

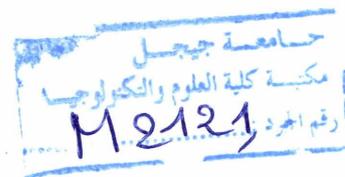
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mohamed Seddik Benyahia – Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :
MASTER ACADEMIQUE

Filière :
ARCHITECTURE



Spécialité :
ARCHITECTURE ET TECHNOLOGIE

Présenté par :
Khadîdja SADAoui
Meriem TIBERGUENT

THEME :

**Intégration d'éléments d'architecture solaire dans
l'aménagement d'un quartier d'habitat urbain**

Date de la Soutenance

Le : 04/10/2015

Composition du Jury :

Président du jury
Membre du Jury
Directeur de mémoire

Ammar BOUCHAIR, Professeur, Université de Jijel
Mohamed El Chérif LEHTIHET, MAA, Université de Jijel
Ibtissem HALLAL, MAA, Université de Jijel

Année universitaire : 2014/2015

"بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ"

** وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ

عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ

وَإِلَيْهِ أُنِيبُ **

Remerciements

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq années de maîtrise nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

*Avant de commencer la présentation du travail de ce mémoire. Et en tout premier lieu Nous remercions **DIEUX** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté d'achever ce travail et sans lequel il n'aurait jamais été accompli.*

*Nous tenons à exprimer nos profondes reconnaissances à la directrice de la thèse **M^{me} HALLAL Ibtissem**, pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives pour l'élaboration de ce travail.*

*Nos vifs remerciements au professeur **BOUCHAIR Ammar** pour avoir aimablement accepté de présider le jury de ce mémoire de Master.*

*Nos chaleureux remerciements et toute notre gratitude à Monsieur **LEHTIHET Mohamed El Cherif** pour avoir accepté d'être examinateur de ce travail.*

*Ainsi que tous nos remerciements à notre bras droit Monsieur **MAJDOUB Azzedine**, pour son aide, ses précieux conseils et Encouragements.*

Nos remerciements vont également à mes collègues de l'université.

Nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'accomplissement de ce Travail.

Meriem et Zhadia

Dédicace

Avec toute ma reconnaissance, ma tendresse et bien sûr avec mon grand amour je dédie ce modeste travail comme un témoignage de respect et d'admiration :

A mes très chers parents, « Chérif et Zina »

Pour tout l'amour dont vous m'avez entouré, pour tout ce que vous avez fait pour moi, je ferai de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux avec l'espoir de ne jamais vous décevoir. Que ce modeste travail, soit l'exaucement de vos vœux tant formulés et de vos prières quotidiennes.

A mes chers frères, « Sliman », « Yassin » et leurs femmes « sounia et wafia »

Ainsi mon cher frère « Faysal »

Qu'ils puissent trouver dans ce modeste mémoire l'expression de mon attachement et de ma profonde reconnaissance.

A mes chers sœurs, « Nesma », « Iman » et bien sûr ma chère « Rima » et son époux mon frère « Marwane »

Qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance.

Aux bijoux précieux de ma famille : « Maysa », « Ritel », « Ranim », « Assil »

Et le futur homme de la famille « Yezen »

Aux personnes que j'ai l'occasion de rencontrer pendant toute ces années

A tous mes chers amis chacun de son nom et surtout à mon intime amie

« Asma » ainsi que sa famille.

Sans oublier mon binôme « Meriem » pour les moments de joie et de peines partagés ensemble.

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

khadija

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont guidée vers le chemin de savoir et qui m'ont encouragé durant mes années d'étude, en particulier:

*À mes chères parents « **Abdelmoumene** » et « **Naima** » en témoignage de ma grande reconnaissance pour les Sacrifices qu'ils n'ont cessé de consentir pour moi, de leur encouragement et leur profonde affection, qui m'ont donné l'avantage de me consacrer entièrement et uniquement à mes études.*

À mon cher grand père et grand mère. Que dieu vous protège et Vous procure santé, bonheur et longue vie.

*À mes chères sœurs : **Soulef, Djannet, Aicha et Fatima**, sans oublier mon très chère frère **Mahdi**.*

À toute ma famille Tiberguent.

À mes meilleures amies « si nombreux que je ne pourrais tous les citer ».

*A Mon binôme **Khadija***

À tous mes enseignants, depuis mes premières années d'étude.

Et toute la promotion d'architecture et particulièrement la promotion 2015.

À toute personne dont elle a une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et j'aime.

Meriem

Table des matières

Table des matières

- Liste des figures
- Liste des abréviations

Introduction générale

1. Introduction		01
2. Problématique.....		02
3. Motivation du choix de thème.....		04
4. Objectifs.....		04
5. Méthodologie de la recherche.....		04
6. Structure du mémoire.....		05

Partie 01 : Partie théorique

Chapitre I : Architecture solaire

❖ Introduction.....		06
I. Le soleil		06
I.1. Présentation du soleil		06
I.2. Trajectoire apparente du soleil		07
II. Mouvements de la terre		07
III. Potentiel de l'énergie solaire		08
IV. Historique de l'énergie solaire.....		08
IV.1. Dès l'Antiquité.....		09
IV.2. Au 18 ^{ème} siècle		09
IV.3. Au 19 ^{ème} siècle		09
IV.4. A partir du 20 ^{ème} siècle.....		10

V. Le rayonnement solaire	12
V.1. Le rayonnement solaire jusqu'au bâtiment.....	14
V.2. Importance et effet du rayonnement solaire en architecture	14
V.3. Mesures du rayonnement solaire	16
VI. Les problèmes généraux de l'utilisation de l'énergie solaire	16
VI.1. Caractères particuliers de l'énergie solaire	16
VI.2. L'énergie solaire est-elle ou non polluante ?	16
❖ Conclusion.....	18

Chapitre II : Consommation énergétique

❖ Introduction	19
I. Définition de l'énergie	19
II. Le système énergétique.....	21
II.1. Les sources d'énergie	21
II.1.1. Les énergies renouvelables	21
II.1.1.1. L'énergie hydraulique	22
II.1.1.2. L'énergie solaire	22
II.1.1.3. Énergie de la biomasse	23
II.1.1.4. L'énergie géothermique	24
II.1.1.5. L'énergie éolienne	25
II.1.1.6. L'énergie hydrolienne	26
II.1.2. Les énergies non renouvelables	27
II.1.2.1. Détails de ces énergies non renouvelables.....	27
III. Consommation énergétique.....	28
III.1. L'homme et l'énergie à travers les âges.....	28
III.2. La consommation mondiale de l'énergie	28
III.3. La consommation énergétique en Algérie.....	29

III.3.1. Consommation du gaz naturel en Algérie	31
III.3.2. Consommation de l'électricité en Algérie.....	31
IV. Economie d'énergie	32
❖ Conclusion.....	33

Chapitre III : Intégration de l'énergie solaire dans le bâtiment

❖ Introduction	34
I. L' énergie solaire dans le quotidien.....	34
II. Les solutions architecturales pour augmenter les apports solaires	34
II.2. Systèmes passifs	35
II.2. Systèmes hybrides	36
II.3- Systèmes actifs	36
III. La captation des rayonnements solaires	38
III.1. Le panneau solaire.....	39
III.1.1. Définition.....	39
III.1.2. Les types de panneaux solaires	39
III.1.3. L'intégration architecturale	39
III.1.4. Où installer les panneaux solaires ?	41
III.1.5. Les différentes utilisations des panneaux solaires.....	41
III.1.6. Que dit la réglementation en matière de panneau solaire ?.....	42
III.2. Le panneau solaire thermique.....	42
III.2.1. Définition.....	42
III.2.2. Les types des capteurs solaires thermiques	42
III.2.3. Les différents composants d'un Panneaux solaires thermiques	43
III.2.4. Dimensions du panneau thermique	44
III.3. Le panneau solaire photovoltaïque.....	45
III.3.1. Définition.....	45

III.3.2. Les différents composants d'un Panneaux solaires photovoltaïques	45
III.3.3. L'effet photovoltaïque	46
III.3.4. Principe des différents modules photovoltaïques:.....	47
III.3.5. Dimensions des panneaux photovoltaïques.....	49
IV. Bâtiment et énergie	50
IV.1. Champ d'application des panneaux solaires	50
IV.2. Besoins en capteurs	51
IV.3. Orientation et inclinaison	52
IV.4. Eviter les risques... ..	52
IV.5. Un coût important pour une installation solaire	53
IV.6. Durée de vie limitée	54
V. Démarche d'intégration.....	54
❖ Conclusion.....	56

Partie 02 : partie analytique

Chapitre IV : Analyse des exemples

❖ Introduction	57
I. L'analyse d'éco quartier Vauban (l'Allemagne)	57
I.1.Présentation du quartier	57
I.2.Objectifs du quartier.....	57
I.3.La maîtrise du foncier	58
I.4.Un cadre et une qualité de vie	59
I.5.La maîtrise de l'énergie	60
II.L'analyse d'éco quartier Kronsberg (Hanovre - DE)	62
II.1.Présentation du quartier	62

II.2.Objectif du quartier.....	62
II.3.la maitrise du foncier	62
II.4.La maîtrise de l'énergie.....	63

Chapitre V : Synthèse et évaluation des résultats

Synthèse et evaluation des résultats	65
Conclusion générale	68
Références bibliographiques	69

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des figures

liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure I.1	Repérage de la position du soleil	10
Figure I.2	Mouvements de la Terre	11
Figure I.3	Un miroir ardent	12
Figure I.4	Puissant four solaire	12
Figure I.5	Centrale thermique	13
Figure I.6	Grand four de 1 MW d'Odeillo à Font-Romeu	14
Figure I.7	Reconstruction d'une maison dans la ville de Priène	14
Figure I.8	Le rayonnement solaire	15
Figure I.9	Les trois composantes du rayonnement solaire global sur un plan incliné.	16
Figure I.10	Orientation Des Contenus De L'analyse Climatique « Dans Le Cas De La Composante Soleil »	17
Figure II.1	Organisation des contenus sur le thème de l'énergie	23
Figure II.2	La construction en Chine de la plus grande centrale électrique au monde. La Barrage des Trois Gorges qui produira environ 18'200 mégawatts.	25
Figure II.3	Des cellules photovoltaïques	26
Figure II.4	Des collecteurs solaires	26
Figure II.5	Energie de la biomasse	27
Figure II.6	La géothermie à haute énergie	28

Figure II.7	La géothermie à basse énergie	28
Figure II.8	Les turbines à axe vertical	29
Figure II.9	Les turbines à axe horizontal	29
Figure II.10	L'énergie hydrolienne	29
Figure II.11	le pétrole	30
Figure II.12	Répartition des ressources énergétiques utilisées	32
Figure II.13	Consommation énergétique en Algérie dans le secteur ménager	33
Figure II.14	consommation de gaz naturel(en millions de tonnes équivalent pétrole (tep))	34
Figure II.14	consommation d'électricité (kWh par personne) en Algérie	34
Figure III.1	Système passif	38
Figure III.2	Systèmes actifs	40
Figure III.3	Différentes formes de captation des rayonnements solaires	41
Figure III.4	Capteur solaire thermique à gauche et capteur solaire photovoltaïque à droite.	42
Figure III.5	Exemple d'installation des capteurs solaires les sur une toiture terrasse	43
Figure III.6	Exemple d'installation des capteurs solaires les capteurs sur une toiture en pente	43
Figure III.7	Exemple d'installation des capteurs solaires sur la façade comme composant architectural	43
Figure III.8	Exemple d'installation des capteurs solaires sur une toiture d'un garage	43
Figure III.9	Installation solaire thermique	45
Figure III.10	Un capteur plan vitré	46
Figure III.11	Un capteur sous- vide	46
Figure III.12	Les différents composants d'un Panneaux solaires	46

	thermiques	
Figure III.13	Installation solaire thermique	47
Figure III.14	Module solaire photovoltaïque	48
Figure III.15	les différents composants d'un Panneaux solaires photovoltaïques	48
Figure III.16	Installation solaire photovoltaïque	49
Figure III.17	Module PV vu de près	49
Figure III.18	Module photovoltaïque	50
Figure III.19	Panneaux au silicium monocristallin (a gauche) et au silicium multi cristallin (a droite)	51
Figure III.20	Panneaux au silicium amorphe (à gauche) et au CIS ou au CdTe (à droite)	51
Figure III.21	Installation résidentielle - système surimposé sur la toiture	53
Figure III.22	Installation solaire Thermique collective de préchauffage de l'eau chaude sanitaire	53
Figure III.23	Installation sur le toit d'un bâtiment agricole	54
Figure III.24	Installation sur le toit d'un bâtiment industriel panneaux souples	54

Liste des abréviations

liste des abréviations

EE : l'efficacité énergétique des équipements

ER : énergies renouvelables

I : Rayonnement direct

ALB : L'albédo (Rayonnement réfléchi)

PV : Photovoltaïque.

SSC : systèmes solaires combinés.

CESI : eau chaude sanitaire.

a Si : Les panneaux au silicium amorphe

CIS : Les panneaux au cuivre indium sélénium

CdTe : Les panneaux au tellure de cadmium

KWh/an : Kilo Watt Heure Par Année

Introduction générale

*« Tout immeuble de logements, ou maison individuelle, sera
Optimisé par rapport à son environnement climatique si le maître
d'œuvre à tenu compte des vents amenant le froid et la pluie, de
L'orientation des pièces en fonction de leurs usages pour un
meilleur confort thermique» (Eric Durand, 1986)*

1. Introduction

Les besoins en énergie de toutes sortes sont en croissance partout sur la planète, Les approvisionnements énergétiques sont devenus un problème de plus en plus préoccupant et parce que les énergies fossiles connues une diminution continue, plusieurs pays ont apportés une attention particulière à cette question.

L'Algérie, en ce qui la concerne, fait face aux impacts de la forte consommation énergétique. Elle a intégré la dimension du développement durable dans ses plans de développement, y compris dans un souci de réduction de cette consommation. De même qu'elle a adopté des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique et une politique de promotion des énergies renouvelables.

Le domaine du bâtiment, très énergivore, apparaît au premier plan de cette tendance. A l'échelle planétaire, le secteur du bâtiment représente de 30 à 40 % de la consommation totale d'énergie et une forte part des impacts environnementaux ⁽¹⁾ En Algérie, les bâtiments ne font pas exception de cette règle. Le bilan énergétique national montre que le secteur du bâtiment représente une grande part dans la consommation énergétique du pays. En effet, les derniers statistiques donnent un taux supérieur à 45% par rapport à la consommation nationale et elle est en nette croissance pour plusieurs raisons ⁽²⁾ exemple : Accroissement substantiel du parc immobilier, Bas prix des énergies conventionnelles, Augmentation du nombre d'équipements électriques au seins de chaque foyer, Utilisation des équipements électriques non économiques tels que les lampes à incandescence et climatiseurs bas de gamme et moins chères, Absence de conscience et manque de culture sur la maîtrise d'énergie sans oublier le désir grandissant des habitants vers le confort.

Pour répondre à ces défis énergétiques et environnementaux, 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 la rationalisation de l'utilisation des matières premières, la réduction des émissions polluantes et des déchets et le recyclage des matériaux. Du point de vue énergétique, les mesures seront ciblées en priorité sur la baisse de la consommation d'énergie des bâtiments, l'amélioration de l'efficacité énergétique (EE) des équipements et dans le développement, même modeste, des énergies renouvelables (ER) notamment l'énergie solaire.

⁽¹⁾ RUELL François, Le standard « massive passive » en Belgique : potentialités et obstacles, Université Libre de Bruxelles 2008.

⁽²⁾ Etude documentaire – Algérie (projet), Regional Center Energy and Energy Efficiency, Avril 2010.

C'est dans cette perspective que le concept solaire est adopté. Ce concept permet de réduire la consommation énergétique de l'habitat en utilisant les techniques du solaire passif et actif. La modélisation et surtout la construction d'un bâtiment qui produirait ce n'est qu'une part de l'énergie qu'elle consomme représente le meilleur moyen de mettre en application tous les concepts à basse consommation et de production locale d'énergie.

2. Problématique

A travers les différents âges de l'humanité l'homme a toujours essayé de créer des conditions favorables pour son confort et ses activités, tout en essayant de contrôler son environnement. De la hutte primitive à la maison d'aujourd'hui, l'habitation reflète à travers son évolution les différentes solutions trouvées par l'homme pour faire face aux aléas climatiques. Il est souvent admis dans les milieux scientifiques que l'architecture vernaculaire à donner des réponses très judicieuses.

La logique du productivisme qui a dominé le 20ème siècle, se retrouve aussi dans les domaines de la construction, de l'urbanisme et de l'architecture. Ou il y a l'apport du progrès des sciences et des techniques dans l'habitat avec toutes ses conséquences. Ces techniques rationalisent la construction mais ne prennent pas en considération la qualité, la durabilité, l'adaptation de l'habitat avec son environnement, et elle considère l'occupant comme un consommateur passif.

L'Algérie connaît une crise aiguë en matière d'habitat dont le confort thermique ne semble pas être le souci majeur des concepteurs. En quatre décennies d'indépendance, le paysage urbain et architectural des habitations algériennes a connu un changement sans précédent qui caractérisé par une forte extension ou la quantité a pris le dessus sur la qualité .ce qui provoque le problème d'intégration climatique qui implique une consommation considérable d'énergie.

A cet effet l'architecture solaire insiste sur l'optimisation de la relation de l'habitation avec le climat en vue de créer des ambiances « confortable » par des moyens spécifiquement architecturaux, Le but de l'architecture solaire est d'exploiter les effets bénéfiques du soleil et de créer une construction consciente de l'énergie qui place l'occupant et son confort au centre de ses préoccupations.

L'idée fondamentale dans la conception d'un habitat urbain durable est la relation retrouvée entre l'homme habitant et le climat .elle permet de réduire les besoins énergétiques et de créer un climat de bien être à l'intérieur des logements avec des températures agréables

et une humidité et ventilation contrôlées. Les énergies renouvelables et en particulier l'énergie solaire seront prises en considération d'une façon primordiale.

Notre travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur l'amélioration de performance énergétique dans l'habitat et particulièrement à l'intérieur du logement prend en considération l'énergie solaire et l'intégration des panneaux thermiques et les photovoltaïques.

A travers cette recherche, nous allons essayer de répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les stratégies de conception à adopter, les dispositifs architecturaux à utiliser pour créer une habitation agréable et économe ?
- De quelle manière interviennent les énergies renouvelables dans l'amélioration de l'aspect énergétique dans l'habitat collectif ?
- Pourra-t-on arriver à concevoir un logement qui répond aux aspirations des usagers, et aux appels à la préservation de notre environnement en lui intégrant les systèmes solaires, et Quel sera leurs impacts sur sa lecture architecturale et son comportement énergétique ?
- Y-a-t-il un moyen efficace pour conserver une harmonie et faire en sorte que le panneau solaire devienne un élément de composition indissociable de l'ensemble ?

3. Motivation Du Choix du thème

Ce choix n'était pas arbitraire, mais voulu car d' une part, la conception solaire fondée sur le respect de l' environnement est qui est un thème d'actualité et de nécessité.

D'autre part, le soleil est l'énergie qui éclaire la plupart des intérieurs et entre le soleil et l'énergie renouvelable toute une cohésion et une piste de recherche qui nous a éclairé le chemin pour travailler sur ce thème, ce travail a été choisi aussi vue sa nouveauté, son originalité.

4. Objectifs

Aborder cette thématique comme un thème de recherche vise à atteindre certains objectifs prioritaires :

- Chercher les stratégies de conception à adopter, les dispositifs architecturaux à utiliser, Afin de réduire la consommation d'énergie dans l'habitat
- Intégration des différents éléments d'architecture solaire pour assurer un habitat agréable et économe énergétiquement tout en préservant sa lecture architecturale :
Composer avec les panneaux solaires.
- Concevoir un bâtiment qui répond aux aspirations des usagers, et aux appels à la préservation de notre environnement.

5. Méthodologie de recherche

Afin de mieux cerner notre thème de recherche qui se rapporte à l'intégration d'éléments d'architecture solaire dans l'aménagement d'un quartier d'habitat urbain,

Notre méthodologie d'approche s'appuie sur :

La première partie :

Concernant l'approche théorique, dans laquelle on a abordé la présentation du thème de recherche dont les données sont acquises à l'aide des différentes lectures relatives au thème.

La deuxième partie :

Une partie analytique dans laquelle on a fait une analyse des exemples, a travers laquelle on a tiré des recommandations, les résultats vont êtres utilisés afin de réussir notre travail futur.

6. Structure du mémoire

Notre travail est composé d'un chapitre introductif et deux parties (théorique et analytique), Enfin une conclusion générale.

-**Introduction générale** : comporte une introduction, problématique, motivation du choix du thème, les objectifs, ainsi la méthodologie de recherche.

- **Partie théorique** : consiste en la compréhension des différents concepts et notions clés liés a notre recherche, elle repartie en trois chapitres, dans le premier chapitre on a abordés des différentes informations concernant l'architecture solaire, nous nous intéressons dans le deuxième chapitre, à l'énergie avec les différents sources énergétiques et aussi la consommation énergétique au niveau mondiale et particulièrement en Algérie, quand au troisième chapitre on a abordé des informations concernant l'intégrations des panneaux solaires dans le bâtiment, leurs caractéristiques , et aussi leurs démarche d'intégration.

- **Partie analytique** :

Dans cette partie on a fais une analyse des exemples, l'évaluation des résultats puis les différentes recommandations qui nous permettrons de choisir les techniques appliqués pour le travail futur (projet).

-**Conclusion générale** : expose les conclusions tirées de ce travail, des recommandations architecturales et techniques seront établies pour augmenter les apports solaires donc en minimisant la consommation d'énergie dans les bâtiments en générale et dans l'habitat en particulier.

Partie théorique

Chapitre I
Architecture
solaire

❖ Introduction

Le soleil a été toujours une source intarissable de créativité chez l'architecte, de l'héliotropisme jusqu'au solaire passif, le soleil a toujours inspiré les architectes en quête d'idées et de formes nouvelles.

Le soleil étant la source de réapprovisionnement énergétique quotidien qui crée le vent et la pluie, son énergie constamment renouvelée peut être récoltée et consommée sans polluer l'environnement. En architecture bioclimatique, le soleil est considéré comme le matériau par excellence de toute conception pouvant offrir confort et économie pour ses utilisateurs, toujours étant, son adaptation aux besoins de l'être humain est très complexe et suscite d'innombrables paramètres d'étude, donc sa consommation doit être faite avec modération afin de palier notamment aux problèmes de sur-échauffement et d'effet de serre⁽¹⁾.

Connaissant ces phénomènes, l'étude de l'ensoleillement est primordiale lors du choix des orientations des façades captrices, la proportion des vitrages et des serres. Aussi, lorsqu'on connaît avec exactitude comment le soleil frappe une construction, il devient possible de calculer avec précision la longueur de la projection d'un brise-soleil, la profondeur d'une lame, l'inclinaison d'un capteur solaire, la position d'une cour, la longueur des ombres projetées par des bâtiments voisins ou même de savoir si le lever du soleil est affecté par des collines éloignées ou d'autres objets qui s'érigent à l'horizon. La densité du flux incident est fonction de l'orientation des différentes surfaces de l'enveloppe, de la latitude et la déclinaison du soleil.

Afin de concevoir correctement l'enveloppe d'un bâtiment, il est nécessaire de connaître à tout moment l'énergie solaire effectivement reçue par celle-ci.

I. Le soleil :

I.1. Présentation du soleil :

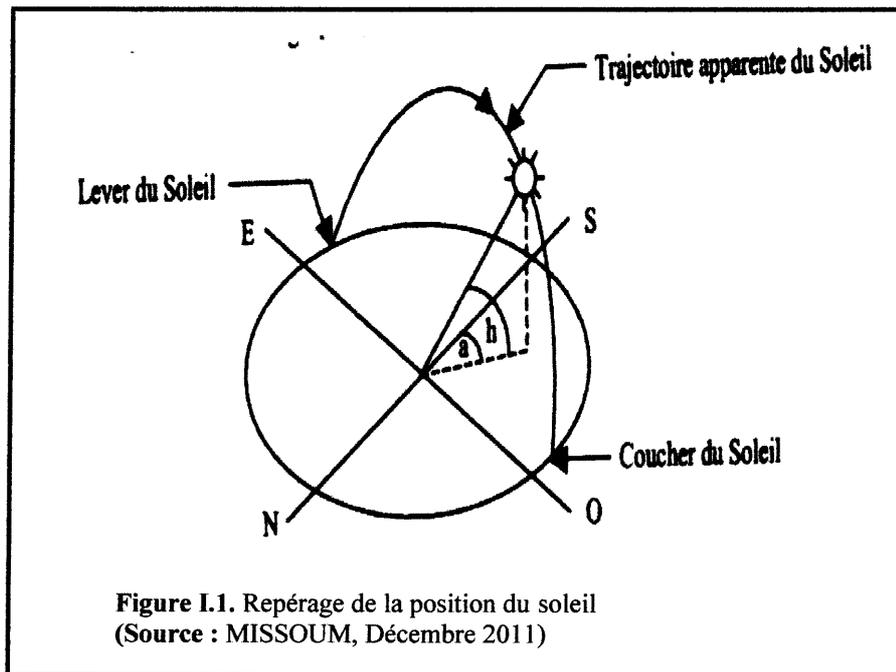
Le soleil est une étoile gazeuse de forme sphérique résultant de la condensation d'un nuage interstellaire sous l'effet de la gravité. Ce nuage est composé essentiellement d'hydrogène et d'hélium dont la température du cœur est de l'ordre de 10^7 K, les réactions de fusion nucléaire y transforment l'hydrogène en hélium en libérant 4.10^9 kg/s d'énergie de masse. Le soleil de 1 391 000 km de diamètre situé à une distance moyenne de 149 598 000 km de la Terre, cette distance varie peu au cours de l'année, car l'excentricité de l'orbite

⁽¹⁾ MAZRIA.ED effet de serre: « un phénomène qui permet de piéger la chaleur », dans :- le guide de l'énergie solaire passive- éditions parenthèses, 1981.

terrestre est peu accentuée. Néanmoins, elle conduit à des variations d'éclairement. A partir de la température de surface du soleil, la constante solaire a pu être estimée à 5760 K. ⁽¹⁾

I.2. Trajectoire apparente du soleil :

Pour un observateur situé sur la surface de la terre, le soleil décrit une trajectoire apparente qui dépend de la latitude et la longitude du lieu où il se trouve, voir figure.



