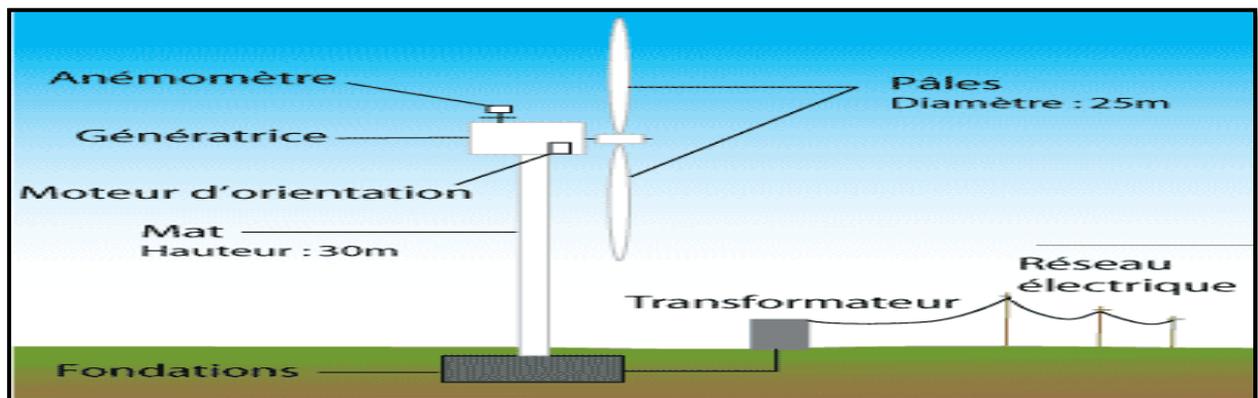


Figure1 :le principe de fonctionnement d'une éolien

(<http://www.larretenergie.fr/fonctionnement.php?cat=eolienne> , 3 novembre 2016)

3-2-1-2- L'énergie solaire :

C'est l'énergie fournis par le soleil et qui arrive sous forme de rayonnement électromagnétique pour être transformer en énergie thermique (chaleur) ou en énergie électrique (lumière) (Joder .C& al, 2004).

3-2-1-2-1- Types de l'énergie solaire :

- **L'énergie solaire thermique** : qui consiste à la production de la chaleur grâce à des panneaux solaires thermiques. Elle peut aussi produire de la vapeur à partir de la chaleur du soleil puis la convertir en électricité, elle possède de nombreuses applications : la production d'eau chaude, la production de la chaleur pour les maisons, le chauffage de l'eau des piscines, la réfrigération par absorption pour les bâtiments, la production de très haute température (Westra .M. T, & al ,2002).
- **Energie solaire photovoltaïque** : qui consiste à produire de l'électricité à partir de la lumière de soleil à l'aide des panneaux solaires photovoltaïques. Cette énergie basée sur l'effet photoélectrique permet de créer un courant électrique à partir d'un rayonnement électromagnétique (Guthridge-Gould .S ,2014).

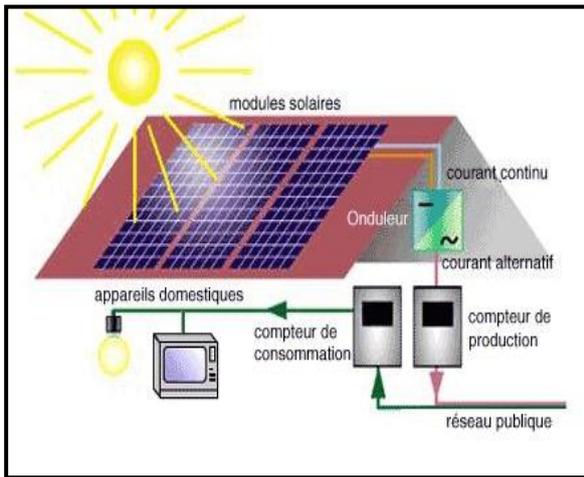


Figure 2 : principe de fonctionnement de l'énergie solaire photovoltaïque (<http://panneauxphotovoltaiques.durable.com/>, 3 novembre 2016)

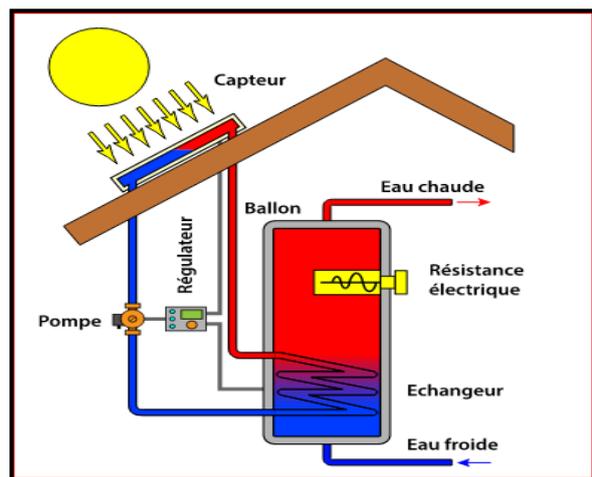


Figure 3 : principe de fonctionnement de l'énergie solaire thermique. ([Http://www.energie-solaire-thermique.fr/](http://www.energie-solaire-thermique.fr/), 3 novembre 2016)

3-2-1-2-2- Utilisation :

L'énergie solaire possède de nombreuses utilisations : l'éclairage des autoroutes, des arrêts d'autobus, pour Les communications (Stations de relais de téléphone, bornes d'appel d'urgences sur autoroutes, téléphones mobiles...), l'alimentation électrique pour des sites éloignés du réseau comme les forêts et les montagnes, des capteurs isolés (Infos météorologique, trafic routier, enregistrements sismiques, recherche scientifique), pour les stations de pompage ou d'irrigation et aussi elle est employé pour charger les batteries de voitures (Delagnes .D ,2007) .

3-2-1-3- L'énergie biomasse :

La biomasse est une « *masse vivante, considérée du point de vue de l'énergie que l'on peut en obtenir par combustion ou fermentation (gaz de broussaille, gaz de fumier, feu de bois)* » (Dictionnaire Larousse). D'après le dictionnaire environnement : « *La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale* » (dictionnaire environnement).

Parmi les principales formes de l'énergie de biomasse : les biocarburants utilisés pour le transport (produits essentiellement à partir de céréales, de sucre, d'oléagineux et d'huiles usagées) , Le bois pour le chauffage domestique, le biogaz pour la production de l'électricité et le chauffage et les végétaux qui se développent grâce au processus de photosynthèse (Wiesenfeld B, 2005) .

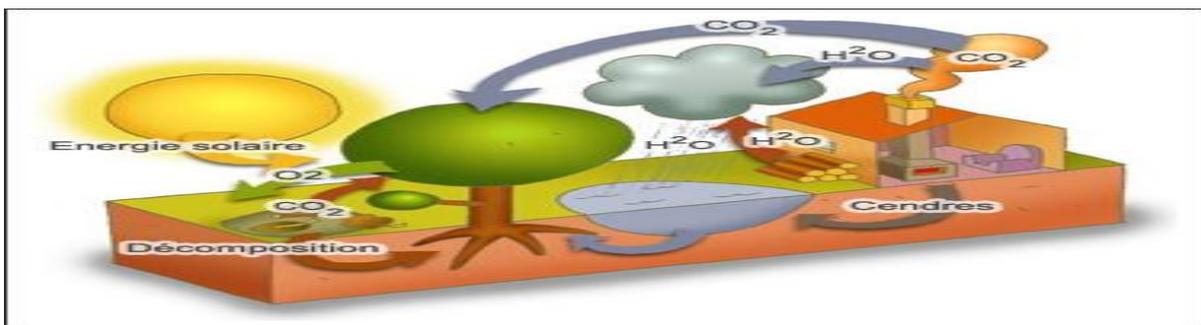


Figure 4 : la production de la biomasse (<http://www.labiomasse.com/quest-ce-que-la-photosynthese-et-lenergie-verte/>, 8 Novembre 2016.)

3-2-2-3-1- principe de Fonctionnement :

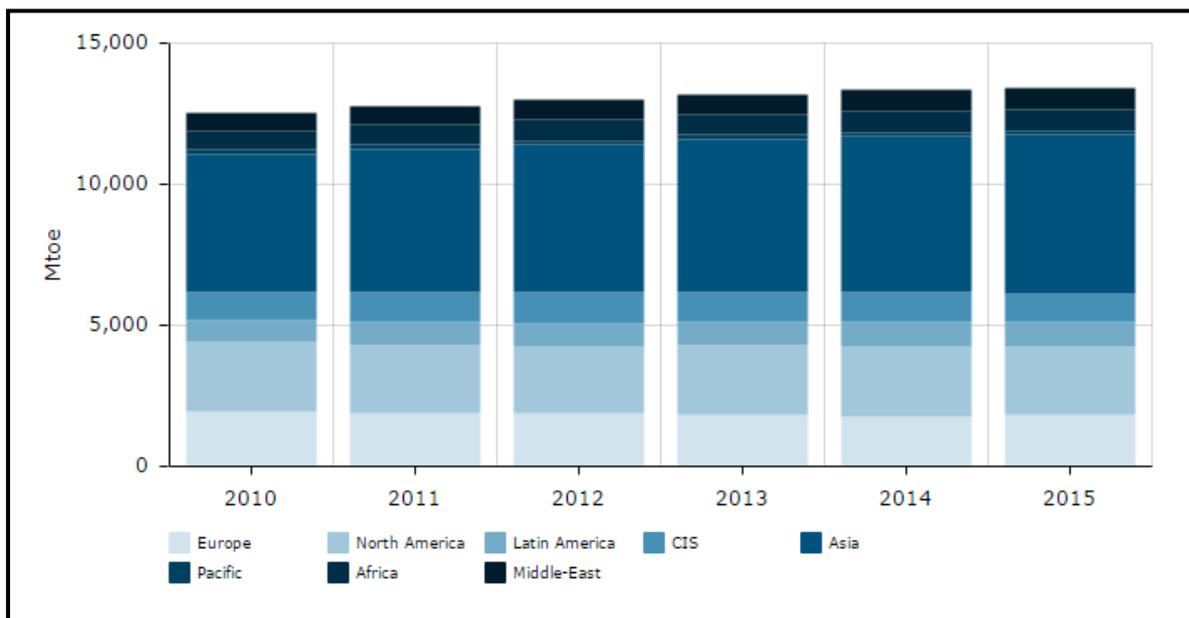
L'utilisation énergétique de la biomasse est possible grâce à des procédés de transformation thermochimique ou biochimique (Ministre en charge de l'énergie, 2011).

On distingue les technologies ayant pour objet :

- de transformer la biomasse en des biocombustibles de nature différente (bio méthane, hydrogène...) pour s'adapter aux usages visés et à leurs contraintes de productivité ;
- de convertir l'énergie primaire que représente les biocombustibles, ou la biomasse, en énergie finale (thermique ou électrique). (Direction Générale de l'Energie et du Climat, 2010).

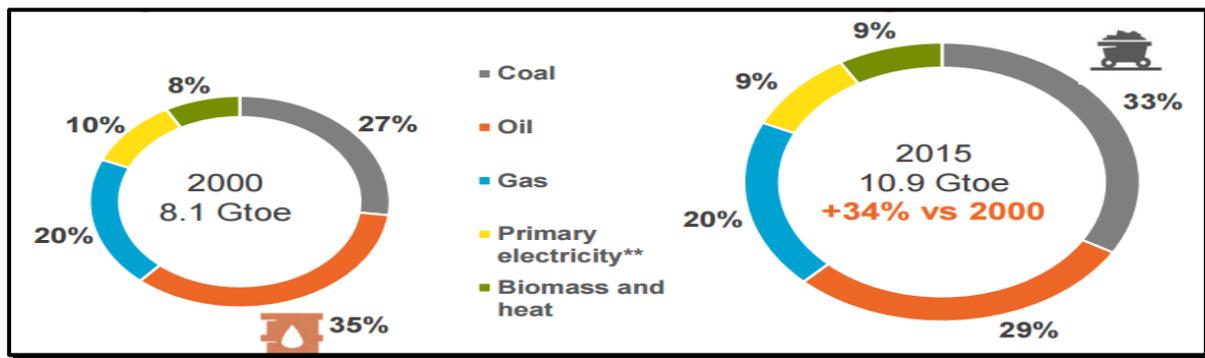
4-Le bilan de consommation de l'énergie dans le monde :

Les figures ci-dessous montrent l'évolution de la consommation d'énergie dans le monde. En 2015, les consommations mondiales d'énergie primaire se sont élevées à 9 650 millions de Tep, assurées par le pétrole où sa consommation entre 2000 et 2015 a atteint 303 Mtep² au niveau mondial, ainsi que le charbon, le gaz et l'électricité primaire. Les pays les plus consommateurs sont : la Chine 3,101 MTep , l'Etats Unis de 2,196 MTep et l'Inde 882 MTep . (Enerdata , 2016).



Graphel : La consommation d'énergie dans le monde (<http://www.enerdata.net> ,7 décembre 2016)

² MTep : Million de tonne équivalent pétrole



Graphe 2 : Répartition de la consommation totale d'énergie 2015 (<http://www.enerdata.net>, 7 décembre 2016)

4-1- La crise des énergies et le Développement durable ; vers un mode de vie écologique :

Depuis le XIX siècle, l'accélération de la croissance démographique et le développement industriel se traduisent par une progression de la production et de la consommation d'énergies fossiles. Or, cette augmentation de la demande et de l'utilisation provoque une crise : des problèmes de la gestion des ressources et l'impact de la consommation mondiale sur l'environnement ainsi que le climat.

La consommation mondiale annuelle d'énergie primaire est de l'ordre de 10 milliards de tonnes d'équivalent pétrole (tep). Les énergies fossiles fournissent près de 80 % de cette consommation totale (Dictionnaire Larousse)

Plusieurs efforts ont été fournis, cherchant un nouveau mode de vie écologique qui prend en compte : le développement économique, la santé de l'homme, la protection de l'environnement, une utilisation plus avantageuse de l'énergie et la satisfaction des besoins énergétiques de la population dans les prochaines années, l'un des conséquences de ces grands efforts : la naissance de développement durable qui est défini en 1987 par la commission Brundtland, son objectif principal est de protéger les ressources naturelles et énergétiques de la planète encourageant ainsi l'emploi des nouvelles sources énergétiques renouvelables (Westra .M.T, &al, 2002.).

Conclusion

Dans de ce chapitre nous avons abordé la question d'énergie et ce en donnant une définition et une présentation des diverses sources tout en les catégorisant. Nous avons mis l'accent sur les sources d'énergie non renouvelables, tel que l'énergie fossile et l'énergie nucléaire ainsi que sur les différentes sources d'énergies renouvelables qui existent à savoir l'énergie solaire, éolienne et la biomasse. Nous avons constaté que l'avantage principal de l'utilisation des sources renouvelables peut remédier à l'épuisement des ressources classiques et diminuer leurs impacts sur l'environnement principalement en matière d'émission de gaz à effet de serre autrement dit « le réchauffement de la planète ».

Encourager le développement des énergies renouvelable est synonyme d'indépendance énergétique qui ne peut être que positive au développement planétaire en répondant aux préoccupations de développement durable.

CHAPITRE II : HABITAT A ENERGIE POSITIVE

Introduction

Avoir une habitation, un abri est l'objectif fondamental de l'homme depuis des siècles afin de répondre à son besoin qui est la protection. Les changements des modes de vie de l'être humain au cours des années ont introduit la nécessité d'améliorer les conditions de vie donc à la conception des nouvelles formes d'habitations plus acceptables et plus confortables qui répondent à toutes les nécessités de la vie quotidienne de l'homme (chauffage, électricité, l'eau et ventilation... etc.). Cependant, ces nouvelles formes d'habitations plus modernes et leurs usages peuvent présenter de nombreux inconvénients, particulièrement leurs impacts néfastes sur l'environnement, autrement dit, la difficulté de maîtrise de la consommation d'énergie. Pour cela, plusieurs efforts ont été fournis en vue de la conception des habitations plus propres, plus économiques et dont l'impact sur l'environnement est réduit en utilisant des techniques écologiques choisies de manière logique donnant naissance à plusieurs concepts comme l'habitat à basse consommation BBC, l'habitat à énergie positive, la haute qualité environnementale HQE³ ... etc.

Dans ce chapitre, nous avons structuré notre travail de manière à aborder **L'habitat** en général dont nous étudierons son évolution, ses types et les enjeux environnementaux. Pour ensuite se focaliser sur **l'habitat à énergie positive** où nous étudierons les caractères qui la définissent, les labels ainsi que les réglementations thermiques.

1- L'HABITAT :

1-1- Définition et évolution de l'habitat :

L'habitat englobe de par son importance plusieurs dimensions : politiques, économiques, sociales et juridiques, cette multi-dimensionnalité la rend plus complexe à définir, encourageant cependant une multitude de chercheurs et d'auteurs à avancer différentes définitions (Kelkoul .R.L, 2011).

Ainsi, La charte d'Athènes définit l'habitat comme étant l'une des quatre fonctions de l'urbain qui sont : habiter, travailler, circuler, se créer (Mecheri. L, 2015)

Cependant, pour les politiciens l'habitat est un moyen de s'approprier l'espace par l'homme qui le permet d'être stable dans sa société (Idem.)

Néanmoins, pour les sociologues, l'habitat n'est pas limité aux seuls besoins fonctionnels mais il dépend essentiellement des modes culturels des habitants comme le confirme Nicol Aumont (Idem.)

D'après ces différentes définitions, nous constatons que l'habitat possède plusieurs sens selon les domaines, elle est loin d'être un simple abri destiné à se protéger, elle est donc un mode d'organisation inscrit dans cet abri qui traduit les cultures, les modes de vie des habitants et qui prouve leurs identités, leurs appropriations de l'espace et qu'ils permettent de vivre et de pratiquer toutes les fonctions de la vie quotidiennes.

L'habitat est l'un des concepts les plus anciens qui a évolué à travers l'histoire, au début de la préhistoire et même dans l'antiquité, les hommes se déplaçaient pour se protéger des

³ HQE : la haute qualité environnementale.

intempéries et des animaux sauvages et s'abritaient à l'intérieure des grottes ou des huttes (Torecilla. F. 2004).

Au XIXe siècle, l'augmentation de la population des grandes villes, la révolution industrielle, la maîtrise de l'acier, ciment et le développement de transport ont participé à l'évolution des bâtiments, les grands industriels construisent des logements pour loger les ouvriers à proximité des usines ; ces logements identiques sont sans confort (Idem.)

Le XXe siècle est marqué par l'exode rural et le développement de la ville, notamment après la 2eme guère mondiale, la ville est reconstruite et marquée par une forte pression démographique due à l'exode rural et à la révolution technologique. Pour faire face à cette situation, de nouvelles formes d'habitations sont apparus et qui sont construites rapidement dans une logique d'urgence, il s'agit des immeubles barre et des habitations en cube, jusqu'alors le problème de la consommation d'énergie dans l'habitat n'est pas une réelle préoccupation (Idem.).

Le choc pétrolier de 1974 a incité à prendre en conscience de thème de consommation d'énergie qui a induit à l'apparition de l'architecture écologique et du développement durable en 1987 par la commission Brundtland qui a comme objectif principale la préservation des ressources naturelles et énergétiques de la planète (Westra .M.T. &al.2002.)

Le XXIème siècle est marqué par la construction de nouvelles maisons individuelles et des habitats collectifs plus écologiques et ce grâce à la diffusion de la culture du développement durable et de la notion de l'écologie parmi eux les habitats « passives » qui consomme moins d'énergie et qui se distingue de l'habitat traditionnel par les matériaux utilisés, les techniques de chauffage et d'apport électrique (Torecilla .F .2004).

1-2- Les Types d'habitat :

1-2-1- Selon l'emplacement :

Il existe selon leurs emplacements deux types d'habitat ; l'habitat urbain et l'habitat rural :

-Habitat urbain :

C'est une forme d'habitat qui se situe dans les milieux urbains, dans les villes près de tous les services nécessaires permettant de faciliter la vie des habitants à savoir le lieu de travail, des transports en commun, de financement, d'hébergement, de soin et d'alimentation...etc. (Fassi.N, 2016)

-L'habitat rural :

C'est une forme d'habitat qui se situe dans un milieu agricole ou villageois, dans ce cas elles occupent de vastes terrains et sont distancées les uns des autres. Les services collectifs sont très limités et les commerces et les services de base se trouvent à plusieurs kilomètres de ces habitations. (Communauté métropolitaine de Montréal ,2011.)

1-2-2- Selon les occupants :

-Habitat individuel : il s'agit de l'habitat pour une seule famille (maison unifamiliale) disposant en général d'un certain nombre d'espaces à usage strictement privé : jardin, terrasse, garage, piscine...etc (Doledec.A.M, 2008).

-Habitat semi-collectif ou « intermédiaire » : c'est un groupement d'habitation qui possède un grand nombre de qualités d'un habitat individuel : jardin privé, terrasse, garage, entrée personnelle...etc., ils sont généralement plus denses. Il se caractérise par une hauteur maximale de trois étages (Idem.)

-Habitat collectif : bâtiment composé de plusieurs logements construits sur différents niveaux destinés à l'habitation de plusieurs familles, ces bâtiments peuvent être sous plusieurs formes : bloc d'immeuble, immeuble barre, immeuble écran, tour...etc. (Idem.)

1-3- L'habitat, enjeux environnementaux et de sante :

La Construction et l'occupation d'un habitat induit à des impacts directs et indirects sur l'environnement à tous les niveaux de son cycle de vie : utilisation des matériaux, transport des produits, mise en œuvre du bâtiment, utilisation (fonctionnement, utilisation courante, maintenance, rénovation) et des déchets en fin de vie (réutilisation, recyclage), ces impacts peuvent se résumer comme suit :

- Émission de gaz à effet de serre, en effet, le secteur du bâtiment est responsable de 13.4 GTeq⁴, environ 6,6% d'émission de gaz à effet de serre en 2010 à l'échelle mondiale qui fait de lui l'un des secteurs les plus polluants (Commissariat général au développement durable &al, 2016).
- Pollution de l'aire (par la poussière), du sol et de l'eau (par les déchets) ainsi que les nuisances (sonores et visuelles lors de la construction) .
- Surconsommation d'énergie : il est à noter que la consommation du secteur de bâtiment est de 46.3% en 2014 selon le Commissariat général au développement durable février 2016 (Maud. W, 2007).

Le bâtiment constitue donc un secteur énergivore mais aussi l'impact sur l'environnement n'est pas négligeable. Ainsi, l'amélioration dans la consommation énergétique et la diminution de son impact environnemental est d'actualité, plusieurs solutions sont alors mises en œuvre pour prendre en charge le bâtiment, son environnement et sa consommation énergétique, nous parlons alors d'architecture écologique, d'habitat écologique, d'habitat à haut performance énergétique (Habitat basse consommation, habitat bioclimatique, habitat passif, habitat à énergie positive et l'habitat à zéro énergie).

⁴ 1GegaTonnequivalen pétrole =1000Tonne équivalent pétrole ,Unité de mesure de l'énergie. (Dictionnaire Larousse)

1-4- Vers un nouveau type d'architecture et d'habitat :

1-4-1- L'architecture écologique :

L'architecture écologique est un mode de conception ayant pour but de concevoir une architecture respectueuse de l'environnement et de l'écologie, elle représente ainsi la mise en œuvre des technologies propres, la minimisation de l'impact sur l'environnement, la prise en compte des différentes énergies renouvelables, la mise en œuvre des matériaux respectueux à l'environnement et à l'habitant, la réduction de la consommation d'énergie et l'amélioration de la santé des utilisateurs. (Bruxelles environnement .2009)

1-4-2- L'habitat écologique :

C'est une construction qui est caractérisée par son faible impact sur l'environnement et elle prend en compte l'économie d'énergie, la durabilité. Son rôle est essentiellement de maintenir en bonne santé la planète, mais aussi ses habitants (Idem.).

1-4-3- L'habitat bioclimatique :

« L'habitat bioclimatique désigne un bâtiment dans lequel l'architecte profite au maximum des apports solaires, de l'orientation du bâtiment, des éléments architecturaux ou végétaux (ombrages, limitation des réflexions...), dans le but de réduire les besoins en chauffage et en climatisation. » (Mangazon Loir. D mas 2011p 2).

Il se caractérise par un volume compact, une disposition ingénieuse des pièces de vie, l'isolation et l'emploi des matériaux écologiques⁵. L'habitat bioclimatique possède généralement un bilan supérieure par l'utilisation des matériaux naturels qui nécessitent peu d'énergie (Marchetto.L., Clement.M. 2006). Il vise à réduire les besoins énergétiques, à offrir un confort thermique satisfaisant en toutes saisons c'est-à-dire : Un niveau de température interne acceptable, un contrôle de la surchauffe, une bonne distribution de la chaleur dans les pièces (Idem.)

1-4-3-1- Les principes de la conception bioclimatique :

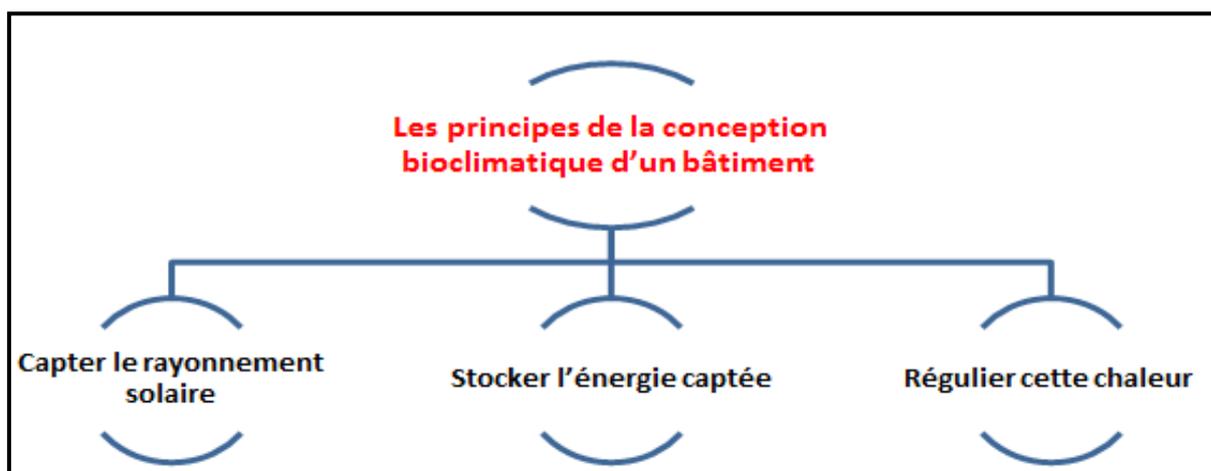


Figure 5 : Les principes de la conception bioclimatique d'un bâtiment (,Leroux.L ,2006 . Auteur)

⁵ Exemple des matériaux écologiques : le bois, béton cellulaire, brique a alvéole, brique creuse, terre crue laine minérale etc... (LEROUX.L 2006)



Figure 6 : les principes d'architecture bioclimatique ([http://www.jan-maison-passive.com/c bioclimatique](http://www.jan-maison-passive.com/c_bioclimatique) .20 décembre 2016)

1-4-4- L'habitat à haute performance :

C'est un habitat définie par le label HPE⁶ comme étant un habitat dont les consommations énergétiques sont au moins inférieures de 10% à la norme de la règlementation thermique de 2005 (Doledec .A.M, 2008).

1-4-4-1-L'habitat passif :

En anglais "*Passive House*", en allemand "*Passivhause*". La notion de bâtiment passif est une norme énergétique allemande, Le bâtiment passif désigne un bâtiment à très faible consommation énergétique qui garantit un climat intérieure confortable sans recours aux systèmes de chauffage ou de refroidissement et fait recours à des systèmes de ventilation suffisant pour que l'intérieure de cette habitation soit agréable toute l'année. (Ranck.L ,2014) cette norme exige que les besoins en chauffage sont inférieurs à 15kWh/m²/an, et les besoins en énergie primaire (chauffage, électricité...) inférieurs à 50kWh/m²/an (Moukomel .M ,2009).

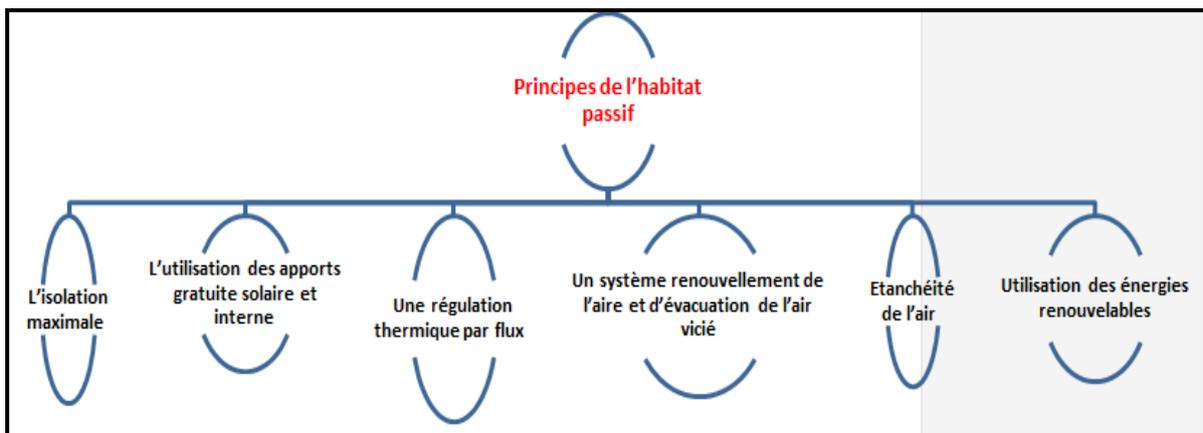


Figure 7 : les principes de l'habitat passif (Lequenn.P, Regassi.V. auteur)

⁶ HPE : Haute Performance Énergétique

1-4-4-2- Habitat à zéro énergie :

C'est un habitat qui produit la même quantité d'énergie qu'il consomme, il se caractérise par un bilan énergétique nul (la quantité d'énergie produite égale à la quantité consommée). Le principe consiste à réduire au maximum les besoins en chauffage, de refroidissement et d'électricité, grâce à l'utilisation des équipements plus performants et des énergies renouvelables (panneaux photovoltaïques, une turbine de vent...etc) (Ranck .L, 2014)

I-4-4-3- Habitat à basse consommation :

L'habitat dont la consommation en énergie primaire est inférieure ou égale à 50 kWh⁷/m²/an. Il s'agit d'isoler mieux les bâtiments de manière à consommer le moins d'énergie possible par la suite (chauffage, le rafraîchissement, la ventilation, l'eau chaude sanitaire, les auxiliaires de chauffage et l'éclairage). L'objectif de la notion de basse consommation est lié à la minimisation d'émissions de gaz à effet de serre à l'horizon. Cette consommation concerne les besoins de chauffage, eau chaude, sanitaire, de ventilation et de rafraîchissement (Bagui.A ,2009)

Usage	Valeur vers laquelle il faudrait tendre
Besoins en chauffage	15 kWh/m ² /an
Consommation totale en énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les appareils électriques	120 kWh/m ² /an
Consommation électrique totale	Inférieure à 55 kWh/m ² /an
Coefficient U _{op} de l'enveloppe opaque (murs, toiture, plancher)	U < 0,25 Wm ⁻² K ⁻¹
Coefficient U _w fenêtre et cadre	U _w < 1,3 Wm ⁻² K ⁻¹
Facteur de calcul pour passer de l'énergie finale en énergie primaire	Électricité : 2,98
	Gaz naturel : 1,07
	Fioul : 1,08
Consommation d'eau chaude sanitaire à 60 °C	25 l/personne/jour

Tableau 1: les valeurs de consommation d'énergie dans un habitat a basse consommation (Bagui.A ,2009 ,p 23)

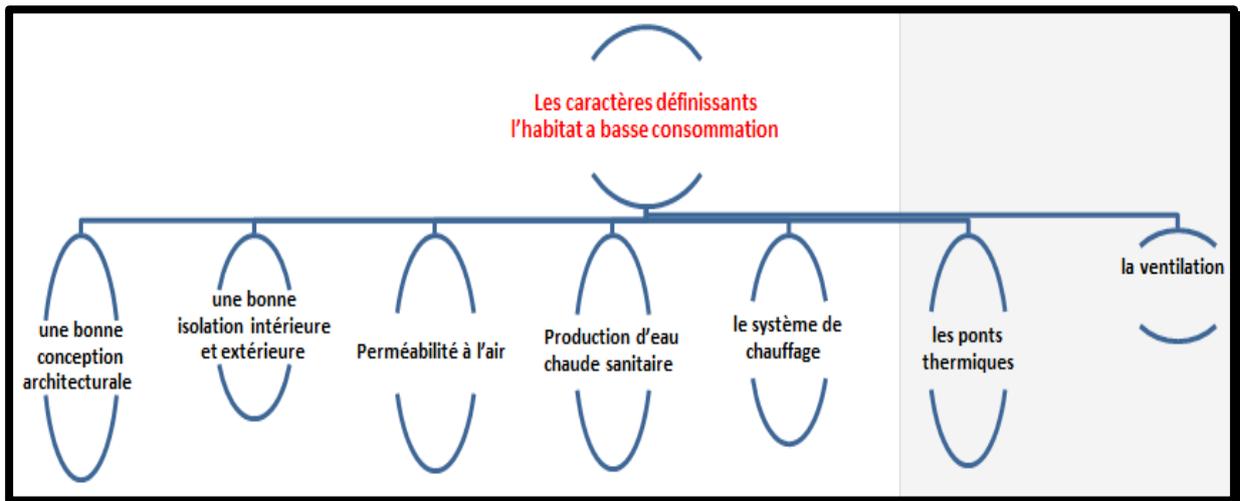
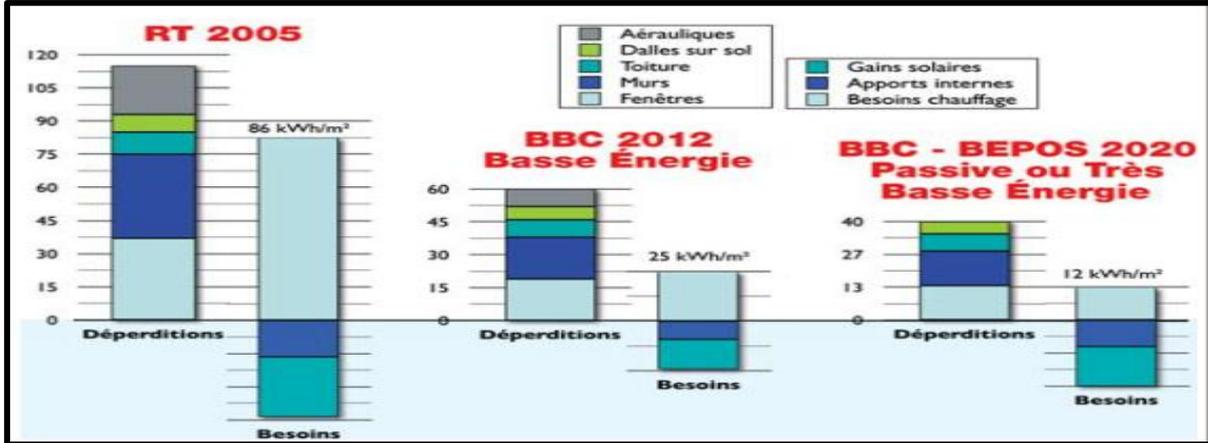


Figure 8 : Les caractères définissants l'habitat a basse consommation (Energivie .info, 2012. Auteur)

⁷ kWh : kilo wattheure

2- Habitat à énergie positive :

C'est un habitat qui produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il consomme pour son fonctionnement. C'est généralement un bâtiment passif très performant équipé en moyens de production d'énergie supérieures par rapport à ses besoins en énergie (Idem). L'habitat à énergie positive est un concept induit par la France par la Grenelle de l'environnement dans le cadre de la réglementation thermique de 2020. (ADEM⁸, Grenelle de l'environnement. 2009) il se caractérise par une consommation de chauffage inférieure à 12 kWh/m²/an (Alain GARNIER, 2010).



Graph3 : le besoin énergétique d'habitat à énergie positive (Garnier. A 2009 p 75)

2-1- Les principes de l'habitat à énergie positive :

2-1-1- La conception bioclimatique de l'habitat :

- **La forme du bâtiment** : Un bâtiment compact est un bâtiment qui a un rapport faible entre la surface des parois extérieures et la surface habitable pour avoir une efficacité thermique. Un bâtiment « découpé » nécessitera un effort particulier pour bien isoler l'ensemble des décrochements, car ils représenteront une part dans les déperditions et les points faibles pour l'isolation thermique. Le traitement de certains ponts thermiques pourra être difficile (Gillet.A, Levi .B, 2008).

A : forme compacte,
 B : forme étalée,
 C : forme découpée
 D : en bande.

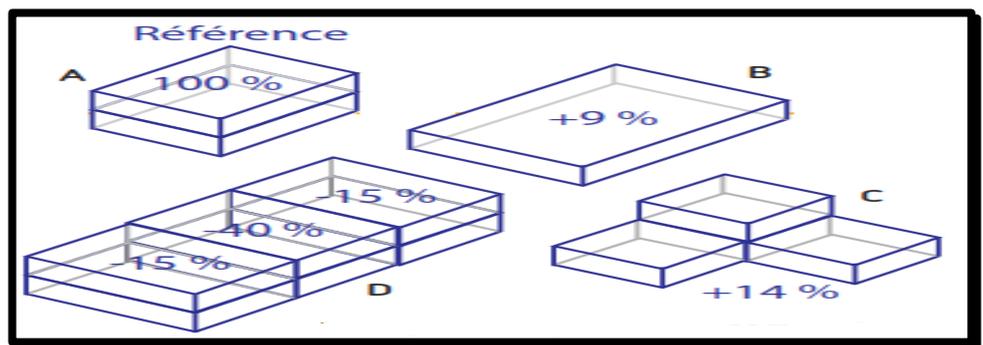


Figure 09 : un exemple de déperditions d'énergie comparées de l'enveloppe de différents logements de 96 m² (Energivie .info, 2012 p 10)

- **Les ouvertures** : Dans le bâtiment à énergie positive, le choix des fenêtres, portes et portes fenêtres a un poids important, que ce soit en termes de confort visuel, de consommation d'énergie et de confort d'été, d'où l'importance de vitrages et du coefficient de transmission thermique performant (ne devra pas dépasser 1,7 W/m². K et pourra aller jusqu'à 0,7 W/m². K). Ces fenêtres

⁸ ADEM : agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

sont composées d'un double ou triple vitrages (U_w ⁹ inférieur à 1), des menuiseries extérieures possédant une étanchéité parfaite et une très bonne isolation thermique (le bois et le PVC) (Gillet.A ,Levi .B, 2008).

