

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture

Spécialité : Architecture

Option : Architecture Ecologique

Présenté par : DJABRI Rabiaa

**Titre : Vers une architecture solaire des résidences
universitaires**

**Cas d'étude : Résidence universitaire « SALAH Yahia » à
Guelma**

Sous la direction de : DECHAICHA Assoule

Juin 2017

DÉDICACE

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à :

Mes chers parents pour leur patience, leur amour, leur soutien, et leur encouragement.

Mes frères : Fouaz, Saci e Mohamed et ma sœur : Ilhem.

Sans oublier mes amies et camarades pour leur soutien, et leurs compréhensions.

Je vous dis MERCI

DAJBRI Rabiaa

REMERCIEMENT

A l'occasion de ma soutenance, je tiens à remercier vivement DIEU, le tout puissant qui a éclairé mon chemin, et pour la patience et la force qu'il m'a donné afin de réaliser ce travail.

Mes respects s'adressent particulièrement à mon promoteur: Pr. DECHAICHA Assoul, pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer cette recherche, pour ses multiples conseils et pour toutes les heures qu'il a consacrées à diriger ce travail. J'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de mon parcours de recherche.

Mes chaleureux remerciements vont également à Mlle. Larget Hadjer pour son aide à l'installation et à la bonne maîtrise du logiciel de simulation.

Mes sincères remerciements et profonde gratitude vont au chef de département Mr BOUDJAHM Rafiq et tous les enseignants du département d'architecture de GUELMA sans oublier ceux qui m'ont formé pendant toutes mes années d'études.

Je tiens aussi à remercier tous mes amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

DJABRI Rabiaa

RÉSUMÉ

Le bilan environnemental enregistré durant ces dernières décennies signale un constat alarmant : dégradation de l'environnement, épuisement des ressources naturelles, pollution ascendant, etc. Des conséquences néfastes à l'échelle planétaire telle que le réchauffement climatique et les risques environnementaux ont amené l'humanité à s'inquiéter de plus en plus sur l'avenir environnemental de notre planète. Ces enjeux portent sur une question essentielle : l'énergie.

Dans une optique plus écologique, les alternatives de durabilité nécessitent d'une part, la réduction de la consommation énergétique et à profiter, d'autre part, des énergies primaires dites renouvelables telles que : l'énergie solaire, éolienne, hydraulique, la géothermie, la biomasse, etc. Parmi ces ressources énergétiques dites propres, l'énergie solaire est disponible à tous les niveaux du globe terrestre.

Malgré qu'elle est abondante en Algérie, le secteur de bâtiment n'as pas convenablement exploité cette ressource dite écologique. À travers cette étude, nous essayerons de mettre en évidence l'importance et l'efficacité de l'énergie solaire entant qu'alternative pertinente à intégrer dans le processus de conception architecturale. Nous tenterons d'examiner ce choix énergétique avec une application sur un projet de résidence universitaire existante dans la ville de Guelma en s'appuyant sur la simulation architecturale comme outils méthodologique d'évaluation et d'estimation. Les résultats ont montré que les panneaux photovoltaïques peuvent répondre aux besoins thermiques et énergétiques avec un rendement favorable.

Mots clés : Architecture écologique, énergie solaire, architecture solaire, efficacité énergétique.

ملخص

الخصيلة البيئية المسجلة خلال العقود الأخيرة تشير الى وضعية مثيرة للقلق: التدهور البيئي واستنزاف الموارد الطبيعية وارتفاع نسبة التلوث... الخ. جلبت عواقب وخيمة على نطاق عالمي مثل ظاهرة الاحتباس الحراري والمخاطر البيئية مما دفع بالإنسانية للقلق أكثر وأكثر عن المستقبل البيئي لكوننا وتعلق هذه الظواهر بقضية اساسية: الطاقة.

من المنظور البيئي بدائل الاستدامة تتطلب من جهة الحد من استهلاك الطاقة ومن جهة أخرى الاستفادة من بما يسمى الطاقة الأولية المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والطاقة المائية والطاقة الحرارية الأرضية، والكتلة الحيوية، الخ

بين هذه الموارد الطاقية والمسماة النظيفة، الطاقة الشمسية التي تتوفر على جميع المستويات من الكرة الأرضية.

على الرغم من أنها متوفرة في الجزائر، فإن قطاع البناء لم يستغل بشكل كاف هذا المورد البيئية. من خلال هذه الدراسة، سنحاول تسليط الضوء على أهمية وكفاءة الطاقة الشمسية كبديل متوافق على ادماجه في عملية التصميم المعماري. سنحاول دراسة هذا الاختيار الطاقى مع التطبيق على مشروع سكن موجود في مدينة قالمة بالاعتماد على المحاكاة المعمارية باعتبارها أداة منهجية للتقييم والتقدير.

وأظهرت النتائج أن ألواح الخلايا الشمسية تستطيع ان تلبى الاحتياجات الحرارية والطاقية مع مردود ملائم .

الكلمات المفتاحية: العمارة البيئية، الطاقة الشمسية، الهندسة المعمارية الشمسية، كفاءة الطاقة، المحاكاة.

Abstract

The environmental record recorded over the last decades indicates an alarming fact: environmental degradation, depletion of natural resources, rising pollution, etc. Global harmful consequences such as global warming and environmental hazards have caused humanity to become increasingly worried about the environmental future of our planet. These issues address a key issue: energy.

In a more environmentally friendly way, sustainability alternatives require, on the one hand, reducing energy consumption and taking advantage of so-called renewable primary energies such as: solar, wind, hydro, geothermal , Biomass, etc. Among these so-called clean energy resources, solar energy is available at all levels of the globe.

Although it is abundant in Algeria, the building sector has not properly exploited this so-called ecological resource. Through this study, we will try to highlight the importance and effectiveness of solar energy as a relevant alternative to integrate into the architectural design process. We will attempt to examine this energy choice with an application on an existing university residence project in the city of Guelma, using architectural simulation as a methodological tool for evaluation and estimation. The results showed that photovoltaic panels could meet thermal and energy requirements with a favorable rounding

Keys words: ecological architecture, solar energy, solar architecture, energy efficiency, simulation

SOMMAIRE

DÉDICACE	I
REMERCIEMENT	II
RÉSUMÉ	III
TABLE DE FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX	VII
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Problématique :	2
Hypothèses :	3
Objectifs :	3
Structure de mémoire :	3
Méthodologie.....	4
CHAPITRE I : L'ÉNERGIE SOLAIRE : UN POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE MOINS EXPLOITÉ EN ALGÉRIE	5
Introduction	5
I.1. Problématique et enjeux énergétiques	5
I.1.1. La consommation énergétique dans le monde : Ressource, production et consommation d'énergie à l'échelle mondiale (un modèle énergétique permanent)...	5
I.1.2. Les énergies fossiles : la surexploitation des ressources fossiles.....	6
I.1.3. Réchauffement climatique et pollutions atmosphériques : le stress mondial	7
I.1.4. Pollutions atmosphériques causées du GES.....	11
I.1.5. La consommation énergétique dans l'Algérie.....	11
I.1.6. L'énergie solaire en Algérie : potentiel énergétique inépuisable.....	13
I.2. Les énergies renouvelables.....	15
I.2.1. Assurer une transition énergétique.....	15
I.2.2. Les énergies renouvelables.....	16
I.2.3. Economiser les énergies	16
I.2.4. Sources énergétiques renouvelables.....	17

SOMMAIRE

I.3. L'énergie solaire : potentiel énergétique durable	18
I.3.1. Notions et concepts	18
I.3.2. L'énergie solaire : source d'énergie renouvelable	19
I.3.3. Les systèmes solaires	20
Conclusion :	26
CHAPITRE II :L'ARCHITECTURE SOLAIRE : UNE ARCHITECTURE SOUTENABLE À EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE	27
Introduction :	27
II.1. L'Architecture solaire : Pour une architecture consciente à l'énergie	27
II.1.1. Définition de l'architecture solaire.....	28
II.1.2. Intégration de l'énergie solaire à l'architecture.....	28
II.1.3. Etat de lieux : Constats de l'intégration des systèmes solaires à l'architecture	29
II.1.4. Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires passifs et actifs.....	30
II.2. Efficacité énergétique des bâtiments	32
II.2.1. Définition des concepts	32
II.2.2. Mesures d'efficacité énergétique :	33
II.2.3. Programmes d'efficacité énergétique en Algérie	40
Conclusion.....	44
CHAPITRE III :CAS D'ÉTUDE ET APPLICATION : LA SIMULATION THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	46
Introduction	46
III.1.La simulation en architecture	46
III.1.1. Définition de la simulation.....	46
III.1.2. Intérêts de la simulation	46
III.1.3. Méthodes de simulation	47
III.2.Simulation thermique : chauffage / climatisation.....	48

SOMMAIRE

III.2.1. Le logiciel <i>TRNSYS</i> : un outil de simulation thermique et énergétique	48
III.3. Cas d'étude et application	50
III.3.1. Présentation du cas d'étude : la résidence universitaire 'YAHYA SALEH' Guelma.....	50
III.3.2. Aspect énergétique : simulation et évaluation.....	54
Conclusion.....	63
CHAPITRE IV :PROJET D'INTERVENTION : ANALYSE, PROGRAMMATION ET INTERVENTION	64
Introduction	64
IV.1. Analyse de terrain d'intervention.....	64
IV.1.1. Présentation du site.....	64
IV.1.2. Analyse géomorphologique.....	65
IV.1.3. Analyse urbaine.....	65
IV.1.4. Analyse topographique.....	66
IV.1.5. Synthèse	67
IV.1.6. Analyse climatique et bioclimatique	68
IV.2. Analyse des exemples	76
IV.2.1. Résidence universitaire '166 LOGEMENTS ETUDIANTS PARIS 13 ^e '... ..	76
IV.2.2. Résidence universitaire Bures de Wuppertal	80
IV.3. Programmation spatiale et fonctionnelle.....	83
IV.3.1. Programme officiel.....	83
IV.3.2. Programme retenu	84
IV.4. Genèse et démarche de projet	85
IV.5. Schéma de principe	85
CONCLUSION GÉNÉRALE	92
BIBLIOGRAPHIE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DE FIGURES

Figure 1 : Consommation mondiale d'énergie primaire.....	6
Figure 2 : Emission de charbon fossile.....	7
Figure 3 : Causes et effets du réchauffement du aux gaz à effet de serre.....	9
Figure 4 : Emission des GES dans le monde par secteur en 2004 ¹⁷	10
Figure 5 : Consommation énergétique en Algérie dans le secteur ménager.....	12
Figure 6 : Irradiation globale journalière reçue sur plan : a. Horizontal au mois de Juillet b.normal au mois de Juillet horizontal au mois de décembre normal au mois de décembre ...	14
Figure 7 : Les différentes sources énergétiques dans le monde sont toutes issues du soleil....	17
Figure 8 : L'énergie solaire : ce qui reçoit la terre du soleil.....	19
Figure 9 : Le solaire passif et actif.....	20
Figure 10 : Les applications de l'énergie solaire.....	20
Figure 11 : Principes du chauffage solaire passif.....	21
Figure 12 : Mur trombe de la bibliothèque des sciences de l'université de Versailles.....	21
Figure 13 : Exemple de chauffage solaire passif.....	22
Figure 14 : Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire thermique.....	23
Figure 16 : Panneaux solaires thermiques non vitrés QUICK STEP® intégrés au bâtiment ..	23
Figure 15 : Panneaux solaires thermiques à tubes sous vide.....	23
Figure 17 : Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque.....	25
Figure 18 : Technique du panneau solaire photovoltaïque pouvant être utilisé de trois façons : 1) directement sur place, 2) envoyé au réseau, 3) stocké dans des batteries.....	25
Figure 19 : Les panneaux solaires photovoltaïques de la maison de proche de Gap.....	26
Figure 20 : Les possibilités d'intégration solaire architecturale.....	29
Figure 21 : Habitation Imagine Rommen, Norvège.....	30
Figure 22 : Laboratoire d'énergie Xelios, Italie (Studio Marco Acerbis).....	31
Figure 23 : Siège social Tobias Grau, Allemagne (BRT architecte.....	31
Figure 24 : Les mesures d'efficacité énergétiques passives.....	33
Figure 25 : Déperditions comparées de l'enveloppe de différents logements de 96 m ²	34
Figure 26 : la course du soleil suivant la saison.....	34
Figure 27 : Les systèmes d'isolation.....	37
Figure 28 : Les types de ventilation naturelle.....	38
Figure 29 : Prototype MED ENEC à Souidania.....	43
Figure 30 : Le plan de la maison prototype.....	44

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 31 : logiciel de calcul d'ombrage.....	47
Figure 32: Logiciel ECOTECT de simulation d'éclairage naturel et artificiel.....	48
Figure 33 : Plan de situation.....	50
Figure 34 : a. Plan de masse b. Blocs sur lesquelles l'application de diagramme est faite.....	51
Figure 35 : a. Données des températures b. Données des précipitations c. Données de durée d'insolation	52
Figure 36 : Plan EDC et étage courant	52
Figure 37 : Façade	53
Figure 38 : Plan de masse.....	53
Figure 39 : Interface de simulation	55
Figure 40 : Liaison entre éléments de projet	55
Figure 41 : Temps de simulation.....	55
Figure 42 : Résultat de simulation (Calcul).....	56
Figure 43 : Classification de la chambre RDC.....	56
Figure 44 : Résultat de simulation (Calcul)	58
Figure 45 : Classification de la chambre intermédiaire.....	58
Figure 46 : Résultat de simulation (Calcul)	60
Figure 47 : Classification de la chambre dernière étage	60
Figure 48 : Caractéristique du panneau solaire utilisé	61
Figure 49 : Situation du terrain par rapport à : a. la ville b. le quartier.....	64
Figure 50 : Limites de terrain	65
Figure 51 : Accessibilité de terrain	66
Figure 52 : Levée topographique du terrain	66
Figure 53 : Coupe longitudinale de terrain.....	66
Figure 54 : Coupe transversale de terrain.....	67
Figure 55 : variation de la température mensuelle	69
Figure 56 : variation de la température mensuelle	69
Figure 57 : Variation de la précipitation mensuelle	70
Figure 58 : variation de vitesse des vents mensuelle	70
Figure 59 : Variation de durée d'insolation mensuelle	71
Figure 60 : Diagramme psychrométrique de Guelma	74
Figure 61 : Calcul de la position du soleil dans le ciel.....	74
Figure 62 : Carte des vents.....	75
Figure 63 :R.U 166 logements étudiants.....	76

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 64 : Plan de situation.....	76
Figure 65 : Limite du projet	77
Figure 66 : Plan de masse.....	77
Figure 67 : 3D du projet illustrant le principe constructif.....	78
Figure 68 : plan d'étage R+2.....	79
Figure 69 : R.U Bures de Wuppertal.....	80
Figure 70 : Plan de situation.....	81
Figure 71 : façade du projet.....	81
Figure 72 : plan d'étage R+2.....	82
Figure 73 : Schéma de principe (la méthode de conception)	86
Figure 74 : Schéma indiquant les axes principaux.	86
Figure 75 : Schéma indiquant les principaux accès	87
Figure 76 : Schéma indiquant l'organisation spatiale du projet.....	88
Figure 77 : Schéma de principe du projet	89

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les différents types d'énergie primaire.....	6
Tableau 2 : Evolution de l'activité gazière en Algérie.....	12
Tableau 3 : Evolution de la consommation électrique en Algérie	13
Tableau 5 : Taux d'ensoleillement pour chaque région de l'Algérie du pays.....	14
Tableau 6 : Caractéristiques dimensionnelles des différentes espaces du bâtiment de référence	43
Tableau 7 : Données de la température mensuelle	68
Tableau 8 : Données d'humidité mensuelle	69
Tableau 9 : Données de précipitation mensuelle.....	69
Tableau 10 : Données de vitesse des vents	70
Tableau 11 : Données d'insolation mensuelle.....	70
Tableau 12 : Programme officiel.....	83
Tableau 13 : Programme retenu	84

INTRODUCTION GÉNÉRALE

«L'architecture est fatalement climatique, il n'y a architecture que lorsqu'il y a contraintes. Le climat en est une à laquelle on n'échappe pas »¹

La production de l'énergie sous toutes formes occupe de nos jours les débats économiques et politiques ; le recours aux énergies primaires dans le domaine de l'architecture et el secteur de bâtiment a pour but de répondre au besoin de ses occupants.

Les gouvernements de l'environnement ont encouragé et accéléré le développement d'une architecture solaire de haute qualité. Comme son nom l'indique, porte à la fois sur les qualités architecturales du bâtiment et sur l'intégration du solaire visant une haute performance énergétique.

L'intégration de l'énergie solaire dans le processus architecturale permet de produire un cadre bâti mieux adapté aux tendances écologique, qui cherchent une meilleure conciliation entre les trois composantes de l'environnement : l'homme (utilisateur ou producteur), l'environnement et le climat.

Plusieurs étude et recherche, ont souligné l'efficacité de cette source abondante en Algérie sur les plans : techniques, économiques, et esthétiques.

L'architecte, premier acteur de la ville, est appelé à être inscrit dans toute approche environnementale et toute action interviennent sur le cadre bâti en valorisant la conception solaire entant que choix énergétique écologique.

A cet effet, ce travail, est une tentative à la conception d'une nouvelle résidence universitaire en utilisant des panneaux solaires.

L'objectif étant d'optimiser le confort thermique, hiver comme été, et de réduire les besoins en chauffage et climatisation, mais le but essentiel est de réduire la consommation énergétique de l'électricité spécifique, d'où l'intitulé « Architecture solaire et Efficacité énergétique» et qui s'articule autour de 2 axes :

¹ Pierre Lavigne, « Concevoir des bâtiments bioclimatiques », le moniteur, 2009.

INTRODUCTION GENERALE

- Architecture solaire : Concevoir une nouvelle architecture qui intègre au mieux l'exploitation de l'énergie solaire dans le bâtiment aux avantages multiples, permettant un confort optimal.
- Efficacité énergétique : Faire du bâtiment une petite unité d'économie d'énergie et de production énergétique à l'aide des panneaux solaires, et maîtriser sa consommation en optimisant le fonctionnement des équipements domestiques (lampes à basse consommation, etc....).

Problématique :

Le bilan environnemental enregistré durant les dernières décennies signale un constat alarmant : dégradation de l'environnement, épuisement des ressources naturelles, pollution ascendant...etc.

Des conséquences néfastes à l'échelle planétaire tel que le réchauffement climatique et les risques environnementaux ont amené l'humanité à s'inquiéter sur l'avenir environnementale de notre planète. Ces enjeux portent sur une question essentielle : l'énergie. Un tel engagement consiste inévitablement à réduire, d'une part, la consommation énergétique et à profiter, d'autre part, des énergies primaires dite renouvelables : l'énergie solaire éolienne, hydraulique ; la géothermie ; la biomasse...Avec pour conséquence une réduction de l'exploitation des énergies fossiles telles le pétrole, le charbon et le gaz naturel. De toutes les ressources énergétiques renouvelables. Parmi ces ressources énergétiques dites propre, l'énergie solaire est disponible à tous les niveaux du globe terrestre.²

L'énergie solaire en Algérie est une source abondante qui n'est pas vulgarisée. Cependant, l'État algérien s'est engagé à développer des solutions économiques et écologiques en investissant dans les énergies renouvelables.

Bien qu'elle est abondante en Algérie, le secteur de bâtiment n'as pas exploité cette ressource dite écologique dans toute les régions du pays.

Dans la ville de Guelma, les équipements universitaires notamment les résidences universitaires qui reçoivent un nombre important d'utilisateurs (étudiants) présentent une

² Émilie. Bouffard, '*Conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception*' thèse de magister de l'université de LAVAL, Québec Canada, 2013

INTRODUCTION GENERALE

consommation énergétique assez remarquable ce qui constitue de surcharge économique insupportable.

Ce constat nous amène à s'interroger sur l'utilité et l'efficacité de l'énergie solaire comme élément conceptuel dans la production de cette catégorie d'équipements.

La question principale qui s'impose est la suivante :

Comment peut-on montrer l'efficacité de l'énergie solaire en tant que source énergétique renouvelable dans le processus de la production architecturale ?

Hypothèses :

Pour répondre à la problématique posée, nous avons opté pour l'hypothèse suivante :

Vu que L'énergie fossile est désormais une ressource épuisable et polluante, l'énergie solaire est l'une des énergies renouvelable qui peut constituer une alternative pertinente.

Objectifs :

Notre travail de recherche se situe dans le contexte d'intégrer l'architecture solaire dans le processus de la conception de notre projet résidence universitaire et minimiser la consommation énergétique à travers l'énergie solaire. Les objectifs de cette recherche sont :

- 1) Montrer l'importance de l'énergie solaire comme une énergie renouvelable dans la conception du projet architecturale.
- 2) Vulgariser l'énergie solaire comme un choix stratégique pour une politique de durabilité architecturale et urbaine.

Structure de mémoire :

Notre mémoire est structuré en deux parties : partie théorique et partie pratique. La première partie théorique consiste à une analyse conceptuelle des différentes notions et concepts clé énoncés dans l'hypothèse. La seconde partie est une partie analytique mettant en examen notre cas d'étude. Globalement, cette étude est structurée en quatre chapitres comme suit :

- Le Premier chapitre, est une revue bibliographique concernant les aspects généraux des concepts clés autour desquels s'articule notre thème de recherche ainsi un aperçu sur l'impact

INTRODUCTION GENERALE

de l'énergie primaire et leurs conséquences sur le changement climatique et la transition énergétique vers les énergies renouvelable notamment l'énergie solaire en Algérie.

- Le deuxième chapitre, rassemble des généralités sur l'architecture solaire et son intégration dans le projet architecturale, la performance énergétique et l'efficacité énergétique des panneaux solaires dans les équipements de haute consommation énergétique (dans notre cas les résidences universitaires).

- Le troisième chapitre, est consacré pour la partie pratique dont on a effectué étude de cas d'une résidence universitaire dans la ville de Guelma pour ensuite passer à la simulation de la consommation énergétique de trois chambres et calculer les énergies générées par les panneaux avec le logiciel *TRNSYS.16*.

Calcul des énergies générées par les panneaux en les comparants avec les besoins énergétiques, et qui touchent plus précisément la consommation d'électricité spécifique.

- Le quatrième chapitre, est dédié à l'analyse des exemples et la programmation ainsi l'analyse du terrain.

Il est à noter que les chapitres finissent par des conclusions intermédiaires et à la fin du document, une conclusion générale sur ce travail est donnée et des perspectives de développement et de travaux futurs sont dégagées.

Méthodologie

Après une analyse conceptuelle développée dans la partie théorique et après un dressement de l'état de l'art, nous avons adopté une méthodologie en s'appuyant sur les outils technologiques offertes par la simulation architecturale entant qu'outil d'aide à la conception et à l'évaluation énergétique sur ces deux volts : consommation thermique et énergétique par l'intermédiaire du logiciel *TRNSYS*.

CHAPITRE I : L'ÉNERGIE SOLAIRE : UN POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE MOINS EXPLOITÉ EN ALGÉRIE.

Introduction

La production de l'énergie sous toutes formes occupe de nos jours les débats économiques et politiques ; le recours aux énergies primaires dans le domaine de l'architecture et el secteur de bâtiment a pour but de répondre au besoin de ses occupants, donc in nous parait important d'exhiber dans ce chapitre, les définitions des notions ayant un rapport avec l'énergie et l'architecture à savoir l'énergie fossile, énergie renouvelable, énergie solaire...

I.1. Problématique et enjeux énergétiques

L'utilisation de l'énergie a une grande partie de responsabilité dans les problèmes environnementaux de la planète. Non seulement l'ensemble de ressources naturelles est en train de s'épuiser, mais l'exploitation et la consommation de combustibles fossiles génèrent de la pollution à plusieurs niveaux, dont la conséquence la plus grave est le changement climatique.³

En effet, la consommation énergétique repose essentiellement sur les combustibles fossiles, ils représentent un peu plus de 80% de l'énergie primaire³⁹ consommée sur la planète. Le pétrole et le gaz représentent 57 % de la fourniture d'énergie primaire et le charbon 23%.⁴

Le monde est entré dans une ère de transition énergétique qui impose la réduction de la consommation d'énergie et l'utilisation des ressources renouvelables.

I.1.1. La consommation énergétique dans le monde : Ressource, production et consommation d'énergie à l'échelle mondiale (un modèle énergétique permanent)

La consommation énergétique mondiale a augmenté de 40% entre 1990 et 2008. Cette augmentation est due à l'augmentation de la population et à la croissance économique qui transforme les modes de vie.⁵

³ Ministère de l'Écologie du Développement durable des Transports et du Logement, *Les essentiels du développement durable*, Février 2012

⁴ AIE – Agence Internationale de l'énergie. 2004

⁵ Intelligent energy europe, *énergie bits*

CHAPITRE I

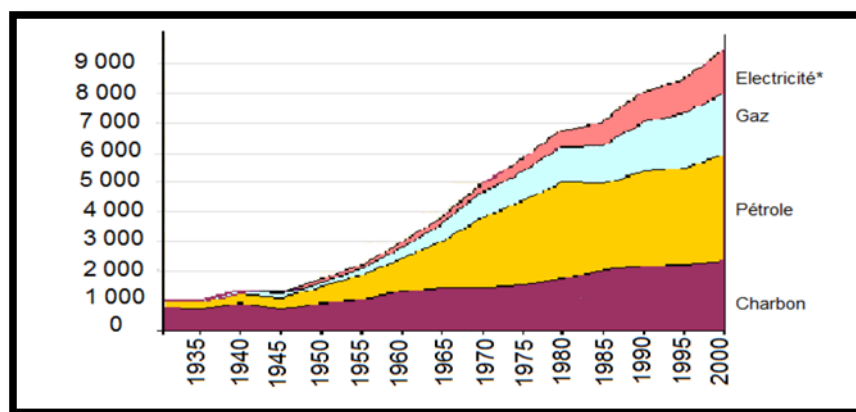


Figure 1 : Consommation mondiale d'énergie primaire.