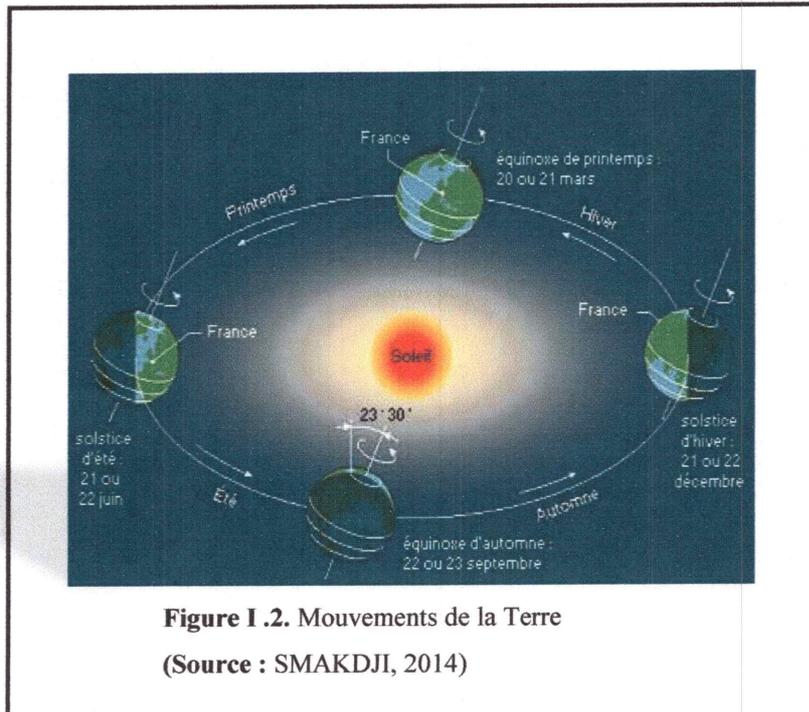
II. Mouvements de la terre :

La terre tourne autour du soleil en une année (365 jours 6 heures et 9 minutes et 4 secondes) avec une vitesse moyenne de 106.000 km/h, qui n'est pas constante car la terre va plus vite quand elle est près du Soleil, ceci étant démontré par la première loi de Kepler ⁽²⁾. L'orbite de cette révolution est une ellipse, le soleil est placé à l'un de ses deux foyers. Le plan créé par ce mouvement de révolution s'appelle le plan de l'écliptique, ce dernier provient du fait que la lune doit être dans ce plan pour qu'une éclipse se produise. Le cercle écliptique coupe le cercle équatorial en deux points γ et γ' ; le point γ , appelé point vernal, indique la direction dans laquelle un observateur terrestre verra le Soleil le jour de l'équinoxe de printemps. L'axe des pôles terrestres fait avec l'axe des pôles écliptiques un angle « δ » dont la valeur est égale à $23^\circ 27'$, et reste parallèle à lui-même quelle que soit la position de la Terre

⁽¹⁾ M. P. Thekaekara. APPLIED OPTICS 15 (4) (1976) 915-920.

⁽²⁾ http://www.juggling.ch/gisin/physique/KeplerLois/Ellipse_proprietes.pdf

par rapport au Soleil. C'est ce qu'on appelle l'obliquité de la terre. L'ensemble des constellations traversées par le soleil au cours de l'année s'appelle le **Zodiaque** (Figure I.2).



III. Potentiel de l'énergie solaire :

L'énergie solaire est l'énergie dégagée par le soleil grâce à son rayonnement, et directement à travers l'atmosphère. La terre reçoit chaque année $1070000 \cdot 10^{15}$ Wh d'énergie solaire, c'est une quantité considérable, soit 8.000 fois la consommation énergétique mondiale. Pour couvrir les besoins énergétiques de la planète, exploiter seulement 0,01% de cette énergie suffirait. Sa production intermittente, en fonction de l'ensoleillement (nuage, nuit, saison), et la difficulté de son stockage, représente l'un des freins au développement de l'exploitation de cette source renouvelable, non polluante et abondante. L'énergie solaire, est en fait la somme de rayonnements électromagnétiques qu'envoie le soleil, particulièrement la partie de ce rayonnement qui impacte la terre. Ce rayonnement est une source de lumière, de chaleur, de vie, etc.

IV. Historique de l'énergie solaire

L'énergie solaire est à l'origine de la vie sur terre: les premiers organismes photosynthétiques l'utilisaient déjà il y a 3,6 milliards d'années pour produire leur matière organique. Donc le principe de l'énergie solaire ne date pas d'aujourd'hui, au contraire les principes de base ont été posés il y a bien longtemps mais les majeures améliorations datent belle et bien depuis nos jours.

IV.1. Dès l'Antiquité

Dans l'antiquité (époque de la découverte), les Grecs et les Romains savaient utiliser l'énergie solaire pour allumer la flamme des jeux olympiques, ils utilisaient une sorte de miroir parabolique primitif.

Socrate (470 à -399) le philosophe grec, a enseigné l'architecture bioclimatique en expliquant que les maisons orientées au sud bénéficiaient de la chaleur du Soleil en hiver.

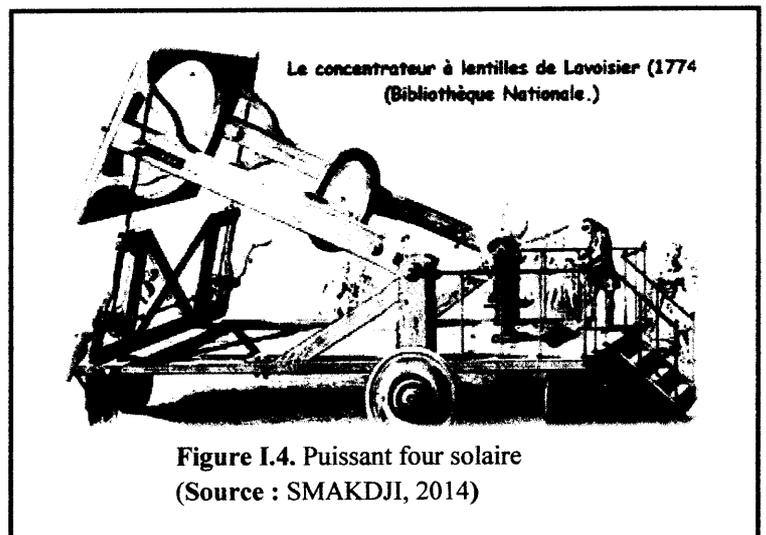
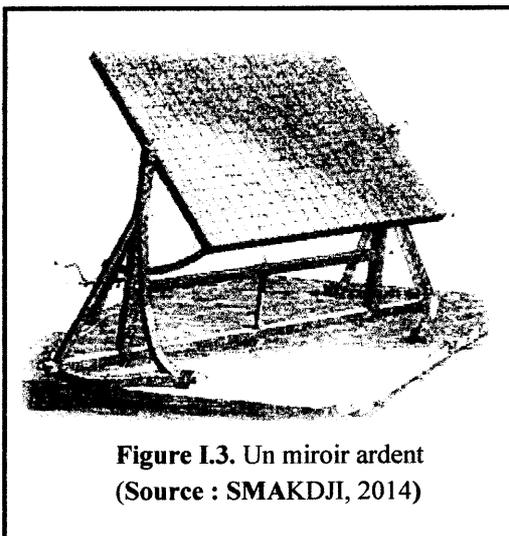
Archimède (-287 à -212) a réussi à enflammer des bateaux de la flotte romaine qui assiégeait Syracuse en -212, grâce à de nombreux miroirs géants en bronze polis, tous orientés sur le même point du navire.

IV.2. Au 18^{ème} siècle

C'est le siècle des lumières (époque de la redécouverte et de l'expérimentation), donne l'intérêt pour le soleil par les premières études et expériences sur son énergie.

Buffon, le botaniste, qui a, en 1747, mis au point une machine capable d'enflammer des planches en bois à 48 mètres. Cet engin est composé de 168 petits miroirs plans de 16 centimètres de largeur sur 22 cm de hauteur qui réfléchissent les rayons du soleil en un point unique permettant une élévation de la température (Figure I.3).

Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), le célèbre chimiste français invente en 1774 un très puissant four solaire composé de deux lentilles convergentes montées comme un télescope et dont les foyers sont alignés sur une droite parallèle aux rayons du soleil, et qui lui permettent d'obtenir une température d'environ 1755°C (Figure I.4).



IV.3. Au 19^{ème} siècle

Le 19^{ème} siècle (époque de redécouverte et de l'expérimentation), est marqué par la découverte de l'effet photovoltaïque et le perfectionnement des techniques d'exploitation du

solaire thermique.

Antoine Becquerel (1788-1878), le physicien français, découvre En 1839, par hasard, l'effet photovoltaïque. Une nouvelle voie de l'exploitation de l'énergie solaire s'ouvre alors.

Charles Wilson, l'ingénieur suédois, a construit, en 1872, un distillateur solaire au Chili dans le but d'alimenter en eau douce une mine. Sur une surface de 4700 m², ce distillateur produisit pendant 40 ans 23.000 litres d'eau par jour à un prix minime.

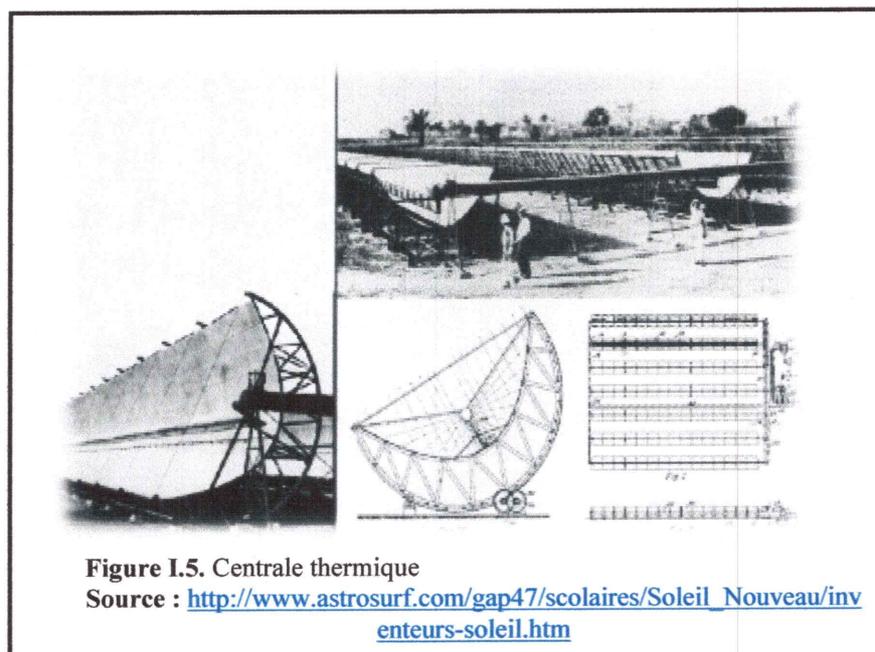
Albert Einstein, le physicien théoricien allemand explique cet effet en 1900.

Robert Andrew Millikan, un physicien américain a confirmé, en 1910, les prédictions d'Einstein.

IV.4 .A partir du 20^{ème} siècle

Dès 1970, le solaire connaît un vif regain d'intérêt. Les premières centrales solaires sont construites, et les premières applications individuelles apparaissent.

Charles Vernon Boys (1855; 1944). Le physicien anglais est l'inventeur du capteur cylindro-parabolique. Son invention sert pour la première fois en Egypte, où on construit en 1912 une centrale thermique composée de 5 réflecteurs de 60 mètres de long permettant d'irriguer une grande surface de cultures (Figure I.5).



A partir de 1920, des particuliers, aux Etats-Unis, installent chez eux des chauffe-eau solaires, et également des « Crystal House », chauffées uniquement grâce à l'apport énergétique du soleil, sont construites.

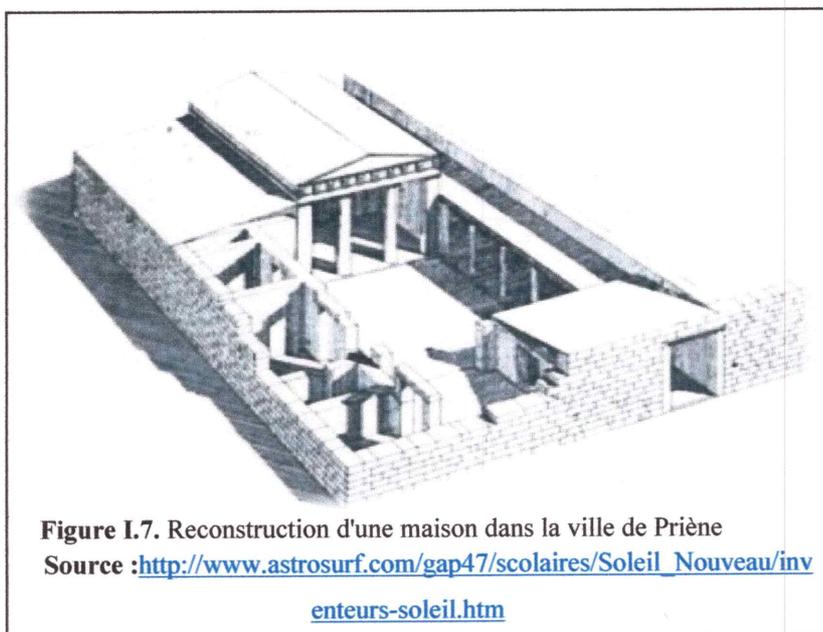
Félix Trombe (1906 à 1985), le physicien français est l'un des pionniers de l'énergie solaire en France. Il a dirigé, en 1949, à la création à Mont-Louis (Pyénées Orientales) d'un

prototype de four solaire d'une puissance de 50kW, puis un grand four de 1.000 kW d'Odeillo à Font-Romeu (Figures I.6)



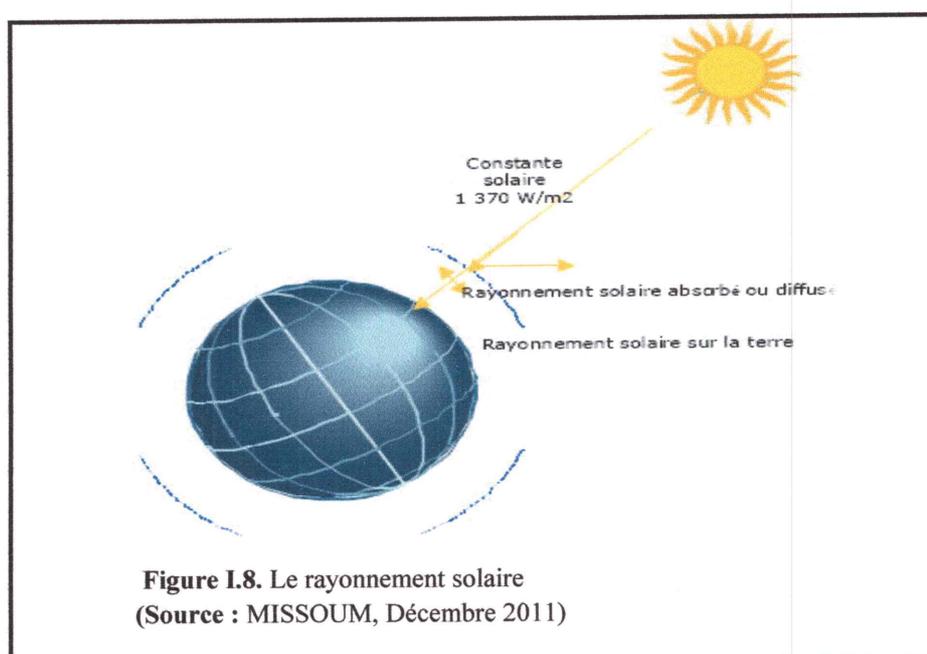
En 1973, la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware. Au cours des années 80, de nombreux produits de faible puissance fonctionnant grâce à l'énergie solaire, tels que : montres, calculatrices, balises radio et météorologiques, pompes et réfrigérateurs solaires (Figure I.7).

En 1983, la première voiture, alimentée par énergie photovoltaïque est née en Australie, elle parcourt une distance de 4.000 km.



V. Le rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le soleil. Il est composé de toute la gamme de rayonnements, de l'ultraviolet lointain comme les rayons gamma aux ondes radio en passant par la lumière visible. Le rayonnement solaire contient aussi des rayons cosmiques de particules animées d'une vitesse et d'une énergie extrêmement élevées. En effet, une partie du rayonnement solaire est réfléchiée par l'atmosphère, une autre partie y est diffusée et le reste atteindra la surface de la terre, formant le rayonnement global qui est le rayonnement solaire restant à disposition à la surface de la terre. Il comprend deux composantes : une composante directe et une composante diffuse⁽¹⁾.



- **Rayonnement direct :**

C'est la fraction du rayonnement solaire qui arrive directement au sol, dont le trajet est « Linéaire » (il y a, en fait, de légères déviations) et unique à un instant donné.

Si I est le rayonnement direct, Dans le cas d'un plan horizontal le rayonnement s'écrit :

$$I = h \times \sin (1 \times 10)$$

Avec : h hauteur du soleil.

- **Rayonnement diffus :**

Le rayonnement diffus est le rayonnement provenant de toute la voûte céleste. Ce rayonnement est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages. Ainsi, par ciel serein, il constitue 20% de

⁽¹⁾ http://www.solimp-be.net/solimp_tech.htm

L'énergie globale. Par ciel couvert, il correspond à la totalité de l'énergie reçue au sol.

- **Rayonnement réfléchi (L'albédo) :**

Le rayonnement solaire réfléchi est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Ce rayonnement dépend de l'albédo du sol et il peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige).

$$l'albédo ALB = \frac{\text{énergie réfléchie}}{\text{énergie reçue}}$$

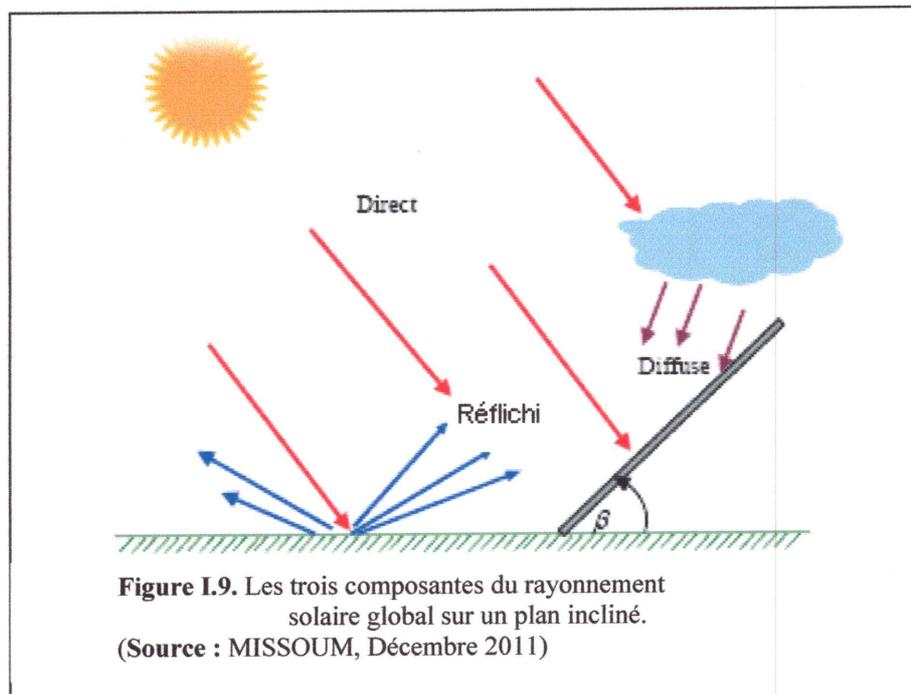
- **Rayonnement global :**

- ✓ Une surface horizontale

C'est l'ensemble du rayonnement d'origine solaire qui parvient sur une surface horizontale sur le globe terrestre. Il comprend donc la composante verticale du rayonnement solaire direct et rayonnement solaire diffus.

- ✓ Une surface inclinée

Rayonnement global sur une surface inclinée est la somme des rayonnements: Direct, Diffus et Réfléchi.



V.1. Le rayonnement solaire jusqu'au bâtiment

Le rayonnement solaire parvient à la Terre sous forme directe, diffuse et réfléchi, en fonction notamment de la couverture nuageuse, de la pollution de l'air, de la région géographique et de la période de l'année (Robertson et Athienitis, 2010). Il est également disponible sous différents types de ciel, partiellement couvert, partiellement dégagé et dégagé.

Selon le type de ciel, le rayonnement solaire peut servir pour :

- 1- Eclairer naturellement.
- 2- Produire de la chaleur utile.
- 3- Produire l'électricité d'un bâtiment.

V.2. Importance et effet du rayonnement solaire en architecture

Les rapports entre l'architecture et le soleil sont quasiment passionnels. Le soleil occupe par ses connotations culturelles et psychologiques une place très importante. *« Il y a dans l'inconscient de tout architecte, mais aussi de tout consommateur d'architecture, un esthétisme du soleil et de sa lumière »*⁽¹⁾.

La course du soleil dans le ciel est l'une des connaissances de base de l'architecte. Il doit savoir le repérer ou implanter un bâtiment en fonction à cette course, et par conséquent jouer avec l'ombre et la lumière à l'intérieur et à l'extérieur des espaces aménagés.

La dimension énergétique du soleil qui est souvent à l'origine des solutions architecturales originales. Le soleil doit être connu par l'architecte pour les questions élémentaires d'énergie, le potentiel solaire d'un site fait implicitement partie des connaissances à assimiler dans toute étude thermique. Il est donc nécessaire de renforcer nos connaissances sur les effets thermiques du soleil et de mettre en évidence son rapport avec le bâti. *« Si l'on rappelle enfin la fonction hygiéniste de notre étoile, on voit qu'elle pèse beaucoup sur les processus de conception quelles que soient les parties prises »*⁽²⁾.

⁽¹⁾ F.Bouvier –soleil et architecture ---in technique de l'ingénieur C6 p.2 (c3310)

⁽²⁾ Charte d'Athènes : le point N° 10

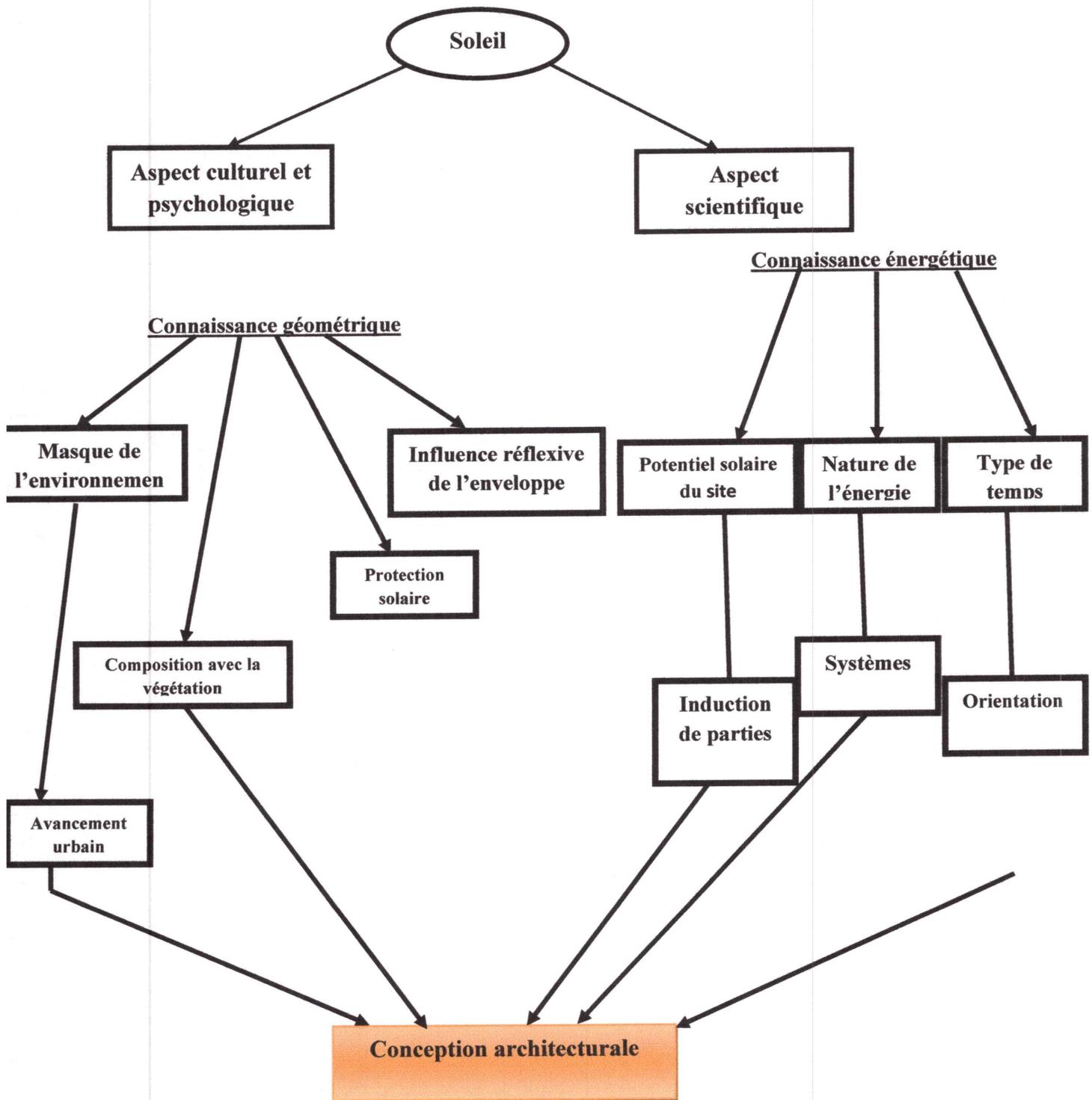


Figure I.10. Orientation des contenus de l'analyse climatique « Dans le cas de la composante soleil »

Source : Bellara, 2004 /2005

V.3 .Mesures du rayonnement solaire :

Les appareils utilisés, appelés autres fois « **actinomètres** », actuellement « **radiomètres** », ceux qui mesurent directement la chaleur reçue sur une surface donnée sont des « **calorimètres** ».

« **Pyrhéliomètre** » celui qui mesure le rayonnement solaire direct associé avec un enregistreur ou un intégrateur ou les deux.

Le rayonnement global est mesuré par un radiomètre à surface réceptrice horizontale qu'on appelle « **pyranomètre** », il existe aussi des pyranomètres qui mesurent le seul rayonnement diffus.