Autrefois, la taille des fenêtres était limitée pour éviter les déperditions excessives en hiver.

Aujourd'hui, avec des fenêtres performantes équipées de volets efficaces, cet aspect s'atténue considérablement. Sont orientées vers le sud permettant ainsi de gagner plus d'énergie solaire (Energivie .info, 2012).

• **L'orientation des façades :** L'orientation d'une maison au sud de la façade permet de gagner environ 3 kWhep¹⁰/m an, quelle que soit la zone climatique (Energivie .info, 2012).

L'orientation des façades donne la possibilité d'intégrer des capteurs solaires (en toiture, en auvent, ...), de limiter les vitrages à l'ouest vis-à-vis le confort d'été, de favoriser un ensoleillement optimal des façades en hiver, de limiter les effets des vents d'hiver et de permettre une ouverture des fenêtres en été pour profiter de la fraîcheur du soir. La répartition des fenêtres dans la construction doit être judicieusement conçue : 50 % des surfaces vitrées au sud, 20 % à l'est et l'ouest, 10 % au nord. (Gillet.A ,Levi .B, 2008).

• **L'Organisation des espaces intérieurs :** L'orientation du bâtiment et l'aménagement des espaces intérieurs doivent être bien pensés pour bénéficier pleinement des apports solaires ; pièce de jours au sud avec des larges ouvertures verticales ; regrouper les pièces de nuit et les pièces utilitaires (garage, cellier, ...) au nord avec des ouvertures plus réduites, c'est en résumé le plan à suivre pour réduire la consommation énergétique tout en gagnant du confort (Energivie .info, 2012).

2-1-2- Chauffage passive :

Avoir un habitat à énergie positive nécessite une conception bioclimatique afin d'encourager des apports solaires passifs nécessaires au chauffage, donc différents paramètres sont à prendre en considération comme : la situation, l'orientation, la compacité, les ouvertures, le bon choix des matériaux, la protection aux vents, un environnement végétal autour du bâtiment pour éviter l'échauffement de l'air (Garnier A ,2012).

⁹ U_w : transmission thermique de fenêtre

¹⁰ kWhep : kilowattheure d' énergie primaire

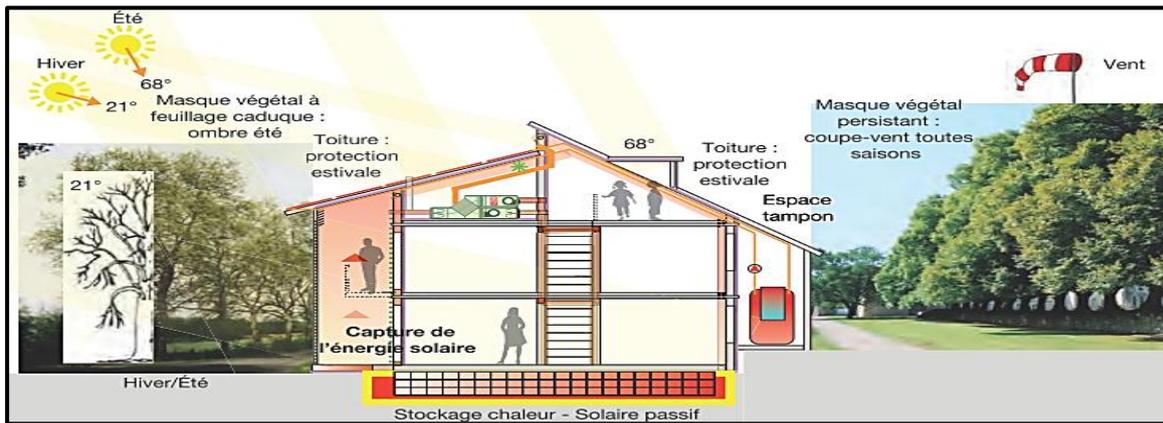


Figure 10 : chauffage passif dans l'habitat à énergie positive (Garnier A ,2012 p 4)

2-1-3- Une Isolation intérieure et extérieure renforcée :

Aujourd'hui, Les propriétés des matériaux utilisés pour les murs, le sol, le plafond et les fenêtres d'une maison ont une nuance directe sur la consommation d'énergie (Energivie .info, 2012). L'isolation des parois peut être réalisée soit par l'intérieur, soit par l'extérieur. Elle suppose l'utilisation des matériaux à forte inertie qui réceptionnent le rayonnement solaire d'hiver, (briques à alvéoles multiples, blocs de béton cellulaire, les mono murs terre cuite, panneaux de bois isolés...), les épaisseurs d'isolant des maisons performantes varient de 20 à plus de 40 cm pour les murs ; 30 cm pour la toiture ou le plancher des combles, 15 cm pour la façade et le plancher sur cave (Idem.).

2-1-4-Suppression des ponts thermiques :

Les ponts thermiques sont des zones de « fuite » de chaleur. Ils se situent généralement aux points de jonction des différentes parties de la construction : nez de plancher, linteaux à la périphérie des ouvertures...etc. Ce sont à l'origine des zones froides dans la maison et donc une source qui représente 10 à 40 % des déperditions totales du bâtiment. À leur niveau, on constate souvent la condensation de l'humidité, l'apparition de moisissures (Energivie .info, 2012).

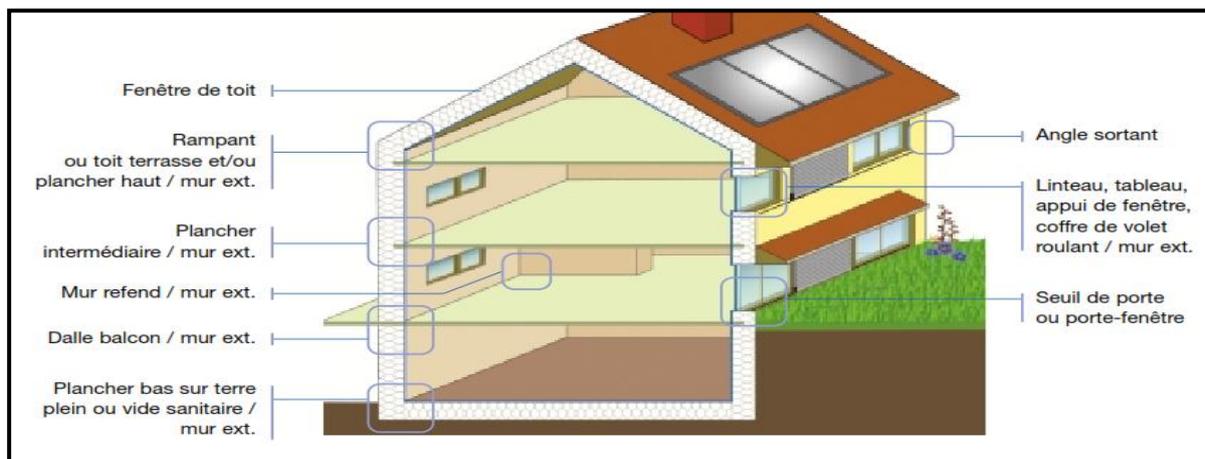


Figure 11 : les principaux ponts thermiques (Gillet. A ,Levi .B, 2008 p15)

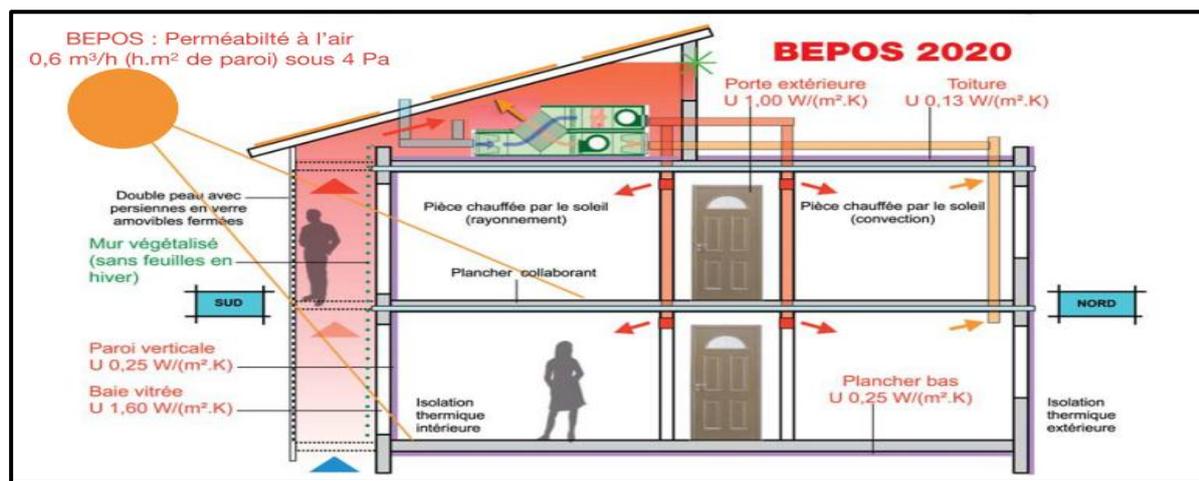


Figure 12 : Isolation thermique du bâti : les coefficients U du BEPOS (Garnier. A 2009 p 2)

2-1-5- Une bonne étanchéité à l'air :

Un bâtiment dont l'étanchéité à l'air est de mauvaise qualité génère un grand gaspillage d'énergie, de confort, de santé et d'acoustique (pour une surface habitable de 100 m, 200 m d'air chaud sont perdus chaque heure). Lorsque les bâtiments sont peu compacts, la qualité d'étanchéité à l'air est encore plus importante. Les défauts d'étanchéité se traduisent par des inaltérations d'air qui se situent principalement au niveau des jonctions : menuiseries extérieures, passages des câbles et appareillages électriques, trappes et éléments traversant les parois, liaisons façades-planchers et façades-toitures (Energivie .info, 2012) .

2-1-6- Le recours aux appareils ménagers de très faible consommation. (Pricoupenko .J & al. 2010).

2-1-7- Protection solaire par l'emploi des dispositifs de rafraîchissement passif (Idem.).

2-1-8- Ventilation naturelle et renouvellement d'air par une ventilation double flux avec récupération de chaleur sur air vicié :

La ventilation d'un habitat est impérative pour maintenir une ambiance saine et évacuer la vapeur d'eau et l'air pollué ou vicié produits par l'usage du logement (une famille de 4 personnes produit environ 12 litres de vapeur d'eau par jour), pour éviter la condensation, odeurs et dégradations et assurer la pérennité du bâtiment. Le rôle essentiel d'une ventilation de qualité est donc de garantir la qualité sanitaire de l'air tout en limitant les consommations d'énergie (Energivie .info, 2012).

• **La VMC ¹¹double flux** : cette technique de ventilation permet de réduire les pertes de chaleur essentielle à la ventilation par la récupération de la chaleur de l'air vicié de l'habitat pour

¹¹ VMC : ventilation mécanique double flux

réchauffer l'air neuf venant de l'extérieur qui est filtré. Ce système possède plusieurs avantages comme : l'économies de chauffage par la récupération jusqu'à 90% des calories de l'air extrait, assure un confort par la filtration d'air, l'isolation acoustique.(caisse d'épargne,2009)

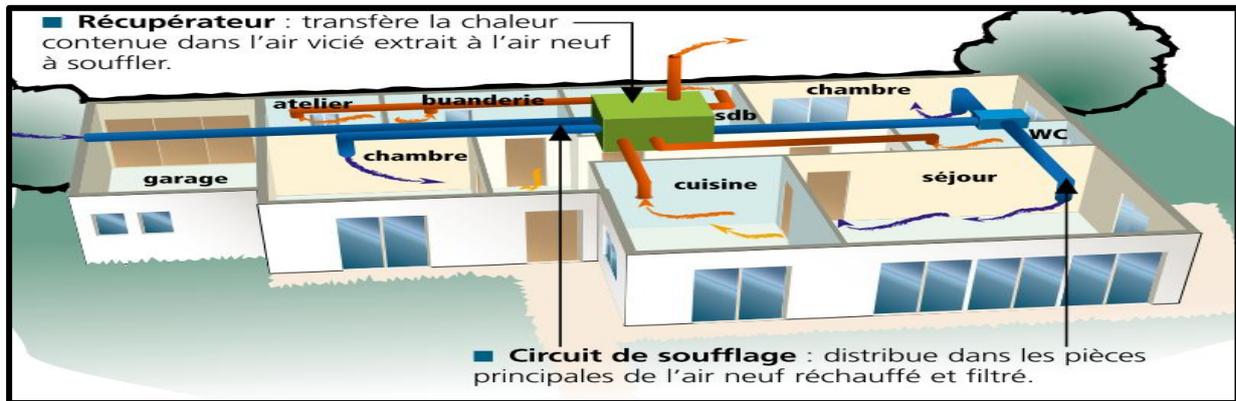


Figure 13 : le principe de la ventilation mécanique double flux (ADEM, 2008 p16)

2-1-9- Récupération et utilisation des eaux pluviales :

Les eaux pluviales peuvent être récupérées et employées pour d'autres services comme l'arrosage, pour lave-linge, cette opération est réalisée par une cuve extérieure ou enterrée, la récupération et l'utilisation des eaux pluviales est une action très écologique et même économique (caisse d'épargne,2009).

2-1-10- L'emploi des équipements performants et des énergies renouvelables :

(capteur photovoltaïque, capteur solaire thermique, aérogénérateur, pompe à chaleur sur nappe) (Pricoupenko. J & al, 2010).

• Pompe à chaleur :

Pour le chauffage de ces bâtiments, il existe de nouveaux équipements plus performants que les chaudières qui sont les pompes à chaleur à absorption gaz et les PAC¹² à absorption gaz associées à des centrales de traitement d'air qui servent non seulement pour le chauffage mais aussi pour la climatisation, la ventilation et le rafraîchissement (Garnier. A, 2009).

• Capteurs solaires thermiques :

Les capteurs solaires thermiques sont utilisés pour chauffer et aussi pour produire de l'eau chaude, après être exposés au soleil le capteur chauffe l'eau, ce dernier est emmagasinée dans un ballon solaire ensuite distribuée dans l'habitation par le circuit des radiateurs, le ballon est relié à un appoint servant comme complémentaire en cas de manque d'ensoleillement, le poêle a des

¹² PAC : La pompe à chaleur

convecteurs électriques, une chaudière gaz qui peut servir comme appoint. (Pricoupenko.J & al ,2010).

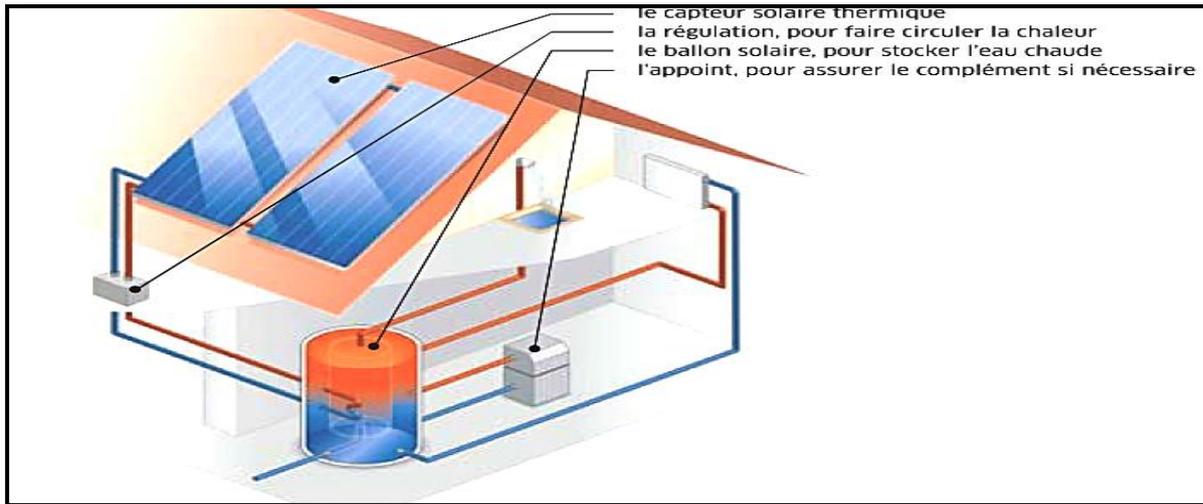


Figure 14 : le principe des capteurs solaire thermique (caisse d'épargne ,2009,p24)

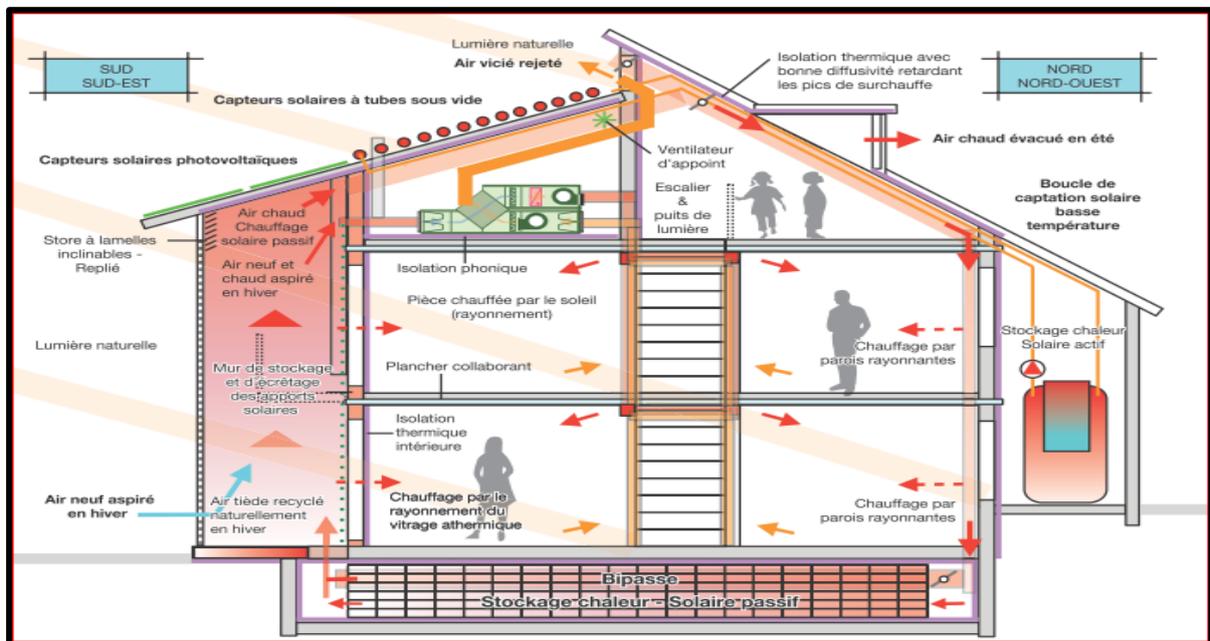


Figure 15 : les principes d'un habitat à énergie positive (Garnier A ,2012 ,p5)

2-2- Exemples de réalisation :



Figure 16 : le projet « Sunstone » à Meyzieu-Jonage, c'est un parc tertiaire à énergie positive à Lyon, se compose de 15 bâtiments répartis en 6 îlots (bâtiment durable méditerrané &al 2014 p4)



Figure 17 : les 30 logements collectifs BEPOS à Nantes avec le Grand Carcouët, inauguré en 2013 (bâtiment durable méditerrané &al 2014 p 6)

3- Labels et réglementations :

3-1- Labels :

3-1-1- Le label HPE et ses différents niveaux :

Le décret de publication de l'arrêté relatif à la réglementation 2005 est apparu en date du 25 mai 2006 en France, fixant une exigence minimale de performance énergétique des bâtiments neufs ; qui définit les conditions d'attribution du label permettant d'identifier les constructions à performance supérieures. Ce décret fait référence à des niveaux d'exigence :

HPE¹³ 2005, HPE EnR 2005, THPE¹⁴ 2005, THPE EnR 2005 (Bagui.A, 2009)

Le label de haute performance énergétique (HPE), est réservé aux bâtiments présentant une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 10 % à la consommation définie par la RT 2005 (Idem.)

3-1-2- Le label HPE EnR :

Un niveau est adjoint à ce label sous la dénomination HPE EnR 2005, pour les bâtiments respectant les exigences du label HPE et dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage vient d'une installation biomasse ou alimentée par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergie renouvelable. (Bagui.A ,2009)

3-1-3- Le label THPE :

Le label très haute performance énergétique (THPE) définit quant à lui une consommation conventionnelle d'énergie au moins inférieure de 20 % à la consommation de référence définie par la RT 2005. (Bagui.A ,2009)

3-1-4- Le label THPE EnR :

Un niveau est également adjoint au label THPE sous la dénomination THPE EnR 2005, mais cette fois-ci pour les bâtiments respectant des exigences encore supérieures : avec un gain de 30 % par rapport à la RT 2005. Pour bénéficier de ce label, les bâtiments concernés devront également utiliser les énergies renouvelables comme la biomasse, les pompes à chaleur, le solaire thermique ou photovoltaïque. (Bagui.A ,2009)

3-2- Les réglementations :

3-2-1- La RT 2005 :

La réglementation thermique RT 2005 est inspirée du le label Effinergie (lui-même est claqué sur label suisse Minergie et du label allemand Passivhaus), fixe une limite de consommation énergétique de référence (appelé Cepréf) de 150 KWh par m² et par an en moyenne. Sachant qu'elle diffère selon la zone climatique (H1, H2 et H3) ; d'un facteur 0,8 à 1,3 selon l'altitude et la zone climatique ; ainsi qu'aux bâtiments tertiaires présentant une consommation conventionnelle

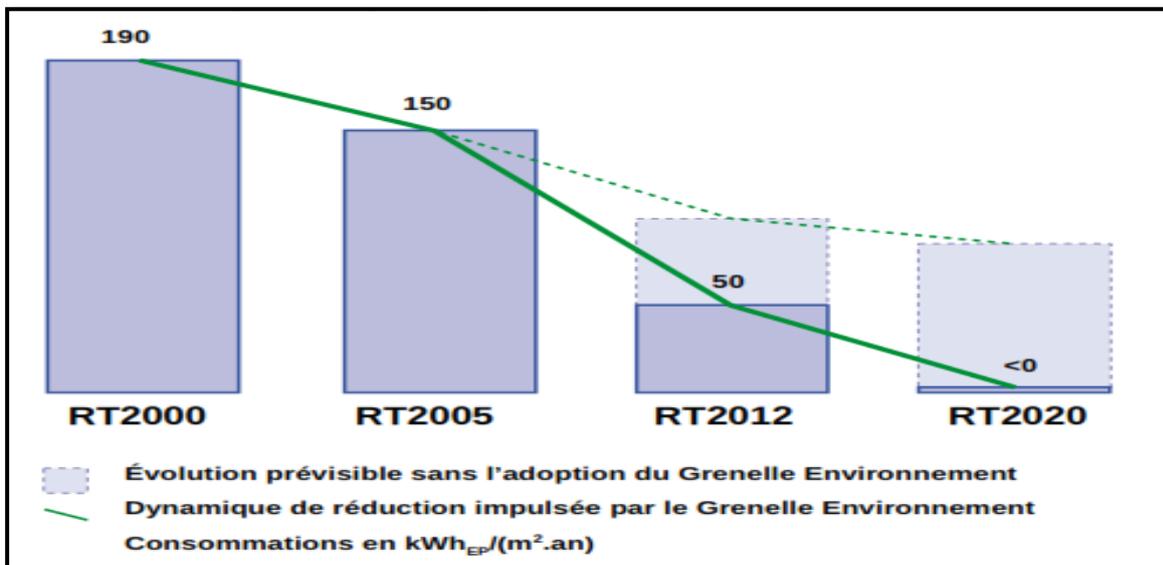
¹³ HPE Enr : haute performance énergétique

¹⁴ THPE : très haute performance énergétique

d'énergie primaire du bâtiment qui doit être inférieure ou égale à 50 % de la consommation conventionnelle de référence définie dans la RT2005 : $C < 50\% C_{ref}$ (Filloux.A, Dastot.F, 2010)

3-2-2- La RT 2012 :

La réglementation thermique 2012, s'applique à tous les projets de bâtiments neufs des secteurs résidentiels. Elle sert à réduire les émissions de gaz à effet de serre en limitant la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment jusqu'à 50 kWh ep/m².an. La RT 2012 varie suivant le type du bâtiment, la localisation géographique, l'altitude, la surface moyenne du logement, et selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées (Grenelle Environnement ,2011).



Graph 4 : Évolution des exigences réglementaires de consommation énergétique des bâtiments neufs une rupture opérée par le Grenelle Environnement (Grenelle Environnement ,2011 p2).

4-La Réglementation Thermique Algérienne :

En 1997, l'Algérie a conçu la réglementation thermique des bâtiments neufs à usage d'habitation afin de réduire la consommation thermique à travers la gestion d'amélioration de la gestion des ressources énergétiques qui se décline dans la loi n°99-09 du 28 juillet 1999 et n°2000-90 du 24 avril 2000 .L'application de cette réglementation thermique a comme objectif d'atteindre une réduction de la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation de l'ordre de 30%.Mais cette réglementation n'est toujours pas entrée en vigueur, en raison de l'inexistence d'organisme devant vérifier son application mais aussi à l'absence d'outils opérationnels permettant d'intégrer les exigences de cette réglementation dans la conception des bâtiments (IMESSAD .K,2015).

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

climatisation d'été. Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants : réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif (CDER,2015).

La RETA se base sur deux documents techniques réglementaires (DTR). Le premier DTR est relatif à la période d'hiver, alors que le deuxième concerne la période d'été (IMESSAD .K,2015).

a- Vérification d'hiver (DTR C3-2)

Ce DTR concerne la période d'hiver. Il stipule que les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une valeur de référence (Idem).

$$DT \leq 1.05 D_{réf}$$

b- Vérification d'été (DTR C3-4)

Ce deuxième DTR est réservé à la période d'été et mentionne que les apports de chaleurs à travers les parois (opaques et vitrées) calculés à 15h du mois de juillet (considéré comme le mois le plus chaud de l'année) doivent être inférieurs à une limite appelée « Apport de Référence » (idem).

$$APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1.05 \cdot A_{réf}$$

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu constater que le développement des villes est à l'origine de plusieurs problèmes majeurs à savoir : l'effet de serre, la pollution, la destruction de nombreux écosystèmes...etc. Il est donc important d'engager pour l'avenir un monde vivable, d'un point de vue écologique mais aussi économique, l'habitat à énergie positive peut répondre à cet engagement, en effet c'est une solution qui peut parvenir à zéro effet de serre et cela sans réduire le confort.

Pour cela, plusieurs pays dans le monde font recours à ce type de bâtiment puisqu'il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme pour son fonctionnement, Il est donc appelé à être les constructions d'aujourd'hui aux normes de demain.

CHAPITRE III : L'HABITAT EN ALGER

Introduction

Au lendemain de l'indépendance, l'Algérie, semblablement à tous les pays colonisés, a connu de nombreuses crises de la ville, en termes de croissance, d'urbanisme, de l'habitat, de gestion et du développement. De par son rôle socio-économique, l'habitat a fait l'objet d'une multitude d'interventions par l'état Algérien en vue de répondre à la crise, de satisfaire les nécessités de la population et d'améliorer les conditions de vie à l'intérieure de ces habitations, néanmoins jusqu' aujourd'hui l'habitat Algérien souffre de plusieurs maux et notamment celui de la surconsommation de l'énergie.

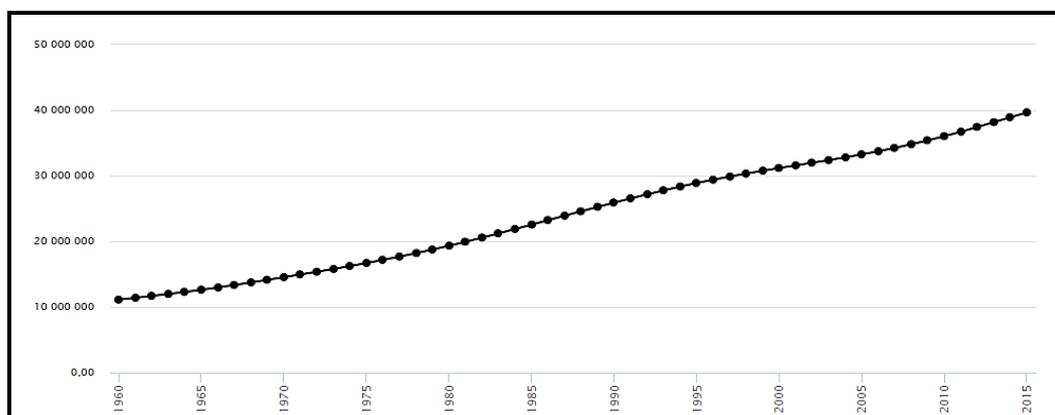
À travers ce chapitre nous allons présenter le problème de la crise d'habitat qu'a vécu l'Algérie après l'indépendance et les différentes causes de cette crise, les solutions programmées par l'état pour y répondre, ensuite nous allons aborder la consommation de l'énergie en Algérie et dans l'habitat Algérien.

1- Présentation générale de l'Algérie :

L'Algérie couvre une superficie de 2 381 741 km², ce qui fait d'elle le premier pays Africain par son étendue, Située au Nord-Ouest du continent Africain. l'Algérie s'ouvre sur 1 200 Km de côte sur la Méditerranée et possède des frontières communes avec la Tunisie, la Libye, le Mali, le Niger, la Mauritanie, le Sahara occidental et le Maroc (KPMG, 2015). L'Algérie bénéficie d'un climat méditerranéen, le soleil brille tout le long de l'année et les hivers sont doux . Sur le plan administratif, l'Algérie se découpe en 48 wilayas (36 wilayas au nord et 12 wilayas au sud) qui totalisent 1 541 communes selon Le dernier découpage administratif Algérien date de 1985. La population Algérienne a été estimée en 2004, à environ 32,4 millions (idem), et à 37.76 millions en 2011, et a environ 40,4 millions au 1^{er} janvier 2016 (ONS office national des statistiques).

2- Le processus d'urbanisation et la crise d'habitat en Algérie :

Après l'indépendance, l'Algérie avait hérité une situation socio-économique pitoyable (Bouhaba. M ,1988), elle a connu une forte croissance démographique accompagnée d'une croissance économique défailante produisant, ainsi un déséquilibre économique, démographique et spatial (DAMOUCHE. D, 2014). En fait l'Algérie comptait une population de 10 millions d'habitants en 1962 cette population s'accroît de plus en plus produisant une urbanisation très galopante (tableau n 2et graphe 5).



Graph 5 : l'évolution de la population en Algérie de 1960 à 2015 (perspective du monde 2016)

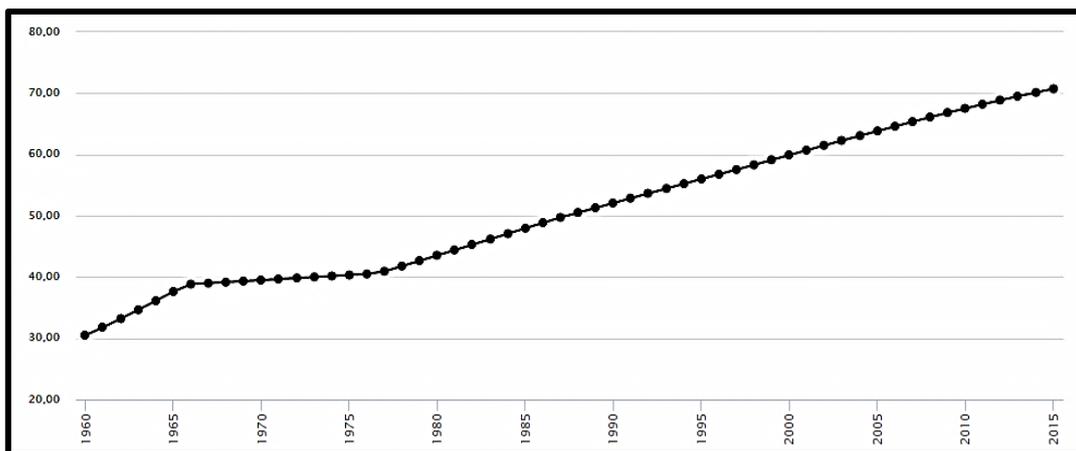
Années	1980	1987	2008	2011
Taux d'urbanisation (%)	39	49.5	66	73

Tableau 2 : évolution de taux d'urbanisation en Algérie de 1980 à 2011 (selon auteur, RABAH.R 2014)

Cette forte urbanisation se manifeste par la forte croissance des villes, un excentrisme des grandes villes qui présentent un poids puissant en offrant toutes les opportunités de travail créant une forte attraction de la population par rapport aux petites agglomérations (DAMOUCHE .D 2014), due à l'exode rural en premier lieu le taux de l'exode rural été faible, il est estimé de 17000 en 1966 mais par la suite ce taux s'accéléra (Rahmani.C1982) (le tableau n°3), Cet exode a permis une augmentation de la population urbaine (graphe n° 6).

Années	1966	1968-1970	1973
Taux d'exode rurale	17000	40000	80000

Tableau 3 : évolution de taux d'exode rurale en Algérie après l'indépendance (selon auteur Rahmani.C1982)



Graphique 6 : le pourcentage de la population urbaine en Algérie de 1960 à 2015 (perspective du monde .2016).

Face à cette urbanisation accélérée et non contrôlée qui se manifeste au niveau des villes Algériennes, plusieurs problèmes sont apparus : la sur- densification du centre, des nouvelles formes d'extensions volontaristes telles que les bidonvilles et l'habitats précaire et la naissance d'une crise de logement. De la sorte, l'Algérie souffre d'une grande pénurie en matière d'habitat, en 1962 elle disposait d'un parc immobilier de près de 1 950 000 logements avec un TOL¹⁵ de 5.6 p/l. (Mecheri. L. 2015) .

3- La réponse à la crise de logement :

Pour faire face à cette crise, l'état Algérien a lancé plusieurs programmes en vue de remédier à cette pénurie, ainsi nous présentons ces programmes comme suit :

- **Charte d'Alger en 1962 :**

¹⁵Rappelons que le TOL est le taux d'occupation par logement

La Charte a estimé la construction de 75 000 nouveaux logements par ans dans les villes et plus de 65 000 dans les campagnes, soit un total de 140 000 unités par ans et cela pour résorber le déficit et répondre à la demande nationale en matière d'habitat (Bouchama ,2013). Malgré ce programme le parc immobilier était estimé de 1 980 000 en 1966, avec un TOL de 6.1. Pour faire face, un vaste programme a été mis en place : un plan triennal (1967-1969) dont l'objectif été de construire 20548 logements (Benmatti.N.A 1982).

- **Le premier plan quadriennal 1970-1973 :**

L'objectif de ce plan, était de construire 45 000 logements urbain, dont seules 18 000 unités ont été réalisées et 40 000 logements dans les campagnes, mais à la fin de 1973, seules 24 000 logements ont été construits (idem).

- **Deuxième plan quadriennal 1974-1979 :**

L'explosion démographique pendant cette époque a amené le gouvernement à lancer un nouveau programme de logement qui s'agit de 100 000 logements en milieu urbain, dont 90 000 ont été réceptionnés. L'objectif était d'arriver à la réalisation de 100 000 unités par ans à partir de 1980. Pour limiter l'exode rural, 300 villages socialistes agricoles (VSA) sont programmés. De plus, il a été décidé de réaliser 20 000 logements ruraux et 40 000 logements relevant de l'auto-construction et la réalisation de 275 zones d'habitations urbaines nouvelles (ZHUN) à travers le pays (idem),mais le parc immobilier a augmenté à 2.208.712 logements en 1977 Ceci a fait passer le taux d'occupation des logements (TOL) à 7,7 (idem.).

- **Le premier plan quinquennal 1980-1985 :**

A la fin de l'année 1979 le déficit de logement est évalué à 900000 avec un TOL de 7.5 p/l qui a incité la réalisation de 450 000 logements avec un budget 60 milliards de dinars dont 300 000 unités dans les villes et 150 000 dans les campagnes. Il a aussi été programmé la réalisation de 300 plans directeurs d'urbanisme, 350 zones provisoires d'urbanisation, 200 ZHUN (idem).

- **Le deuxième plan quinquennal 1985-1989 :**

A partir de 1986, le gouvernement décide la réduction du financement de la construction de logements par l'état. Dans ce deuxième plan quinquennal, 298 000 logements ont été réalisées dans les villes, et 244 000 logements programmés dans les campagnes mais de 1980 à 1985, l'état n'a réalisé que 82 000 nouveaux logements urbains et 104 000 unités rurales (idem).

- **A partir de 1999 :**

L'état ;à cause de l'instabilité politique et économique ; a adopté une nouvelle politique de l'habitat qui lui permettra de diminuer le financement de la réalisation des logements sociaux et fournir des aides pour la réalisation ou l'extension des logements ruraux, de nouvelles formes d'habitat sont apparus; la location-vente et le logement social participatif; néanmoins 800 000 unités ont été réalisées entre 1990 et 1997 (idem).