Source : agence internationale de l'énergie (IEA)

I.1.2. Les énergies fossiles : la surexploitation des ressources fossiles

I.1.2.1. Qu'est-ce que l'énergie fossile : Sources d'énergies qui ne sont pas

renouvelables – c'est-à-dire qu'elles ne peuvent se renouveler en proportion de la consommation qui en est faite – et vont donc, tôt ou tard, s'épuiser.⁶

La consommation d'énergie non renouvelable est indispensable à l'économie. Elle varie en fonction du taux d'équipement (véhicules, chauffage/climatisation, appareils électroménagers, appareils électroniques). A l'échelle mondiale, selon L'AIE (Agence Internationale de l'Energie) **l'industrie consomme 29% des énergies primaires, le transport 27% et le résidentiel 23 %**. Ainsi plus un pays est développé plus il consomme d'énergies⁷.

I.1.2.2. Différents types d'énergies fossiles :

	Source d'énergie	Mix énergétique mondial 2011	Principaux usages	Avantages	Inconvénients
Non renouvelables	CHARBON	29 %	Chauffage, électricité, industrie chimique	Abondant	Fortes émissions de CO2
	PETROLE	31 %	Transports, électricité, industrie pétrochimique	Usages polyvalents et bonne adaptation aux transports	Réserves limitées, fortes émissions de CO2, tensions géopolitiques
	GAZ NATUREL	21 %	Chauffage, électricité, transports	Stockage assez facile	Réserves limitées, Infrastructures coûteuses, assez fortes émissions de CO2
	NUCLEAIRE	5 %	Electricité	Pas d'émissions de CO2	Installations coûteuses et dangereuses, stockage des déchets

Tableau 1 : Les différents types d'énergie primaire.

Source : IEA

⁶ [ewebpedagogique.com/education-developpement durable/files/2012/05/Besoin en énergie et gestion des ressources version prof-2.pdf](http://www.ewebpedagogique.com/education-developpement-durable/files/2012/05/Besoin-en-energie-et-gestion-des-ressources-version-prof-2.pdf)

⁷ [http://Chiffres-clés de l'énergie](http://Chiffres-clés-de-l'énergie), édition 2011. SOeS – chiffres de consommation 2010.

CHAPITRE I

I.1.2.3. Conséquences majeurs des énergies fossiles :

- Réchauffement climatique à cause de l'émission des gaz à effet de serre.
- Bouleverse les grands équilibres écologiques et menace à terme la planète.⁸

I.1.3. Réchauffement climatique et pollutions atmosphériques : le stress mondial

I-1-3-1 Le réchauffement climatique : une urgence écologique

a. Définition du réchauffement climatique

Également appelé réchauffement planétaire ou réchauffement global, est un phénomène d'augmentation des températures sur la plus grande partie des océans et de l'atmosphère terrestre, mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies, et qui traduit une augmentation de la quantité de chaleur retenue à la surface terrestre.⁹

Le réchauffement climatique apparaît comme une menace majeure pour le monde. Les activités humaines dans les villes se traduisent également par des émissions importantes de gaz à effet de serre. D'après le 4ème rapport du GIEC¹⁰ (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), ces émissions seraient pour la plupart responsables de l'augmentation de la température de la planète.¹¹

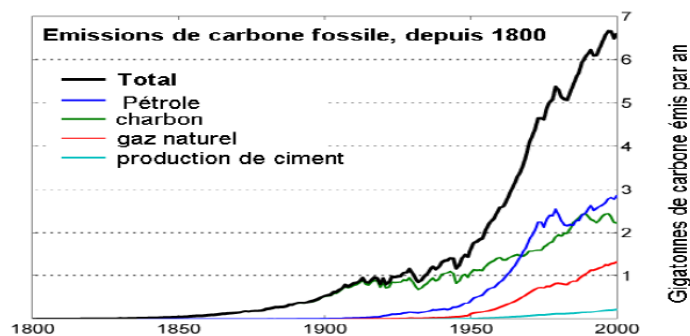


Figure 2 : Emission de carbone fossile.

Source : CDIAC 2007

⁸ Manuel ; 'Gérer les ressources terrestres. L'enjeu énergétique'. La Russie p. 114, 116 et 118

⁹ Alain Liébard, 'traité d'architecture et urbanisme', éd observatoire des énergies renouvelable, p35, France

¹⁰ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – GIEC. En anglais IPCC – International panel on climate change. Cette organisation, créée en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, a pour mission l'évaluation scientifique des risques de changement climatique causées par l'homme. Elle a produit quatre rapports d'évaluation : en 1990, 1995, 2001 et 2007. Son cinquième rapport (AR5) apparaîtra en 2014. Source : <http://www.ipcc.ch/>

¹¹ Le 4ème rapport du GIEC annonce un 90% de certitude contre 66% de certitude présenté dans le 3ème rapport de 2001

Les divergences persistantes concernent l'importance du phénomène : trois scénarios différents sont d'actualité. Ils prévoient respectivement, pour la fin du siècle, une hausse de 1,8°C (scénario B1), de 2,8°C (scénario A1 B), ou de 3,4°C (scénario A2). Si la hausse des températures est une certitude, les différentes prévisions – et l'imprévisibilité relative de cette hausse – soulèvent des questions. La façon de résoudre les problèmes énergétiques nécessite de prendre au sérieux le réchauffement climatique rapide actuellement observé.¹²

b. Conséquences du réchauffement climatique

Selon le GIEC, les conséquences, très concrètes, du réchauffement seraient multiples :

- Vagues de chaleur plus nombreuses,
- Sécheresses,
- Inondations,
- Précipitations violentes,
- Cyclones plus intenses, acidification des océans...
- Niveau de l'élévation de la mer (entre 20 et 60 cm de plus d'ici la fin du siècle) serait particulièrement dramatique dans les régions côtières très peuplées

Certes, les impacts du réchauffement climatique ne seraient pas les mêmes suivant les régions. Citons ici directement le dernier rapport du **GIEC** :

« Il existe des écarts considérables entre les régions, et celles dont la situation économique est la plus défavorable sont souvent les plus vulnérables aux changements climatiques et aux dommages qui s'y associent, en particulier en présence de stress multiples. On a davantage de raisons de penser que certains segments de la population deviennent plus vulnérables, notamment les pauvres et les personnes âgées, dans les pays en développement comme dans les pays développés. Par ailleurs, de plus en plus d'éléments semblent indiquer que les zones peu développées ou situées aux basses

¹² Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, 2007, p.19

CHAPITRE I

latitudes, notamment les régions sèches et les grands deltas, seront davantage exposées.
».¹³

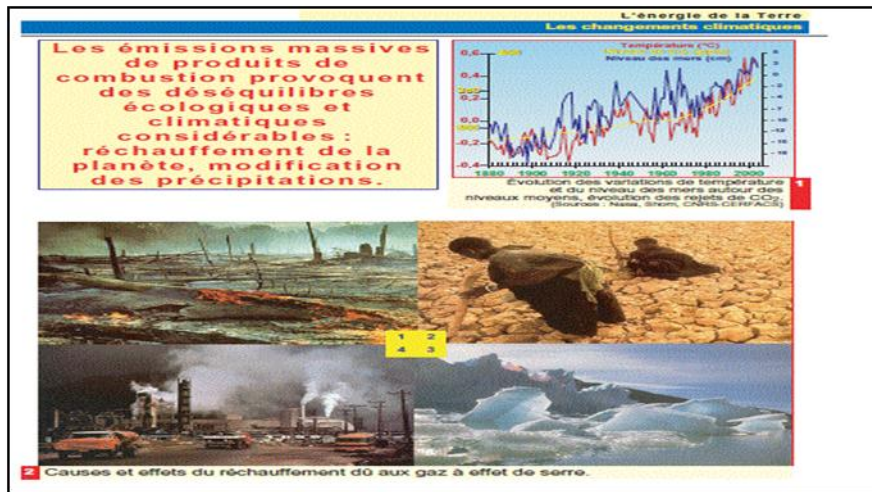


Figure 3 : Causes et effets du réchauffement dû aux gaz à effet de serre.

Source : CDIAC, 2007

c. Résultats de quelques conférences sur les changements climatiques

-Conférence de Rio : les Etats prend conscience des problèmes des émissions de CO2 liées aux énergies fossiles.

-Protocole de Kyoto de 1997, signé par 184 Etats, visait la réduction des gaz à effet de serre.

-Du 30 novembre au 11 décembre 2015, s'ouvre une nouvelle conférence sur le climat à Paris, la COP21, qui doit aboutir à un accord pour réduire les GES pour limiter le réchauffement climatique. Afin de réduire les GES dus aux énergies fossiles les Etats doivent engager leur transition énergétique.¹⁴

I-1-3-2 Emissions des gaz à effets de serre

Les émissions de gaz à effet de serre (CO2) : produites par oxydation du carbone dans la combustion du gaz, du charbon, du bois, et du pétrole sont liées à la consommation d'énergie.

¹³ http://www.gabrielperi.fr/assets/files/pdf/les_enjeux_energetiques.pdf

¹⁴ GIEC (2008). Changements Climatiques 2007. Rapport de Synthèse. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf

CHAPITRE I

L'accroissement de la concentration des gaz à effet de serre est source d'un effet de serre additionnel qui provoque le réchauffement climatique. Principalement l'utilisation d'énergies fossiles telles que le charbon, le pétrole et le gaz naturel, qui ont provoqué l'émission de tout ce CO₂.¹⁵

d. Sources des GES

Les émissions de GES sont générées principalement par :

- les activités dans les secteurs de l'énergie, des transports, de l'industrie, de l'agriculture et du bâtiment, qui ont recours pour la plupart à la combustion d'hydrocarbures.
- Les émissions ont augmenté d'environ 70% entre 1970 et 2004.
- Le dioxyde de carbone (CO₂) étant la principale source, a augmenté de 80% dans la même période.
- La majeure partie de la hausse d'émissions de CO₂ provient l'approvisionnement en énergie et du transport routier.
- Les émissions de méthane (CH₄) ont augmenté d'environ 40% par rapport à 1970, dont 85% proviennent de l'utilisation des combustibles fossiles.
- L'agriculture reste cependant la plus grande source d'émissions de méthane.¹⁶

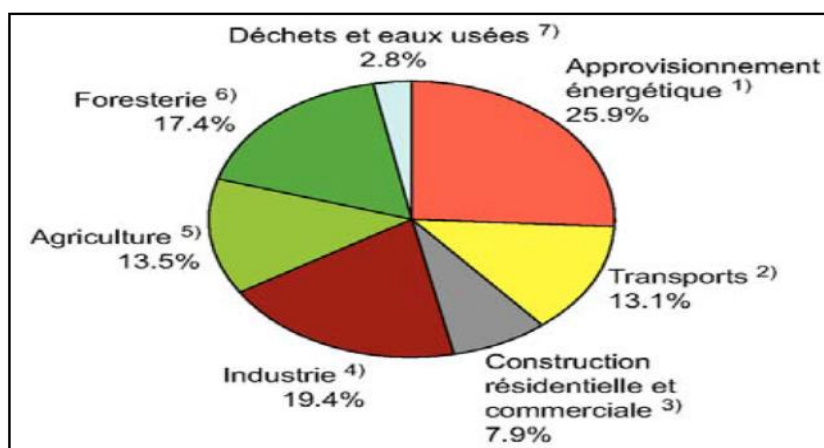


Figure 4 : Emission des GES dans le monde par secteur en 2004 ¹⁷

¹⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. <http://www.ipcc.ch/>

¹⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. <http://www.ipcc.ch/>

I.1.4. Pollutions atmosphériques causées du GES

L'émission des gaz à effet de serre ne produit pas seulement un réchauffement climatique néfaste pour l'Homme, mais entraîne aussi une pollution locale menaçant de destruction de son habitat et dégradant sa santé : en milieu urbain, la qualité de l'air est très dégradée et affecte la santé publique : on compte 45 000 décès par an directement imputables aux particules, soit dix fois ceux liés aux accidents de la route. L'exploitation intensive des ressources fossiles carbonées, c'est aussi les pluies acides, la déforestation, l'épuisement des sols, **les pollutions atmosphériques...** Les effets locaux de la pollution qui, parce que plus visibles, peuvent déclencher une véritable prise de conscience collective de l'urgence écologique.¹⁷

I.1.5. La consommation énergétique dans l'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 gaz naturel qui constitue 60% de ses réserves en énergie fossile, alimente à hauteur de 30% de ses revenus en devises.¹⁸

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.¹⁹

Les différents types d'énergie dans le secteur résidentiel nous servent globalement à quatre différents usages :²⁰

- Le chauffage représente la plus forte consommation environ 60% de l'énergie domestique ;

¹⁷ 'Organisation mondiale de la santé (OMS), est une institution spécialisée de l'Organisation des Nations unies (ONU) pour la santé publique créée en 1948.

¹⁸ S. Assyl, Revue de SONATRACH, Réseau N°3 Avril 2004, p30.

¹⁹ . YACEF. A, Séminaire sur « L'économie de l'énergie », Alger, Avril 1997.

²⁰ CHITOUR. Chams Eddine, *L'énergie- Les enjeux de l'an 2000*, Alger : Office des Publications Universitaires OPU, 1991, p 41.

CHAPITRE I

- 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%.

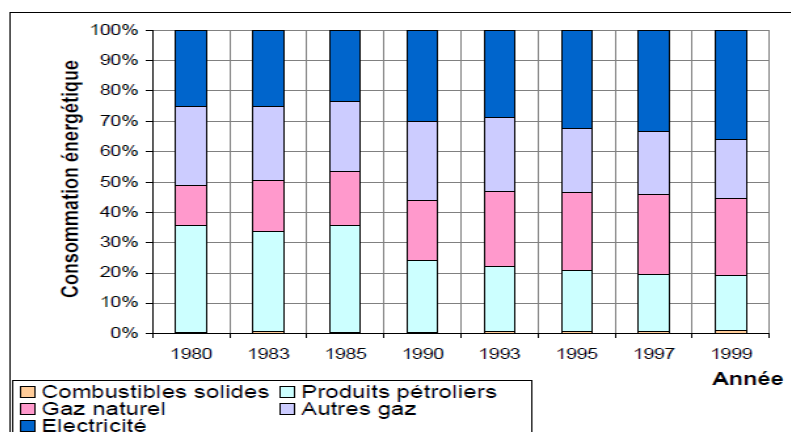


Figure 5 : Consommation énergétique en Algérie dans le secteur ménager

(Source : Ch.E. Chitour, 1994 d'après Boutarfa, DGE, 2000)

I.1.5.1. Consommation du gaz naturel en Algérie

Selon Chitour, la consommation intérieure du gaz naturel par habitant a démarré en 1961 au rythme de 156 millions de m³, atteindront 1,4 milliard de m³ en l'an de 2000. Le tableau 03 - donne l'évolution de la consommation du gaz de 1980 à 1999 :

	Unité	1980	1983	1985	1987	1990	1993	1995	1999
Consommation Par habitant	Milliers de tonnes	851	1020	1210	1369	1552	723	1541	1662
Nbr de villes alimentées	-	1	22	50	80	150	nd	nd	nd

Tableau 2 : Evolution de l'activité gazière en Algérie.

(Source : Ch.E. Chitour, 1994 d'après Boutarfa, DGE, 2000)

CHAPITRE I

I.1.5.2. Consommation de l'électricité en Algérie

La consommation et la production de l'électricité a augmenté de 1980 à 1990 avec un rythme soutenu d'environ 41,5 % et de 61,5% de 1990 à 2000. Voir tableau -03-

	Unité	1976	1980	1985	1990	1995	1999	2000	2001	20082
populatio n	milliers	16450	18666	21863	25022	28060	29965	30416	30879	3137
consomm ation	GWh	321	5392	9408	13008	15697	19932	21144	22245	23202
Nombre abonnées	-	1161651	1602362	2296755	3159680	3934619	nd	544000	nd	89700

Tableau 3 : Evolution de la consommation électrique en Algérie

(Source: Ch.E. Chitour, 1994, DGE, 2000)

L'Algérie, ayant ratifié toutes les conventions cadre internationales notamment celles liées à la préservation 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 elle s'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 2012.²¹

I.1.6. L'énergie solaire en Algérie : potentiel énergétique inépuisable

L'Algérie en particulier et les pays du Maghreb ont un potentiel solaire élevé. Les taux d'irradiation solaire effectués par satellites par l'Agence Spatiale Allemande (DLR), montrent des niveaux d'ensoleillement exceptionnels de l'ordre de 1200 kWh/m²/an dans le Nord du Grand Sahara. Suite à une évaluation par satellites, l'Agence Spatiale Allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit : 169.000 TWH/an pour le solaire thermique, 13,9 TWH/an pour le solaire photovoltaïque]. Cette énergie renouvelable présente à l'heure actuelle une réponse aux

²¹ Bulletin des énergies renouvelables N°2 Décembre 2002, p6.

CHAPITRE I

problèmes environnementaux et aux émissions de gaz à effet de serre qui menace la planète entière et une solution durable à la crise actuelle de l'énergie.²²

I.1.6.1. Le potentiel solaire

L'Algérie possède un gisement solaire parmi les plus élevés dans le monde, la durée moyenne d'ensoleillement dans le Sahara algérien est de 3500 heures, ce potentiel peut constituer un facteur important de développement durable dans cette région, s'il est exploité de manière économique, le tableau suivant indique le taux d'ensoleillement pour chaque région de l'Algérie du pays.²³

Régions	Régions plateaux	Haut plateaux	Sahara
superficie	4%	10%	86%
Durée moyenne d'ensoleillement (H/ an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (Kwh/m ² /an)	1700	1900	2650

Tableau 4 : Taux d'ensoleillement pour chaque région de l'Algérie du pays.

Source: Journal of Scientific Research N° 0 vol. 1 (2010)

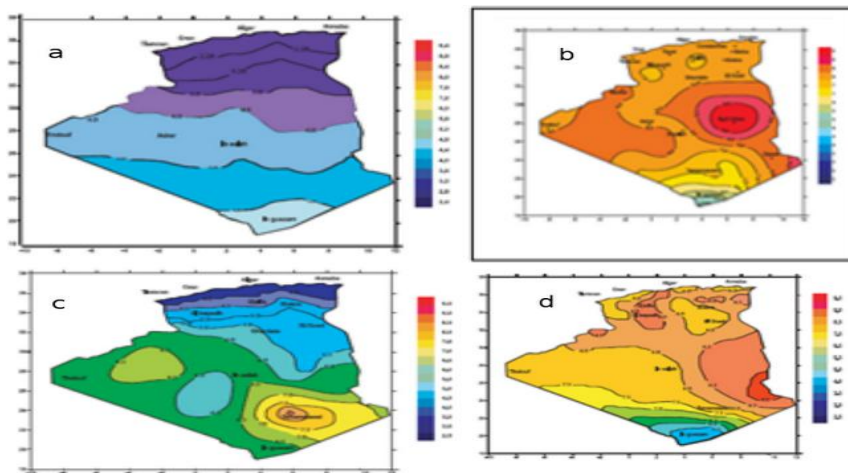


Figure 6 : Irradiation globale journalière reçue sur plan : a. Horizontal au mois de Juillet b.normal au mois de Juillet horizontal au mois de décembre normal au mois de décembre

²² A. Bennouna ; D. Zejli ; R. Benchrifa Les Energies Renouvelables Pour un développement durable et globale CER 2007 (CNRST)

²³ F. Harouadi et All Les potentialités d'exploitation d'hydrogène solaire en Algérie dans un cadre euro-maghrébin Partie I: Phase d'étude d'opportunité et de faisabilité Revue CDER VOL 10 N 2 2007

I.1.6.2. Scénario énergétique Algérie Europe

Avec ce potentiel immense en énergie renouvelable, l'Algérie est située en position forte pour être un fournisseur d'avenir pour l'Europe en matière de sécurité énergétique [rapport de la banque mondiale] surtout avec un baril à 100 \$, l'électricité solaire devient compétitive. La demande en énergie primaire dans la zone Europe et Asie centrale devrait augmenter de 50%, d'ici 2030. Selon les projections, les besoins concernant le développement des énergies primaires en Europe, entre 2010 et 2030, devraient être de l'ordre de 1.300 milliards de dollars, afin d'assurer la disponibilité du pétrole, gaz et charbon. Le montant des investissements nécessaires, en matière d'infrastructures énergétiques européennes, au cours des 20 à 25 prochaines années, est de l'ordre de 1.500 milliards de dollars. Ceci donne près de 3.000 milliards de dollars pour la période en investissements globaux dans le secteur énergétique européen. Nous savons que l'amplitude de nos investissements dans le secteur de l'énergie est aussi très importante. D'où vient l'initiative du grand projet DESERTEC qui prévoit l'investissement dans les installations solaires pour exporter l'électricité du désert de l'Afrique de nord à l'Europe en rapport avec le modèle énergétique tracé par les pays de l'union européen.²⁴

I.2. Les énergies renouvelables

Depuis 1992 et la Conférence de Rio les Etats prennent conscience des problèmes des émissions de CO₂ liées aux énergies fossiles. Le Protocole de Kyoto de 1997, signé par 184 Etats, visait la réduction des gaz à effet de serre. Du 30 novembre au 11 décembre 2015, s'ouvre une nouvelle Conférence sur le climat à Paris, la COP21, qui doit aboutir à un accord pour réduire les GES pour limiter le réchauffement climatique. Afin de réduire les GES dus aux énergies fossiles les Etats doivent engager leur transition énergétique.

I.2.1. Assurer une transition énergétique

La transition énergétique se définit comme le passage d'un modèle énergétique basé sur les énergies fossiles à un modèle qui repose sur la consommation d'ENR et le développement de sociétés moins consommatrices d'énergies. La transition énergétique peut se penser à

²⁴ D.R. di Adalbéron, 'La Recherche Énergétique Européenne: Pont de Coopération sur la Méditerranée', Liaison Energie Francophonie, N°71, Energie et Développement Durable en Méditerranée, pp. 71 -76, 2ème Trimestre 2006

différentes échelles. Le développement des ENR et les économies d'énergies demandent des investissements très importants dans la recherche/développement.²⁵

I.2.2. Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont des énergies primaires inépuisables à long terme car elles sont issues directement de phénomènes naturels comme le rayonnement du soleil (solaire), le vent (éolien), le courant des fleuves (hydraulique) ou encore la chaleur du sol (géothermie). Le bilan carbone des énergies renouvelables est par conséquent très faibles, elles permettent de lutter contre le changement climatique et sont donc une solution viable pour une transition énergétique.²⁶

I.2.3. Economiser les énergies

Depuis l'industrialisation des XIXe-XXe siècle les sociétés se sont peu soucies d'économiser les énergies car elles apparaissaient inépuisables. Aujourd'hui économiser les énergies est un volet essentiel de toute politique énergétique durable. Ces économies peuvent être faites dans plusieurs domaines :

- Limiter le gaspillage d'énergies dans le résidentiel grâce à l'isolation des bâtiments.
- Développer des équipements moins gourmands en énergie.
- Réduire de la consommation dans les transports qui est un volet important de la transition énergétique dont le but principal est de limiter l'usage de l'automobile grâce au développement des transports en commun, des mobilités douces et de l'auto partage. La voiture électrique est également un enjeu majeur car elles polluent moins et seront indispensables lorsque les réserves de pétrole seront épuisées.
- Encourager les citoyens à prendre conscience de la valeur des énergies en limitant leur gaspillage par des pratiques simples.

²⁵ Manuel 'Gérer les ressources terrestres 'Chapitre 2. L'enjeu énergétique. La Russie p. 114, 116 et 118. PDF

²⁶ S'informer sur les différents types d'énergie et le développement durable, Qu'est-ce qu'une énergie renouvelable ?, www.jeunes.edf.com/article/qu-est-ce-qu-une-energie-renouvelable, 79, 24/12/2016 à 14 :56

I.2.4. Sources énergétiques renouvelables

Les sources renouvelables sont l'énergie solaire, éolienne, hydraulique, géothermique, marine et la biomasse.²⁷

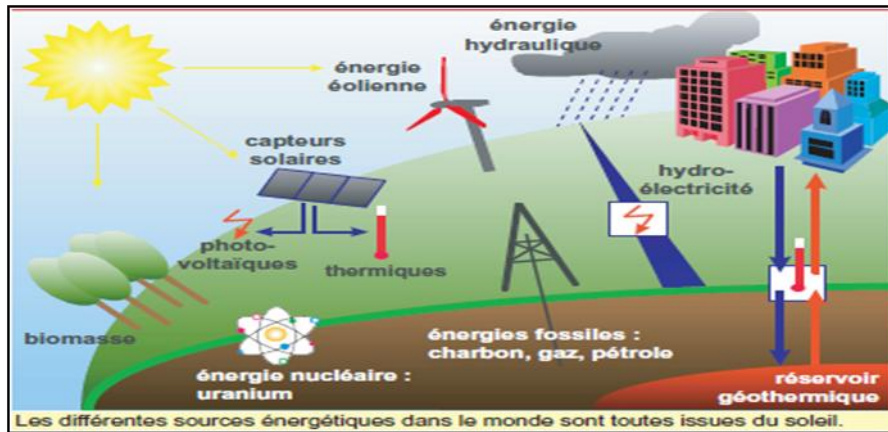


Figure 7 : Les différentes sources énergétiques dans le monde sont toutes issues du soleil

(Source : BOUCHEKIMA Bachir : Énergies Renouvelables & Efficacité Énergétique dans le cadre du– RSE développement durable en Algérie à RGA, 2013, p.3.pdf)

I.2.4.1. Énergie solaire

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

I.2.4.2. Biomasse

Il s'agit de l'énergie contenue dans les plantes et les matières organiques.