Pour déterminer les durées d'ensoleillement, on utilise l'effet thermique ou bien l'effet actinique du rayonnement, en enregistrant les traces laissées sur un papier par les rayons solaires focalisées. Les appareils sont alors appelés « **héliographes** ».

VI. Les problèmes généraux de l'utilisation de l'énergie solaire

VI.1. Caractères particuliers de l'énergie solaire

La terre reçoit du soleil en permanence environ $1,8 \times 10^{11}$ mégawatts d'énergie comme source « inépuisable » qui pourrait couvrir très largement tous les besoins énergétiques de l'humanité, si on peut convertir en très grandes quantités cette énergie solaire en énergie mécanique ou électrique directement utilisable.

Pourquoi cette énergie a-t-elle été et reste négligeable jusqu'à nos jours ?

Cela tient peut être à ses caractères particuliers :

- ✚ Sa distribution est irrégulière et intermittente, on peut dire que l'énergie solaire est une énergie sauvage, car il faut la convertir en énergie utilisable et la régulariser.
- ✚ L'énergie solaire n'est pas concentrée naturellement, sa faible densité superficielle à la surface du sol ou des eaux fait dire qu'il s'agit d'une énergie dispersée.
- ✚ L'énergie reçue par une surface donnée n'est pas récupérable en totalité, car il y a toujours des pertes par conduction ainsi que par convection dans l'air, ou par rayonnement.
- ✚ Avec la disponibilité d'énergie des sources fossiles, le coût de la calorie ou du kilowattheure obtenu à partir d'énergie solaire était rarement compétitif, bien que l'énergie solaire incidente fût gratuite, car le prix de revient dépend de l'amortissement des appareils et de leur entretien.

VI.2. L'énergie solaire est-elle ou non polluante ?

Les uns admiraient l'énergie solaire le fait qu'elle n'est pas polluante, les autres font observer qu'il est inexacte que cette énergie soit libre de toute pollution car, disent-ils, si l'on

capte l'énergie solaire sur une grande étendue pour faire fonctionner une « unité électro-solaire » convertissant une partie de l'énergie incidente en énergie électrique, on altérera l'albédo (la fraction d'énergie incidente renvoyée vers l'atmosphère par réflexion et diffusion par le sol, ou plus exactement on le réduira. Ont-ils raison ?

Il est exact que le rayonnement solaire parvenant à la surface du globe n'est pas polluant, mais, on admettant l'expression de « pollution thermique » de diverses natures des eaux, certains auteurs se demandent s'ils ne font pas craindre des effets thermiques en installant des « centrales solaires » de très grandes superficies.

-M. Peychès, membre de l'académie des sciences, a pertinemment fait remarquer : « *le rayonnement solaire sur un désert se partage en 40 réfléchi (albédo) et 60 absorbé par la basse atmosphère et le sol pour être finalement utilisé par l'environnement. La présence d'une surface absorbante réduit la partie réfléchie à 20 et, si les 80 absorbés sont transformés dans une usine nécessairement voisine avec un rendement d'un quart, 60 se trouvent restitués à l'environnement et 20 utilisés. L'énergie utile est uniquement prélevée sur la partie Réfléchie* »⁽¹⁾

Donc la captation de l'énergie solaire parvenant sur une certaine étendue réduit son albédo et que l'énergie utile est soustraite purement et simplement à l'albédo.

Si l'on vient à construire des « centrales solaires » convertissant en électricité une partie de l'énergie solaire parvenant sur de vastes espaces, la réduction d'albédo aboutira à un transfert important de chaleur de certains secteurs du globe à d'autres secteurs, et l'on peut alors se demander s'il n'y aura pas de conséquences climatologiques, éventuellement néfastes.

⁽¹⁾ L'énergie en l'an 2000, par R. GIBRAT - communication à l'académie des sciences morales et politiques, 12 mars 1974 (Sciences et Techniques, n°-14 nouvelle série, Paris, 15 mai 1974 p. 7-15).

❖ Conclusion :

L'énergie solaire est propre, renouvelable et inépuisable à la différence du gaz, du pétrole et du charbon, qui sont pourtant encore plus utilisés que le solaire. Elle est soutenable, aidant à protéger notre environnement, elle ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne produit pas de déchets toxiques. Elle reste une source d'énergie encore peu développée et relativement chère, Elle ne pourra pas remplacer, à elle seule, les énergies fossiles, mais elle permet, néanmoins, de réaliser d'importantes économies d'énergie. Aujourd'hui, l'énergie solaire est encouragée car les pouvoirs publics soutiennent les initiatives vers les énergies renouvelables.



Chapitre II

Consommation

énergétique

❖ Introduction

L'énergie depuis le commencement des âges a été le moteur de l'activité humaine, et c'est un élément qui intervient dans tous les actes quotidiens de l'homme.

Cependant le chauffage, la climatisation, l'éclairage, le transport...etc. représentent les différentes manières du besoin en énergie.

L'augmentation illimitée de l'offre d'énergie relativement à la demande, ainsi que les faibles coûts ont entraîné des gaspillages énormes et une consommation très importante de ces sources ; aussi bien dans le domaine industriel que dans le domaine domestique.

Le besoin brut du bâtiment est la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir, pendant une période de temps donnée, un climat intérieur convenable et satisfaire les prestations du bâtiment (eau chaude, cuisson, éclairage, chauffage, climatisation...). Se caractérise par les différentes formes, c'est pourquoi elle est appelée « protéiforme ». ⁽¹⁾

Parmi les sources d'énergie qu'utilise l'homme : le pétrole connu depuis l'aube de l'humanité tient une place particulière, à côté du charbon, et du gaz naturel.....

Les sources alternatives renouvelables d'énergie ont bercé l'enfance de la civilisation humaine ; le soleil, le vent, l'eau ont donné à l'homme la possibilité de nouvelle conquête à savoir un meilleur confort. Par conséquent, le maintien d'un confort thermique agréable semble s'opposer aux recherches d'économie d'énergie. D'où, on ne pourra répondre à cette apparente contradiction que par une conception "globaliste" du bâtiment. Pour se faire, il faut posséder de bonnes notions sur les paramètres climatiques, l'inertie thermique des bâtiments et leur localisation.

I. Définition de l'énergie

Le mot énergie est d'origine latine, « energia » qui veut dire « puissance physique qui permet d'agir et de réagir ». ⁽²⁾

L'énergie est capable de produire soit du travail, soit de la chaleur, soit tous les deux. Parce que le travail et la chaleur sont fondamentaux pour notre vie.

La définition de l'énergie est vague, à une acceptation large suivant les différents domaines où on se trouve :

- Par rapports aux physiciens et naturalistes ; l'énergie est la puissance matérielle du travail. ⁽³⁾
- Par rapports aux économistes ; C'est la quantité de l'énergie mécanique commercialisée.

⁽¹⁾-Encyclopédie De L'électricité : puissance, information, électronique, Larousse, 1969, p.7.

⁽²⁾-Grand Larousse De La Langue française, librairie Larousse, tome2 paris, 1972, p.1613.

⁽³⁾- Donald.W.Curran, la nouvelle donnée énergétique, Masson, collection géographie 1981, p.17

C'est-à-dire l'ensemble des sources et des formes d'énergie susceptibles d'utilisation massive, aussi bien pour produire de la chaleur que pour actionner des machines. ⁽⁴⁾

Dans tous les cas elle contribue au bien être de l'individu c'est pourquoi elle est considérée comme un bien social elle est :

- Limitée : au sens où il ne s'agit que d'un bien de consommation pour les ménages.
- Et considérable : Car sans énergie tout s'arrête. Ce qui explique l'importance qu'on y attache. ⁽⁵⁾

Vu qu'elle est indispensable au confort, L'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux axes principaux :

- Le coût énergétique « initial » de la construction à partir du coût énergétique des matériaux et de la construction.
- Le coût énergétique « vécu » de la consommation du au chauffage, climatisation, éclairage et alimentation.

Ceci est démontré dans le schéma ci-dessous:

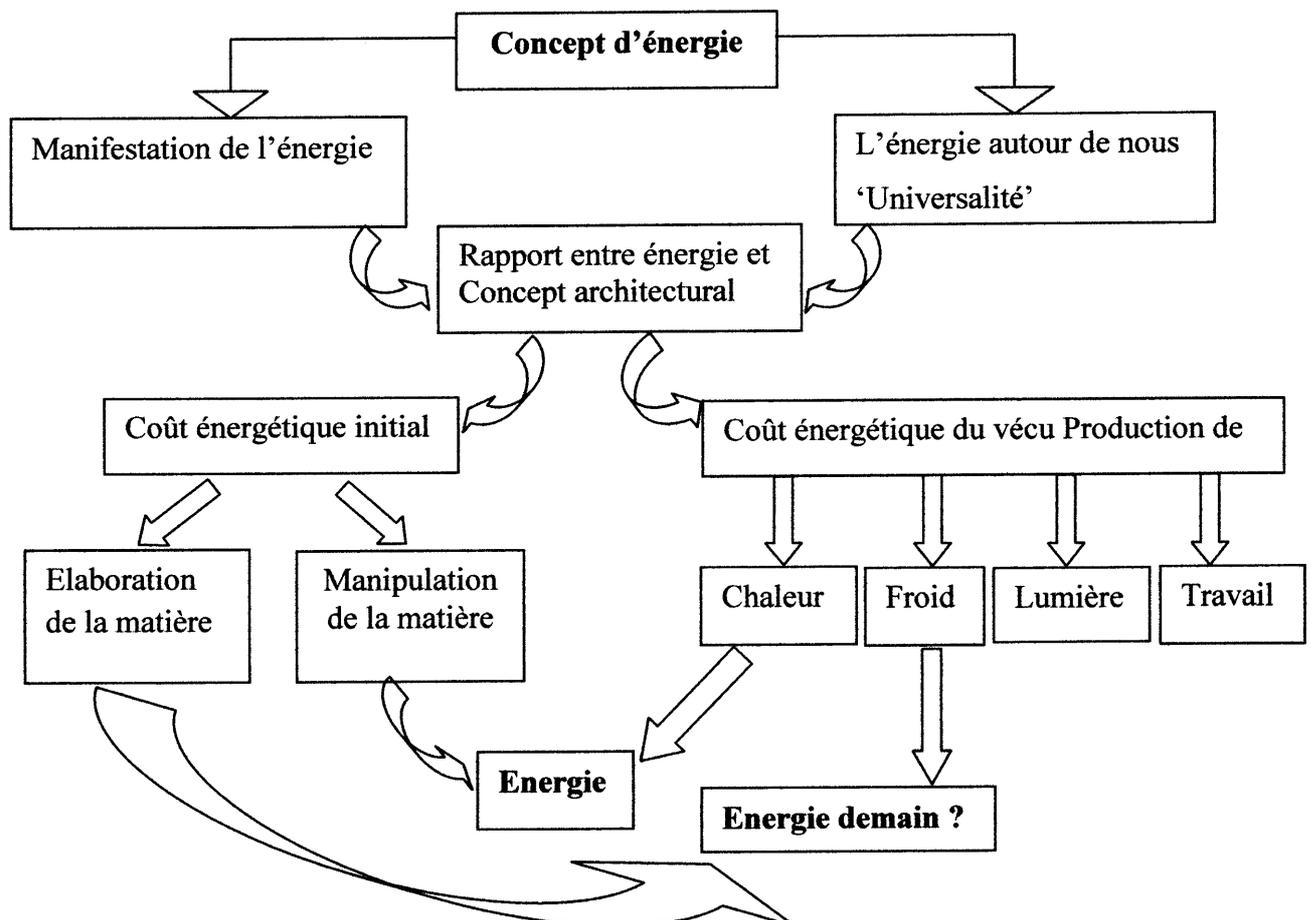


Figure. II.1.Organisation des contenus sur le thème de l'énergie.
(Source : DEPECKER.P, 1985)

⁽⁴⁾- DONALD. W. CURRAN, La Nouvelle Donnée Energétique, Masson, collection géographique 1981.p.17

⁽⁵⁾- LOUAFI CHAHRAZED –L'énergie Electrique En Algérie – Université de Constantine 1998. p.191.

II. Le système énergétique

Chaque activité humaine sur la terre dépend de l'existence d'énergies disponibles en abondance, elles se partagent en énergies renouvelables (ER) dites énergies flux, et en énergies non renouvelables, dites énergies fossiles ou « stock ».

La première catégorie englobe toutes les énergies inépuisables qui sont largement disponibles à la surface de la terre, et pour bien tirer profit il faut obtenir des installations à faible et moyenne puissance. Les énergies non renouvelables sont des sous-produits fossiles végétaux ou animaux de l'énergie solaire (charbon, gaz, pétrole . . .) ou des gisements naturels (uranium), ils sont disponibles en quantités limitées, mais les exploiter il nous faut des installations à haute puissance (centrale thermique ou nucléaire).

L'exploitation des énergies fossiles a poussé le développement économique occidental, le bois a la place du charbon, puis le pétrole, et suite à la crise du pétrole le nucléaire a pris de l'importance. En conséquence l'épuisement ou la raréfaction des réserves d'énergies se font distingués, ainsi que la pollution produite par leur combustion ou le stockage des déchets radioactifs.

Donc les réserves en énergies ne persisteront que quelques décennies face à l'exploitation actuelle, 230 ans pour le charbon, 70 ans pour le gaz, 50 ans pour l'uranium, et 40 ans pour le pétrole.

II.1. Les sources d'énergie

Les applications indirectes de l'énergie solaire commencent avec la découverte du feu. En brûlant du bois, l'homme libère à son profit une énergie d'origine solaire accumulée pendant la croissance de l'arbre. Le bois de feu, utilisé pour la cuisson ou pour le chauffage, reste la forme prédominante d'utilisation de l'énergie solaire dans le monde moderne. Avec un peu plus de 10% du bilan énergétique de la planète, il arrive en tête des énergies renouvelable, devant l'hydraulique (5 %).

Certains auteurs font remarquer que les combustibles fossiles, charbon, pétrole, gaz naturel, ont une lointaine origine solaire, dans la mesure où les biomasses (matières végétales ou animales) dont ils sont issus ont utilisé l'énergie solaire pour leur croissance.

II.1.1. Les énergies renouvelables

« L'essentiel de l'activité climatique extérieure est directement ou indirectement liée aux rayons solaires : en effet toutes les énergies disponibles proviennent directement ou indirectement du soleil ». ⁽⁶⁾

⁽⁶⁾ Site Internet [en ligne] <http://www.domus-construction.fr/>. Page consulter le 17-Mars

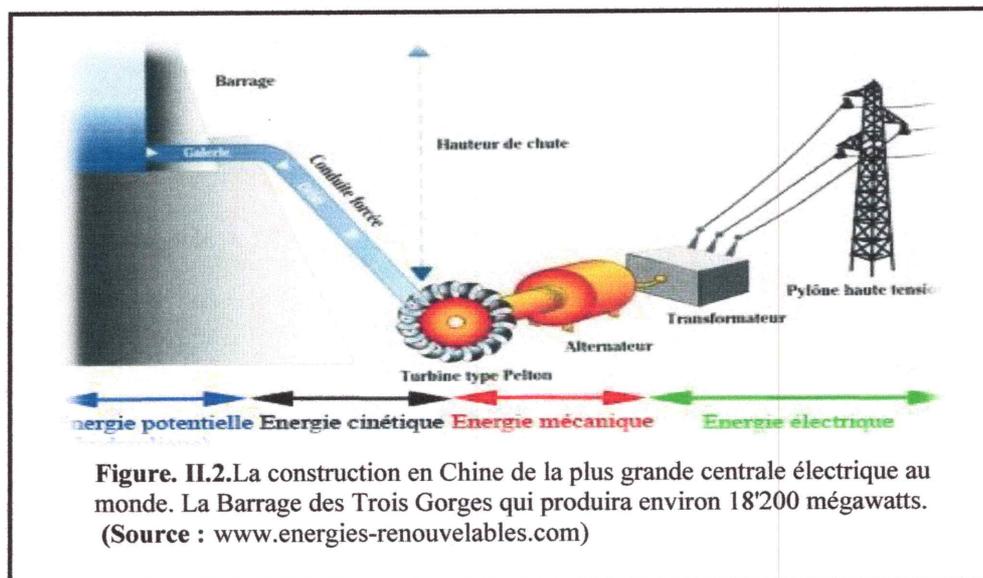
Les énergies renouvelables englobent toutes les énergies inépuisables qui depuis toujours nous viennent du soleil, directement sous forme de lumière et de chaleur, ou indirectement par les cycles atmosphériques et la photosynthèse. Le soleil dispense un rayonnement électromagnétique qui constitue notre source lumineuse et thermique.

Les énergies renouvelables sont largement disponibles à la surface de la terre, et leur emploi permet actuellement d'obtenir des installations à faible et moyenne puissance, appropriée à l'échelle domestique. De nos jours, les énergies renouvelables sont exploitées :

II.1.1.1.L'énergie hydraulique

Représente environ 19% de l'électricité produite dans le monde, et 13% en France. On observe une légère augmentation entre 2009 et 2010, elle est passée de 17% à 19%. C'est une énergie dite propre qui est l'une des sources d'énergie les plus utilisées dans le monde, bien que tout son potentiel énergétique ne soit pas encore exploité.

L'énergie hydraulique est exploitée grâce à des barrages ou bien par le bief de dynamos (d'immenses réservoirs alimentant l'électricité des villes pratiquement sans polluer.)



II.1.1.2.L'énergie solaire

Ce terme désigne l'énergie fournie par les rayons du soleil.

Le soleil est la source d'énergie la plus puissante et cette énergie est gratuite, il n'y a qu'à l'exploiter.

Les technologies sont réparties entre actives et passives :

- **Les technologies actives** : transforment l'énergie solaire en une forme électrique ou thermique que nous pouvons utiliser directement :

C'est le cas des cellules photovoltaïques qui transforment la lumière du soleil directement en énergie électrique.

Des collecteurs solaires qui permettent de chauffer l'eau des maisons, du chauffage et du refroidissement solaire



Figure. II.3. Des cellules photovoltaïques
(Source : HETZEL.2003)

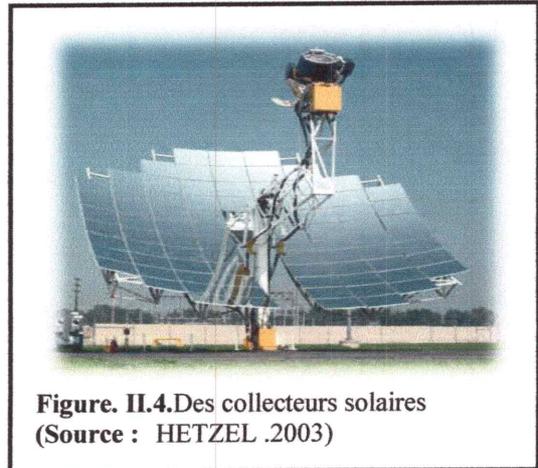


Figure. II.4. Des collecteurs solaires
(Source : HETZEL .2003)

- **Les technologies passives** : consistent à bien orienter les bâtiments par rapport au soleil ou à utiliser des matériaux spéciaux et des modèles architecturaux qui permettent d'exploiter l'énergie solaire.

II.1.1.3.Énergie de la biomasse

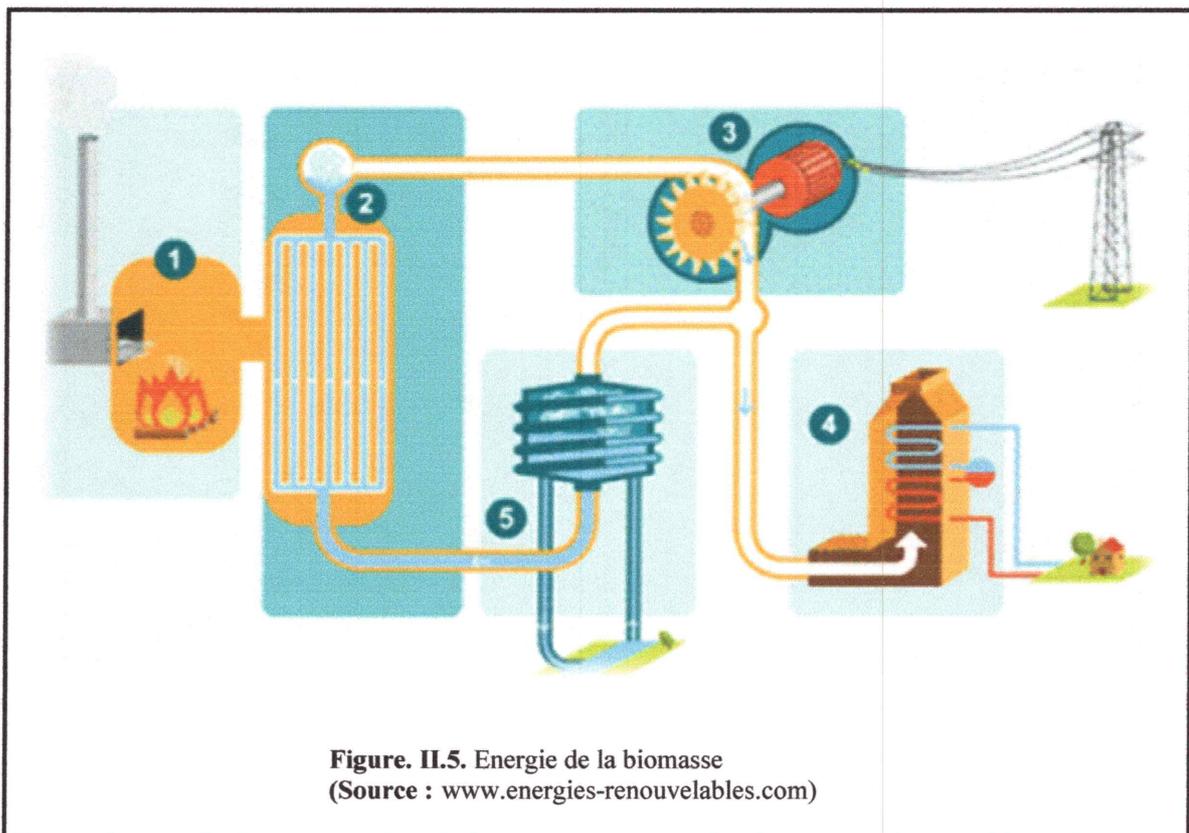
Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie.

Il existe trois familles pour la biomasse :

- **La biomasse lignocellulosique**, (ou lignine) comprenant principalement le bois, les résidus verts, ainsi que la paille. Leur utilisation est faite à partir d'une combustion, ou conversions thermochimiques.
- **La biomasse à glucide**, utilisant la canne à sucre, les céréales et les betteraves sucrières. On favorise ces constituants par une méthanisation (C'est un processus naturel biologique de dégradation de la matière organique en l'absence d'oxygène), ou encore par distillation, conversions biologiques.
- **La biomasse oléagineuse**, qui est riche en lipide. Ses composants sont le colza, ainsi que le palmier à huile. Cette catégorie de biomasse est appelée "Biocarburants". Ces carburants sont récoltés suite à de nouvelles transformations chimiques, et en ressort sous deux formes : Les esters d'huile végétale, et sous la forme de l'éthanol.

C'est matériaux sont employer en tant que combustibles dans la production de la chaleur, de carburants ou même d'électricité. En écologie, on dit souvent que la biomasse est la masse totale (en quantité de matières) de toutes les espèces vivant dans un milieu naturel donné.

Les principaux utilisateurs de cette énergie biomasse, sont les Etats-Unis, avec 30,7% de production à l'échelle mondiale, juste devant l'Allemagne.



1. La combustion

La biomasse brûle dans une chambre de combustion en dégageant de la chaleur.

2. La production de vapeur

La chaleur transforme l'eau de la chaudière en vapeur

3. La production d'électricité

La vapeur fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur. L'alternateur produit de l'électricité transportée dans les lignes.

4. La production de chauffage

A la sortie de la turbine, une partie de la vapeur est utilisée pour le chauffage grâce à un cogénérateur.

5. Le recyclage

II.1.1.4.L'énergie géothermique

L'énergie géothermique désigne l'énergie créée et emmagasinée dans la terre sous forme thermique. Elle est parfois libérée à la surface par des volcans ou des geysers, mais elle

peut aussi être accessible à tout moment, comme dans les sources d'eau chaude. La géothermie peut servir à produire de l'électricité ou à chauffer et refroidir.

L'énergie est extraite de réservoirs souterrains enfouis très profondément et accessibles grâce au forage, ou de réservoirs plus proches.

On caractérise 3 types d'énergie :

1. La géothermie à haute énergie : la température élevée du gisement (entre 80°C et 300°C) permettant la production d'électricité.
2. La géothermie à basse énergie : La température de l'eau entre 30°C et 100°C. Cette technologie est utilisée principalement pour le chauffage urbain collectif par réseau de chaleur.
3. La géothermie à très basse énergie : La température est comprise entre 10°C et 30°C. Cette technologie est appliquée au chauffage et la climatisation avec la pompe à 0 chaleur géothermique.

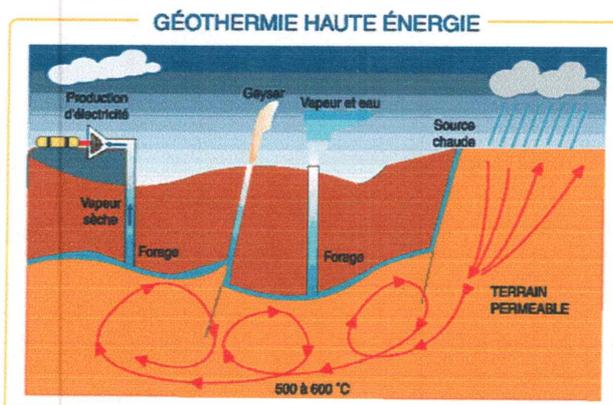


Figure. II.6. La géothermie à haute énergie
(Source : HETZEL.2003)

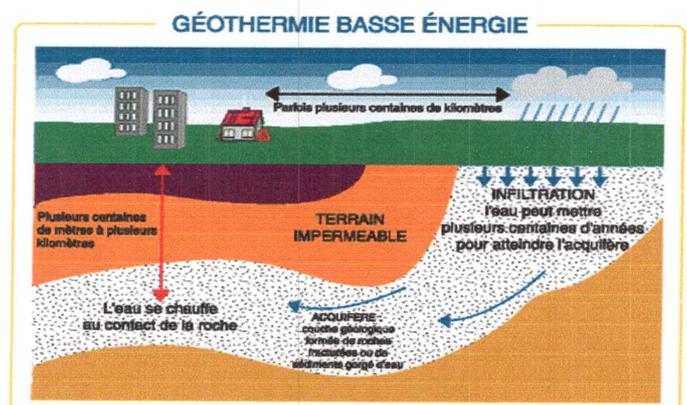


Figure. II.7. La géothermie à basse énergie
(Source : HETZEL.2003)

C'est une application suivant la profondeur, à chaque fois que l'on descend de 100m sous terre, on gagne 2 à 3° C en moyenne

II.1.1.4.L'énergie éolienne

La force éolienne est connue et exploitée depuis des milliers d'années au travers des moulins à vent et de la navigation, par exemple. Aujourd'hui, nous pouvons exploiter cette énergie à l'aide d'hélices spéciales qui emmagasinent le vent et de machines qui le transforment en énergie électrique.