- **Plan quinquennal 2005 -2009 :**

L'objectif principal de ce plan est la réalisation d'un million de logements, dont 40.82 % est consacré pour l'habitat rural et 59.18 % pour l'habitat urbain. La mise en application de cette nouvelle orientation s'est accompagnée par la création de nouveaux modes de productions de logements collectifs, qui sont le logement social participatif LSP, logement en location en vente

LV et le logement social locatif LSL qui est devenu logement public locatif LPL (Mecheri. L. 2015).

- **Plan quinquennal 2010-2014 :**

L'état algérien a consacré un budget de 21214 milliard DA pour la réalisation de deux (02) millions de logements dont 1.2 millions seront livrés durant le quinquennal et le reste seront mis en chantier avant la fin de l'année 2014 (Mecheri. L, 2015).

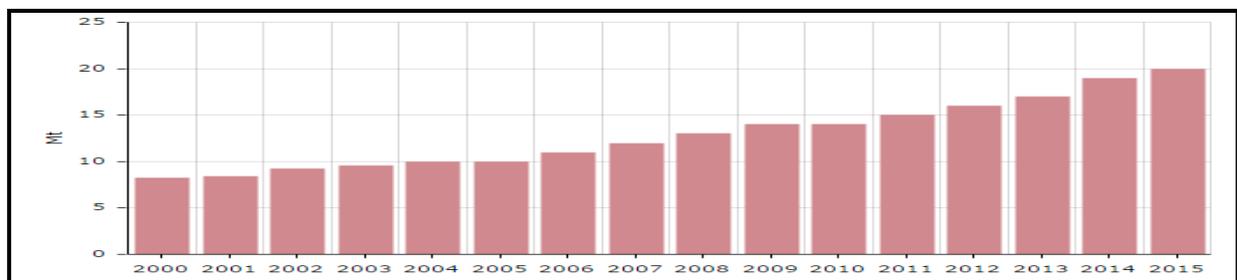
4-L'énergie en Algérie :

4-1- types et productions :

L'Algérie dépend essentiellement des énergies non renouvelables dites fossiles dont les ressources se trouvent distribuées sur le territoire national et dépend plus particulièrement des hydrocarbures. Cependant, elles sont appelées à disparaître un jour avec une date butoir de 2040 où la production d'hydrocarbures devrait diminuer. Néanmoins l'Algérie continuera toujours à exploiter son potentiel d'énergie fossile, particulièrement le gaz avec l'inconvénient de générer des émissions des gaz à effet de serre qu'ont atteint 140 milliers de Teq^{16} CO₂ en 2015 où d'industrie énergétique représente le plus gros émetteur des gaz à effet de serre. A cet effet et vue l'augmentation excessive de la demande du consommateur en termes d'énergie qui est estimée à 47 % en 2015, il s'avère nécessaire pour l'Algérie d'exploiter ses vastes ressources naturelles et renouvelables promettant de fournir un approvisionnement en énergie saine et durable pour de nombreuses années à venir et qui se trouvent à ce jours négligées et non encore valorisées (EIA, 2014).

4-2-La consommation d'énergie en Algérie :

La demande d'énergie a fortement progressé ces dernières années (53 MTep¹⁷ en 2015) (Enerdata, 2016). Selon les données de 2015 fournies par le ministère de l'énergie, La consommation finale du Produit pétroliers augmentés de 14989 KTEP en 2014 à 15975 KTEP en 2015 avec un taux de croissance annuel moyen de 6.6%. Cette hausse consommation est due principalement à l'utilisation de ce produit dans tous les secteurs d'activités (la production de chaleur pour l'industrie, le tertiaire et le transport...) (Ministère de l'énergie 2015). Ainsi, selon les types d'énergie, la consommation est estimée comme suit :

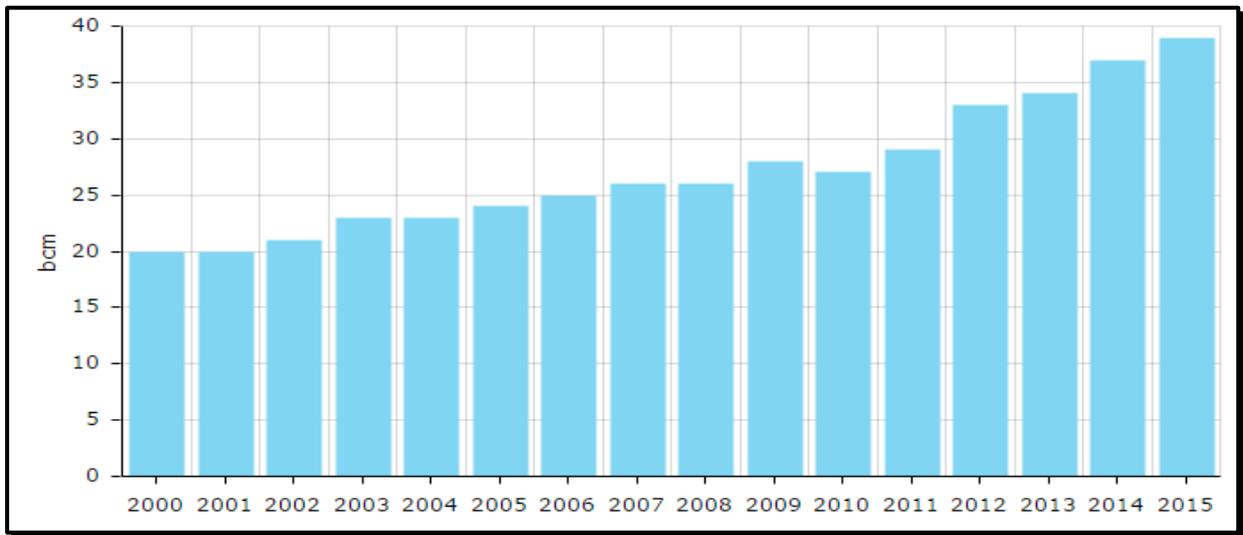


Graph 7 : L'évolution de la consommation du pétrole en Algérie 2015 ((<http://www.enerdata.net/> ,7 décembre 2016)

¹⁶ Tep : Tonne équivalent pétrole

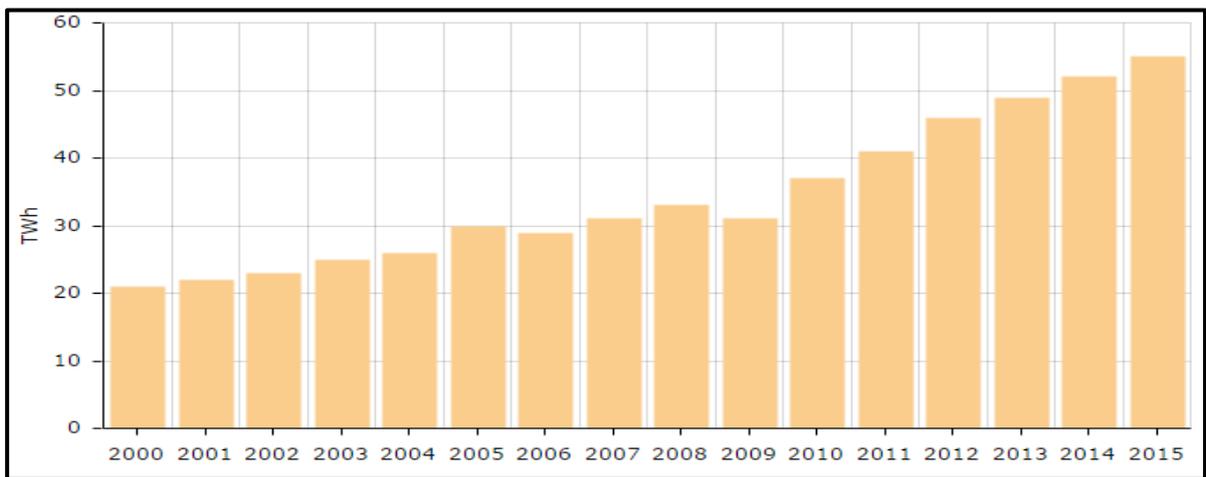
¹⁷MTep :Million de tonne équivalent pétrole

D'après la même source, la consommation du gaz naturel a connu de même une forte croissance de 11207 KTep en 2014 à 12248 KTep en 2015 avec un taux de croissance annuel moyen de 9.3%, due à la croissante demande des clients de la basse pression et aux produits pétrochimiques (idem.).



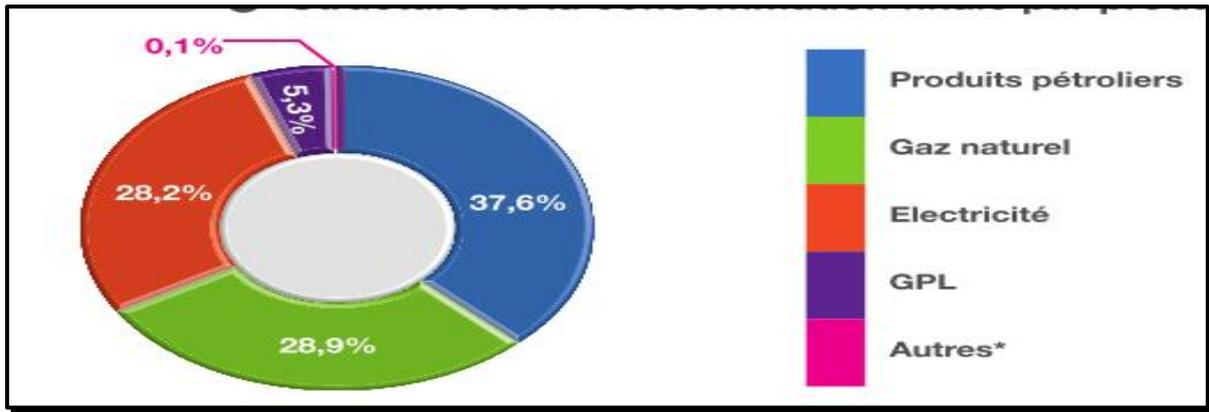
Graph 8 : L'évolution de la consommation du gaz naturel en Algérie 2015. ([Http://www.enerdata.net/](http://www.enerdata.net/), 7 décembre 2016) .

La demande d'énergie électrique a fortement progressé ces dernières années (le développement économique du pays et l'amélioration du niveau de vie de la population), passant de 45766 Gwh¹⁸ en 2014 à environ 50152 Gwh en 2015 ce qui représente un taux de croissance annuelle d'environ 9.6%. Cette augmentation exprime la forte demande des clients de basse tension (les ménages) avec une hausse de 11%, cette demande a enregistré un nouveaux raccord en terme de Puissance Maximale Appelée (PMA), durant la saison estivale en 2015 elle a atteint 12.4 Gwh avec une hausse estimée à 14% (idem.).



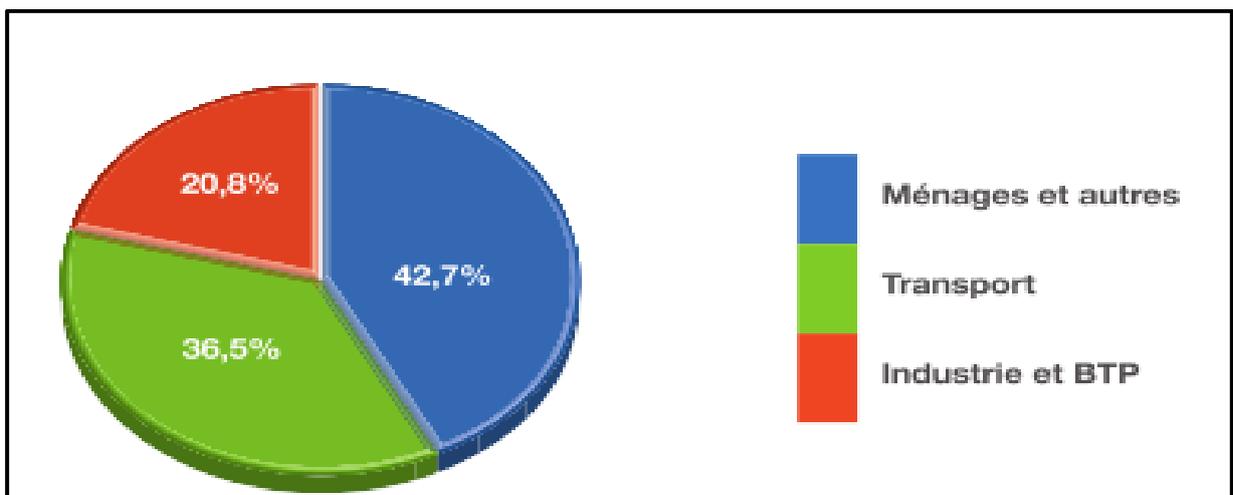
Graph 9 : L'évolution de la consommation de l'électricité en Algérie en 2015 (<http://www.enerdata.net/>, 7 décembre 2016).

¹⁸Gwh :Giga Wattheure



Graph 10 :La consommation finale d'énergie par produit type en Algérie 2015(Ministère de l'énergie,2016, P8).

Selon le Ministère de l'énergie, La consommation nationale d'énergie finale est estimée à 42.5 MTep en 2015, soit une hausse de plus de 7.8% par rapport à 2014, tirée notamment par la consommation énergétique des différents secteurs où la prédominance de la consommation énergétique de secteur des ménages soit 42.7% de la consommation finale, cette consommation a augmenté de 9,4% pour atteindre 18,1 M Tep en 2015, tirée par la consommation du sous-secteur résidentiel soit 10,5%, ainsi que le secteur d'industries et BTP¹⁹, qui représente 23,8% de la consommation finale, a connu une croissance de 7,0% par rapport à l'année 2014, passant de 8,2 M Tep à 8,8 M Tep en 2015, tirée par la hausse consommation du sous-secteur matériaux de construction (6,5%) et des industries manufacturières (6,9%). Pour ce qui concerne le secteur de transports, la consommation a atteint 15,5 M Tep en 2015, avec un taux de croissance annuel 6,5% par rapport à l'année précédente, en raison principalement de la hausse de la consommation des carburants (augmentation du parc automobile national, avec près de 270 000 nouveaux véhicules importés en 2015) ce qui représente 23,9% de la consommation finale (idem).



Graph 11 : la Consommation finale d'énergie par secteur en Algérie en 2015(Ministère de l'énergie ,2016 , P21)

¹⁹BTP : Bâtiment et Travaux Publics

K Tep	2014	2015	Evolution	
			Quantité	(%)
Industrie et BTP, dont :	8 241	8 818	576	7,0
- Matériaux de construction	3 556	3 786	230	6,5
- ISMME	663	675	12	1,8
- BTP	404	460	56	14,0
- Industries manufacturières	957	1 023	66	6,9
A -Industries agroalimentaires	843	909	66	7,8
- Chimie	340	320	-21	-6,0
- Autres industries	2 322	2 555	232	10,0
Transport, dont :	14 551	15 495	944	6,5
- Routier	13 901	14 778	877	6,3
- Aérien	435	476	41	9,4
Ménages et autres, dont :	16 579	18 145	1 566	9,4
- Résidentiel	12 597	13 925	1 328	10,5
- Agriculture	421	406	-14	-3,4
Total	39 371	42 458	3 086	7,8

Tableau 4 :la consommation finale d'énergie par secteur en Algérie entre 2014 et 2015(Ministère de l'énergie ,2016 , P21).

4-3-Consommation énergétique dans le secteur résidentiel :

Selon l'Aprue²⁰, 2015, l'Algérie est le plus rare pays qui a un taux de pénétration électrique dans les foyers de 96 % et d'après M. Guitouni « *l'algérien consomme 10 fois plus d'électricité qu'un Européen* » (Aprue,2015).

Entre 1962 et 2010 la consommation d'énergie par habitant était 3 fois plus que celle enregistrée dans les années 70, sous l'effet de plusieurs facteurs notamment le développement démographique (Ministère de l'énergie,2016).

	1962	1970	1980	1990	2000	2010
Energie totale (TEP/h)	-	0,37	0,74	0,97	0,99	1,2
Electricité (KWh/h)	92,0	111,6	283,8	514,4	682,9	994,4
Gaz Naturel (m³/h)	4,9	21,7	84,8	117,3	134,4	233,8
Carburants (T/h)	-	0,14	0,28	0,32	0,26	0,39
Dont GPL (T/h)	-	0,01	0,04	0,05	0,05	0,05
Taux d'électrification (%)	33	41	63	84	89	98
Taux de pénétration GN (%)	09	10	16	22	29	45

Tableau 5 : la Consommation finale d'énergie par produit en Algérie entre 1962 et 2010 (Ministère de l'énergie et des Mines,2011, P31)

L'analyse de l'évolution de la consommation d'énergie national montre que le taux de croissance annuel suit un rythme croissant, cette forte augmentation est due aux plusieurs facteurs notamment le changement des habitudes du consommateur et l'amélioration de sa qualité de vie (Algérie énergie, 2016).

Ainsi, le secteur résidentiel est considéré comme étant le secteur le plus énergivore, dont la consommation d'électricité a atteint 35% et 50% de la consommation national d'énergie fossile en 2015(idem).

²⁰ L'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie

En Ktep	2013	2014	2015
Electricité	1478	1512	1692
Gaz naturel	6251	6682	7467
Total	12269	12597	13925

Tableau 6 : la consommation finale d'énergie par produit en Algérie entre 2013 et 2015(Ministère de l'énergie2014,29015,2016, p26).

5- Potentiel des énergies renouvelables en Algérie :

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'Algérie abrite un potentiel d'énergies diversifiées cependant non exploitées. Ainsi, nous allons présenter ces divers potentiels.

5-1 Potentiel Solaire :

L'énergie renouvelable dominé en Algérie est l'énergie solaire vue de sa localisation géographique, où L'énergie reçue annuellement soit près de 1700 Kwh/m2/an au Nord et 2263 KWh/m2/an au sud du pays (idem).

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie %	04	10	86
Durée moyenne D'ensoleillement Heure/An	2650	3000	3500
Energie moyenne Reçue KWh/m2/An	1700	1900	2650

Tableau 7 : les statistiques des degrés d'ensoleillement par zones (Bairi.B ,2007,p6).

5-2 -Potentiel Eolien :

Selon Le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER), grâce à la diversité de la topographie et du climat, la ressource éolienne en Algérie varie d'un endroit à un autre.

L'Algérie, se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes, le nord méditerranéen est caractérisé par une vitesse moyenne de 6 à 7 m/s, par contre les hauts plateaux à un régime de vent plus important varie de 7 à 9m/s (idem).

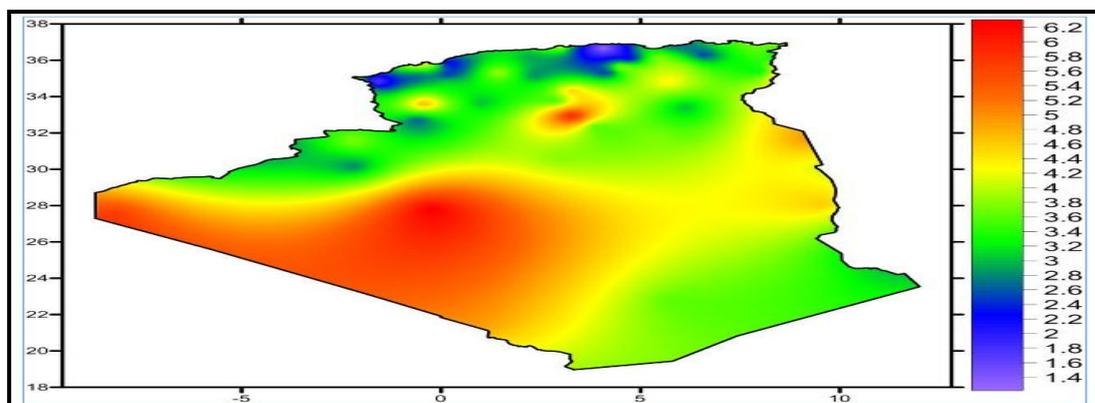


Figure 18 : carte de gisement éolienne en Algérie (<http://portail.cder.dz> ,10 décembre 2016).

6-Stratégie nationale de maîtrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelables :

L'Algérie s'est engagée sur la voie des énergies renouvelables, afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origine fossile à travers le lancement d'un programme ambitieux (Programme nationale d'efficacité énergétique PNEE) pour le développement des énergies renouvelables, qui a été adopté par le Gouvernement en février 2011 et révisé en mai 2015, il est placé au rang de priorité nationale en février 2016 lors du Conseil du Restreint Gouvernement (Aprue ,2015).

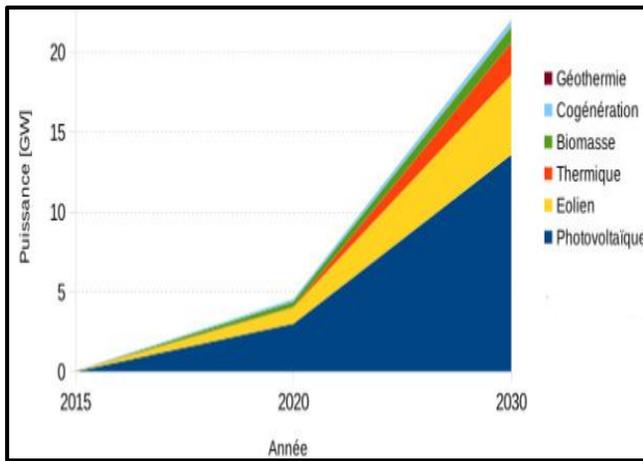
Les retombées économiques et sociales de l'intégration de la dimension efficacité énergétique dans les différents secteurs d'activités sont multiples. Bien que cette intégration permet d'améliorer le cadre de vie du citoyen, mais constitue également une réponse appropriée au défi de conservation de l'énergie avec ses implications bénéfiques sur l'économie nationale, en termes de création d'emplois et de richesse (économiser 93 Millions de Tep), en plus de la préservation de l'environnement, ce qui évite par estimation l'émission de 140 milliers Tonnes équivalents de CO₂. Le programme souligné par le gouvernement algérien se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie à savoir le bâtiment, transport et l'industrie (ministère de l'énergie,2016).

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 résidentiel avec la construction de nouveaux logements, la réalisation d'infrastructures d'utilité publique et la relance de l'industrie. La réalisation de ce programme par une diversité d'actions et de projets, devrait favoriser l'émergence, à terme, d'un marché durable de l'efficacité énergétique en Algérie (SATINFO, 2011).

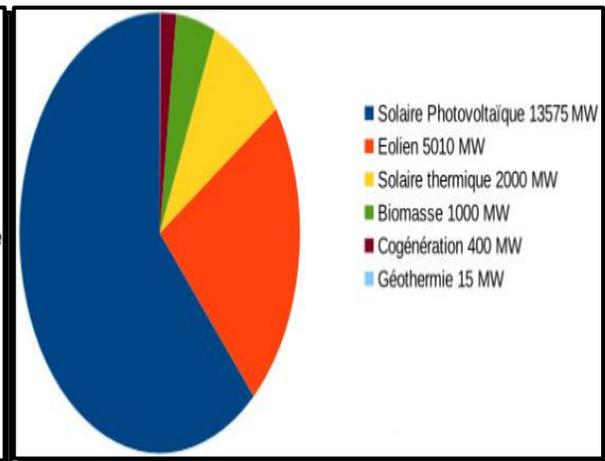
A travers le programme algérien des énergies renouvelables EnR, l'Algérie compte se positionner environ 40% de la production d'électricité à partir du solaire photovoltaïque et du solaire thermique. Le programme n'exclut pas l'éolien qui constituera approximativement les 3% de la production d'électricité en 2030 (idem).

	1ère phase 2015-2020 [MW]	2ème phase 2021-2030 [MW]	TOTAL [MW]
Photovoltaïque	3000	10575	13575
Eolien	1010	4000	5010
CSP	-	2000	2000
Cogénération	150	250	400
Biomasse	360	640	1000
Géothermie	05	10	15
TOTAL	4525	17475	22000

Figure 19 : le programme Algérien des énergies renouvelables (<http://portail.cder.dz>, 10 décembre 2016).



Graph 12 : les phases du programme Algérien des énergies renouvelables (<http://portail.cder.dz>, 7 décembre 2016).



Graph 13 : l'objectif du programme Algérien des énergies renouvelables (<http://portail.cder.dz>, 7 décembre 2016).

6-1- Pour le secteur résidentiel :

Le programme vise à améliorer l'étanchéité et l'isolation thermique en intégrant des mesures adéquates et des nouvelles technologies dans la phase de conception architecturale des logements, pour avoir plus de confort dans les logements en utilisant moins d'énergies fossile et en intégrant des énergies renouvelables (l'installation de chauffage bois-énergie (bûches, plaquettes, pellets), l'installation de capteurs solaires thermiques, le remplacement de chauffages électriques ou à énergie fossile par du bois-énergie ou par pompe à chaleur ainsi que les réseaux de chaleur à distance) (SATINFO,2011).

Le programme national d'efficacité énergétique prévoit dans ce secteur l'isolation thermique de 100 000 logements annuellement (mur, toiture, double vitrage), 10 millions de lampes à basse consommation seront diffusées, près de 100 000 chauffe-eaux solaires seront installés (l'Etat prendra en charge 50% du prix des lampes et 45% du prix d'installation des chauffe-eau). Globalement, c'est plus de 30 millions de Tep qui seront économisées d'ici 2030 (idem).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu que le phénomène d'urbanisation, l'exode rural et la croissance démographique qu'a connue l'Algérie après l'indépendance ont causé une crise d'habitat, afin de répondre à ce problème l'état Algérien a lancé plusieurs programmes dont l'objectif est de construire vite et en quantité. Cette situation combinée à une forte démographie, l'Algérie a une grande demande en énergie dans le secteur du transport, l'industrie et spécifiquement le secteur résidentiel constituant le secteur le plus énergivore. Cependant, les énergies fossiles sont les plus utilisées en Algérie, certes elles sont faciles à exploité mais elles ne sont pas inépuisables, elles sont donc appelées à disparaître, et leur combustion produit du dioxyde de carbone (CO₂) et donc l'augmentation de gaz à effet de serre qui est responsable du réchauffement de la planète. Aujourd'hui l'objectif de l'Algérie est de développer et d'exploiter l'industrie des énergies renouvelables afin de mettre un terme à cette surexploitation des énergies fossiles et de diminuer l'impact sur l'environnement.

PARTIE PRATIQUE

Introduction

A l'issue de la première partie de notre recherche, nous avons pu constater que l'Algérie possède un potentiel énergétique important, mais sa production s'appuie essentiellement sur l'énergie fossile qui est considérée une source épuisable, mais aussi elle est responsable des émissions de gaz à effet de serre et l'augmentation de la consommation énergétique chaque année ce qui influencent sur l'économie du pays, mais aussi sur la consommation énergétique dans tous les secteurs, notamment celui de l'habitat qui est parmi les secteurs les plus consommateurs de l'énergie fossile. Ces défis ont incité l'Algérie à repenser à l'utilisation de l'énergie au sein des habitations et à s'inscrire dans une nouvelle vision basée sur une utilisation des énergies renouvelables comme source de production énergétique en particulier l'énergie solaire (panneaux photovoltaïques) vue son potentiel solaire important.

Dans ce chapitre, il est question de proposer quelques scénarios qui pourront répondre à notre problématique. Nous allons entamer par la présentation de la méthode de recherche adoptée, puis les choix d'un échantillon qui sera le cas d'étude pour l'application pratique des scénarios, nous allons donc l'étudier et l'analyser.

Ensuite, nous appliquerons la méthode sur le champ d'étude afin de déterminer la meilleure alternative en termes de cout et de rendement et ce en utilisant la méthode d'analyse multicritères.

SECTION 1 : METHODE

Avant de répondre à la problématique, nous devrions tout d'abord indiquer comment procéder pour accomplir les opérations qu'implique notre recherche.

De la sorte, cette partie sera consacrée à la présentation de la méthode choisie, son objectif, ses types, ses étapes... ainsi, que l'outil sélectionné et ses procédures.

1-Choix de la méthode :

Après avoir définie l'objet de notre étude, nous nous somme attelées à comprendre puis à définir la méthode pour bien mener le processus de notre recherche.

Nous avons opté pour la **méthode des scénarios** qui nous permettra de construire plusieurs scénarios dans le but de les analyser en vue d'explorer un future possible, dans notre cas, nous nous somme concentrées sur une période dite « synchronique », c'est-à-dire que nous n'allons pas prendre en considération les variables tant sociales qu'économiques mais aussi environnementaux. Pour cela, nous avons choisi le type de scénario **contrasté**²¹.

Pour la mise en œuvre de cette méthode, nous avons adopté l'**outil multicritère** afin d'évaluer chaque scénario selon des critères spécifiques qui sont dans notre cas : cout et rendement. Cet outil fait appel à plusieurs méthodes d'application dont nous avons sélectionné la méthode d'analyse sur classement **Electre I** afin de classer et noter chaque scénario selon les critères déterminés.

²¹ Voir « les types de scénarios » page suivante.

2-Présentation de la méthode :

La méthode de scénarios a été mise en œuvre pour la première fois en France par une équipe appelée « l'OTAM »²², Depuis, cette méthode a été adaptée dans de nombreux secteurs (industrie, agriculture, démographie, emploi) et appliquée à différents niveaux géographiques (pays, régions, monde) (Godet. M. 1983).

La méthode des scénarios est une démarche qui simule étape par étape une suite d'événements conduisant un système à une situation future. Elle se fonde sur des analyses synchroniques et diachroniques ; les premières simulent l'état du système à un moment donné et sont orientées par la nécessité d'une description cohérente, tandis que les secondes se penchent sur l'enchaînement des événements à long terme, et sont amenées à mettre l'accent sur la causalité et les interrelations qui les lient (Hérault. B et al. 2004).

Dans notre recherche, la méthode de scénarios sera fondée par l'analyse synchronique et ce à cause de la difficulté de prédire les évolutions futures de la société algérienne et aussi le contexte social et économique du pays.

3- Les objectifs de la méthode des scénarios :

Les objectifs de la méthode des scénarios sont les suivants (Godet. M. 1983) :

- Déceler les facteurs à étudier en priorité par une analyse explicative globale.
- Déterminer à partir de ces facteurs les acteurs fondamentaux, leurs stratégies, les moyens dont ils disposent pour faire aboutir leurs projets ;
- Décrire, sous forme de scénarios, et à partir de jeux d'hypothèses sur le comportement des acteurs.

4- Les types de scénarios :

Il existe 3 types de scénarios (Idem.) :

- **Le scénario tendanciel** est celui qui correspond au cheminement le plus probable, à tous les instants où le choix s'impose, il cherche à déterminer un futur possible.
- **Le scénario normatif** ou horizon Cherche à produire une image d'un futur possible et « souhaitable » et établit un cheminement reliant ce futur au présent.
- **Le scénario contrasté** consiste à décrire l'image d'un futur possible (en général souhaitable) et à revenir vers le présent pour définir les mesures nécessaires à sa réalisation. Il esquisse un futur « souhaitable » situé à la frontière des possibles.

5- Les étapes de la méthode de scénarios :

²² OTAM : Omnium Technique d'Aménagement, filiale de la SEMA (Société d'Etude et de Mathématiques Appliquées).

Plusieurs recensements des étapes de la méthode des scénarios ont été établies par une panoplie de chercheurs, dans notre recherche, nous allons adopter celle élaborée par UTE HEIENE VON ROLBNTZ (UTE HEIENE VON ROLBNTZ, 2001 In Bereziwska-Azzag E, 2012)

1ere étape : Analyse de la tâche :

Cette étape est un travail de recherche préparatoire, qui vise à construire une image de l'état actuel, collecter les informations disponibles, définir la problématique, les objectifs, les stratégies, les forces et les faiblesses.

2eme étape : Analyse des influences extérieures :

Etudier de façon détaillée et approfondis tous les domaines : économique, technologique, politique, sociologique, écologique...ainsi que les facteurs qui peuvent influencer sur l'objet d'étude dans chaque domaine.

3eme étape : Projections : projection certaine et incertaine.

Après avoir étudié les facteurs qui influencent sur l'objet d'étude, certains peuvent être :

- 1- DRIVERS c'est-à-dire Variables (incertains, ouverts sur une période donnée) qui influenceront sur le développement des scénarios. Toutefois, le but est d'identifier l'ensemble des incertitudes relevées et non pas de trouver la « meilleure » notion.
- 2- GIVENS Fixes (certains pour la période en question) constituent des facteurs d'influence dont nous pouvons déjà prévoir l'évolution aujourd'hui. L'objectif des projets d'élaboration de scénarios est d'examiner dans quelle mesure Givens identifie les alternatives plausibles.

4eme étape : Analyse de la cohérence : assemblage des alternatives.

Il s'agit à ce stade d'imaginer quelle pourrait être l'issue des drivers sélectionnés (les plus importants et les plus incertains) au terme de la période considérée. L'objectif est d'établir un lien concret avec la réalité.

5eme étape : développement des scénarios : description et visualisation.

Les scénarios peuvent être distinguer en fonction du positionnement par rapport au temps (dans notre cas, nous avons sélectionné le type : contrasté),

Ces scénarios sont les hypothèses proposées afin de répondre à la problématique posée sur l'état actuel. L'objectif de cette étape est de développer des scénarios. Ceci implique la rédaction de plusieurs histoires juxtaposant un futur potentiel différent.

6eme étape : Analyse des conséquences :

Au cours de cette phase exploratoire, sont étudiées les conséquences de ces scénarios pour le problème posé, une analyse profonde des conséquences s'impose pour définir ses opportunités ainsi que les risques qu'ils peuvent engendrer.

Dans notre cas, nous faisons appel à l'analyse multicritère (que nous verrons ci-dessous) pour évaluer les conséquences des différents contextes décrits par les scénarios, et de juger chaque scénario selon ses critères définis.

7eme étape : Analyse des évènements perturbateurs : mesures préventives.

Envisager les moyens pour parvenir à ce futur souhaitable au cas d'évènements perturbateurs, il convient donc de construire une base de réflexion et des mesures préventives. Les scénarios peuvent donc avoir une fonction d'alerte, Il s'agit d'insister sur les risques, les conséquences et les enjeux associés aux ruptures, aux incertitudes lors du travail d'élaboration.

8eme étape : mise en œuvre vision + lignes directrices : système de veille.

Après avoir identifié les scénarios qui pourront répondre à notre problématique, et de les avoir analysé et critiquer selon les critères sélectionnés, dans notre recherche, nous préférons recourir vers un questionnaire, dans le quelle les scénarios seront inscrit dessus dans un tableau avec classement et notation, ce dernier sera destiné aux habitants concernés afin d'avoir leurs opinions que nous prendrons en compte dans le choix du meilleur scénario.

6- L'outil de l'analyse « outil multicritère » :

6-1-Présentation :

L'analyse multicritère est un outil d'aide à la décision développé pour résoudre des problèmes multicritères complexes dans un processus décisionnel.

L'AMC est un outil qui peut aider à évaluer l'importance de tous les critères impliqués et refléter cette importance dans le processus de décision finale (Guillermo A et al. 2001). L'objectif principal de l'AMC est d'aider à prendre une décision ou à évaluer plusieurs options (Guesdon G.,2011).

6-2-Etapes de mise en œuvre

L'AMC passe habituellement par les étapes suivantes (Idem.) :

- Définir les solutions potentielles (actions ou scénarii).
- Analyser les conséquences des actions, l'élaboration des critères et évaluation de chaque action sur les critères (tableau de performance).
- Modélisation des préférences globales et des procédures d'agrégation des performances (critères à retenir, importance relative des critères).
- Synthèse multicritère (analyse de résultats, sensibilité ou robustesse)

6-3-Méthodes d'application :

Il existe plusieurs méthodes pour la mise en œuvre de l'AMC, ces méthodes se diversifient comme suit :

- **Méthode de PROMETHEE :**

Ces méthodes sont des méthodes de sur-classement basées sur les théories de Roy, conçues par Jean-Pierre Brans et Philippe Vincke au milieu des années 80, les méthodes les plus utilisées sont : **PROMETHEE I** et **PROMETHEE II**.

Les 2 méthodes ont le même cheminement initial, mais leurs buts sont différents. Prométhée I permet de dégager des relations partielles de classement, alors que Prométhée II fournit un classement de toutes les actions (Caillet. R. 2003).

- **Méthode basée sur la théorie de l'utilité (MAUT) :**

Conçues par Ralph Keeney et Howard Raiffa vers la fin des années 60.

L'idée est d'associer une utilité à chacune des actions, puis considérer séparément chacun des critères et observer quelle utilité dégage chaque critère pour l'action considérée (Idem).

- **Méthode AHP :**

AHP (Analytical Hierarchy Process) a été développé par Thomas Saaty dans les années 1980. Permet la comparaison et le choix entre des options préétablies. Elle repose sur la comparaison de paires d'options et de critères (Idem).

- **Méthode de sur-classement (ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV) :**

Famille de méthodes dites de sur-classement développé par Bernard Roy. Basées sur la comparaison d'actions. Elles fournissent des résultats solides (Idem).

ELECTRE I :

La méthode ELECTRE I est une famille de méthodes dites de sur-classement développé par Bernard Roy. Elle est basée sur la comparaison d'actions fournissant ainsi des résultats solides (Idem).

Le problème est d'abord posé par la détermination d'un choix cohérent de critères, puis fixer une pondération²³, notant que celle-ci est une étape facultative pour cette méthode, ensuite chaque action doit être évaluée par rapport à chacun des critères, ceci se fait par une notation qui permet de construire une matrice d'évaluation. La distinction est faite entre trois sortes de sur classements : fort, moyen et faible similaire ainsi à une notation sur une échelle sémantique.

De cette matrice, les indices de concordance et de discordance sont facilement tirés et ce grâce à une lisibilité et facilité d'interprétation des résultats.

L'indice de concordance mesure la confiance que l'on a que A soit meilleur que B, l'indice de discordance mesure le regret que l'on a. Dans cette méthode le problème est posé en termes de choix de la "meilleure" action (Idem.) autrement dit, choisir le meilleur scénario ou la meilleure décision.