La biomasse des plantes provient du soleil, quand la plante, grâce à la photosynthèse, absorbe l'énergie solaire.

La biomasse provient de divers secteurs et matières comme le bois, les résidus agricoles et forestiers, les déchets alimentaires et les matières organiques issues des déchets municipaux et industriels. Ces technologies changent l'énergie en formes utilisables directement (chaleur ou électricité).

I.2.4.3. Énergie hydraulique

L'eau est également une source renouvelable puisqu'elle se régénère grâce au cycle d'évaporation et des précipitations.

²⁷ Intelligent energy europe, *energy bits*

Plusieurs technologies permettent d'exploiter l'énergie produite par la chute ou le mouvement de l'eau.

Les énergies renouvelables présentent, par rapport aux énergies fossiles, deux avantages déterminants : les caractères inépuisable ou renouvelable de la ressource et pour la plupart d'entre elles, leur contribution positive à la protection de l'environnement et notamment à la lutte contre le réchauffement climatique.

I.3. L'énergie solaire : potentiel énergétique durable

L'énergie solaire disponible sur la terre constitue une ressource naturelle abondante et renouvelable. Toutefois, l'utilisation de cette énergie demeure, à ce jour, relativement peu répandue dans la pratique courante de l'architecture. Afin de contrer cette tendance, l'Agence Internationale de l'énergie (AIE) a mis sur pied la Tâche 41 "Énergie solaire et Architecture", dont le but principal est d'encourager et d'accélérer le développement d'une architecture solaire de haute qualité à l'échelle internationale.²⁸

I.3.1. Notions et concepts

I.3.1.1. Énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie rayonnée par le soleil. Cette énergie est à l'origine de nombreux phénomènes physiques tels que la photosynthèse, le vent ou le cycle de l'eau.

Elle vient de la fusion nucléaire se produisant au cœur du soleil. Elle circule dans l'espace sous forme d'un rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement est composé de photons, petites particules d'énergie élémentaires.²⁹

« 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 ».

De toutes les ressources énergétiques renouvelables, l'énergie solaire n'a pas besoin d'une technologie de pointe pour son utilisation. Elle est disponible à tous les niveaux du globe terrestre, naturellement à différentes intensités et son utilisation ne produit pas de pollution.

²⁸ Alain Liébard, *'traité d'architecture et urbanisme'*, éd observatoire des énergies renouvelable, p878, France

²⁹ D. Wright, *'Soleil, nature, architecture'*. Ed parentheses, P85, Paris 1979

CHAPITRE I

I.3.1.2. Soleil

Le soleil est l'étoile du Système solaire. Dans la classification astronomique, c'est une étoile de type naine jaune, composée d'hydrogène (74 % de la masse ou 92,1 % du volume) et d'hélium (24 % de la masse ou 7,8 % du volume), une énorme boule chaude de gaz. C'est une étoile parmi des milliards dans notre galaxie (la voie lactée).

I.3.2. L'énergie solaire : source d'énergie renouvelable

L'énergie solaire est présente partout (énergie Ambiante); intermittente (cycle journalier et Saisonnier). Propre (sans déchets); et disponible (Pas de tarif, pas d'intermédiaire, pas de réseaux).

L'énergie solaire est aujourd'hui utilisée dans le cadre de l'architecture solaire passive (par des Bais vitrées, les serres, les chauffes eaux solaires...), quant au solaire photovoltaïque, il permet au Conversion du rayonnement solaire en électricité (Rendement 10 à 12%).³⁰

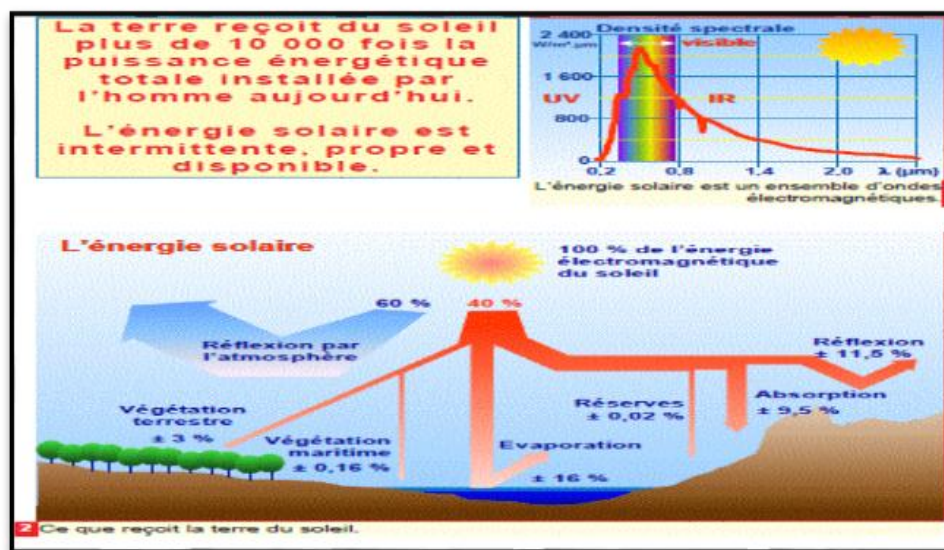


Figure 8 : L'énergie solaire : ce qui reçoit la terre du soleil

Source : Alain Liébard, 'traité d'architecture et urbanisme', éd observatoire des énergies renouvelable, p878, France

³⁰ Alain Liébard, 'traité d'architecture et urbanisme', éd observatoire des énergies renouvelable, p878, France

I.3.3. Les systèmes solaires

Plusieurs systèmes solaires peuvent être intégrés architecturalement aux bâtiments pour produire de la chaleur utile. Ces systèmes peuvent être catégorisés en deux groupes distincts, soit passifs ou actifs.

-Le solaire thermique passif ou "chauffage solaire passif" : consiste à utiliser l'énergie solaire le plus simplement possible, sans avoir recours à une mécanique particulière, pour chauffer le bâtiment par "effet de serre".

-Le solaire thermique actif : consiste à utiliser l'énergie solaire en ayant recours à des systèmes actifs (mécaniques) qui convertissent l'énergie solaire en énergie thermique pour produire de la chaleur utile.³¹

- L'énergie photovoltaïque est la production d'électricité par capture du rayonnement solaire.

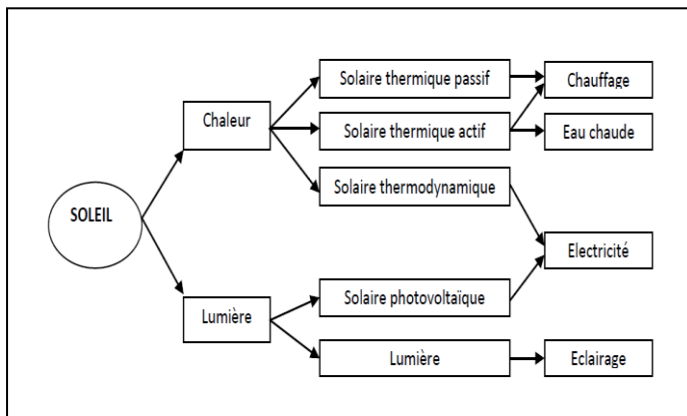


Figure 10 : Les applications de l'énergie solaire.

Source : auteur

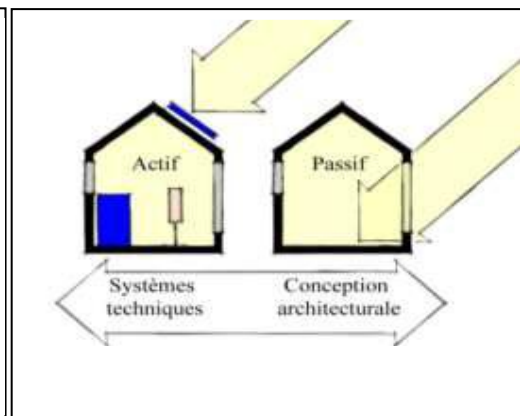


Figure 9 : Le solaire passif et actif

Source : (Reproduit et sous réserve de l'auteur : LIÉTARD et al. 1996)

I.3.3.1. Système solaire passif

Le solaire thermique passif ou chauffage solaire passif est l'utilisation des gains solaires passifs pour chauffer le bâtiment en saison froide. En plus de réduire la consommation énergétique du chauffage, les avantages du chauffage solaire passif sont nombreux. Selon Heschong (1981), il permet entre autres :

- D'améliorer la sensation de bien-être thermique ;

³¹ Hestnes, A. G. (1999). Building integration of solar energy systems. *Solar Energy*, 67(4-6), 181-187

CHAPITRE I

- De créer un microclimat favorable ;
- D'assurer une ambiance chaleureuse et confortable.

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.

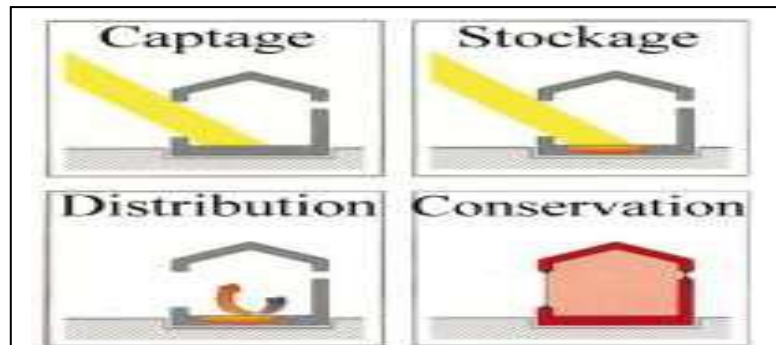


Figure 11 : Principes du chauffage solaire passif

Source : (Reproduit et sous réserve de l'auteur : Cofaigh et al, 1996)

Trois façons de capter et stocker l'énergie solaire, soit directement, indirectement ou séparément (par le phénomène de thermo circulation). Le mur capteur et le mur trombe sont des exemples de dispositifs qui mettent à profit la convection naturelle pour transférer et accumuler de la chaleur à l'intérieur des bâtiments. La figure 11 présente un exemple de mur trombe intégré en façade sud, participant aux fortes exigences de Haute Qualité Environnementale (HQE) auxquelles le bâtiment devait répondre.³²



Figure 12 : Mur trombe de la bibliothèque des sciences de l'université de Versailles

Source : Emilie.B 'conception de bâtiments solaires'

³² DEMERS, C. et POTVIN, A. (2004), Le chauffage solaire passif comme stratégie bioclimatique, Esquisses, Ordre des Architectes du Québec,

Enfin, les deux composantes fondamentales du chauffage solaire passif sont les fenêtres et les matériaux de stockage.

La figure12 expose un système de chauffage solaire passif qui utilise l'enveloppe du bâtiment pour occulter les rayons solaires d'été, laissant pénétrer les rayons d'hiver à l'intérieur du bâtiment, lequel possède des éléments massifs de béton permettant de stocker l'énergie solaire.

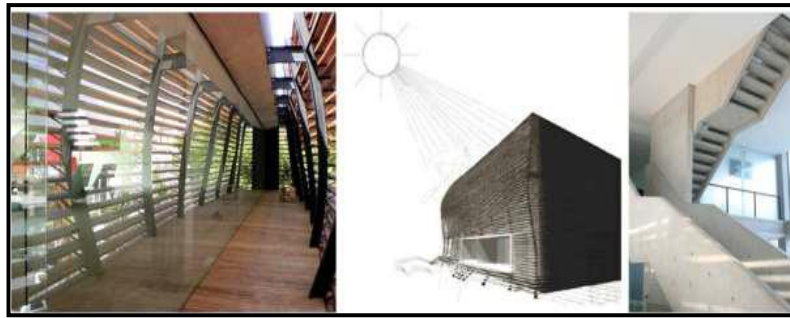


Figure 13 : Exemple de chauffage solaire passif

Source : (Triptyque Architecture)

I.3.3.2. Système solaire actif

Les systèmes solaires actifs captent le rayonnement solaire et le transforment pour l'utiliser, de façon propre et renouvelable à l'aide d'une installation technique. On compte deux types d'utilisation indirecte de l'énergie solaire : le solaire thermique et photovoltaïque.³³

I.3.3.3. Système solaire thermique

L'énergie solaire active peut donc être thermique pour chauffer l'eau chaude sanitaire (ECS), ou photovoltaïque pour assurer une production d'électricité raccordé au réseau.

Un panneau solaire thermique est un dispositif convertissant l'énergie de la lumière solaire en énergie thermique (chaleur). L'énergie thermique est ensuite absorbée par un fluide caloporteur, par exemple de l'eau ou de l'air. Le fluide circule dans un serpentin, peint en noir, éventuellement recouvert d'une surface vitrée et protégé sur les autres faces par un isolant.

³³ **GROBE (Carsten)** : Construire une maison passive, Conception, Physique de la Construction, Détails de construction, Rentabilité. L'inédite. 2008. 148 pages

CHAPITRE I

Les panneaux thermiques à eau peuvent servir pour chauffer l'eau sanitaire ou comme chauffage d'appoint.³⁴

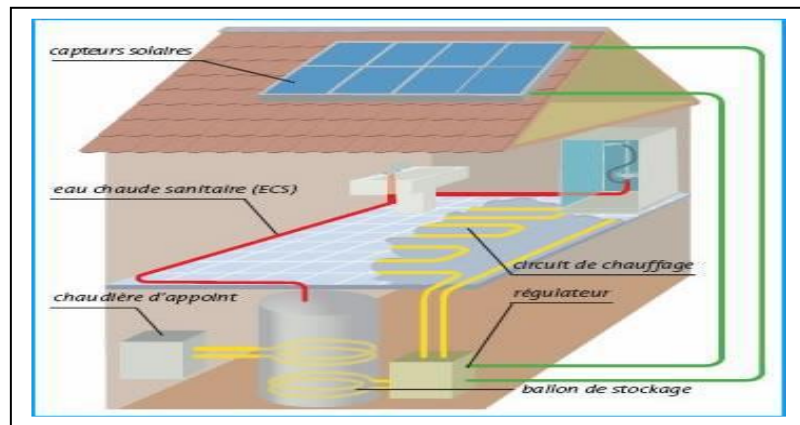


Figure 14 : Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire thermique

(Source Une maison bioclimatique à très haut performance énergétique, janvier 2007)

Les systèmes solaires pour produire de l'eau chaude domestique peuvent quant à eux être intégrés aux bâtiments en utilisant :

- Un panneau solaire thermique vitré, composé d'un verre qui abrite un absorbeur solaire, un système hydraulique et un isolant ;
- Un panneau thermique à tubes sous vide, composé de tubes de verre qui abritent un absorbeur solaire, un système hydraulique et un isolant.

La figure 14 présente un projet qui intègre avec élégance des panneaux solaires non vitrés. La figure 15 présente un projet qui intègre des panneaux solaires thermiques à tubes sous vide destinés à produire de l'eau chaude domestique.



Figure 15 : Panneaux solaires thermiques non vitrés QUICK STEP® intégrés au bâtiment

Source : (RHEINZINK, 2011)



Figure 16 : Panneaux solaires thermiques à tubes sous vide

Source : Robin Sun Solar Thermal Glass intégrés au bâtiment (ROBIN SUN, 2011)

³⁴ GROBE (Carsten) : Construire une maison passive, Conception, Physique de la Construction, Détails de construction, Rentabilité. L'inédite. 2008. 148 pages

I.3.3.4. Système solaire photovoltaïque : système de production d'électricité

Les systèmes solaires pour produire de l'électricité peuvent être intégrés aux bâtiments en ayant recours à des systèmes actifs (mécaniques), qui convertissent l'énergie solaire en énergie électrique par l'effet photovoltaïque.

L'effet photovoltaïque, soit la conversion de la lumière en électricité, a été découvert par Becquerel en 1839. Il a conduit au développement de l'énergie photovoltaïque pour des applications spatiales vers 1950 et pour des applications terrestres vers 1970 et 1980 (lenergie-solaire.fr).

Les systèmes solaires photovoltaïques qui existent sur le marché se distinguent selon trois catégories, soit :

1) Les cellules en silicium cristallin,

2) Les cellules en silicium amorphe (première technologie à couche mince).

3) Les nanotechnologies, dont les systèmes à base de cellules organiques, polymères ou de fullerènes.³⁵

-Le panneau solaire photovoltaïque de silicium monocristallin est composé d'un seul cristal uniforme et son rendement est de 17 à 22%.

-Celui de silicium multi cristallin est composé de plusieurs cristaux non uniformes et son rendement est de 11 à 17%.

-Celui de silicium amorphe exploite une surface composée de silicium hydrogéné ayant un rendement moyen entre 4 à 8%. et jusqu'à 13% pour une technologie amorphe de type "P-I-N".³⁶

Les aspects importants à retenir avec la technologie photovoltaïque sont les suivants :

³⁵ M. BENAMRA (Mostefa Lamine) : Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale, Université de BISKRA, 2013

³⁶ UNI-SOLAR; Munari Probst et al. 2012

CHAPITRE I

- la dimension, de l'ordre de 0.2 à 2 m² (dans lequel chaque cellule photovoltaïque varie entre 10 x 10 cm à 20 x 20 cm), d'une épaisseur d'environ 0.4 à 1 cm et un poids de 9 à 18 kg/m² (données moyennes pour la technologie de silicium cristallin);
- L'apparence, variée, qui peut être opaque, translucide, avec ou sans encadrement et sous différentes couleurs, motifs et textures ;
- L'équipement, qui comprend un câblage assez restreint d'environ 0.8 à 1.5 cm de diamètre ;
- Le rendement, qui dépend de plusieurs facteurs dont la température des cellules et le type de technologie. En effet, la chaleur interne à l'arrière des panneaux.

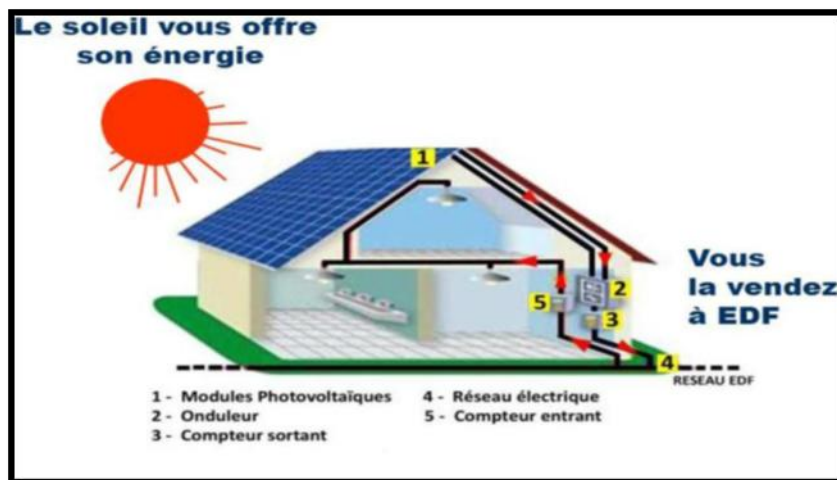


Figure 17 : Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque

(Source : Une maison bioclimatique à très haut performance énergétique, janvier 2007)

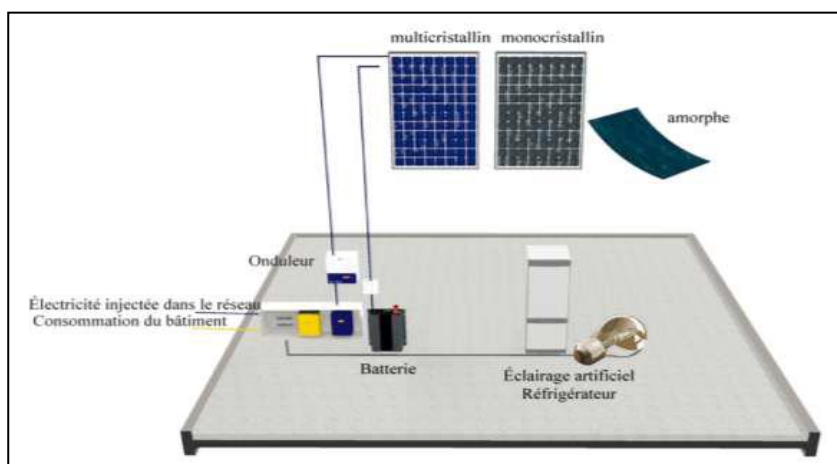


Figure 18 : Technique du panneau solaire photovoltaïque pouvant être utilisé de trois façons : 1) directement sur place, 2) envoyé au réseau, 3) stocké dans des batteries

Source : sous réserve de l'auteur : A.E.R Sud, 2011)

Exemple :

L'installation photovoltaïque de 10 m² de tuiles photovoltaïques est posée sur la partie du toit orientée plein sud. La puissance totale de l'installation est de 1kWc et assure une production de 1300 kWh électriques par an. Le courant issu de l'installation passe d'abord par un onduleur pour être ensuite totalement injecté sur le réseau général de distribution EDF. La consommation d'électricité à l'intérieur de la maison est réduite au minimum (2000kWh/an) grâce à des choix économes. Ainsi environ 80% des besoins annuels en électricité sont satisfaits.³⁷



Figure 19 : Les panneaux solaires photovoltaïques de la maison de proche de Gap

(Source : Une maison bioclimatique ,2007)

Conclusion :

Il existe plusieurs méthodes de chauffage solaire. Chacune elles a des conséquences sur l'aspect de la maison, sur la consommation de l'énergie et sur le cout de la construction. L'utilisation de l'énergie solaire dans l'habitat peut recouvrir à des techniques différentes, thermiques ou photovoltaïques.

³⁷ Panneaux solaires, Recommandations paysagères et architecturales pour une meilleure intégration. PDF

CHAPITRE II : L'ARCHITECTURE SOLAIRE : UNE ARCHITECTURE SOUTENABLE À EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Introduction :

« L'architecture peut être comprise comme une organisation matérielle qui régule et organise les flux énergétiques ; ainsi qu'à la fois et de façon indissociable, comme une organisation énergétique qui stabilise et maintient les formes matérielles. »

Luis Fernandez Galiano (1991)

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a encouragé et accéléré le développement d'une architecture solaire de haute qualité. Comme son nom l'indique, porte à la fois sur les qualités architecturales du bâtiment et sur l'intégration du solaire visant une haute performance énergétique.³⁸

Donc il nous paraît important de parler, dans ce chapitre, de L'architecture solaire et son intégration dans le projet architecturale, puis de définir la performance énergétique et l'efficacité énergétique dans les équipements de haute consommation énergétique.

II.1. L'Architecture solaire : Pour une architecture consciente à l'énergie

L'architecture solaire, climatique, bioclimatique... autant de vocabulaires différents pour une même vision, procurent chacun une partie intégrante d'une économie de l'énergie renouvelable. D'autres termes insistent plutôt sur l'utilisation de l'énergie solaire, comme la maison solaire, l'architecture solaire, l'habitat solaire, l'habitat solarisé....

En se référant à la démarche traditionnelle, en général le principe essentiel de tous ces vocabulaires est de « bâtir avec le climat ou avec ses élément comme le soleil » dans l'optique de la conservation d'énergie.³⁹

³⁸ EIA (2011). *Annual Energy Outlook*, DOE/EIA-0383, 2011

³⁹ Emilie.B, 'éléments de conception architecturale', mémoire de magister de l'université de Québec, Canada 2013

II.1.1. Définition de l'architecture solaire

L'architecture solaire est une architecture qui intègre au mieux l'exploitation de l'énergie solaire dans le bâtiment afin d'y accroître le confort des occupants ainsi que les performances environnementales (énergétiques, etc.), économique, social et des ambiances physiques architecturales (thermiques, visuelles, etc.)⁴⁰

La qualité d'intégration architecturale dépend, entre autres, du contrôle et de la cohérence des systèmes solaires des points de vue fonctionnels, constructif et formel (esthétique) (Munari Probst et al. 2012).

II.1.2. Intégration de l'énergie solaire à l'architecture

Effectivement, l'intégration de l'énergie solaire à l'architecture permettrait sous certaines conditions de concevoir des bâtiments mieux adaptés à leur site, en relation directe avec l'environnement extérieur, dans le respect des lois de la nature et favorisant le confort de ses occupants. Ce constat n'est pas sans rappeler que l'intégration de l'énergie solaire en architecture appartient à une tradition architecturale qui demeure " certainement vénérable " (Heschong, 1981) qui a longtemps fait partie des environnements de travail.

L'intégration de l'énergie solaire à l'architecture sous-tend des dimensions environnementales, économiques, d'autre plus proprement architecturales, relatives aux ambiances physiques.⁴¹

II.1.2.1. Dimension environnementale

L'intégration est durable, efficace et propre, puisque l'énergie solaire est utilisée directement sur place (ne nécessite aucun transport, donc aucun pétrole) et est renouvelable (Suzuki et Boyd, 2008).