Les éoliennes sont installées sur terre et en mer dans des endroits où le vent atteint une vitesse élevée et constante.

Les éoliennes sont une forme très ancienne d'exploitation du vent. une importante évolution 1970-2000.

2 types d'éoliennes selon son axe :

- Les turbines à axe horizontal



Figure. II.8. Les turbines à axe vertical
(Source : [www. Énergie éolienne.com](http://www.Énergie éolienne.com))

- Les turbines à axe vertical



Figure. II.9. Les turbines à axe horizontal
(Source : [www. Énergie éolienne.com](http://www.Énergie éolienne.com))

Elle peut être utilisée de deux manières :

- Conservation de l'énergie mécanique : navire à voile pour pomper l'eau pour faire tourner la meule d'un moulin.
- Transformation en énergie électrique : l'éolienne ou aérogénérateur directement relié au réseau ou de manière indépendante

II.1.1.4.L'énergie hydrolienne

Fonctionne de la même façon que les éoliennes sauf que ce sont les courants maritime qui entraînent les turbines et non pas le vent. Ce même système est aussi utilisé avec les marées. Cependant, cette énergie n'est pas toujours pas utilisée, elle reste encore "inconnue" en France. Seul un plan d'installation pour celle-ci a été proposé en 2009 pour la France. Sa capacité énergétique reste également inconnue, mais la France espère pouvoir installer d'ici 2020 au moins 6000 MW d'énergie. L'énergie hydrolienne, est aussi appelée "énergie bleue". En théorie, cette énergie pourrait fournir 30 000 GTep grâce au rayonnement solaire en surface.

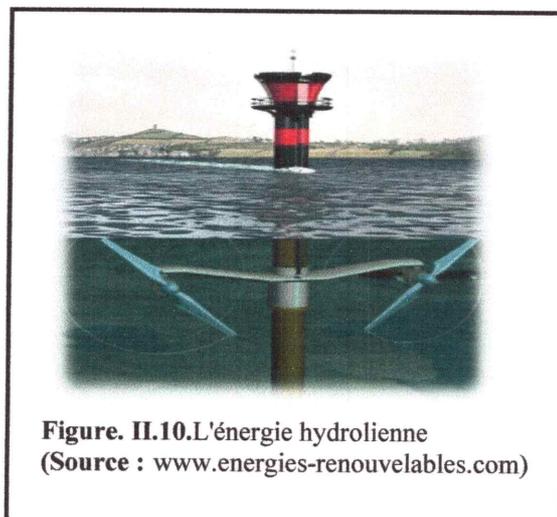


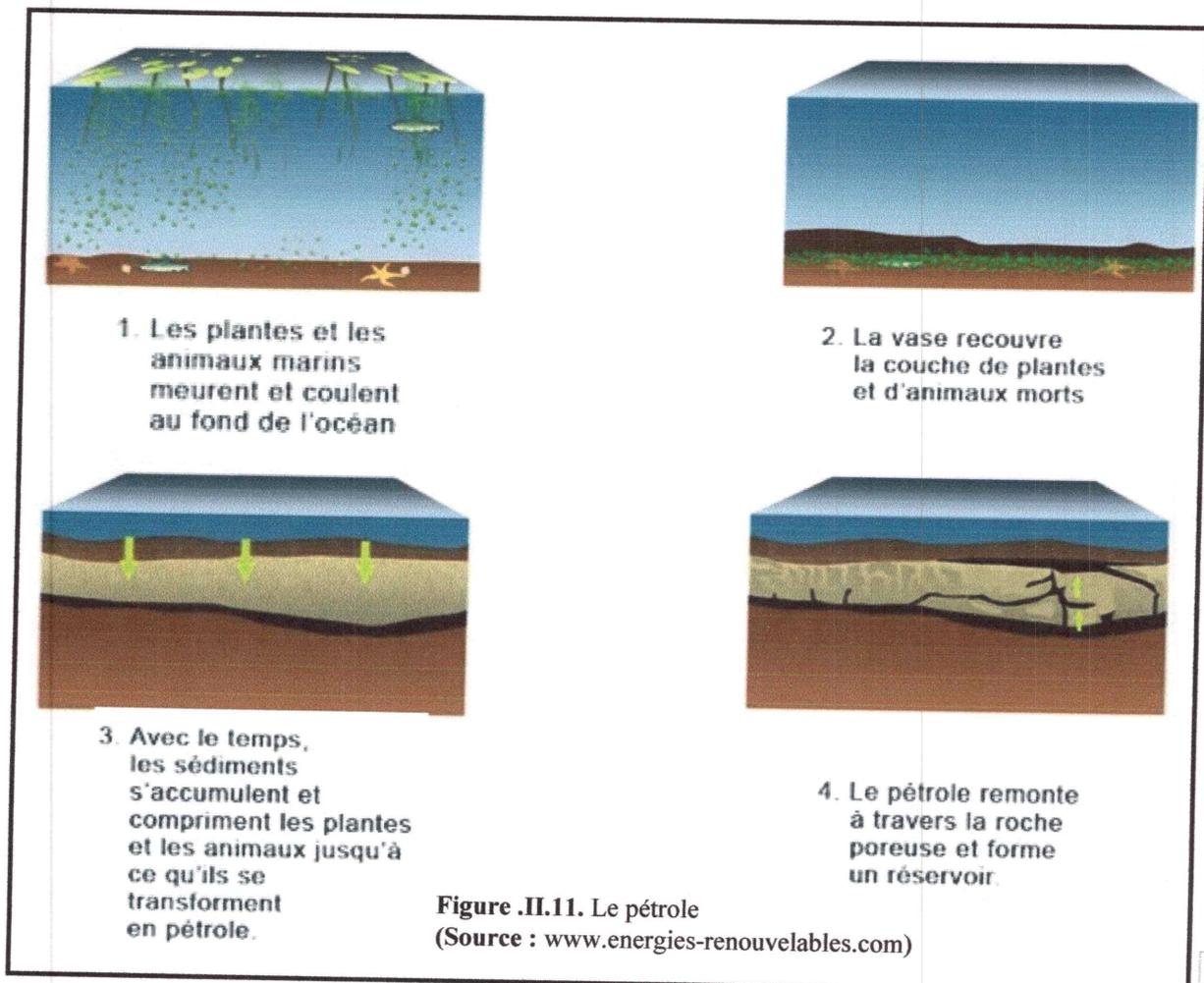
Figure. II.10. L'énergie hydrolienne
(Source : www.energies-renouvelables.com)

II.1.2. Les énergies non renouvelables

Les énergies non renouvelables sont elles mêmes des sous produits fossiles végétaux ou animaux de l'énergie solaire (charbon, gaz, pétrole, etc.) ou des gisements naturels (uranium). Ces énergies sont disponibles en quantités limitées, mais leur exploitation permet d'obtenir des installations à hautes puissances (centrale thermique ou nucléaire) capable de faire face à des applications industrielles.

II.1.2.1. Détails de ces énergies non renouvelables

- **Le Pétrole** est une matière organique. Elle est composée de minuscules fragments d'animaux et plantes qui se mêlent aux sédiments. Pour que la roche en vienne à produire du pétrole, la sédimentation doit être riche en matière organique ainsi qu'en oxydation. Puis ils se transformeront en gaz, en huile ou en pétrole durant l'enfouissement. Le produit transformé sera différent selon la profondeur, la durée du séjour et la température à laquelle la matière organique aura été soumise. Les mouvements des sols entraîne une migration des hydrocarbures jusqu'à ce qu'elle soit retenue par des roches (ou encore remonté jusqu'à la surface de la terre). Malheureusement il est très difficile de déterminer les endroits où il y a la présence d'huile et de gaz. Lorsque l'on arrive à trouver un endroit en présence de pétrole on installe un cheval de pompe qui consiste à puiser le pétrole enfoui sous terre.



- **Le gaz naturel** est une énergie primaire, considérée comme étant la plus propre des énergies fossile de notre époque. Elle est composée d'un mélange d'hydrocarbure ainsi que de méthane. C'est une énergie naturellement connue sous la forme gazeuse étant incolore et inodore étant plus légère que l'air. On la trouve dans les gisements secs ou dans les gisements mixtes. "La formation du gaz naturel provient de la lente métamorphose de micro-organismes (animaux et végétaux microscopiques) qui constituent le plancton. Ces organismes, déposés au fond des océans en bordure des continents, se sont lentement incorporés aux sédiments pour constituer la roche-mère (ensemble de couches géologiques dans lesquelles se sont formés des hydrocarbures)."

Ces micros organismes sont sans cesse recouverts de nouveaux dépôts étant à l'abri de l'oxygène et de la lumière.

- **L'énergie thermique à flamme**, elle dépend des éléments contenue dans les sous-sols (pétrole, gaz..) c'est une énergie qui utilise la chaleur pour produire de l'énergie

III. Consommation énergétique

III.1. L'homme et l'énergie à travers les âges

La seule source dont disposait l'homme primitif était sa nourriture où il consomme environ 200 Kcal/jour, soit environ 66Kg de pétrole par an ou 100Kg de charbon.

Il y a environ 10 000 ans, l'homme après la maîtrise du feu, avait plus d'aliments et brûlait du bois pour se chauffer et cuisiner ; il consommait environ 5000 Kcal/jour.

Par contre au moyen âge, l'homme utilisait déjà le charbon pour se chauffer, l'énergie Hydraulique, éolienne et l'énergie animale pour le transport ; sa consommation d'énergie était double de la précédente soit 24 000 Kcal/jour.

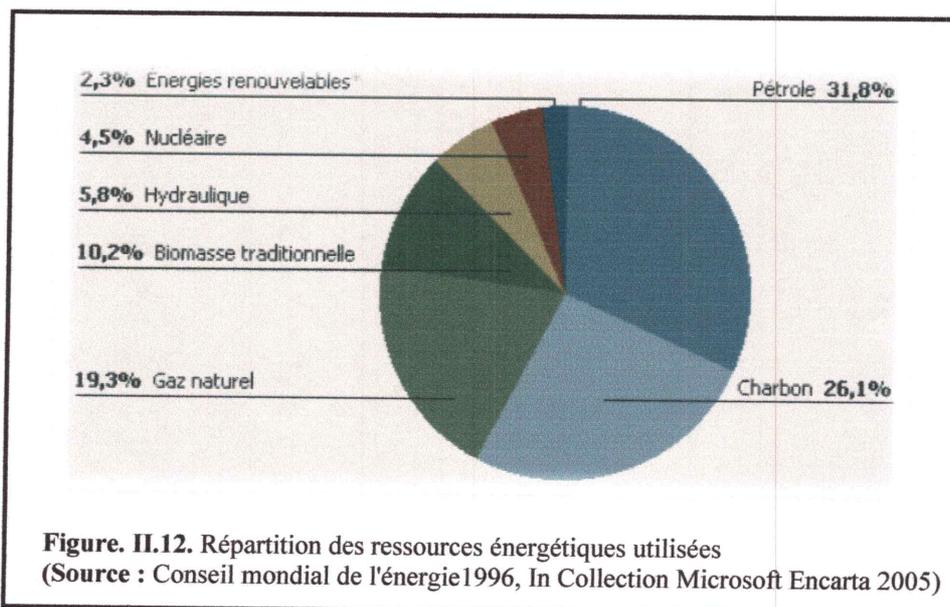
Avec la révolution industrielle, l'homme consommait en moyenne 70 000 Kcal/jour. dont environ 10% pour sa nourriture, 10% pour le transport, 50% pour le domestique et le tertiaire (chauffage...) et 30% pour l'industrie et l'agriculture.

La société technique se représente vers les années 70, l'énergie était disponible à l'échelle de l'unité individuelle. Le taux de croissance de la consommation d'énergie par habitant aux Etats-Unis par exemple avait atteint 230 000Kcal /jour /habitant.

III.2. La consommation mondiale de l'énergie

Une grande part de la consommation mondiale de l'énergie se rend au profit des énergies fossiles : pétrole, gaz naturel, etc. En ordre de grandeur, on utilise en moyenne 11 fois plus d'énergie pour nous chauffer, 8 fois plus d'énergie primaire pour notre consommation d'électricité, 10 fois plus pour l'industrie et 11 fois plus pour le transport.

Seul le chauffage absorbe environ les deux tiers de l'énergie mondiale. Il peut s'agir du chauffage des locaux (habitations, usines, magasins) ou du chauffage d'industrie. Cette consommation montre de façon plus expressive le rôle vital de l'énergie aussi bien dans le domaine industriel que dans le domaine social.



III.3. La consommation énergétique en Algérie

L'Algérie, riche en gaz et en pétrole ne s'est intéressée sérieusement à la rationalisation de l'utilisation de l'énergie qu'à la fin des années 80. Le 24 février 1971, date de la décision de nationalisation du secteur pétrolier, ainsi que la maîtrise et le contrôle des ressources pétrolières et gazières. Le gaz naturel qui constitue 60% de ses réserves en énergie fossile, alimente à hauteur de 30% de ses revenus en devises.¹⁴ D'où la nécessité d'une réglementation de maîtrise de l'énergie s'impose en faisant valoir les arguments suivants :

- la préservation des ressources énergétiques conventionnelles ;
- la réduction des coûts des investissements énergétiques, notamment en matière de chauffage et de climatisation ;
- la réduction de l'impact des énergies fossiles sur l'environnement.

En 1995, la consommation nationale d'énergie a été de 25,3 MTep avec une pénétration plus grande des produits gazeux, plus disponible dans le bilan des ressources. Concernant la consommation finale, c'est le secteur résidentiel et tertiaire (45,7%) qui domine, suivi des secteurs de transports (27,8%) et de l'industriel BTP (26,8%). La part de la consommation finale représente près de 62% de la consommation nationale.

En 1995, la consommation nationale d'énergie a été de 25,3 MTep avec une pénétration plus grande des produits gazeux, plus disponible dans le bilan des ressources. Concernant la consommation finale, c'est le secteur résidentiel et tertiaire (45,7%) qui domine, suivi des

secteurs de transports (27,8%) et de l'industriel BTP (26,8%). La part de la consommation finale représente près de 62% de la consommation nationale.

Les différents types d'énergie dans le secteur résidentiel nous servent globalement à quatre différents usages :

- * le chauffage représente la plus forte consommation environ 60% de l'énergie domestique;
- * l'éclairage et l'électroménager, l'audio visuel et la climatisation représentent près de 20%;
- * l'eau chaude sanitaire nécessaire représente près de 15% ;
- * la cuisson représente près de 5%.

Notant que le niveau de consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 Tep en 1990 et qui passera d'après les perspectives à 1.35 Tep en 2010 et 1.88 Tep en 2020.

La Figure ci-dessous illustre l'évolution annuelle considérable de la consommation des produits pétroliers, du gaz naturel et de l'électricité dans le secteur ménager d'après des données présentées par le ministère d'énergie.

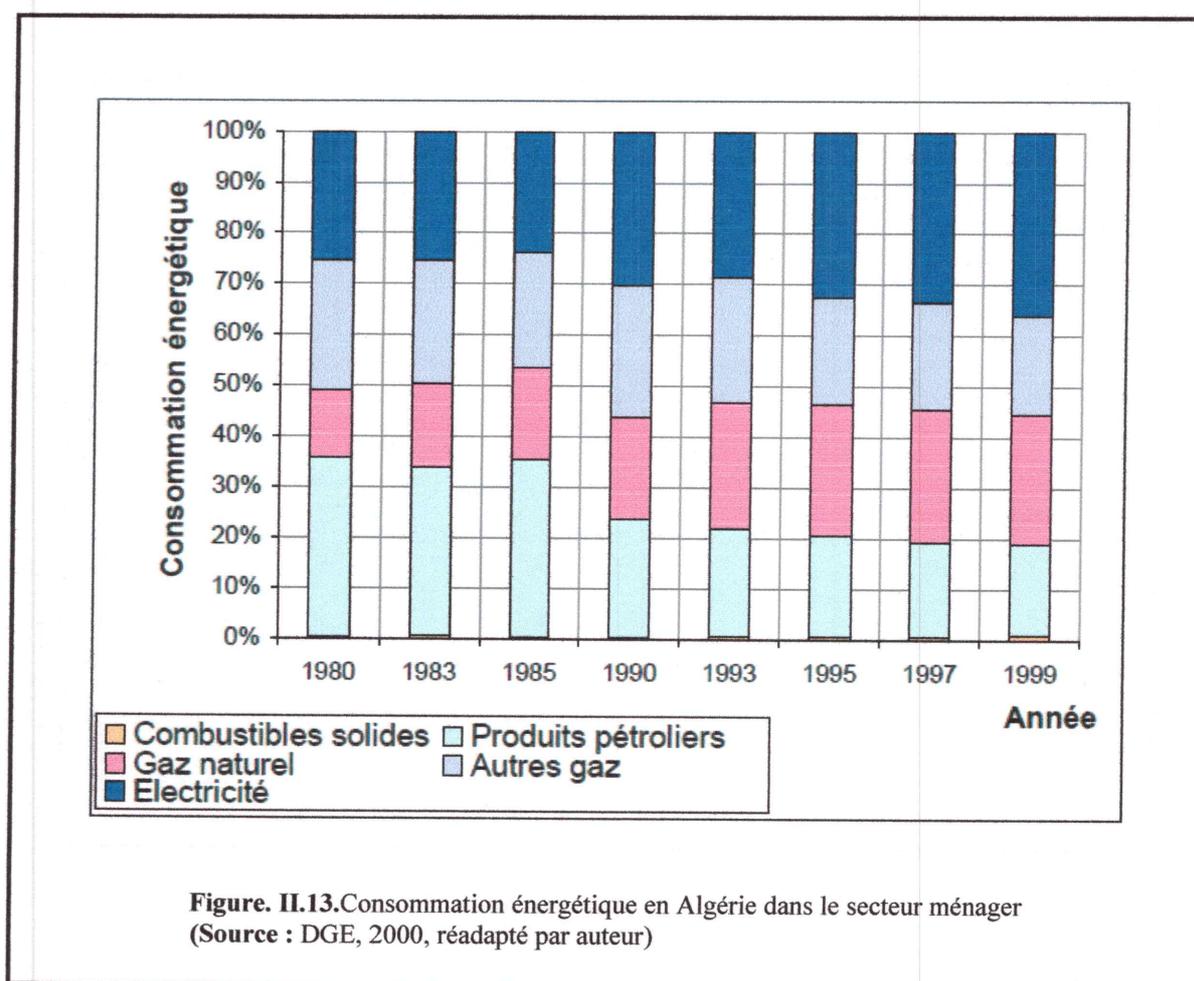
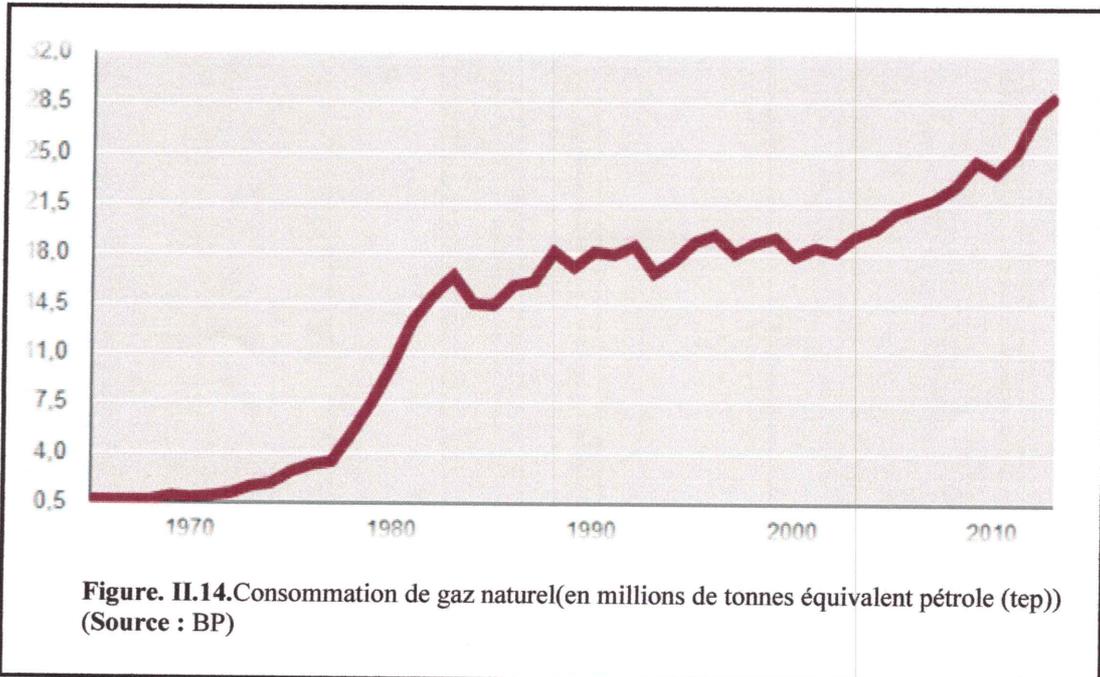


Figure. II.13. Consommation énergétique en Algérie dans le secteur ménager (Source : DGE, 2000, réadapté par auteur)

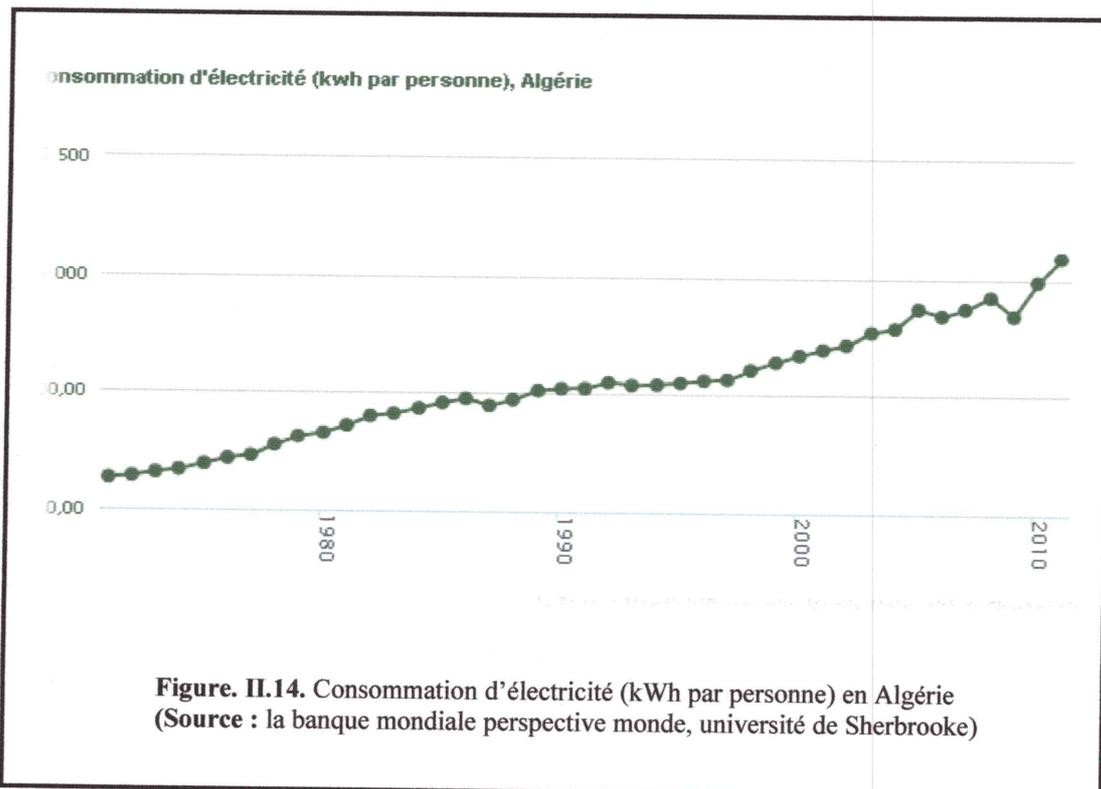
III.3.1. Consommation du gaz naturel en Algérie

La consommation du gaz naturel à augmenté de 1970 à 2010.



III.3.2. Consommation de l'électricité en Algérie

La consommation et la production de l'électricité à augmenté de 1980 à 2010.



En étudiant ces chiffres, la consommation importante du gaz et de l'électricité dans l'habitat revient essentiellement à l'utilisation intense du chauffage en hiver et de la climatisation en été. Cuisson, éclairage, électroménager et eau chaude sanitaire représentent chacun un taux moins élevé comparé à celui du chauffage ou de climatisation.

Plusieurs facteurs interviennent directement dans la détermination de cette énergie. d'une part les facteurs socio-économiques en rapport avec le niveau de vie des algériens. d'autre part les facteurs de la caractéristique de l'habitat et l'aménagement urbain (caractéristiques thermiques de la construction, densité du groupement..).

Le problème des dépenses énergétiques se posera ainsi avec d'autant plus de gravité quand le bâtiment se trouve sous un climat rude. Le chauffage si l'hiver est plus froid, et la climatisation si l'été est plus chaud et plus ensoleillé. Le niveau de consommation dans le secteur résidentiel en période estivale est surtout l'une des préoccupations majeures exprimées dans le cadre du modèle de consommation énergétique Algérien.

L'Algérie, ayant ratifié toutes les conventions cadre internationales notamment celles liées à la préservation de l'environnement, se trouve être contrainte d'adopter une attitude ferme à l'instar des autres pays pour appliquer les différentes consignes liées à la protection de l'environnement. Sa position désormais claire dans le contexte de partenariat euro méditerranéen suite à la signature de l'accord d'association avec l'Union Européen qui elles 'aligne sur une production d'énergie renouvelable à hauteur de 15%, ainsi que sa présence au sommet de Johannesburg (Rio +10) dont les résultats en matière d'énergie renouvelable soulignent l'adoption d'un pourcentage de 12%, l'Algérie se doit de proposer une production à hauteur de 10% d'ici 2012.