6-4-Description de la procédure utilisée dans l'AMC :

²³ **La pondération** : consiste à donner aux valeurs qui les composent un poids différent en fonction de divers critères, source : lexique AOF.

6-4-1- Classement et notation :

Le classement et la notation sont les deux étapes les plus essentielles de l'analyse multicritère.

Le classement consiste à attribuer un rang à chaque élément de décision en rapport avec son degré d'importance dans la décision à prendre. Les éléments de décision peuvent alors ensuite être classés les uns par rapport aux autres (Guillermo A et al. 2001).

De la même manière, la notation consiste à attribuer à chaque élément de décision une note, de 0 à 100, en rapport avec son degré d'importance dans la décision à prendre. Pour que la note d'un élément augmente, celle d'un autre doit diminuer (Idem.) c'est-à-dire que la note du 1^{er} élément doit être plus grande ou plus petite que la note du deuxième et donc la somme de ces deux éléments égale à 100.

6-4-2- Processus de hiérarchisation analytique et comparaison par paires :

Dans le contexte de l'aide à la décision, le processus d'hiérarchisation analytique permet l'organisation des composantes importantes d'un problème sous une forme hiérarchique.

Les décisions complexes sont réduites à une série de comparaisons simples appelées « comparaisons par paire » entre des éléments de la hiérarchie de décision. En synthétisant les résultats de ces comparaisons, le PHA peut aider à parvenir à la meilleure décision possible et à présenter de manière claire la rationalité de choix pris (Idem.).

Au final, nous proposons un mode de présentation simplifié des résultats, sous forme de tableaux regroupant les scénarios, basés sur 2 critères : cout et rendement.

Ces critères sont définis comme suit :

Le cout : Ensemble des frais entraînés par la production ou distribution de quelque chose (dictionnaire Larousse).

D'après le dictionnaire économique et financier, le cout désigne la valeur d'un bien ou d'un service exprimé généralement en unité monétaire. Il s'agit de la valeur qu'un individu est disposé à déboursier en contrepartie de la cession d'un bien ou d'un service. Le prix est ainsi le reflet de l'équilibre entre l'offre et la demande. Lorsque l'offre est importante, le prix est très souvent plus faible et inversement. La fixation d'un prix est liée à la rareté, à la disponibilité du bien ou du service et à la demande. Plus un bien est rare plus son prix est élevé et inversement (dictionnaire économique et financier).

Le rendement : du latin *reddere*, rendre, donner en retour ce qu'on doit, ce qu'on a promis, s'acquitter de (dictionnaire La Toupie).

Le **rendement** est le rapport entre ce que **produit** quelque chose et ce qu'elle **consomme ou représente**. C'est aussi le rapport entre le résultat obtenu par une tâche et le temps qui lui est attribué (Idem.)

D'après le dictionnaire Larousse, le rendement est le rapport de l'énergie ou d'une autre grandeur fournie par une machine à l'énergie ou à la grandeur correspondante consommée par cette machine (dictionnaire Larousse).

SECTION 2 : CAS D'ETUDE

1- La ville de Bejaia :

De plus de 203 264 habitants en 2015 (atlas des populations des pays du monde), la ville de Bejaia est une ville littorale située à la bordure de la mer Méditerranée avec une façade maritime de plus de 100 Km.

Selon la classification de Köppen, Le climat de Bejaia est de type subtropical (climat doux en hiver et chaud, humide en été). La température moyenne annuelle est de 17.7 °C à Bejaia. La moyenne des précipitations annuelles atteints 830 MM quant à l'ensoleillement annuelle, celle-ci est d'une moyenne 2 712 kw/h. En été, la ville reçoit une insolation de 80% dans le cas où le ciel est plus clair, pour l'hiver le rayonnement solaire global atteint son maximum en janvier avec 2334Wh/m²/jour pendant 151h/mois (le mois où le ciel est couvert, une fraction d'insolation de 45%).

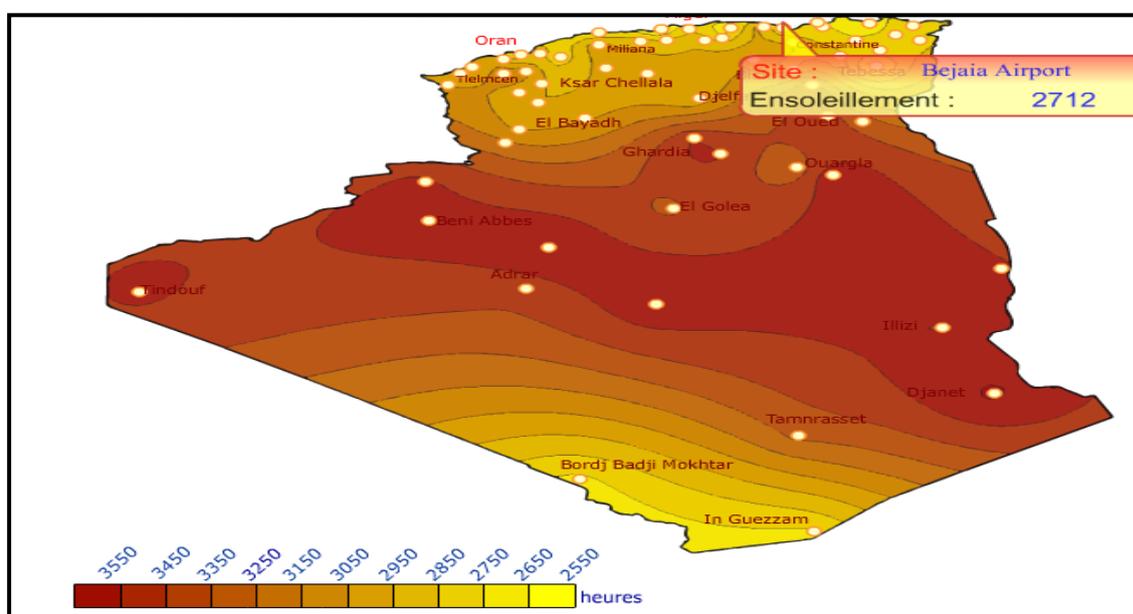


Figure 20 : l'ensoleillement en Algérie (<http://portail.cder.dz/>)

2- L'air d'étude cité Aban Ramadan :

Notre périmètre d'intervention se trouve dans la cité Aban Ramadan qui se situe au Sud-Ouest de la ville de Bejaia. La cité regroupe 1 000 logements (ensemble composé essentiellement de bâtiments barres à caractère résidentiel avec un gabarit de R+4). Elle été construite en 1 990 dans le cadre du projet de réalisation des zones d'habitat urbain nouvelle (ZHUN)²⁴ orienté par le PUD²⁵.

La cité Aban Ramadane inclut un nombre important de logements (1 000 logements) et une forte densité d'habitants. C'est l'entité la plus importante de part de sa consommation d'énergie électrique, ainsi, elle représente un échantillon intéressant où sa consommation

²⁴ ZHUN : zone d'habitat urbain nouvelle

²⁵ PUD : le plan d'urbanisme directeur.

d'énergies est non négligeable et, où la réduction de cette consommation est primordiale ceci justifie notre choix.

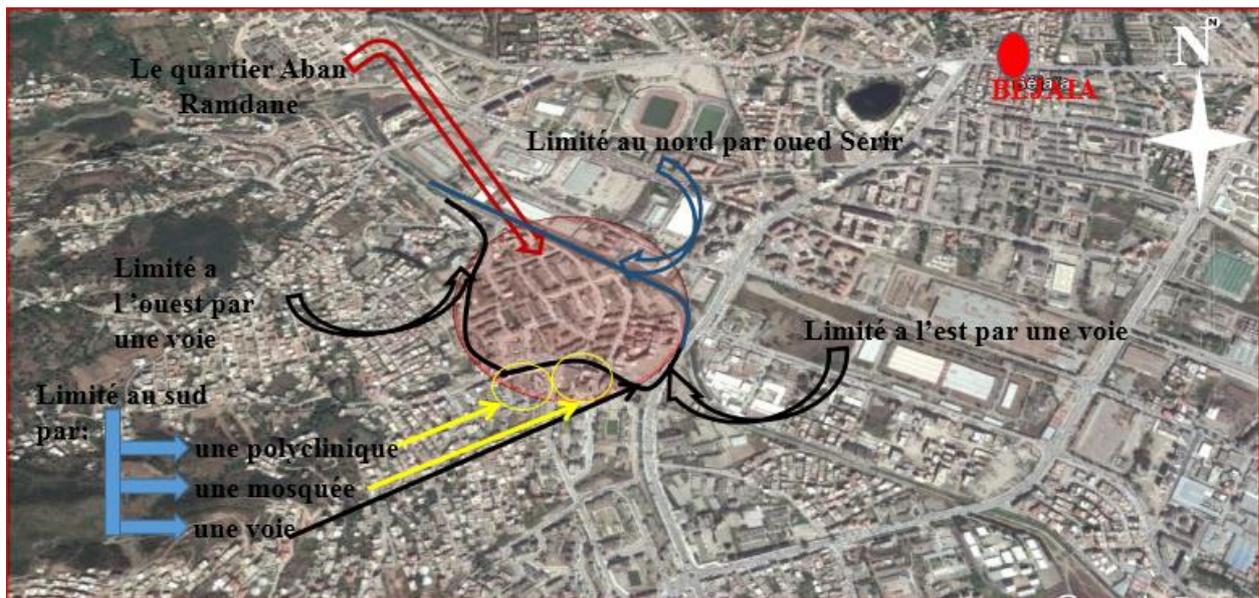


Figure 21 : plan de situation de cas d'étude (auteur)

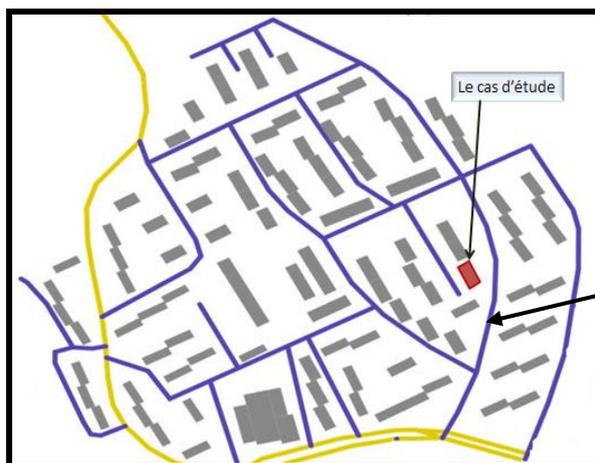


Figure 22 : plan de masse de la cité Aban Ramdan, (auteur)



Figure 23 : façade principale du bâtiment, (auteur)

Fiche technique de la cité Aban Ramdane :

Nombre de logements	1000 logements
Date de construction	1990
Maitre d'ouvrage	L'OPGI
Type d'habitat	Habitat collectif, Social.

Tableau 8 : la Fiche technique de la cité Aban Ramdan (auteur).

Fiche technique du bâtiment choisi :

Nombre d'habitant	57 personnes
Nombre d'appartement	10
Type d'appartement	F+3, F+4
Le bilan énergétique en électricité pendant le 4eme trimestre (d'après la facture)	7 501 kWh
Le bilan énergétique en électricité pendant le 4eme trimestre (d'après nos calculs)	109 873 Wh
L'orientation du bâtiment	Nord Est

Tableau 9 : la Fiche technique du bâtiment choisi (auteur)

SECTION 3 : APPLICATION DE LA METHODE SUR LE CAS D'ETUDE :**1- 1ere étape Analyse de la tâche :**

La projection des ZHUN dans la ville de Bejaia est l'un des programmes d'habitation lancé par l'Etat Algérien après l'indépendance, parmi ces ZHUN : la ZHUN d'Ihaddaden, constitué de 3 quartiers, le plus dense en termes de logements est celui du quartier ABAN RAMADANE comprenant 1 000 logements.

Les besoins énergétiques de ces habitants augmentent de plus en plus, cependant, l'alimentation en énergie est assurée uniquement à partir des énergies fossiles considérées comme une source épuisable, ceci est donc un défi pour les prochaines années.

Non seulement l'énergie fossile est jugée comme une source limitée dans le temps mais aussi elle donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre donc l'augmentation de la pollution, ajoutant à cela le coût de l'électricité est aujourd'hui très élevé, c'est éléments constituent des menaces mais aussi les enjeux d'encoures notre cas d'étude. Néanmoins le potentiel solaire important que possède notre zone d'étude et sa situation auprès du littorale constituent des opportunités pour remédier à ces risques.

L'objectif de notre recherche est donc de trouver une alternative renouvelable afin de réduire la consommation énergétique des habitants de ce quartier.

2- 2eme étape Analyse des influences extérieures :

Dans cette étape, nous allons étudier plusieurs facteurs qui influencent notre cas d'étude selon différents domaines à savoir : économique, écologique, sociale et politique.

Domaines	Facteurs d'influence
Économie	Rendement : l'instabilité de la production et du prix du pétrole influence sur la production énergétique.
	Cout : le cout de l'électricité dépend du cout du pétrole.

Ecologique	Pollution : l'utilisation de l'énergie fossile pour la production d'énergies provoque l'émission de gaz à effet de serre et ainsi le réchauffement climatique.
Sociale	La croissance démographique : la population ne cesse de s'accroître, ceci entraîne une augmentation des besoins et donc une surconsommation d'énergie. Le mode de vie : développement de mode de vie des habitants induit un changement des habitudes qui est traduit par l'utilisation d'un nombre important d'appareils électroménager engendrant ainsi une hausse consommation d'énergie électrique.
Politique	La politique d'urgence dans le secteur de l'habitat : Afin de satisfaire les besoins de la population en termes d'habitation, l'état algérien a lancé plusieurs programmes, sa stratégie été de construire une grande quantité d'habitations en une courte durée sans se préoccuper de la qualité de ces habitations et notamment la maîtrise de la consommation énergétique.

Tableau 10 : la classification des différents facteurs qui influencent notre cas d'étude selon les différents domaines (auteur)

3- 3eme étapes projection certaine et incertaine :

Après avoir étudié les différents facteurs d'influences extérieures, nous allons les classer en facteurs GIVEN (certain) et DRIVER (incertain) comme suit :

Domaines	GIVEN (certain)	DRIVER (incertain)
Economique		La rentabilité : dans l'horizon de 2030 l'énergie fossile disparaîtra ce qui influencera sur la production de l'énergie. Le cout : dans les prochaines années, Le prix du pétrole pourra être élevé ou bas. Ou, en termes plus généraux, l'énergie notamment l'énergie électrique sera disponible à un prix très élevé ou très bas.
Ecologique		La probabilité de diminution d'utilisation d'énergie fossile dans les prochaines années provoquera ainsi la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
Sociale		Le nombre de la population n'est pas stable, donc, dans le futur il peut s'accroître ou diminuer.

Politique		L'habitat en Algérie était sous forme d'habitation qui utilise de l'énergie fossile, peut être que dans le futur, l'état fera appel aux énergies renouvelables, donc une nouvelle politique de l'habitat qui maîtrise la consommation de l'énergie.
-----------	--	---

Tableau 11 : classification des différents facteurs qui influencent notre cas d'étude en facteurs GIVEN et DRIVER (auteur).

L'étude et la classification des différents facteurs d'influences extérieures implique que tous les facteurs sont incertains ce qui rend notre recherche plus difficile en termes de prévision et d'exhaustivité.

4- 4eme étapes Analyse de la cohérence (assemblage des alternatives) :

Le caractère non renouvelable de l'énergie fossile et les problèmes due à son utilisation, l'augmentation des prix de l'énergie électrique et la difficulté de la maîtrise d'énergie au sein des habitations nous incitent à repenser à la production énergétique par l'emploi de nouvelles sources renouvelables inépuisables et plus écologiques.

5- 5eme étape développement des scénarios (description et visualisation) :

Pour remédier à cette problématique de la hausse consommation, nous proposons de nouvelles alternatives afin de réduire la consommation d'énergie des habitants. Ces alternatives sont les panneaux photovoltaïques et la culture des micro- algues dans des photo bioréacteurs ainsi que la combinaison de ces deux alternatives.

5-1- Les alternatives :

5-1-1- Le choix des alternatives :

Un constat est à dénoter, l'Algérie possède des potentiels solaires important et considéré parmi les pays les plus ensoleillés, ce qui à encourager l'exploitation des énergies renouvelables et notamment l'énergie solaire qui est la plus dominante dans le programme ambitieux pour améliorer l'efficacité énergétique du secteur résidentiel lancé dans le cadre de la maîtrise de l'énergie. Les panneaux photovoltaïques possèdent aussi un rendement meilleur par rapport à l'éolien, c'est pourquoi notre choix s'est orienté vers un premier scénario qui est l'installation photovoltaïque.

Un deuxième scénario est établi, celui d'une installation des photos bioréacteurs ; La culture des micro -algues ; qui est une nouvelle énergie renouvelable permettant la production de plusieurs éléments nécessaires pour notre société : l'huile, protéine, vitamine, biomasse, énergie etc... et aussi sachant que ces micro- algues sont d'une forte présence dans la méditerranée, ce choix se justifie alors par les out Comes de cette installation qui reviennent dans plusieurs secteurs.

5-1-2- Alternative N°1 alimentation en photovoltaïque uniquement :

Pour la recherche d'une meilleure alimentation avec un rendement meilleur et à moindre coût, nous avons conçu un premier scénario qui est basé uniquement sur l'alimentation à l'aide de l'énergie solaire créée par les panneaux photovoltaïques. Ainsi, avant de développer ce scénario, nous allons présenter les panneaux photovoltaïques et leurs principes de fonctionnement pour ensuite détailler le scénario proposé avec son évaluation en termes de rendement et de coût.

5-1-2-1- présentation :

L'énergie photovoltaïque désigne l'énergie électrique produite par la transformation du rayonnement solaire à l'aide des panneaux photovoltaïques (Westra .M.T, &al.2002).

Le terme « photovoltaïque » dérive de deux mots grec, " photo " qui signifie la lumière et « Volt » qui tire son origine du Alessandro Volta un physicien italien qui a contribué à la découverte de l'électricité, donc le photovoltaïque signifie « l'électricité lumineuse » (Bruxelles environnement .2010)

Le principe photovoltaïque a été découvert en 1839 par Edmond Becquerel ; un physicien français ; et décrit en 1905 par Albert Einstein. La première cellule photovoltaïque a été développée en 1954 par Trois chercheurs américains, CHAPIN, PEARSON et PRINCE et la mise en œuvre de la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques été en 1973 à l'Université de Delaware (Delagnes. D .2007)

Le module photovoltaïque est un ensemble de cellules interconnectées couvertes d'une plaque de verre frontale et une plaque de verre ou de polymère à l'arrière, renforcées par un cadre métallique (cluster Eco & al ,2013).

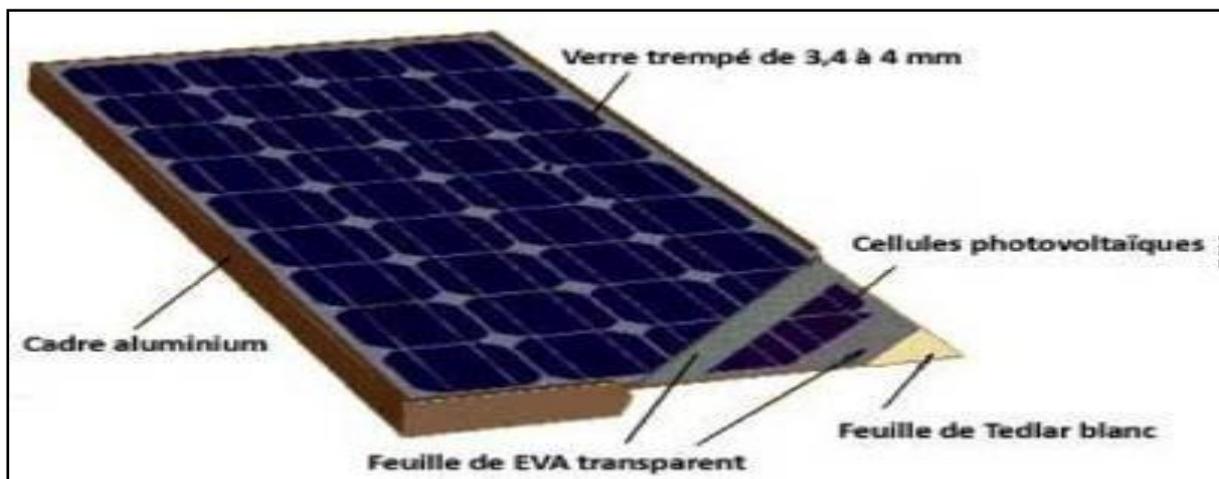


Figure 24 : modules photovoltaïques (<http://www.dimension-solaire.ch/> .24 décembre 2016)

Les panneaux photovoltaïques possèdent plusieurs domaines d'utilisations à savoir l'électronique nomade (calculectes, chargeurs de batteries), l'alimentation d'équipements ou du bâtiments isolés ou éloignés du réseau électrique, la production électrique en toiture ou au sol, alimentation d'une installation électrique, raccordement au réseau public de distribution électrique (cluster Eco & al,2013).

- Il existe différents types de cellules photovoltaïques :

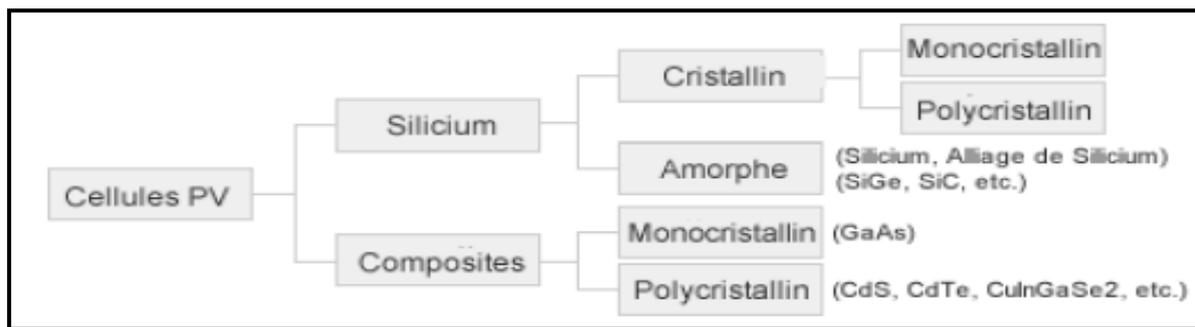


Figure 25: type de cellule photovoltaïque (Delagnes . D. 2007. p 5)

5-1-2-2- principe de fonctionnement :

Le principe consiste à la conversion de l'énergie solaire lumineuse en énergie électrique en utilisant des panneaux ,ces derniers sont composés des cellules (l'unité fondamentale d'un panneaux photovoltaïque) à la base de silicium (matériau semi-conducteur) ,elle est composée de deux couches ,une est composée de matériau qui possède moins d'électrons que le silicium comme le bore, cette zone appelée P est donc à charge positive et l'autre est composée de matériau qui présente plus d'électrons que le silicium comme le phosphore, cette zone appelée N est donc à charge négative ,l'ensemble crée une jonction PN. Lorsque les cellules absorbent des photons de soleil les charges électriques se changent. C'est à dire les électrons chargés négativement se déplacent vers la première couche et les protons chargés positivement se déplacent vers la deuxième couche, le déplacement des électrons permet ainsi la création du courant électrique (ABB, 2010)

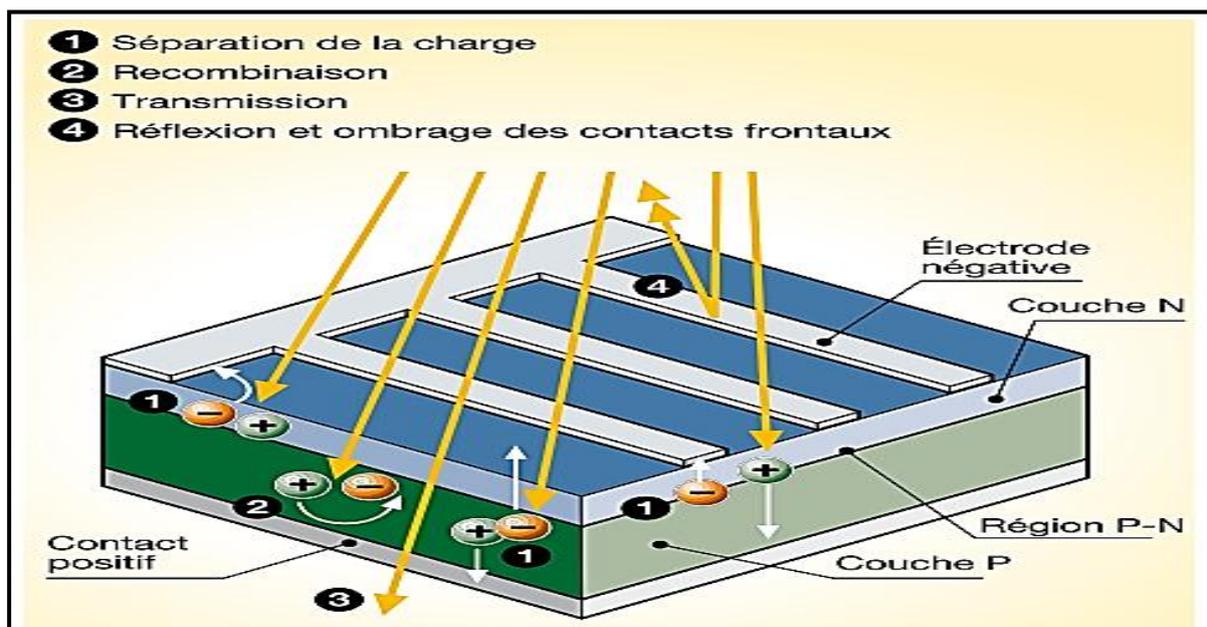


Figure 26 : principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque (ABB .2010. p 9)

5-1-2-3- Les composantes d'une installation photovoltaïque :

Composantes	Définition
Générateur	Se constitue essentiellement par la cellule photovoltaïque dans lequel se transforme l'énergie solaire (rayonnement) en énergie électrique. Un générateur est formé à partir de raccordement électrique de plusieurs rangées qui constituent à leurs tours de nombreux panneaux interconnectés (cluster Eco & al ,2013)
L'onduleur	Est l'appareil dans lequel le courant continu se converti en courant alternatif et qui contrôle la qualité de la puissance de sortie transférée au réseau par un filtre qui se trouve à l'intérieure de l'onduleur (ABB ,2010). L'onduleur possède une forme d'une boîte en métal de petite dimension (HESPUL ,2002).
Régulateur	Est un ensemble électronique employé pour la gestion des flux du courant utilisé pour charger la batterie, arrivé des panneaux et le courant transmit de la batterie vers les consommateurs. (Sierra Leone ,2012)
Batterie :	Son rôle essentiel est d'accumuler du courant et de stocker de l'énergie pendant la journée pour l'employer durant la nuit et durant les périodes de rendement moindre (Repky.C. 2009)
Câbles	Les câbles sont les éléments qui raccordent les diverses parties de l'installation photovoltaïque entre elles et entre le module et l'élément à alimenter, il a ainsi la charge de conduire le courant et l'énergie. (Idem)

Tableau 12 : les composantes d'une installation photovoltaïque (ABB ,2010) (HESPUL ,2002) . (Sierra Leone ,2012) (Repky.C 2009) (cluster Eco & al ,2013)

5-1-2-4- Types d'installation de panneau photovoltaïque pour l'habitat :

- **Installations autonomes :** Les installations autonomes sont des installations non raccordées au réseau, composées de panneaux PV contenant un système de régulation et de batteries d'accumulateurs permettent de stocker l'énergie électrique en l'absence de soleil ou dans le cas d'obscurité, son but est d'alimenter un ou plusieurs consommateurs situés dans une zone isolée du réseau électrique. (ABB, 2010.)

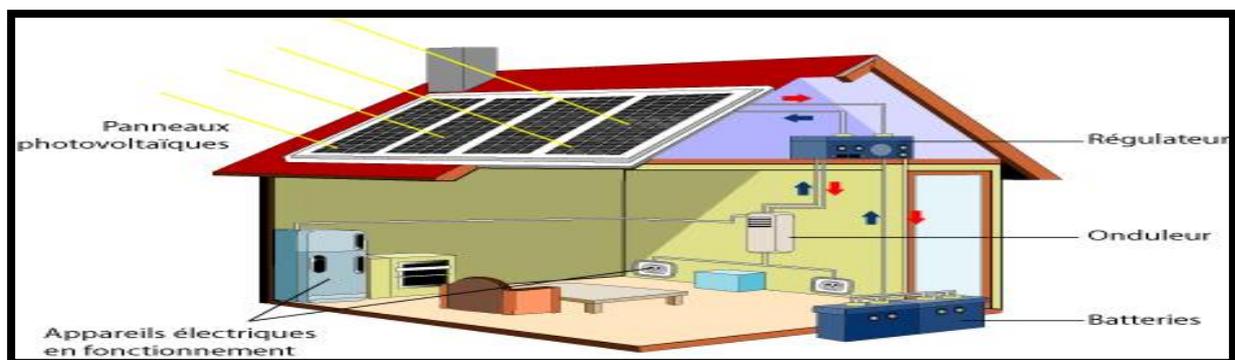


Figure 27 : Schéma principe d'une installation autonome de Panneaux photovoltaïque (http://solterre.net/index.php?p=1_5_Le-solaire-photovolta-que . 24 décembre 2016)

- **Installations raccordées au réseau** : cette installation a pour objectif l'utilisation de l'énergie du réseau (par exemple SONALGAZ en Algérie) lorsque le générateur panneaux photovoltaïques ne peut plus satisfaire les besoins d'énergie des consommateurs (par manque de stockage ou par de période de moindre rendement). Mais il peut être considéré comme un commutateur dans le cas où le système produit un surplus d'énergie électrique, donc ce système n'a pas besoin d'une batterie (ABB, 2010.) il est aussi appelé système hybride.

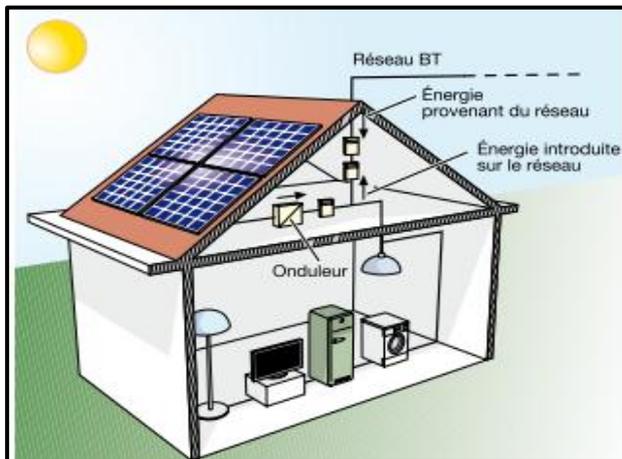


Figure 28 : principe d'une installation raccorde au réseau (ABB 2010p16)

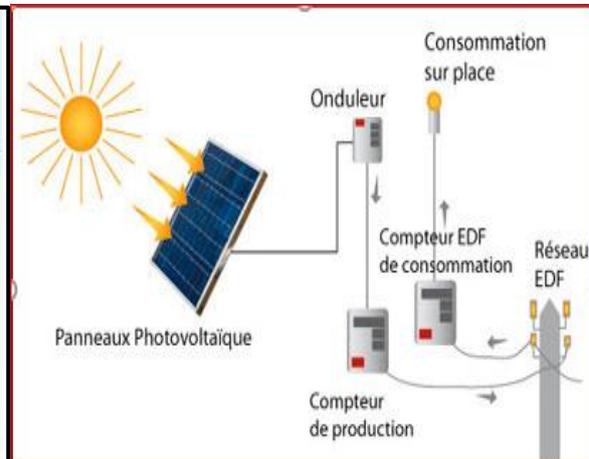


Figure 29 : principe d'une installation raccorde au réseau (<http://www.cofamenergy.com/photovoltaïque.php> , 24 décembre 2016)

5-1-2-5- Intégration au bâtiment :

Exemples d'intégration au bâti	Principe	Image
En toiture	L'installation est faite par la création des ancrages sur la charpente pour ensuite implanter des modules photovoltaïques au-dessus (surimposition en toiture) ou au-dessous de la couverture (intégration en toiture).	 (cluster Eco & al ,2013 p9)
Surimposition en Toit terrasse	Consiste à fixer des modules photovoltaïques au-dessus d'un toit terrasse par l'intermédiaire d'un bac ou d'un châssis.	 (cluster Eco & al ,2013 p9)
Garde-corps de Balcon ou de la Terrasse.	Consiste à l'intégration des panneaux dans une armature métallique constituant la structure du garde-corps.	 (cluster Eco & al ,2013 p10)

Bardage	Des panneaux photovoltaïques constituent une peau extérieure des façades pleines.	 <p>(cluster Eco & al ,2013 p10)</p>
---------	---	--

Tableau 13: les différents intégrations des panneaux photovoltaïques dans les bâtiments (cluster Eco .2013)

5-1-2-6- Avantages et inconvénients :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • La possibilité de les employer partout vu que l'énergie solaire est disponible toujours. • Facilité de modelage et d'ajustement de l'installation selon les besoins. • Non polluant ni perturbant de l'environnement. • Une rentabilité à long terme est assurée. (Joder .C &al, 2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le coût élevé du systèmes PV. • Une maintenance régulière des batteries pour le stockage d'électricité qui peuvent influencer négativement sur la performance du système. • La nécessité d'un système de secours dans les périodes de forte demande ou de fort Ennuagèrent (Hankins .M ,2010)

Tableau 14 : les avantages et inconvénients des panneaux photovoltaïques (Joder .C &al, 2004) (Hankins .M, 2010)

5-1-2-7- Le rendement des systèmes photovoltaïques :

A- Le rendement selon le type de cellule :

Type de cellule	Rendement	Utilisation
Cellule en Silicium-mono cristallin	12 à 18%	Aérospatiale, modules pour toits, façades, ...etc.
Cellule en Silicium poly Cristallin	11 à 15%	Modules pour toits, façades, Générateurs
Cellule en Amorphe	5 à 8%	Appareils électroniques (montres, calculatrices...), intégration dans le bâtiment
Cellule en Composite mono cristallin	18 à 20%	Systèmes de concentrateurs Aérospatiale (satellites)
Cellule en Composite poly cristallin	8%	Appareils électroniques (Montres, calculatrices...), intégration dans le bâtiment.

Tableau 15 : les types des cellules photovoltaïques et leurs rendements (Delagnes . D .2007. p 5)

B- Les principaux facteurs influençant la production d'énergie électrique d'une installation PV sont les suivants :

1. **L'ensoleillement** : la quantité d'énergie produite par un panneau dépend de l'ensoleillement journalier moyen du lieu. Il s'exprime en kWh/m²/jour (Sierra. L .2012)
2. **L'orientation et l'inclinaison** : pour avoir un bon rendement c'est-à-dire pour capter le maximum de lumière, les modules photovoltaïques doivent être placés dans des endroits ensoleillés comme les toitures tout en respectant les conditions suivantes : une orientation **plein sud** et une **inclinaison de 30°** par rapport au plan horizontal (cluster Eco & al .2013)
3. **Irradiance** : « *irradiance est défini comme une puissance reçue par une surface. Il s'exprime en W/m²* » (Delagnes. D 2007 p2), lorsque l'irradiance diminue, le courant PV diminue proportionnellement (ABB .2010.)
4. **Température** : la température influence sur le comportement de la cellule et donc sur son rendement. Si la température des modules est élevée, la tension diminue, ce qui provoque ainsi une réduction des performances des panneaux en termes de production d'énergie électrique. (Idem).
5. **Ombre** : les panneaux ne fonctionneront pas correctement dans un endroit qui n'est pas bien éclairé par le soleil durant toute la journée vue de la présence des obstacles (bâtiment ou arbre) (Dahouenon. M.A .2011) cependant, cela veut dire une diminution du rendement et non l'inactivité total du module.

5-1-2-8- L'élément coût dans un système photovoltaïque :

Les producteurs les plus connues et les marques des panneaux photovoltaïques en Algérie dont nous pouvons citer :

Condor : Le groupe privé spécialisé dans l'électronique, se situe à Bordj Bou Arreridj. S'intéresse aux énergies renouvelables et fabrique de nouveau complexe ; des panneaux photovoltaïques d'une grande puissance : 284 W jusqu'à 300 W qui peut être employés pour l'éclairage public, le pompage solaire, l'usage domestique et l'électrification rurale, son objectif est de fabriquer en Algérie d'autres composants d'une installation photovoltaïque comme les onduleurs, régulateurs, batteries et d'autre. (Mensour.T, janvier ,2017)

Entreprise EDELECT : c'est une entreprise algérienne fondé par Sid Ali Mokhefi en 2012, avant de s'intéresser aux énergies renouvelables et à la fabrication des panneaux photovoltaïques. Edelect était une entreprise spécialisée dans tout ce qui est en relation avec l'économie de l'énergie, comme l'éclairage public basse consommation, son objectif est la fabrication des panneaux photovoltaïques 100% algériens en utilisant des matériaux locaux (Bouedja. N ,2012)

Créa solaire Algérie : est une entreprise algérienne innovante située à Alger spécialisée dans le système photovoltaïque, pompe à chaleur et éolienne, elle est parmi les premiers spécialistes des systèmes à énergies renouvelables en Algérie (créa solaire).

Engineering Services (EES) : est une entreprise fondée par Mr Boukhalifa Yaïci, un spécialiste du solaire depuis 20 ans, elle est spécialisée dans le domaine de la Recherche & Développement,

la réalisation des systèmes solaires destinés à l'électrification , le pompage de l'eau et l'alimentation d'équipements de télécom à travers l'Algérie et récemment (2008) le développement des projets industriels dans le domaine du solaire comme le projet de fabrication des modules photovoltaïques (Engineering Services)

Selon le producteur et la marque des panneaux photovoltaïques, les prix de celui-ci diffèrent, ainsi, l'annexe N°4 revient sur les prix les plus courants des panneaux photovoltaïques.