II.1.2.2. Dimension économique

L'intégration peut grandement réduire le cout opérationnel (d'exploitation) et le cout capital (système de stockage, de distribution et d'entretien) relatifs aux besoins des bâtiments

⁴⁰ Fernandez, P., & Lavigne, P. *Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements & méthodes*, le moniteur. Paris, 2009

⁴¹ Heschong, L. (1981). *Architecture et volupté thermique* (H. Guillaud, Trans.).

II.1.2.3. Dimension des ambiances physiques architecturales

L'intégration peut générer, entre autres, des ambiances appréciées par les usagers ainsi que des lieux riches et significatifs, pour produire des environnements globalement sains, cohérents et équilibrés.

II.1.3. Etat de lieux : Constats de l'intégration des systèmes solaires à l'architecture

Certes, le développement des systèmes solaires passifs et actifs est en constante évolution. Son intégration est liée à la conception architecturale.

Les possibilités d'intégration sont multiples, comme en fait foi la figure 20, se traduisant par : 1- une addition technique, 2-un élément à double fonction (un dispositif d'occultation de la lumière naturelle, un garde-corps, etc.), 3- une structure autoportante, 4-une surface partielle d'enveloppe, 5- une surface complète d'enveloppe (une façade, une toiture, etc.) ou 6- une géométrie optimisée pour le captage de l'énergie solaire.⁴²

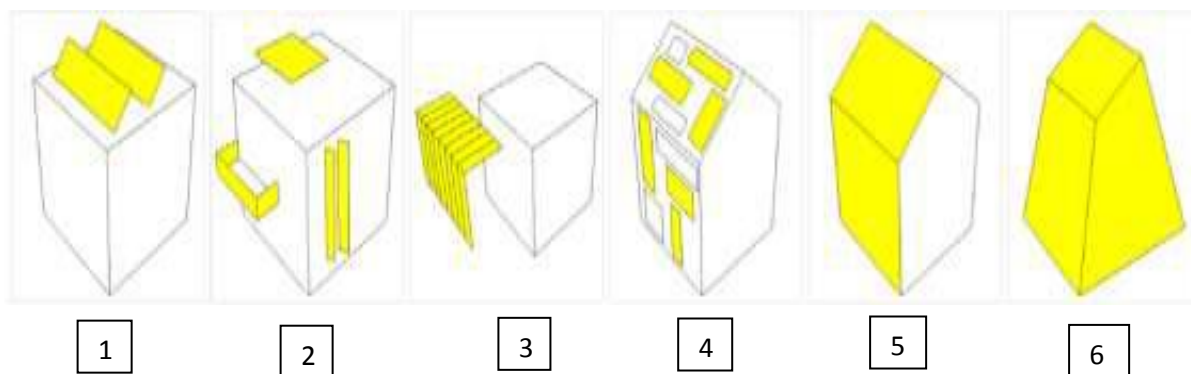


Figure 20 : Les possibilités d'intégration solaire architecturale

Source : (Munari Probst et Alain, 2012)

II.1.3.1. Les principaux avantages de l'intégration des systèmes solaires

Les principaux avantages de l'intégration des systèmes solaires sont qu'ils peuvent remplacer des composantes élémentaires de la construction (matériaux extérieurs et intérieurs) et qu'ils peuvent améliorer les propriétés architecturales et esthétiques, voire l'intérêt de la composition formelle, la richesse des perceptions dans l'expérience et l'occupation des lieux,

⁴² *Solar energy systems in architecture integration criteria and guidelines* (No. Report T.41.A.2), <http://www.iea-shc.org/> (janvier 2013)

et rehausser la qualité du résultat obtenu pour l'effort investi. Suite à des recherches sur les bâtiments écologiques, Lucuik (2005) relève pour sa part les avantages suivants :⁴³

- Des couts opérationnels moindres pendant la durée de vie du bâtiment ;
- Une protection contre les augmentations futures du prix de l'énergie ; des primes d'assurances réduites ; des gains de productivité ;
- Une valeur plus élevée des bâtiments et des meilleurs taux d'occupation ;
- Une amélioration de l'image ; diverses considérations externes comme des effets sur l'infrastructure, sur l'environnement et sur l'économie locale.
- Une reconnaissance internationale démontrant un intérêt clair et symbolique pour le développement durable.

II.1.4. Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires passifs et actifs⁴⁴

II.1.4.1. Habitation Imagine Rommen, Norvège

Un projet dont la volumétrie est conceptualisée afin d'intégrer un système solaire actif pour produire de l'électricité, utilisant la composition formelle pour exploiter l'énergie solaire efficacement sur une grande surface de l'enveloppe.



Figure 21 : Habitation Imagine Rommen, Norvège

Source : Emilie. B 'conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception'. Mémoire.

⁴³ Mazria, E. (1981). *Le guide de l'énergie solaire passive*, Éditions Parenthèses ed

⁴⁴ Emilie. B 'conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception'. Mémoire.

II.1.4.2. Laboratoire d'énergie Xelios, Italie

Un projet qui se distingue cette fois par une double peau qui intègre un système solaire actif, photovoltaïque. Le projet manifeste avec franchise et audace plusieurs principes et moyens propres à la conception solaire, tels que des systèmes d'éclairage naturel, des systèmes de production de chaleur utile et un système de production d'électricité photovoltaïque.



Figure 22 : Laboratoire d'énergie Xelios, Italie (Studio Marco Acerbis)

Source : Emilie. B 'conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception'. Mémoire.

II.1.4.3. Siège social Tobias Grau, Allemagne

Un projet à l'allure technologique qui intègre plusieurs systèmes solaires. Le système d'occultation solaire, composé de lamelles de verre incurvées, permet notamment d'éviter la surchauffe l'été, d'optimiser le chauffage solaire passif et de contrôler l'éclairage naturel. Le projet intègre également un système photovoltaïque dans le verre, qui anime et protège une grande surface vitrée contre la surchauffe d'été.



Figure 23 : Siège social Tobias Grau, Allemagne (BRT architecte)

Source : Emilie. B 'conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception'. Mémoire.

II.2. Efficacité énergétique des bâtiments

La hausse conséquente du prix de l'énergie de ces dernières années, l'épuisement des ressources énergétiques fossiles, les contraintes réglementaires imposent à présent une démarche de gestion et d'optimisation de l'énergie : l'efficacité énergétique.

II.2.1. Définition des concepts ⁴⁵

II.2.1.1. Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée (en général supérieure du fait des pertes). Elle s'applique à un équipement énergétique particulier, par exemple une chaudière ou une pompe à chaleur. Elle relève des qualités intrinsèques de cet équipement.

Efficacités énergétique active et passive :

-L'efficacité énergétique passive se rapporte à l'isolation, la ventilation et aux équipements de chauffage.

-L'efficacité énergétique active touche à la régulation, la gestion de l'énergie, la domotique et la Gestion Technique du Bâtiment (GTB).

II.2.1.2. Performance énergétique

La performance énergétique d'un bâtiment correspond à la quantité d'énergie consommée ou estimée dans le cadre d'une utilisation normale du bâtiment. Elle inclut notamment l'énergie utilisée pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement (éventuellement), la ventilation et l'éclairage. Plus la quantité d'énergie nécessaire est faible, meilleure est la performance énergétique de votre habitat.

II.2.1.3. Pas de performance énergétique sans efficacité énergétique

La notion de performance énergétique vise le confort thermique avec une exploitation annuelle optimisée des énergies consommées. L'intégration des énergies renouvelables, le solaire thermique et photovoltaïque, la pompe à chaleur, le puits canadien, octroie une performance énergétique meilleure, tout comme les générateurs et chaudières à haut

⁴⁵ [Http://www.performance-energetique.lebatiment.fr](http://www.performance-energetique.lebatiment.fr), Mercredi 06-01 2017 17:27:27

rendement et les émetteurs de chauffage basse température comme le plancher chauffant, ainsi que les dispositifs de régulation et programmation.⁴⁶

II.2.2. Mesures d'efficacité énergétique :

Nous avons choisis d'organiser les techniques d'efficacité énergétique en trois catégories distinctes, qui ont trait à leurs rapports à l'énergie utilisée.⁴⁷

-Les mesures d'efficacité énergétique passives : elles concernent le bâti, c'est-à-dire l'enveloppe du bâtiment. Elles évitent les déperditions en renforçant la performance technique du bâtiment (isolation, parois vitrées...).

-Les solutions d'efficacité énergétique actives : elles agissent sur l'exploitation et l'optimisation des flux énergétiques via l'utilisation d'appareils performants et de systèmes intelligents de mesure, de contrôle et de régulation. C'est par exemple le cas des variateurs de vitesse.

-La sensibilisation des utilisateurs à leur empreinte environnementale : elle entraîne une baisse immédiate des consommations. De ce point de vue, l'information et la formation de chacun d'entre nous aux gestes éco responsables est indispensable.



Figure 24 : Les mesures d'efficacité énergétique passives

Source : auteur

⁴⁶ <http://media.xpair.com>, Mercredi 06/01/2017 17:28:21

⁴⁷ BOURSAS (Abderrahmane), étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation, mémoire de magister, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Constantine 1, Constantine, 2013, p.70

- **La forme du bâtiment** ⁴⁸

Un bâtiment compact est un bâtiment qui a un rapport faible entre la surface des parois extérieures et la surface habitable.

La compacité consiste à minimiser la surface des parois déprédatives et ceci à volume chauffé constant réduisant ainsi les déperditions thermiques par transmission et par renouvellement d'air.

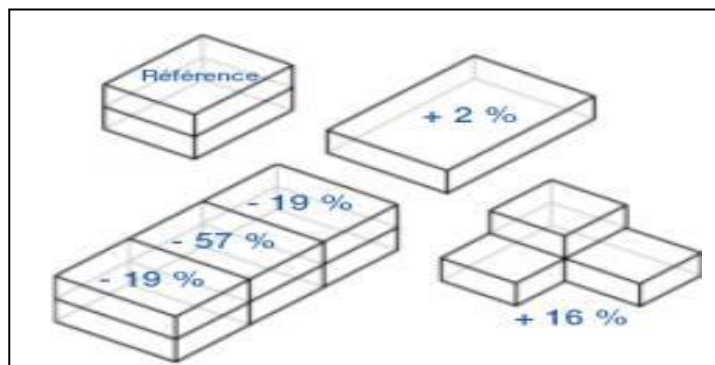


Figure 25 : Déperditions comparées de l'enveloppe de différents logements de 96 m²

Source : (Extrait du guide « Réussir un projet de bâtiment à basse consommation »)

- **Orientation**

Le soleil est souvent recherché l'hiver alors qu'on essaye de s'en protéger l'été ; les figures ci-contre (figure) montrent la course du soleil suivant la saison :

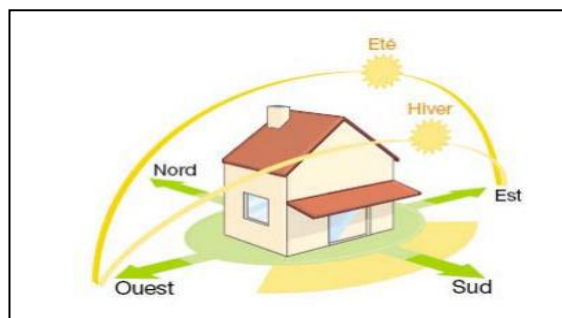


Figure 26 : la course du soleil suivant la saison

(Source : Extrait du guide « Réussir un projet de bâtiment à basse consommation »)

En hiver, la course du soleil est limitée et seules les façades orientées au Sud apportent un complément solaire significatif par rapport aux besoins de chauffage.

⁴⁸ Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, *guide concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment*, France

L'**été**, la course du soleil est beaucoup plus longue et plus haute. Les façades Est et Ouest font l'objet de surchauffe et devront être équipées de dispositifs de protection.

- **Organisation des espaces intérieurs**

Quelques règles de bon sens permettent de limiter les consommations d'énergie sans surinvestissement :

- privilégier l'orientation sud pour les pièces de jour ;
- Privilégier des matériaux à forte inertie pour les parois intérieures qui réceptionnent le rayonnement solaire d'hiver ;
- Disposer au nord les pièces pas ou peu chauffées (garage, cellier, ...) ;
- Regrouper les pièces de nuit (qui sont moins chauffées en général) ;
- Regrouper les points de puisage d'eau chaude sanitaire et les rapprocher de la production. ⁴⁹

- **Solaire passif**

Le solaire passif fait appel à trois principes : le captage, le stockage et la distribution de l'énergie du soleil.

Les systèmes de chauffage solaire passifs se rangent en deux grandes catégories : à gains directs et à gains indirects :

Le système passif à gain directe tire parti directement de l'énergie solaire, sans l'intervention d'appareils mécaniques.

Le système passif à gains indirects séparé des locaux chauffés est un système isolé. ⁵⁰

- **Surfaces vitrées**

⁴⁹ Effinergie, *Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation*, 2008, p.14, PDF

⁵⁰ BOURSAS (Abderrahmane), *étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation*, mémoire de magister, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Constantine 1, Constantine, 2013, p.73

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

Les caractéristiques nécessaires d'une fenêtre :

- Éclairage et occultation,
- Vue dehors (ouverture visuel),
- Pénétration du soleil et protection solaire (gain solaire),
- Étanchéité et ventilation,

- **Protection solaire**

Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. Si possible, elle maintiendra la possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante

- Les protections mobiles ;
- Les protections permanentes ;
- Protection végétal ;
- Protection végétale des murs.

- **Isolation**

- Système d'isolation rapportée par l'intérieur :

L'isolation rapportée par l'intérieur permet de traiter aisément les jonctions avec les menuiseries, portes, balcons, ...

- Système d'isolation rapportée par l'extérieur

L'isolation thermique par l'extérieur permet de supprimer les ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires et des refends.

- Les éléments d'isolation :

- **Isolation des ponts thermique**

CHAPITRE II

Ces ponts thermiques doivent être limités en conception, en s'attachant à avoir une «frontière» d'isolant autour du bâtiment

- Isolation de la toiture : Il est nécessaire de définir une épaisseur d'isolation importante, ce qui aura pour effet de diminuer fortement les déperditions thermiques en hiver et d'apporter un meilleur confort thermique d'été

- Planchers bas : L'isolant est mis en œuvre soit sous dalle flottante,



Figure 27 : Les systèmes d'isolation

(Source : Effinergie 2008)

- **Étanchéité à l'air**

Assurer un bon niveau d'étanchéité à l'air dans un bâtiment consiste à maîtriser les flux d'air qui circulent à travers les orifices volontaires (bouches de ventilation et entrées d'air) et à limiter les flux incontrôlés pouvant causer inconfort, et gaspillage d'énergie.

- **Ventilation**

Une meilleure isolation thermique, une meilleure étanchéité à l'air, une utilisation généralisée du chauffage, l'emploi du vitrage performant, réalisés sans une ventilation adéquate,

Les types de ventilation naturelle :

- Ventilation d'un seul côté : mono exposé
- Ventilation mono-exposée ouverture double.
- Ventilation transversale : Intégrer des dispositifs facilitant le passage de l'air, tels que des grilles de transfert
- Ventilation par cheminées

- Ventilation par atrium

L'intérêt de l'atrium est que le volume de bâtiment que l'on peut ventiler naturellement est doublé par rapport au cas précédent de la cheminée placée sur un côté⁵¹

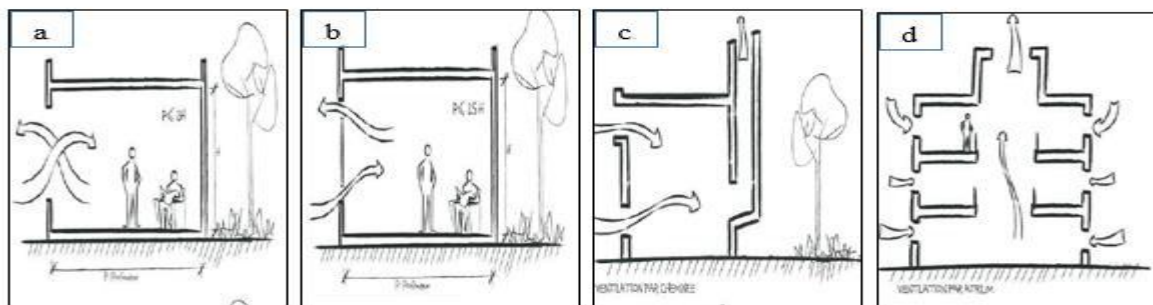


Figure 28 : Les types de ventilation naturelle

(Source : mémoire étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation)

II.2.2.1. Les d'efficacité énergétique actives

L'efficacité énergétique active peut être mise en œuvre soit dans le cadre d'une approche globale, soit par application. Optimisées individuellement ou de manière combinée, les actions suivantes permettent de réaliser des économies d'énergie significatives :

e. Mesure des consommations

- La mesure électrique
- La mesure du gaz naturel

f. Systèmes de régulation et d'automatisme

Pour les équipements de chauffage, de ventilation ou d'éclairage qui permettent d'adapter la consommation aux conditions extérieures et en fonction de la présence de personnes.

g. Gestion de la protection solaire

Des installations de protection solaire, de préférence variables, motorisées et automatisées, rendent dynamique le rayonnement solaire à travers les vitrages et régularisent le climat intérieur en fonction du climat extérieur.

⁵¹ Effinergie, *Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation*, 2008, p.16-17, PDF

h. Production d'énergie solaire

- Énergies solaires thermiques
- Énergies solaires photovoltaïques

i. Systèmes et équipements performants

- Système de ventilation double-flux
- Pompes à chaleur (PAC) : Le principe de fonctionnement d'une PAC est identique à celui d'un réfrigérateur.
- Chaudière gaz à condensation : Dans les chaudières à condensation, la chaleur résiduelle contenue dans les gaz d'échappement est récupérée sous forme de vapeur d'eau par voie de condensation.⁵²

j. Comportement des consommateurs

- La performance des équipements

.Voici à titre indicatif une série de mesures et prérogatives à suivre pour réduire sa consommation électrodomestique, quatre types d'actions sont possibles :

- Choisir impérativement un appareil très performant
- Étudier le dimensionnement des appareils.
- Supprimer toutes les veilles possibles dans le logement
- Préférer les appareils séparés au lieu d'appareils combinés
- S'arranger en cuisine pour rendre impossible la juxtaposition des appareils de production de froid et de cuisson (plaques, cuisinière ou four).
- Système de chauffage
 - Surveiller les radiateurs
 - Entretien la chaudière

⁵²Effinergie, *Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation*, 2008, p.21, PDF

- Améliorer les radiateurs existants
- Faire sécher le linge à l'air libre.

Le sèche-linge peut être un gros consommateur d'énergie. Profitez de l'air libre ou d'un local bien ventilé pour faire sécher votre linge

- L'éclairage
 - Profiter de la lumière naturelle.
 - Éclairer efficacement : Les lampes « basse consommation »
- Contrôle protection solaire et gestion des volets

Pour des locaux occupés en permanence, une régulation manuelle sera efficace si l'occupant est conscient de la nécessité de se protéger du soleil dès qu'il apparaît.

La gestion des volets en hiver. L'ouverture des volets pendant la journée permet de profiter des apports solaires, leur fermeture la nuit permet de réduire les consommations de chauffage.⁵³

II.2.3. Programmes d'efficacité énergétique en Algérie

II.2.3.1. Programmes d'efficacité énergétique 2011-2013

- ✓ Eco bat : efficacité énergétique dans le bâtiment,
- ✓ Eco lumière : éclairage performant,
- ✓ Prop- air : carburants les moins polluants,
- ✓ Top industrie : efficacité énergétique dans l'industrie.

II.2.3.2. Programme Top industrie :

Le programme top industrie a notamment pour objectifs :

⁵³ BOURSAS (Abderrahmane), étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation, mémoire de magister, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Constantine 1, Constantine, 2013, p.85-91

- D'identifier les gisements d'économie d'énergie et de proposer les mesures appropriées de maîtrise de la demande d'énergie,
- De réduire les coûts de production et par conséquent d'améliorer la compétitivité de l'industrie algérienne,
- Et enfin de promouvoir les entreprises de services énergétiques.

La mise en œuvre de ce programme consiste à financer des projets porteurs d'efficacité énergétique exemplaires et à vulgariser les bonnes pratiques d'efficacité énergétique en vue de leur « réalisabilité » à grande échelle.⁵⁴

II.2.3.3. Programme Prop air

Le programme prop-air a pour objectif d'apporter un appui au développement du GPL Carburant, afin de réduire l'impact de la pollution des transports dans les zones urbaines.⁵⁵

II.2.3.4. Programme Eco lumière

Le programme éco lumière a pour objectifs :

- D'introduire l'éclairage performant dans les ménages algériens,
- D'améliorer le confort et réduire la facture d'électricité des ménages,
- De favoriser l'émergence d'un marché local des lampes à basse consommation.⁵⁶

II.2.3.5. Le Programme Eco bat

- Projet d'isolation thermique de 600 logements neufs

Ce programme vise à apporter le soutien financier et technique nécessaire à la réalisation de logement assurant une optimisation du confort intérieur en réduisant la consommation énergétique liée au chauffage et à la climatisation. Par :

⁵⁴ BOUZERIBA (Mohamed Salah), *Programme National de maîtrise de l'énergie*, Premier Forum Algéro-Britannique, Hotel Hilton, 04 mars 2013, p 19.

⁵⁵ SEMAHI (Samir) : *contribution méthodologique a la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie*, mémoire de magister, laboratoire architecture et environnement, école polytechniques d'architecture et d'urbanisme, Alger, 2013, p.22

⁵⁶ BOUZERIBA (Mohamed Salah), *Programme National de maîtrise de l'énergie*, Premier Forum Algéro-Britannique, Hotel Hilton, 04 mars 2013, p 16.

- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique.
- La réalisation d'une action démonstrative, preuve de la faisabilité des projets à haute performance énergétique en Algérie.
- La provocation d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.⁵⁷
- L'isolation thermique de 1500 constructions existantes :

Les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur portent notamment sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettront de réduire la consommation d'énergie liée au chauffage et la climatisation d'un logement d'environ 40%

Les constructions susceptibles de bénéficier d'une réhabilitation sont les suivants :

- Construction destiné aux logements
- Construction destiné au secteur tertiaire : notamment les hôtels et les établissements scolaires, les établissements sanitaires etc.⁵⁸

II.2.3.6. Projet MED-ENEC en Algérie: (energy efficiency in the construction sector of the Mediterranean)

Le centre national d'étude et de recherche intégrée du bâtiment (CNERIB) dans le cadre du projet MED-ENEC a lancé en 2011 dans son programme de recherche scientifique et technique, un projet d'étude sur l'efficacité énergétique d'une habitation à faible consommation d'énergie (projet pilote). Ce travail a pour but d'étudier le comportement thermique d'un logement efficient en consommation d'énergie et d'améliorer l'efficacité énergétique des constructions.

- projet pilote « la maison de Souidania à Alger »»

La maison présente une image qui paraît simpliste mais elle résume assez bien le concept d'habitation rural que développe le CNERIB dans le cadre du Projet D'Efficienne énergétique dans le secteur de construction. Achevé en 2009, cette maison prototype a permis

⁵⁷ www.aprue.org, (29 mars 2017 à 23 :12)

⁵⁸ http://static0.viadeo-static.com/v_img199807/visuel/favicon.ico (31 octobre 2014 à 00:14)

CHAPITRE II

de réduire la consommation énergétique de plus de 50% par rapport à une construction traditionnelle.⁵⁹



Figure 29 : Prototype MED ENEC à Souidania

(Source : Programme National de maîtrise de l'énergie, BOUZERIBA (Mohamed Salah)

Le bâtiment est une F3 de type rural d'environ 80 m² de surface habitable. Elle est considérée à haute qualité énergétique.

Sur le plan architectural, la maison a été conçue en respectant les principes de l'architecture bioclimatique :

- Utilisation des matériaux locaux : Béton de Terre Stabilisé BTS⁶,
- Isolation thermiques des murs, toiture, et plancher bas utilisant le Polystyrène Expansé PE⁶, Eradication des ponts thermiques,
- Protection solaire, double vitrage, ventilation naturelle et ombrage naturel, Éclairage naturel et Lampe basse consommation.

Paramètre	Salon	C1	C2	Cuisine	Salle d'eau	Couloir
Surface m2	19.2	15.1	9.9	6.5	7.8	9.4
Volume m3	52.7	41.5	27.2	17.9	21.6	25.7

Tableau 5 : Caractéristiques dimensionnelles des différentes espaces du bâtiment de référence

(Source : A. Smache, Performances de l'efficacité énergétique et l'énergie PV dans le bâtiment résidentiel, Le 3ème Séminaire International sur les Énergies Nouvelles et Renouvelables, 2014)

⁵⁹BOUARABA Messiva : *amélioration de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel par les opérations de réhabilitation énergétique*, mémoire de magister, laboratoire ville ; urbanisme et développement durable, école polytechnique d'architecture et d'urbanisme, Alger, 2013, p. 18-20.