IV. Economie d'énergie

Que ce soit en milieu urbain ou en milieu rural, les effets de la pollution se font de plus en plus sentir, des comportements plus économes en énergie s'avèrent nécessaires, afin de réduire tant la consommation en énergies marchandes voire les rejets de polluants. Depuis 1974 on avait déjà pensé à l'économie d'énergie, dans les années 1990 le pétrole contenait moins de 20 dollars alors on a peu oublié cette tendance, mais en 2005 le baril dépasse les 65 dollars donc le contrôle sur la consommation énergétique revient sur la devant de la scène.

❖ Conclusion

Lors de la construction d'une maison, il faut penser à la fourniture d'énergie pour couvrir ses besoins en électricité, chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage, etc.

Les énergies renouvelables constituent une solution respectueuse de l'environnement pour y parvenir en partie. Elles permettent d'acquérir une certaine autonomie énergétique et de réaliser des économies à moyen et long terme.

Les sources d'énergies renouvelables (soleil, vent, courant d'eau, biomasse ou chaleur naturelle) permettent d'obtenir, après transformation, de l'énergie mécanique, de l'électricité, de la chaleur ou un combustible. Couplées à une utilisation rationnelle de l'énergie, elles permettent de réduire la consommation de combustibles d'origine fossile.

Chapitre III
Intégration de
l'énergie solaire
dans le bâtiment

❖ Introduction

Pour lutter contre le changement climatique, divers pays commencent à mener des politiques en engageant des moyens financiers pour la recherche de l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables, et multiplient les actions pour encourager les particuliers et les collectivités à recourir aux énergies de demain, dont l'énergie solaire pour réduire la consommation d'énergie à base de ressources non renouvelables tel que le pétrole, le gaz naturel, et beaucoup plus le nucléaire qui prouve de jour en jour sa gravité sur l'environnement naturel voire sur les êtres humains vue sa fragilité et son exposition aux différentes catastrophes soit naturel comme les tremblements de terres, ou bien les accidents causés par l'homme lui-même.

C'est dans ce contexte, par le biais de ce chapitre III, qu'on a essayé de donner quelques modèles d'intégration des capteurs solaires voire leurs critères d'installation.

I. L'énergie solaire dans le quotidien

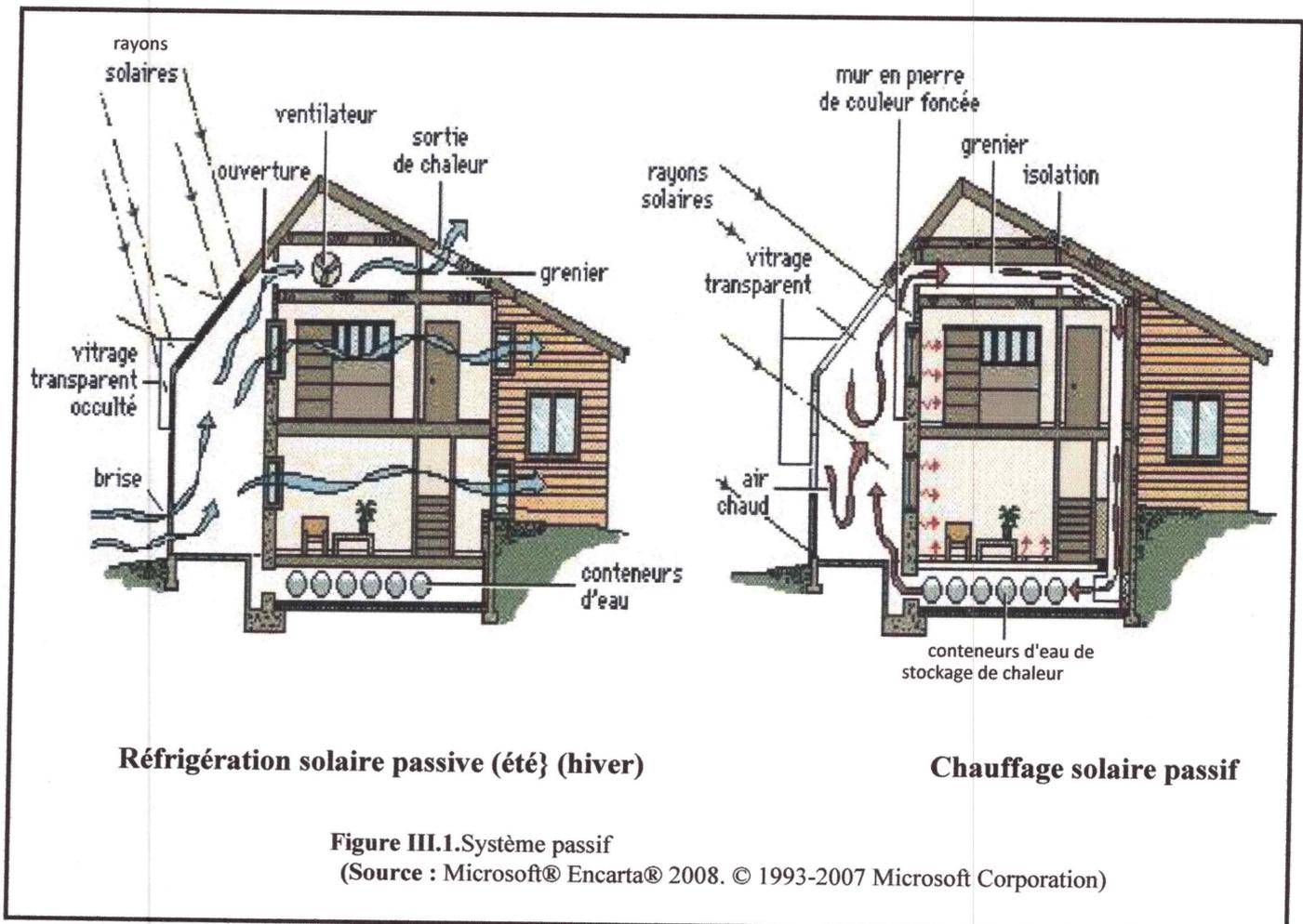
Aujourd'hui l'énergie solaire s'avère indispensable dans notre quotidien, elle est exploitée en solutions architecturales pour régler quelques problèmes de la thermique, dites architecture solaire passive (les baies vitrées, les serres, les chauffe-eau solaires, etc.) et active (capteurs solaires pour les systèmes de chauffage). La production de l'énergie électrique à base du solaire trouve aussi sa place dans notre quotidien, c'est le photovoltaïque qui permet la conversion de cette énergie (rayonnement) en électricité (rendement 10 à 12%) et surtout dans les zones isolées ou non reliées au réseau (radiobalises, phares, télévision ou téléphone, éclairage, pompage de l'eau, réfrigération, etc.)

II. Les solutions architecturales pour augmenter les apports solaires

La prise en compte des conditions climatiques locales dans la disposition de l'architecture traditionnelle de nombreuses régions du monde (baies vitrées, murs capteurs, serres, auvents, vérandas, patios) et son expression moderne, l'architecture bioclimatique, sont des exemples d'usages « passifs » de l'énergie solaire. Ces solutions architecturales permettent d'accroître les apports solaires gratuits. Les utilisations actives mettant en œuvre des capteurs qui convertissent le rayonnement solaire en chaleur (procédé thermique) ou en électricité (conversion photovoltaïque).

L'utilisation de l'énergie solaire est possible à différents niveaux d'intégration : système actif (technologie intégrée), solaire passif (conception architecturale intégrée) et solaire hybride au fonctionnement tantôt passif, tantôt actif.

II.1. Systèmes passifs



A la différence du chauffage solaire actif, qui requiert un équipement spécifique (système de stockage, fluide caloporteur, etc.), le chauffage passif utilise les éléments structuraux d'une habitation pour capter l'énergie solaire. Ainsi, cette maison est pourvue d'une véranda convenablement orientée. L'hiver, l'énergie solaire chauffe le mur en pierre. La chaleur dégagée par le mur est piégée par le vitrage transparent de la véranda. L'été, des stores ou des volets occultent le vitrage.⁽¹⁾

Les systèmes passifs les plus répandus sont : la fenêtre, la véranda vitrée, la serre, etc.

Ces systèmes sont présents dans toute construction munie de fenêtre : elle consiste à laisser pénétrer le rayonnement solaire par les ouvertures transparentes, ce qui apporte à la fois la lumière et la chaleur. L'énergie solaire est captée et stockée dans les composants massifs internes du bâtiment (dalles, plafonds, parois intérieures). La fenêtre, grâce à ses apports de chaleur, peut réduire d'environ 10% la consommation d'énergie de chauffage. Système « passif », capte et distribue lui-même l'énergie solaire, sans utilisation des

⁽¹⁾ Microsoft® Encarta® 2008. Encyclopédie © 1993-2007 Microsoft Corporation.

composants « actifs » : ventilation, pompes, . . . , nécessitant un apport d'énergie extérieur.

On distingue deux systèmes de captage solaire passif :

A/ Soleil —————> **Espace** : baie vitrée, skylid, serre ;

Le soleil pénètre directement dans l' espace, sa quantité d'énergie influe sur l' évolution de sa température.

B/ Soleil—————> **masse**—————> **Espace** : murs capteurs, serres.

Le rayonnement solaire absorbé par une masse intermédiaire qui restitue une part de l' énergie captée, avec un décalage dans le temps (déphasage).

Donc tous les dispositifs de chauffage solaire passif comportent deux éléments :

_ Vitrages (verres - plastique) exposé directement au soleil d'hiver.

_ Une inertie thermique (masse de matériau) permet de stocker la chaleur captée et régularise sa restitution.

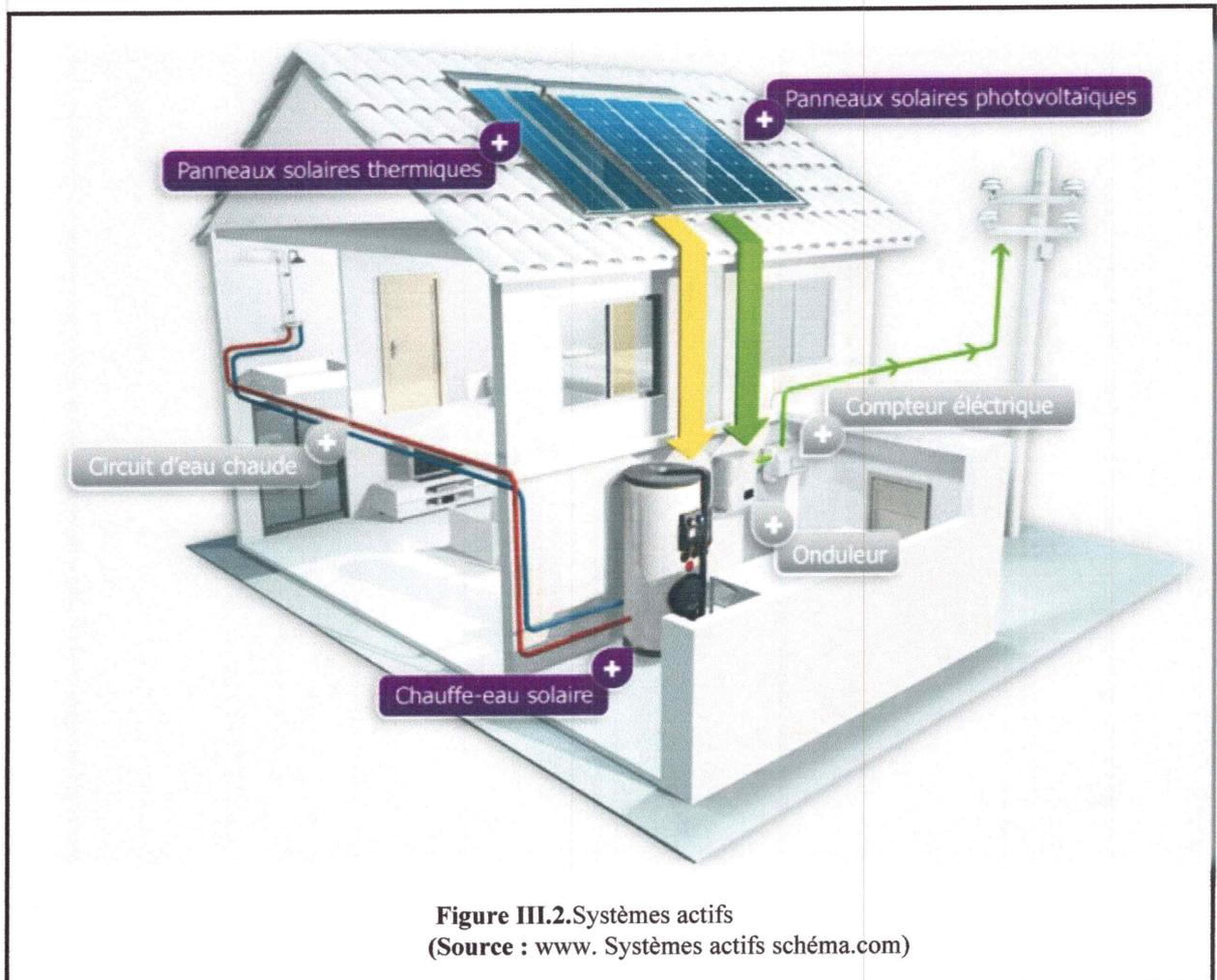
II.2.Systèmes hybrides

Ces systèmes ont un fonctionnement tantôt passif, tantôt actif, comme le collecteur-fenêtre (ou capteur-fenêtre) avec circuit d'air chaud ou le capteur à air, il fonctionne de deux manières : lorsque le rayonnement est faible, il se comporte comme une fenêtre ordinaire (gains directs) ; lorsque le rayonnement est plus intense ($> 300 \text{ w/m}^2$), un store vénitien est abaissé dans la coulisse entre la fenêtre intérieur et la fenêtre extérieur et un ventilateur puise l' air en circuit fermé de collecteur vers le stock (et retour). Ces systèmes sont relativement complexes, encombrants et coûteux.

II.3.Systèmes actifs

L'énergie solaire captée en façade ou en toiture par un panneau solaire chauffe un fluide caloporteur (air, eau) qui transfère cette énergie à un stock, sa circulation nécessite une dépense d'énergie (généralement électrique) qui représente une fraction de l'énergie captée. Le chauffe-eau solaire avec pompe de circulation est un système actif très répandu, de même que le plancher solaire directe et les capteurs solaires en général. La chaleur ainsi collectée peut être utilisée dans des applications domestiques comme le chauffage des maisons, la production d'eau chaude à usage sanitaire, la cuisson des aliments, ou dans des applications industrielles comme le dessalement de l' eau de mer, le séchage de denrées agricoles, ou d'autre, la production de l' eau chaude ou de vapeur de procédé, la fusion ou l' élaboration de matériaux, la thermochimie, etc. Cette chaleur peut aussi être transformée en énergie mécanique en vue d'applications diverses notamment le pompage de l'eau, la mise en

mouvement des machines artisanales ou industrielles, l'entraînement d'un alternateur pour la production d'électricité, c'est la conversion thermodynamique de l'énergie solaire.



III-La captation des rayonnements solaires

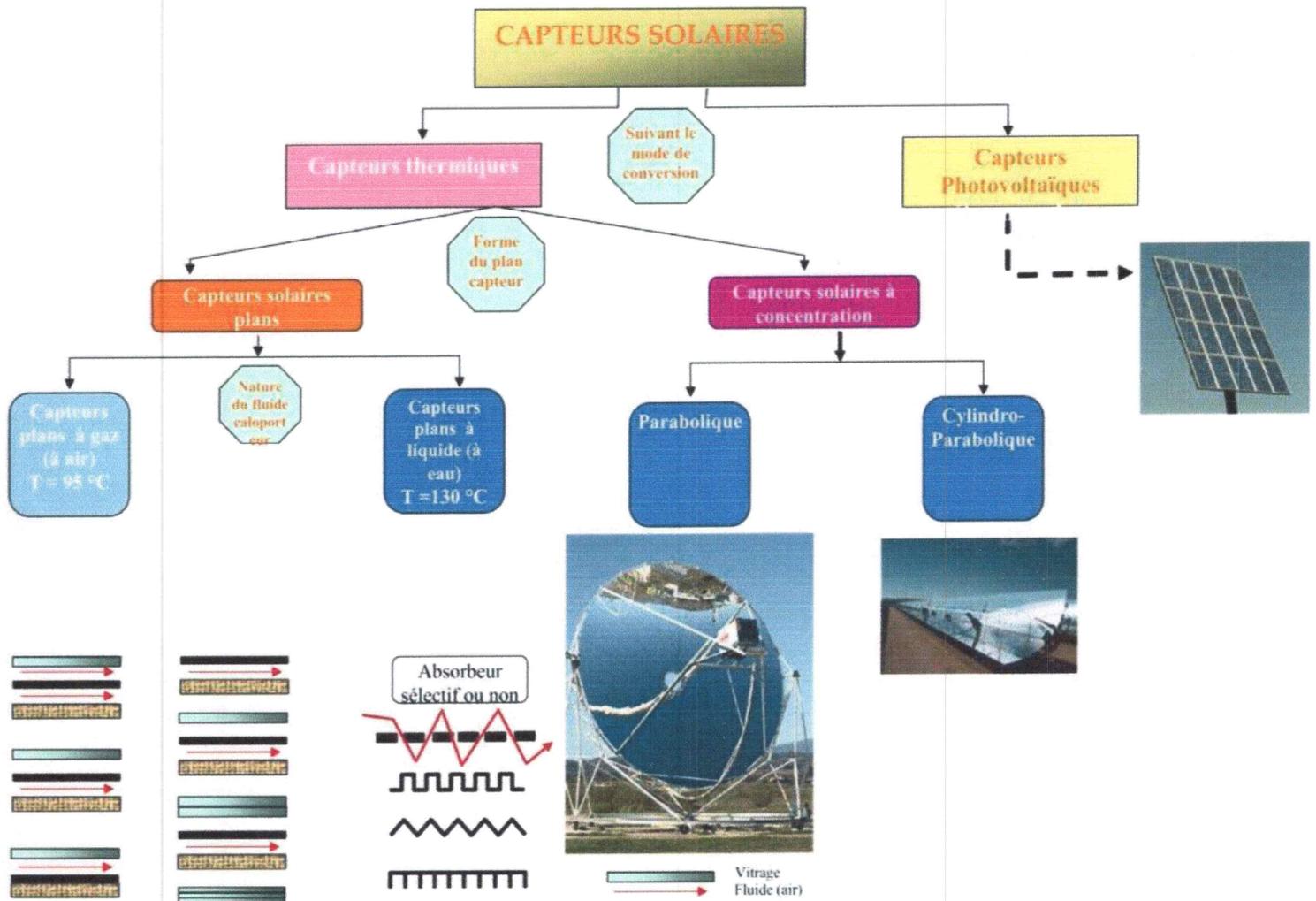


Figure III.3. Différentes formes de captation des rayonnements solaires
 (Source : cours de MOUMI Abdelhamid, énergétique 1^{ère} année magister, 2007-2008)

On distingue deux catégories de système de conversion de l'énergie solaire, à conversion thermique, où l'énergie solaire reçue par le plan du collecteur est entièrement transformée en énergie calorifique, et à conversion électrique dit aussi système photovoltaïque, où l'énergie solaire collectée sur le plan du récepteur est transformée sous forme d'électricité.

III.1. Le panneau solaire

III.1.1. Définition

Un panneau solaire est un dispositif technologique écologique à base de capteur solaire thermique ou de capteur solaire photovoltaïque destiné à convertir le rayonnement solaire en énergie thermique ou en énergie électrique.



III.1.2. Les types de panneaux solaires

➤ **Les panneaux solaires photovoltaïques**

Appelés capteurs solaires photovoltaïques. Est basé sur la transformation de le rayonnement solaire en électricité. Le solaire photovoltaïque est communément appelé

➤ **Les panneaux solaires thermiques**

Appelés capteurs solaires thermiques, collecteurs solaires, qui consiste à chauffer de l'eau à partir de l'énergie solaire. Le solaire thermique vous permet de chauffer l'eau sanitaire de votre logement, et d'alimenter votre chauffage central en eau chaude.

➤ **Les panneaux photovoltaïques thermiques**

Qui produisent à la fois de l'électricité et de la chaleur.

III.1.3. L'intégration architecturale

Sur un bâtiment, les capteurs solaires deviennent un élément de composition architectural et à ce titre, il faut respecter certaines règles qui vont dans le sens d'une intégration raisonnée et harmonieuse

➤ **Sur une toiture terrasse**

- Orienter les capteurs solaires conformément aux façades,
- Se décaler des bordures du toit s'il n'y a pas d'acrotère,

- Préférer l'installation de plusieurs rangées de faible hauteur, plutôt qu'un faible nombre de rangées sur une hauteur plus grande,
- Habiller l'arrière des capteurs dans le cas d'un bâtiment industriel de faible hauteur.

➤ **Sur une toiture en pente**

- Intégrer les capteurs dans la toiture en évitant les surimpositions,
- Eviter les disproportions entre la surface des capteurs et la surface qui les reçoit,
- Rechercher des structures de fixation ayant les mêmes coloris que la toiture,
- Eviter les contrastes entre les capteurs en toiture et la façade.

➤ **En façade d'un bâtiment**

- Prévoir l'implantation des capteurs à la conception du bâtiment et éviter de placer des capteurs en façade d'un bâtiment existant,
- Privilégier un positionnement en harmonie avec le bâti, respecter les symétries et éviter les pièces rapportées,
- Conserver la cohérence de composition de la façade avec les éléments existants (porte, fenêtres, etc.),

➤ **Sur des structures spécifiques**

Les capteurs solaires thermiques peuvent également être installés sur une toiture d'un garage, sur un auvent, sur une verrière, sur un garde-corps, etc. Il faut alors veiller à conserver une harmonie et faire en sorte que les capteurs deviennent un élément à part entière naturellement intégré au bâtiment.



Figure III.5. Exemple d'installation des capteurs solaires les sur une toiture terrasse
(Source : PIANO FORTE
www.pianoforte.fr)



Fig.III.6. Exemple d'installation des capteurs solaires les capteurs sur une toiture en pente
(Source : PIANO FORTE
www.pianoforte.fr)



Fig.III.7. Exemple d'installation des capteurs solaires sur la façade comme composant architectural.
(Source : BENAMRA, 2013)



Fig.III.8. Exemple d'installation des capteurs solaires sur une toiture d'un garage.
(Source : BENAMRA, 2013)

III.1.4. Où installer les panneaux solaires ?

Toits : la solution idéale pour les panneaux solaires

Les panneaux solaires, qu'ils soient thermiques ou photovoltaïques, trouvent une place idéale sur le toit d'un bâtiment :

- **Inclinaison** : le panneau doit être incliné de façon précise (environ 30° selon les types), pour un rendement optimal. Le toit d'un bâtiment présente en général une inclinaison idéale pour la pose d'un panneau solaire photovoltaïque ou thermique.
- **Sécurité** : installés sur un toit, les panneaux solaires sont moins accessibles, donc plus protégés d'éventuels accidents. En revanche, ils deviennent un peu plus compliqués à entretenir, car il faut prévoir une échelle !
- **Espace** : les panneaux solaires sont volumineux (au moins 2 m²). Les toits présentent la surface idéalement grande et disponible pour installer un panneau thermique ou photovoltaïque.
- **Hauteur** : dans le cas des panneaux solaires thermiques, le ballon d'eau doit être le plus prêt possible de l'installation solaire. Posé sur le toit, le panneau thermique est souvent proche des salles d'eau et du système de distribution de l'eau.

Façades : option alternative ou complémentaire

- Installer un panneau solaire photovoltaïque ou thermique sur une façade peut être intéressant si :
 - la surface disponible sur le toit n'est pas suffisante pour installer tous les panneaux ;
 - vous installez un panneau thermique pour chauffer l'eau domestique et l'eau de la piscine : le panneau est alors à mi-chemin entre le bassin et le ballon d'eau chaude ;Dans tous les cas, il faut s'assurer que l'inclinaison du panneau sera suffisante pour un rendement correct.
- Un panneau installé en façade est plus accessible pour l'entretien et la maintenance.

III.1.5. Les différentes utilisations des panneaux solaires

➤ Revente de l'électricité :

En installant un panneau photovoltaïque sur le toit ou la façade de votre habitation, vous pourrez produire votre électricité gratuitement. En reliant votre installation au réseau public, revendez le surplus de votre production solaire, voire la totalité.

➤ Chauffage :

L'installation de panneaux solaires thermiques pour profiter d'un chauffage solaire est de plus en plus courante.

Écologique, le chauffage solaire est aussi économique car l'énergie solaire est gratuite et inépuisable. Le chauffage solaire est souvent combiné à un chauffe-eau solaire, pour une plus grande rentabilité.

➤ **Eau chaude sanitaire:**

L'installation d'un système de panneaux solaires thermiques reliés à un chauffe-eau solaire vous permet de produire de l'eau chaude sanitaire. Écologique, le solaire thermique est aussi économique car la source d'énergie est gratuite et inépuisable.

➤ **Piscine chauffée**

Les panneaux solaires sont un excellent moyen de chauffer l'eau de votre piscine à peu de frais. Vous pouvez même réaliser vous-même un système de panneau solaire thermique pour chauffer votre piscine.

III.1.6. Que dit la réglementation en matière de panneau solaire ?

Les panneaux solaires, photovoltaïques ou thermiques, ne s'installent pas sans règles. Vous devez respecter les demandes de votre commune, le code de l'urbanisme et la présence éventuelle de bâtiment historique à proximité.

III.2. Le panneau solaire thermique

III.2.1. Définition

Le système de panneau solaire thermique consiste à chauffer de l'eau à partir de l'énergie solaire. Les panneaux solaires thermiques contiennent des capteurs thermiques qui transforment l'énergie du soleil en chaleur. Cette eau chaude sera ensuite utilisée de trois façons possibles :

- en tant qu'eau chaude sanitaire.
- dans un système de chauffage central à eau chaude.
- dans un système combiné associant eau chaude sanitaire et chauffage central.

III.2.2. Les types des capteurs solaires thermiques

Les panneaux solaires thermiques sont composés de capteurs, qui absorbent la chaleur des rayons du soleil pour chauffer l'eau sanitaire. Il existe plusieurs types de capteurs solaires thermiques :

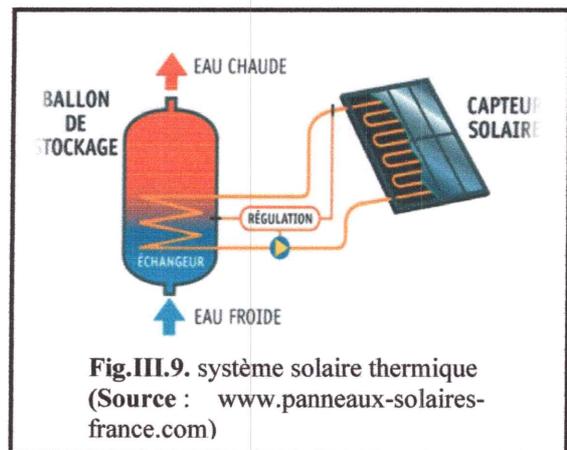


Fig.III.9. système solaire thermique
(Source : www.panneaux-solaires-france.com)

- **Les capteurs à eau :** la chaleur est absorbée par un liquide caloporteur, qui circule dans des tubes munis d'ailettes. Ce sont ces ailettes qui captent la chaleur. Il existe plusieurs types de capteurs à eau :
 - **les capteurs non vitrés :** le liquide caloporteur est contenu dans des tubes de plastique noir ;
 - **les capteurs plans vitrés :** le fluide circule dans une boîte vitrée ;
 - **les collecteurs à tubes sous vide :** le tube dans lequel circule le liquide est placé dans un tube sous vide.

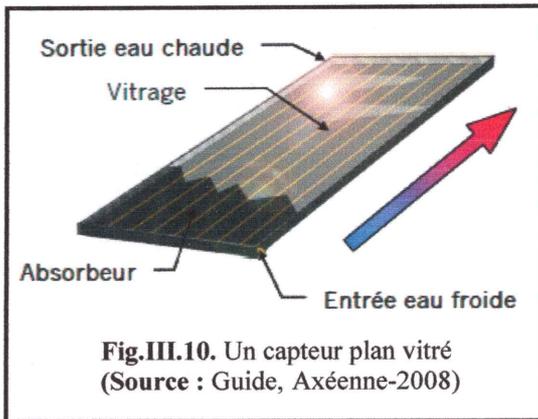


Fig.III.10. Un capteur plan vitré
(Source : Guide, Axéenne-2008)



Fig.III.11. Un capteur sous- vide
(Source : www.panneaux-solaires-france.com)

Les capteurs à air : c'est de l'air qui est chauffé lorsqu'il circule dans les tubes.

Il permet ensuite de chauffer le logement, mais est aussi utilisé à des fins industrielles.

III.2.3. Les différents composants d'un Panneaux solaires thermiques

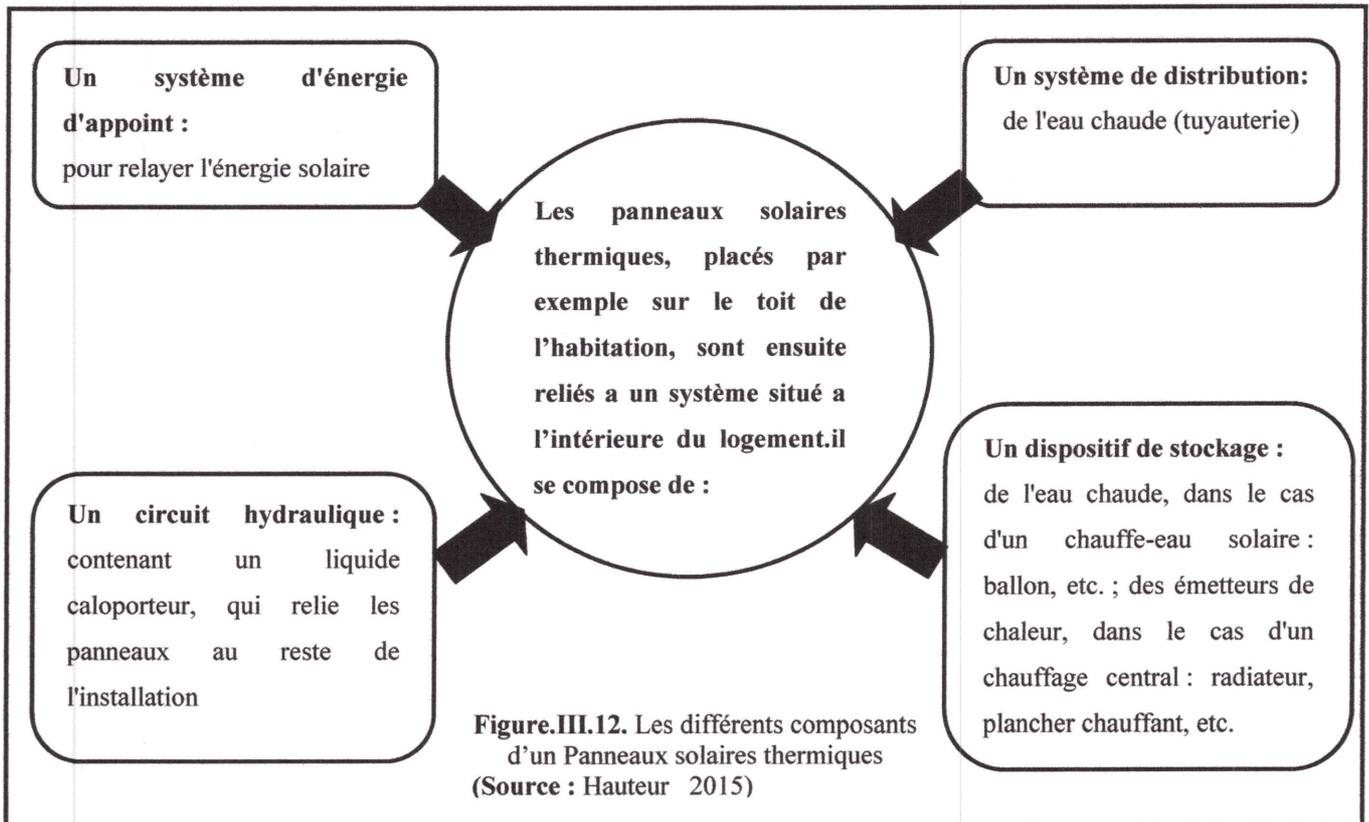
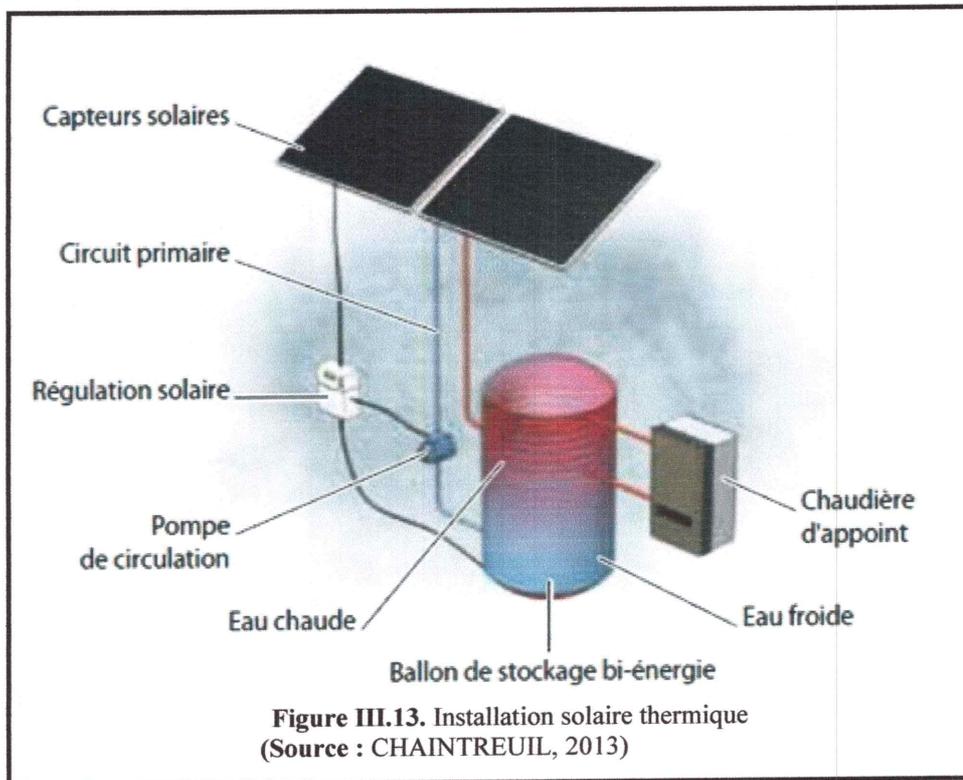


Figure.III.12. Les différents composants d'un Panneaux solaires thermiques
(Source : Hauteur 2015)



III.2.4. Dimensions du panneau thermique

❖ En fonction de votre utilisation

La taille des panneaux solaires thermiques à installer sera différente selon l'utilisation :

- **Pour un chauffe-eau :** on prévoit un ballon d'environ 200 à 300 litres pour un foyer de 4 personnes. Le volume est variable selon la présence ou non d'une énergie d'appoint. Cette installation nécessite un panneau thermique de 2 à 5 m² selon l'ensoleillement de la zone.
- **Pour un chauffage central :** 10 à 30 m² de panneaux solaires thermiques (selon la taille du logement) peuvent couvrir jusqu'à 60% de vos besoins en chauffage.
- **Pour un système combiné chauffage/eau chaude :** on prévoit en général 10 à 20 m² de panneaux solaires thermiques (environ 15 m² pour un logement de 4 personnes).

❖ En fonction de l'ensoleillement

- Selon l'ensoleillement de la zone dans laquelle se situe votre logement, la taille du panneau solaire thermique varie.
- Si l'installation est prévue pour fonctionner toute l'année (dans une résidence principale par exemple), on se base sur les chiffres de l'ensoleillement en hiver pour estimer correctement la dimension idéale des panneaux.
- Selon les latitudes, vous devrez également adapter l'orientation et l'inclinaison de vos panneaux solaires thermiques, pour optimiser votre rendement.

- Vos besoins en chauffage et en eau chaude sont plus importants l'hiver, lorsqu'il y a moins de soleil. C'est pourquoi un système d'appoint est toujours recommandé. Mais dans l'absolu, il est possible d'installer un chauffe-eau solaire partout en Europe.

III.3. Le panneau solaire photovoltaïque

III.3.1. Définition

Un capteur solaire photovoltaïque (ou panneau solaire photovoltaïque) est un générateur électrique de courant continu constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques reliées entre elles électriquement, qui sert de module de base pour les installations photovoltaïques et notamment les centrales solaires photovoltaïques.

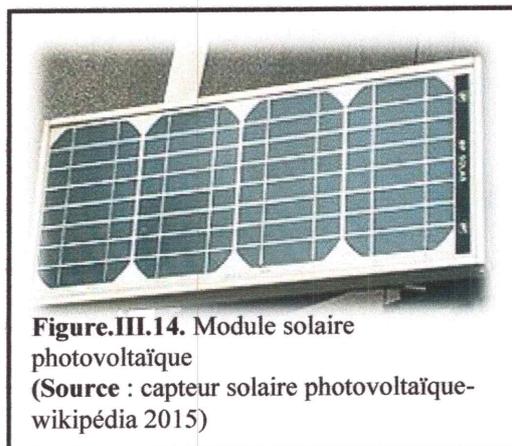
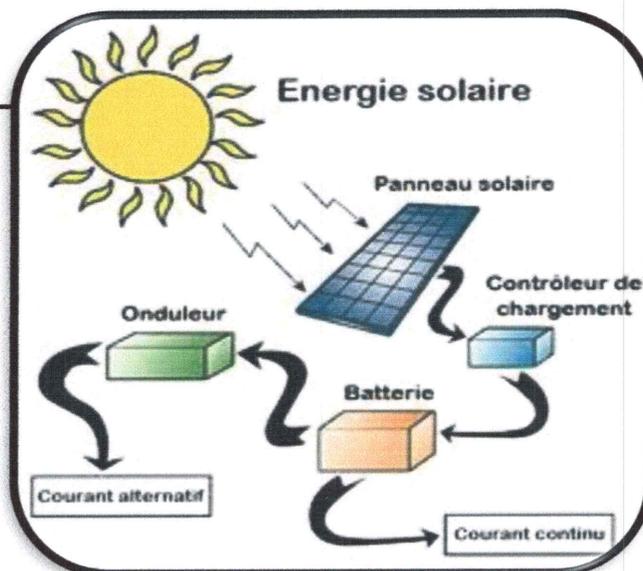


Figure.III.14. Module solaire photovoltaïque
(Source : capteur solaire photovoltaïque-wikipédia 2015)

III.3.2. Les différents composants d'un Panneaux solaires photovoltaïques

Les panneaux solaires photovoltaïques installés, par exemple, sur votre toit, sont reliés au reste du système électrique, situé à l'intérieur du logement. Il est constitué de :

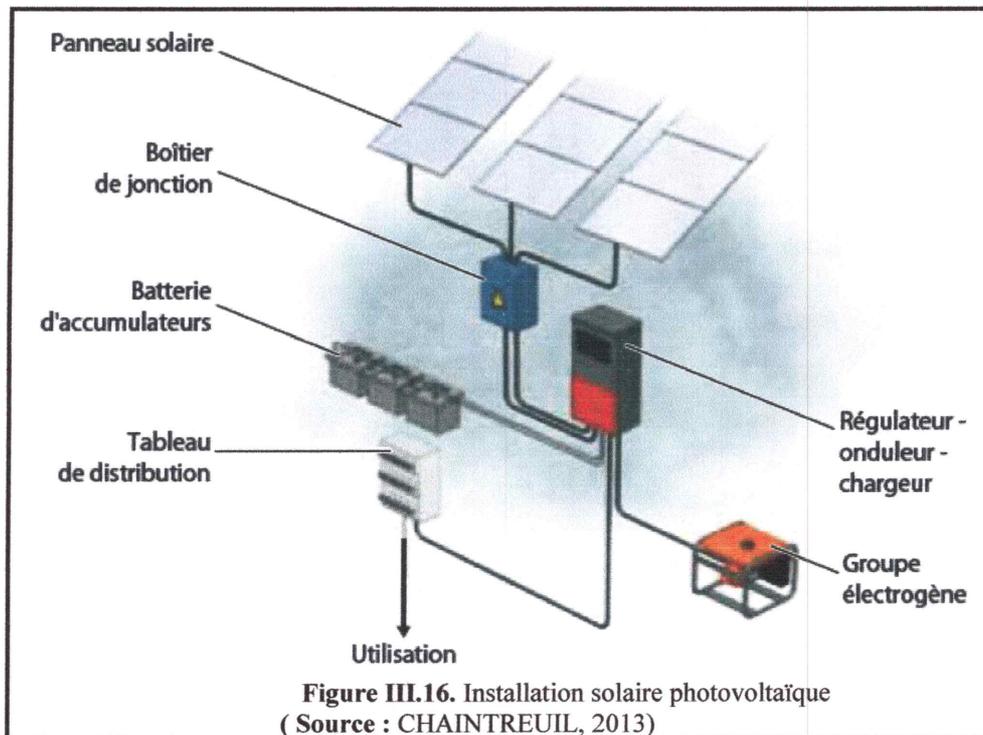
■ **Un onduleur :** transforme le courant électrique produit, qui est continu, en courant alternatif utilisable dans la maison. Il est relié aux prises et distribue l'électricité dans tout le logement.



Un régulateur : il contrôle l'état de charge de la batterie, qui est prioritaire dans le circuit, et protège l'installation. Les modèles les plus sophistiqués incluent des enregistreurs de données

Une batterie : elle emmagasine l'électricité pour la restituer aux moments où il y a moins de lumière donc moins de production d'électricité photovoltaïque

Figure III.15. Les différents composants d'un Panneaux solaires photovoltaïques
(Source : Hauteur 2015)



3.3.3. L'effet photovoltaïque

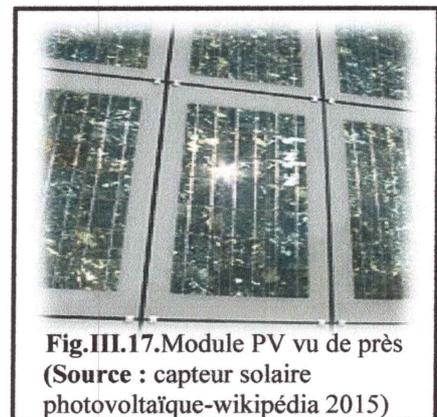
Le terme « photovoltaïque » vient du Grec et qui signifie Lumière, il est composé de deux parties : « photos » (lumière) et du nom de famille du physicien italien (Alessandro Volta) qui inventa la pile électrique en 1800 et donna son nom à l'unité de mesure de la tension électrique, le volt.

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est exposé à la lumière du soleil, les atomes exposés au rayonnement sont

"bombardés" par les photons constituant la lumière; sous l'action de ce bombardement, les électrons des couches électroniques supérieures (appelés électrons des couches de valence) ont tendance à être "arrachés":

Si l'électron revient à son état initial, l'agitation de l'électron se traduit par un échauffement du matériau. L'énergie cinétique du photon est transformée en énergie thermique.

Par contre, dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial. Les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique des photons est ainsi directement transformée en énergie électrique: c'est l'effet photovoltaïque.

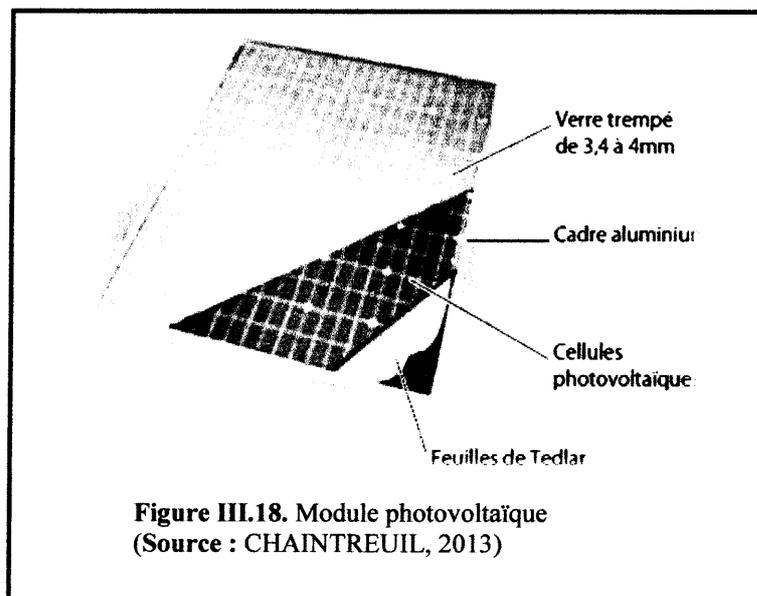


L'effet photovoltaïque constitue la conversion directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent le module solaire.

L'effet photovoltaïque, c'est-à-dire la production d'électricité directement de la lumière, fut observée la première fois, en 1839, par le physicien français Edmond Becquerel. Toute fois, ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs des laboratoires Bell, aux Etats-Unis, parvinrent à fabriquer la première cellule photovoltaïque, l'élément primaire d'un système photovoltaïque.

3.3.4. Principe des différents modules photovoltaïques

Un module photovoltaïque est une pièce en matériau semi-conducteur, qu'on assemble pour former un panneau solaire photovoltaïque. Il existe plusieurs types de modules photovoltaïques. Deux grandes familles de panneaux photovoltaïques sont disponibles sur le marché :



❖ La première famille regroupe les modules au silicium cristallin

Des panneaux de ce type sont mis en œuvre dans 85% des sites photovoltaïques dans le monde. Deux technologies coexistent au sein de cette famille.

- **Les panneaux à base de silicium monocristallin**

Représentent environ 40% du marché. Ils se caractérisent par des cellules rondes ou carrées aux angles arrondis et par leur surface uniforme (voir photo).

- **Les panneaux à base de silicium poly cristallin**

Représentent les 45% restants. Ils se composent de cellules carrées dont la surface fait apparaître une multitude de cristaux.



Figure III.19. Panneaux au silicium monocristallin (à gauche) et au silicium multi cristallin (à droite)
(Source : CHAINTREUIL, 2013)

- ❖ **La seconde famille regroupe les panneaux en couches minces**

Ce type de panneau est beaucoup moins utilisé, notamment pour les installations raccordées au réseau sur bâtiment, car son rendement est plus faible que celui du silicium cristallin.

Les panneaux ont une couleur uniforme bleu sombre, brun ou vert sombre. À ne pas confondre avec les panneaux solaires thermiques !

Les principales technologies couches minces sont au nombre de trois :

- **Les panneaux au silicium amorphe (a Si)**

Se présentent sous forme rigide ou souple. On les retrouve essentiellement sur le toit de bâtiments industriels.

- **Les panneaux au cuivre indium sélénium (CIS)**

Se présentent généralement sous forme rigide. On les retrouve essentiellement sur le toit de bâtiments résidentiels ou tertiaires.

- **Les panneaux au tellure de cadmium (CdTe)**

Se présentent également le plus souvent sous forme rigide. On les rencontre principalement dans les centrales au sol.



Figure III.20. Panneaux au silicium amorphe (à gauche) et au CIS ou au CdTe (à droite)
(Source : Nicolas CHAINTREUIL, 2013)

III.3.5. Dimensions des panneaux photovoltaïques

❖ Calculer vos besoins :

Pour savoir quelle dimension prévoir pour votre panneau solaire photovoltaïque, vous devez avant tout déterminer vos besoins énergétiques. Calculez votre consommation moyenne en électricité sur une année, en consultant vos factures précédentes si vous en avez.

Si vous installez ces panneaux photovoltaïques sur un bâtiment neuf, vous devez estimer votre future consommation. Pour cela :

- Listez les différents appareils électriques de votre logement, en précisant leur puissance en watt par heure.
- Multipliez la puissance par le nombre d'heures d'utilisation par jour pour obtenir la consommation énergétique quotidienne. La somme des consommations quotidiennes en Wh/jour vous donne une idée de l'électricité nécessaire chaque jour.

❖ En fonction de l'ensoleillement :

- La quantité d'énergie que vos panneaux solaires photovoltaïques pourront produire dépend directement de leur taille. En moyenne, une surface de 25 m² de modules produit environ 3 000 kWh par an.
- La production d'électricité dépend également de l'ensoleillement, qui est variable selon les régions.
- Si l'installation est prévue pour fonctionner toute l'année (dans une résidence principale par exemple), on se base sur les chiffres de l'ensoleillement en hiver pour estimer correctement la dimension idéale des panneaux photovoltaïques.

Selon les latitudes, vous devrez également adapter l'orientation et l'inclinaison de vos panneaux solaires photovoltaïques, pour optimiser votre rendement.

IV.-Bâtiment et énergie

IV.1. Champ d'application des panneaux solaires

❖ La maison traditionnelle

• Sur bâti existant :

- Porter une attention particulière aux caractéristiques du bâti existant : volumes, rythme et dimensions des ouvertures, parallélisme du plan de toiture, lignes de faîtage et de gouttière.
- Respecter les axes des percements ou trumeaux de façade.
- Eviter l'implantation de capteur solaire côté rue.
- Privilégier l'installation en partie basse des toitures.
- Rechercher l'installation au sol dans un aménagement paysager. Les adosser à un mur ou à un talus en limitera l'impact sur l'environnement ;
- Harmoniser les dimensions des panneaux ;
- Les installer de préférence sur un petit volume proche ou adossé au corps de bâtiment principal (auvent, garage, véranda, annexe, etc...)

L'intégration dans ce cas est plus limitée, cette possibilité est parfois plus coûteuse (perçement, fixation sur le bâti, etc.), mais ces contraintes peuvent être atténuées et on peut utiliser le capteur pour l'amélioration ou la réhabilitation du bâti existant (auvent, vérandas, réfection de toiture, etc.).

• Sur une construction neuve :

Elle offre la possibilité très étendue, la forme et les contraintes techniques des capteurs peuvent être mariées au bâtiment pour créer des volumes architecturaux originaux homogènes et innovants d'une part, d'autre part permet de limiter le coût de réalisation par un concepteur en amont de l'installation.

❖ Habitat collectif et équipement public

Dans une construction contemporaine les capteurs solaires doivent être pensés dès le premier stade de réflexion. L'implantation se fera de préférence en toiture terrasse avec éventuellement une adaptation de l'acrotère pour dissimuler les panneaux.

Considérés comme des modénatures, participant à la composition de la façade. Peuvent aussi être utilisés :



Figure III.21. Installation résidentielle - système surimposé sur la toiture
(Source : www.pianoforte.fr)



Figure.III.22. Installation solaire Thermique collective de préchauffage de l'eau chaude sanitaire
(Source : www.pianoforte.fr)

- en parement (sur des murs isolés ou non) ;
- en brise-soleil ;
- en visière pour balcon ;
- en garde-corps ;
- en verrière avec des modules semi- transparents.

❖ Le bâtiment agricole :

- Avant la pose de panneaux solaires, il faut vérifier si le bâtiment est raccordé au réseau électrique, la potentialité du site et la résistance de la structure.
- L'implantation en toiture se fera en priorité en partie basse des rampants ou sur une annexe ou au sol, limitant ainsi l'incidence dans le paysage.

❖ Le bâtiment industriel :

Ce type de bâtiment se prête particulièrement bien à l'implantation de panneaux solaires, compte tenu des surfaces importantes de toitures et de façade.

La pose des panneaux participera à la composition architecturale du bâtiment. Elle pourra s'effectuer en toiture ou sur les parois verticales en remplacement de matériaux de bardage traditionnels par un matériau actif.



Figure.III.23. Installation sur le toit d'un bâtiment agricole
(Source : www.pianoforte.fr)



Figure .III.24. Installation sur le toit d'un bâtiment industriel panneaux souples
(Source : www.pianoforte.fr)

IV.2. Besoins en capteurs :

➤ Pour le solaire thermique :

- Pour l'eau chaude sanitaire on aura besoin de 2 à 8 m² par habitation, lui assurant entre 60 à 80 % de ses besoins.
- Pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage, 10 à 20 m² de capteurs peuvent couvrir 25 à 50 % des besoins domestiques de chauffage, en utilisant un plancher chauffant ou des radiateurs à basse température. Ce sont les systèmes solaires combinés (SSC).

➤ Pour le solaire photovoltaïque :

- Si on est raccordé au réseau : on injecte sur le réseau de distribution via un onduleur, la totalité ou le surplus de la production photovoltaïque. Une surface de capteurs comprise entre 25 et 30 m² fournit jusqu'à 3000 KWh/an.
- En site isolé : pour les bâtiments non raccordés au réseau, la production d'électricité est stockée dans des batteries garantissant localement les besoins de l'occupant.

- Donc de 8 à 10 m² de capteurs en conditions optimales d'orientation et inclinaison, fournit jusqu' à 1200 kWh/an. Une famille de quatre personnes consomme entre 2000 et 3000 kWh/an d'électricité spécifique (hors chauffage et eau chaude sanitaire), donc cette surface pourra leur couvrir entre 40 à 60% de leur consommation.

IV.3. Orientation et inclinaison

Les capteurs doivent impérativement avoir le compromis entre l'inclinaison et l'orientation.

- Pour juste le besoin en eau chaude sanitaire (CESI), l'inclinaison optimale étant de 45° (quelques chercheurs conseillent la valeur de la latitude de la région qu'on ajoute 10°), par exemple si on est dans une région de 35°, l'inclinaison optimale du capteur sera proche de 45°, est possible d'orienter entre 17° et 90°. L'orientation optimale étant en plein Sud, comme il est possible d'orienter vers l'Est ou l'Ouest.
- Pour le système solaire combiné (eau chaude sanitaire et chauffage), l'inclinaison optimale est de 60°, puisqu'il est essentiel de favoriser l'ensoleillement d'hiver, bas dans le ciel, les capteurs doivent impérativement être fortement inclinés, comme il est possible de les orienter entre 45° et 90°. L'orientation optimale est au plein Sud, avec possibilité au Sud ± 30°.
- Pour le photovoltaïque, une inclinaison optimale de 30°, avec possibilité d'aller entre 0° et 60°, c'est l'ensoleillement d'été qui sera prioritaire (saison de haute consommation de l'énergie électrique) pour maximiser la production surtout dans le cas où notre installation est raccordée au réseau. Une orientation optimale est toujours vers le Sud, et possible d'aller en Est et en Ouest.

IV.4. Eviter les risques...

➤ Les risques de masques solaires

Un masque solaire est ce qui empêche le rayonnement solaire direct d'atteindre le panneau solaire (qu'il soit thermique ou photovoltaïque), en clair ce sont des éléments qui font de l'ombre. La présence d'ombres sur un panneau solaire thermique est toutefois moins gênante que dans le cas d'un panneau solaire photovoltaïque, où la production chute à 0%, même si uniquement une partie de l'installation est à l'ombre. En prenant le temps de la réflexion, il est plutôt facile de déterminer les éventuels masques solaires présents ou futurs. Il suffit de regarder régulièrement son toit, à différentes saisons et à différents moments de la journée, la taille des ombres est en effet beaucoup plus importante en hiver. Un outil gratuit,

Google Sketchup permet facilement de modéliser des objets 3D comme votre maison et de simuler les ombres et donc identifier les menaces notamment des immeubles ou des arbres selon les époques de l'année.

➤ **Les éléments du toit**

En premier lieu, on peut citer les cheminées, les chiens-assis ou encore les antennes. Placées directement sur le toit, elles peuvent engendrer un ombrage conséquent sur votre installation comme le montre l'illustration. La surface des panneaux thermiques étant généralement réduite (2 à 4m²), il existe souvent une configuration qui permettra d'éviter les ombres sur les capteurs mais c'est un point important de vigilance.

➤ **Les arbres**

Les arbres constituent une menace d'ombrage bien réelle et parfois difficile à identifier car un arbre... ça pousse ! En effet, petit arbre deviendra grand et pourra poser problème dans 2, 5 ou 10 ans. Quand l'arbre est sur sa propriété pas de soucis, mais si c'est celui du voisin ou de la mairie, cela peut rapidement devenir compliquer. En sachant que les voisins d'aujourd'hui ne sont pas ceux de demain à qui il faudra gentiment demander de couper leur bel arbre...

➤ **L'environnement urbain**

Les immeubles (ou maison à étage) à proximité voire le mobilier urbain (poteau électrique par exemple) peuvent eux-aussi constituer une menace pour la performance des capteurs. Une observation rigoureuse ainsi qu'une modélisation permettront d'écarter tout danger.

➤ **Les risques de gel**

Généralement l'eau qui est chauffée par les capteurs contient généralement un additif, le glycol, qui sert d'antigel (aussi utilisé en géothermie ou dans les voitures par exemple). Les systèmes auto-vidangeables permettent également d'éviter les risques de gel.

➤ **Les risques de surchauffe**

Si l'on veut qu'un panneau solaire chauffe, on ne veut pas qu'il surchauffe sans quoi la température de l'eau pourrait monter à plus de 200°C et provoquer des dommages à l'installation. De plus, plus un capteur est chaud, moins il est performant (augmentation des pertes thermiques). Voyons comment éviter la surchauffe d'un capteur solaire.

IV.5. Un coût important pour une installation solaire

L'installation d'un système de production d'énergie solaire nécessite l'intervention de sociétés spécialisées afin de garantir un bon niveau d'efficacité. Mais il faut également

prendre en compte le coût élevé des matières premières du photovoltaïque. Ces deux aspects représentent donc souvent un coût élevé par rapport au rendement de l'installation solaire.

IV.6. Durée de vie limitée

Les panneaux solaires assurent un rendement photovoltaïque optimal pendant 25 ans. Au-delà, leur rendement diminue, et il faut penser à les changer. Il convient donc de prendre en compte ce facteur dans le calcul de l'amortissement d'une installation solaire.

V. Démarche d'intégration

La réussite d'une intégration solaire dépend de la conjugaison optimale des critères suivants qu'on considère primordiaux :

- **Minimiser l'impact visuel** des capteurs dans leur environnement proche et lointain, on doit apprendre à regarder le bâtiment dans son intégralité, et depuis plusieurs points de vue, de près ou de loin, nous permettant d'envisager les différents positionnements possibles pour le capteur et arrêter enfin notre choix.
- **Adapter la forme**, proportion et position du champ de capteur à la physionomie générale du bâtiment ; Veiller à respecter une certaine symétrie dans l'implantation des capteurs en alignant ce champ sur les différentes composantes du bâtiment (arches, ouvertures, etc.). Une autre alternative est envisageable, c'est de couvrir l'intégralité d'un pan de toiture.

- **Privilégier le capteur double fonction :**

La meilleure possibilité d'intégration est celle où le capteur devient un composant du bâti et non un simple élément technique rapporté. On distingue de nombreuses possibilités : fonction couverture, brise soleil, allège, garde-corps, fenêtre, verrière, bardage, mur-rideau, etc.

- **Marier performance et intégration :**

Une bonne intégration architecturale ne nuit pas aux performances globales du système, donc il faut veiller à bien optimiser l'inclinaison, l'orientation, éviter les ombres portées, etc. Pour maximiser la production d'électricité d'un générateur photovoltaïque, le capteur doit avoir une pente faible pour recevoir le rayonnement solaire plus important en été, bien au contraire pour le chauffage solaire les capteurs devront avoir une pente plus importante, donc une éventuelle installation des 2 types, seul un compromis permet une intégration esthétique et rendement.

- **Choisir le matériel adapté :**

Le marché du solaire s'est développé ces dernières années notamment en Europe, après la standardisation du matériel, on commence à proposer des types et accessoires facilitant

l'intégration du solaire dans le bâtiment, et offrant ainsi de diverses solutions pour l'usage recherché.

- **Intégration visuelle optimale :**

Les capteurs plans sont disponibles avec des coffres plus ou moins compatible avec celle de la toiture. Une vitre antireflet minimise l'impact visuel lointain. L'utilisation de raccords isolés colorés permet de passer les tubes plus discrètement.

- **Intégration physique dans la toiture :**

Certains capteurs sont dotés d'un double avis technique pour la fonction solaire et étanchéité, ils prennent leur rôle pour remplacer la couverture et se fondent dans la pente du toit, ils devraient être compatibles avec la pente de la toiture envisagée.

- **Intégration architecturale jugée réussie :**

Si la forme du champ de capteur et sa position dans la toiture ou la façade s'harmonise avec les proportions du bâtiment. Des capteurs verticaux ou horizontaux de formats variables permettent de trouver le meilleur compromis esthétique.

Actuellement des capteurs spécifiques innovants permettent d'ajouter au solaire une autre fonction dans le bâtiment, dont :

Pour la production d'électricité, capteurs à membranes souples, semi transparentes pour vérandas ou fenêtres, avec du silicium coloré.

Des systèmes de fenêtres de toit couplés à un capteur thermique, des capteurs mixtes thermiques/photovoltaïques.

❖ Conclusion

L'installation de panneaux solaires thermiques se démocratise puisque cette solution fait partie des solutions d'énergies renouvelables possibles. Ils sont d'ailleurs capables, certes de produire l'eau chaude sanitaire, mais aussi du chauffage (en partie). Malgré un investissement assez lourd, c'est une solution rentable surtout quand on connaît le poids important de la production d'eau chaude sanitaire dans les maisons thermiquement performantes. De nombreuses configurations sont possibles, et si l'orientation et l'inclinaison des panneaux est moins contraignantes que celles des panneaux solaires photovoltaïques, il n'en demeure pas moins que c'est là un point de vigilance très important. Ne faites confiance qu'aux entreprises avec un passé et de bonnes références, l'installation sur un toit reste délicate, notamment concernant l'étanchéité (selon les cas) et il faut donc mieux faire appel à un professionnel compétent.

Partie analytique

Chapitre IV

Analyse des

exemples

❖ Introduction

L'étude des exemples nous donne une expérience qui sera un bagage dans la Phase prochaine de notre travail, pour ce la on va étudier deux quartiers qui ont les Critères suivantes :

- leur aménagement intégrait les différentes techniques de l'énergie solaire et particulièrement les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques.
- l'information relative à la présentation du quartier était riche et disponible, tant au Niveau des descriptions que des illustrations ;

Les quartiers sélectionnés sont les suivants :

- ✓ **Vauban (Freibourg-en-Brigau – DE)**
- ✓ **Kronsberg (Hanovre - DE)**

I. L'analyse d'éco quartier Vauban (l'Allemagne)

I.1. Présentation du quartier

Le quartier **Vauban** s'est développé au sud de Freiburg, à 3 km du centre ville, sur les 38 ha du site d'anciennes casernes de l'armée française, avec pour objectif d'y loger plus de 5000 habitants et d'y créer 600 emplois.

La planification du quartier a démarré en 1993 et la phase de réalisation a débuté en 1997.

Dès le début, tous les problèmes (mobilité, énergie, logement, aspects sociaux, etc.) ont été discutés dans des groupes de travail ouverts aux habitants.

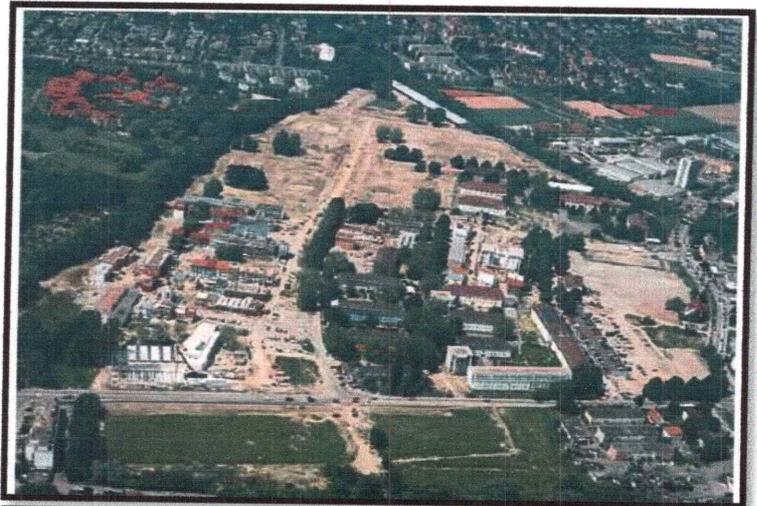


Figure. IV.1. Vue aérienne d'éco quartier Vauban
(Source : Quartiers durables- Guide d'expériences européennes
ARENE Ile-de-France - IMBE- Avril 2005)

I.2. Objectifs du quartier

Le principal objectif du projet est de mettre en place un quartier urbain de façon coopérative et participative, en conformité avec un certain nombre d'exigences écologiques, sociales, économiques et culturelles telles :

•**Social:** équilibre des groupes sociaux, intégration des nouveaux propriétaires d'immeubles, école primaire et jardins d'enfants, centres de quartier pour les interactions social, événements culturels, etc.

• **Environnement:** priorité aux piétons, aux cyclistes et aux transports en commun, unités de cogénération et chauffage à courte distance, tous bâtiments pourvus au moins de systèmes améliorés de basse consommation énergétique (65 kWh/m²/an)

Avec préférence marquée pour les propriétaires d'immeuble qui atteignent des standards de maison passive (15 kWh/m²/an) dans des zones spécialement délimitées, usage extensif de matériaux de construction écologiques et d'énergie solaire.

• **Economie:** équilibre des zones d'habitat et de travail, commerces de première nécessité au centre du quartier, division du terrain en petits lots et allocation préférentielle à des constructeurs privés ainsi qu'à des projets coopératifs.

I.3. La maîtrise du foncier

Grâce à sa maîtrise totale du foncier, la municipalité peut imposer ses choix lors de la conception du quartier et lors des ventes des terrains. Ses exigences, répercutées sur les promoteurs privés, sont de plusieurs ordres :

- architecturales, avec par exemple une hauteur maximale de 4 étages,
- urbaines, notamment en imposant une place de parking maximum par logement, dans un parc collectif situé à l'entrée du site et à un prix de vente dissuasif,
- sociales, dans le respect du principe de mixité,
- énergétiques, puisque la référence de consommation sera le label Habitat à basse énergie (<65 KW/m²/an) encore plus draconien que la norme allemande (100 KW/m²/an).

Ces exigences sont intégrées dans les différents documents contractuels.

Dès 1997, la viabilisation du quartier démarre. Sa construction s'organise alors en trois tranches successives.

• En avril 1998, les premières constructions (450 logements neufs) sont livrées et, dès septembre, plusieurs familles s'installent. Ce sont des immeubles d'habitation collectifs et des maisons en bande. Viennent s'y agréger des équipements scolaires et des commerces, ainsi que quatre bâtiments rénovés de l'ancienne caserne.

• Dès 1999, la deuxième tranche démarre. Elle concerne 86 parcelles d'une surface de 160 à 620 m² destinées à la construction de maisons en bande, de maisons jumelées et d'immeubles collectifs de 4 étages maximum.

• La fin de l'urbanisation, prévue en 2006, affiche un objectif de 2000 logements et de 5000 habitants.

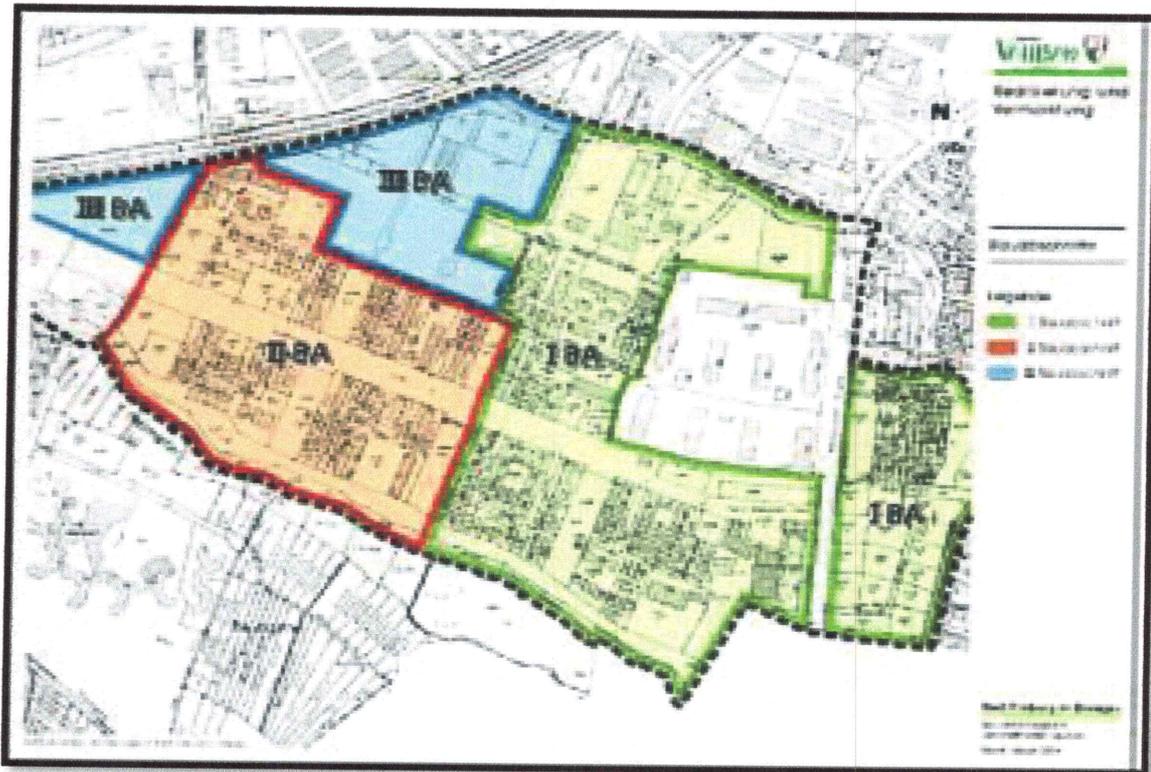


Figure. IV.2. processus d'urbanisation du quartier Vauban
(Source : Quartiers durables- Guide d'expériences européennes ARENE
IMBE- Avril 2005)

Ile-de-France

I.4. Un cadre et une qualité de vie

Parce qu'il est inventif et varié, dans ses formes anciens immeubles de caserne côtoyant des réalisations architecturales contemporaines- comme dans les couleurs des bâtiments, le quartier Vauban est très apprécié par les habitants. En effet, les conceptions des maisons d'une même rue ne sont pas confiées au même promoteur et l'extrême variété des façades mitoyennes tient à la possibilité pour chaque acquéreur de choisir la couleur de sa maison.

La préservation des arbres centenaires, mais aussi des jardins privatifs non clôturés contribuent à donner une impression d'espace ouvert favorable au bien-être des habitants.

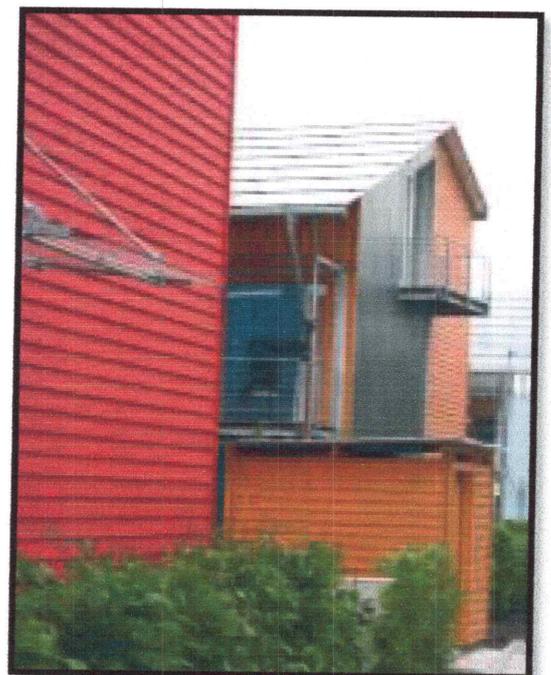


Figure. IV.3. Exemple d'habitations du quartier Vauban
(Source : Quartiers durables- Guide d'expériences européennes ARENE
Ile-de-France - IMBE- Avril 2005)

I.5. La maîtrise de l'énergie

Toutes les maisons du quartier sont conçues à partir de critères d'éco-construction et de haute performance énergétique. Ainsi, les constructions respectent un label "Habitat à basse consommation énergétique". Les solutions techniques adoptées sont intégrées dès la conception dans l'architecture des bâtiments.

Tous les nouveaux bâtiments consomment 65 kWh/m²/année; 92 unités correspondent à des standards de bâtiments passifs, avec une consommation de 15 kWh/m²/an; 10 unités à des bâtiments passifs améliorés, à savoir des bâtiments « énergie plus » (c'est-à-dire qui produisent plus d'énergie qu'ils n'en consomment) ; un réseau de chauffage à distance pour l'ensemble du quartier et des unités de cogénération, fonctionnant soit aux granulés de bois (80%) soit au gaz (20%), un usage actif de l'énergie solaire (2500 m² de panneaux photovoltaïques et 500 m² de panneaux solaires thermiques) font de Vauban l'un des plus grands quartiers solaires européens.

➤ L'énergie solaire : panneaux photovoltaïques et solaires

Dans la tranche la plus récente de construction du quartier Vauban, la toiture des petits immeubles accueille 2500 m² de panneaux photovoltaïques, parfaitement intégrés dans l'architecture des bâtiments.

Toutes les installations photovoltaïques sont raccordées au réseau national de distribution électrique, qui rachète le kWh excédentaire à environ 0,57 € (donnée 2004).

Des panneaux solaires sont également installés, notamment sur l'un des garages en silos du quartier. L'ensemble fait du quartier Vauban l'un des plus grands quartiers solaires d'Europe.

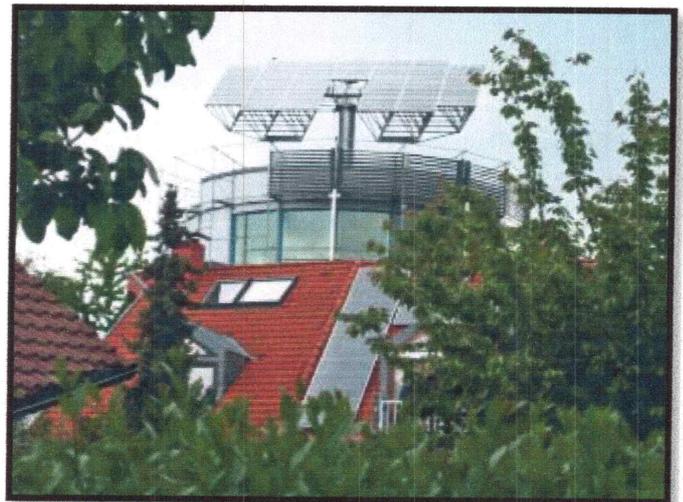


Figure.IV.4.Habitations avec panneaux solaires
(Source : Dossier « Urbanisme - énergie : les éco- quartiers en Europe » (Janvier 2008))

➤ Le système des panneaux photovoltaïques

- 1- Normale des deux batteries.
- 2- Dans le cas d'un arrêt prolongé, la recharge de la batterie alimentant la cellule devient impérative.
- 3- Un panneau captant l'énergie solaire permet la recharge des batteries par transformation de l'énergie.

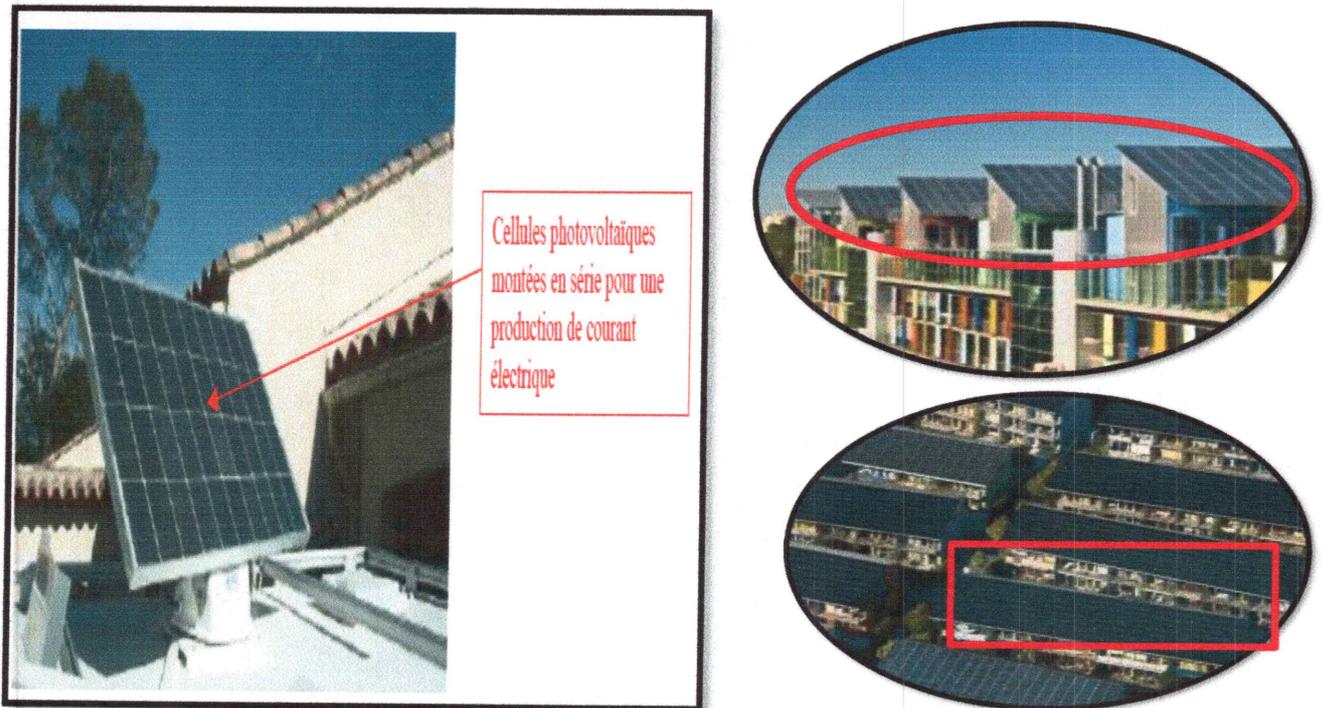


Figure. IV.5. Exemples des Panneaux photovoltaïques
(Source : www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr)

➤ Orientation

Le panneau doit être solaire perpendiculairement aux rayons du soleil afin d'avoir le meilleur rendement dans la transformation de l'énergie. Ce réglage varie dans la journée compte tenu de la rotation de la terre.

➤ Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du panneau solaire nécessite que la surface plane sur laquelle sont fixées les cellules photovoltaïques soit orthogonale aux rayons solaires pour une efficacité maximale.

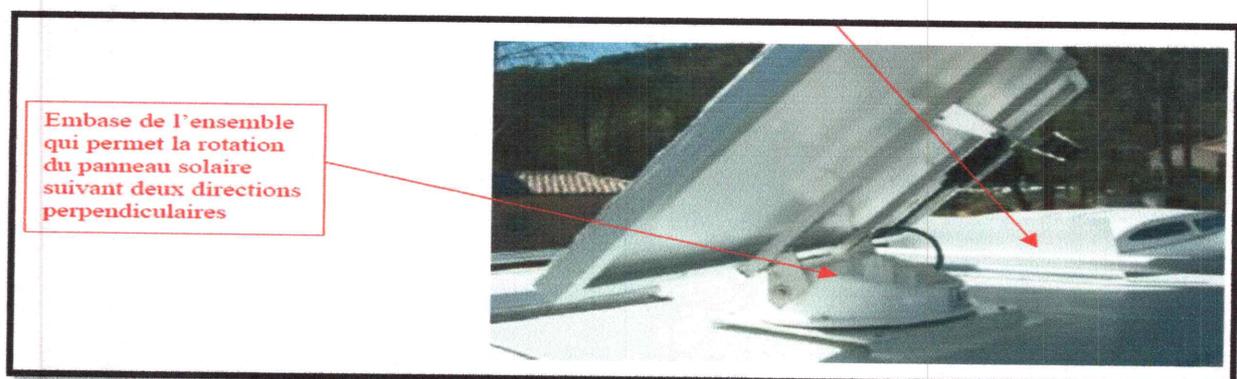


Figure. IV.6. Principe de fonctionnement d'un panneau solaire
(Source : www.ecoquartiers.developpement-durable.gouv.fr)

II. L'analyse d'éco quartier Kronsberg (Hanovre - DE)

II.1. Présentation du quartier

Kronsberg est un nouvel éco quartier de 1200 ha construit sur une zone de terrain en grande partie agricole située en bordure de ville. Le quartier se trouve au sud-est de Hanovre. Kronsberg est proche de la campagne tout en bénéficiant de tous les avantages de la proximité d'une zone urbaine : excellente desserte par les transports publics, emplois, infrastructures culturelles, commerciales et de loisirs.

Quand le quartier sera terminé, il comprendra 6000 logements pour 15000 habitants. Près de 3000 emplois ont d'ores-et-déjà été créés dans le voisinage immédiat.



Figure. IV.7. Situation de kronsberg
(Source : Quartiers durables- Guide
d'expériences européennes ARENE Ile-de-
France - IMBE- Avril 2005)

II.2. Objectif du quartier

L'objectif principal était de construire un quartier avec une bonne mixité fonctionnelle (résidence, loisirs et culture, commerce et agriculture) en tenant compte de la protection de l'environnement. L'application des principes du développement durable à la planification de Kronsberg a entraîné des contraintes considérables pour l'ensemble des contributeurs et acteurs locaux, qui avaient pour mission de parvenir à la meilleure qualité de vie possible tout en économisant au maximum sur l'utilisation de ressources naturelles.

II.3. la maitrise du foncier

La planification et la construction du quartier ont intégré trois thématiques : "l'optimisation écologique du quartier", "la ville et l'habitat social" et "la Ville est un jardin". Afin de garantir l'optimisation écologique du quartier, la norme Kronsberg a été instituée. Ce recueil d'exigences vise notamment des performances énergétiques ambitieuses et est applicable à toutes les constructions ainsi qu'aux espaces non bâtis du quartier.

L'équilibre social est obtenu de trois façons : grâce à la réalisation de logements de différents types, à la diversité de l'occupation (profils variés des ménages) et à des modes de

financement pluriels. L'ensemble concourt à un "esprit de quartier" : appartements à financements privés occupés par des propriétaires ou des locataires, logements subventionnés et 300 maisons mitoyennes en accession à la propriété.



Figure. IV.8. Quartier Kronsberg

Source : • "Guide du quartier de Hanovre - Kronsberg - Un modèle à vivre, un modèle à suivre" Projet SIBART, Ville de Hanovre, version française (Énergie-cités, ADEME) mai 2003.

II.4. La maîtrise de l'énergie

Pour le quartier de Kronsberg, le plan énergétique de Hanovre a formulé les cinq recommandations suivantes :

- les besoins énergétiques en chauffage pour les constructions neuves ne doivent pas dépasser 55 kWh /an. Ce niveau est essentiellement atteint par une isolation renforcée des éléments extérieurs du bâtiment.
- le réseau de chauffage urbain et la récupération de chaleur sont prioritaires.
- les bâtiments doivent obligatoirement avoir un système de chauffage central.
- aucun système de chauffage électrique n'est toléré.

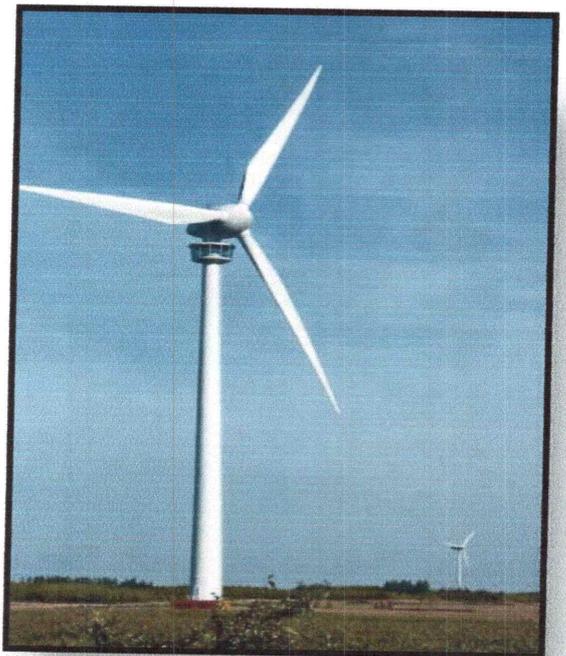


Figure. IV.9. Énergie renouvelable (éolienne)
(Source : KESSOURI, juin 2011)

- la longueur des tuyaux d'eau chaude, reliant les machines (à laver le linge et la vaisselle) et le système d'eau chaude, doit être la plus courte possible.

↓ **Les énergies renouvelables**

✓ **L'éolien**

Une petite éolienne de 300 kW fonctionne depuis 1990 sur le site de Kronsberg. Deux nouvelles ont été installées en 2000 à proximité du quartier. Elles tournent à pleine puissance depuis 2001 et produisent l'éolienne d'une puissance de 1,8 Mégawatts est installée dans le sud-est du quartier, au cœur d'une exploitation agricole spécialisée dans les produits biologiques. Celle de 1,5 mégawatt a été mise en place dans le cadre du projet expo 2000.

✓ **Le photovoltaïque**

L'énergie photovoltaïque n'a été développée qu'à la marge à Kronsberg. La puissance totale s'élève à 45 kW qui ont produit, en l'an 2000, environ 16 000 kWh. Parmi les réalisations exemplaires, citons :

- la maison de quartier et le centre d'art Korkus, quartiers durables-qui dispose d'une installation de 8 kW sur le côté sud du toit végétalisé et alimente en électricité les bureaux,
- l'école primaire possède une petite installation de 2 kW sur le toit de l'abri pour les voitures,
- le centre commercial et la centrale de cogénération ont leurs toits équipés respectivement d'une installation de 30 kW et de 5 kW. Par ailleurs, les pompes de relevage de l'eau de pluie sont stockées dans des citernes équipées chacune d'une petite unité photovoltaïque (55 kWh/m²/an).

Chapitre V

Synthèse et

Evaluation des

Résultats

D'après les informations recueillies dans notre recherche on a voulu l'étoffer par quelques recommandations et évaluations qu'on juge nécessaires et utiles pour notre futur projet :

✚ L'orientation des capteurs

Doit être plein sud d'une manière idéale. Toutefois, il faut tenir compte des deux paramètres suivants dans le cadre du choix d'une orientation :

- Les masques environnants,
- L'orientation du site.

Dans le cas où le site présente des masques importants à l'est (végétation, bâtiments, etc.), il est peut-être préférable d'orienter plus à l'ouest le champ solaire plutôt que de le placer plein sud. La production sera alors plus importante l'après-midi sans pour autant défavoriser le matin (qui n'est pas ensoleillé du fait des masques).

L'orientation du bâtiment est aussi à prendre en compte dans la mesure où les capteurs seraient placés sur la façade du bâtiment ou encore sur la toiture. il s'agit là d'intégrer au mieux les capteurs au bâti quitte à produire un peu moins d'énergie. ⁽¹⁾

✚ L'inclinaison des capteurs

✓ Pour juste le besoin en eau chaude sanitaire (CESI)

L'inclinaison optimale étant de 45° (quelques chercheurs conseillent la valeur de la latitude de la région qu'on ajoute 10°), par exemple si on est dans une région de 35° , l'inclinaison optimale du capteur sera proche de 45° , est possible d'orienter entre 17° et 90° . L'orientation optimale étant en plein Sud, comme il est possible d'orienter vers l'Est ou l'Ouest.

✓ Pour le système solaire combiné (eau chaude sanitaire et chauffage)

L'inclinaison optimale est de 60° , puisqu'il est essentiel de favoriser l'ensoleillement d'hiver, bas dans le ciel, les capteurs doivent impérativement être fortement inclinés, comme il est possible de les orienter entre 45° et 90° . L'orientation optimale est au plein Sud, avec possibilité au Sud $\pm 30^\circ$.

❖ Pour le photovoltaïque

Une inclinaison optimale de 30° , avec possibilité d'aller entre 0° et 60° , c'est l'ensoleillement d'été qui sera prioritaire. ⁽²⁾

¹ REJENET, J.2006. *Intégration architecturale. Système thermiques. Composant solaires*

² BENAMRA Mostefa Lamine, 2013. *Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale.*

↓ Le positionnement des capteurs

Le positionnement des capteurs et leur intégration au bâtiment ou au site doivent être étudiés précisément de manière à garantir un rendement satisfaisant tout en respectant les règlements d'urbanisme.

La pose des capteurs solaires thermiques peut se faire :

- ✓ Sur une toiture terrasse.
- ✓ Intégré dans une toiture en pente.
- ✓ Intégré en façade.
- ✓ Intégré sur un auvent ou une verrière.
- ✓ Positionné sur un garde-corps.
- ✓ Au sol sur des châssis métalliques. ⁽³⁾

↓ Dimensions du panneau solaire

➤ Pour le solaire thermique

La taille des panneaux solaires thermiques à installer sera différente selon l'utilisation :

- **Pour un chauffe-eau** : on prévoit un ballon d'environ 200 à 300 litres pour un foyer de 4 personnes. Le volume est variable selon la présence ou non d'une énergie d'appoint. Cette installation nécessite un panneau thermique de 2 à 5 m² selon l'ensoleillement de la zone.
- **Pour un chauffage central** : 10 à 30 m² de panneaux solaires thermiques (selon la taille du logement) peuvent couvrir jusqu'à 60% de vos besoins en chauffage.
- **Pour un système combiné chauffage/eau chaude** : on prévoit en général 10 à 20 m² de panneaux solaires thermiques (environ 15 m² pour un logement de 4 personnes). peuvent couvrir 25 à 50 % des besoins domestiques de chauffage, en utilisant un plancher chauffant ou des radiateurs à basse température. Ce sont les systèmes solaires combinés (SSC).

➤ Pour le solaire photovoltaïque

- Si on est raccordé au réseau : on injecte sur le réseau de distribution via un onduleur, la totalité ou le surplus de la production photovoltaïque. Une surface de capteurs comprise entre 25 et 30 m² fournit jusqu'à 3000 WC.
- En site isolé : pour les bâtiments non raccordés au réseau, la production d'électricité est stockée dans des batteries garantissant localement les besoins de l'occupant.
- Donc de 8 à 10 m² de capteurs en conditions optimales d'orientation et inclinaison, fournit jusqu'à 1200 kWh/an. Une famille de quatre personnes consomme entre 2000 et 3000

³ REJENET, J.2006. *Intégration architecturale. Système thermiques. Composant solaires*

kWh d'électricité spécifique (hors chauffage et eau chaude sanitaire), donc cette surface pourra leur couvrir entre 40 à 60% de leur consommation.

- Dans ce contexte, il semble nécessaire que plus de mesures devraient être prises au niveau politique pour favoriser les recherches dans ce domaine, et inciter les consommateurs à y investir. ⁽⁴⁾

↓ Dimensionnement des besoins

➤ Pour le panneau solaire photovoltaïque :

Dans les conditions optimales d'orientation et d'inclinaison un panneau solaire photovoltaïque (hors chauffage et eau chaude sanitaire) fournit jusqu'à 3000KWh/an qui nécessite une surface de (25-30 m²)

Tout en sachant qu'une famille de 4 personnes consomme entre (2000-3000KWh/an) Qui veut dire que pour une famille de 4 personnes on a besoin d'un panneau de 25-30 m² de surface.

On supposant que :

-Le nombre de logements est de 135 logements ainsi que le nombre des personnes par logement est de 4-5 personnes. Alors le nombre des personnes dans 135 logement est de : (540-675) personnes.

- La production d'un panneau solaire photovoltaïque dans un logement de 4 personnes est de 2000-3000 KWh/an d'électricité (prenant en compte que cette quantité d'électricité peut couvrir 60% du besoin), donc pour un nombre de 135 logements :

- la production doit être varié de (270000-405000 KWh/an).
- La surface nécessaire du panneau pour couvrir les besoins d'électricités est de : **3780m²**

➤ Pour le panneau solaire thermique :

Dans les conditions optimales d'orientation et d'inclinaison un panneau solaire thermique tout en sachant que le système appliqué est un système solaire combiné (eau chaude + chauffage) :

-Pour couvrir 25-50% des besoins domestiques de chauffage et d'eau chaude sanitaire, la surface nécessaire du panneau est 10-20m²(pour une famille de 5 personnes).

-Si on prend un nombre de (540-675 personnes) et pour couvrir 50% des besoins d'eau chaude et de chauffage, le panneau solaire thermique doit avoir d'une surface de : **2700m²**

⁴ BENAMRA Mostefa Lamine, 2013. *Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale.*

Notre travail futur se repose sur ce système mixte qui combine entre le panneau solaire thermique et le photovoltaïque, qui produit à la fois de l'électricité et de la chaleur.

Conclusion générale

❖ **Conclusion générale**

Bien que le solaire est, depuis la création de cet univers par le tout puissant, et reste pour l'homme une source inépuisable pour se procurer de l'énergie en chaleur en s'exposant à ses rayons, au moment du froid, pour son corps ou bien ouvrir son logis par des solutions passives pour y bénéficier.

Le soleil participe à tous les mouvements naturels qui se déroulent autour de la terre, soit pour la poussée des différentes végétations et leur séchage pour être une source d'énergie en bois et charbon, Soit pour l'évaporation des mers et océans. Et suite à l'utilisation des sources d'énergie fossiles et leur effet nuisible sur l'environnement, la recherche d'autres alternatives énergétiques de remplacement est imminente. De ce fait l'énergie solaire s'avère la plus pratique, et en particulier le solaire pour produire l'électricité ou produire l'eau chaude sanitaire.

L'économie d'énergie est une priorité élevée dans les pays. Pour cette raison, des mesures d'efficacité énergétique sont de plus en plus mises en œuvre dans tous les secteurs. le secteur résidentiel est responsable d'une part importante de la consommation d'énergie dans le monde et particulièrement dans l'Algérie. La plupart de cette énergie est utilisée pour le chauffage, le refroidissement et les systèmes de ventilation artificielle. En vue de développer l'efficacité énergétique des structures, un ensemble des critères de conception des constructions peuvent réduire la demande d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments résidentiels. Ces critères sont basés sur l'adoption des paramètres appropriés pour l'orientation du bâtiment, forme, systèmes d'enveloppe.

Pour une bonne efficacité énergétique, nous devons prendre en considération une conception efficace du bâtiment. Cette dernière revient à bien choisir l'orientation, la compacité du bâtiment, la position et le type de vitrages ainsi que les matériaux de l'enveloppe. L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment et notamment l'application des panneaux solaires est la meilleure alternative afin de diminuer les dépenses énergétique et les émissions des gaz à effet de serre. Soit le solaire thermique pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, aussi le solaire photovoltaïque afin de produire l'électricité.

Les démarches financières et des campagnes d'information et de sensibilisation afin de faire connaître au public les différentes possibilités de réalisation que représente la conversion directe du rayonnement solaire en énergie soit en chaleur ou en électricité. En effet le solaire représente une solution parmi d'autres pour répondre à la fois à la consommation énergétique importante de nos bâtiments et au danger que peut représenter une telle consommation sur notre environnement (émission de CO₂, déchets nucléaires, etc.). Sera-t-il, à long terme, une réelle solution écologique et économique ? Certains paramètres nous le font espérer. Cependant, il reste beaucoup de choses à accomplir au niveau technique et des interrogations sont toujours présentes pour affirmer que le solaire possède un réel avenir.

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

1. ALAZARD, R et all. 2013. *Maîtriser le risque lié aux Installations photovoltaïque* [en ligne].
2. AXENNE. 2008. *L'énergie solaire thermique usages résidentiel et collectif* [en ligne]. Guide
3. BELLARA, S. 2005. *Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective, Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine* [en ligne]. Mémoire de magister en architecture, Université de Constantine.
4. BENAMRA, M. 2013. *Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale* [en ligne]. Mémoire de magister en architecture, Université de Biskra.
5. BENSACI, W. 2012. *Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT* [en ligne]. Mémoire de master en Génie électrique, Université Kasdi Merbah–Ouargla.
6. BONNET, C. 2005. *Intégration architecturale des systèmes solaires thermique actifs* [en ligne]. Mémoire de fin étude en architecture, ENTPE.
7. BOUFFARD, E. 2013. *Conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception* [en ligne]. Mémoire en architecture, Université de Québec canada.
8. CAILELAU, B. 2007. *Etude expérimentale de l'intégration de capteurs solaires thermiques* [en ligne]. Mémoire de fin étude en architecture, ENTPE.
9. CAILLEAU, B. 2007. *Intégration des captures solaires thermiques en façade. Etude expérimentale des performances des systèmes* [en ligne]. Mémoire de Master en Génie civil, ENTPE.
10. CHARLOT-VALDIEU, C et all. 2011. *L'urbanisme durable : concevoir un éco quartier*. 2^{ème} Edition. Le moniteur, France.
11. CHARRIER, S. 2007. *Etude des interactions entre les systèmes solaires actifs et passifs dans les bâtiments à basse consommation d'énergie* [en ligne]. Mémoire de fin étude en architecture, ENTPE.
12. CHEVER, L. 2007. *Intégration technique et architecturale des systèmes solaires thermiques* [en ligne]. Mémoire de Master en Génie civil, ENTPE.
13. LINCOT, D. 2008. *Les filières photovoltaïques en couches minces et leurs perspectives d'application à l'habitat* [en ligne].

14. HESPUL. 2013. *Energies renouvelables et efficacité énergétique* [en ligne]. Rapport d'activités.
15. HETZEL, J. 2003. *Haute qualité environnementale du cadre bâti-Enjeux et pratiques, Saint-Just-La-Pendue* [en ligne]. Edition CHIRAT, France.
16. L'Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) et l'Ordre des Architectes du Languedoc-Roussillon. 2000. *Architecture solaire et conception climatique des bâtiments* [en ligne].
17. LARONDE, R. 2011. *Fiabilité et durabilité d'un système complexe dédié aux énergies renouvelables Application à un système photovoltaïque* [en ligne]. Thèse de doctorat, Université d'Angers.
18. LIEBARD, A. 2005. *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Edition de moniteur, PARIS.
19. MAZARI, M. 2012. *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* [en ligne]. Mémoire de magister en architecture, Université de Tizi Ouzou.
20. MISSOUM, M. 2011. *Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie* [en ligne]. Mémoire de magister en Génie mécanique, Université de Chlef.
21. Office fédéral des questions conjoncturelles. 1994. *Production d'eau chaude solaire : Dimensionnement, montage, mise en service, entretien* [en ligne].
22. PEUPORTIER, B. *Eco-conception des bâtiments, Bâtir en préservant l'environnement* [en ligne]. Edition les presses de l'Ecole des Mines, Paris.
23. RAFFENEL, Y. 2008. *Optimisation du contrôle thermique dans une habitation multi sources* [en ligne]. Thèse de doctorat, l'école centrale de Lyon.
24. REJENET, J. 2006. *Intégration architecturale. Systèmes thermiques. Composant solaires. Capteurs* [en ligne]. Mémoire de fin étude en architecture, ENTPE.
25. VAN ELSLANDE, H. 2007. *Intégration des capteurs solaires thermiques en façade. Etude expérimentale des impacts des systèmes sur le confort intérieur* [en ligne]. Mémoire de Master en Génie civil, ENTPE.

❖ **Web graphie**

- <http://www.caue-mp.fr/uploads/protectionsolaire2.pdf?1280497514>. Page Consulté le 08/02/2015
- http://www.ebanque-pdf.com/fr_dispositifs-de-protection-solaire-architecture.html page consulté le : 08/02/2015
- http://www.caue13.com/caue13/resource/download/guide_manuel_archi_nrij_efficace_web.pdf page consulté le : 15/02/2015
- https://lecorbusierinpar.files.wordpress.com/2013/02/2012_soleil-lumic3a8re-et-chaleur-dans-larchitecture-moderne-excursions-dans-loeuvre-de-le-corbusier.pdf. page Consulté le : 16/02/2015
- https://lecorbusierinpar.files.wordpress.com/2013/02/2012_soleil-lumic3a8re-et-chaleur-dans-larchitecture-moderne-excursions-dans-loeuvre-de-le-corbusier.pdf. page Consulté le : 26/02/2015
- https://lecorbusierinpar.files.wordpress.com/2013/02/2012_soleil-lumic3a8re-et-chaleur-dans-larchitecture-moderne-excursions-dans-loeuvre-de-le-corbusier.pdf. page Consulté le : 26/02/2015
- https://lecorbusierinpar.files.wordpress.com/2013/02/2012_soleil-lumic3a8re-et-chaleur-dans-larchitecture-moderne-excursions-dans-loeuvre-de-le-corbusier.pdf. page Consulté le : 01/03/2015
- http://www.ademe-poitou-charentes.fr/sites/default/files/files/domaines%20d'intervention/energies%20et%20mati%c3%a8res%20renouvelables/solaire%20thermique/guide_dintegration_architecturale.pdf. page Consulté le : 06/03/2015
- <http://www.culture.gouv.fr/culture/politique-culturelle/photovoltaique.pdf>. page Consulté le : 10/03/2015
- <http://www.culturecommunication.gouv.fr/content/download/35424/288345/version/1/file/energie-solaire.pdf> page Consulté le : 16/03/2015
- <http://www.cogesol.be/usr/documentation/capteurs%20solaire%20thermique.pdf>. Page Consulté le : 16/05/2015
- <http://www.ademe-poitou-charentes.fr/sites/default/files/files/domaines%20d'intervention/énergies%20et%20mati%c3%a8res%20reno> page consulté le : 21/03/2015
- <http://www.essonne.gouv.fr/content/download/5113/33324/file/fiche+panneauxsolaires.pdf>. uvelables/solaire%20thermique/guide_dintegration_architecturale.pdf. page Consulté le : 21/03/2015
- http://www.caue-mp.fr/uploads/82_solaire_thermique.pdf. page Consulté le : 21/03/2015

ملخص

الشمس هي مصدر الطاقة غير محدودة تقريبا، فإنه يمكن أن تغطي عدة آلاف المرات استهلاكنا الكلي من الطاقة. ولذلك، سعى الإنسان طويلا ليكتف إنتاج هذه الطاقة الهامة و ليوزعها في جميع أنحاء العالم.

تشهد الجزائر مؤخرا ارتفاع مكثف في تحقيق مشاريع بناء ذات طابع عام، والتي لا تخضع لمعايير تنظيمية في مجال الطاقة الحرارية، وهذا ما يخلف بناء غير مريح ومستهلك للطاقة .

بالتالي فإن البحث عن مصادر الطاقة المتجددة كالرياح، المياه، والشمس، أصبح أكثر من ضروري، فمثلا استعمال تكنولوجيا الألواح الشمسية سواء الخاصة بتوليد الطاقة الحرارية أو الكهرباء يعتبر عامل مهم في تخفيض استهلاك الطاقة داخل بنايات ومن ثمة المساهمة بشكل فعال في اقتصاد البلاد.

ولتحقيق الأهداف المسطرة في البحث والتأكد من مدى صحة الفرضيات، قمنا بدراسة بعض الأمثلة عن بنايات تطبق فيها تقنية الألواح الشمسية، وذلك لمعرفة القواعد الأساسية (الاتجاه، الميل، القياسات...) لتطبيق هذه الألواح داخل بنايات وتأثيرها على مدى فعاليتها.

الكلمات المفتاحية : الهندسة الشمسية، المسكن الحضري، الطاقة المتجددة، الراحة الحرارية، لوحة للطاقة الشمسية.

Résumé

Le soleil est une source énergétique quasiment illimitée, il pourrait couvrir plusieurs milliers de fois notre consommation globale d'énergie. C'est pourquoi, l'homme cherche depuis longtemps à mettre à profit cette énergie importante et diffusée sur l'ensemble de la planète.

L'Algérie connue ces derniers temps, une augmentation excessive en matière des projets de bâtiments à caractère public, qui ne s'adaptent pas aux exigences réglementaires thermiques et énergétiques, se qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores.

Ainsi, la recherche de sources d'énergie renouvelables telles que le vent, l'eau, le soleil, est devenu plus que nécessaire, par exemple, l'utilisation de la technologie des panneaux solaires à la fois pour la production d'électricité ou d'énergie thermique est un facteur important dans la réduction de la consommation d'énergie dans les bâtiments, et il est de contribuer efficacement à l'économie du pays.

Afin de répondre aux objectifs de notre recherche et pouvoir tester la validité de nos hypothèses, nous avons étudié quelques exemples de bâtiments appliquant la technique des panneaux solaires, afin de connaître les règles de base (direction, orientation, mesures ...) Pour l'intégration de ces panneaux à l'intérieur des bâtiments et leur impact sur leur efficacité.

Mots clés : Architecture solaire, Habitat urbain, Energie renouvelable, Confort thermique, Panneau solaire.



Abstract

The sun is a source of energy that is almost unlimited, it could cover several thousand times our overall energy consumption. Therefore, man has long sought to build on this important energy and distributed throughout the world.

Algeria has know, this last time, an intensive increase concerning the realization of several projects of general nature, which are not subject to regulatory requirement in the filed of thermal energy. This results in buildings that are uncomfortable and energy consuming.

Thus, the search for renewable energy sources such as wind, water, sun, has become more than necessary, for example, the use of solar panels technology both for the production of electricity or thermal energy is an important factor in reducing energy consumption in buildings, and it is to contribute effectively to the country's economy.

In order to achieve the objectives underlined in the research and make sure the validity of hypotheses, we studied some examples of buildings where solar panels technique applied, so as to know the basic rules (direction, orientation, measurements ...) to apply these panels inside the buildings and their impacts on their effectiveness.

Keywords: Solar Architecture, Urban Habitat, Renewable energy, thermal comfort, Solar Panel.