5-1-2-9- Exemples de réalisations :



Figure 30 : La maison Minto, à Ottawa, à énergie (le magazine de la maison sain Écologique. 24 décembre 2016)



Figure 31 : Immeuble HLM à Montreuil (comme V développement durable et architecture www.commevv.fr . 24 décembre 2016)

5-1-3- Alternative N°2 alimentation en photo bioréacteur uniquement :

Le deuxième scénario choisi est une alimentation basée par l'intégration des photos bioréacteurs uniquement. Ainsi, avant de développer ce scénario, nous allons présenter ce système et son principe de fonctionnement pour ensuite détailler le scénario proposé avec son évaluation en termes de rendement et de coût.

5-1-3-1- Présentation des micro - algues :

Les micros-algues est l'ensemble des micro-organismes photosynthétiques eucaryotes (possède un noyau) et procaryote (sans noyau) (Cavalla .M. 2000) de différentes couleurs (rouge, vert, doré, bleu) et de tailles variées (elle peut être de quelque micromètres à plusieurs dizaines de micromètres) qui se trouvent dans tous les milieux Marin : salins, eaux douces, milieu aride. (Lucchetti. A, 2015). Ils possèdent une capacité d'adaptation à des différents milieux et une capacité de supporter le froid et les hautes températures ou la sécheresse. La majorité des algues se développent en milieux aquatique, néanmoins, il existe d'autre types qui peuvent se développer sur des arbres ou sur des façades de maisons (Becerra-Celis .G.P ,2009) .

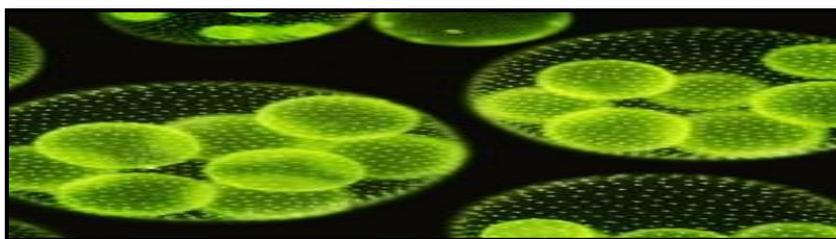


Figure 32 : les micros algue (<http://idefisc.fr/des-microalgues-pour-chauffer-les-logements/>. 14 janvier 2017)

Les micro-algues sont des organismes photo autotrophes, c'est à dire qu'ils utilisent la lumière et le dioxyde de carbone comme source d'énergie pour se développer, mais il existe d'autres appelés hétérotrophes qui se développent sans lumière. Elles peuvent être employées pour plusieurs services : la production de la biomasse de fait qu'il est riche en lipide (Cavalla, 2000.) où il existe un nombre des micro- algues produisent jusqu'à 70% de lipide par leurs masses en acide gras (REGAUD .V & al ,2014), méthane ou d'alcool, l'alimentation animale, la cosmétologie, la pharmacie, l'industrie, le traitement des eaux usées, la production de l'énergie électrique et thermique (Cavalla.M,2000).

Les micro- algues se développent par un processus de photosynthèse traduis par la relation suivante :



Elles ont la capacité d'absorber le CO_2 vue qu'elles contiennent des protéines provoquant la réaction biochimique, grâce à ce caractère photosynthétique, elles s'accroissent rapidement et peuvent doubler leurs nombres dans une courte période environ un jour ce qui permettra la production d'une quantité importante de la biomasse ; 10 à 20 $\text{g/m}^2/\text{jour}$; (RECAUD .V & al 2014). Ces micro-organismes peuvent être cultivées en plusieurs manières, soit dans des systèmes ouverts (des bassins à l'air libre) ou dans des systèmes fermés comme les photos bioréacteurs (Pansu .J & al ,2014)

5-1-3-2-Les photo bioréacteurs :

Un photo bioréacteur est défini comme un réservoir ou un système fermé qui est fabriqué à partir des matériaux transparents laissant pénétrer la lumière et dans lequel se réalise des interactions biologiques (la photosynthèse) entre les différents micro-organismes (les micro-algues). Cette technique est très avantageuse du fait qu'elle assure le contrôle des conditions de la culture de ces micro-organismes (distribution et évacuation du CO_2 , de l' O_2 , pH, température... etc.). La notion de photo bioréacteur existe depuis quelques décennies, les premiers systèmes clos voient le jour à la fin des années 40 mais qui n'a pas réussi due aux problèmes techniques. Au début des années 2000 plusieurs photos bioréacteurs ont été réalisés (DAOUD. D 2013).

Il existe plusieurs types de photo bioréacteur : les photos bioréacteurs plats, cylindrique (type colonne, colonnes à bulles, colonnes annulaires, les air lifts et tubulaire) et photo bioréacteur « Plastic-bag » ou gaine (Lucchetti.A 2015).

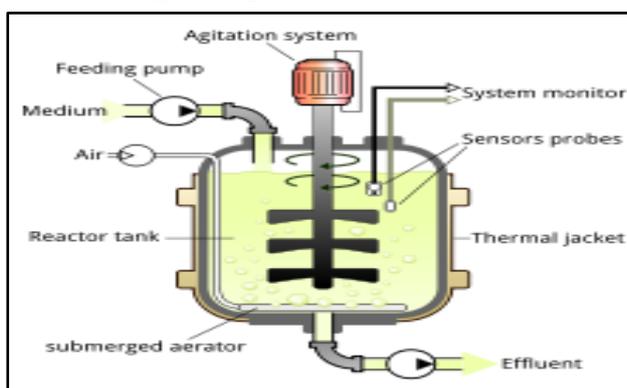


Figure 33 et 34 :photo bioréacteur (Marie-Pierre Grisson Photos RoquetteL'Écho du Pas-de-Calais n°129 novembre 2012 www.echo62.com/article4574 . 14 janvier 2017)

Différentes sources énergétiques sont produites en cultivant les micro-algues dans des photos bioréacteurs qui sont : la biomasse, les sucres, l'amidon, l'huile et le dihydrogène (PILLONETTO. P.F.2013)

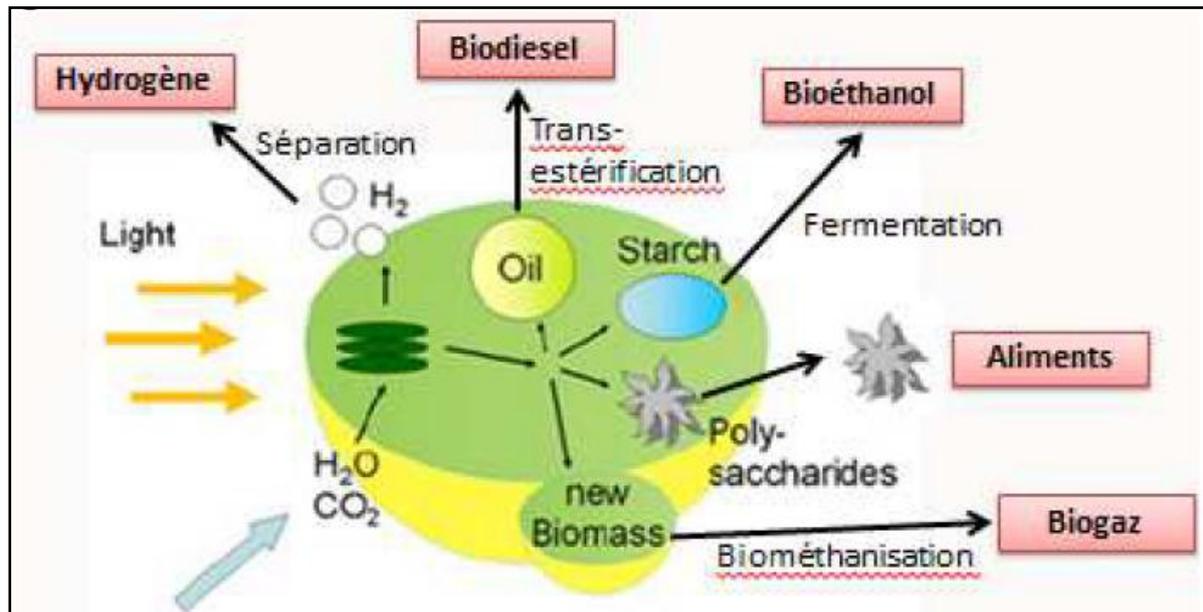


Figure 35: Voies possibles pour la production d'énergie (PILLONETTO. P.F,2013 p70)

5-1-3-3- Principe de fonctionnement :

Les photos bioréacteurs intégrés dans les façades sont appelées « bio façades » ou au niveau de la toiture contiennent de l'eau et des micro-algues et tous les paramètres nécessaires à la photosynthèse de ces dernières : de nutriments nécessaires et du CO₂ injecté qui provient de l'air extérieur ou par un processus de combustion à l'intérieur du bâtiment quant à l'eau utilisée, elle peut provenir du robinet, dans ce cas des nutriments nécessaires sont ajoutés ou des eaux usées du bâtiment constituant des nutriments, ils ont besoin aussi de la lumière qui provient du rayonnement solaire, sous l'effet de ce dernier, les micro-algues réalisent leur photosynthèse, elles absorbent le CO₂ et rejettent le O₂ (Janssen. A 2013) (les micro-algues n'ont pas besoin d'un rayonnement solaire direct, un rayonnement solaire indirect peut suffire pour leur croissance (Gaëlle. L, 2013).)

Cette exposition au rayonnement solaire provoque la surchauffe des parois et donc des photos bioréacteurs, ainsi l'élévation de la température de l'eau. Une fois elles sont trop chauffées, l'eau se siccule dans des canalisations et part dans le sous-sol où se refroidit par l'échangeur de chaleur et repart aux façades, pour la chaleur excédante, elle est évacuée pour être emmagasinée dans un régulateur ou échangeur de chaleur ou employé par une pompe à chaleur sous terrain pour le chauffage du bâtiment ou pour la production de l'eau chaude sanitaire. (Janssen. A, 2013), cependant, la biomasse produite est transformée en énergie en plusieurs étapes (Gaëlle. L, 2013) :

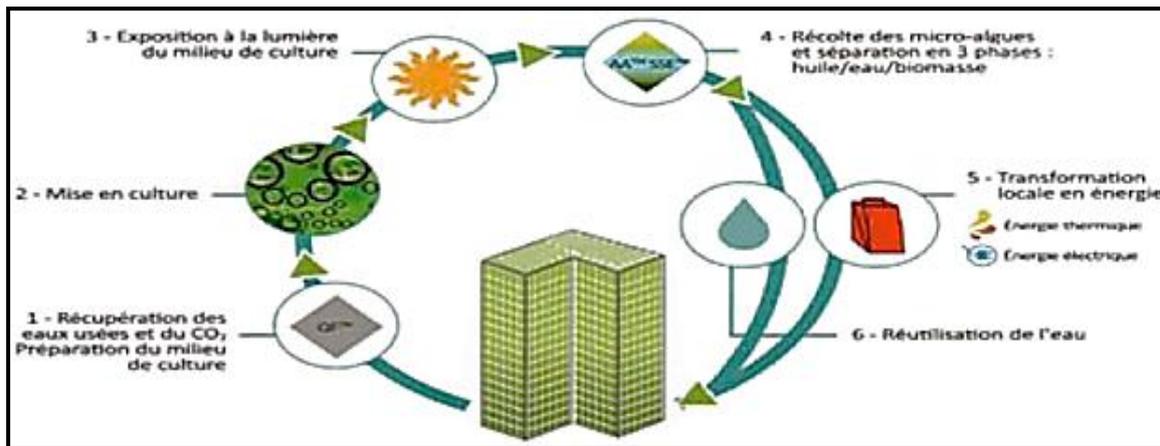


Figure 36 : le processus de production d'énergie par les photo bioréacteur dans un bâtiment (GAELLE .L 2013 .P20)

1-Séparation : cette première phase a pour objectif la séparation des produits dans les photos bioréacteurs par la suite, elles sont extraites, la séparation peut se faire en différentes manières (sédimentaire, floculation et filtration etc...).

2-Extraction : la biomasse est séparée en différents produits (biomasse, huile et eau) (Idem.). L'huile produite peut être utilisée comme carburant pour produire de l'électricité et de la chaleur (Goudet.J.L ,2012)

3-Séchage de la biomasse durant cette étape la biomasse se séchera pour être transformée en combustible (Gaëlle. L , 2013).

4-Conversion et traitement de la biomasse :

Cette conversion peut être réalisée par combustion, gazéification ou méthanisation. la biomasse sèche peut être utilisée dans des chaudières comme un combustible qui transforme la matière organique en chaleur ,quant au reste de la biomasse qui est humide, il peut être transformée en biogaz par méthanisation, ce procédé permet un rendement de 70% à 80%, en plus de la biomasse ,les micro- algues lors de leurs développements libèrent de l'hydrogène qui peut être transformé en électricité par des piles à combustible .

A la fin de ce cycle les eaux usées employées sont recyclées et réutilisées, pour une nouvelle production et peut être même injectée dans un réseau urbain (Idem.).

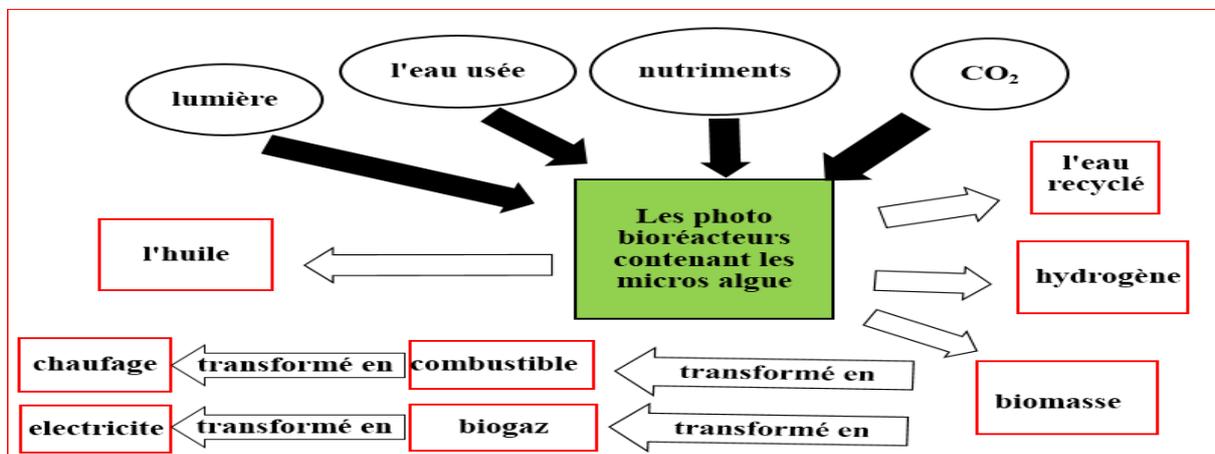


Figure 37: schéma récapitulatif des différents éléments entrant nécessaires à la culture des micro-algues et les éléments sortant.

Cette technique est peut-être appliquée sur des bâtiments neufs et même anciens et aussi à l'échelle urbain (ilot et Eco quartier), les bâtiments dans ce cas sont reliés par un seul réseau d'eau, d'électricité et de gaz et ils sont alimentés par une production d'énergie locale, et l'énergie produite et partagée d'une manière équivaux entre les différents bâtiments (Idem.).

Un locale technique est nécessaire pour le bon fonctionnement de ces micro -algues et se situe en sous-sol. Pour une façade de 1000m² il faut y avoir un local technique d'une surface de 100 m² (XTU architecte ,2016).

5-1-3-4- Les éléments d'installation :

- **Les canalisations** : sont généralement en PVC. Elle permet la liaison entre tous éléments de l'installation.
- **Les photos bioréacteurs** : peuvent être en PVC transparents ou en PMMA (plus cher que le PVC, mais transmission lumineuse meilleure).
- **La cuve de sédimentation** : c'est le lieu où l'eau se stagne. Elle sert à la séparation des eaux et d'algues.
- **Cuves de l'eau** : qui sert à stocker l'eaux usées qui proviennent du bâtiment et l'eau épurée.
- **Cuve de biomasse** : c'est un outil servant au stockage de la biomasse produite.
- **Pompes** : c'est l'appareil qui sert a aspirer les différents liquides et solides de l'installation à savoir l'eau usée et l'eau épurée et même la biomasse.
- **Ph régulateur** : qui permet de réguler le ph à l'intérieur des photo bioréacteurs.
- **Pile à combustible** : c'est un appareil qui permet la transformation de l'hydrogène libéré lors du développement des micro -algues en électricité par des piles à combustible (PMC LAB, 2014)

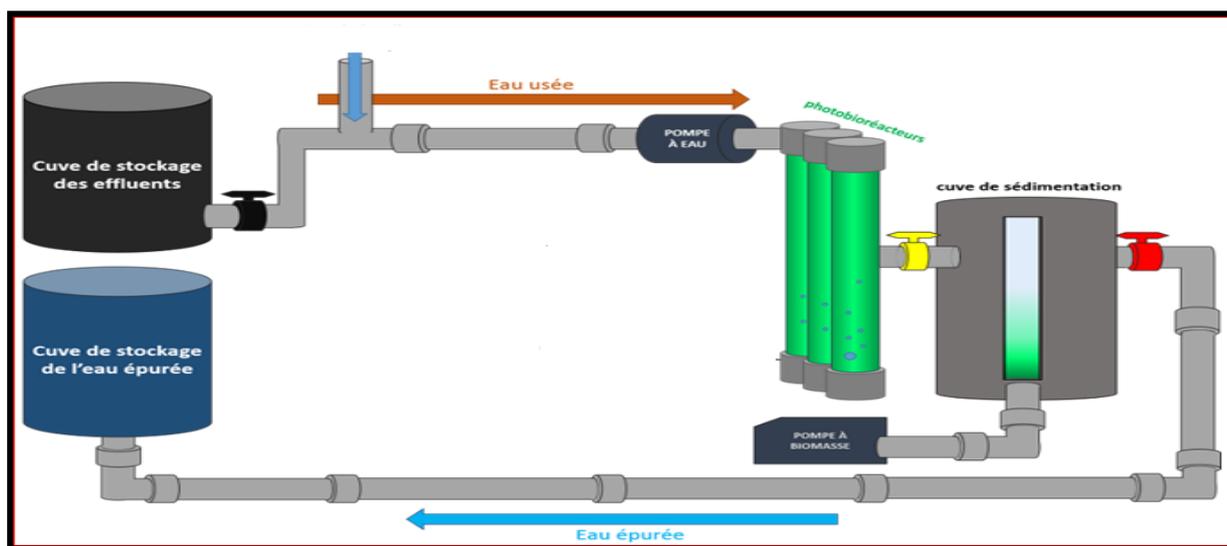


Figure 38 : l'installation photo bioréacteur (PMC LAB, 2014)

5-1-3-5- L'entretien et maintenance :

Une maintenance du système et un entretien une fois toutes les deux semaines sont nécessaires Pour garantir un bon fonctionnement le système doit subir plusieurs opérations :

- Vidange de la biomasse (activation de la pompe à biomasse).
- Passage d'une partie de la biomasse des photos bioréacteurs vers la cuve de sédimentation (ouverture des robinets des photos bioréacteurs).
- Apport d'effluent vers les photo bioréacteurs (ouverture de la vanne de la cuve et activation de la pompe (Idem .)

5-1-3-6- Avantages et inconvénients de la culture des micros algues :

Tableau 16 : les inconvénients et les avantages de la culture des micros algues pour les bâtiments et la ville (XTU architecte ,2016) (Regaud .V & al ,2014).

Avantages pour la ville	Avantages pour le bâtiment	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Du point de vue environnementale : C'est une source renouvelable propre et dépolluante de fait que ces micro-organismes ont la capacité d'absorber le CO₂ et le recyclage des eaux usées. • Du point de vue économique : la valorisation du potentiel solaire des façades inutilisables . • Du point de vue sociale : cette nouvelle technique permet la création d'emplois. 	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la performance énergétique des bâtiments neufs ou anciens • Assurer un bilan énergétique positif pour le bâtiment qui présente le but de plusieurs labels et réglementations comme Menergie, réglementation thermique 2020 ...etc. • Peuvent constituer une source de revenu pour le propriétaire du bâtiment par l'emploi des photos bioréacteurs dans des façades inexploitées pour d'autres services : la cosmétologie, la pharmacie, et médicales...etc. • Du point de vue esthétique cette technique assure des façades plus belles et vivantes par la possibilité de changement de couleur qu'elle peut offrir ces micro-algues en fonction des types des micro-algues utilisées (vert, rouge...) • Les bio façades représentent un potentiel de rénovation thermique des bâtiments. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le cout élevé d'installation • Les micro-algues ne fonctionnent pas dans le cas d'une température très abaissée (moins de 0°C) (REGAUD .V & al ,2014).



Figure 39: Atlanpole Blue Cluster meeting réalisé en 2012 par XTU architecte en Bretagne, montre l'avantage esthétique de la culture des micro-algues en façades ((Pansu .J &al, 2014 p)

5-1-3-7- Le rendement des systèmes photos bioréacteurs (micro-algues)

5-1-3-7-A- le rendement :

Un panneau photo bioréacteur de dimensions (256 × 69.5 × 8) cm, avec une capacité de 0.075 m³. Possède une puissance journalière de 2025wh/j (Ennesys, 2016).

5-1-3-7-B- Les paramètres influençant la croissance du micro algue :

Le rendement de ce système dépend de nombreux paramètres : la physiologie des micro algues, le nombre des micro algues, la morphologie de photo bioréacteur (Gaëlle. L, 2013). Citons ainsi (PILLONETTO.P.F, 2013):

1. **La lumière** : l'intensité lumineuse doit être de 50 à 200 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ et une longueur d'onde d'UV optimale comprise entre 400 et 600 nm pour la photosynthèse.
2. **Densité** : 0,5 et 6 g/l est la densité des cellules adéquates.
3. **Température** : une température de 25 et 35°C est la plus convenable.
4. **Le PH** : un pH convenable est généralement neutre.
5. **Les nutriments** : il faut assurer une quantité importante des nutriments.

5-1-3-8-Exemples de réalisations :



Figure 40: bâtiment Big house à Hambourg en Allemagne 2013, Big house est le premier bâtiment résidentiel contient des façade en photo bioréacteur (VALENTIN.V & al 2014 p21)



Figure 41 : bâtiment In Vivo Paris (Il est composé d'une façade en photo bioréacteur. Réalisée par les architectes Anouk Legendre et Nicolas Desmazières de XTU Architect et le consortium SymBIO2 (Legendre.A et Desmazière.N,2016)

6- 6eme étape analyse des conséquences :

Pour bien mener notre recherche, nous avons questionné les habitants de l'immeuble choisit sur le nombre des appareils électroménagers qu'ils utilisent et leurs puissances, ainsi que leurs consommations journalières.

6-1- Le dimensionnement :

6-1-1- calcul du besoin journalier de l'habitat :

$B_j = p_{ch} \times t \times \text{nombre d'appareil}$

Avec : B_j : la consommation électrique journaliere.

t : duré de fonctionnement de l'appareil.

P_{ch} : puissance de l'appareil.

ci-dessous, nous avons calculé le besoin journalier d'un appartement. De la meme manière, nous avons calculé le reste des appartements afin d'avoir le besoin journalier de tout l'immeuble, puisque la consommation d'énergie électrique varie d'un appartement à l'autre .(voir l'annexe N 1-A).

Nombre d'utilisateurs (Personnes)	4 personnes							
	Type	Nombre	Type d'énergie utilisé	Heures D'utilisation du dimanche au jeudi	Heures D'utilisation pendant le weekend	Puissance (KW)	Consommation moyenne (KWH)	
Les appareils	Réfrigérateur	2	Électrique	24h*5	24h*2	0.04	1.92	1.92
	Lave-vaisselle	0	Électrique	/	/	/	/	/
	Micro-onde	1	Électrique	5min*5	3min*2	1.125	0.18	0.09
	Cafetière (électrique)	1	Électrique	0*5	2min*1	0.7	/	0.03
	Machine à laver	1	Électrique	1h*2	1h*1	2	2	4
	Four électrique	1	Électrique	1h*3	1*2	2.25	2.25	2.25
	Cuisinière (électrique)		Électrique	/	/	/	/	/
	Mixer	1	Électrique	2min*2	2min*1	0.125	0.008	0.008
	Hotte	1	Électrique	20min*3	10min*1	0.11	0.036	0.036
	TV tube cathodique	1	Électrique	10h*5	12h*2	0.09	1.2	1.5
	TV Plasma	1	Électrique	7h*5	10h*2	0.17	2.5	3

Ordinateur	2	Électrique	5h*5 3h*3	10h*2 5h*2	0.03	0.18 0.09	0.39 0.15
Chargeur	4	Électrique	20min*5	20min*2	0.005	0.01	0.01
Boitier Wifi	1	Électrique	24h	24h	0.023	0.552	0.55
Fer à repasser	1	Électrique	/	35min	1.8	/	0.15
Sèche-Linge	0	Électrique	/	/	/	/	/
Machine à coudre	0	Électrique	/	/	/	/	/
Aspirateur	1	Électrique	/	/	/	/	/
Sèche-cheveux	1	Électrique	5min*2	10min*1	1.75	0.14	0.58
Rasoir électrique	0	Électrique	/	/	/	/	/
Ampoule économique	11	Électrique	2h*5	3h*2	0.012	0.39 0.26	0.52 0.39
Ampoules à incandescence	5	Électrique	1h*5	2h*2	0.06	0.06	0.6
Chauffe bain	0	Électrique	/	/	/	/	/
Climatiseur	1	Électrique	/	/	/	/	/
Pompe à eau	1	Électrique	3h*5	3h*2	1	3	3
Consommation de l'énergie électrique	551 Kwh						
Montant d'électricité payé	2856,66 DA						

Tableau 17 : un questionnaire sur la durée de l'utilisation des appareils électrique destiné a un habitat (appart 1), (auteur).

$$C_{j\text{appart1}} = 1.92 + 0.14 + 0.03 + 3 + 2.25 + 0.08 + 0.36 + 1.35 + 2.75 + 0.28 + 0.12 + 0.01 + 0.55 + 0.15 + 0.3 + 0.46 + 0.6 = 14.03 \text{ Kwh.}$$

Observation :

La consommation journalière calculée (14.03kwh) ne correspond pas à celle mentionnée sur la facture sonalgaz (qui est de 5.98kwh).

nous menerons notre recherche en nous basons sur les calculs effectués, ceci n'étant pas pour justifier la véracité de nos calculs, mais plutôt dans un souci d'une meilleure efficacité. En effet, si les calculs que nous avons effectués s'avèrent juste, nous aurons un habitat à énergie zéro, et dans le cas où l'habitat ne consomme que le chiffre mentionné dans la facture sonalgaz, nous aurons un habitat à énergie positive. Ainsi, dans les deux cas, l'utilisation du taux de consommation de 14.03 kwh est la plus optimale. (voir les factures dans l'annexe N°1)

Cj de l'immeuble = $14.03+15+5.63+11.15+14.46+9.64+14.3+11.25+9.97+4.44 = 109.873\text{KWh} = 109873\text{ Wh}$.

6-2- Dimensionnement des panneaux photovoltaïques :

Dans cette étape nous allons détailler une méthode de dimensionnement qui prend en compte divers paramètres. Le but est d'aboutir aux choix et au nombre de panneaux pour plus d'efficacité et une meilleure rentabilité pour notre installation.

- **Les éléments d'installation :**

Champs photovoltaïque, régulateur, batteries, onduleur et le câblage.

6-2-1- calcul de la taille du générateur photovoltaïque :

- **La puissance journalière du panneau photovoltaïque :**

$$P_{pv}/j = P_c \times N_e \quad \text{I}$$

Avec : P_{pv} : puissance journalière du panneau.

P_c : puissance crête du panneau.

$N_e = G_s/1000$.

G_s : valeur de l'ensoleillement moyen mensuelle du mois le plus défavorable de l'ensoleillement et 1000 (w/m^2) : est la valeur de l'ensoleillement dans les conditions STC (standard test condition).

Remarque : dans les installations électriques nous avons des pertes (conditions réelles). on peut approximer ces pertes à 20%, d'où la puissance journalière réelle est égale à :

$$P_{pv}/j_{\text{réel}} = P_{pv}/j \times (1-0,2)$$

A titre d'illustration des calculs, nous avons choisi les panneaux Polly cristalline de puissance crête = 285 WC.

$$N_e = G_s / 1000 = 2,6 \times 10^3 / 1000 = 2.6 \text{ Wh/j.} \quad \text{II}$$

$$P_{pv} = 285 \times 2.6 = 780 \text{ Wh/j}$$

$$P_{pv} \text{ réel} = P_{pv}/j \times (1-0,2) = 780 (1-0,2) = 624 \text{ Wh/j.} \quad \text{III}$$

- **Nombre de panneaux :**

$$N_{pv} = B_j / P_{pv}/j_{\text{réel}} = 109873 / 624 = 177 \text{ panneaux} \quad \text{IV}$$

Avec : B_j : besoin journalier

- **Surface d'un panneau photovoltaïque :**

$$S_{pv} = L * I = 1.956 * 0.992 = 1.94 \text{ m}^2$$

V

Avec L : longueur

I : largeur

- **Surface de captage :**

$$S_{\text{toiture}} + S_{\text{façade}} = 219 + 168 = 387 \text{ m}^2.$$

VI

- **Surface du champs photovoltaïques ($S_{ch_{pv}}$) :**

$$S_{ch_{pv}} = \text{Nombre de panneaux} \times S_{pv} = 177 \times 1.94 \text{ m}^2 = 343.38 \text{ m}^2$$

VII

- **Le coût du champ photovoltaïque :**

$$C_{chv} = \text{prix d'un panneau} * \text{nombre de panneaux} = 30\,010.50 * 177 = 5\,331\,858.5 \text{ DA.}$$

En suivant les même étapes nous avons dimensionné des panneaux de plusieurs puissances : 100

Wc , 200 Wc , 240 Wc , 280 Wc et nous avons obtenus les résultats suivantes :

Type de panneaux	Nombre de panneaux trouvé	Prix unitaire	Prix totale
Panneaux monocristallins de 100 Wc	529 panneaux	11 115,00 DA	5 879 835 ,00 DA
Panneaux monocristallins de 200 Wc	265 panneaux	22 230,00 DA	5 890 950,00 DA
Panneaux poly cristalline de 240 Wc	221 panneaux	25 272,00 DA	5 585 112,00 DA
Panneaux poly cristalline de 280 WC	189 panneaux	29 484 ,00 DA	5 572 476,00 DA
Panneaux poly cristalline de 285 WC	177 panneaux	30 010,50 DA	5 311 858,5 DA

Tableau 18 : les résultats de dimensionnement des panneaux de plusieurs puissances (auteur)

D'après le dimensionnement des différents types de panneaux, nous avons opté pour les Panneaux poly cristalline de 285 WC vue leurs prix moins cher.

- **Choix de la tension :**

Pour les systèmes autonomes une tension faible implique des courants élevés qui produisent des pertes dans les câbles. Pour une installation plus conséquente on choisira une tension de 24 V plutôt qu'une tension de 48 V afin de ne pas avoir un courant trop élevé.

6-2-2- Dimensionnement des batteries :

Pour le dimensionnement des batteries, nous nous poserons certaines questions :

- Quel doit être l'autonomie de notre installation ?
- Quelle est la profondeur de décharge maximum que nous imposerons à nos batteries ?

- **Autonomie des batteries :**

Autonomie d'une installation : est le nombre de jour pendant lesquels les batteries peuvent assurer les besoins en électricité sans que les modules ne fonctionnent. Dans notre cas, nous avons 3 jours de mauvais temps pendant le mois de novembre ; le mois le plus défavorable ; selon la station météo de Bejaia (voir l'annexe N 3), ajoutant 2 jours en cas de panne et pendant la nuit, nous aurons donc 5 jours d'autonomies.

- **Profondeur de décharge :**

La profondeur de décharge est généralement choisie entre 50% et 100%, dans notre cas nous allons opter pour une profondeur de 80% de décharge afin de réduire le nombre des batteries tous en assurant une bonne espérance de vie ainsi qu'un cout plus économique.

- **La capacité des batteries (C_{batt}) :**

$$C_{batt} = (B_j * J_{aut}) / (V_{batt} * DOD)$$

VIII

Avec : J_{aut} : nombre de jour d'autonomie.

V_{batt} : tension des batteries.

DOD : la Profondeur de décharge maximum des batteries.

- **Nombre de batteries (N_{batt}) :**

$$N_{batt} = C_{batt} / C_{batt,u}$$

IX

Avec $C_{batt,u}$: la capacité unitaire d'une batterie .

$$C_{batt,u} = 516 \text{ Ah}$$

Pour le calcul des batteries, nous choisirons des batteries spéciale panneaux photovoltaïques d'une tension de 24V.

$$C_{batt} = (109\,873 * 5) / (24 * 0.8)$$

$$C_{batt} = 28\,612 \text{ Ah}$$

$$N_{batt} = 28\,612 / 516$$

$$N_{batt} = 56 \text{ batteries}$$

6-2-3- Dimensionnement du régulateur :

Etant donné que notre installation fonctionnera sous une tension de 24 V et que les modules sont d'une puissance unitaire de 285 Wc, fonctionnant sous cette tension et fournisse un courant de 11A ($285 / 24 = 11$), pour cela le courant qui va être fournis par le générateur est de 1947 A ($11 * 177 \text{ panneaux} = 1947 \text{ A}$), nous choisirons des régulateurs Steca Tarom de 24 V / 45 A.

- **Nombre de régulateur (N_{regul}) :**

$$N_{regul} = I_{gen} / I_{regul,u}$$

X

Avec : I_{gen} : courant fournie par le générateur

$I_{regul,u}$: courant unitaire du régulateur

$$N_{regul} = 1947 / 120 = 17 \text{ régulateurs.}$$

6-2-4- Dimensionnement de l'onduleur :

Un onduleur est utile pour la charge des appareils de chaque appartement, pour cela nous choisirons un onduleur GF 3000 (24 V -3000 W) * 10 (nombre d'appartement)

Onduleurs de 3KW .

6-2-5- Dimensionnement des câbles :

Pour assurer le transport de l'énergie, nous utiliserons des câbles solaires en cuivre qui assureront une longue durée de vie (supérieure à 30ans) et supporteront les variations de température (pouvant aller de -20°C à 80°C),

$$S = (R * 2 * L * I) / \Delta V$$

XI

Avec : **S** : Section des câbles.

R : résistivité = $1.6 * 10^{-8} \Omega.m$ (conducteur en cuivre).

L : longueur du câble.

I : courant qui traverse le câble.

ΔV : chute de tension (elle ne dépasse pas 2% de la tension V).

- **Section des câbles entre un panneau et la boîte de raccordement :**

Avec : $V_{pv}=36.38V$ et $I_{pv}=7.96A$ (voir fiche technique des panneaux de 285V : annexe N 4)

$L=10m$ (la boîte de raccordement sera placée sur la toiture).

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 10 * 7.96) / (0.02 * 36.38) = 3.5 * 10^{-6} mm^2$$

Nous prendrons un câble de $2*4 mm^2$.

- **Section des câbles entre la boîte de raccordement et les régulateurs :**

Avec : $L=17m$ (les régulateurs seront placés sous le local technique).

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 17 * 7.96) / (0.02 * 36.38) = 5.95 * 10^{-6} mm^2$$

Nous prendrons un câble de $2*6 mm^2$.

- **Section des câbles entre les régulateurs et les batteries :**

Avec $L=3m$ (les batteries seront placées dans le local technique).

$$V_{batt}=24V, \quad \alpha = V_{batt} / V_{pv} = 24/36.38=0.66, \quad I_{batt} = I_{pv} / \alpha = 7.96 / 0.66 = 12.06A$$

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 3 * 12.06) / (0.02 * 24) = 2.39 * 10^{-6} mm^2$$

Nous prendrons un câble de $2*4 mm^2$.

- **Section des câbles entre les batteries et les onduleurs :**

Avec $L=3m$ (les onduleurs seront placés dans le local technique).

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 3 * 12.06) / (0.02 * 24) = 2.39 * 10^{-6} mm^2$$

Nous prendrons un câble de $2*4 mm^2$.

6-2-6- Description de scénario 1 :

Après l'étude comparative de dimensionnement global des différents panneaux de l'installation solaire photovoltaïque dans le bâtiment, nous avons opté pour une alimentation des besoins en électricité par 177 panneaux de marque Condor, de type Silicium poly cristallin et d'une puissance de 285Wc, qui seront installés sur une surface de 354m² réparties entre la toiture (qui supportera 112 panneaux) et la façade aveugle du bâtiment orientée vers le sud (qui supportera à son tour 65 panneaux, en laissant un intervalle de 0.5m en verticalité entre eux afin qu'ils soient exposés aux rayons directs du soleil, sans être gênés par l'ombre des panneaux situés au-dessus). Pour des mesures de sécurité le générateur sera relié à 56 batteries de stockage d'énergie ; de marque Sarl Napim (24V ,516 Ah) ; pour alimenter le bâtiment en cas de panne et/ou en cas de jours d'autonomies. Celles-ci seront installées avec le reste des éléments de conversion (les régulateurs, les onduleurs) dans un local technique situé sous la cage d'escalier.



Figure 42 : l'intégration des panneaux photovoltaïques sur la façade sud, scénario 1, (auteur).

Toute l'installation possède un rendement de 109873 Wh/j avec un cout estimé de **9 963 528.5** DA sans main d'œuvre (voir le tableau 19).

Eléments de l'installation	Marque	Nombre	Emplacement	Cout (DA)
Panneaux photovoltaïque (280Wc)	Condor	177	Toiture et Façade sud	30 010,50
Batterie (24V,516Ah)	Special PV	55	Sous la cage d'escalier	58 000
Onduleur	Condor GF 3000	10	Sous la cage d'escalier	94 770
Régulateur	Steca Tarom	17	Sous la cage d'escalier	30 000
Câble	Solar power system	16m	/	110
	Solar power system	17m	/	130
			Le coût total de L'installation	9 963 528.5 da

Tableau 19 : nombre, cout et emplacement des éléments du système solaire photovoltaïque dans le bâtiment (auteur)

- **Le prix total de l'installation :**

$30\,010,50 \times 177 + 58\,000 \times 55 + 94\,770 \times 10 + 30\,000 \times 17 + 110 \times 16 + 130 \times 17 = 9\,963\,528.5$ da.