CHAPITRE II

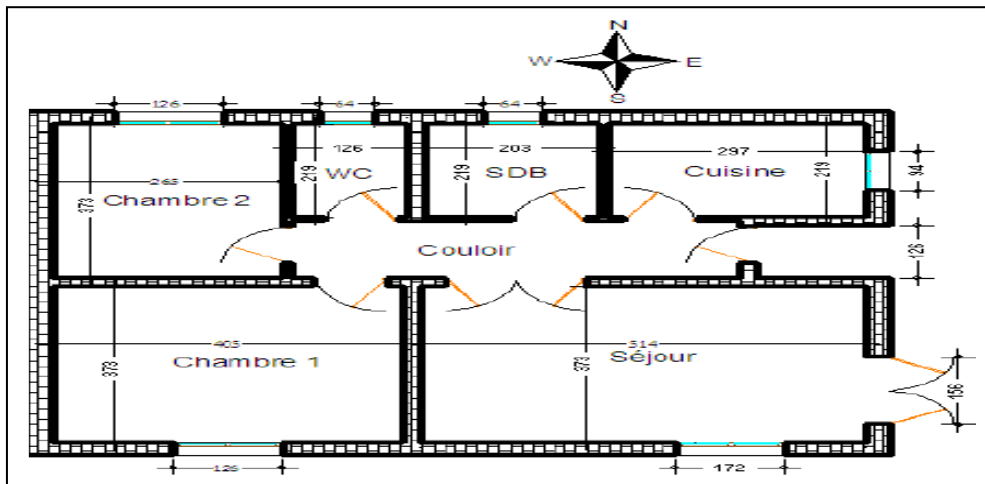


Figure 30 : Le plan de la maison prototype

(Source : A. Smache, Performances de l'efficacité énergétique et l'énergie PV dans le bâtiment résidentiel, Le 3ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables, 2014)

Principales caractéristiques techniques du projet pilote

- ✓ Orientation optimale ;
- ✓ Isolation thermique de l'enveloppe ;
- ✓ Utilisation de briques de terre stabilisée (adobe) ;
- ✓ Double vitrage ;
- ✓ Utilisation de la lumière naturelle ;
- ✓ Ombrage d'été ;
- ✓ Ventilation naturelle en été ;
- ✓ Solaire thermique avec chaudière à gaz d'eau chaude sanitaire.

Conclusion

Pour une bonne efficacité énergétique, nous devons prendre en considération une conception efficace du bâtiment et une performance des équipements de chauffage, ventilation et climatisation. Une conception efficace revient à bien choisir l'orientation, la compacité du bâtiment, la position et le type de vitrages ainsi que les matériaux de

CHAPITRE II

l'enveloppe. L'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment est la meilleure alternative afin de diminuer la dépense énergétique et les émissions des gaz à effet de serre.

CHAPITRE III : CAS D'ÉTUDE ET APPLICATION : LA SIMULATION THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

Introduction

En raison du coût et des durées expérimentales, la simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable.

III.1. La simulation en architecture

III.1.1. Définition de la simulation

Définition selon [Dictionnaire Universel Francophone Hachette](#)

- Reproduction expérimentale des conditions réelles dans lesquelles devra se produire une opération complexe.
- Modèle de simulation ou, par abrég., simulation : représentation mathématique d'un certain nombre d'éléments pouvant intervenir sur un système, afin d'étudier les conséquences de la variation de certains de ces éléments.⁶⁰

La simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimal.⁶¹

III.1.2. Intérêts de la simulation

-La simulation permet de supprimer facilement une ressource pour pouvoir obtenir les besoins d'un bâtiment non impacté par la ressource.

-Ces besoins peuvent alors être comparés à chaque instant au potentiel de la ressource afin de déterminer un potentiel utile, valorisable par le bâtiment.

⁶⁰ <http://www.farnophonie.hachett-livre.fr>

⁶¹ CHATELET. Alain, FERNANDEZ. Pierre et LAVIGNE. Pierre, *Architecture climatique Une contribution au développement durable Tome 2 Concepts et dispositifs*, EDITION EDISUD Aix-en-Provence, 1998, p133

-Il est également possible de comparer les besoins du bâtiment dans la simulation sans et avec la ressource et d'en déduire la quantité d'énergie provenant de la ressource réellement utilisée par le bâtiment pour couvrir ses besoins.

-Un jeu d'indicateurs est ainsi défini pour toutes les ressources et tous les besoins d'un bâtiment, et adapté plus particulièrement aux besoins de confort thermique (chauffage et rafraîchissement) et à trois ressources de l'environnement (le soleil, la voûte céleste et l'air extérieur).⁶²

III.1.3. Méthodes de simulation

III.1.3.1. Méthode de simulation du Confort thermique

Lors de la conception des bâtiments, le confort hygrothermique, visuel, acoustique, olfactif, psychologique... sont des données essentielles qui seront tenir compte des exigences liées aux conditions climatiques de fonctionnement de certains équipements et appareillages de production (ordinateurs, machines...). Logiciels : **PEM - confort**

III.1.3.2. Climat, données et analyse

Des données climatiques sont nécessaires pour la plupart des calculs en physique du bâtiment. Dans certains cas, comme le calcul du bilan énergétique, on se contentera de données mensuelles (moyennes mensuelles). Lors de simulations dynamiques, il faudra faire recours à des données horaires. Logiciels : **METEONORM**

III.1.3.3. Accès solaire, ombrages

De tous temps et dans toutes les civilisations les accès solaires ont joué un rôle important. La connaissance des phénomènes d'ombrage permet une meilleure maîtrise du fonctionnement passif des bâtiments et de leur interaction avec le milieu environnant.

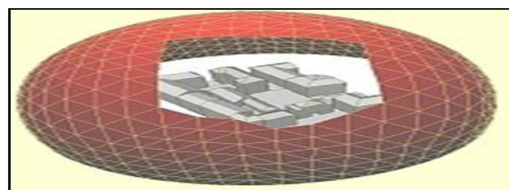


Figure31 : logiciel de calcul d'ombrage

Source : <http://www.cerma.archi.fr>

⁶² KEILHOLZ. Werner, *Simuler directement à partir de la CAO*, Lyon, 10 Septembre2001SimCad1.3, [En ligne] CSTB <http://software.cstb.fr>

III.1.3.4. Eclairage naturel / artificiel

Une attention toute particulière revient aux outils de simulation en éclairagisme.

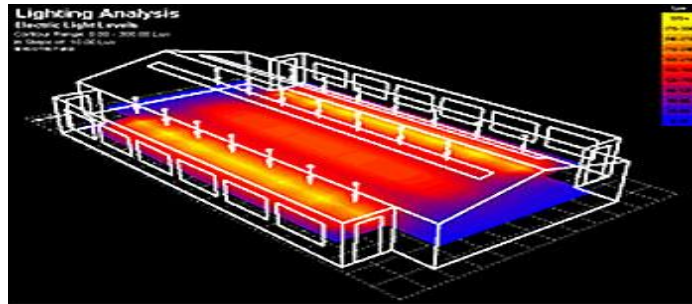


Figure 32: Logiciel ECOTECT de simulation d'éclairage naturel

(source <http://www.squ1.com>)

III.2. Simulation thermique : chauffage / climatisation

A. Chatelet et al affirment que « *pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales, d'explorer et de commencer à optimiser certains choix...pour un meilleur confort et des charges de fonctionnement moindre* ».

Pour évaluer notre bâtiment, on a utilisé le logiciel TRNSYS qui permet de tester selon le mode conventionnel le comportement énergétique global du bâti et de son environnement. Ceci afin de valider les résultats des mesures de consommation énergétique et de tester des variantes pour intégrer l'architecture solaire (panneaux solaires) dans notre projet proposé.

III.2.1. Le logiciel *TRNSYS* : un outil de simulation thermique et énergétique

III.2.1.1. Description du logiciel

Le logiciel *TRNSYS* (ATRANSIENT SIMULATION PROGRAM)⁶³, développé par le laboratoire de « solar energy » de l'université de WISCONSIN .Ce logiciel est un outil de simulation en régime dynamique, il est structuré de manière modulaire, ce qui assure au programme une grande flexibilité et facilité par l'insertion des sous-programmes. Il est développé en fortran.

Ce logiciel informatique, se caractérise par ses fonctions qui peuvent se regrouper en trois domaines : Les entrées : concernant toutes les informations à introduire et à stocker dans des bibliothèques que le concepteur peut les utiliser. Ces entrées concernent (l'environnement

⁶³ TRNSYS : transient simulation program (solar energy laboratory) Université de Wisconsin –Madison version 14.1 late 1993.

physique « climat, site », le bâtiment « l'enveloppe », les apports internes « occupants.. », Les équipements « ventilation, chauffage, climatisation.. »)

Le traitement des données : se fait en fonction du bâtiment.

Les sorties : sont les ensembles des résultats qui peuvent être fournis par le logiciel à l'issue d'une exécution.

Ce logiciel multi zones permet de valider plusieurs options architecturales.

Les types (model utiliser) les plus utilisés pour la simulation dans le bâtiment sont :

- Type9 : Lecture de données.
- Type54 : Générateur des données météo.
- Type33 : Diagramme psychométrique.
- Type16 : Processeur d'ensoleillement.
- Type56 : Bâtiment multi zone.
- Type25 : Impression des données.
- Type65 : Affichage des résultats.

III.2.1.2. Avantages du logiciel TRNSYS

- Grâce à son approche modulaire, TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité.

- L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la bibliothèque d'origine.

- Documentation vaste de sous programmes y compris explication, usages usuels et équations de base.

- Définition très souple de la période de simulation : choix de pas de temps, du début et de la fin de la simulation.

III.2.1.3. Inconvénients du logiciel TRNSYS

TRNSYS ne dispose pas de valeur ou de système par défaut, l'utilisateur doit donc posséder des données définissant le bâtiment et le système.

III.2.1.4. Déroulements de la simulation par le TRNSYS

Le déroulement de la simulation a pris comme cheminement :

Première étape : concerne l'introduction des données climatique de la région (Guelma 36° 17') ; les valeurs horaires des températures et humidités relatives, et les valeurs de l'intensité des radiations, le flux directe et diffus.

Deuxième étape : concerne la description détaillée du bâtiment et les scénarios de La pratique de l'espace.

III.3. Cas d'étude et application

III.3.1. Présentation du cas d'étude : la résidence universitaire 'YAHYA SALEH' Guelma

III.3.1.1. Situation

La cité universitaire Salah Yahia se situe au sud de la ville de Guelma. Limité par :

-Nord-est : la caserne.

-Sud : château d'eau.

-Est : L'Université 08 Mai 1945.

-Ouest : La faculté Verte.



Figure 33 : Plan de situation

Source : PDAU Guelma, et image Google Earth

III.3.1.2. Plan de masse :

Le projet est composé de plusieurs blocs : bloc administratif, 9 blocs d'hébergement d'une capacité de 2000 lits.

Une salle de sport, salle de gymnase, terrain de sport, restaurant, un foyer et un club scientifique qui contient une salle de lecture, salle d'informatique.

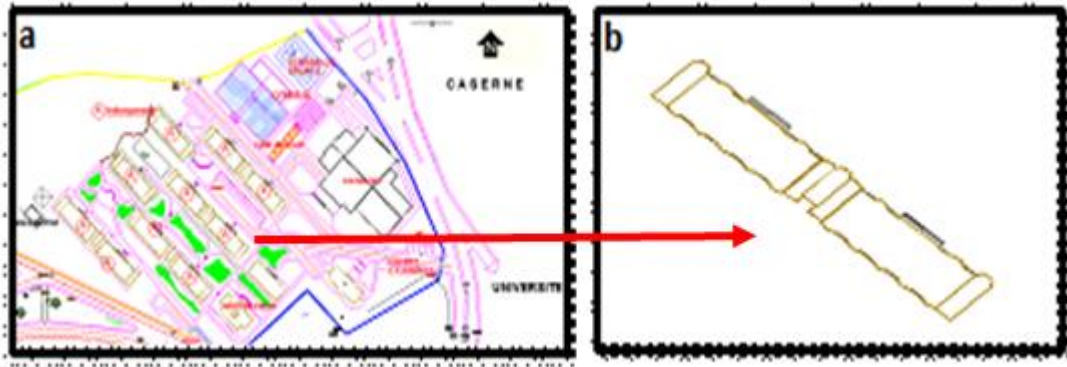


Figure 34 : a. Plan de masse b. Blocs sur lesquelles l'application de diagramme est faite

Source : BWIG Guelma

III.3.1.3. Données mobilisées

Les données : Ce sont les données à introduire avec un niveau de définition minimum, qui seront nécessaires et pourront être stockées selon l'ergonomie du logiciel dans des bibliothèques que le concepteur peut utiliser.

- L'environnement physique (Climat, site, orientation)
- Le bâtiment (l'enveloppe, les surfaces des locaux)
- Les apports internes (occupants, éclairage, température, ..)
- Les équipements (ventilation, chauffage et système de refroidissement).

III.3.1.4. Déroulement de simulation par le TRNSYS :

Première étape : Données climatique de la région (Guelma) ; les valeurs horaires des températures et humidités relatives

Deuxième étape : Description détaillée du bâtiment et les scénarios de La pratique de l'espace.

CHAPITRE III

Première étape : données climatique de Guelma

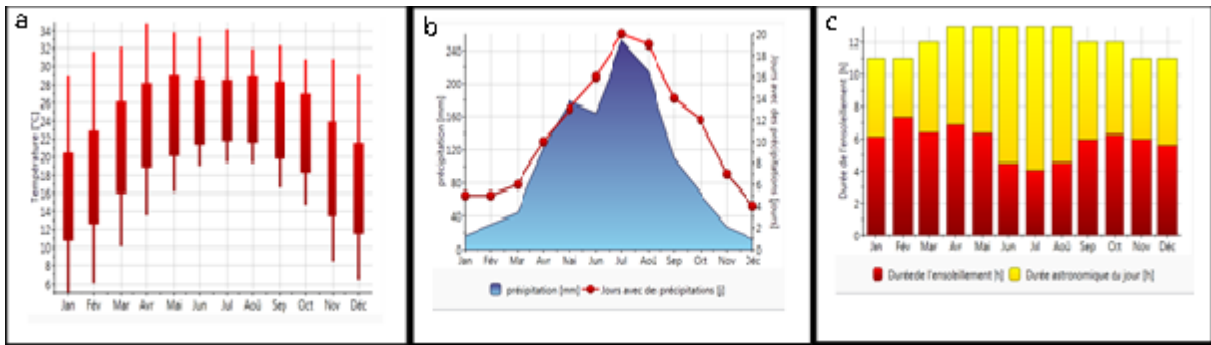


Figure 35 : a. Données des températures b. Données des précipitations c. Données de durée d'insolation

Source : Météonorm

Deuxième étape : la description architecturale du bâtiment

Plans pour définir : -la situation des chambres simulées : (RDC ou étage courant)

-la surface des chambres

- l'épaisseur des murs d'enveloppe

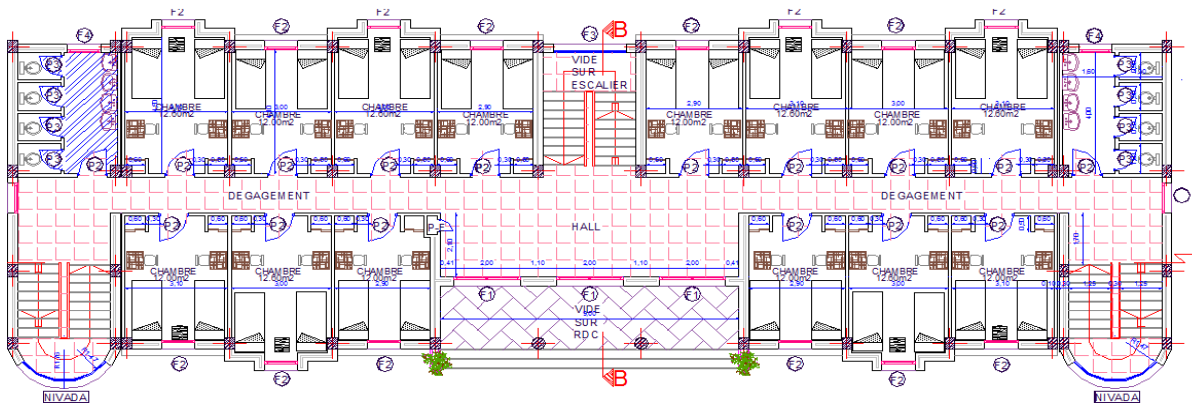


Figure 36 : Plan EDC et étage courant

Source : BWIG

CHAPITRE III

Façade : pour définir : le nombre et les dimensions des ouvertures.



Figure 37 : Façade

Source : BWIG

Plan de masse pour définir : l'orientation de bloc et des chambres simulées.



Figure 38 : Plan de masse

Source : BWIG

Dernière étape : concerne la lecture des résultats de la simulation par le biais du logiciel Excel.

Les résultats du traitement sont rassemblés dans un fichier contenant l'évolution heure par heure des différents paramètres pour la durée de simulation.

III.3.2. Aspect énergétique : simulation et évaluation

III.3.2.1. Simulation d'une chambre d'une résidence en R.D.C

Composants de la pièce :

Pour les murs (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Enduit extérieur de 3cm ;
- Brique 25cm ;
- lame d'air 5cm ;
- Brique 10cm ;
- Enduit de plâtre 2cm.

Pour le sol (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Gravier +sable ;
- Béton (plate-forme) 10cm ;
- Mortier 3 cm ;
- Carrelage 5cm.

Pour le plafond (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Carrelage 5cm ;
- Mortier 3cm ;
- Béton 5 cm ;
- Hourdis 16cm ;
- Enduit de plâtre 2cm.

CHAPITRE III

A. Création de l'interface de simulation du projet ; par la création d'un fichier météo et la chambre (composition : dimensions et matériaux).

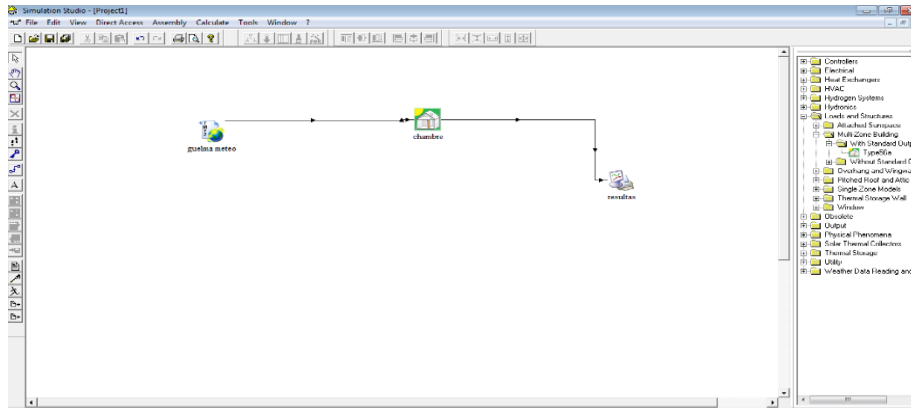


Figure 39 : Interface de simulation

Source : TRNSYS

B. Création des liaisons entre les éléments de projet (fichier météo-chambre) et (chambre - traceur).

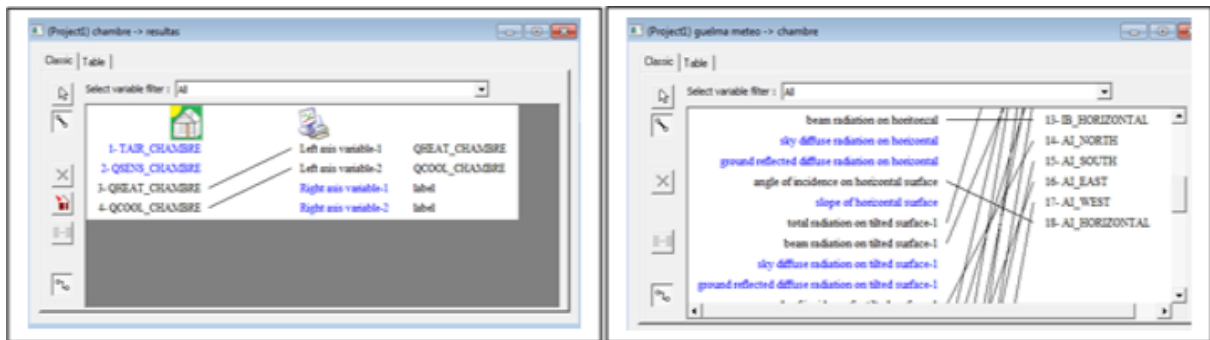


Figure 40 : Liaison entre éléments de projet

Source : TRNSYS

C. Détermination de temps de simulation (une année dans notre cas).

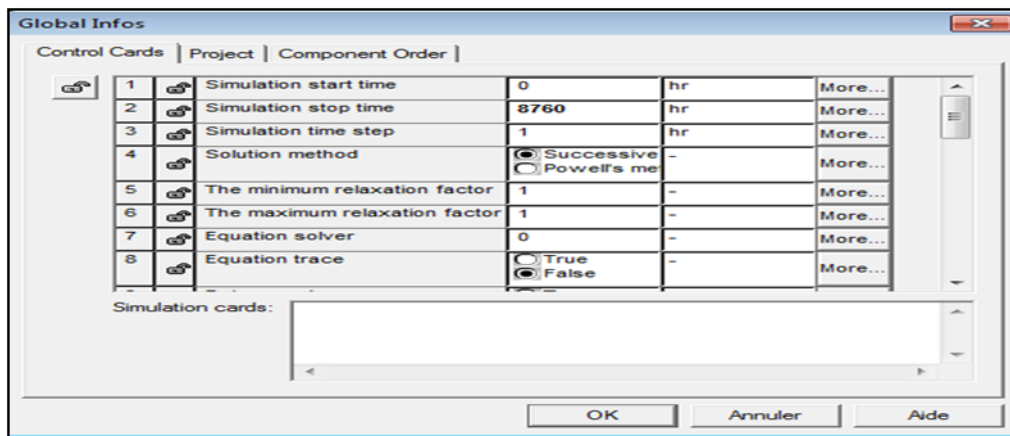


Figure 41 : Temps de simulation

Source : TRNSYS

CHAPITRE III

D. Lancement de simulation et obtention des résultats (graphe + calculs).

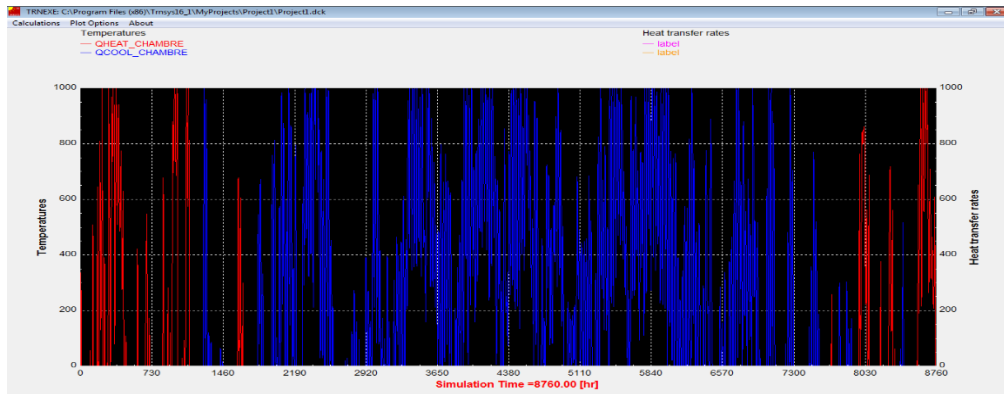


Figure 42 : Résultat de simulation (Graphe)

Source : TRNSYS

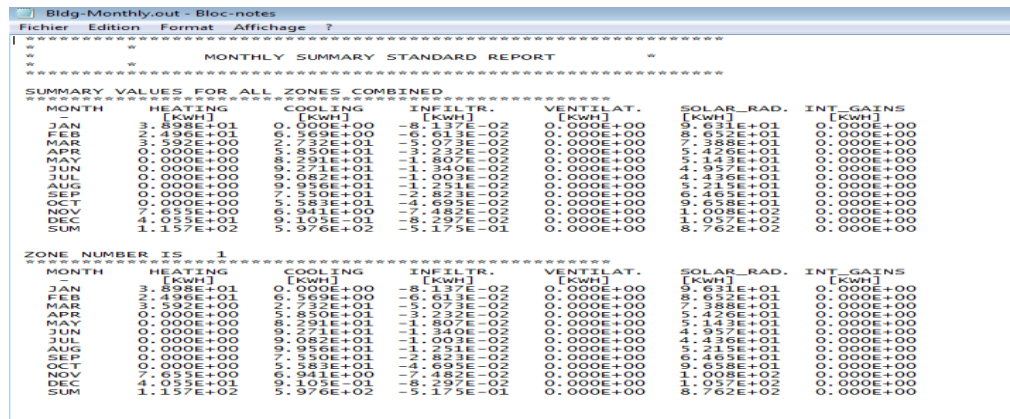


Figure 42 : Résultat de simulation (Calculs)

Source : TRNSYS

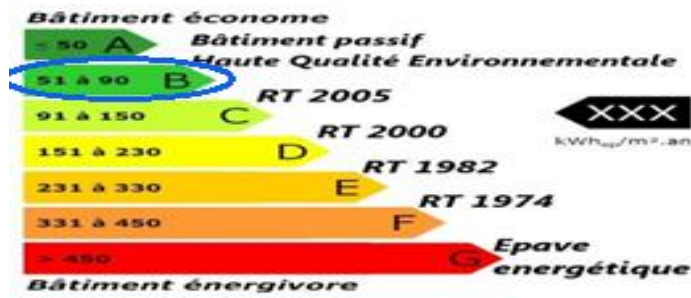


Figure 43 : Classification de la chambre RDC

Source : TRNSYS

E. Résultat : Après ce calcul on obtient les bilans énergétique de notre chambre ; et avec simple division du totale sur la surface habitable, on opte la classification de notre appartement.

F. Cet appartement est en classe C avec une consommation de 138 kWh/m².

III.3.2.2. Simulation d'une chambre d'une résidence en étage courant

Composants de la pièce :

Pour les murs (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Enduit extérieur de 3cm ;
- Brique 25cm ;
- Lamé d'air 5cm ;
- Brique 10cm ;
- Enduit de plâtre 2cm.