6-3- Dimensionnement des panneaux photo bioréacteurs :

Nous avons estimé précédemment la consommation journalière de l'immeuble à : C_j de l'immeuble = 109 873 Wh

6-3-1- Dimensionnement :

- **La puissance journalière du panneau photo bioréacteur :**

Les dimensions des panneaux photos bioréacteurs (256 × 69.5 × 8) cm, avec une capacité de 0.075 m³. La puissance journalière d'un panneau est de 2025wh/j

Comme nous l'avons vue dans les calculs de la puissance des photovoltaïque au dessus, les installations électriques ont des pertes (conditions réels). Elle sont approximées à 20%, d'où la puissance journalière réelle est égal à :

$$P_{pbr \text{ réel}} = P_{pbr/j} \times (1-0,2)$$

$$P_{pbr \text{ réel}} = 2025 \times (1-0,2) = 1620 \text{ wh/j}$$

XII

- **Nombre de panneaux :**

$$N_{pv} = B_j / P_{pv/j \text{ reel}}$$

XIII

$$N_{pv} = 109\,873 / 1620 = 68 \text{ panneaux}$$

Avec : B_j : besoin journalier

- **Surface d'un panneau photo bioréacteur :**

$$S_{pbr} = L * l = 2.56 \times 0.695 = 1.78 \text{ m}^2$$

Avec L : longueur

l : largeur

- **Surface de captage :**

Surface de la toiture = 219 m²

Surface disponible sur la façade OUEST = 85.68 m²

Surface disponible sur la façade EST = 59.36 m²

- **Surface du champ photos bioréacteurs (S_{chpbr}) :**

S_{chpbr} = Nombre de panneaux × S_{pbr} = 68 × 1.78 = 121.04 m²

XIV

6-3-2-Dimensionnement des éléments de l'installation :

Dans notre installation, nous aurons besoin de :

- Une cuve de sédimentation.
- Une citerne de stockage de l'eau épurée.
- Une citerne de stockage des eaux usées.
- 68 Ph régulateur : 1 pour chaque panneau bioréacteur, dans notre cas nous avons 68 panneaux donc nous aurons besoin de 68 Ph régulateurs.
- 2 pompes : l'une pour pomper les effluents vers la citerne des eaux usées (pompe à eau), et l'autre adaptée aux fluides très chargés, sert à évacuer la biomasse de la colonne de sédimentation (pompe à biomasse).
- 300 m de (200mm de diamètre) tuyau en PVC : pour les canalisations, qui reliera les panneaux photos bioréacteurs et les deux citernes.
- 10 piles à combustible : chaque appartement sera alimenté d'une pile à combustible.

6-3-3- Description de scénario 2 :

Après l'étude de dimensionnement des photos bioréacteurs, nous avons opté pour des panneaux photos bioréacteurs plat composés de 4 couches de verre, à l'intérieur de ces aquariums plats des millions de micro-algues vertes qui se cultivent permettent ainsi la production de l'électricité grâce à la photosynthèse.

Pour une recherche de durabilité, nous utiliserons les eaux usées du bâtiment comme nutriments, vu que les micro-algues ; durant leurs développements ; permettent le recyclage des eaux usées qui est considéré comme un avantage du point de vue économique.

Ces 68 panneaux de 256 cm de hauteur, 69.5cm de largeur de et 8 cm épaisseur, seront installés sur une surface de 145.04 m². Puisque la culture de ces micro- algues ne nécessite pas la présence directe des rayonnements solaire, les panneaux seront répartis entre la façade est (2 panneaux photo bioréacteurs seront installés sur chaque côtés du balcon, ajoutant 12 panneaux sur la façade de la cage d'escalier) et la façade ouest (3panneaux placés sur les séchoirs de chaque appartement) du bâtiment. Cette installation nécessite des éléments tels que : 68 Ph régulateurs, 1 citerne de stockage d'eau usée, 1 cuve de stockage de biomasse (24L), 2 pompes (une à eau et l'autre à biomasse) que nous placerons dans le local technique situé sous la cage d'escalier, 10 piles à combustible seront fixées dans chaque appartement et une citerne de stockage d'eau épurée que nous placerons dans la toiture et qui alimentera les habitations, toute cette installation sera reliée

par 300m de tuyaux en PVC.



Figure 44 : l'intégration des panneaux photo bioréacteur sur la façade EST ; scénario 2, (auteur).

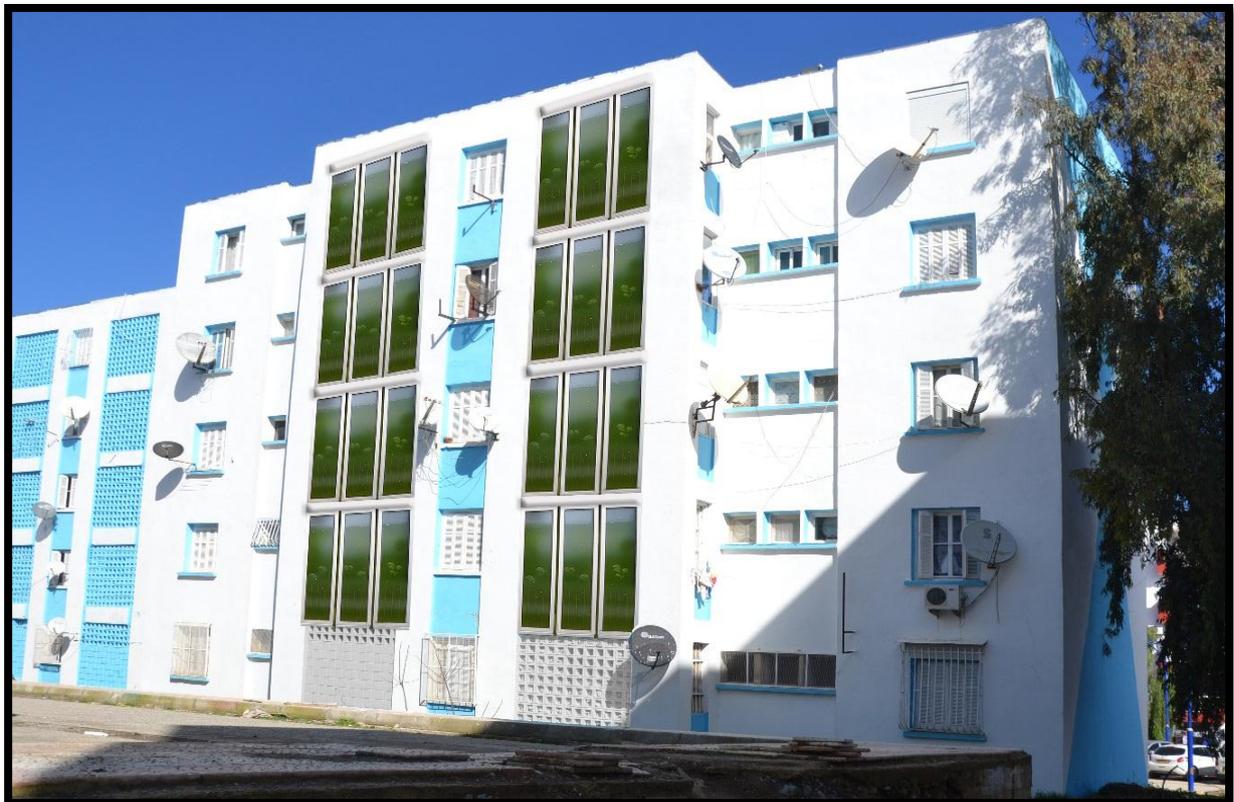


Figure 44 : l'intégration des panneaux photos bioréacteur sur la façade OUEST ; scénario 2, (auteur).

Toute l'installation possède un rendement de 109 873 Wh/j avec un cout estimé de **4 611 600 da** sans main d'œuvre (voir le tableau 20).

Les éléments d'installation	Le cout unitaire	Nombre	Le cout total
Ph régulateur (1 par réacteur)	20 000	68	1 360 000
Citerne de stockage des eaux épurés (500L)	10 000	1	10 000
Citerne de stockage des eaux usées	7 000	1	7 000
Cuve de sédentarisation	10 000	1	10 000
Cuve de stockage de biomasse (24L)	3 000	1	3 000
Pompe à eau	10 000	1	10 000
Pompe à biomasse	30 000	1	30 000
Photo bioréacteur	1 825	68	124 100
Tuyauterie PVC	2 100 pour 4m	300m	157 500
Pile à combustible	290 000	10	2 900 000
Le coût total de L'installation			4 611 600 da

Tableaux20 : le nombre, cout des éléments du système photo bioréacteur dans le bâtiment (auteur)

6-4-Dimensionnement de la combinaison panneaux photovoltaïques et panneaux photos bioréacteurs :

6-4-1-Dimensionnement des panneaux photovoltaïques :

Selon l'équations I , II, III, IV.

$$B_j = 109873/3=54396,5 \text{ W}$$

D'après l'équation ... $N_{pv} = 88$ panneaux
 Surface de captage = $88 * 1.94 = 170,72 \text{ m}^2$

- **Dimensionnement des batteries :**

D'après l'équation VIII , IX Nombre des batteries = 3

- **Dimensionnement des régulateurs :**

D'après l'équation X, Nombre de régulateur 9 régulateurs.

- **Dimensionnement des câbles : selon l'équation XI**

- **Section des câbles entre un panneau et la boîte de raccordement :**

$L = 10\text{m}$ (la boîte de raccordement sera placée sur la toiture).

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 10 * 7.96) / (0.02 * 36.38) = 3.5 * 10^{-6} \text{ mm}^2$$

Nous prendrons un câble de $2 * 4 \text{ mm}^2$.

- **Section des câbles entre la boîte de raccordement et les régulateurs :**

Avec : $L = 3\text{ m}$ (les régulateurs seront placés sera placée sur la toiture).

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 3 * 7.96) / (0.02 * 36.38) = 1.041 * 10^{-6} \text{ mm}^2$$

Nous prendrons un câble de $2 * 1.5 \text{ mm}^2$.

- **Section des câbles entre les régulateurs et les batteries :**

Avec $L = 3\text{m}$ (les batteries seront placées sur la toiture).

$$V_{\text{batt}} = 24\text{V}, \quad \alpha = V_{\text{batt}} / V_{\text{pv}} = 24/36.38 = 0.66, \quad I_{\text{batt}} = I_{\text{pv}} / \alpha = 7.96 / 0.66 = 12.06\text{A}$$

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 3 * 12.06) / (0.02 * 24) = 2.39 * 10^{-6} \text{ mm}^2$$

Nous prendrons un câble de $2 * 4 \text{ mm}^2$.

- **Section des câbles entre les batteries et les onduleurs :**

Avec $L = 3\text{m}$ (les onduleurs seront placés dans le local technique).

$$S = (1.6 * 10^{-8} * 2 * 3 * 12.06) / (0.02 * 24) = 2.39 * 10^{-6} \text{ mm}^2$$

Nous prendrons un câble de $2 * 4 \text{ mm}^2$.

6-4-2-Dimensionnement des panneaux photos bioréacteurs :

La consommation journalière de l'immeuble est de 109 873 Wh, vue que les panneaux photovoltaïques produiront 54 396,5Wh, donc les panneaux photos bioréacteurs doivent produire 54 396.5 Wh d'énergie.

$$B_j = 54\ 396,5 \text{ Wh}$$

D'après l'équation XII

$$P_{\text{pbr}} \text{ réel} = 1620 \text{ wh/j}$$

- **Nombre de panneaux :**

D'après l'équation XIII

$$sN_{pv} = 54\,369,5 / 1620 = 34 \text{ panneaux}$$

- **Surface de captage :**

(la toiture destiné aux photovoltaïques)

Surface disponible sur la façade OUEST = 85.68 m²

Surface disponible sur la façade EST= 59.36 m²

- **Surface du champs photos bioréacteurs (S_{chpbr}) :**

D'après l'équation XIV :

$$S_{chpbr} = 34 \times 1.78 = 60,52\text{m}^2$$

- **Dimensionnement des éléments de l'installation :**

Dans notre installation, nous aurons besoin de :

- Une cuve de sédimentation
- Une citerne de stockage de l'eau épurée.
- Une citerne de stockage des eaux usées.
- 34 Ph régulateurs.
- 2 pompes : pompe à eau et une pompe à biomasse.
- 120 m de (200mm de diamètre) tuyau en PVC.
- 10 piles à combustible.

6-4-3-Description de scénario 3 :

Après l'étude de dimensionnement des deux scénarios, nous avons opté pour la combinaison des photos bioréacteurs et des panneaux photovoltaïques, où ces derniers seront installés sur la toiture d'une superficie de 219 m² qui est plus exposée au soleil, le reste d'énergie sera produite par les panneaux photos bioréacteurs.

Nous aurons donc besoin de 88 panneaux photovoltaïques de 280Wc avec un rendement de 54 396,5 W et 3 batteries de 24V relier par des câbles, qui seront installés sur la toiture avec le reste des éléments de l'installation (Les câbles, 10 onduleurs ,9 régulateurs), toute l'installation coutera **4 034 549 DA** sans main d'œuvre (voir le tableau 21).

54 396,5 Wh/j d'énergie sera produite par 34 photos bioréacteurs, installés sur la façade principale du bâtiment, les éléments de l'installation (34Ph régulateurs, citerne de 500L de stockage d'eau usée, une cuve de stockage de biomasse, pompe à eau, pompe à biomasse et la Cuve de sédentarisation) seront placés dans le local technique situé dans la cage d'escaliers, ainsi que 10 piles à combustible qui se situeront à l'intérieur des appartements, cependant la citerne de stockage d'eau épuré sera installée dans la toiture avec les panneaux photovoltaïques. Ceci nous coutera **3 964 050 da** sans main d'œuvre.(voir le tableau 22).

La totalité de cette installation (combinaison des deux systèmes) nous coutera **7 998 599 da** sans main d'œuvre pour un rendement de 109 873 Wh/j.

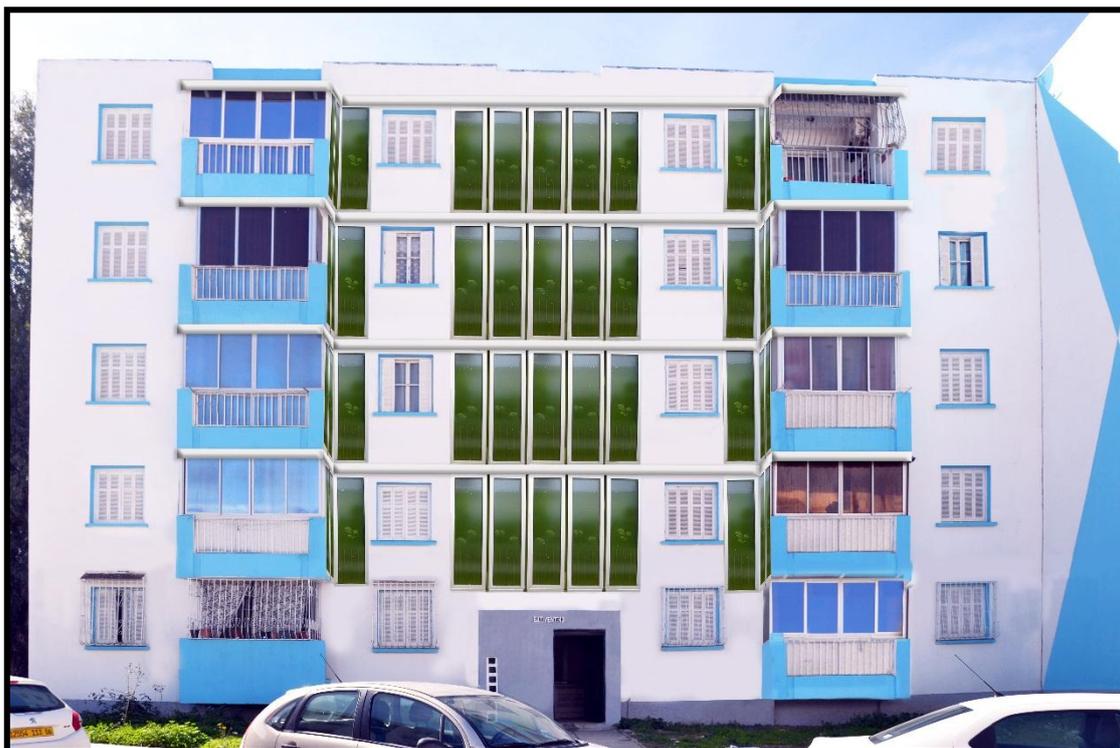


Figure 45 : l'intégration des panneaux photos bioréacteurs (sur la façade) et les panneaux photovoltaïques (sur la toiture), scénario 3, (auteur).

• **Coût de l'installation des panneaux photovoltaïques :**

Éléments de l'installation	Marque	Nombre	Emplacement	Coût (DA)
Panneaux photovoltaïque (280Wc)	Condor	88	Toiture et Façade sud	30 010,50
Batterie (24V,516Ah)	Special PV	3	Sous la cage d'escalier	58 000
Onduleur	Condor GF 3000	10	Sous la cage d'escalier	94 770
Régulateur	Steca Tarom	9	Sous la cage d'escalier	30 000
Câble	Solar power system(2*4mm ²)	16m	/	110
	Solar power system (1.5mm ²)	3m	/	55
Le coût total de L'installation				4034549 DA

Tableau 21 : nombre, coût et emplacement des éléments du système solaire photovoltaïques dans le bâtiment (auteur)

• **Cout de l'installation des panneaux photos bioréacteurs :**

Les éléments d'installation	Le cout unitaire	Nombre	Le cout total
Ph régulateur (1 par réacteur)	20 000	34	680 000
Citerne de stockage des eaux épurés (1000L)	10 000	1	10 000
Citerne de stockage des eaux usées (500L)	7 000	1	7 000
Cuve de sédentarisation	10 000	1	10 000
Cuve de stockage de biomasse (24L)	3 000	1	3 000
Pompe à eau	10 000	1	10 000
Pompe à biomasse	30 000	1	30 000
Photo bioréacteur	1 825	34	62 050
Tuyauterie PVC	2 100 pour 4m	120m	252 000
Pile à combustible	290 000	10	2 900 000
Le coût total de L'installation			3 964 050 da

Tableau 22 : nombre, cout des éléments du système photo bioréacteur dans le bâtiment (auteur)

Le prix total de l'installation = 4 034 549 + 3 964 050 = 7 998 599 da

6-5-Système de notation :

Pour le choix du scénario le plus adéquat en termes de cout et de rendement, nous nous sommes basées sur l'analyse multicritère qui classe d'abord les différents paramètres sur une échelle sémantique pour ensuite attribuer une notation et un score pour chaque scénario en se basant sur les calculs effectués.

	Note	Valeur			
		Cout	Rendement	Longévité	Esthétique
Faible	1	]7 000 001 ; 10 000 000[	]0 ; 7 501 [	]0 ;30[	Mauvais
Moyen	2	]3 500 001 ; 7 000 000[	]7 502 ;15 003 [	]31 ;60 [	Pas mal
Fort	3	]0 ; 3 500 000[	]15 004 ;22 504 [	]61 ; +∞ [	Beau

Tableau 23 : l'échelle sémantique (auteur)

Critères	Le coût			Le rendement			Longévité			Esthétique			Score
	]0 ;3 500 000[	]3 500 001 ; 7 000 000[	]7 000 001 ; 10 000 000[	]0 ; 7 501 [	]7 502 ;15 003 [	]15 004 ;22 504 [	]0 ;30[	]31 ;60 [	]61 ; +∞ [	Mauvais	Pas mal	Beau	
S E N A R I O S	S C E N A R I O 1 ⁶		1		2		1			1			5
	S C E N A R I O 2 ⁷	2			2				3			3	10
	S C E N A R I O 3 ⁸		1		2		1					3	7

Tableau24 : système de notation (auteur)

⁶ Rappelant que le cout du scénario 1 est de 9 963 528,5 da, rendement : 109 873 Wh. Longévité : 20 à 30ans. Esthétique : mauvais.

⁷ Rappelant que le cout du scénario2 est de 4 611 600da. Rendement :109 873 Wh. Longévité : à vie. Esthétique : beau.

⁸ Rappelant que le cout du scénario3 est de 7 998 599da. Rendement :109 873 Wh. Longévité : 20 à 30ans. Esthétique : beau.

Il existe plusieurs paramètres qui rentrent dans le critère « cout » (du faible au très faible), donc pour un meilleur résultat en vue d'un meilleur classement, nous allons effectuer une pondération sur ce dernier (critère « cout »).

Méthode de calcul :

- Nous calculerons d'abord la différence des deux valeurs d'extrémités de la note 1 «]7 000 000 ; 10 000 000[», nous obtiendrons : $10\,000\,000 - 7\,000\,000 = 3\,000\,000$.
- Puis, la différence entre le cout des scénarios 1 et 3 (qui ont la même note) et la valeur du cout la plus élevée (10 000 000) :

Scénario 1 : $10\,000\,000 - 9\,963\,528.5 = 36\,471.5$.

Scénario 3 : $10\,000\,000 - 7\,998\,599 = 2\,001\,401$.

$3\,000\,000 \rightarrow 100\%$

Donc $36\,471.5 \rightarrow 1.2\%$ (Scénario 1)

Et $2\,001\,401 \rightarrow 66.7\%$ (Scénario 3)

- Pour obtenir la note des deux scénarios, nous avons la note 1 qui représente 100%,
 $1 \rightarrow 100\%$

0.012 $\rightarrow 1.2\%$ (Scénario 1) donc la note est $1 + 0.012 = 1.012$

0.667 $\rightarrow 66.7\%$ (Scénario 3) donc la note est $1 + 0.667 = 1.667$

Critère : cout				
	Note	Paramètre	Note avec pondération	Valeur
Faible	1	Très faible	1.012	9 963 528.5
		Faible	1.667	7 998 599

Tableau 25 : notes avec pondération (auteur)

Critères	Le coût			Le rendement			Longévité			Esthétique			Score
	]0 ;3 500 000[	]3 500 001 ; 7 000 000[	]7 000 001 ; 10 000 000[	]0 ; 7 501 [	]7 502 ;15 003 [	]15 004 ;22 504 [	]0 ;30[	]31 ;60 [	]61 ; +∞ [	Mauvais	Pas mal	Beau	
S E N A R I O S	S C E N A R I O 1 ⁹		1.012		2		1			1			5.012
	S C E N A R I O 2 ¹⁰	2			2				3			3	10
	S C E N A R I O 3 ¹¹		1.667		2		1					3	7.667

Tableau 26 : système de notation avec pondération (auteur)

⁹ Rappelant que le cout du scénario 1 est de 9 963 528,5 da, rendement : 109 873 Wh. Longévité : 20 à 30ans. Esthétique : mauvais.

¹⁰ Rappelant que le cout du scénario2 est de 4 611 600da. Rendement :109 873 Wh. Longévité : à vie. Esthétique : beau.

¹¹ Rappelant que le cout du scénario3 est de 7 998 599da. Rendement :109 873 Wh. Longévité : 20 à 30ans. Esthétique : beau.

7- 7eme étape : analyse des évènements perturbateurs : mesure préventive :

Evènement perturbateurs :

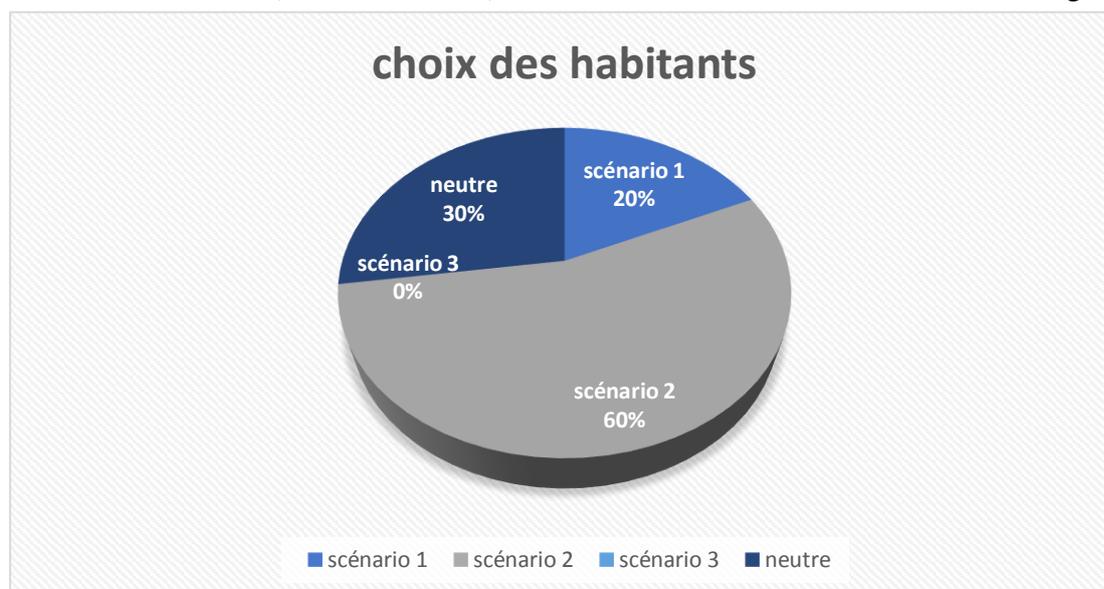
1. En cas de panne du réseau électrique, l'énergie solaire produite ne peut plus être évacuée et le système photovoltaïque se met en veille, cela signifie qu'il n'y a plus d'électricité dans le bâtiment.
2. Au grand froid, une température au-dessous de 0°C, les micro- algues pourraient geler ou en cas de panne, le système est automatiquement arrêté.

Mesure préventive :

Dans les deux cas ; les panneaux seront connectés au réseau électrique public (Sonelgaz), dont ils seront alimentés d'un dispositif qui fonctionne comme un basculeur qui se déconnectera automatiquement des panneaux (photovoltaïques ou photos bioréacteurs) pour se connecter au réseau public, ce système est appelé système hybride qui désigne la combinaison de deux ou plusieurs technologies de production d'énergie, il constitue d'une ou plusieurs sources de production d'énergie classique avec une nouvelle source renouvelable ou deux ou plusieurs sources énergétiques renouvelables, son objectif est d'assurer un approvisionnement énergétique tout en profitant de la dualité des deux sources d'énergie. Dans notre cas, les énergies renouvelables seront privilégiées mais sans pour autant créer des pannes, ainsi, une alimentation permanente est assurée en optimisant l'utilisation des énergies.

8- 8eme étape mise en œuvre vision + lignes directrices : système de veille :

Pour une meilleure orientation vers un meilleur scénario, un questionnaire est destiné aux habitants de l'immeuble étudié, dont le quel est incluse le système : de notation et le classement des différents scénarios (voir annexe 1-B). Les résultats obtenus sont illustrés dans le graphe suivant.



Graphe 14 : le résultat des choix des habitants sur les scénarios proposés (auteur).

Résultats et discussions :

A la lumière des résultats obtenus de notre étude comparative de dimensionnement et d'installation des systèmes proposés, tout d'abord nous avons retenu que pour un même rendement, le coût des panneaux photovoltaïques est beaucoup plus cher que les autres systèmes, avec un coût de 9 963 528,5 Da, mais aussi, en comparant les deux autres systèmes, le coût de la combinaison des deux alternatives qui est de 7 998 528 Da est plus élevé que les panneaux bioréacteurs : 4 611 600Da.

Puis, nous avons adopté l'outil multicritère, où nous avons noté et classé ces scénarios selon plusieurs critères, à savoir : le coût, le rendement, longévité et l'esthétique. Les résultats sont illustrés dans les tableaux 24, 26 qui démontre que le score du 1^{er} scénario (les photovoltaïques) est de 5,012 points, or que pour le 3^{eme} scénario (la combinaison des deux alternatives) est de 7,667points, tandis que le 2^{eme} scénario (les photos bioréacteurs) est de 10 points, il est donc à noter que ce dernier est le plus adéquat dans tous ses critères.

Après avoir établi un questionnaire destiné aux habitants de l'immeuble analysé, 60% était pour les bioréacteurs, 20% était pour les photovoltaïques, cependant 30% était neutre, par contre, aucun habitant n'a choisi la combinaison de ces deux alternatives.

En parcourant tous ces résultats, nous déduisons que la deuxième hypothèse est la plus adéquate à solutionner notre problématique, c'est-à-dire : l'intégration des photos bioréacteurs (micro- algues) seuls permet de réduire la consommation énergétique d'un habitat Algérien avec un meilleur rendement à moindre coût.

Ajoutant à ces résultats, les micro- algues possèdent d'autres avantages :

- Elles ne sont pas seulement utilisées pour la production d'électricité mais aussi utilisées dans la production de l'énergie thermique.
- La ville aujourd'hui souffre du problème de la pollution, mais grâce aux micro- algues ce problème peut être résolu, du fait qu'elles absorbent du CO₂ en grande quantité.
- C'est un système de recyclage d'eau : les micro-algues s'alimentent des nutriments qui se trouvent dans les eaux usées, qu'elles les épurent par la suite.
- Le recours à cette technique dans les bâtiments est très bénéfique pour son utilisateur du point de vue économique puisqu'elle offre la possibilité de vendre l'excès de la biomasse pour l'utiliser dans d'autres domaines tel que la médecine, cosmétique, l'agriculture et alimentation.
- L'existence des micro -algues de différentes couleurs garantie des façades vivantes et belles.
- les micro- algues pourront être utiliser :
 - * Sur nos routes dans les algo carburants, l'algo bitume.
 - * Dans les aires avec l'algo kérosène.
 - *Dans les villes avec les algo plastiques, les algo emballages, biodégradables...etc.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons appliqué la méthode des scénarios pour répondre à notre problématique où nous avons proposés trois scénarios : les panneaux photovoltaïques, les panneaux photos bioréacteurs et la combinaison de ces deux systèmes.

Nous avons appliqué ces systèmes sur un habitat collectif situé dans le quartier Aban Ramdane dans la ville de Bejaia, après l'avoir analysé.

Le dimensionnement de ces différentes installations nous a permis de classer et noter les scénarios selon les critères sélectionnés à savoir le coût, le rendement, la longévité et l'esthétique, ce qui nous a aidé à déterminer le scénario le plus adéquat qui est les micro-algues cultivées dans des panneaux photos bioréacteurs.

Conclusion générale

L'énergie fossile constitue actuellement la principale source de production énergétique, mais aujourd'hui la consommation énergétique dans toutes ses formes a atteint son extrémité, ce qui nous incite à repenser les sources de production énergétique dans un habitat en Algérie, tout en réduisant la consommation des énergies fossiles.

La première partie de notre recherche (les trois premiers chapitres) était consacrée à l'étude théorique afin de comprendre et d'acquérir les notions de base, telles que les différentes énergies existantes, les types d'habitat performant ainsi que la consommation énergétique en Algérie dont nous avons déduit que le secteur du bâtiment est le plus énergivore.

La deuxième partie qui est la partie pratique, essentiellement réservée à l'analyse, l'application et l'évaluation, nous a permis d'appliquer un large champ théorique et d'en déduire des résultats en appliquant la méthode des scénarios et ses outils d'évaluation à la recherche de la meilleure alternative à adapter et la plus économique, qui répondra aux besoins énergétiques en électricité d'un habitat collectif situé dans la cité Aban Ramdane à Ihddaden, Bejaia, constituant notre cas d'étude.

Vue la connaissance du potentiel énergétique du site et après avoir évalué le besoin journalier de ces habitations par le questionnement des habitants sur le nombre et la durée d'utilisation des appareils électroménagers, nous nous sommes intéressées dans cette présente étude à prendre en considération les panneaux photovoltaïques ainsi que les photos bioréacteurs.

En premier lieu, les trois scénarios émis sont les panneaux photovoltaïques, les photos bioréacteurs et en fin la combinaison des deux alternatives, où nous nous sommes basées sur l'étude dimensionnelle pour estimer le cout de l'installation, ainsi que la mise en lumière des contraintes d'utilisation de chaque système.

Après avoir obtenu les résultats, l'outil « la multicritère » a été appliqué, pour une notation et un classement des alternatives selon plusieurs critère à savoir le cout, le rendement, la longévité et l'esthétique.

D'après les résultats, il est nettement clair que les installations photos bioréacteurs sont plus économiques et plus adaptées sur les façades du bâtiment que celles des panneaux photovoltaïques.

Comme tous travaux de recherche des contraintes ont été rencontrés pour mener cette étude à sa fin. Parmi ces contraintes, nous citons essentiellement les difficultés liées à la collecte des données à savoir la consommation d'énergie dans la ville de Bejaia et dans notre site (Sonalgaz) et à défaut du temps nous nous sommes focalisées sur l'étude de la consommation électrique seulement sans traiter l'énergie thermique.

Comme perspectives, il semble intéressant d'alimenter des équipements publics mais aussi des habitations dans des régions isolées tandis que l'extension des réseaux électriques pour les alimenter est une option extrêmement couteuse du fait que ces habitations ne sont pas nombreuses et dispersées.

A l'issu de cette présente étude nous espérons que notre travail de simulation et de dimensionnement sera complété par des tests de validation sur le terrain afin de connaitre les performances réelles de notre système photos bioréacteurs et ça parait plus intéressant du moment qu'on deviendra vendeur d'électricité et même d'utiliser la biomasse dans plusieurs domaines : médicament, cosmétique, production du pétrole et l'épuration des eaux usées à l'échelle urbain.

Bibliographie :

Ouvrages et ouvrages électroniques :

1. ABB. avril 2010. Document d'application technique n°10 Installations photovoltaïques (en ligne), Italie : Bergamo .72p.disponible sur : http://www.plaisancepratique.com/IMG/pdf/Panneaux_solaires.pdf. » . « consulté le 1 décembre 2016 ».
2. ADEM .avril 2008. Faites respirer votre maison avec la ventilation (en ligne). France : graphies actualisation. 20 p. « disponible sur : <http://www.dossierfamilial.com/sites/default/files/fichiers/guideventilationademe.pdf> » . « consulté le 24 novembre 2016 ».
3. ADEM .octobre 2009. grenelle de l'environnement, objectif 2020 : bâtiments à énergie positive (en ligne) .France.8p. disponible sur « http://accompagnement-projets.hespul.org/IMG/pdf/8p_ba_timent_a_e_nergie_positive_dbu-2.pdf » . « Consulté le 24 novembre 2016 ».
4. Albrecht .Johan. 2009. Transition énergétique : plus vite vers un système plus vert ?, Upa, 256 p.
5. Atlantic .Chauffe-eau thermodynamiques .2012.Paris :Backdropedi.p46.
6. Babusiaux Denis, Mars 2010.Les énergies fossiles . Ecole Energies et Recherches. 116 pages, disponible sur « http://eer.in2p3.fr/Babusiaux_D_1.pdf » . « Consulté le 24 novembre 2016 ».
7. Bagui .Alfred .2009 Habitat passif. Paris : EYROLLES .p159.
8. Bâtiment durable méditerranéé &al. juin201.Le bâtiment à énergie positive : Une réalité dès aujourd'hui qui deviendra la norme d'ici 2018/20, Bâtiment à Energie Positive : définition, cadre et enjeux pour PACA (en ligne).10p. disponible sur « http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/140612_dossier_de_presse_bepos_2020_colloque_vfd.pdf » . « Consulté le 24 novembre 2016 ».
9. Benmatti. N.A .1982 .L'habitat dans le tiers monde. cas de l'Algérie. Alger : SNED.
10. Bernard .Wiesenfeld . Mai 2006 . L'énergie en 2050 . EDP sciences. 240 p. disponible sur « [http://197.14.51.10:81/pmb/ENERGETIQUE/L-energie_en_2050_INGQSE%20\(1\).pdf](http://197.14.51.10:81/pmb/ENERGETIQUE/L-energie_en_2050_INGQSE%20(1).pdf) <http://www.labiomasse.com/quest-ce-que-la-photosynthese-et-lenergie-verte> »
11. Bouhaba Mohamed. 1986. Le logement et la construction dans la stratégie algérienne de développement (en ligne), Paris : CNRS annuaire de l'Afrique du Nord Tome XXV, pp56-64, disponible sur « http://aan.mmsh.univ-aix.fr/Pdf/AAN-1986-25_40.pdf » . « Consulté le 20 novembre 2016 ».
12. Bruxelles environnement .Novembre 2010.info fiche-énergie, le photovoltaïque– fonctionnement et technologies (en ligne) .France : APERE. 10p.disponible sur « documentation.bruxellesenvironnement.be/.../Mod3_Fonctionnement_technologies_PV_FR.PDF » . « Consulté le 2decembre 2016 ».
13. Bruxelles environnement, novembre 2009.INFO-FICHES ECO-CONSTRUCTION POUR PARTICULIERS - ALG01 (en ligne), Bruxelles : IBGE (institut Bruxelles pour la gestion de l'environnement). 7p. Disponible

- sur « documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/IF_Eco-construction_ALG01_Part_FR.PDF. » . « Consulté le 15 novembre 2016 ».
14. Caillet Renaud . 2003. analyse multicritère : étude et comparaison des méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie . cirano .52 pages, disponible sur « <https://www.cirano.qc.ca/pdf/publication/2003s-53.pdf>. » . « Consulté le 5 décembre 2016 ».
 15. Caisse d'épargne. mars 2009. guide conseil je construis écologique (en ligne). Paris : Neos designe. 44p. disponible sur « https://www.bdaf.fr/cache/guide_eco_doc_20130606163751.pdf. » « Consulté le 20 novembre 2016 ».
 16. Cavalla Michel. LES ALGUES - LES MICROALGUES (en ligne) .17p. disponible sur « http://mcavalla.free.fr/rsr/Algues_operon.pdf. » . « Consulté le 25 décembre 2016 ».
 17. Cluster Eco & al. septembre 2013. fiche pour l'intégration du photovoltaïque dans une opération de logement sociale (en ligne).France : l'Association Régionale des Organismes Sociaux pour l'Habitat en Poitou-Charentes et l'Union Sociale pour l'Habitat. 43 p. Disponible sur « www.aroshpc.org/f2796_demarche_photovoltaique_guide.pdf. » . « Consulté le 25 décembre 2016 ».
 18. Commissariat général au développement durable. février 2016. Repère Chiffres clés de l'énergie (en ligne), France : ministère de l'écologie et développement durable et de l'énergie 2015.60p, disponible sur « www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr. » « Consulté le 25 novembre 2016 ».
 19. Delagnes. D .2007. Production d'énergie électrique : Energie solaire photovoltaïque (en ligne). STI ELT. 18p disponible sur : « http://www.iufmrese.cict.fr/catalogue/2006/Toulouse/PV/A_Introduction_PV/Energie_solaire_photovoltaique.pdf. ».« Consulté le 25 décembre 2016 ».
 20. Doledec. Anne-Marie, 2008, laissez- vous conter l'architecture durable (en ligne). Lorient . p 44. disponible sur « http://www.lorient.fr/fileadmin/Ville_de_Lorient/Decouvrir_lorient/Ville_art_histoire/publication_saap/Expo_archi_durable.pdf. » . « Consulté le 16 novembre 2016 ».
 21. EDF & all.Octobre 2008. L'énergie éolienne (en ligne).plan creative corporate, p4. Disponible sur « http://www.clg-lurcat-sarcelles.ac-versailles.fr/IMG/pdf/Fiche_Ressource_L_eolien.pdf. » . « Consulté le 3 novembre 2016 ».
 22. Energivie .info. 2012. les 7clés pour réussir votre projet .Alsace :Ademe.. P24 .disponible sur« http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/energivie_7cles_habitat_alsace.pdf » « consulté le 12 novembre 2016 ».
 23. Filloux.Alain .2010. Dastot.Frank. Intégrer les énergies renouvelables .Paris : CSTB.p 128.
 24. Garnier. Alain, 2012. Le bâtiment à énergie positive. Comment maîtriser l'énergie dans l'habitat ? (En ligne), France : groupe Eyrolles, pp108-113, disponible sur « http://www.eyrolles.com/Chapitres/9782212132434/Pages-108-113_Garnier.pdf. » « Consulté le 20 décembre 2016 ».