Pour le sol (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Enduit de plâtre 2cm ;
- Hourdis 16cm ;
- Béton 5 cm ;
- Mortier 3cm ;
- Carrelage 5cm.

Pour le plafond (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Carrelage 5cm ;
- Mortier 3cm ;
- Béton 5 cm ;
- Hourdis 16cm ;
- Enduit de plâtre 2cm.

CHAPITRE III

A. En refaire le même travail précède avec les nouveaux changements dans les matériaux en obtient des nouvelles résultats comme suit :

chambre etage intermediaire resultados - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage ?

 *
 * MONTHLY SUMMARY STANDARD REPORT *
 *

SUMMARY VALUES FOR ALL ZONES COMBINED

MONTH	HEATING [KWH]	COOLING [KWH]	INFILTR. [KWH]	VENTILAT. [KWH]	SOLAR_RAD. [KWH]	INT_GAINS [KWH]
JAN	4.424E+01	0.000E+00	-7.345E-02	0.000E+00	3.492E+01	0.000E+00
FEB	2.389E+01	0.000E+00	-5.351E-02	0.000E+00	3.522E+01	0.000E+00
MAR	1.019E+00	6.902E+00	-4.539E-02	0.000E+00	4.425E+01	0.000E+00
APR	0.000E+00	3.346E+01	-3.378E-02	0.000E+00	4.565E+01	0.000E+00
MAY	0.000E+00	5.764E+01	-1.884E-02	0.000E+00	5.627E+01	0.000E+00
JUN	0.000E+00	7.336E+01	-1.370E-02	0.000E+00	5.914E+01	0.000E+00
JUL	0.000E+00	6.976E+01	-1.046E-02	0.000E+00	5.299E+01	0.000E+00
AUG	0.000E+00	6.452E+01	-1.281E-02	0.000E+00	4.902E+01	0.000E+00
SEP	0.000E+00	3.655E+01	-2.879E-02	0.000E+00	4.215E+01	0.000E+00
OCT	0.000E+00	1.654E+01	-4.522E-02	0.000E+00	4.194E+01	0.000E+00
NOV	4.503E+00	0.000E+00	-5.897E-02	0.000E+00	3.423E+01	0.000E+00
DEC	3.389E+01	0.000E+00	-6.484E-02	0.000E+00	3.157E+01	0.000E+00
SUM	1.075E+02	3.588E+02	-4.598E-01	0.000E+00	5.273E+02	0.000E+00

ZONE NUMBER IS 1

MONTH	HEATING [KWH]	COOLING [KWH]	INFILTR. [KWH]	VENTILAT. [KWH]	SOLAR_RAD. [KWH]	INT_GAINS [KWH]
JAN	4.424E+01	0.000E+00	-7.345E-02	0.000E+00	3.492E+01	0.000E+00
FEB	2.389E+01	0.000E+00	-5.351E-02	0.000E+00	3.522E+01	0.000E+00
MAR	1.019E+00	6.902E+00	-4.539E-02	0.000E+00	4.425E+01	0.000E+00
APR	0.000E+00	3.346E+01	-3.378E-02	0.000E+00	4.565E+01	0.000E+00
MAY	0.000E+00	5.764E+01	-1.884E-02	0.000E+00	5.627E+01	0.000E+00

Figure 44 : Résultat de simulation (Calcul)

Source : TRNSYS

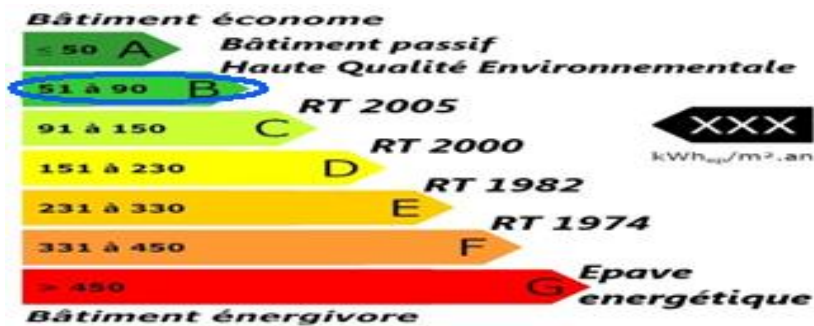


Figure 45 : Classification de la chambre intermédiaire

Source : TRNSYS

B. Résultat : Dans ce cas la chambre présente un bilan énergétique moins énergivore que la même chambre en R.D.C.

Avec une consommation de 87,45KWH/m²(classe B dans l'étiquette énergétique).

III.3.2.3. Simulation d'une chambre d'une résidence en dernier étage

Composants de la pièce :

Pour les murs (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Enduit extérieur de 3cm ;
- Brique 25cm ;
- Lamé d'air 5cm ;
- Brique 10cm ;
- Enduit de plâtre 2cm.

Pour le sol (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Enduit de plâtre 2cm ;
- Hourdis 16cm ;
- Béton 5 cm ;
- Mortier 3cm ;
- Carrelage 5cm.

Pour le plafond (de l'extérieur vers l'intérieur) :

- Béton 5 cm ;
- Hourdis 16cm ;
- Enduit de plâtre 2cm.

CHAPITRE III

A. En refaire le même travail précède avec les nouveaux changements dans les matériaux en obtient des nouvelles résultats comme suit :

MONTH	HEATING [KWH]	COOLING [KWH]	INFILTR. [KWH]	VENTILAT. [KWH]	SOLAR_RAD. [KWH]	INT_GAINS [KWH]
JAN	3.485E+01	0.000E+00	-8.309E-02	0.000E+00	9.631E+01	0.000E+00
FEB	2.318E+01	7.787E+00	-6.751E-02	0.000E+00	8.652E+01	0.000E+00
MAR	2.391E+00	3.120E+01	-5.241E-02	0.000E+00	7.388E+01	0.000E+00
APR	0.000E+00	6.459E+01	-3.331E-02	0.000E+00	5.426E+01	0.000E+00
MAY	0.000E+00	9.116E+01	-1.850E-02	0.000E+00	5.143E+01	0.000E+00
JUN	0.000E+00	1.020E+02	-1.349E-02	0.000E+00	4.957E+01	0.000E+00
JUL	0.000E+00	9.941E+01	-1.016E-02	0.000E+00	4.436E+01	0.000E+00
AUG	0.000E+00	1.096E+02	-1.259E-02	0.000E+00	5.215E+01	0.000E+00
SEP	0.000E+00	8.499E+01	-2.855E-02	0.000E+00	6.465E+01	0.000E+00
OCT	0.000E+00	6.622E+01	-4.796E-02	0.000E+00	9.658E+01	0.000E+00
NOV	6.053E+00	9.507E+00	-7.852E-02	0.000E+00	1.008E+02	0.000E+00
DEC	3.734E+01	1.211E+00	-8.530E-02	0.000E+00	1.057E+02	0.000E+00
SUM	1.038E+02	6.677E+02	-5.314E-01	0.000E+00	8.762E+02	0.000E+00

Figure 46 : Résultat de simulation (Calcul)

Source : TRNSYS

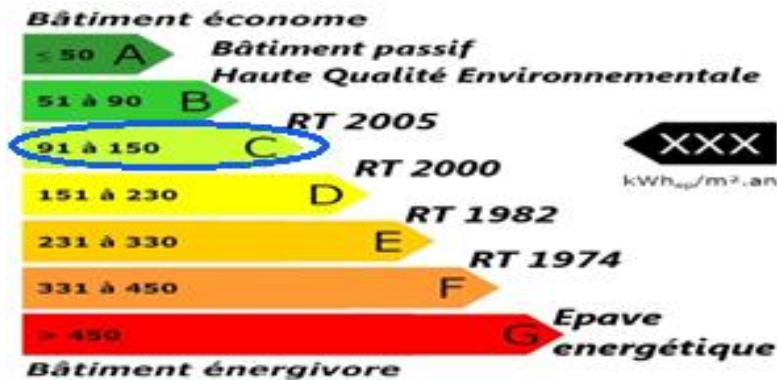


Figure 47 : Classification de la chambre dernière étage

Source : TRNSYS

B. Résultat : Dans ce cas la chambre présente un bilan énergétique plus énergivore que la même chambre en R.D.C et en étage courant.

Avec une consommation de 150 KWH /m² (classe C dans l'étiquette énergétique).

III.3.2.4. Analyse de l'efficacité du panneau pendant une journée

k. Conditions de simulation

- La quantité d'énergie électrique produite par les panneaux solaires, est inférieure à la quantité d'énergie produite.
- Les panneaux solaires prennent la surface de toiture.
- Le panneau simulé est une unité de surface de 1.5 m². Pour calculer l'énergie totale, il suffit de multiplier sa quantité par la surface totale de captage.
- L'orientation est celle du SUD, avec une inclinaison de 36° selon l'altitude de la ville de Guelma.
- Le type utilisé et testé est le panneau photovoltaïque Monocristallin de condor, connu avec son rendement élevé par rapport à morphe (cas le plus favorable).
- la puissance générée par les panneaux couvre largement la demande énergétique de la chambre étudiée (période nocturne).

Caractéristique du panneau

Type de cellule	Cellule monocristalline avec anti-reflection
Nombre de cellules par module	60 Cellules (6×10)
Dimensions de la cellule	156×156 mm
Dimensions du module	1640×992×45 mm
Poids du module	17,5 kg
Cadre	Alliage en aluminium anodisé
Type de verre	Verre trempé, 3.2 mm d'épaisseur
Boite de jonction et connecteur	IP65, 3 Diodes By-passe et câbles compatibles avec un connecteur MC4
Température d'utilisation	- 40°C à 85°C

Figure 48 : Caractéristique du panneau solaire utilisé

Source: [www. Condor Electronics](http://www.condorelectronics.com)

La journée test est la plus ensoleillée, équivalente au solstice d'hiver, elle touche la consommation énergétique de :

- Eclairage ;
- chauffage ;
- Équipement.

l. Résultat

- La consommation énergétique des chambres (la chambre RDC) est celle de :
138kwh/m².
- La puissance énergétique générée par les panneaux aux orientations SUD, pendant la journée test (6heures de fonctionnement) : 1584 Wh et 578.16kwh/ans.
- Pour un champ de cinq panneaux en série, de 1.5 m². La surface des panneaux solaires est de : $1.5 \times 5 = 7.5 \text{m}^2$.
- Donc la puissance totale sera : $260 \times 7.5 = 1950 \text{ Wh}$ et 427.05kwh/ans.
- Le rapport consommation réel/la puissance des panneaux : 4%.
- Cette puissance générée couvre la demande énergétique, avec un rendement de 4% des panneaux solaires.

m. Interprétation des résultats

- La consommation énergétique élevée dépend des matériaux utilisés.
- Des pertes thermiques.
- L'orientation des cellules et des espaces...

n. Recommandations

- Favoriser l'énergie Renouvelable dans la conception du projet.
- Intégrer les panneaux solaires dans la production architecturale des résidences universitaires.

Conclusion

En conclusion, on peut constater que la quantité d'énergie générée par les panneaux solaires avec l'orientation Sud couvre la demande annuelle des différentes zones simulées.

L'efficacité des panneaux solaires et leur rendement électrique, dépend généralement de :

- Ses dimensions ;
- Sa technologie ;
- Du rayonnement reçu ;
- De la durée d'exposition.

CHAPITRE IV : PROJET D'INTERVENTION : ANALYSE, PROGRAMMATION ET INTERVENTION

Introduction

Dans ce chapitre on va faire une analyse sur un terrain d'intervention pour avoir leurs contraintes et leur potentialité afin de bien avoir intégrer notre projet proposé.

Aussi, une analyse sur des exemples livresques pour tirer des principes (constructifs ou écologique), et tirer les programmes surfaciques étudiés.

IV.1. Analyse de terrain d'intervention

Choix du site d'implantation : notre choix a été fait suivant ces critères:

- l'absence d'une résidence pour les résidents garçons.
- L'accessibilité et le flux mécanique
- La proximité à la zone universitaire.

IV.1.1. Présentation du site

Notre site est se trouve au niveau de La ville de Guelma 'commune Héliopolis' qu'est située au nord-est Algérien à 530km à l'Est d'Alger, à 100 km au Nord Est de Constantine et à une soixantaine de Kilomètres au Sud-Ouest de Annaba.

Héliopolis est une petite ville de la wilaya de Guelma en Algérie, situé à 5 km de la ville de Guelma. Le terrain sujet de notre étude est située sud-ouest de la commune de Héliopolis, s'étend sur une superficie de 16200 m².

IV.1.1.1. Situation

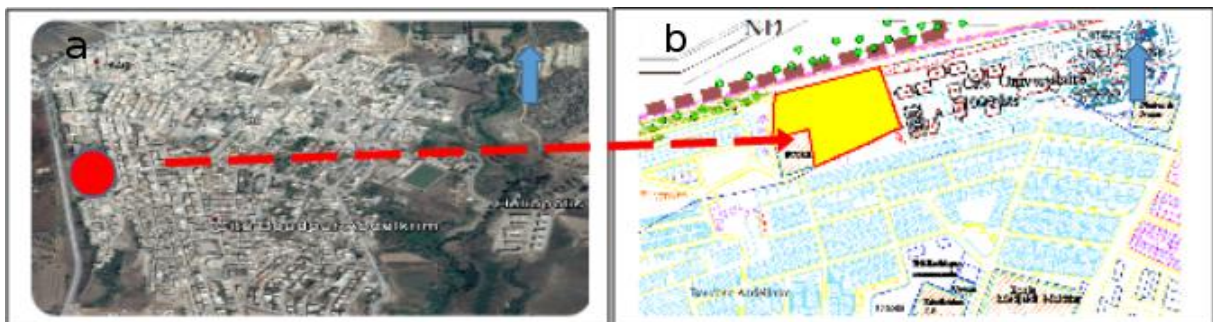


Figure 49 : Situation du terrain par rapport à : a. la ville b. le quartier

Source : a. <http://google earth> b. PDAU Héliopolis réadapté par l'auteur

IV.1.2. Analyse géomorphologique

IV.1.2.1. Limites du terrain

Notre terrain est limité par :

- Nord: la faculté de droit ;
- Sud: habitat individuel ;
- Est: habitat individuel ;
- Ouest: terrain agricole.

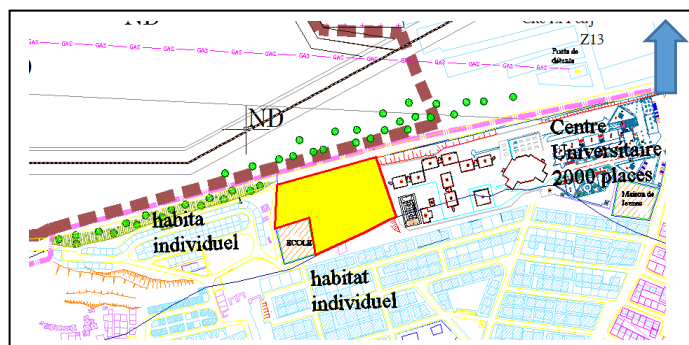
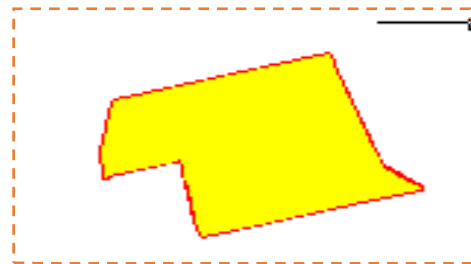


Figure 50 : Limites de terrain

Source : PDAU Héliopolis réadapté par l'auteur

IV.1.2.2. Forme et la morphologie :

- Une forme : irrégulière.
- La surface totale : $16200 m^2$.



IV.1.3. Analyse urbaine

IV.1.3.1. Accessibilité

Le territoire de la zone d'étude est desservi par un réseau routier d'ordre primaire, secondaire

Voies primaires : Voies de desserte, Route Nationale N°21 ; qui relie Guelma et Annaba (flux mécanique intéressant).

Voies secondaires : présente un flux mécanique moyen.

CHAPITRE IV

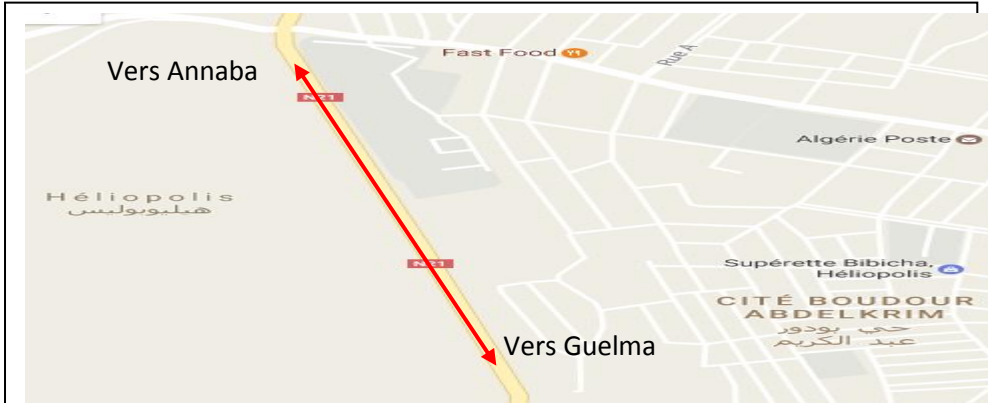


Figure 51 : Accessibilité de terrain

Source : <http://www.google.dz/maps/place/Guelma>

IV.1.4. Analyse topographique

La topographie du site comporte des pentes variant de 4.8 % et allant jusqu'à 6.2 % à certains endroits.

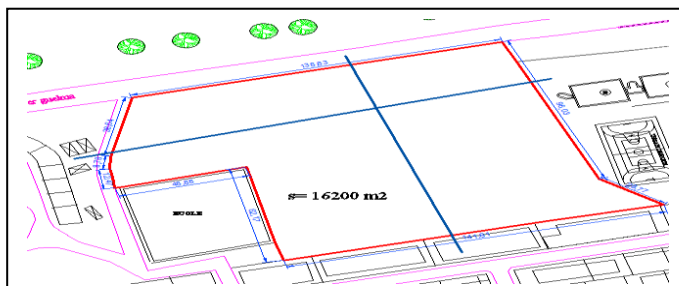


Figure 52 : Levée topographique du terrain

(Source : PDAU Héliopolis 2007)

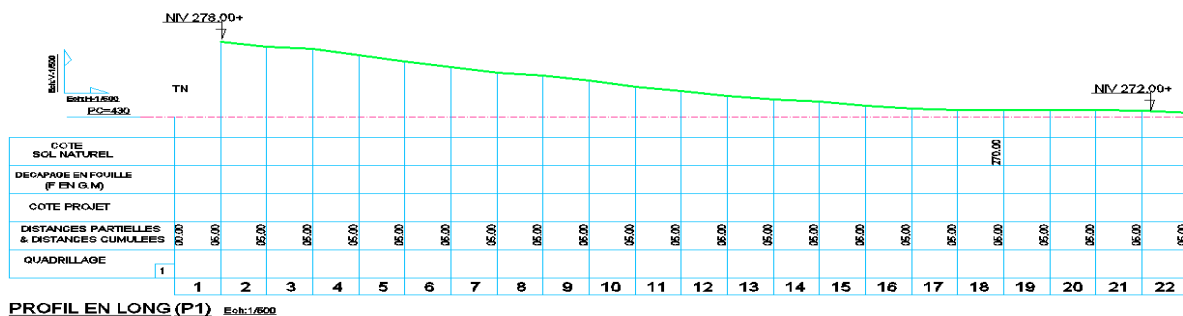


Figure 53 : Coupe longitudinale de terrain

Source : auteur

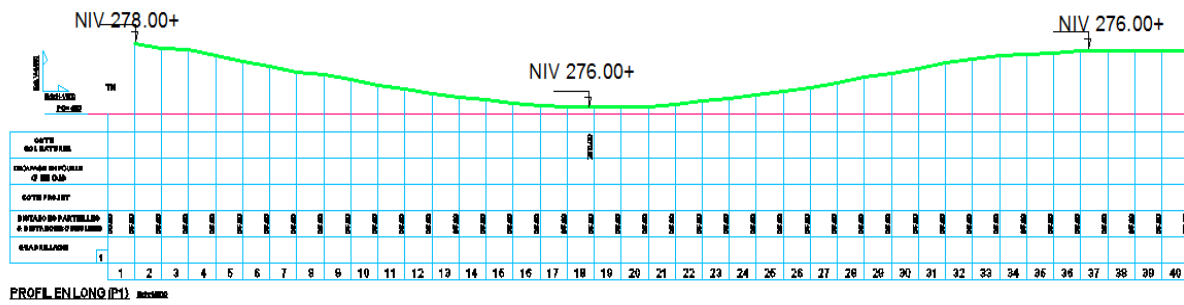


Figure 54 : Coupe transversale de terrain

Source : auteur

IV.1.5. Synthèse

Les points forts	Les points faibles
<ul style="list-style-type: none"> • Un bon emplacement par rapport à la commune : au bord de la route nationale • On accède au terrain par plusieurs voix • Un flux mécanique important (double voie) • La proximité de la zone universitaire 	<ul style="list-style-type: none"> • La nuisance (confort acoustique) à cause du flux mécanique.

IV.1.6. Analyse climatique et bioclimatique

IV.1.6.1. Analyse bioclimatique

Climat de Guelma

Le climat de Guelma est un climat SUB-HUMIDE DE se caractérise par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides.

L'interprétation des données météorologiques de Guelma sur une période de dix ans, et l'établissement de son diagramme solaire s'avère utiles pour mieux caractérisé son climat.

A rappeler que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données

Moyennes et extrêmes.⁶⁴

IV.1.6.2. Données climatique

- Latitude : 36° 28' N ;
- Longitude : 7 ° 25' E ;
- Altitude : 500m.

o. Température

Mois	jan	fév.	mar.	avril	mai	juin	juillet	aout	sep	oct.	nov.	déc.
T max C°	15,9	16,8	19,7	21,8	27,1	32,7	35,8	36,3	31	27,3	20,3	16,8
T min C°	5,1	4,6	6,2	7,8	12	16,3	18,4	20	17,3	13,8	9,3	6,5
T moye C°	10	10.3	12.5	14.7	19.2	24.3	27	27.7	23.5	19.8	14.3	11.2

Tableau 6 : Données de la température mensuelle

(Source : Météo, 2008)

⁶⁴ ESTIENNE. Pierre et GODARD. Alain, *Climatologie*, Paris: Edition Armand Colin, 1970, p11

CHAPITRE IV

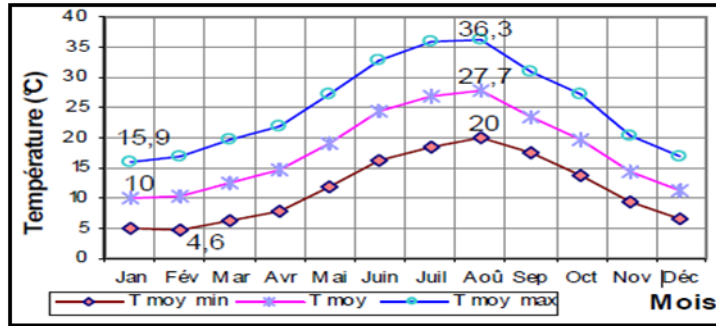


Figure 55 : variation de la température mensuelle

Source : auteur

T moy max = 36,3 °C en Août

T moy min = 4,6 0°C en Février

p. Humidité

Mois	jan	fév.	mar.	avril	mai	juin	juillet	aout	sep	oct.	nov.	déc.
H max (%)	92,3	93,9	93,5	94,2	92,7	88,3	82,7	82,2	89,6	90,8	90,8	91,8
H min (%)	49,9	46,9	43,2	42,5	39,3	33	29,1	29,3	37,6	39,2	46,8	50,7
H moy (%)	75,7	75,4	73	71,9	69	60,5	55,3	56,4	66,7	68,3	72,8	75

Tableau 7 : Données d'humidité mensuelle

(Source : Météo, 2008)

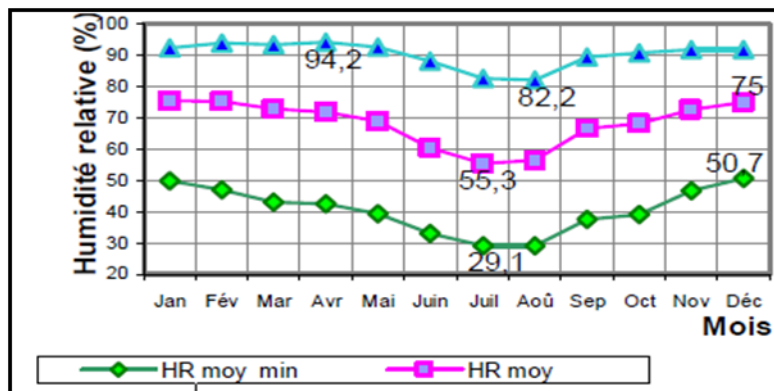


Figure 56 : variation de la température mensuelle

Source : auteur

HR moy max = 94,2 % en Avril

HR moy min = 29,1 % en juillet

q. Précipitation

Mois	jan	fév.	mar.	avril	mai	juin	juillet	aout	sep	oct.	nov.	déc.
Préc max (mm)	105,3	62,3	48,5	72,5	52	17,8	2,6	14,6	52,7	37,1	85,3	137,7

Tableau 8 : Données de précipitation mensuelle

Source : auteur

CHAPITRE IV

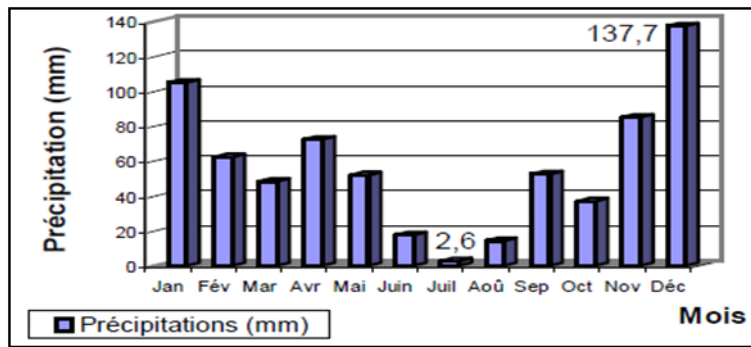


Figure 57 : Variation de la précipitation mensuelle

Source : auteur

Précip max=137,7mm en décembre

Préci min=2,6mm en juillet

r. Vitesse des vents

Mois	jan	fév.	mar.	avril	mai	juin	juillet	aout	sep	oct.	nov.	déc.
V. vent (m/s)	1.8	1.8	1.6	2	1.8	1.8	1.9	2	1.8	1.6	1.5	1.92

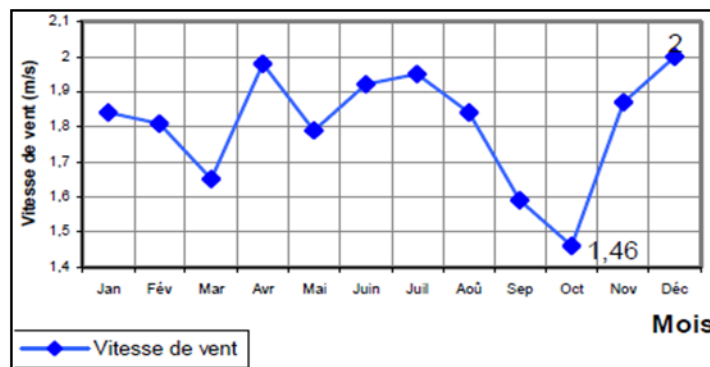


Figure 58 : variation de vitesse des vents mensuelle

(Source : auteur)

V moy max =2 m/s en décembre

V moy min = 1.46 m/s

s. Insolation

Mois	jan	fév.	mar.	avril	mai	Juin	juillet	aout	sep	oct.	nov.	déc.
Insolation(H)	160.9	182.7	225.1	241.4	264.4	307.4	353	310.2	243.8	223	161.5	246.1

(Source : Météo, 2008)

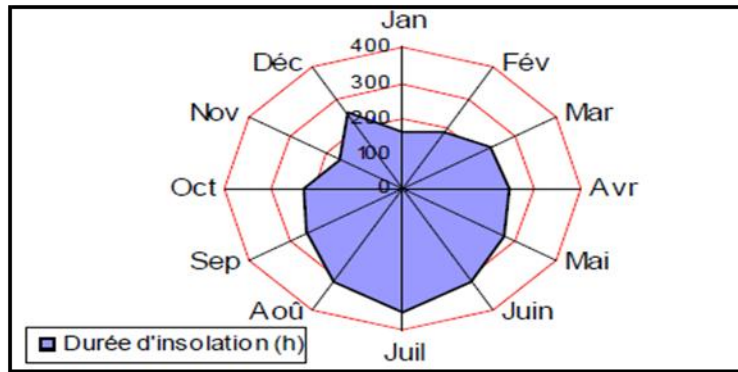


Figure 59 : Variation de durée d'insolation mensuelle

(Source : auteur)

Insola max : 353 h en juillet

Insola min : 160,9 h en janvier

IV.1.6.3. Analyse bioclimatique- La méthode de Steeve Szocolay-

La méthode de S. Szocolay consiste à définir les zones de contrôle potentiel, projetées par étapes sur le diagramme psychrométrique.

La zone de confort :

Définie par son point neutre, obtenu par l'intersection de la température neutre et l'humidité relative portée à 50% d'humidité relative⁶⁵. Cette zone est délimité diagramme psychrométrique par quatre points de températures humides où :

$$T_n = 17.6 + (0.31 \times T_m)$$

$$T_m = T_m / 12$$

Le point 1 et 2 sont portés à la ligne d'humidité absolue 12 g / Kg avec :

$$T_1 = T_n + (A_{hn} - 12) \times 0.025 \times (T_n - 14) - 2 \quad (A_{hn} : \text{l'humidité absolue du point de neutralité}).$$

$$T_2 = T_1 + 4$$

⁶⁵ S. Szocolay, 1979

Le point 3 et 4 sont portés à la ligne d'humidité absolue 4 g / Kg avec :

$$T_3 = T_1 + 0.2 \times (T_1 - 14)$$

$$T_4 = T_2 + 0.2 \times (T_2 - 14)$$

La zone de contrôle potentiel pour les périodes froides :

C'est la zone de chauffage passif, délimitée par un seul point de la température humide portée à la courbe de saturation HB =100 % où :

$$T_5 = T_n + 0.36 - 0.0025 \times H_v$$

(H_v représente la moyenne journalière totale d'irradiations solaires en Wh/m² d'une surface verticale sud pour le mois le plus froid).

La zone de contrôle potentiel pour les périodes chaudes :

Zone d'effet de masse :

La détermination de la variation moyenne de la température pour le mois le plus chaud (dT_m) permet d'obtenir le premier point de cette zone.

$$dT_m = T_{\text{moy .max}} - T_{\text{moy .min}}$$

Les autres points qui délimitent cette zone sont :

$$T_6 = T_2 + 0.5 (dT_m) \text{ situé à la ligne d'humidité absolue qui correspond à } 12\text{g/ Kg}$$

$$T_7 = T_6 - 0.05 (T_6 - 14) \text{ correspond à la ligne } 14\text{g/ Kg d'humidité absolue.}$$

$$T_8 = T_6 - 0.2 (T_6 - 14) \text{ correspond à la ligne } 4\text{g/ Kg d'humidité absolue.}$$

La limite d'humidité la plus élevée correspond à la courbe d'HR du premier point de la zone de confort.

Zone d'effet de masse avec ventilation nocturne :

$T_9 = T_2 + 0.8 (dT_m)$ le point correspond à la ligne 12g/ Kg d'humidité absolue

$T_{10} = T_9 - 0.05 (T_9 - 14)$ le point correspond à la ligne 14g/ Kg d'humidité absolue.

$T_{11} = T_9 - 0.05 (T_9 - 14)$ le point correspond à la ligne 4g/ Kg d'humidité absolue.

Zone de ventilation naturelle – mouvement d'air sur la surface de peau :

Pour 1m/s : $T_{12} = T_2 + 5$ le point correspond à la ligne d'humidité absolue 12g/ Kg.

Pour 1.5m/s : $T_{12} = T_2 + 6.5$ le point correspond à la ligne 12g/ Kg d'humidité absolue

Pour 1m/s : $T_{13} = T_{12} + 0.1 (T_{12} - 14)$ le point correspond à la ligne 4g/ Kg d'humidité absolue.

Pour 1.5 m/s : $T_{13} = T_{12} + 0.1 (T_{12} - 14)$ le point correspond à la ligne 4g/ Kg d'humidité

Absolue.

$T_{14} = T_1$ mais le point sera localisé sur la courbe 90 % d'humidité relative.

$T_{15} = T_{12} - 0.18 (T_{12} - 14)$ le point sera localisé sur la courbe 90 % d'humidité relative.

Zone de refroidissement évaporatif direct :

Délimitée par un seul point où la température limite la plus élevée qui délimite cette zone est :

$$T_{16} = T_n + 12$$

Les limites supérieures et inférieures de cette zone sont tracées à partir des lignes de températures humides du deuxième et troisième point de la zone de confort.

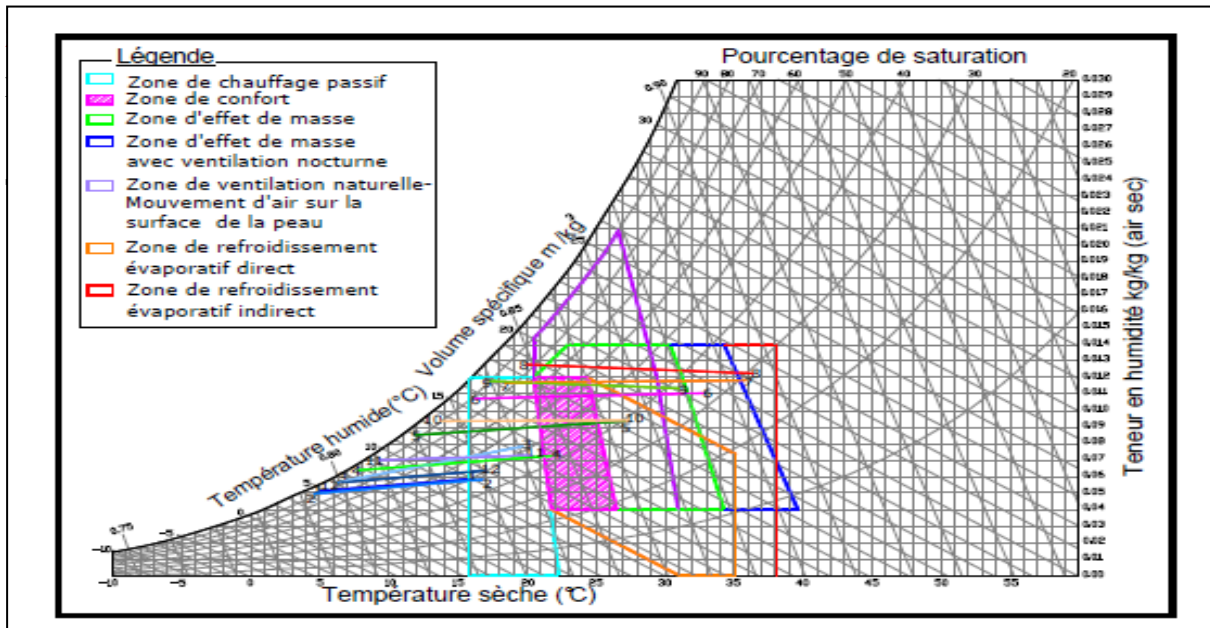


Figure 60 : Diagramme psychrométrique de Guelma

(Source : Auteur)

IV.1.6.4. Analyse climatique du terrain

t. Ensoleillement



Figure 61 : Calcul de la position du soleil dans le ciel

Source : SunEarthTools.com

Le terrain est bien exposé au soleil vu leur environnement immédiat.

u. Vents dominants

Les vents dominants dans le terrain sont de direction Nord-ouest en hiver; Sud –est en été qui caractérisé par des vents chauds.

CHAPITRE IV

Le terrain est totalement exposé aux différents vents illustrés dans la photo vue de leur environnement immédiat.



Figure 62 : Carte des vents

Source : auteur

Conclusion et recommandations:

D'après l'analyse climatique et bioclimatique on a tiré les recommandations suivantes :

- Effet de masse thermique avec ventilation nocturne et un contrôle solaire à partir du mois de juin ;
- Une ventilation naturelle pour la saison d'été ;
- Le chauffage passif pour les mois assez froids comme octobre, mars; et le chauffage d'appoint pour les mois les plus froids tel que janvier.
- Le terrain est bien exposé au soleil vu leur environnement immédiat.
- Le terrain est totalement exposé aux différents vents illustrés dans la photo vue de leur environnement immédiat.

IV.2. Analyse des exemples

IV.2.1. Résidence universitaire '166 LOGEMENTS ETUDIANTS PARIS 13^e'

a. Présentation

Programme : 166 logements étudiants ;

Localisation: 81---83 rue du Chevaleret 75013 Paris ;

Maitrise d'ouvrage : Paris Habitat---OPH ;

Maitrise d'œuvre : Emmanuelle Colboc Architecte ;

Surface : 5300 m2.



Figure 63 :R.U 166 logements étudiants

Source : [www.google image.com](http://www.google.com)

b. Situation

Le projet se situe au 81---83, rue du Chevaleret dans le 13^e arrondissement.

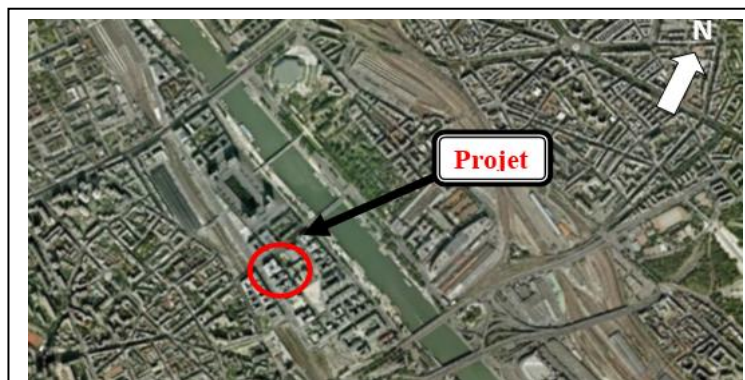


Figure 64 : Plan de situation

Source : [www.google earth.com](http://www.google.com)

c. Limite du projet

Nord : logements collectifs.

Sud : parc communal.

Est : logements collectifs donnant sur la rue de Tolbiac au nord (côte autour de 40).

Ouest : parcelle voisine donnant sur la rue Leredde à l'ouest.

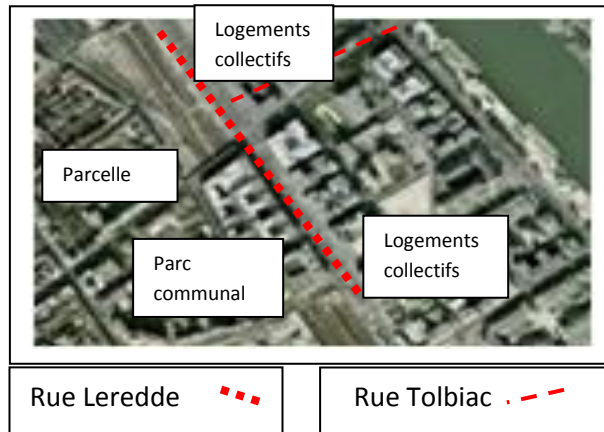


Figure 65 : Limite du projet

Source : www.google-earth.com

d. Etude plan de masse

Accessibilité

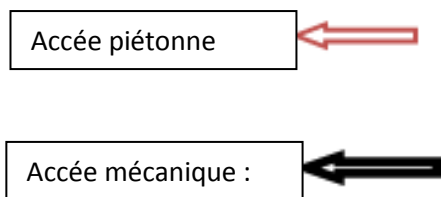


Figure 66 : Plan de masse

Source : Google image

Orientation : Le projet est orienté vers le nord

e. Cible HQE

Cible HQE : -répond au plan climat de la ville de Paris.

-Panneaux photovoltaïques sur les toits.

f. Principe constructif

La structure est réalisée en voiles porteurs. Les façades, isolées par l'extérieur sont porteuses et les parois séparatives sont réalisées en double placostyl afin de permettre des réaménagements ultérieurs entre les chambres.

Les toitures sont végétalisées et en partie équipées de panneaux photo voltaïques



Figure 67 : 3D du projet illustrant le principe constructif

Source : Google image

g. Programme

Pour la conception des parties privatives :

Taille et typologie :

De type studio d'une surface utile moyenne de 18 m², une proportion en dessous de 10% de

Logements regroupant deux chambres d'environ 32m².

La cellule des logements étudiants :

Chaque logement étudiant comprend, au minimum, les éléments suivants :

- Une entrée, avec si possible un rangement au-dessus de la porte ;
- Un coin nuit conçu pour un lit simple (prévoir 1m x 2m)² ;
- Une kitchenette avec : évier, plaque électrique, réfrigérateur ;

CHAPITRE IV

- Un placard équipé d'étagères et d'une tringle ;
- Une salle d'eau avec douche équipée d'un pare ;
- douche, sanitaire, lavabo, barres de relevage pour handicapés. Prévoir 2 lavabos et WC séparés dans les logements pour deux étudiants ;
- Un espace bureau (170cm environ) -Occultation des fenêtres ».

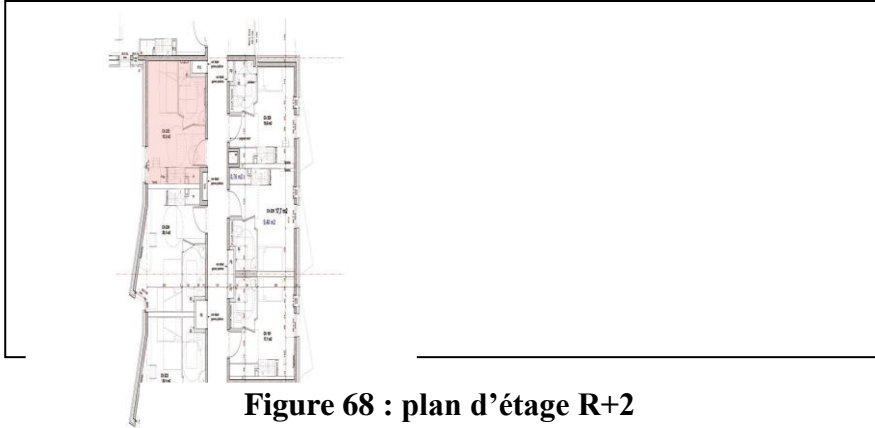
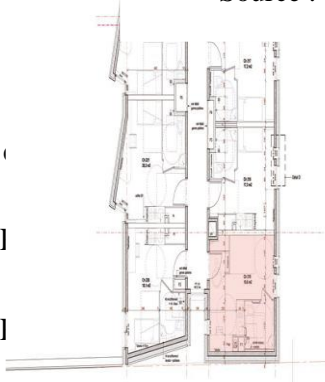


Figure 68 : plan d'étage R+2

Source : www.ciup.fr/espace.PDF

Pour la

- J
- J
- Cuisine



bliques :

- universitaire : 1300m²
- 955m²
- 300m²

Dépendances :

- Locaux d'activité culturelles et sportives (salle d'activité socio culturelles, gymnase, aires de jeux, salle de lecture, soins) 900m²
- Foyer pour travailleurs 50m²
- Logement d'astreinte (02 F04) 2*90m² 180m²

IV.2.2. Résidence universitaire Bures de Wuppertal

h. Présentation

Situation : Bures de Wuppertal ;

Surface : 20 000 m² ;

Volume du bâtiment : 56500 m³ ;

Consommation d'Energie pour le chauffage : 1" tranche : 68, 1 kWh/2an.

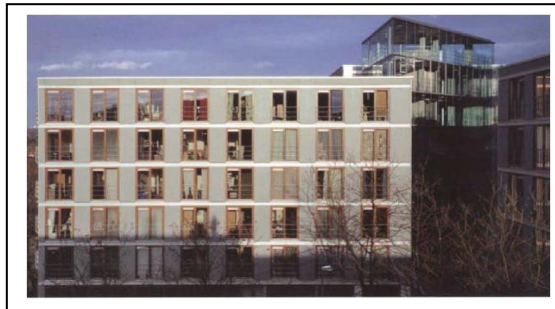


Figure 69 : R.U Bures de Wuppertal

Source : [www.google image.com](http://www.google.com)

i. Situation

Le projet se situe à Wuppertal en Allemagne à proximité de l'université, limité par :

Nord : friche industrielle ;

Sud : habitat ;

Est : habitat ;

Ouest : université de Wuppertal.

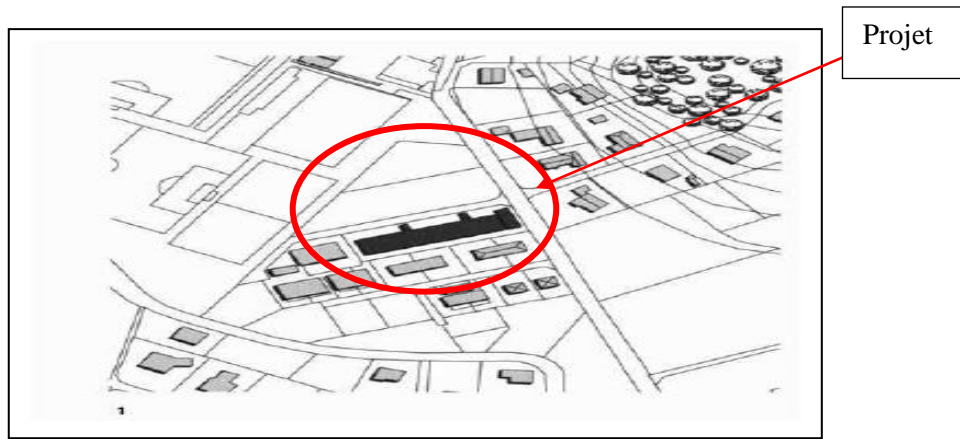


Figure 70 : Plan de situation

Source : www.communication@ciup.fr

Analyse de volume et façade :

Volume compact du bâtiment a été complètement habillé de panneaux de bois suspendus.

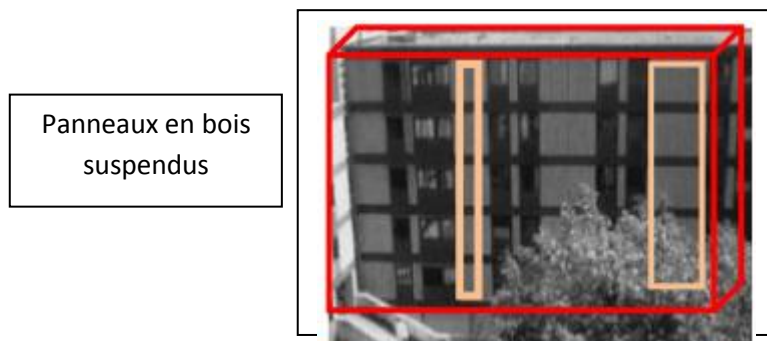


Figure 71 : façade du projet

Source : Google image

j. Système constructif

- La structure de murs porteurs.
- La structure en murs porteurs avec les éléments de façade préfabriqués de 12 m de large.
- La norme basse énergie ; l 'étroit volet ouvrant de ventilation est caractéristique.
- Des fonctions de ventilation contrôlées.
- Intégration d'un module de fenêtre de maison passive.

k. Programme

Des chambres individuelles meublées de 10 m² avec des locaux collectifs (cuisine, sanitaires et salles de travail).

Des T₁ (studios) meublés de 13 à 25 m² avec kitchenette (évier, deux plaques de cuisson et réfrigérateur) et salle d'eau (lavabo, douche et WC).

Des T₁ bis de 26 à 35 m² avec kitchenette (évier, deux plaques de cuisson et réfrigérateur) et salle d'eau (lavabo, douche et WC).

T₂ : studios meublés de deux pièces avec kitchenette (évier, deux plaques de cuisson et réfrigérateur) et salle d'eau (lavabo, douche et WC). Logement destiné à 2 personnes.

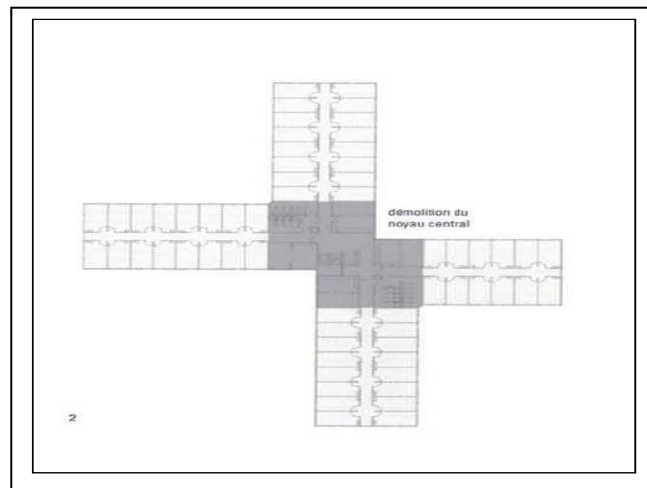


Figure 72 : plan d'étage R+2

Source : www.ciup.fr/espace.PDF

CHAPITRE IV

IV.3. Programmation spatiale et fonctionnelle

IV.3.1. Programme officiel

N°	désignation	N	Surface unité	Surface totale
1	Chambre de 12m ² avec placard mural en dur, 4 compartiments, 2 lits de 90*190cm, 2 tables de travail de 50*60 et 2 chaises.	500	12	6000
2	Circulation et sanitaire 35%			2100
3	Restaurant 500 places			
	Réfectoire + 30% de circulation	1		1125
	Cuisine :			
	➤	1	260	260
	alle de cuisson	1	40	40
	➤	3	25	75
	alle de préparation	1	35	35
	➤	1	100	100
	hambre froide	1	55	55
	➤	1		
	averie	1	190	190
	➤	1	85	85
	tockage et réserves	1	20	20
	➤			
	ureau de gestion et salle à ne manger personne			
	➤			
	irculation+ sanitaire			
	Foyer étudiants			
	Locaux techniques			
	Bureau service de restauration			
4	Administration :			
	➤	8	15.60	124.80
	ureau de 12m ² + 30% de circulation	1	84	84
	➤			
	alle de réunions, d'archive et divers			
5	Dépendances :			
	➤			
	ocaux d'activités culturelles et sportives (salle socioculturelle, gymnase, aires de jeux, infirmerie).	1	1200	1200
		2	12	24
	➤	1	100	100
	ureaux service des activités culturelles.	1	150	150
	➤	2	16	32
	alle de lecture			
	➤			
	alle d'internet			
	➤			
	ureau service d'hébergement			
6	Foyer travailleurs	1	50	50
7	Logement d'astreinte	2	90	180
8	Locaux techniques	1	160	160
9	Atelier de maintenance et magasin	1	270	270

Tableau 11 : Programme officiel

Source : DUC, Guelma

CHAPITRE IV

D'après l'analyse des exemples avec leur programme et le programme officiel, on conclut avec le programme retenu ci-après.