25. Garnier. Alain. Février 2010. technique Comment concevoir les bâtiments à énergie positive ou Bepos (en ligne) .France : N°731 , pp74-85. Disponible sur « www.logementbbc.com/IMG/pdf/CFP731_fe_uvrier.pdf » « Consulté le 20 décembre 2016 ».
26. Gillet. Antoinette et Maugard . Alain. 2008.Reussir un batiment a basse consommation. Paris : Effinergie. 36p.
27. Godet Michel. novembre 1983 .Futuribles .Association internationale futuribles.
28. Grenelle environnement. 2011. La réglementation thermique Grenelle de l'environnement, France : Schneider Electric. p54.disponible sur « https://www.schneider-electric.fr/documents/support/rt2012/ZZ4147_BD.pdf ».« consulté le 20 novembre 2016 ».
29. Guesdon Gaëlle .2011. ÉVALUATIONDESIMPACTSENVIRONNEMENTAUX(EIE) 5e. Méthodes et outils Aide multicritère à la décision-Comparaison de Saaty .Faculté des sciences et de génie Université Laval . 24 p. disponible sur « <https://www.gci.ulaval.ca/> ». « Consulté le 2 décembre 2016 ».
30. Guillermo A. Mendoza et Phil Macoun .2000, Manuels de critères et indicateurs, Application de l'analyse multicritère à l'évaluation des critères et indicateurs . Cirad, Cifor, 84 p, disponible sur « http://www.cifor.org/publications/pdf_files/CI/C&IToolBox_F9.pdf ». « Consulté 29 novembre 2016 »
31. Guthridge-Gould .Susan, 2014. Energies renouvelables Guide pratique pour les parlementaires (en ligne). Climate Parliament et United Nations Development Programme Democratic .88p.disponible sur « <http://docplayer.fr> ». « Consulté le 18 décembre 2016 ».
32. Hankins. Mark . 2010, installations solaires photovoltaïques autonomes, conception et installation d'unités non raccordées au réseau (en ligne). DUNOD, 25p. Disponible sur « <http://www.vivre-en-autonomie.fr/PDF/Installations-solaires.pdf> ». « Consulté le 18 décembre 2016 ».
33. Hérault B et les dossiers d'ALPH. 2004. la méthode des scénarios .outil d'une démarche prospective. commissariat général du plan .16 p. disponible sur « http://breese.blogs.com/pi/files/methode_scenario.pdf ». « Consulté le 09 novembre 2016 ».
34. HESPUL. Décembre 2002. Guide de l'utilisateur de Toit Solaire Photovoltaïque Programme européen PV-SALSA (en ligne). HESPUL &al, 18p, disponible sur « http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/guide_usager_salsa_v2.pdf. » « Consulté le 7 décembre 2016 ».
35. Joder. C &al .2004. Comment peut-on produire son électricité avec le soleil ? , PERSUUS guide d'installation photovoltaïque raccorde au réseau électrique destine aux usagers (en ligne) .France : AYB, 48p ,disponible sur « http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/GUIDE_PERSEUS_2007.pdf. ». « Consulté le 7 décembre 2016 ».
36. KPMG. Février 2015 guide investir en Algérie-2015 .Ellipse .318 p, disponible sur « <http://www.fce.dz/wp-content/uploads/2016/04/guide-kpmg-2015.pdf> » « Consulté le 18 novembre 2016 ».

37. Le Groupe Gauthier Biancamano Bolduc. 9 mars 2011. Document de référence Plan métropolitain d'aménagement et de développement. les formes d'habitat et la planification des densités résidentielles (en ligne) .Montréal : Communauté métropolitaine de Montréal, 25p.disponible sur « http://projet.pmad.ca/fileadmin/user_upload/pmad2011/documentation/20110309_formesHabitat.pdf. » . « Consulté le 29 novembre 2016 ».
38. Lequen. P, REGASSI.V.2013. Habitat passif et a basse consommation .principe fondamentaux étude de cas (en ligne) .France .87p disponible sur « <http://fr.calameo.com/read/00040054789ce4b429a33> » .« consulté le 28 novembre 2016 ».
39. Mangazon Loir. Dominique. mars 2011. nouveau traite de la bio climatisation, basse consommation (en ligne) . France : consultant environnement .57p.disponible sur « <http://fr.calameo.com/read/0006906749edafbb321d5> ».« Consulté 1^{er} novembre 2016 ».
40. Marchetto. Loïc et Clement .Michaël. février 2006 .guide de l'écoconstruction (en ligne) . France : l'Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine .ADEME et l'Agence de l'eau Rhin-Meuse .68p.disponible sur « http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/doat-rollet/guide_ecoconstruction.pdf. » . « Consulté le 20 novembre 2016 ».
41. Ministère de l'Écologie ,de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, Direction Générale de l'Énergie et du Climat. 2010. L'industrie des énergies décarbonées. 16 p. Disponible sur « <http://www.environnement.ens.fr/IMG/file/DenisPDF/DGEC.pdf> » « Consulté le 20 novembre 2016 ».
42. Ministre en charge de l'énergie . avril 2011. les énergies renouvelables ,les bases, la technologie et le potentiel au Sénégal . Dakar. 132 p . disponible sur : <http://www.peracod.sn/IMG/pdf/ENR-bases-technologies.pdf>. » .«_Consulté le 2 novembre 2016 ».
43. Muschietti.Coralie et Friess. Sebastien .2009.l'énergie éolien (en ligne) .Paris : CDERN .11p .disponible sur « http://www.ocinfo.ch/physique/cdern/pdf/document_no_1_l'energie_eolienne.pdf » .«_Consulté le 2 novembre 2016 ».
44. OECD . 2007 .Risque et avantage de l'énergie nucléaire. N 6243 .Paris : p92. disponible sur « <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2007/6243-risques-avantages.pdf> »« consulté le 12 novembre 2016 ».
45. OPG. 2010.Comment Ça Marche production d'électricité . Ottawa : Ontario Power Generation. p15. disponible sur http://www.opg.com/communities-and-partners/teachers-and-students/documents/grade9student_fr.pdf « consulté le 06 novembre 2016 ».
46. Pansu. Jullien & al.2014. dossier de presse algoculture, exposition laboratoire (en ligne), France : pavions de l'arsenal. 15p.disponible sur « http://www.pavillon-arsenal.com/data/expositions_fbcdd/fiche/8606/pav_272_cp_fe304.pdf. » .«_Consulté le 2 janvier 2017 ».

47. Pricoupenko. Joséfa & al. septembre 2010. Guide Eco-habitat (en ligne). France : Conseil Général de l'Essonne. 56 p. disponible sur « http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CLIMATE_guide_eco_habitatFR.pdf » .«_Consulté le 14 novembre 2016 ».
48. Rahmani. Cherif.1982 .la croissance urbaine en Algérie, cout d'urbanisation et politique foncière, Alger : n 814-12/82 .l'office des publication universitaire .317p.
49. Ranck,.,Louis .2008.maison écologiques . France : EYROLS environnement . 136p disponible sur « <http://fr.calameo.com/read/0027857618be45fe22ae6> » .«_Consulté le 6 novembre 2016 ».
50. Regaud .Valentin & al . 2012. les micro algue ressource de demain (en ligne).25p. disponible sur « calameo.com/read/003086015af9d8f230a9e. » «_Consulté le 4janvier 2017 ».
51. Repky .C. 2009.Manuelle assistant solaire new génération (en ligne). France : solaire expert groupe.24p.disponible sur « http://www.boutiquesolaire.com/doc/Solar-Assistent_FR.pdf.
52. Sierra Leone. 2012. Support Electrique pour Installation Solaire (en ligne). 37p. disponible. Sur « http://www.interaide.org/pratiques/sites/default/files/support_electrique_pour_installation_solaire.pdf ».«_Consulté le 25 décembre 2016 ».
53. Torecilla. François .2004.habitat et développement durable (en ligne). leroy merlin .p17,disponible sur « http://leroymerlinsource.fr/wpcontent/uploads/2005/05/images_LMS_pdf_travauxcorr_habitat%20et%20developpement%20durable%20ft.pdf. » . « Consulté le 18 décembre 2016 ».
54. Westra. Mark Tiele. & al.2002. L'énergie fait tourner le monde (en ligne). Pays-Bas : EFDA par l'Institut de la Physique du Plasma, FOMRijnhuizen .64p, disponible sur « info.web.cern.ch/info/scitech/Schools/tools.html. ».«_Consulté le 4 novembre 2016 ».
55. Xavier. François &al.2016. Repères Chiffres clés du climat France et Monde (en ligne). Paris : Commissariat général au développement durable. 2016.60p disponible sur « http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_Chiffres_cles_du_climat_2016.pdf. » . « Consulté le 26 janvier 2016 ».
56. XTU architecte. Dossier de presse bio façade SYMBIOS2(en ligne). juillet 2016 disponible sur « https://issuu.com/xtu_architects/docs/dossier_de_presse_biofacades_symbio. » . « Consulté le 10 janvier 2017 ».

Articles et Revues :

1. Algérie énergie. CLIMAT La COP21.2016.un tournant historique . N8. Algérie : Baosem..p56.
2. Aprue. 2015. programme de développement de l'efficacité énergétique à l'horizon 2030 . Algérie .p16.
3. Bairi, Boubeker. 2007. les énergies renouvelables en Algérie réalités & prospectives .Milan .p15.

4. Bouchama .24 mars dimanche 2013. habitat : programme ambitieux dès l'indépendance. in Aps-Est-Infos .
5. Boudedja. Nora. Lundi 23 janvier 2012.EDIELEC : Un panneau solaire 100% algérien, in WIDOOBIZ entrepreneur et startup. Publier le 24 janvier 2012 *par* PLBD .
6. DAOUD. Djamel. 2013.photo bioréacteurs pour la culture de micro algues : Caractéristiques et paramètres de culture .in recherche et développement. p 8 - 9.
7. EIA . 2014.Country Analysis Brief Algeria.U.S.p17
8. IMESSAD .Khaled .2015 . RETA- Logiciel d'application de la Réglementation Thermique Algérienne. Algérie. 03 p.
9. Janssen.An .Façades bioréactive. In CSTC Centre Scientifique et Technique de la Construction. publier le 22 février 2013.
10. Mansour. Tahar. Janvier 2017 .le soleil, source de bien-être Unité de fabrication de panneaux solaires photovoltaïques de Condor .in el Djazair le magazine promotionnel de l'Algérie. n° 102 par l'Eurl COMESTA MEDIA.
11. Ministère de l'énergie. 2016 .Bilan énergétique national en 2015. Algérie : Baosem .p36.
12. Ministère de l'énergie. 2016. Développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Algérie : SATINFO.p19.
13. PILLONETTO. P.F. 2013.Rapport d'énergie renouvelable à un bâtiment urbain par l'implantation d'un système de photo bioréacteurs, in Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels n°27 .2016. P 65-83.
14. Rebah. Abdelatif. Mercredi 3 décembre 2014. Consommation énergétique nationale : que nous apprennent les chiffres ? in le soir d'Algérie .
15. SATINFO. 2011. Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Algérie. p36.

Sites :

1. CDER . samedi 24 mars 2014 .Prix du panneau photovoltaïque en Algérie (en ligne). disponible sur « <http://portail.cder.dz/spip.php?article4049> » . « Consulté le 5 janvier 2017 ».
2. Créa solaire Algérie. l'énergie est notre avenir (en ligne) disponible sur « <http://www.creasolairealgerie.com/fr/>. » « Consulté le 5 janvier 2017 ».
3. Enerdata. Global Energy Statistical Yearbook .2016. Disponible sur «<https://yearbook.enerdata.net> 2016». « consulté le 7 décembre 2016 ».
4. Energierenouvelable.fr .2010 .le guide des énergies renouvelables (en ligne). Disponible sur « <http://www.energierenouvelable.fr/energie-renouvelable.php>. » .« Consulté Le 7 Novembre 2016. » .
5. Ennesys . Mardi 20 décembre 2016. Des bâtiments à énergie positive qui carburent aux micro algues (en ligne). Disponible sur « www.cleantechrepublic.com/2011/.../ennesys-batiments-energie-positive-microalgues/. » « Consulté le 21 décembre 2016 ».

6. Enreengineering service. présentation (en ligne). Disponible sur « <http://www.enreengineering.com>. ». « Consulté le 5 janvier 2016 ».
7. ONS office nationale des statistiques ,démographie (en ligne). 10decembre 2016. Disponible sur « » <http://www.ons.dz/-Demographie-.html> ». «_Consulté le 27 décembre 2016 ».
8. Perspective monde utile pédagogique des grandes tendances mondiales depuis 1945, population totale Algérie (en ligne), 28 décembre 2016, disponible sur « <http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/DZA/fr/SP.POP.TOTL.html> » «_Consulté le 27 décembre 2016 ».
9. PMC LAB créons ensemble.19 décembre 2014.valorisation des effluents de la serre de jussieu (en ligne).Disponible sur « <http://www.pmclab.fr>. » « Consulté le 15 janvier 2017 »

Mémoires :

1. Atmania Hanane.2015. la stratégie d'implantation des énergies renouvelables en Algérie . thèse de l'université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed. Faculté des sciences économiques, des sciences de gestion et des sciences commerciales. Ecole doctorale de l'économies et de management, sous la direction de Mr Salem Abdelaziz .209 p.
2. BECERRA CELIS.2009. Giuliana Patricia. Proposition de stratégies de commande pour la culture de micro algues dans un photo bioréacteur continu, thèse doctorat génie des procédé, école centrale des arts et manufactures. école centrale paris. soutenue le : 07 avril 2009, 266 p.
3. Boursas Abderrahmane.2012/2013. étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation . mémoire de MAGISTERE En génie climatique option Thermique du bâtiment et de réfrigération. Université Constantine 1. Faculté des sciences de l'ingénieur. Département de génie climatique. sous la direction de Mr Kaabi .156 p.
4. DAMOUCHE Dalila. 2014.Étude de l'impact de l'habitat rural sur le développement territorial dans la wilaya de Tizi Ouzou .management territoriale et ingénieur de projet. université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 118p.
5. Gaëlle. Louyot .janvier 2013 .photo bioréacteur de l'innovation technique et énergétique a l'intégration architecturale. École d'architecture de la ville et territoire France .99 p.
6. Kelkoul R .L. 2011 . Qualité architecturale de l'habitat collectif .Cas d'étude à Sétif . Magister Habitat .Université de Sétif.
7. Lucchetti. Aurelie. 2014. Modélisation et conception d'un système de culture de micro algues, thèse doctorat Energétique et procédés. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris. France, soutenu le 11 avril 2014, 197p.
8. Maud. Wolff .& al. Mars 2007.Mémoire UE développement durable. Master Mobat M2, Universités Joseph Fourier & Pierre Mendès France – Ecole d'Architecture – Grenoble .91p.

Dictionnaires :

1. Dictionnaire de l'environnement et développement durable. 2003.

2. Dictionnaire économique et financier.
3. Dictionnaire La Toupie (en ligne) . Disponible sur « <http://www.toupie.org/Dictionnaire/> »
4. Dictionnaire Larousse (en ligne)
sur« <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/biomasse/9439> »
5. Dictionnaire Larousse.
6. Encyclopédie Universel .2014. disponible sur « www.universalis.fr ».
7. Fassi. Nizar,2016. encyclopédie bancaire (en ligne). publier le 27 septembre 2016
.disponible sur « <https://www.rachatducredit.com/definition-habitat-urbain-8989.html>. »

Autres :

1. Mechri. Lynda.2015-2016, cour Master I. le concept de l’habitat . Département d’architecture Bejaia.

Glossaire :

1. **Bio façades** : « *ce sont des serre verticales qui consistent en l'intégration en façade de bâtiment de capteur solaire biologique les photos bioréacteur* » (Pansu .J &al, 2014) ce concept voit le jour en 2000 par XTU une agence française de 25 personnes (urbanistes, architectes, designers et chercheurs). ces façades peuvent avoir plusieurs couleurs en fonction de la couleur des micros algues (rouge, vert, aune) (Idem).
2. **Bio méthane** : Le terme bio méthane permet de désigner une grande partie de la composition du gaz naturel fabriqué de manière biologique grâce à une technique de fermentation naturelle ou industrielle de déchets organiques.
3. **Biochimique** : relatif à la biochimie c'est-à-dire la science dont la spécificité est l'étude de la composition et des réactions chimiques de la matière vivante et des substances qui en proviennent (dictionnaire l'internaute).
4. **Biocombustibles** : combustible issu de la biomasse qui représente l'ensemble des organismes vivants, par opposition aux combustibles fossiles.
5. **Biogaz** : « Gaz résultant du processus de dégradation biologique des matières organiques en l'absence d'oxygène. Il contient une forte proportion de méthane (50 %) et possède donc un fort potentiel calorifique et énergétique » (dictionnaire environnement)
6. **Électricité primaire** : Electricité qui provient d'une première transformation comme l'électricité éolienne ou l'électricité hydraulique (dictionnaire l'internaute).
7. **Énergie propre** : est une force produite par une source primaire qui ne produit presque pas de déchets polluant (dictionnaire - L'Internaute).
8. **Énergies fossiles** : sont des forces principalement composées de carbone, elle englobe le pétrole, le gaz naturel et le charbon.
9. **Énergies primaires** : sont des forces disponibles directement dans la nature avant d'être transformée) (dictionnaire - L'Internaute).
10. **Fioul**: désigne un combustible issu du pétrole, qui fait partie des ressources énergétiques fossiles. Le fioul, considéré comme polluant, est notamment utilisé dans les moteurs diesel (dictionnaire l'internaute).
11. **Floculation** : « *la floculation est un phénomène d'agrégation des matières en suspension. Les particules de la phase liquide forment alors un flocon qui sédimente* » (futura science)
12. **Gazéification** : « *La gazéification est un processus de transformation d'un solide en gaz. Cette gazéification est utilisée pour convertir des matières carbonées (hydrocarbures fossiles, biomasse) en un gaz* » (futura planète)
13. **Gazole**: Produit pétrolier utilisé comme carburant et combustible (dictionnaire l'internaute).
14. **Gega Tonne équivalent pétrole** =1000Tonne équivalent pétrole Unité de mesure de l'énergie. (Dictionnaire Larousse)
15. **Hydrogène** : Corps simple gazeux. Si on le combine avec de l'oxygène on obtient de l'eau.

16. **KWh**ep : kilowattheure d' énergie primaire Unité de mesure de la consommation d'énergie primaire par unité de surface et par an. Elle sert notamment à mesurer la performance énergétique d'un bâtiment (dictionnaire acte de l'environnement)
17. **L'écologie** : Le mot écologie a été utilisé pour la première fois en 1866 par le biologiste Ernst Haeckel. Il vient de deux mots grecs *oikos* et *logos*. Le mot *oikos* signifie maison ou habitat et le mot *logos* est la science. Il définit l'écologie comme « *la science des relations de l'organisme avec l'environnement comprend au sens large toutes les conditions d'existence* » (encyclopédie universel 2014)
18. **L'énergie éolienne** : c'est l'énergie tirée du vent par un dispositif aérogénérateur comme une éolienne. Il transforme une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis en énergie électrique (Muschietti.C et Friess .S, 2009).
19. **L'énergie géothermique** : « *Le mot "géothermique" vient du Grec "géo" qui signifie "terre" et "thermo" "chaleur". Il s'agit d'utiliser la chaleur de l'intérieur de la terre pour produire de l'électricité. Le noyau de la terre a une très haute température d'environ cinq mille degrés Celsius* » (Westra.T .M, &al.2002 p38)
20. **L'énergie hydraulique** : « *L'énergie hydraulique désigne l'énergie qui provient de la force des eaux (cours d'eau et océans). Les centrales hydroélectriques transforment l'énergie de la gravité de l'eau en énergie électrique grâce au courant de l'eau passant dans les turbines* » (dictionnaire environnement et développement durable).
21. **L'énergie solaire photovoltaïque** : consiste à produire directement de l'électricité à partir de la lumière récupéré et transformé à l'aide de panneaux solaire. (Athmania .A 2014/2015)
22. **L'énergie solaire** : est une énergie fournis par le soleil et qui arrive sous forme de rayonnement électromagnétique pour être transformé en énergie thermique (chaleur) ou en énergie électrique (lumière) (Joder .C& al, 2004) .
23. **La loi Grenelle I**, ou loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, elle fixe les objectifs et énonce les instruments de la politique mise en œuvre pour lutter contre le changement climatique, préserver la biodiversité, contribuer à un environnement respectueux de la santé, préserver et mettre en valeur les paysages, assure un nouveau modèle de développement durable qui respecte l'environnement et se combine avec une diminution des consommations en énergie et autres ressources naturelles (Filloux. A, Dastot.F. 2010)
24. **La photosynthèse** : est le processus qui permet aux plante et certaine bactérie de synthétiser de la matière organique en exploitant la lumière de soleil (Pansu .J &al ,2014)
25. **Le silicium** : le silicium est un élément chimique, de symbole Si et de numéro atomique 14. C'est l'élément le plus abondant sur la Terre après l'oxygène .Il n'existe pas à l'état libre mais sous forme de composés : sous forme de dioxyde silice (dans le sable, le quartz, la cristobalite, etc.) ou de silicates (actu environnement 2013-2016)
26. **Méthanisation** : « *Formation du méthane à partir de l'hydrogène et du monoxyde de carbone, intervenant dans la gazéification du charbon* »(dictionnaire Larousse)

27. **Micro algues** : sont des micro-organismes ; leurs compositions biologiques sont riche en lipide ce qui leurs permet de transformer la biomasse en énergie thermique et/ou électrique (Lucchetti. A, 2014).
28. **Photon** : Quanton spécifique de la lumière, véhicule des interactions électromagnétiques. Dictionnaire Larousse
29. **Raffinage du pétrole** :
Ensemble des techniques de transformation qui permettent detransformer un pétrole brut en une matière première de qualité destinée à la commercialisation (dictionnaire linternaute).
30. **Sédimentaire** : « *Formation du méthane à partir de l'hydrogène et du monoxyde de carbone, intervenant dans la gazéification du charbon* » (dictionnaire Larousse).
31. **Tep** : tonne équivalent pétrole Unité de mesure de l'énergie utilisée par les économistes de l'énergie pour comparer les énergies entre elles. C'est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen, ce qui représente environ 11 600 kWh(dictionnaire acte de l'environnement)
32. **Thermochimique** : étude des effets thermique provoqués par une réaction chimique (dictionnaire linternaute).

Annexe 1 :

Facture (Appartement 1) :

شركة توزيع الكهرباء والغاز للشرق
Société de Distribution de l'Electricité et du Gaz de l'Est

Fourniture d'énergie Electricité et Gaz
BASSE TENSION / BASSE PRESSION

Capital Social de 24000000000 de DA
Direction Distribution: DD BEJAIA
N° RC: 0680066723 01 N° IS: 625010536164019
N° RIP: 00799999000038010820 N° RIB: 00100356030030088622
Agence Commerciale: QUATRE CHEMINS

FACTURE N° 33A161009175 établie le 31. 10. 16
FAX: 034 21 16 14
Dépannage Electricité: 20 14 70
Dépannage Gaz: 22 65 61
Tél.: 10 24 54

CLIENT

Référence : 06202-68-30225-159 N° RC: N° IS:
Nom et Prénom: Tél.: Fax:
Adresse lieu de consommation: CITE 1000LBGT IHEDADEN/
Nom & adresse du Destinataire de facture:

Periode: 4 eme Trimestre 2016 (0: 013)

CONSOMMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOMMATIONS (KWh/THERMIE)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
ELEC. FMD= 6 Kw	54 M	006070	53042 R	52491 R	551	1.00	551.00
GAZ. DMD= 5 m3h	23 M	006399	7409 R	7352 R	57	9.75	555.75

R: Releve
E: Estime
M: Releve Speciale
DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)

	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		QUATRIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
54 M	125.00	1.7787	125.00	4.1789	301.00	4.8120			78.66
23 M	555.75	0.1682							85.50

CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION	MONTANT HORS TVA (DA)	TVA		MONTANT TOUTES TAXES (DA)
		TAUX %	MONTANT (DA)	
ELEC 54 M	744.70	07	52.13	796.83
	1448.41	17	246.23	1694.64
Primes Fixes	78.66	07	5.51	84.17
GAZ 23 M	93.48	07	6.54	100.02
Primes Fixes	85.50	07	5.99	91.49
DROIT FIXE	100.00			100.00
TAXE HABITATION	150.00			150.00
Contribution aux coûts permanents du système:	4.52 DA			
	2700.75		316.40	

Le montant de votre consommation moyenne d'énergie par jour : 33.52 DA / jour
Cle. EBP: 081

Montant à payer TTC (A la poste, chèque ou virement) 3017.15
Droit de timbre 31.00
Montant total à payer en espèces 3048.15
à régler avant le: 15. 11. 16

La présente facture est arrêtée à la somme :
trois mille dix sept dinars algériens , 15 cts

NOUS VOUS PRIONS DE REGLER LA FACTURE PAR L'UN DES MOYENS INDIQUES AU VERSO

BT / BP 1

Montant d'électricité payé = le montant total – le montant de gaz (partie en rouge)

Annexe 1 :

Questionnaire A : sur la consommation moyenne d'un habitat destiné aux habitants (auteur)

Appartement 2 :

Nombre d'utilisateurs (Personnes)	5 personnes							
Les appareils	Type	Nombre	Type d'énergie utilisé	Heures D'utilisation du dimanche au jeudi	Heures D'utilisation pendant le weekend	Puissance (KW)	Consommation moyenne (KWH)	
	Réfrigérateur	1	Electrique	24 X 5	24 X 2	0,04	0,98	0,98
Lave-vaisselle	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Micro-onde	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Cafetière (électrique)	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Machine à laver	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Four électrique	1	Electrique	1 X 5	1 X 2	2	2	2	
Cuisinière (électrique)	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Mixer	1	Electrique	0	1 X 2	0,1	0	0,1	
Hotte	/	Electrique	/	/	/	/	/	
TV tube cathodique	/	Electrique	/	/	/	/	/	
TV Plasma	1	Electrique	7 X 5	10 X 2	0,25	1,75	2,5	
Ordinateur	1	Electrique	1 X 5	3 X 2	0,9	0,9	2,7	
Chargeur	4	Electrique	5 X 5	5 X 2	0,005	0,1	0,1	
Boitier Wifi	1	Electrique	24 X 5	24 X 2	0,023	0,55	0,55	
Fer repasser à	1	Electrique	0	1 X 2	1,8	0	1,8	
Sèche-Linge	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Machine à coudre	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Aspirateur	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Sèche-cheveux	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Rasoir électrique	/	Electrique	/	/	/	/	/	

Annexe 1 :

	Ampoule économique	6	Electrique	6x5	6x2	0,02	0,43	0,43
	Ampoules à incandescence	2	Electrique	6x5	6x2	0,06	0,72	0,72
	Chauffe bain	1	Electrique	1	1	1	1	1
	Climatiseur	1	Electrique	1	1	1	1	1
	Pompe à eau	1	Electrique	1	1	1	1	1
Consommation de l'énergie électrique	880 KWh							
Montant d'électricité payé	4 727,92 DA.							

Méthode :

$$C_{\text{moy/j}} = (C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} + C_{\text{moy/j (Wkd)}}) / 2$$

Avec $C_{\text{moy/j}}$: consommation moyenne journalière d'un appartement.

$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}}$: consommation moyenne journalière du Dimanche au Jeudi.

$C_{\text{moy/j (Wkd)}}$: consommation moyenne journalière durant le weekend.

$$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} = (p * N_{\text{mb ap}} * N_{\text{mb h}} * N_{\text{mbr j}}) / 5.$$

$$C_{\text{moy/j (Wkd)}} = (p * N_{\text{mb ap}} * N_{\text{mb h}} * N_{\text{mbr j}}) / 2.$$

Avec p : puissance de l'appareil.

$N_{\text{mb ap}}$: nombre d'appareil.

$N_{\text{mb h}}$: nombre d'heure par jour.

$N_{\text{mbr j}}$: nombre de jour.

Application:

$$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} = 0.96 + 2 + 0 + 1.75 + 0.9 + 0.1 + 0.55 + 0 + 0.43 + 0.72 = 7.41 \text{ Kwh.}$$

$$C_{\text{moy/j (Wkd)}} = 0.96 + 2 + 0.1 + 2.5 + 2.7 + 0.1 + 0.55 + 1.8 + 0.43 + 0.72 = 11.86 \text{ Kwh.}$$

$$C_{\text{moy/j}} = (7.41 + 11.86) / 2 = 9.64 \text{ Kwh.}$$

Annexe 1 :**Facture (Appartement 2) :**

N° RIP: 00799999000038010820 N° RIB: 00100954030030088622 Dépannage Gaz: 22 65 61
 Agence Commerciale: QUATRE CHEMINS

Tél.: 10 24 54

CLIENT

Référence: 06202-68-80235-170 N°RC:

N°IS:

Nom et Prénom:

Tél.:

Fax:

Adresse lieu de consommation: CITE 1000LOGT K3 IHEDADEN/

Nom & adresse du Destinataire de facture:

Periode: 4 eme Trimestre 2016

(G: 013)

CONSOUMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOUMATIONS (kWh/THERMIE)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
ELEC. PMD= 6 Kw	54 M	007070	81439 R	80559 R	880	1.00	880.00
GAZ. DMD= 5 m3h	23 M	006353	9266 R	9169 R	97	9.75	945.75

R: Releve

E: Estime

M: Releve Speciale

DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)

	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		QUATRIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOUMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
54 M	125.00	1.7787	125.00	4.1789	630.00	4.8120			78.66
23 M	945.75	0.1682							85.50

CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION

	MONTANT HORS TVA (DA)	T.V.A		MONTANT TOUTES TAXES (DA)
		TAUX %	MONTANT (DA)	
ELEC 54 M	744.70	07	52.13	796.83
	3031.56	17	515.37	3546.93
Primes Fixes	78.66	07	5.51	84.17
GAZ 23 M	159.08	07	11.14	170.22
Primes Fixes	85.50	07	5.99	91.49
DROIT FIXE	100.00			100.00
TAXE HABITATION	150.00			150.00
	4349.50		590.14	4939.64

Le montant de votre
consommation moyenne
d'énergie par jour :

54.88 DA/jour

Cle.EBP: 053

Contribution aux coûts permanents du système :

7.26 DA

Montant à payer TTC (A la poste, chèque ou virement)

Droit de timbre

Montant total à payer en espèces

à régler avant le: 15.11.16

La présente facture est arrêtée à la somme :

quatre mille neuf cent trente neuf dinars algériens, 64 cts

NOUS VOUS PRIONS DE REGLER LA FACTURE PAR L'UN DES MOYENS INDIQUEES AU VERSO

BT/BP 1

Montant d'électricité payé = le montant total – le montant de gaz (partie en rouge)

Annexe 1 :

Questionnaire A : consommation moyenne d'un habitant (auteur).

Appartement 3 :

Nombre d'utilisateurs (Personnes)								
	Type	Nombre	Type d'énergie utilisé	Heures D'utilisation du dimanche au jeudi	Heures D'utilisation pendant le weekend	Puissance (KW)	Consommation moyenne (KWH)	
	Les appareils	Réfrigérateur	2	Electrique	24x5	24x2	0,04	1,92	1,92
Lave-vaisselle		/	Electrique	/	/	/	/	/
Micro-onde		1	Electrique	0,03x2	/	1,125	0,03	/
Cafetière (électrique)		/	Electrique	/	/	/	/	/
Machine à laver		1	Electrique	1x2	2x1	2,7	1,08	2,7
Four électrique		/	Electrique	/	/	/	/	/
Cuisinière (électrique)		1	Electrique	/	/	/	/	/
Mixer		1	Electrique	0,16x1	/	0,125	0,04	/
Hotte		/	Electrique	/	/	/	/	/
TV tube cathodique		/	Electrique	/	/	/	/	/
TV Plasma		2	Electrique	10x5 4x5	10x2	0,3	3 1,2	3
Ordinateur		1	Electrique	2x5	2x2	0,13	0,26	0,26
Chargeur		5	Electrique	1x5	1x2	0,005	0,015	0,015
Boitier Wifi		1	Electrique	24x5	24x2	0,023	0,52	0,52
Fer à repasser		1	Electrique	0,5x2	0,16x1	1,8	0,36	0,18
Sèche-Linge		/	Electrique	/	/	/	/	/
Machine à coudre		/	Electrique	/	/	/	/	/
Aspirateur		/	Electrique	/	/	/	/	/
Sèche-cheveux		1	Electrique	0,2x5	/	1,75	0,4	/
Rasoir électrique		/	Electrique	/	/	/	/	/

Annexe 1 :

Ampoule économique	08	Electrique	4x5	4x2	0,012	0,928	0,278
Ampoules à incandescence	4	Electrique	3x5	3x2	0,06	0,72	0,72
Chauffe bain	/	Electrique	/	/	/	/	/
Climatiseur	/	Electrique	/	/	/	/	/
Pompe à eau	1	Electrique	0,26x5	0,26x2	1	0,26	0,26
Consommation de l'énergie électrique	766 kwh						
Montant d'électricité payé	4080,2 DA						

Méthode :

$$C_{\text{moy/j}} = (C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} + C_{\text{moy/j (Wkd)}}) / 2$$

Avec $C_{\text{moy/j}}$: consommation moyenne journalière d'un appartement.

$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}}$: consommation moyenne journalière du Dimanche au Jeudi.

$C_{\text{moy/j (Wkd)}}$: consommation moyenne journalière durant le weekend.

$$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} = (p * N_{\text{mb ap}} * N_{\text{mb h}} * N_{\text{mbr j}}) / 5.$$

$$C_{\text{moy/j (Wkd)}} = (p * N_{\text{mb ap}} * N_{\text{mb h}} * N_{\text{mbr j}}) / 2.$$

Avec p : puissance de l'appareil.

$N_{\text{mb ap}}$: nombre d'appareil.

$N_{\text{mb h}}$: nombre d'heure par jour.

$N_{\text{mbr j}}$: nombre de jour.

Application:

$$C_{\text{Moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} = 0.96 + 0.22 + 0.056 + 0.4 + 1 + 0.03 + 1.36 + 0.001 + 0.55 + 0.22 + 0.192 + 2 + 7.2 = 14.24 \text{ Kwh.}$$

$$C_{\text{Moy/j (Wkd)}} = 0.96 + 0.22 + 0.056 + 0.4 + 1 + 0.03 + 1.36 + 0.001 + 0.55 + 0.9 + 0.0192 + 2 + 7.2 = 14.68 \text{ Kwh.}$$

$$C_{\text{Moy/j}} = (14.24 + 14.46) / 2 = 14.46 \text{ Kwh.}$$

Annexe 1 :**Facture (Appartement 3) :**

N° RIP: 00799999000038010820 N° RIB: 00100354030030088622 Dépannage Gaz: 22 65 61
 Agence Commerciale: QUATRE CHEMINS Tél.: 10 24 54

CLIENT

Référence : 06202-68-30235-170 N° RC :

N° IS :

Nom et Prénom :

Tél.:

Fax:

Adresse lieu de consommation : CITE 1000LOGT K3 IHEDADEN/

Nom & adresse du Destinataire de facture :

Periode: 4 eme Trimestre 2016

(G:013)

CONSOMMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOMMATIONS (KWh/THERMIE)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
ELEC. PMD= 6 Kw	54 M	007070	81439 R	80559 R	880	1.00	880.00
GAZ. DMD= 5 m3h	23 M	006353	9266 R	9169 R	97	9.75	945.75

R: Relève

E: Estime

M: Relève Speciale

DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)

	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		QUATRIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
	CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSOMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
54 M	125.00	1.7787	125.00	4.1789	630.00	4.8120			78.66
23 M	945.75	0.1682							85.50

CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION

	MONTANT HORS TVA (DA)	T.V.A		MONTANT TOUTES TAXES (DA)
		TAUX %	MONTANT (DA)	
ELEC 54 M	744.70	07	52.13	796.83
	3031.56	17	515.37	3546.93
Primes Fixes	78.66	07	5.51	84.17
GAZ 23 M	159.08	07	11.14	170.22
Primes Fixes	85.50	07	5.99	91.49
DROIT FIXE	100.00			100.00
TAXE HABITATION	150.00			150.00
Contribution aux coûts permanents du système :	7.26 DA			7.26 DA
	4349.50		590.14	4939.64

Le montant de votre
consommation moyenne
d'énergie par jour :

54.82 DA/jour

Cie.EBP: 053

Contribution aux coûts permanents du système :

7.26 DA

Montant à payer TTC (A la poste, chèque ou virement)

Droit de timbre

Montant total à payer en espèces

à régler avant le : 15.11.16

La présente facture est arrêtée à la somme :

quatre mille neuf cent trente neuf dinars algériens ,64 cts

NOUS VOUS PRIONS DE REGLER LA FACTURE PAR L'UN DES MOYENS INDIQUEES AU VERSO

BT/BP 1

Montant d'électricité payé = le montant total – le montant de gaz (partie en rouge)

Annexe 1 :

Questionnaire A : consommation moyenne d'un habitant (auteur).

Appartement 4 :

Nombre d'utilisateurs (Personnes)	5 personnes							
Les appareils	Type	Nombre	Type d'énergie utilisé	Heures D'utilisation du dimanche au jeudi	Heures D'utilisation pendant le weekend	Puissance (KW)	Consommation moyenne (KWH)	
	Réfrigérateur	1	Electrique	24x1	24x2	0,04	0,96	0,96
Lave-vaisselle	/	Electrique						
Micro-onde	1	Electrique	0,2 x1	0,2x2	1,12x1	0,22	0,22	
Cafetière (électrique)	1	Electrique	0,08x1	0,08x2	0,7	0,06	0,06	
Machine à laver	1	Electrique	0,2x2	0,5x2	2	0,4	0,4	
Four électrique	1	Electrique		0,5x2	2	/	1	
Cuisinière (électrique)	1	Electrique	/	/	/	/	/	
Mixeur	1	Electrique	0,2x1		0,1,2x1	0,03	/	
Hotte	/	Electrique	/	/	/	/	/	
TV tube cathodique	1	Electrique	/	/	/	/	/	
TV Plasma	1	Electrique	8x1	8x2	0,17	1,36	1,36	
Ordinateur	1	Electrique	/	1x2	0,03	/	0,03	
Chargeur	3	Electrique	0,2x1	0,2x2	0,001	0,001	0,001	
Boitier Wifi	1	Electrique	24x1	24x2	0,093	0,6	0,6	
Fer à repasser	2	Electrique		0,2x2	1,8	/	0,9	
Sèche-Linge	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Machine à coudre	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Aspirateur	/	Electrique	/	/	/	/	/	
Sèche-cheveux	1	Electrique	0,16x1	0,16x2	1,75	0,28	0,28	
Rasoir électrique	/	Electrique	/	/	/	/	/	

Annexe 1 :

	telephone	1	Electrique	24x1	24x2	0,13	7,2	7,2
	Ampoule économique	16	Electrique	1x1	1x2	0,012	0,192	0,012
	Ampoules à incandescence	/	Electrique	/	/	/	/	/
	Chauffe bain	/	Electrique	/	/	/	/	/
	Climatiseur	/	Electrique	/	/	/	/	/
	Pompe à eau	1	Electrique	2x1	2x2	1	2	2
Consommation de l'énergie électrique	777 kWh							
Montant d'électricité payé	4 142,02 DA.							

Méthode :

$$C_{\text{moy/j}} = (C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} + C_{\text{moy/j (Wkd)}}) / 2$$

Avec $C_{\text{moy/j}}$: consommation moyenne journalière d'un appartement.

$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}}$: consommation moyenne journalière du Dimanche au Jeudi.

$C_{\text{moy/j (Wkd)}}$: consommation moyenne journalière durant le weekend.

$$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} = (p * N_{\text{mb ap}} * N_{\text{mb h}} * N_{\text{mbr j}}) / 5.$$

$$C_{\text{moy/j (Wkd)}} = (p * N_{\text{mb ap}} * N_{\text{mb h}} * N_{\text{mbr j}}) / 2.$$

Avec p : puissance de l'appareil.

$N_{\text{mb ap}}$: nombre d'appareil.

$N_{\text{mb h}}$: nombre d'heure par jour.

$N_{\text{mbr j}}$: nombre de jour.

Application:

$$C_{\text{moy/j (D} \rightarrow \text{J)}} = 1.92 + 0.03 + 1.08 + 0.004 + 3 + 1.2 + 0.26 + 0.015 + 0.552 + 0.36 + 0.4 + 0.288 + 0.72 + 0.26 = 9.92 \text{ Kwh.}$$

$$C_{\text{moy/j (Wkd)}} = 1.92 + 2.7 + 3 + 0.26 + 0.15 + 0.552 + 0.15 + 0.288 + 0.72 + 0.26 = 10 \text{ Kwh}$$

$$C_{\text{moy/j}} = (9.92 + 10) / 2 = 9.97 \text{ Kwh.}$$

Remarque :

Nous avons calculé de la même manière les 6 autres appartements afin d'avoir la consommation d'énergie électrique d'un immeuble (10 appartements).

Annexe 1 :**Facture (Appartement 4) :**

Direction Distribution: DD BEJAIA FAX: 034 21 16 14

N° RC: 06B0066723 01 N° IS: 625010536164017 Dépannage Electricité: 20 14 70
 N° RIP: 00799999000038010820 N° RIB: 00100356030030088622 Dépannage Gaz: 22 65 61
 Agence Commerciale: QUATRE CHEMINS Tél.: 10 24 54

CLIENT

Référence : 06202-68-30250-132 N° RC: N° IS: N° S:
 Nom et Prénom: Tél.: Fax:
 Adresse lieu de consommation: CITE 1000LGT K3 IHEDADEN/
 Nom & adresse du Destinataire de facture :

Periode: 4 eme Trimestre 2016 (0: 013)

CONSOMMATIONS	TARIF	NUMERO COMPTEUR	RELEVÉ DE COMPTEUR			COEF.	CONSOMMATIONS (kWh/THERMIE)
			Index Nouveau	Index Ancien	Différence		
ELEC. PMD= 6 Kw	54 M	007077	50928 R	50162 R	766	1.00	766.00
GAZ. DMD= 5 m3h	23 M	006370	1143 R	1039 R	104	9.75	1014.00

R: Releve
 E: Estime
 M: Releve Speciale

DETAIL DE FACTURATION (en hors taxes)

	PREMIERE TRANCHE		DEUXIEME TRANCHE		TROISIEME TRANCHE		QUATRIEME TRANCHE		PRIMES FIXES (DA)
	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	CONSUMMATION	PRIX UNITAIRE (DA)	
54 M	125.00	1.7787	125.00	4.1789	516.00	4.8120			78.66
23 M	1014.00	0.1682							85.50

CALCUL DES TAXES ET RECAPITULATION

	MONTANT HORS TVA (DA)	T.V.A		MONTANT TOUTES TAXES (DA)
		TAUX %	MONTANT (DA)	
ELEC 54 M	744.70	07	52.13	796.83
	2482.99	17	422.11	2905.10
Primes Fixes	78.66	07	5.51	84.17
GAZ 23 M	170.55	07	11.94	182.49
Primes Fixes	85.50	07	5.99	91.49
DRDIT FIXE	100.00			100.00
TAXE HABITATION	150.00			150.00
	3812.40		497.68	4310.08

Le montant de votre consommation moyenne d'énergie par jour : 47.89 DA / jour

Cle EBP: 811

Contribution aux coûts permanents du système : 6.45 DA

Montant à payer TTC (A la poste, chèque ou virement) 4310.08
 Droit de timbre 44.00
 Montant total à payer en espèces 4354.08
 à régler avant le : 15.11.16

La présente facture est arrêtée à la somme : quatre mille trois cent dix dinars algériens ,08 cts

NOUS VOUS PRIONS DE REGLER LA FACTURE PAR L'UN DES MOYENS INDIQUES AU VERSO

BT / BP 1

Montant d'électricité payé = le montant total – le montant de gaz (partie en rouge)

Annexe 2 :**Questionnaire B** : sur le choix des habitants (auteur)

République Algérienne Démocratique et Populaire
Université Abderrahmane Mira –BEJAIA-
Faculté Technologie -Département d'Architecture-
Formulaire N° :.....

Questionnaire habitant

Bonjours, nous sommes des étudiantes en Master II en Architecture et Urbanisme de l'université de Bejaia, et dans le cadre de la réalisation d'un mémoire de recherche de fin de cycle master, une étude été engagé sur le problème de la hausse consommation d'un habitat algérien, afin de remédier à ce problème, nous avons optées pour deux nouvelles alternatives ; les panneaux photovoltaïques et les panneaux photo bioréacteurs (la culture des micros algues).

Donc 3 scenario sont proposés, étudiés et dimensionnés :

Scenario 1 : l'intégration des panneaux photovoltaïques seuls

Scenario 2 : l'intégration des photos bioréacteurs seuls

Scenario 3 : la combinaison des panneaux photovoltaïques et des panneaux photos bioréacteurs.

Le résultat que nous avons abouties de dimensionnement et de notations des trois scenarios sont mentionnés dans le tableaux ci-dessous.

Et dans l'optique d'une meilleure orientation vers un meilleur scénario, nous vous proposons ce questionnaire, et nous vous remercions d'avance de bien vouloir consacrer un peu de votre temps, pour répondre.

		A	B	C
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario3
Les critères	Le cout	9 963 528.5 Da	4 611 600 Da	7 998 599 Da
	Le rendement	109873 Wh	109873 Wh	109873 Wh
	La longévité	30ans	∞	30ans
	L'esthétique	Mauvais	Beau	Beau
	Résultats du système de notation	5.012	10	7.667

Si ces systèmes seront placer sur votre bâtiment le quel vous allez choisir :

- A -Scenario 1
- B -Scenario 2
- C -Scenario 3
- D -Neutre

Annexe 3 :

Irradiation globale, température moyenne minimal et maximale de la ville de Bejaia

Mois	jan	fév	mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	sept	Oct	Nov	Déc
Ensoleillement Global cumulé G_j (KWh/j m^2)	2.4	3.1	3.6	5.3	5.7	6.7	6.9	6.2	4.9	3.8	2.6	2.3
Température Min Journalière	5.5	5.9	7.1	8.8	12.3	16.1	18.9	19.8	17.6	14.2	9.8	7.2
Température Max Journalière	16.7	17.4	19.2	20.9	23.9	28.2	31.2	32.2	29.6	25.9	20.8	17.9

Insolation journalière du mois d'Octobre et du mois de novembre 2016.]

Insolation Journalière en H & 1/10		
Jour	Octobre	Novembre
1	5.7	10
2	9	7.1
3	10	9.4
4	6.4	8
5	2.8	5.9
6	9.2	6.4
7	10.2	0
8	9.5	1.3
9	7.8	7
10	2.6	1.6
11	9.7	7.5
12	9.9	5.3
13	4.6	8.5
14	7.4	4.6
15	10.6	0.9
16	9.8	3.6
17	9.3	6.4
18	7.5	4.6
19	3.2	8
20	2	8.7
21	4.1	2.5
22	4.3	4
23	8.6	5.1
24	3.9	6.2
25	2.9	9.4
26	8.1	8.3
27	6	9.3
28	6.9	0.3
29	5.9	6.2
30	7.1	8.9
31	10.2	///
Total	215.2	175

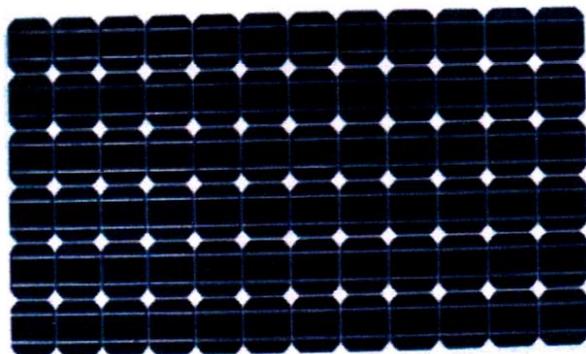
Vent Moyen Mensuel en m/s & dixième	
Octobre	2.1
Novembre	2.4

Source : Station météo Bejaia aéroport

Station météo de Bejaia Aéroport.

Annexe 4 :**Les panneaux photovoltaïques :**

Caractéristiques électriques et mécanique du panneau de 200W :



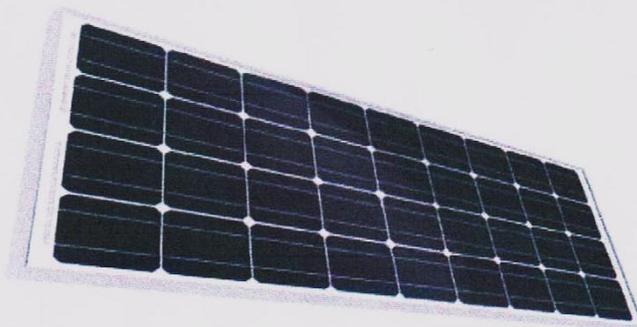
	Unité	Module		
Puissance nominale	W	190	195	200
Voltage Circuit ouvert (Vco)	V	45.36	45.57	45.64
Courant de court Circuit Isc	A	5.71	5.77	5.85
Tension mpp Vmpp	V	37.36	37.72	38.64
Courant mpp Impp	I	5.08	5.16	5.24
Système voltage max VDC	V		1000	
Facteur de température (cellule):				
Température nominale de fonctionnement	NOCT			45±2°C
Coefficient de température de puissance	%/°C			-0,41
Coefficient de température de courant	%/°C			-0,06
Coefficient de température de voltage	%/°C			-0,32

Type de cellule	Cellule monocristalline avec anti-reflection
Nombre de cellules par module	72 cellules (6x12)
Dimensions de la cellule	125x125 mm
Dimensions du module	1580x808x45 mm
Poids du module	14,5 kg
Cadre	Alliage en aluminium anodisé
Type de verre	Verre trempé, 3.2 mm d'épaisseur
Boite de jonction et connecteur	IP65, 3 Diodes By-passe et câbles compatibles avec un connecteur MC4
Température d'utilisation	- 40°C à 85°C

Source : condor

Annexe 4 :**Les panneaux photovoltaïques :**

Caractéristiques électriques et mécanique du panneau de 150W :



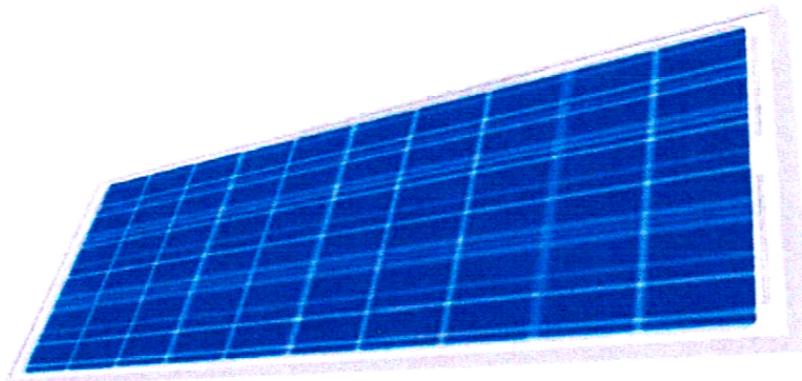
	Unité	Module		
Puissance nominale	W	150	155	160
Tension en circuit ouvert (Vco)	V	22.35	22.45	22.55
Courant de court Circuit Isc	A	9.00	9.02	9.08
Tension mpp Vmpp	V	18.54	18.85	19.03
Courant mpp Impp	A	8.29	8.40	8.50
Tension maximale du système VDC	V	1000		
Charge maximale De fusibles (A)	A	15		
Facteur de température (cellule):				
Température nominale de fonctionnement	NOCT	45±2°C		
Coefficient de température de puissance	%/°C	-0,41		
Coefficient de température de courant	%/°C	+0,06		
Coefficient de température de voltage	%/°C	-0,32		

Type de cellule	Cellule monocristalline avec anti-reflection
Nombre de cellules par module	36 cellules (4x9)
Dimensions de la cellule	156x156 mm
Dimensions du module	1482x674x45 mm
Poids du module	12 kg
Cadre	Alliage en aluminium anodisé
Type de verre	Verre trempé, 3.2 mm d'épaisseur
Boîte de jonction et connecteur	IP65; 3 Diodes By-passe et câbles compatibles avec un connecteur MC4
Température d'utilisation	- 40°C à 85°C

Source : condor

Annexe 4 :**Les panneaux photovoltaïques polly-cristallin :**

Caractéristiques électriques et mécanique du panneau de 150W :



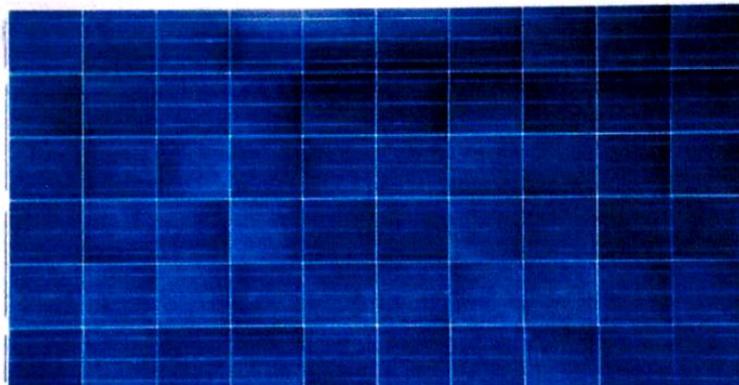
	Unité	Module		
Puissance nominale	W	145	150	155
Tension en circuit ouvert (Vco)	V	21.56	21.99	22.24
Courant de court Circuit Isc	A	8.20	8.35	8.63
Tension mpp Vmpp	V	18.00	18.15	18.75
Courant mpp Impp	A	7.96	8.02	8.11
Tension maximale du système VDC	V	1000		
Charge maximale De fusibles (A)	A	15		
Facteur de température (cellule) :				
Température nominale de fonctionnement	NOCT	45±2°C		
Coefficient de température de puissance	%/°C	-0,39		
Coefficient de température de courant	%/°C	+0,06		
Coefficient de température de voltage	%/°C	-0,33		

Type de cellule	Cellule polycristalline avec anti-reflection
Nombre de cellules par module	36 cellules (4x9)
Dimensions de la cellule	156x156 mm
Dimensions du module	1482x674x45 mm
Poids du module	12 kg
Cadre	Alliage en aluminium anodisé
Type de verre	Verre trempé, 3.2 mm d'épaisseur
Boite de jonction et connecteur	IP65; 3 Diodes By passe et câbles compatibles avec un connecteur MC4
Température d'utilisation	- 40°C à 85°C

Source : condor

Annexe 4 :**Les panneaux photovoltaïques Polly-cristallin :**

Caractéristiques électriques et mécanique du panneau de 240W :

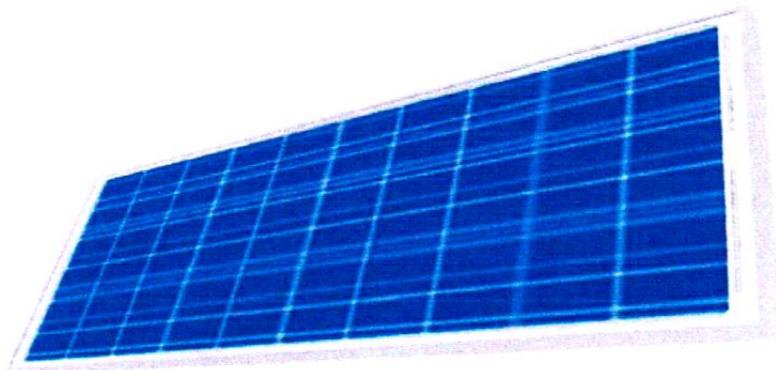


	Unité	Module		
Puissance nominale	W	235	240	250
Tension en circuit ouvert (Vco)	V	36.31	36.66	37.07
Courant de court Circuit Isc	A	8.16	8.32	8.63
Tension mpp Vmpp	V	30.10	30.26	31.25
Courant mpp Impp	A	7.83	7.96	8.11
Tension maximale du système	V	1000		
Charge maximale De fusibles (A)	A	15		
Facteur de température (cellule):				
Température nominale de fonctionnement	NOCT	45±2°C		
Coefficient de température de puissance	%/°C	-0,39		
Coefficient de température de courant	%/°C	+0,06		
Coefficient de température de voltage	%/°C	-0,33		

Type de cellule	Cellule polycristalline avec anti-reflection
Nombre de cellules par module	60 cellules (6x10)
Dimensions de la cellule	156x156 mm
Dimensions du module	1640x992x45 mm
Poids du module	18,5 kg
Cadre	Alliage en aluminium anodisé
Type de verre	Verre trempé, 3.2 mm d'épaisseur
Boite de jonction et connecteur	IP65 ; 3 Diodes By-passe et câbles compatibles avec un connecteur MC4
Température d'utilisation	- 40°C à 85°C

Annexe 4 :**Les panneaux photovoltaïques Polly-cristallin :**

Caractéristiques électriques et mécanique du panneau de 285W :



	Unité	Module		
Puissance nominale	W	280	285	300
Tension en circuit ouvert (Vco)	V	43.30	43.99	44.48
Courant de court Circuit Isc	A	8.24	8.32	8.63
Tension mpp Vmpp	V	35.61	36.38	37.50
Courant mpp Impp	A	7.96	7.96	8.11
Tension maximale du système	V	1000		
Charge maximale De fusibles (A)	A	15		
Facteur de température (cellule):				
Température nominale de fonctionnement	NOCT	45±2°C		
Coefficient de température de puissance	%/°C	-0,39		
Coefficient de température de courant	%/°C	+0,06		
Coefficient de température de voltage	%/°C	-0,33		

Type de cellule	Cellule polycristalline avec anti-reflection
Nombre de cellules par module	72cellules (6x12)
Dimensions de la cellule	156x156 mm
Dimensions du module	1956x992x50 mm
Poids du module	23,5 kg
Cadre	Alliage en aluminium anodisé
Type de verre	Verre trempé, 3.2 mm d'épaisseur
Boite de jonction et connecteur	IP65; 3 Diodes By passe et câbles compatibles avec un connecteur MC4
Température d'utilisation	- 40°C à 85°C

Source : condor

Annexe 4 :**Les panneaux photovoltaïques :**

Les prix des panneaux photovoltaïques en Algérie, marque Condor :

Désignation	P.U.HT	P.U.TTC
Panneau solaire 90W Mono	8.550,00 DA	10.003,50DA
Panneau solaire 100 W Mono	9.500,00 DA	11.115,00 DA
Panneau solaire 200 W Mono	19.000,00 DA	22.230,00 DA
Panneau solaire 70W Poly	7.000,00DA	8.190,00DA
Panneau solaire 145 W Poly	13.050,00 DA	15.268,50DA
Panneau solaire 235 W Poly	21.150,00 DA	24.745 ,00 DA
Panneau solaire 240 W Poly	21.600,00 DA	25.272,00 DA
Panneau solaire 280 W Poly	25.2000,00 DA	29.484,00 DA
Panneau solaire 285 W Poly	25.650 ,00 DA	30.010,50 DA

Source : portail algérien des énergies renouvelables 2014

Annexe 5 :**Régulateur :**

Régulateur steca tarom :



Steca Tarom
235, 245, 440

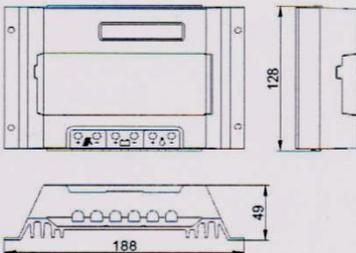
Le Steca Tarom est le nec plus ultra des régulateurs de charge solaire, spécialement conçu pour des applications de télécommunication et des architectures complexes de systèmes hybrides PV hors réseau. Une large variété de caractéristiques existantes permet à l'utilisateur d'adapter ce régulateur aux besoins particuliers de son installation spécifique. Le calcul optimisé de l'état de charge Steca s'effectue dans le Tarom. C'est le meilleur choix que vous puissiez faire pour des installations de grande ou moyenne taille allant jusqu'à 2400 Wc pour trois niveaux de tension (12 V, 24 V et 48 V). De plus, il est possible de raccorder d'autres appareils tels qu'un capteur de température, un enregistreur de données et un interrupteur télécommandé pour configurer et surveiller le système photovoltaïque de façon optimale. Un compteur Ah intégré donne à l'utilisateur une information supplémentaire de choix concernant le bilan énergétique.

Caractéristiques

- Chargement de l'accumulateur shunt par modulation d'impulsion en largeur (PWM)
- Régulation de l'état de charge (SOC) de l'accumulateur
- Gestion de l'énergie pour systèmes hybrides
- Compteur Ah intégré
- Chargement rapide
- Charge d'égalisation
- Processus de charge pour la maintenance de la tension finale de charge
- Reconnexion automatique du consommateur
- Sélection automatique de tension (12 V / 24 V)
- Compensation de température
- Mise à la terre positive
- (ou) Négative à l'une des bornes
- Paramètres réglables manuellement par quatre touches
- Fonction de surveillance de la lumière pendant la nuit
- Interface RJ45
- Déconnexion manuelle du consommateur

Certificats

- Répertoire pour des projets de la Banque mondiale au Népal
- Conformés aux standards européens (CE)
- Fabriqué en Allemagne conformément aux normes DIN EN ISO 9001:2000 et DIN EN ISO 14001



Régulateur de charge solaire	Tarom 235	Tarom 245	Tarom 440
Tension de système	12 V (24 V)		48 V
Tension d'entrée max.	47 V		82 V
Courant de court-circuit maximal à l'entrée du panneau solaire	35 A	45 A	40 A
Courant de sortie maximal du consommateur	35 A	45 A	40 A
Consommation propre maximale	14 mA		
Tension finale de charge (floating)	13,7 V (27,4 V)		54,8 V
Tension de charge rapide: 2 h	14,4 V (28,8 V)		57,6 V
Charge d'égalisation (désactivée pour gel): 2 h	14,7 V (29,4 V)		58,8 V
Point de référence de réenclenchement (SOC / LVR)	90 % / 12,6 V (25,2 V)		90 % / 50,4 V
Déconnexion basse tension (SOC / LVD)	70 % / 11,1 V (22,2 V)		90 % / 44,4 V
Température ambiante tolérée	-10 °C...+60 °C		
Raccord (à fils fins / à un fil)	16 mm ² / 25 mm ²		
Classe de protection du boîtier	IP 32		
Poids	550 g		
Dimensions L x l x h	188 x 128 x 49 mm		

Données techniques à 25 °C / 77 °F

Classe de puissance
30 A - 45 A




Fonctions de protection électronique

- Protection contre un surchargement
- Déconnexion basse tension
- Déconnexion avant la décharge profonde (DOD)
- Polarité inversée des panneaux solaires
- Polarité inversée du consommateur et de l'accumulateur
- Court-circuit des panneaux solaires
- Court-circuit du consommateur
- Surtension
- Surtension
- Protection foudre par varistor
- Circuit ouvert de la batterie
- Courant inverse pendant la nuit

Affichages

- Affichage LCD sur deux lignes indiquant l'état de charge, Vbat, tous les courants, Ah, alarmes, procédure de chargement

Source : steca GmbH, Germany

Annexe 6 :**Batterie :**

Batterie Sarl Napim :

DESCRIPTION DU PARC DE STOCKAGE	
Type de batterie	Special PV
Tension nominale :	24 Volts
Capacité Parc N°1 :	516 Ah
Capacité Parc N°2 :	0 Ah
Capacité totale :	516 Ah
T° mini du local :	+ 25 °C

CARACTERISTIQUES :	à 20° C	à T° min.
% de Capacité utile :	98 %	102%
Capacité utile :	505Ah	515Ah
Décharge journalière :	25,2%	24,7%
Décharge d'autonomie :	73,9%	72,4%
Ah après autonomie :	124Ah	145Ah
Décharge maxi tolérée :	80%	80%
Autonomie réelle :	69h	71h

Source : total energie

Annexe 7 :**Câble :**Câble solaire 1.5mm² :*Fils de 1.5 mm² violet.**Couronne de 100 mètres (prix aux 100 mètres).***Normes :**

NF C 32-201-5 : conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension assignée au plus égale à 450 / 750V.
 CENELEC HD 21.4.S2 et IEC 60228.
 Non propagation de la flamme : IEC 60332.1 / VDE 0472-804 / NF C 32-070 2.1 catégorie C2.
 RoHS : directive européenne 2011/65/UE.

**Caractéristiques :**

Âme : Cuivre nu souple, classe 5
 Nombre de conducteurs : 1
 Section : 1,5mm²
 Couleur de la gaine : Noir
 Tension de service (Uo/U) : 450 / 750V AC
 Plage de température de : -5°C à +70°C
 Ø extérieur mini (mm) : 2,8
 Isolation : PVC
 Longueur : 100 M
 Masse approx. (kg/km) : 21

Applications :

Filerie souple pour tableaux et appareillages électriques.
 Câblage des circuits domestiques et industriels.

Installation :

Sous conduits appropriés, en montage apparent ou encastré (moulures, plinthes, gaines, vides de construction, huisseries) et en caniveaux non inondables, en intérieur.

Source : www.electricitepro.com

Annexe 7 :**Câble :**Câble solaire 4mm² :***" Câble solaire 4 mm² Noir "***

Câble 4 mm² solaire pour système photovoltaïque.
Vendu au mètre.

Ce câble de qualité est destiné aux applications photovoltaïques en intérieur et extérieur pour installations flexibles ou fixes, suivant les normes 2 Pfg 1169/08.2007 et UTE C32-502.

Caractéristiques principales :

1. **Conducteur :**
 - Cuivre souple étamé classe 5 suivant CEI 60228.
2. **Isolation :**
 - Polyoléfine
3. **Gaine :**
 - Polyoléfine
 - Couleur noire

Caractéristiques techniques :

1. **Caractéristiques de construction :**
 - Flexibilité de l'âme : Souple classe 5
 - Sans halogène : IEC 60754-1
2. **Caractéristiques électriques :**
 - Tension de service nominale Uo/U (Um) : 0,6 / 1 kV
3. **Caractéristiques d'utilisation :**
 - Faible dégagement de fumée : IEC 61034-2
 - Tenue à l'ozone : oui
 - Corrosivité des fumées : IEC 60754-2
 - Température maximale sur l'âme : 120°C
 - Température ambiante d'utilisation, plage : -40° à 90°C
 - Résistance aux intempéries : excellente
 - Non propagateur de la flamme : IEC 60332-1

Source : www.wattuneed.com**Annexe 7 :****Câble :**Câble solaire 6mm² :***" Câble solaire 6 mm² Noir "***

Câble 6 mm² solaire pour système photovoltaïque.
Vendu au mètre.

Ce câble de qualité est destiné aux applications photovoltaïques en intérieur et extérieur pour installations flexibles ou fixes, suivant les normes 2 Pfg 1169/08.2007 et UTE C32-502.

Caractéristiques principales :

1. **Conducteur :**
 - Cuivre souple étamé classe 5 suivant CEI 60228.
2. **Isolation :**
 - Polyoléfine
3. **Gaine :**
 - Polyoléfine
 - Couleur noire

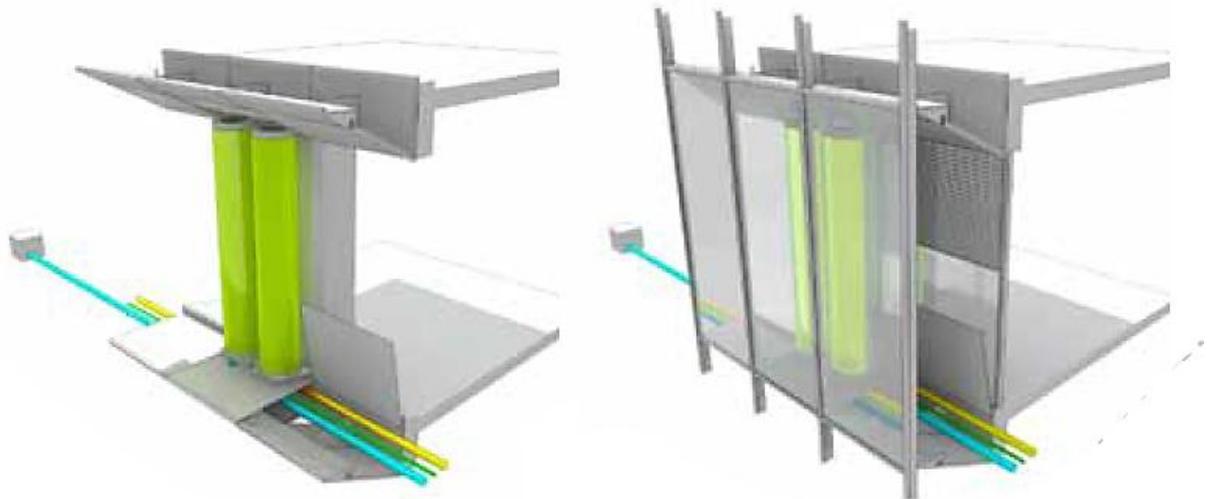
Caractéristiques techniques :

1. **Caractéristiques de construction :**
 - Flexibilité de l'âme : Souple classe 5
 - Sans halogène : IEC 60754-1
2. **Caractéristiques électriques :**
 - Tension de service nominale Uo/U (Um) : 0,6 / 1 kV
3. **Caractéristiques d'utilisation :**
 - Faible dégagement de fumée : IEC 61034-2
 - Tenue à l'ozone : oui
 - Corrosivité des fumées : IEC 60754-2
 - Température maximale sur l'âme : 120°C
 - Température ambiante d'utilisation, plage : -40° à 90°C
 - Résistance aux intempéries : excellente
 - Non propagateur de la flamme : IEC 60332-1

Source : www.wattuneed.com

Annexe 8 :**Les panneaux photo bioréacteurs :**

Modèles de bioréacteurs tubulaires appliqués : façade double peau composée de réacteurs tubulaires d'un diamètre supérieur à 20cm, d'une façade en verre fixe et d'une façade interne incluant un système de protection solaire.



Source : X-TU architecture

Modèles de bioréacteur plat, plan intégrés en mur rideau : mur rideau qui alterne dans sa composition, module bioréacteur et module vitré.

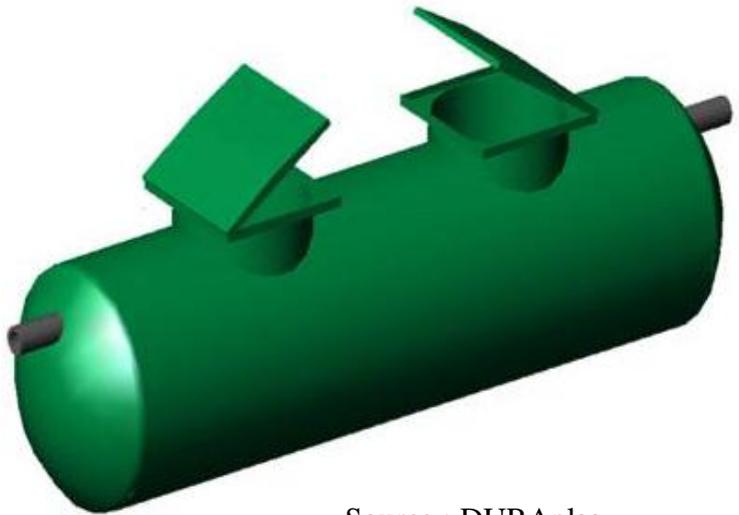


Source : X-TU architecture

Annexe 9 :**Citerne de stockage d'eau :**

Citerne de stockage d'eau 500L

Hauteur (m)	0.800
Poids (kg)	15.000
Diamètre (m)	1.000
Capacité (L)	538.000
Prix	10 000 da



Source : DURAplas

Annexe 10 :**Ph régulateur :**

Caractéristiques Techniques du Régulateur de ph

- Talonnage semi-automatique d'une valeur de pH de 7,01.
- Programmation facilitée du point de consigne à une plage comprise entre 6,0 et 8,0 pH
- Dosage proportionnel à la valeur de consigne définie
- Panneau avant en polycarbonate
- Pompe du corps avec purgeur d'air manuel
- Protection IP 55
- Alimentation standard 230V
- Prix :20 000 Da



Source : webStore.com

Annexe 11 :**Pile à combustible :**

Caractéristiques des piles à combustible :

- Production 12 V jusqu'à 80Ah par jour.
- Cette pile se raccorde aux batteries auxiliaires qu'elles soient au plomb ou au gel, via le tableau électrique, elle se met en route dès que la tension baisse en dessous de 12 V sur la batterie auxiliaire.
- Prix : 290 000 Da.



Source : www.opalestore.com

Annexe 12 :**Canalisation, tuyauterie :**

Tuyau en PVC, diamètre : 200mm

Description
<p>TUBES PVC EVACUATION Tubes PVC évacuation - bâtiment Évacuation des eaux usées, Eaux Pluviales et ventilation Tubes PVC - classement au feu NF-Me Installation en aérien et enterré dans le domaine privé Coloris gris moyen, bâti Longueur 4 mètres (codifié au mètre) Extrémité PM : pré manchonnage Tube PVC rigide bâtiment NF-Me Ø ext. 200 mm - ép. 3,9 mm - L. 4 m</p>



Caractéristique
<p>Type : extrémité pré manchonnage Conditionnement : long 4m Couleur : gris Diamètre : 200mm</p>

Source : balitrand