IV.3.2. Programme retenu

N°	désignation	N	Surface unité	Surface totale
1	Chambre de 12m ²	200	16	2400
2	Circulation et sanitaire 35%			850
3	Restaurant 200 places			
	Réfectoire + 30% de circulation	1		190,5
	Cuisine : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Salle de cuisson ➤ Salle de préparation ➤ Chambre froide ➤ Laverie ➤ Stockage et réserves Foyer étudiants Locaux techniques	1 1 3 1 1 1	160 40 25 35 100 190	60 40 75 35 100 190
4	Administration : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bureau de 12m² + 30% de circulation ➤ Salle de réunions, d'archive et divers 	8 1	15.60 84	124.80 84
5	Dépendances : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Locaux d'activités culturelles et sportives (salle socioculturelle, gymnase, aires de jeux, infirmerie). ➤ Bureaux service des activités culturelles. ➤ Salle de lecture ➤ Salle d'internet ➤ Bureau service d'hébergement 	1 2 1 1 2	420 12 50 150 16	420 24 50 150 32
6	Foyer travailleurs	1	50	50
7	Logement d'astreinte	2	90	180
8	Locaux techniques	1	160	160
9	Atelier de maintenance et magasin	1	270	270

Tableau 12 : Programme retenu

Source : auteur

IV.4. Genèse et démarche de projet

Le projet proposé : une résidence universitaire situé à la commune de Héliopolis, Guelma.

Dans une assiette de 16200m² de surface situé à proximité de la route nationale N°21 qui mène vers la ville d'Annaba.

- Objectifs principale :
 - Concevoir une résidence à efficacité énergétique,
 - Opter pour une conception solaire pour une résidence universitaire,

- Principes à suivre :
 - Utilisation de système passif et panneaux solaire
 - Une conception de Haute Performance énergétique,
 - Minimiser la consommation énergétique,
 - Opter une écoconception :
 - Bioclimatique.
 - éco matériaux.

IV.5. Schéma de principe

Présentation de la méthode de conception

La méthode utilisée pour la conception du projet s'intitule « la composition géométrique ». La méthode de la composition géométrique est faite à une trame de 8m.

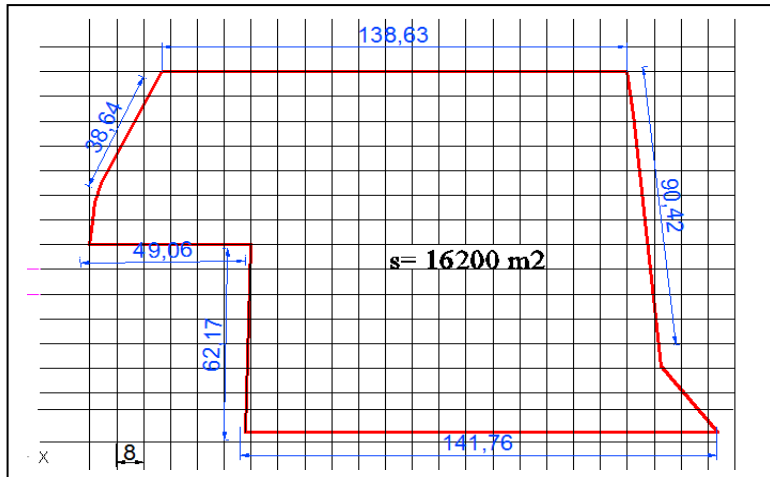


Figure 73 : Schéma de principe (la méthode de conception)

Source : auteur

➤ **Première étape : les axes principaux**

Le premier axe majeur : la route nationale N°21 qui mène vers la ville d'Annaba sur lequel le projet est orientée.

L'exploitation de cet axe majeur par la construction d'une façade principale qui donne sur ce dernier pour enrichir le projet vu de l'importance de leur situation importante par rapport à la route nationale et par rapport à la proximité de la zone universitaire.

Le deuxième axe secondaire : contient un nœud de repère de départ du projet. Il présente la vue axonométrique de tout le projet.

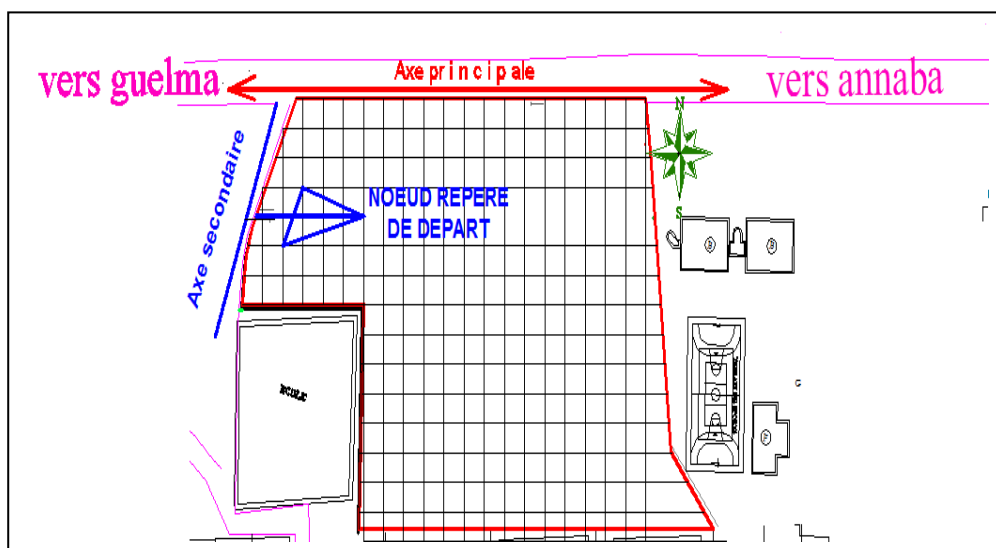


Figure 74 : Schéma indiquant les axes principaux.

Source : auteur

➤ Deuxième étape : les accès

Le projet est accessible par deux accès majeurs :

Accès principale : contient l'entrée principale piétonne et l'accès mécanique vers les parkings, se situe sur l'axe secondaire qui se caractérise par un flux mécanique faible loin de la circulation.

Accès secondaire : est un accès de service.

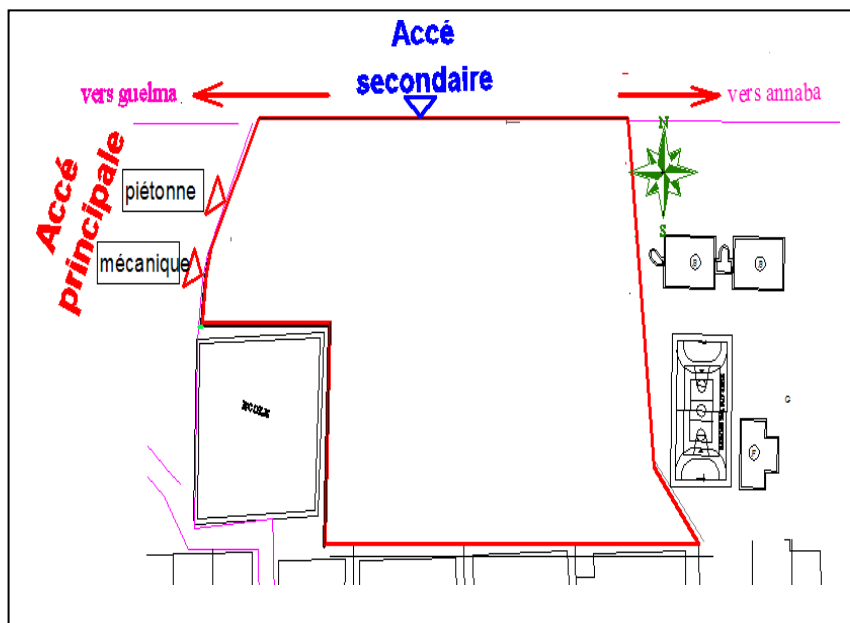


Figure 75 : Schéma indiquant les principaux accès

Source : auteur

Passant à la troisième étape qui concerne l'organisation spatiale comme suit :

(Voir la page suivante),

➤ Troisième étape : hiérarchisation des espaces

Le principe d'organisation spatiale est structuré suivant un mouvement de rotation comme suit :

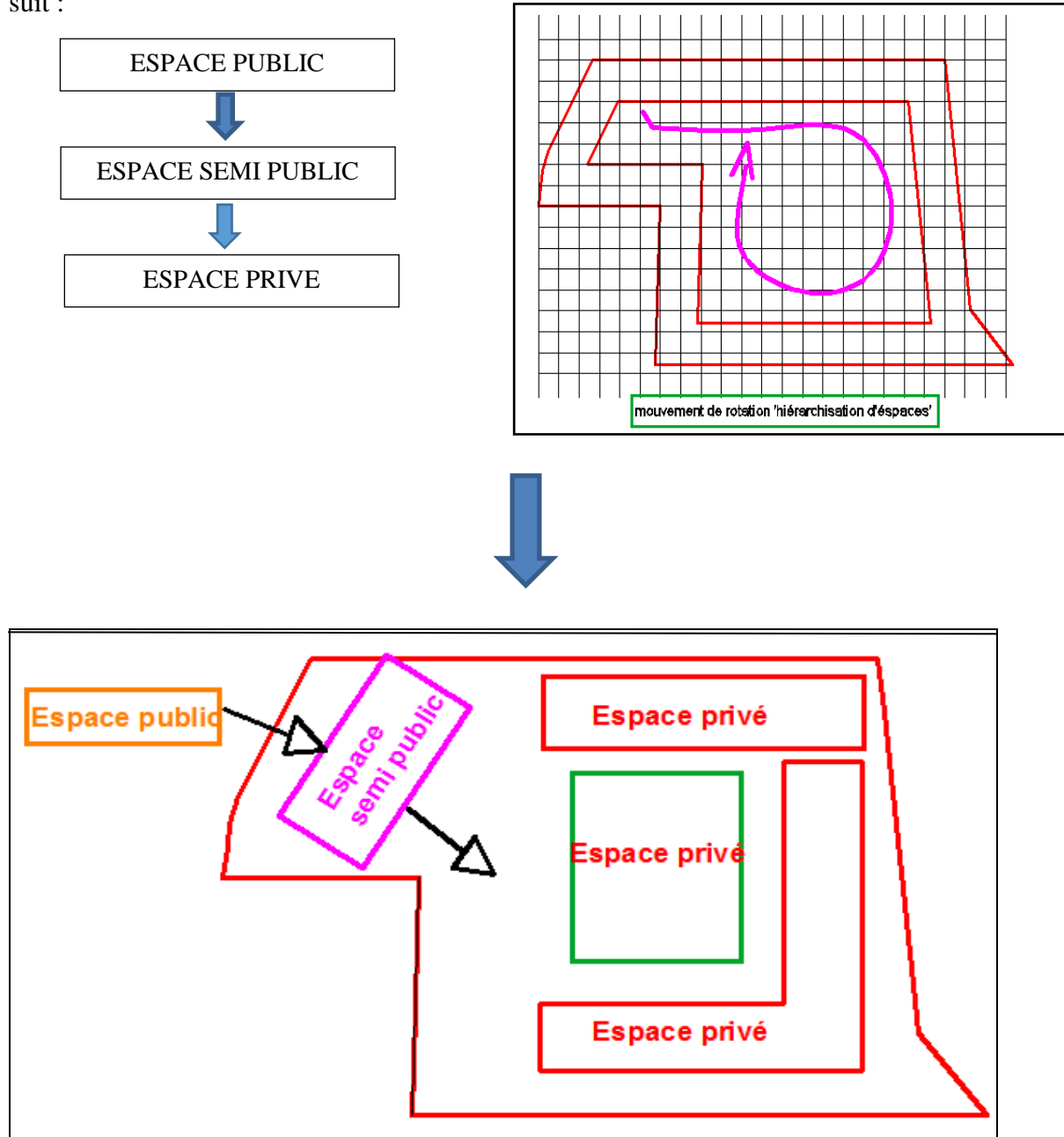


Figure 76 : Schéma indiquant l'organisation spatiale du projet

Source : auteur

Quatrième étape : Schéma de principe

Depuis l'entrée principale qui est situé sur l'axe secondaire j'ai fait un espace composé de 2 parties : espace de stationnement et espace de regroupement et transition entre public et semi public.

L'emplacement des blocs d'hébergement est structuré suivant le gabarit de terrain avec une bande verte qui présente un recul entre la rue et la façade principale du projet et au mêmes temps une clôture verte.

Un espace centrale entre les blocs de détente et aménagé qui s'ouvre vers l'espace de jeux et loisir.

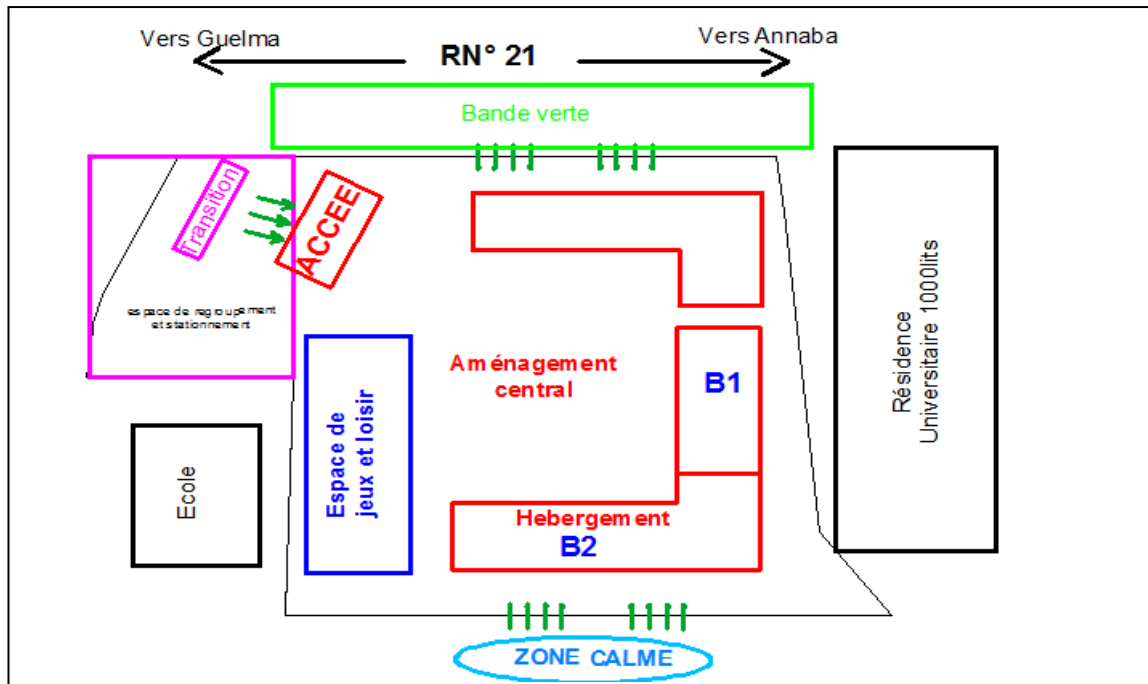


Figure 77 : Schéma de principe du projet

Source : auteur

CONCLUSION GÉNÉRALE

À travers ce mémoire, nous avons essayé de mettre en évidence l'efficacité de l'énergie solaire en tant que source énergétique renouvelable dans le processus de la production du projet architecturale.

En premier lieu, la recherche théorique développée au début de ce travail nous a permis de construire une image générale sur des différents aspects telle la consommation énergétique, des systèmes solaires, l'efficacité énergétique...etc.

Les études à l'échelle du globe montrent que la consommation énergétique du secteur de bâtiment se situe actuellement selon les pays aux alentours de 30 à 40% de la consommation totale. Cette consommation forte inégalement répartie dans le monde faisant largement appel aux combustibles fossiles, qui sont des ressources non renouvelables, on comprend la nécessité de réduire les besoins au minimum.

L'introduction des systèmes solaires actifs et passifs est sans doute une nécessité d'une part, pour lutter contre les émissions des GES, préserver les ressources fossiles épuisables et polluantes et d'autre part, pour améliorer la consommation énergétique des bâtiments.

Sur le plan opérationnel, Il existe une diversité de méthodes « solaires », chacune d'elles a des conséquences sur l'aspect du bâtiment, sur la consommation de l'énergie et sur le cout de la construction. L'utilisation de l'énergie solaire dans le bâtiment conduit au recours aux techniques différentes : thermiques ou photovoltaïques. Les usages thermiques et photovoltaïques de l'énergie solaire présentent de véritables intérêts toutefois, cette alternative est, jusqu'à présent, critiquée sur le plan économique vu que la filière solaire est encore en phase de développement et de vulgarisation notamment en Algérie.

Pour une meilleure efficacité énergétique, la conception doit primordialement rechercher les dispositifs passifs à travers des démarches bioclimatiques, en associant les solutions actives par l'investissement des énergies renouvelables, notamment l'énergie thermique et photovoltaïque offertes par les panneaux solaires pour le chauffage, la climatisation et enfin la production d'électricité. L'efficacité de cette source énergétique a qui fut l'objet de notre recherche. Cette pratique « écoresponsable » consiste à un stockage d'énergie dans des

BIBLIOGRAPHIE

batteries de stockage. L'efficacité de cette source ne se complète que par la sobriété énergétique et le mode de vie des usagers.

En second lieu, nous avons tenté d'effectuer une analyse d'efficacité énergétique des panneaux solaires photovoltaïques sur notre cas d'étude par l'intermédiaire des outils d'analyse offertes par la simulation architecturale notamment avec le logiciel *TRNSYS*.

La simulation est effectuée d'abord sur un projet existant dans la ville de Guelma 'la résidence universitaire SALAH YAHYA', les résultats obtenus après le calcul des bilans énergétiques de trois chambres dans différents niveaux montrent que la consommation énergétique est moyenne suivant le classement dans l'étiquette énergétique.

La simulation des panneaux solaires photovoltaïques nous a permis de constater que la quantité d'énergie générée par les panneaux solaires avec l'orientation sud peut couvrir la demande annuelle avec un important taux de rendement.

L'efficacité des panneaux solaires et leurs rendement électrique, dépend généralement de :

- Ses dimensions ;
- Sa technologie ;
- Du rayonnement reçu ;
- De la durée d'exposition

Bibliographie

Ouvrage :

1. ALAIN Liébard, «*traité d'architecture et urbanisme*», éd observatoire des énergies renouvelable, p878, France.
2. CHATELET. Alain, FERNANDEZ. Pierre et LAVIGNE. Pierre, «*Architecture climatique Une contribution au développement durable Tome 2 Concepts et dispositifs*», Edition EDISUD Aix-en-Provence, 1998, p133.

CHITOUR. Chams Eddine, «*L'énergie- Les enjeux de l'an 2000*, Alger : Office des Publications Universitaires OPU, 1991, p 41.
3. DAVID. Wright, «*Soleil, nature, architecture*». Ed parenthèses, P85, Paris 1979 FERNANDEZ, P., & LAVIGNE, P. «*Concevoir des bâtiments bioclimatiques : fondements & méthodes*. Paris: Moniteur, (2009).
4. G. Carsten, «*Construire une maison passive, Conception, Physique de la Construction, Détails de construction*», Rentabilité. L'inédite. 2008. 148 pages.
5. MANUEL ; «Gérer les ressources terrestres. L'enjeu énergétique' . La Russie p. 114, 116 et 118.
6. PIERRE Lavigne, « *Concevoir des bâtiments bioclimatiques* », le moniteur, 2009.

Thèses et mémoires :

1. BOUARABA Messiva : «*amélioration de la consommation énergétique dans le secteur résidentiel par les opérations de réhabilitation énergétique*», mémoire de magister, laboratoire ville ; urbanisme et développement durable, école polytechnique d'architecture et d'urbanisme, Alger, 2013, p. 18-20.
2. BOURSAS (Abderrahmane), «*étude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment d'habitation à l'aide d'un logiciel de simulation*, » mémoire de magister, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Constantine 1, Constantine, 2013, p.70.
3. BOUZERIBA (Mohamed Salah), «*Programme National de maîtrise de l'énergie*», Premier Forum Algéro-Britannique, Hôtel Hilton, 04 mars 2013, p 19.
4. Émilie. Bouffard, «*Conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception* », thèse de magister de l'université de LAVAL, Québec Canada, 2013.
5. Emilie.B, «*éléments de conception architecturale*' , mémoire de magister de l'université de Québec, Canada 2013.

BIBLIOGRAPHIE

6. M. BENAMRA (Mostefa Lamine), «*Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale*, » Université de BISKRA, 2013.
7. Mazria, E. (1981). «*Le guide de l'énergie solaire passive*», Éditions Parenthèses éd.
8. SEMAHI (Samir) : «*contribution méthodologique a la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie*», mémoire de magister, laboratoire architecture et environnement, école polytechniques d'architecture et d'urbanisme, Alger, 2013, p.22.

Revues :

1. S. Assyl, Revue de SONATRACH, Réseau N°3 Avril 2004, p30.
2. BENNOUNA ; D. Zejli ; R. Bencherif Les Energies Renouvelables Pour un développement durable et globale CER 2007 (CNRST).
3. F. Harouadi et All Les potentialités d'exploitation d'hydrogène solaire en Algérie dans un cadre euromaghrébin Partie I: Phase d'étude d'opportunité et de faisabilité Revue CDER VOL 10 N 2 2007.
4. D.R. di Adalbéron, 'La Recherche Energétique Européenne: Pont de Coopération sur la Méditerranée', Liaison Energie Francophonie, N°71, Energie et Développement Durable en Méditerranée, pp. 71 -76, 2ème Trimestre 2006.
5. HESTNES, A. G. (1999). Building integration of solar energy systems. *Solar Energy*, 67(4-6), 181-187.
6. DEMERS, C. et POTVIN, A. (2004), Le chauffage solaire passif comme stratégie bioclimatique, Esquisses, Ordre des Architectes du Québec.
7. GROBE (Carsten) : Construire une maison passive, Conception, Physique de la Construction, Détails de construction, Rentabilité. L'inédite. 2008. 148 pages.
8. UNI-SOLAR; Munari Probst et al. 2012.

Rapports d'études :

1. Bilan des changements climatiques, Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, 2007,p.19.
2. YACEF. A, Séminaire sur « *L'économie de l'énergie* », Alger, Avril 1997.
3. Bulletin des énergies renouvelables N°2 Décembre 2002, p6.
4. Manuel 'Gérer les ressources terrestres 'Chapitre 2. L'enjeu énergétique. La Russie p. 114, 116 et 118. PDF
5. *SOLAR ENERGY SYSTEMS IN ARCHITECTURE integration criteria and guidelines* (No. Report T.41.A.2), <http://www.iea-shc.org/> (janvier 2013).
6. Effinergie, *Réussir un projet de Bâtiment Basse Consommation*, 2008, p.14, PDF.
7. Panneaux solaires, Recommandations paysagères et architecturales pour une meilleure intégration. PDF.

BIBLIOGRAPHIE

Document gouvernementaux :

1. AIE – Agence Internationale de l'énergie. 2004
2. Centre Interprofessionnel technique d'Etudes de la pollution Atmosphérique, 2010.
3. Chiffres clés de l'énergie, édition 2011. SOeS – chiffres de consommation 2010.
4. EIA (2011). *Annual Energy Outlook*, DOE/EIA-0383, 2011
5. GIEC (2008). Changements Climatiques 2007. Rapport de Synthèse.
6. Intelligent energy Europe, *énergie bits*.
7. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. <http://www.ipcc.ch/>.
8. Le 4ème rapport du GIEC annonce un 90% de certitude contre 66% de certitude présenté dans le 3ème rapport de 2001.
9. Ministère de l'Écologie du Développement durable des Transports et du Logement, *Les essentiels du développement durable*, Février 2012.
10. Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, *guide concilier efficacité énergétique et acoustique dans le bâtiment*, France.
11. 'Organisation mondiale de la santé (OMS), est une institution spécialisée de l'Organisation des Nations unies (ONU) pour la santé publique créée en 1948.

Sites web :

1. http://www.gabrielperi.fr/assets/files/pdf/les_enjeux_energetiques.pdf, vendredi 13-11-2016 à 18 :30.
2. www.jeunes.edf.com, S'informer sur les différents types d'énergie et le développement durable, Qu'est-ce qu'une énergie renouvelable ?, /article/qu'est-ce-qu'une-énergie renouvelable, 79, 24/12/2016 à 14 :56.
3. [Http://www.performance-energetique.lebatiment.fr](http://www.performance-energetique.lebatiment.fr), Mercredi 06-01 2017 17:27:27.
4. <http://media.xpair.com>, Mercredi 0601 2017 17:28:21.
5. www.aprue.org, (29 octobre 2016 à 23 :12).
6. http://static0.viadeo-static.com/v_img199807/visuel/favicon.ico (29 janvier 2017 à 00:14).
7. <http://www.farncophonie.hachett-livre.fr>
8. KEILHOLZ. Werner, *Simuler directement à partir de la CAO*, Lyon, 10 Septembre2001SimCad1.3, [En ligne] CSTB <http://software.cstb.fr>.
9. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf.