

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث 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 de : Architecture

Spécialité : Architecture

Option : Architecture, Environnement et Technologie

Présenté par : **BELKHARCHOUCHE Ibtissem**

---

---

### Thème :

**L'Architecture solaire comme alternative écologique pour  
la conception des équipements aquatique à Guelma**

---

---

Sous la direction de : **Mr Meddour Larbi**

**Juin 2021**

---

**Dédicace :**

**JE DEDIE CE MEMOIRE**

**À CELUI QUI M'A INDIQUÉ**

**QUE LA VOLONTÉ FAIT TOUJOURS LES GRANDES PERSONNES**

**A MON CHER PERE**

**À CELLE QUI A ATTENDU AVEC PATIENCE LES FRUITS DE SA BONNE EDUCATION**

**A MA TRES CHERE MERE**

**A MES FRERES ET MES SCEURS**

**POUR SES ENCOURAGEMENTS**

**A MON FIANCE**

**POUR SON SOUTIEN DANS LES MOMENTS DIFFICILES**

**JE DEDIE CE TRAVAIL AUX PERSONNES LES PLUS CHERES A MON CŒUR**

## **Remerciement :**

Au terme de ce travail, nous implorons dieu le miséricordieux, qui nous a donné la force et la volonté d'achever ce travail

Mes remerciements les plus élogieux vont à Monsieur **DECHAICHA Assoule** et **Mr MEDDOUR Larbi** pour ses soutiens et ses encadrements scientifique qui m'ont été bénéfiques pour mener à bien ce travail.

Mes remerciements s'adressent à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont coopéré à l'élaboration de ce travail et particulièrement tous les profs qui nous ont guidés à concrétiser ce projet, par leurs aides et leurs orientations efficaces et positifs.

Je tiens à remercier également les enseignants dirigeants, pour leurs suivis et leur précieux conseil.

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

Un grand merci à mes parents, mes frères et mes sœurs, mon fiancé qui m'ont toujours encouragé, qui ont su me soutenir à chaque moment et à qui je dois tout.

Ma gratitude à mes amies pour leurs encouragements et discussions très intéressantes au cours de l'élaboration de ce travail, avec qui j'ai partagé de belles années à l'université.

Mes gratitudes sont aussi destinées à tous ce qui a participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

**Résumé :**

En réponse aux défis énergétiques et environnementaux constatés ces dernières décennies, les architectes et les acteurs de la construction ont commencé à développer et préposer des alternatives conceptuelles et constructives basées sur l'utilisation des énergies renouvelables dans la conception architecturale. Dans cette optique, l'architecture solaire se manifeste comme alternative écologique visant une meilleure adaptation du projet architectural.

La présente étude consiste à effectuer une analyse d'efficacité énergétique des panneaux solaires sur notre cas d'étude par l'utilisation d'un outil de simulation offert par le logiciel ArchiWIZARD. La simulation des panneaux solaires nous a permis de constater que la quantité d'énergie thermique et électrique générée par cette source renouvelable avec orientation sud peut couvrir la demande énergétique annuelle avec un important taux de rendement. Ainsi cette étude nous a permis de conclure que l'amélioration de l'efficacité énergétique des projets aquatiques peut être assurée en appliquant une démarche conceptuelle passive qui se base, d'une part, de l'analyse de site, et d'autre part par la valorisation des solutions bioclimatiques.

**Mot clé :** Architecture solaire, environnement, coût environnemental, panneaux solaires, efficacité énergétique.

**Abstract:**

In response to the energy and environmental challenges of the last decades, architects and construction actors have started to develop and propose conceptual and constructive alternatives based on the use of renewable energies in architectural design. From this point of view, the solar architecture is manifested as an ecological alternative aiming at a better adaptation of the architectural project.

The present study consists in performing an energy efficiency analysis of solar panels on our case study by using a simulation tool offered by the ArchiWIZARD software. The simulation of the solar panels allowed us to note that the quantity of thermal and electrical energy generated by this renewable source with southern orientation can cover the annual energy demand with an important rate of return. Thus, this study has allowed us to conclude that the improvement of the energy efficiency of water projects can be ensured by applying a passive conceptual approach based, on the one hand, on the site analysis, and on the other hand, by the valorization of bioclimatic solutions.

**Key word:** Solar architecture, environment, environmental cost, solar panels, energy efficiency.

## ملخص :

استجابة لتحديات الطاقة والبيئة في العقود الماضية ، بدأ المهندسون المعماريون والجهات الفاعلة في البناء في تطوير واقتراح بدائل مفاهيمية وبناءة على أساس استخدام الطاقات المتجددة في التصميم المعماري. من وجهة النظر هذه ، تتجلى العمارة الشمسية كبديل بيئي يهدف إلى تكييف أفضل للمشروع المعماري. تتكون الدراسة الحالية من إجراء تحليل كفاءة الطاقة للألواح الشمسية في دراسة الحالة الخاصة بنا باستخدام أداة المحاكاة التي يوفرها برنامج ارشي ويزار. سمحت لنا محاكاة الألواح الشمسية بملاحظة أن كمية الطاقة الحرارية والكهربائية التي يولدها هذا المصدر المتجدد ذي الاتجاه الجنوبي يمكن أن تغطي الطلب السنوي على الطاقة بمعدل عائد مهم. وبالتالي ، سمحت لنا هذه الدراسة باستنتاج أنه يمكن ضمان تحسين كفاءة الطاقة في مشاريع المياه من خلال تطبيق نهج مفاهيمي سلبي يعتمد ، من ناحية ، على تحليل الموقع ، ومن ناحية أخرى ، من خلال تهمين الحلول المناخية الحيوية.

**الكلمة المفتاحية:** العمارة الشمسية ، البيئة ، التكلفة البيئية ، الألواح الشمسية ، كفاءة الطاقة.

## Sommaire

Dédicace :.....	I
Remerciement :.....	II
Résumé :.....	III
Sommaire .....	VI
Liste de figure :.....	XVII
Liste des tableaux	
<b>Chapitre introductif</b> :.....	1
Introduction générale :.....	1
Problématique :.....	2
Hypothèses :.....	2
Objectifs de l'étude :.....	3
Structure de mémoire :.....	3
Méthodologie :.....	4
<b>Chapitre I : Environnement et Architecture durable</b> .....	5
I. Généralités sur L'environnement :.....	5
I.1.1 L'environnement :.....	5
I.1.2 Ecosystème :.....	5
I.1.3 Biotope : .....	6
I.1.4 Biocénose : .....	6
I.2 Des problèmes environnementaux en persistance :.....	6
I.2.1 La pollution : .....	7
I.2.1.1 La pollution de l'air:.....	7
I.2.1.2 La pollution de l'eau: .....	8
I.2.1.3 La pollution des sols:.....	9
I.2.2 L'effet de serre : .....	9
I.2.2.1 Sources des GES :.....	10

I.2.3 Réchauffement climatique:.....	11
I.2.3.1 Les conséquences du réchauffement climatique : .....	12
I.2.4 Le changement climatique :.....	13
I.3 L'énergie :.....	13
I.3.1 La consommation énergétique au monde : .....	13
I.3.2 Consommation par secteur d'activité : .....	14
A. Le secteur résidentiel : .....	15
B. Le secteur de transport : .....	15
C. Le secteur industriel : .....	15
D. Les autres activités humaines.....	16
I.3.3 La consommation énergétique en Algérie : .....	16
I.3.4 La consommation d'énergie du bâtiment : .....	16
I.4 Le développement durable : un modèle de réconciliation du projet avec son environnement.....	17
I.4.1 Aperçu historique : .....	17
I.4.2 Les Conditions du Développement Durable : .....	18
I.4.3 Les Objectifs du Développement Durable : .....	18
I.4.4 L'énergie et le développement durable : .....	19
I.5 Les énergies renouvelables : .....	20
I.5.1 Les Types des énergies renouvelables : .....	20
I.5.1.1 L'énergie solaire : .....	21
I.5.1.2 Avantages et inconvénients de l'énergie solaire : .....	21
I.5.2.1 L'énergie de la biomasse : .....	22
I.5.2.2 Le bois énergie : .....	22
I.5.2.3 Le biogaz : .....	22
I.5.2.4 Les biocarburants : .....	23
I.5.3.1 L'énergie éolienne : .....	24



I.5.3.2 Avantages et inconvénients d'énergie éolienne : .....	24
I.5.4.1 L'énergie hydraulique : .....	25
I.5.5.1 L'énergie géothermique.....	26
I.5.5.2 Le puits canadien :.....	27
I.5.5.3 La Pompes à chaleur :.....	27
I.5.5.4 Avantages et inconvénients d'énergie géothermique : .....	28
I.6 Le bâtiment et les énergies renouvelables : .....	29
I.6.1 Exemple : de la tour vivante à Rennes en France :.....	29
I.7.1 Le potentiel des Energies Renouvelables en Algérie : .....	30
I.7.2 Les objectifs des énergies renouvelables :.....	32
Conclusion : .....	32
<b>Chapitre II : L'Architecture solaire appliquée dans les équipements aquatiques</b>	
.....	33
Introduction :.....	33
II.1 L'Architecture écologique : .....	34
II.1.1 Histoire de la construction : .....	35
II.1.2 Définitions et Notions : .....	35
II.1.3 Notions d'Architecture :.....	35
II.1.4 Notion d'Écologique : .....	36
II.1.5 Notion d'Architecture Écologique : .....	36
II.2.1 L'approche bioclimatique : .....	37
II.2.2 Définition : .....	37
II.2.3 Les principes de l'architecture bioclimatique : .....	38
II.2.3.1 L'implantation :.....	39
II.2.3.2 L'orientation :.....	40
II.2.3.3 Les ouvertures des façades :.....	40
II.2.3.4 La forme du bâti :.....	41

II.2.3.5 Le vent :.....	41
II.2.3.6 Le choix des matériaux : .....	42
II.3.1 Le soleil, source d'énergie : .....	42
II.3.1.1 Définition : .....	42
II.3.1.2 Le mouvement Terre-Soleil: .....	43
II.3.1.3 Le rayonnement solaire: .....	44
II.3.1.4 La propagation du rayonnement solaire dans l'atmosphère :.....	45
II.3.1.5 Coordonnées horizontales :.....	46
II.3.1.6 Puissance solaire .....	47
II.4 Potentiel solaire en Algérie: .....	47
II.5 L'énergie solaire passive:.....	48
II.5.1.1 L'architecture solaire passive : .....	49
II.5.1.2 Avantages et inconvénients du système solaire passif :.....	49
<input type="checkbox"/> Les avantages :.....	49
<input type="checkbox"/> Les inconvénients : .....	50
II.6.1 Les stratégies Passives: .....	50
II.6.1.1.1 Stratégie du chaud (hiver): .....	51
II.6.1.1.2 Stratégie du chaud : Capter .....	51
II.6.1.1.3 Stratégie du chaud : Stocker.....	51
II.6.1.1.4 Stratégie du chaud: Distribuer.....	51
II.6.1.1.5 Stratégie du chaud: Conserver.....	51
II.6.1.2.1 Stratégie du froid (été): .....	52
II.6.1.2.2 Stratégie du froid: Se protéger .....	52
II.6.1.2.3 Stratégie du froid: Eviter .....	53
II.6.1.2.4 Stratégie du froid: Dissiper .....	53
II.6.1.2.5 Stratégie du froid: Rafraîchir.....	53
II.6.1.2.6 Stratégie du froid: Minimisé .....	53

II.6.2 Dispositifs d'architecture solaire passive :	54
II.6.2.1 Le Chauffage solaire passif :	55
II.6.2.2 L'utilisation de la Masse thermique dans les bâtiments:	55
II.6.2.4 L'importance du vitrage dans les procédés solaire passifs:	57
II.6.2.5 L'orientation d'une paroi vitrée :	58
II.6.2.6 Climatisation passive:	58
II.6.2.7 L'Atrium:	58
II.6.2.7.a) La fonction de l'atrium :	59
II.7.1 L'énergie solaire active:	60
II.7.1.1 Les systèmes solaires actifs :	61
II.7.1.2 Système solaire thermique :	61
II.7.1.3 Principe de fonctionnement :	61
II.7.1.3.1 La technologie solaire thermique à basse température :	63
II.7.1.3.2 La technologie solaire thermique haute température :	63
II.7.2 Types de capteurs solaires thermiques :	63
II.7.2.1 Les capteurs à air :	63
II.7.2.2 Les capteurs à eau :	64
II.7.3 Capteur solaires à concertation :	64
II.7.3.1 les concentrateurs paraboliques.....	64
II.7.3.2 les centrales à tour :	65
II.7.3.3 Les capteurs cylindro-paraboliques :	65
II.7.4 Système solaire photovoltaïque :	66
II.7.4.1 La technologie des capteurs photovoltaïques :	66
II.7.4.2 L'effet photovoltaïque :	67
II.7.4.2.1 Le principe de fonctionnement :	68
II.8.1 La conception de l'architecture solaire :	69
II.8.2 La Conception d'un projet architectural solaire:	69

II.8.3 Types de conception des panneaux solaires:.....	69
II.8.3.2 Intégration des capteurs solaire dans le bâtiment :.....	72
II.8.3.2.1 Les capteurs en toiture inclinée :.....	72
II.8.3.2.2 Les capteurs en toiture terrasse :.....	74
II.8.3.2.3 Les capteurs en façades :.....	75
II.8.3.2.4 Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires passifs et actifs .....	76
□ Habitation Imagine Rommen, Norvège .....	76
□ Laboratoire d'énergie Xelios, Italie .....	76
□ Siège social Tobias Grau, Allemagne.....	77
Conclusion : .....	77
<b>Chapitre III: La Simulation comme outil d'évaluation énergétique : Application</b>	
Introduction :.....	78
III.1 La simulation numérique : .....	78
III.1.1 Définition: .....	78
III.1.2 Objectifs de la simulation : .....	78
III.1.3 Types de simulation : .....	79
III.1.3.1 La simulation analogique :.....	79
III.1.3.2 La simulation par événements discrets : .....	80
III.1.4 Méthode de simulation :.....	80
III.1.4.1 Méthode de simulation thermique : .....	80
□ Climat, données et analyse : .....	81
□ Accès solaire, ombrages : .....	81
□ Eclairage naturel / artificiel : .....	81
III.1.3.3 Simulation thermique : chauffage / climatisation :.....	82
III.2 Simulation à l'aide du logiciel ArchiWIZARD:.....	82
III.2.1 Avantages du logiciel :.....	82

III.2.2 Limites du logiciel ArchiWIZARD : .....	82
III.3 Le Cas d'étude : présentation, données et démarche .....	83
III.3.1 Données et matériel utilisés : .....	83
1.Les données climatiques : .....	83
2.Les données de projet : .....	83
III.3.2 Matériel : .....	85
III.3.3 Démarche méthodologique : .....	85
1.La première étape : la création du modèle énergétique (modélisation énergétique)	85
2.La deuxième étape : paramétrage énergétique .....	85
3.La troisième étape : résultats et interprétation .....	86
<input type="checkbox"/> Indicateur de performance thermique de l'enveloppe (U bat) : .....	86
<input type="checkbox"/> Ration de transmission thermique linéique moyenne globale : .....	87
<input type="checkbox"/> Valeur du pont thermique moyen de la jonction plancher intermédiaire-façade :	87
<input type="checkbox"/> Les besoins énergétique : .....	88
<input type="checkbox"/> Le besoin en eau chaude sanitaire : .....	89
<input type="checkbox"/> La consommation énergétique d'éclairage : .....	90
<input type="checkbox"/> Le taux d'inconfort : .....	91
<input type="checkbox"/> L'enseillement : .....	92
<input type="checkbox"/> L'éclairage : .....	92
Conclusion : .....	93
<b>Chapitre IV : Etape de projet : Site, Analyse, programmation et intervention..</b>	<b>94</b>
IV.1 Analyse de site d'intervention: .....	94
IV.1.1 Motivation de choix: .....	94
IV.1.2 Situation géographique de la ville de Guelma: .....	94
IV.1.3 Contexte géographique : .....	95
IV.1.4Analyse climatique de la ville Guelma: .....	95

IV.1.4.1	Le climat de la ville de Guelma :	95
IV.1.4.3	Précipitation:	96
IV.1.4.4	Vitesse des vents :	97
IV.1.4.5	La rose des vents :	97
IV.1.4.6	Insolation:	98
IV.1.4.7	Diagramme ombrothermique de Guelma :	99
IV.1.4.8	Diagramme solaire de Guelma :	99
IV.1.5	Analyse bioclimatique de la ville de Guelma :	100
IV.1.5.1	Application de la méthode de S. Szokolay :	101
IV.1.5.2	Les tables de Mahoney :	101
IV.1.6	La commune de Ben Djerrah:	102
IV.1.6.1	Situation et limites :	102
IV.1.6.2	Accessibilité :	103
IV.1.6.3	Type de biodiversité :	103
IV.1.6.4	Hydrographie :	104
IV.1.7	Analyse de site :	104
IV.1.7.1	Présentation et situation de terrain :	104
IV.1.7.2	Délimitation :	105
IV.1.7.3	Accessibilité :	106
IV.1.7.4	Analyse physique du site :	107
IV.1.7.4.1	Morphologie:	107
IV.1.7.4.1.1	Forme de terrain :	107
IV.1.7.4.1.2	Superficie:	107
IV.1.7.4.1.3	Le profil topographique :	108
IV.1.7.4.2	Analyse microclimatique du terrain:	108
IV.1.7.4.2.1	Ensoleillements :	108
IV.1.7.4.2.1	Vents dominants :	109

Synthèse : .....	109
IV.2 Analyse des exemples : .....	110
IV.2.1 Exemple 01: Le bain des docks .....	110
IV.2.1.1 Fiche technique : .....	110
IV.2.1.2 Situation générale: .....	110
IV.2.1.3 Analyse de contexte : .....	111
IV.2.1.4 Environnement immédiat : .....	112
IV.2.1.5 Accessibilité de complexe : .....	112
IV.2.1.5.1 Accessibilité mécanique : .....	112
IV.2.1.5.2 Les accès : mécaniques et piétons : .....	113
IV.2.1.6 Implantation du projet : .....	114
IV.2.1.7 Circulation des vents : .....	114
IV.2.1.8 Etude d'intérieur : .....	115
IV.2.1.8.1 Programme surfacique : .....	115
IV.2.1.8.2 Le plan de RDC : .....	117
IV.2.1.8.3 1 <sup>er</sup> étage : .....	118
IV.2.1.8.4 Circulation : .....	119
IV.2.1.9 Analyse du cadre architectural: .....	119
IV.2.1.9.1 La forme planimétrique .....	119
IV.2.1.9.2 La volumétrie : .....	120
IV.2.1.9.3 La façade et la coupe : .....	120
IV.2.1.10 Analyse du cadre structurel et technique: .....	121
IV.2.1.10.1 Matériaux et système constructif : .....	121
IV.2.1.10.2 Les ambiances : .....	121
IV.2.1.11 Les concepts retenus de projet rendre « Les bains des docks jean nouvel » : .....	122
IV.2.1.12 Synthèse critique : .....	122

IV.2.2 Exemple 02: Complexe aquatique Intercommunal CASEO .....	123
IV.2.2.1 Fiche technique :.....	123
IV.2.2.2 Situation géographique:.....	124
IV.2.2.3 Analyse de contexte et l'environnement immédiat : .....	125
IV.2.2.4 Accessibilité de complexe: .....	126
IV.2.2.4.1 Accessibilité mécanique : .....	126
IV.2.2.4.2 Les accès : mécaniques et piétons : .....	127
IV.2.2.5 Implantation du projet : .....	128
IV.2.2.6 Etude d'intérieur : .....	128
IV.2.2.6.1 Programme surfacique :.....	128
IV.2.2.6.2 Le plan de RDC : .....	131
IV.2.2.6.3 Plan de 1er Etage: .....	131
IV.2.2.6.4 Affectation des espaces : .....	132
IV.2.2.7.1 La forme planimétrique : .....	132
IV.2.2.7.2 La volumétrie :.....	132
IV.2.2.7.3 La façade et la coupe .....	133
IV.2.2.8.1 Analyse du cadre structurel technique:.....	134
IV.2.2.8.2 Les ambiances :.....	134
IV.2.2.9 Les éléments biologiques :.....	135
IV.2.2.10 Synthèse critique :.....	135
IV.2.3 Exemple 03: le centre aquatique le Cube d'eau.....	136
IV.2.3.1 Fiche technique :.....	136
IV.2.3.2 Situation :.....	137
IV.2.3.3 L'environnement immédiat : .....	137
IV.2.3.4 Implantation et accessibilité de projet : .....	138
IV.2.3.5 Etude d'intérieur :.....	139
IV.2.3.5.1 Programme surfacique :.....	139



IV.2.3.5.2 Le plan de RDC : .....	140
IV.2.3.5.2.1 Les bassins : .....	140
IV.2.3.5.2.2 Salle de loisir : .....	141
IV.2.3.5.2.3 Les bureaux : .....	141
IV.2.3.6 Analyse du cadre architectural: .....	142
IV.2.3.6.1 La forme planimétrique : .....	142
IV.2.3.6.2 La volumétrie : .....	142
IV.2.3.6.3 Les façades : .....	143
IV.2.3.7 Les ambiances : .....	143
IV.2.3.8 Les éléments biologiques : .....	144
IV.2.3.9 Synthèse critique : .....	145
IV.2.3.10 Recommandation de conception : .....	146
V.1 Programmation : .....	147
V.1.1 Objectifs de la programmation : .....	147
V.1.2 Tableau comparatif : .....	148
V.1.3 Programme surfacique : .....	150
IV.4 Genèse et démarche du projet : .....	155
IV.4.1 Objectifs : .....	155
IV.4.2 Principes à suivre : .....	155
IV.4.3 Présentation de la méthode de conception : .....	155
IV.4.3.1 Première étape : accessibilité et circulation: .....	156
IV.4.3.2 Deuxième étape : les accès : .....	157
IV.4.3.3 Troisième étape : Approche environnementale .....	158
IV.4.3.4 Quatrième étape : Schéma de principe .....	158
Conclusion générale : .....	160
Bibliographie : .....	161

## Liste de figure :

Figure 1 : La pollution de l'air .....	8
Figure 2 : La pollution de l'eau .....	9
Figure 3: L'effet de serre .....	10
Figure 4: température moyenne de la surface de la terre entre 1856-2005.....	12
Figure 5: Consommation mondiale annuelle d'énergie primaire. ....	14
Figure 6 : Consommation finale d'énergie par secteur en 2009 dans le monde.....	15
Figure 7: L'énergie solaire.....	21
Figure 8: différents types de biomasse.....	23
Figure 9 : l'énergie éolienne .....	24
Figure 10: L'énergie hydraulique .....	25
Figure 11: L'énergie géothermique .....	26
Figure 12: schéma d'un puits canadien.....	27
Figure 13: pompes à chaleur avec capteurs horizontaux .....	28
Figure 14 : sonde géothermique verticale .....	28
Figure 15: La tour vivante à Rennes .....	29
Figure 16 : Part des énergies fossiles et renouvelables dans la production d'électricité dans les pays arabes nord- africains.....	31
Figure 17: Usage du mot "architecture" .....	35
Figure 18: les trois éléments de l'architecture bioclimatique .....	38
Figure 19: la disposition d'un bâtiment par rapport au soleil .....	40
Figure 20: conception d'une maison bioclimatique.....	40
Figure 21: Les différentes formes de bâti. ....	41
Figure 22: les zones favorables irriguées et les zones déventées défavorable à la ventilation naturelle due au vent en fonction de la topographie du site.....	41
Figure 23: Le soleil .....	43
Figure 24: La course de la terre autour de soleil.....	43
Figure 25: les points de solstice.....	44
Figure 26: Le spectre solaire.....	45
Figure 27: Schéma de rayonnement solaire.....	46
Figure 28 : Puissance solaire pour différents ciels.....	47
Figure 29: la carte d'enseillement de l'Algérie .....	48
Figure 30: Stratégies du chaud–hiver .....	52

Figure 31: Stratégie du froid-été .....	54
Figure 32: Les configurations d'atrium énergétique.....	59
Figure 33: La fonction d'un atrium-EPFL Bâtiment BC-Climat & Concept énergétique.....	60
Figure 34: Schéma du système solaire thermique.....	61
Figure 35: Schéma représentant les composants de la production d'eau chaude sanitaire.....	62
Figure 36: Schéma représentant le circuit de fonctionnement du système solaire thermique .....	62
Figure 37: Schéma représentant le fonctionnement du capteur solaire à air. ....	64
Figure 38: Le concentrateur parabolique. ....	65
Figure 39: Le central à tour.....	65
Figure 40 : Les capteurs cylindo-parabolique.....	65
Figure 41: La technologie des capteurs solaires photovoltaïques.....	66
Figure 42: de la cellule solaire au système photovoltaïque. ....	67
Figure 43: Schéma d'installation photovoltaïque raccordé au réseau. ....	69
Figure 44: Les réalisations en opposition des ouvrages existants au réseau.....	70
Figure 45: Les réalisations en intégration des nouveaux ouvrages.....	71
Figure 46 : Intégration des capteurs en toiture incliné.....	73
Figure 47: Intégration des capteurs en toiture terrasse. ....	74
Figure 48: Habitation Imagine Rommen, Norvège.....	76
Figure 49: Laboratoire d'énergie Xelios, Italie.....	76
Figure 50: Siège social Tobias Grau, Allemagne (BRT architecte) .....	77
Figure 51: logiciel de calcul d'ombrage .....	81
Figure 52: logiciel ECOTECH de simulation d'éclairage naturel. ....	81
Figure 53: Plan de masse .....	83
Figure 54Figure : Donnée climatique de Guelma. A-Ensoleillement ; B- Température ; C-Précipitations. ....	83
Figure 55: Plan RDC la partie étudiée.....	84
Figure 56: Plan R+1 la partie étudier.....	84
Figure 57 : le modelé énergétique 3D.....	84
Figure 58: la valeur Ubat de la partie étudiée .....	86
Figure 59:la valeur Ratio de la partie étudiée .....	87
Figure 60: Valeur du pont thermique.....	87

Figure 61: valeurs des besoins de la partie étudier .....	88
Figure 62: le besoin en eau chaude sanitaire après l'installation des panneaux thermiques.....	89
Figure 63: caractéristique des panneaux thermiques intégrés.....	89
Figure 64: La consommation énergétique d'éclairage.....	90
Figure 65: La consommation énergétique d'éclairage après l'installation des panneaux photovoltaïques .....	90
Figure 66 : caractéristique des panneaux thermiques intégrés.....	91
Figure 67: Le taux d'inconfort.....	91
Figure 68: étude d'ensoleillement de la partie étudiée .....	92
Figure 69: étude d'éclairage de la partie étudiée .....	92
Figure 70: classification de la partie du projet.....	93
Figure 71: La situation géographique de la ville de Guelma. ....	95
Figure 72 : Graph des variations des températures mensuelles en 2016 .....	96
Figure 73: Graph de variations des précipitations mensuelles en 2016.....	96
Figure 74 : Graph de variation de vitesse des vents.....	97
Figure 75: La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma .....	98
Figure 76: Variation de durée d'insolation mensuelle .....	98
Figure 77: Le digramme ombrothermique de Guelma .....	99
Figure 78: Hauteurs et Azimuts du soleil (Guelma). ....	100
Figure 79: Le diagramme frontal de Guelma.....	100
Figure 80: Le diagramme de GIVONI.....	101
Figure 81: situation et limites de la commune de Ben Djerrah.....	103
Figure 82: l'accessibilité de la commune de Ben Djerrah .....	103
Figure 83: Type de biodiversité dans la commune de Ben Djerrah.....	104
Figure 84: Hydrographie dans la commune de Ben Djerrah .....	104
Figure 85: situation de terrain par rapport à la commune de ben Djerrah .....	105
Figure 86 : Le terrain .....	105
Figure 87: délimitation du terrain .....	106
Figure 88: accessibilité du terrain .....	106
Figure 89: Forme de terrain .....	107
Figure 90: surface de terrain .....	107
Figure 91: Coupes topographiques du terrain.....	108

Figure 92: La course solaire pendant les 3 sollicités (21 décembre, 21 mars, 21 juin).	108
.....	
Figure 93: La direction des vents dominants.	109
Figure 94: Le bain des docks	110
Figure 95: la situation de bain des docks	111
Figure 96: le contexte urbain de bain des docks	111
Figure 97: Environnement immédiat de bain des docks	112
Figure 98: Accessibilité mécanique de bain des docks	113
Figure 99: Les accès mécanique de bain des docks	113
Figure 100: implantation du bain des docks	114
Figure 101: plan RDC de bain des docks	118
Figure 102: L'emplacement des bassins dans les bains des docks	118
Figure 103: plan 1er étage de bain des docks	119
Figure 104: la forme de projet de bain des docks	120
Figure 105: la volumétrie de projet de bain des docks	120
Figure 106: Coupe du projet bain des docks	121
Figure 107: Une cascade	121
Figure 108: Les jets L'espace de jeux d'enfant	121
Figure 109 : Les couleurs dans d'eauhydro-massant	121
Figure 112: L'éclairage artificiel	122
Figure 111 : Le verre de fenêtres décorées donne une ambiance apaisante	122
Figure 110 : L'éclairage zénithal	122
Figure 113: Complexe aquatique Intercommunal CASEO	124
Figure 114: la situation de Complexe aquatique Intercommunal CASEO	125
Figure 115: l'environnement immédiat de Complexe aquatique Intercommunal CASEO	125
Figure 116: Accessibilité mécanique de Complexe aquatique Intercommunal CASEO .....	126
Figure 117: Les accès mécaniques et piétons de Complexe aquatique Intercommunal CASEO	127
Figure 120: le plan RDC de CASEO	131
Figure 121: le plan 1er Etage de CASEO	131
Figure 122 : La forme planimétrique de CASEO	132
Figure 123 : La volumétrie de CASEO	133

Figure 124: La façade principale de CASEO .....	133
Figure 125: coupe de CASEO.....	133
Figure 126: façade en bois de CASEO .....	134
Figure 127: façade en béton de CASEO .....	134
Figure 129: puis de lumière .....	134
Figure 128: les jets d'eau et les aménagements autour de bassin .....	134
Figure 131: les variations des végétations dans jardin zen. ....	135
Figure 130: les arbres ponctués dans un large ponton .....	135
Figure 133: la situation de centre aquatique le Cube d'eau .....	137
Figure 134: L'environnement immédiat de centre aquatique le Cube d'eau.....	138
Figure 135: plan de masse de centre aquatique le Cube d'eau .....	138
Figure 136 : la distribution spatiale de centre aquatique le Cube d'eau .....	140
Figure 137: l'organigramme spatial de centre aquatique le Cube d'eau .....	140
Figure 138: Les bassins de centre aquatique le Cube d'eau .....	140
Figure 139: Salle de loisir de centre aquatique le Cube d'eau.....	141
Figure 140: Les bureaux de centre aquatique le Cube d'eau .....	141
Figure 141: la forme de centre aquatique le Cube d'eau .....	142
Figure 142: La volumétrie de centre aquatique le Cube d'eau .....	143
Figure 143: les façades de centre aquatique le Cube d'eau .....	143
Figure 145 : La forme finale obtenue par rapport à la métaphore de la goutte d'eau	156
Figure 146: la goutte d'eau .....	156
Figure 147 : Schéma montrant les différents axes du projet.....	157
Figure 148 : Schéma montrant les différents accès du projet. ....	157
Figure 149 : Schéma montrant l'environnement et les différentes techniques écologiques intégrées .....	158
Figure 150: Schéma de principe du projet .....	159

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Consommation finale d'énergie par secteur en 2009 dans le monde .....	15
Tableau 2: Avantages et inconvénients de l'énergie solaire .....	22
Tableau 3: Avantages et inconvénients d'énergies biomasse .....	24
Tableau 4: Avantages et inconvénients d'énergies éoliennes .....	25
Tableau 5: Avantages et inconvénients d'énergies hydraulique .....	26
Tableau 6: Avantages et inconvénients d'énergies géothermique .....	28
Tableau 7: Stockage d'énergie des matériaux par volume (KJ/m <sup>3</sup> °C) .....	56
Tableau 8: Absorption du rayonnement solaire en fonction des couleurs .....	57
Tableau 9: les performances thermiques des différents types de vitrage .....	57
Tableau 10: Avantages et inconvénients de la surimposition de modules sur toiture inclinée .....	74
Tableau 11: Avantages et inconvénients de l'intégration des panneaux en toiture .....	75
Tableau 12: type des matériaux de construction des composants de la partie étudié ..	85
Tableau 13: Les paramètres énergétiques et leur description (RT 2012) .....	86
Tableau 14: valeurs des besoins de la partie étudier .....	88
Tableau 15: le besoin en eau chaude sanitaire avant l'installation des panneaux thermiques .....	89
Tableau 16: les forces et les faiblesses du terrain .....	109
Tableau 17: Programme surfacique de bain des docks .....	117
Tableau 18: synthèse critique de projet de bain des docks .....	123
Tableau 19: Programme surfacique de CASEO .....	131
Tableau 20 : Synthèse critique de CASEO .....	136
Tableau 21: Programme surfacique de centre aquatique le Cube d'eau .....	140
Tableau 22 : synthèse critique de centre aquatique le Cube d'eau .....	145
Tableau 23 : Les recommandations de la conception .....	146
Tableau 24 : la comparaison entre les programmes .....	149
Tableau 25: Le programme surfacique .....	154

# **Chapitre**

# **introduction**



## **Chapitre introductif :**

### **Introduction générale :**

Depuis la fin du dernier siècle, les questions énergétiques et environnementales dans le secteur des bâtiments reçoivent une importance accrue. Des enjeux majeurs, tels que le réchauffement climatique, l'émission des gaz à effets de serre, les contraintes liées à l'exploitation des énergies fossiles, la production de l'électricité d'origine nucléaire, sont autant des préoccupations qui agitent constamment les esprits.

À ce propos, il est devenu nécessaire de réfléchir et de faire recours aux alternatives développées et adoptées pour réduire l'impact énergétique sur l'environnement. C'est pourquoi qu'il est nécessaire de promouvoir les énergies renouvelables sous toutes leurs formes : solaire, éolienne, géothermique, biomasse, hydraulique, etc.

L'architecture écologique cherche fondamentalement la prise en compte de ses différentes énergies et leurs intégrations, ainsi que la mise en œuvre de matériaux respectueux de l'environnement et de l'habitant; ce qui peut nous permettre de réduire la demande énergétique et par conséquent les émissions de gaz à effet de serre.

L'architecture solaire est l'une des approches écologiques assurée par l'intégration de l'énergie solaire dans le processus architecturale, ce qui nous permet de produire un cadre bâti mieux adapté aux tendances écologiques.

La présente étude consiste à mettre en évidence l'approche solaire dans la conception architecturale. Cette approche vise principalement la protection de l'environnement et l'exploitation des ressources renouvelables avec l'application des paramètres de l'architecture écologique. L'objectif principal est donc la recherche d'une meilleure intégration des panneaux solaires comme éléments de conception architecturale et aussi de performance énergétique.

### **Problématique :**

La consommation des énergies fossiles est considérée comme l'un des enjeux majeurs du développement durable. Le mode actuel de production, qui est jugé consommateur d'énergie et ressource épuisables, contribue considérablement à l'aggravation des problèmes environnementaux comme le réchauffement climatique. Le secteur de construction est l'un des grands consommateurs des énergies fossiles qui tendent vers l'épuisement. La protection de ces ressources est une des nécessités apportées par le modèle de développement durable.

L'Algérie s'est engagée sur la voie de l'énergie solaire qui permet d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de la préservation des ressources énergétiques d'origine fossile à travers le lancement d'un programme ambitieux adopté par le Gouvernement en février 2011 et révisée en mai 2015 pour le développement des énergies renouvelables.<sup>1</sup>

Dans ce contexte, l'architecte est appelé à s'engager pour l'application de l'énergie solaire notamment dans les équipements touristiques et de loisir notamment les centres aquatiques qui se distinguent par leur grande capacité d'accueillir un grand nombre de visiteurs. La question qui s'impose est la suivante :

- Comment intégrer l'énergie solaire dans la conception des projets aquatique ?
- Quel gain énergétique peut être obtenu avec la mise en œuvre de ce type d'énergie ?

### **Hypothèses :**

- L'architecture solaire constituer une alternative efficace permettant la réduction de l'impact des équipements aquatique via leurs consommation de l'énergie thermique et électrique.
- Une démarche d'optimisation solaire permet d'augmenter le rendement des panneaux solaires.

---

<sup>1</sup> [www.energy.gov.dz](http://www.energy.gov.dz)

### **Objectifs de l'étude :**

A travers la recherche proposée, nous avons souligné les objectifs les plus importants que nous voulons atteindre, et qui se présente ainsi :

- Montrer l'importance de l'énergie solaire
- Intégrer l'énergie solaire dans notre projet (centre aquatique de loisir et de sport)
- Promouvoir l'architecture Solaire, pour un projet respectueux à l'environnement.
- La mise en évidence de l'importance de l'énergie solaire entant que source durable dans tous les projets.

### **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 :

- **Chapitre I : Environnement et architecture durable :** les problèmes environnementaux et les différents types des énergies renouvelables présentées comme solution de ses problèmes
- **Chapitre II : L'Architecture solaire appliquée dans les équipements aquatiques :** l'architecture solaire passive et active et l'application de ses derniers dans la conception architecturale, avec l'intégration des panneaux solaires.
- **Chapitre III : La Simulation comme outil d'évaluation énergétique :** est un chapitre d'application consacré pour l'examen des solutions conceptuelles proposées à travers l'exécution d'un calcul de la consommation énergétique et des énergies générées par les panneaux solaires avec le modèle d'analyse implémenté dans le logiciel ArchiWIZARD.

- **Chapitre IV : préposition de projet : Site, Analyse, programmation et intervention** : est dédié à l'analyse des exemples et la programmation ainsi l'analyse du terrain et le schéma de principe.

**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 basée principalement sur les outils technologiques offertes par la simulation architecturale entant qu'outil d'aide à la conception et à l'évaluation énergétique.

# **I. Environnement et architecture durable**

## **Chapitre I : Environnement et Architecture durable**

### **I. Généralités sur L'environnement :**

#### **I.1.1 L'environnement :**

L'environnement est défini comme « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins », ou encore comme « l'ensemble des conditions naturelles (physiques, chimiques, biologiques) et culturelles (sociologiques) susceptibles d'agir sur les organismes vivants et les activités humaines »<sup>2</sup>

L'environnement, ce sont les conditions de vie permettant le développement des êtres vivants, comme des organismes microscopiques ou des baleines gigantesques, sans oublier les êtres humains. Lorsque l'on parle des conditions de vie, cela signifie non seulement l'endroit où l'on vit, comme la forêt, le désert ou la ville, mais aussi le climat dans lequel on vit (tropical ou polaire)<sup>3</sup>.

En ce qui nous concerne, l'environnement est compris comme l'ensemble des composants naturels de la planète Terre, comme l'air, l'eau, l'atmosphère, les sols, les végétaux, les animaux, et l'ensemble des phénomènes et interactions qui s'y déploient, c'est-à-dire tout ce qui entoure l'Homme et ses activités, bien que cette position centrale de l'Homme soit précisément un objet de controverse dans le champ de l'écologie. L'environnement fournit l'essentiel des ressources naturelles vitales de chacun et de l'Économie.

En effet, l'environnement est notre source de nourriture et d'eau potable. L'environnement est notre source d'oxygène, il permet notre survie. Et la biodiversité est un réservoir potentiel de médicaments. Protéger donc l'environnement, c'est préserver la survie et l'avenir de l'humanité.

#### **I.1.2 Ecosystème :**

Un écosystème est un système au sein duquel il existe des échanges cycliques de matières et d'énergie, dus aux interactions entre les différents organismes présents

---

<sup>2</sup> <https://fr.wikipedia.org/wiki/Environnement>

<sup>3</sup> <http://portailjeunes.banq.qc.ca>

(biocénose) et leur environnement (biotope). Un écosystème est une unité écologique fonctionnelle formée par le biotope et la biocénose, en constante interaction.

### **I.1.3 Biotope :**

Un biotope désigne une aire géographique caractérisée par des conditions climatiques et physicochimiques homogènes permettant l'existence d'une faune et d'une flore spécifiques.

Un biotope désigne une aire géographique de dimensions variables, souvent très petites, offrant des conditions constantes ou cycliques aux espèces constituant la biocénose. L'ensemble des facteurs physiques et chimiques de l'environnement reste sensiblement constant.

### **I.1.4 Biocénose :**

La biocénose désigne l'ensemble des organismes vivants qui vivent et se reproduisent dans un écosystème donné. La biocénose désigne donc l'ensemble des êtres qui vivent dans les mêmes conditions de milieu, dans un espace donné.

La biocénose se compose de trois groupes écologiques fondamentaux d'organismes : les producteurs (végétaux), les consommateurs (animaux), et les décomposeurs (bactéries, champignons, ...).

## **I.2 Des problèmes environnementaux en persistance :**

Depuis les années 1950 jusqu'à aujourd'hui, une augmentation de la fréquence des catastrophes environnementales et naturelles a eu lieu, amenant tranquillement certaines personnes à s'interroger sur le problème de la dégradation de l'environnement. Des groupes de scientifiques, comme le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), créé en 1988, tentent de mieux comprendre l'environnement et l'effet des activités humaines sur les écosystèmes (à l'aide, entre autres, du calcul de l'empreinte écologique). Il y a visiblement une volonté de trouver les causes des changements observés dans les écosystèmes.

Les différents problèmes environnementaux, on peut citer plusieurs problèmes environnementaux qui sont plus ou moins graves comme :

- La pollution

- L'épuisement des ressources
- La disparition massive des espèces végétales et animales
- L'épuisement de la biodiversité
- Le réchauffement climatique etc.

### **I.2.1 La pollution :**

C'est la détérioration de l'environnement par des agents chimiques, physiques ou biologiques. La pollution de l'air résulte soit de l'introduction de substances nouvelles, soit (cas le plus fréquent) d'une augmentation des concentrations habituelles de substances déjà présentes à l'état naturel et qui peuvent atteindre dans ce cas des valeurs dangereuses.

Selon la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996, la pollution atmosphérique, ou pollution de l'air, est définie comme : "l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives. »<sup>4</sup>

#### **I.2.1.1 La pollution de l'air:**

La pollution atmosphérique concerne la dégradation de l'air que nous respirons à cause de substances polluantes qui se retrouvent dans l'atmosphère. Des pics de pollution atmosphérique ont souvent lieu en été. Les principaux polluants atmosphériques sont les particules fines, le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), l'ozone, les oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>), les composés organiques volatils (COV), etc.

La pollution atmosphérique est essentiellement le fait du transport (véhicules légers ou poids lourds) et des installations de combustion (notamment la combustion de biomasse).

Les dioxines forment une famille des 210 composés dont 17 sont toxiques. Une au moins des dioxines est cancérigène pour l'homme. Les dioxines sont produites lors de combustions dans des feux ou des incinérateurs d'ordures ménagères.

---

<sup>4</sup> Dictionnaire environnement et développement durable. [En ligne] <http://www.dictionnaireenvironnement.com>. Consulté le 02.01.2018.





Figure 1 : La pollution de l'air

Source : [cancer.ca/Fr](http://cancer.ca/Fr)

### **I.2.1.2 La pollution de l'eau:**

La pollution de l'eau est la contamination par des déchets, des produits chimiques ou des micro-organismes.

Les pollutions des eaux sont dues :

1. à l'agriculture (à cause des pesticides et des engrais).
2. des rejets ménagers (médicaments et biocides rejetés via des eaux usées et que les stations d'épuration et le lagunage ne savent pas traiter).

Les phosphates polluent le cours d'eau par un phénomène appelé eutrophisation : le cours d'eau est asphyxié par la prolifération d'algues pour qui le phosphate joue le rôle d'engrais. L'eau est polluée par les marées noires mais surtout par les rejets d'hydrocarbures des bateaux.

À de nombreux endroits, les eaux usées ne sont pas traitées avant d'être rejetées, car cela coûte très cher. Par conséquent, une grande quantité d'eaux usées est rejetée en mer. Cela peut provoquer, par exemple, des algues qui se reproduisent très rapidement. Elles recouvrent la surface de la mer et risquent de boucher les branchies des poissons. Le traitement des eaux usées est donc important pour l'écologie. Chaque année des milliers de poissons meurent à cause de la pollution.



Figure 2 : La pollution de l'eau

Source : wikipedia.org

### **I.2.1.3 La pollution des sols:**

La notion de pollution du sol désigne toutes les formes de pollution touchant n'importe quel type de sol (agricole, forestier, urbain...).

Un sol pollué devient à son tour une source possible de diffusion directe ou indirecte de polluants dans l'environnement, *via* l'eau, les envols de poussières, émanations gazeuses ou *via* une ré-concentration et transfert de polluants par des organismes vivants (bactéries, champignons, plantes à leur tour mangés par des animaux.<sup>5</sup>

### **I.2.2 L'effet de serre :**

L'effet de serre est à l'origine un phénomène naturel. L'atmosphère, l'enveloppe gazeuse qui entoure notre planète, est un véritable filtre par rapport aux rayons du soleil : il ne parvient à la surface de la Terre que le rayonnement solaire nécessaire à la vie. Approximativement 30 % de ce rayonnement est réfléchi vers l'espace par les nuages, la poussière et les surfaces réfléchissantes. Quant aux 70 % restants, ils sont absorbés par la surface de la Terre et réémis sous la forme de rayonnement infrarouge. Une partie de ce rayonnement est alors absorbée par l'atmosphère, qui se réchauffe. C'est sur ce principe qu'est basée l'utilisation de serres pour la production maraîchère, à l'origine du nom donné au phénomène.

---

<sup>5</sup> <https://sites.google.com/site/pollusiondelenvironnement/les-types-de-pollution>

Certains gaz, comme la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ou le méthane (CH<sub>4</sub>), sont naturellement présents dans l'atmosphère et retiennent une large part du rayonnement infrarouge renvoyée vers l'espace par la Terre. Ces gaz, dits « Gaz à effet de serre (GES) », maintiennent l'atmosphère à une température moyenne d'environ 15 °C. Sans eux, le thermomètre descendrait à — 18 °C, interdisant de facto le développement de la vie.<sup>6</sup>

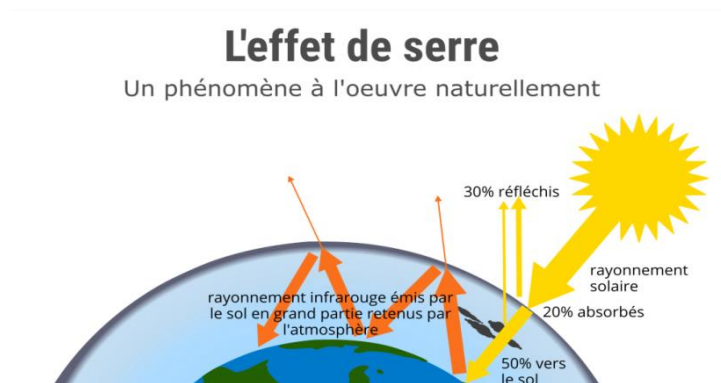


Figure 3: L'effet de serre

Source : wikidebrouillard.org

L'effet de serre est donc un phénomène naturel et nécessaire, participant de l'équilibre bioclimatique de la planète.

Or, les activités humaines sont à l'origine d'émissions de GES dites « anthropiques ». Ces émissions supplémentaires modifient peu à peu la composition de l'atmosphère, plus concentrée en GES, et accentuent l'effet de serre. C'est cette augmentation de l'effet de serre qui est à l'origine du réchauffement climatique.

Si la part des émissions anthropiques dans le total des émissions de GES est relativement faible, l'impact de ces émissions additionnelles sur le climat via l'accroissement de l'effet de serre est, lui, important.

### I.2.2.1 Sources des GES :

Les émissions de GES sont générées principalement par :

<sup>6</sup> Guide en ligne. « Changement climatique et énergie : de quoi parle-t-on ? » [En ligne] <http://www.ademe.fr>. Consulté le 04.01.2018.

- 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 (CO<sub>2</sub>) étant la principale source, a augmenté de 80% dans la même période.
- La majeure partie de la hausse d'émissions de CO<sub>2</sub> provient l'approvisionnement en énergie et du transport routier.
- Les émissions de méthane (CH<sub>4</sub>) 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.<sup>7</sup>

### **I.2.3 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.<sup>8</sup>

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 GIEC (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.<sup>9</sup>

---

<sup>7</sup> Ministère de l'Énergie et des Mines, « Consommation énergétique finale de l'Algérie » [En ligne] [www.aprue.org.dz](http://www.aprue.org.dz).

<sup>8</sup> Liebard, A., Traité d'architecture et urbanisme, France : Observatoire des énergies renouvelable. p35

<sup>9</sup> Le 4ème rapport du GIEC annonce un 90% de certitude contre 66% de certitude présenté dans le 3ème rapport de 2001.

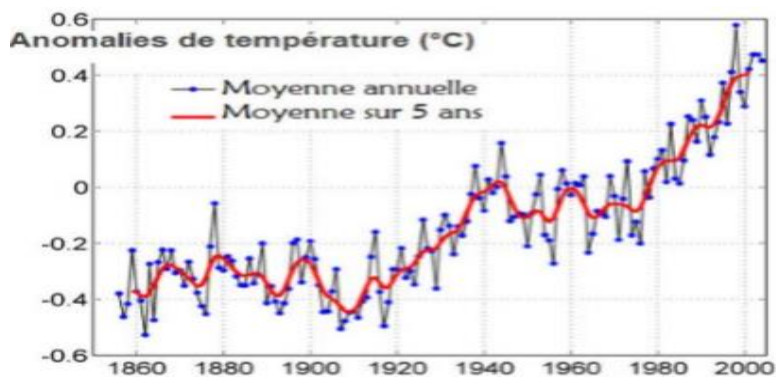


Figure 4: température moyenne de la surface de la terre entre 1856-2005

Source : [ecologiecritique.free.fr](http://ecologiecritique.free.fr)

« Ce réchauffement est provoqué par l'accroissement progressif des concentrations des gaz à effet de serre présente dans l'atmosphère tel que le CO<sub>2</sub> qui provient principalement de la combustion d'énergie fossile, associée au transport, à la production d'électricité et se chaleur, le Méthane CH<sub>4</sub> qui provient des activités gazières et pétrolières, ainsi que d'autre gaz qui contribuent à ce réchauffement climatique ». <sup>10</sup>

### I.2.3.1 Les conséquences du réchauffement climatique :

Le changement climatique perturbe les milieux naturels et la biodiversité. Les êtres humains sont, eux aussi, affectés car leur espace habitable, leur santé, l'agriculture, l'économie... sont impactés par les modifications du climat. <sup>11</sup>

- Certaines zones se réchauffent plus rapidement que d'autres
- Le cycle de l'eau et les climats se modifient
- Le niveau des océans monte
- Des mers plus acides
- Des cycles végétatifs accélérés
- Des espèces animales perturbées
- Des conséquences pour les êtres humains
- Le climat va continuer de changer au XXIe siècle

<sup>10</sup> AOUDIA, M- T., (2009). « Gaz à effet de serre et réchauffement climatique ». Equilibre : La lettre de la commission de régulation de l'électricité et de gaz, numéro spécial, environnement et développement durable, N°5 ; P4

<sup>11</sup> Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 5e rapport d'évaluation (2013)

#### **I.2.4 Le changement climatique :**

L'irrégularité des saisons d'une année à l'autre montre que le climat est naturellement variable. Cette variabilité est considérée comme étant normale ; elle est due à certains facteurs naturels tels que : les fluctuations des courants océaniques, les éruptions volcaniques, le rayonnement solaire etc. Mais depuis quelques années un certain nombre d'indicateurs et d'études montrent que le climat se réchauffe de façon inquiétante à l'échelle du globe et ceci incombe principalement aux différentes activités humaines. Le changement climatique correspond à une modification durable des paramètres statiques du climat global de la terre ou de ses divers climats régionaux due à des processus intrinsèques à la terre, à des forces extérieures ou, plus récemment aux activités humaines. Le terme « changement climatique » dans le contexte de la politique écologique ne correspond qu'aux changements du climat actuel, apparus au 20ème siècle et attendus pour le 21ème siècle.<sup>12</sup>

#### **I.3 L'énergie :**

L'énergie est un facteur déterminant pour la survie des sociétés et elle est indispensable à la satisfaction des besoins quotidiens, parce qu'elle est exploitée presque par toutes les activités humaines pour assurer le développement économique et sociale.

En effet, cette énergie est majoritairement basée sur les combustibles fossiles (gaz, pétrole et charbon), ces énergies ne sont pas renouvelables et sont appelées à s'épuiser à moyen terme. Ainsi, ces énergies fossiles émettent des gaz responsables de l'accroissement avéré de l'effet de serre et des changements climatiques qui représentent, sans aucun doute, les plus grands enjeux de l'humanité.

##### **I.3.1 La consommation énergétique au monde :**

La consommation mondiale d'énergie est restée longtemps très stable : l'énergie était principalement d'origine solaire (biomasse, etc.), éolienne, hydraulique et animale.

---

<sup>12</sup> Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), (2007), 5e rapport d'évaluation

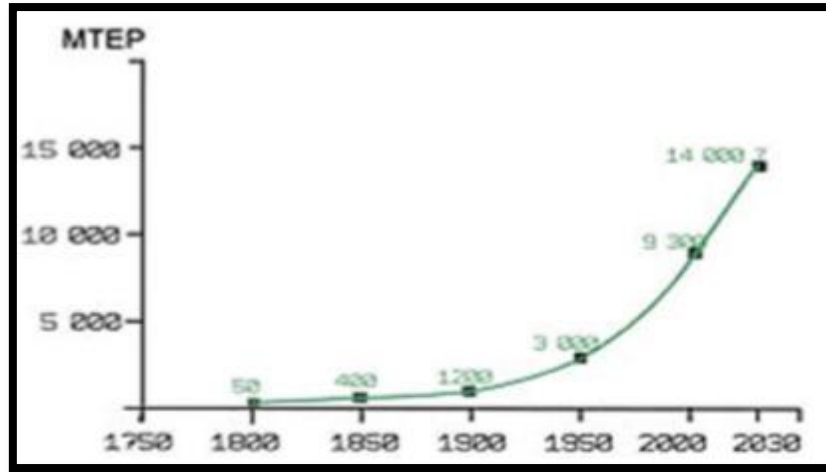


Figure 5: Consommation mondiale annuelle d'énergie primaire.

Source : planetoscope.com

Ce n'est qu'à partir de 1850 que la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale des besoins en énergie fossile. Ceux-ci ont continué à augmenter de façon exponentielle à cause de deux effets simultanés : l'augmentation de la consommation de biens et d'équipements et la croissance de la population.

On estime aujourd'hui que la demande mondiale pour toutes les formes d'énergie devrait augmenter de 54% au cours des 20 ans à venir, mais seulement de 33% dans les pays industrialisés. En effet, la demande a tendance à ralentir dans les pays industrialisés, mais continue à augmenter dans les pays en développement.<sup>13</sup>

### I.3.2 Consommation par secteur d'activité :

La répartition de la consommation finale entre les différents secteurs est présentée comme suit :

<sup>13</sup> [Http://www.lamaisonpassive.be/contexte-general](http://www.lamaisonpassive.be/contexte-general), (28 avril 2015, 22:19:41).

	Part de la consommation finale en 2009	Consommation mondiale en 2009 en millions de tonnes d'équivalent pétrole (M tep)
<b>Consommation finale</b>	100%	8353
<b>Secteur industriel</b>	27,3%	2282
<b>Secteur transport</b>	27,3%	2284
<b>Résidentiel, agriculture et autres secteurs</b>	35,4%	3040
<b>Usages hors énergie</b>	9,0%	747

Tableau 1 : Consommation finale d'énergie par secteur en 2009 dans le monde

Source : (d'après données du Key World Energy Statistics 2011)

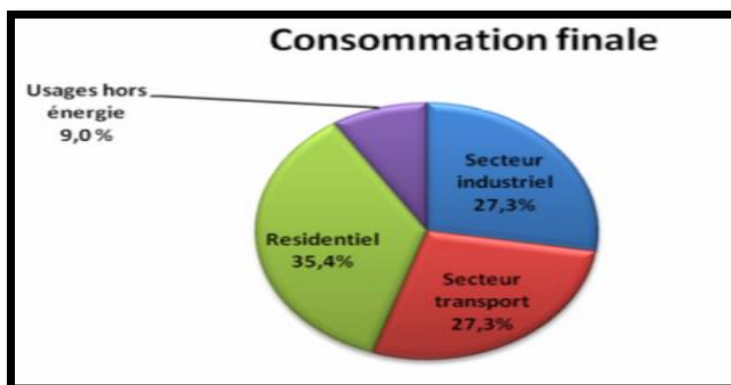


Figure 6 : Consommation finale d'énergie par secteur en 2009 dans le monde

Source : (d'après données du Key World Energy Statistics 2011)

On peut retenir que la consommation finale se partage entre quatre quarts :

**A. Le secteur résidentiel :** • la consommation des « résidentiels » (part directement utilisée au domicile) représente un peu moins d'un quart du total. Elle est très variée dans ses formes : elle recouvre par exemple les dépenses de chauffage des Européens du Nord et le bois glané et brûlé dans les fours domestiques des régions vivant sans accès à l'électricité.

**B. Le secteur de transport :** • les transports (privés et professionnels) représentent un peu plus du quart de la consommation finale.

**C. Le secteur industriel :** • l'industrie, qui fabrique les biens et services finaux, un troisième bon quart.



**D. Les autres activités humaines** • les autres activités humaines consomment un peu moins du dernier quart de la consommation finale, dont 10% est l'énergie fossile qui n'est pas brûlée, mais utilisée pour la fabrication de produits chimiques : plastiques et engrais par exemple.<sup>14</sup>

### **I.3.3 La consommation énergétique en Algérie :**

La forte demande actuelle de consommation énergétique en Algérie est due principalement à l'augmentation du niveau de vie de la population et du confort qui en découle, ainsi qu'à la croissance des activités industrielles.

Notre pays doit faire face à une pénurie prévisible d'énergies fossiles et aux conséquences de leur utilisation insouciante. Étant donné que la consommation d'énergie est croissante (besoins estimés à 15000 B/J supplémentaires par an) d'une année à l'autre.<sup>15</sup>

D'après Ministère de l'Énergie dans son rapport sur le Bilan énergétique national de l'année 2013, Elle comprend les consommations d'énergie à usage final, ventilées selon les trois grands secteurs que sont "l'industrie", "le transport" et "les ménages et autres".

Elle a augmenté en 2013 de près de 2,2 M tep pour atteindre 38,5 M tep, reflétant une forte hausse de 6,0%.

La structure de la consommation finale, par secteur d'activité, montre une prépondérance du secteur des "ménages et autres" (y compris agriculture et tertiaire), dont la part est passée de 41% à 43% en 2013.

### **I.3.4 La consommation d'énergie du bâtiment :**

Une grande part de l'architecture durable s'appuie donc sur la maîtrise de la consommation d'énergie d'un bâtiment :

---

<sup>14</sup> <http://www.connaissancedesenergies.org/>

<sup>15</sup> BOUKLI HACENE (Mohammed El Amine) : Aspects Énergétiques, Économiques et Environnementaux d'une Habitation Écologique, Thèse de Doctorat en Physique, Faculté des Sciences, Université Abou Belkaid, Tlemcen, p. 31-32

- **réduction des déperditions énergétiques** par la mise en place d'une isolation thermique efficace, notamment grâce à une utilisation judicieuse des matériaux.
- **minimisation des besoins en énergie**, en particulier grâce à l'orientation du bâtiment en fonction du soleil et à l'implantation dans le site.
- **récupération d'énergies naturelles**, par exemple avec la mise en place de système de ventilation et de refroidissement naturels.
- **production d'énergies alternatives** comme l'électricité photovoltaïque ou éolienne afin de réduire les apports extérieurs d'énergie et si possible, construire des bâtiments à énergie positive.

#### **I.4 Le développement durable : un modèle de réconciliation du projet avec son environnement**

Le développement durable suppose la recherche de sources d'énergie renouvelables et non polluantes et la réduction des pollutions et des risques liés aux autres formes d'énergie. »<sup>16</sup>

« Selon lequel la politique de la ville contribue au développement qui satisfait les besoins actuels, sans compromettre les besoins des générations futures. »<sup>17</sup>

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins des générations du Présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs »<sup>18</sup>

##### **I.4.1 Aperçu historique :**

- Fin des années 60 (1968) Les mouvements écologistes (club de rame)
- 1972 Naissance des groupes qui protègent l'environnement
- 1987 Stockholm : « notre avenir à tous » définition par madame Brundtland
- 1992 Rio de Janeiro Les principes de développement durable (AGENDA 21)
- 1997 Kyoto Les pays industrialisés sont engagés à réduire leurs productions de gaz

---

<sup>16</sup> Pierre Merlin, Françoise Choay. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, édition Quadrige, 2005 /, P / P280.

<sup>17</sup> JORADP, la loi de 06-06 l'orientation de la ville.

<sup>18</sup> Ministère de l'Écologie du Développement durable des Transports et du Logement, Les essentiels du développement durable, Février 2012

- 2002 Johannesburg Un débat pour appliquer les grands principes
- 2006 Vancouver Constat également assez modeste des progrès vers des villes durables

#### **I.4.2 Les Conditions du Développement Durable :**

Le développement durable prévoit et envisage que certaines conditions soient révérees. Parmi les quelles, nous retiendrons les principales à savoir :

- Le rythme d'utilisation des ressources naturelles renouvelables n'excède pas celui de leur régénération.
- Le rythme d'épuisement des ressources non renouvelables ne dépasse pas le rythme de développement de substituts renouvelables.
- A quantité de pollution et de déchets ne dépasse pas celle qu'absorber l'environnement.<sup>19</sup>

#### **I.4.3 Les Objectifs du Développement Durable :**

Les objectifs du développement durable s'inscrivent dans une stratégie qui doit non seulement les concilier, mais considère qu'il y a synergie entre ces objectifs. C'est la stratégie des « 3E » : Equité, Environnement et Economique, auxquels il convient d'ajouter la Gouvernance. Ils ont été formulés de manière à s'appliquer aux territoires habités, et notamment aux territoires urbains. Ils ont aussi comme caractéristique commune de mettre l'homme et les relations entre les hommes a centre des préoccupations de développement des territoires, et ce dans un cadre planétaire.

C'est-à-dire parvenir simultanément a une équité sociale (considérations et droits égaux entre citoyens), une efficacité économique (droit à l'emploi...) préservation et amélioration de l'environnement (naturel et artificiel).

- Assurer la diversité de l'occupation des territoires.
- Faciliter l'intégration des populations.
- Valoriser le patrimoine.
- Economiser et valoriser les ressources.
- Assurer la santé publique.
- Organiser la gestion des territoires et favoriser la démocratie locale.

---

<sup>19</sup> Redjal Omar, vers un développement urbain durable, université de Constantine.2005 ,p23.

- Inciter à une croissance économique préservant l'environnement de façon socialement acceptable.<sup>20</sup>

#### **I.4.4 L'énergie et le développement durable :**

Le concept de développement durable est un modèle de développement qui a pour but la satisfaction des besoins fondamentaux de l'humanité (produits industriels , énergie , nourriture , transport , abri .....)

Et la gestion rationnelle et efficace des ressources, tout en conservant et protégeant la qualité environnementale. Ce concept, appliqué à la conception architectural, à la construction, et à l'exploitation des bâtiments, permet d'augmenter le bien-être des populations, de réduire la facture énergétique et de garantir un environnement de qualité pour l'humanité. Le développement ne doit plus exister au détriment de la nature mais en accord avec elle. Comme le dit Shobhakard." ce n'est pas le développement qui doit être durable, c'est l'humanité et la nature".<sup>21</sup>

En dégradant les ressources naturelles de notre planète, ce sont les ressources de notre développement que nous dégradons. En effet, favoriser le développement durable, c'est réintroduire le long terme par le développement énergétique durable qui peut être défini comme l'art de concilier deux exigences :<sup>22</sup>

- La satisfaction des besoins énergétiques actuels, liés au confort et au développement économique
- Le respect de l'environnement et la préservation des ressources et de la capacité au bien être énergétique pour les générations future.

Un développement énergétique durable implique donc trois priorités :

- Mener une politique active pour une économie d'énergie.
- Développer l'utilisation des énergies renouvelables.
- Rechercher de nouvelles sources d'énergie permettant une plus grande efficacité et une indépendance optimale des pays.

---

<sup>20</sup> Les dossiers FNAU.N°07-Mai 2001.Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme-paris.

<sup>21</sup> Shobhakard. , « Comment infléchir les émissions de CO2 dans quatre mégapoles d'Asie » in la Revue Durable «Vivre ensemble en mégapole » , N° 14.2005

<sup>22</sup> Despretz, H « Maîtrise de l'énergie dans le bâtiment Définition usages .consommation », revue technique de l'ingénieur, no BE 9020, vol 4. 2004

Partant des principes du développement durable ,l'architecture devra concilier trois mondes différents ,celui de l'économie , celui de l'écologie et celui du social .le bâtiment devra donc continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisateur , de plus il devra faire en sorte que son impact sur l'environnement extérieur soit minimisé .on parle alors du « bâtiment durable »ou « le bâtiment vert ou bien » « le bâtiment a haute qualité environnemental », d'où l'aspect énergétique demeure une préoccupation centrale, ce qui nous amène à nous intéresser au bâtiment performant , voir « le bâtiment a bas profil énergétique » qui repose sur deux grands leviers qui améliorent son efficacité énergétique qui sont :<sup>23</sup>

- L'efficacité énergétique dans le bâtiment, qui se réalise à travers ; le choix des matériaux, l'inertie de l'enveloppe, l'isolation et l'architecture bioclimatique.
- Le recours aux énergies renouvelables.

### **I.5 Les énergies renouvelables :**

Une énergie renouvelable est une énergie utilisant des éléments naturels, qui se renouvelle. Comme : le vent, le soleil, le bois, l'eau, la chaleur de la Terre sont des éléments que la nature renouvelle en permanence. Aussi le solaire, l'hydraulique, le géothermique, l'éolienne sont des énergies renouvelables et respectueuses de l'environnement. Pour lutter contre l'effet de serre, en réduisant notamment les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère et la consommation énergétique.<sup>24</sup>

#### **I.5.1 Les Types des énergies renouvelables :**

Il existe cinq grandes familles d'énergies renouvelables (ER) suivant leurs sources :

1. Soleil : énergies solaires.
2. Vivant : biomasse.
3. Vent : énergie éolienne.
4. Eau : énergie hydraulique.
5. Terre : énergie géothermique.

---

<sup>23</sup> Morillon, R « L'intégration de l'efficacité énergétique et développement urbain durable dans les bâtiments », Thèse de master en Génie urbain, Université Marne la vallée .2005

<sup>24</sup> À partir de document PDF. Energie solaire et site web [www.Google.com](http://www.Google.com).

### I.5.1.1 L'énergie solaire :

Le soleil est astre incandescent (sa température Superficielle est estimée à 5 750°C) qui émet un rayonnement électromagnétique sous forme de lumière et de chaleur.



Figure 7: L'énergie solaire

Source : inergeek.com

Les rayons du soleil sont nécessaires pour entretenir, à la surface de la terre, les conditions de température et de lumière indispensable aux réactions biochimiques de la vie végétale et animale.

L'énergie solaire est présente partout « énergie ambiante », intermittente (cycle journalier et saisonnier), propre (sans déchet, et disponible (pas de tarif, pas d'intermédiaire, pas de réseau. Cependant, elle nécessite des installations pour sa conversion en chaleur ou en électricité.<sup>25</sup>

### I.5.1.2 Avantages et inconvénients de l'énergie solaire :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• énergie propre non polluante.</li> <li>• Source d'énergie gratuite.</li> <li>• Pas de gaz polluant, ni de bruit.</li> <li>• Entretien minimal pour un bon fonctionnement.</li> <li>• Pas de parties mobiles, peu d'usure dans le temps.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cout d'investissement initial élevé.</li> <li>• Technologie à ses débuts, encore peu diffusée, donc chère.</li> <li>• les panneaux solaires exigent un grand secteur pour l'installation afin de réaliser un bon niveau</li> </ul>

<sup>25</sup> Liebard, A., (2004). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris : Le moniteur.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes modulaires fonction du besoin, faciles à monter.</li> <li>• une énergie qui permet de réduire la demande sur l'électricité (énergie économique)</li> <li>• Autonomie.</li> </ul>	<p>d'efficacité.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energivore à la fabrication.</li> <li>• Production non continue d'énergie (jour/nuit, été/hiver), énergie intermittente.</li> <li>• Intégration au bâti (forme, couleur).</li> </ul>
--	--

Tableau 2: Avantages et inconvénients de l'énergie solaire

Source : Auteur

### I.5.2.1 L'énergie de la biomasse :

Le terme biomasse regroupe l'ensemble des végétaux employés comme sources d'énergie. Le bois de feu est bien sûr la plus ancienne de ces sources ; Aujourd'hui on peut ajouter la biomasse dite « humide » ; déchets organiques agricoles, déchets verts, ordures ménagères qui constituent, à une moindre échelle, autant des sources d'énergie, mais pas forcément très écologiques.<sup>26</sup>

### I.5.2.2 Le bois énergie :

Issu des déchets de la forêt ou des industries du bois, représente 14 % de la consommation énergétique mondiale, il est brûlé pour produire de la chaleur.<sup>27</sup>

On a trois types de combustibles bois : buche, granulé et bois déchiqueté en petits morceaux ou plaquettes.

Dans le bâtiment il peut servir pour la cuisson, l'éclairage, le chauffage de l'air (chauffage d'appoint : cheminée, poêle), et de l'eau (chauffage centrale : chaudière à bois) et pour l'électricité.

### I.5.2.3 Le biogaz :

Issu de la fermentation des déchets organiques. Qui se déroule en trois étapes (hydrolyse, acidogènes et méthanogènes) sous l'action de certaines bactéries. Sa combustion produit de la chaleur, mais également de l'électricité par cogénération.

<sup>26</sup> Thèse : Les énergies renouvelables en Hôtellerie, Emmanuelle JACQUOT, 2008. 21

<sup>27</sup> [http://www.economiedenergie.fr/2ilieres\\_en\\_2006.gif](http://www.economiedenergie.fr/2ilieres_en_2006.gif).

### I.5.2.4 Les biocarburants :

1<sup>er</sup> génération issue de produits alimentaires (blé, maïs, betteraves, colza) à partir de processus techniques simples.

2<sup>ème</sup> génération issue de source ligno-cellulosique (bois, feuilles, paille...) à partir de processus technique avancées.

3<sup>ème</sup> génération produit de l'hydrogène à partir de micro-organismes.



Figure 8: différents types de biomasse

Source : CDER.

### I.5.2.5 Avantages et inconvénients d'énergie biomasse :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• C'est une matière première qui est renouvelable. Elle peut être produite indéfiniment en l'utilisant raisonnablement et de façon durable.</li> <li>• Biodégradable rapidement.</li> <li>• Produits issus de la biomasse sont souvent non-toxiques.</li> <li>• Elle dégage autant de CO<sub>2</sub> qu'elle n'en absorbe (les plantes absorbent du CO<sub>2</sub> lors de la photosynthèse).</li> <li>• La biomasse est l'une des</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leur rendement énergétique est assez faible.</li> <li>• Pour produire de l'énergie biomasse il faut occuper des terres arables et donc baisser la production agricole.</li> <li>• Dégage du CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Une surexploitation de la biomasse peut entraîner une déforestation importante et donc un danger pour l'environnement.</li> <li>• Provoque la pollution des eaux et des sols.</li> </ul>



<p>énergies renouvelables les plus rentables.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La biomasse est disponible partout.</li> <li>• La biomasse peut être transformée en différentes sources d'énergie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les coûts et les impacts du transport pour amener le bois là où la ressource manque.</li> </ul>
--	--

Tableau 3: Avantages et inconvénients d'énergies biomasse

Source : Auteur

### I.5.3.1 L'énergie éolienne :

Grâce à la force du vent, l'énergie mécanique produite est convertie en énergie électrique via un alternateur. L'électricité produite peut être réinjectée dans le réseau ou stockée dans des batteries pour être restituée selon les besoins.

La production d'une éolienne (ou aérogénérateur) va dépendre de son emplacement, de la vitesse du vent et de sa régularité.<sup>28</sup>



Figure 9 : l'énergie éolienne

Source : vivredemain.fr

### I.5.3.2 Avantages et inconvénients d'énergie éolienne :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie fiable et mature.</li> <li>• Puissance en augmentation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'énergie éolienne dépend de la topographie, de la météo et de</li> </ul>

<sup>28</sup> A partir de document : Energie renouvelable PDF

<p>constante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilité avec d'autres usages au sol. L'installation d'une éolienne est compatible avec des usages agricoles.</li> <li>• Coût au kWh fixe et stable.</li> <li>• Pas d'émission de CO2 directes liées à l'usage de combustible.</li> <li>• Pas de coûts de transports, d'extraction, de dépollution et de traitement liés à l'usage de combustible.</li> </ul>	<p>l'environnement. (pas de vent donc pas d'énergie).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les éoliennes marquent un problème de bruit</li> <li>• Les éoliennes sont visible il faut assurer une bonne intégration paysagère.</li> <li>• Inconstances dues aux vents.</li> <li>• Impact paysagère.</li> </ul>
---	---

Tableau 4:Avantages et inconvénients d'énergies éoliennes

Source : Auteur

#### I.5.4.1 L'énergie hydraulique :

L'énergie hydraulique est également appelée " houille blanche". Elle n'est pas dépendante aux conditions météorologiques. C'est une énergie qui n'engendre aucune pollution lors de la production. La production de l'électricité avec cette technique peut-être avec multiple choix. On cite les deux principaux qui sont :

- Les turbines hydrauliques sont utilisées dans les installations hydroélectriques pour entrainer les générateurs qui produisent le courant électrique.
- Et on peut réaliser des petites turbines dans nos maisons, elle est uniquement utilisée pour fournir l'électricité nécessaire à la consommation du foyer.<sup>29</sup>



Figure 10: L'énergie hydraulique

Source : planete-energies.com

<sup>29</sup> JACQUOT, J., (2001). Energies renouvelables pour l'habitat.

### I.5.4.2 Avantages et inconvénients de l'énergie hydraulique :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins chère de toutes les énergies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modifications profondes de l'écosystème local.</li> <li>• Inondations de vallées entières.</li> <li>• Des conséquences Lourdes sur la faune.</li> </ul>

Tableau 5: Avantages et inconvénients d'énergies hydraulique

Source : Auteur

### I.5.5.1 L'énergie géothermique :

La chaleur interne de la terre est aussi une énergie considérée comme renouvelable et exploitable. Au centre de la terre, les roches sont en fusion, il s'agit du magma. On se sert de la vapeur ou de l'eau capturée entre les roches et chauffée par la chaleur de la terre pour produire de l'électricité et du chauffage.

Cette énergie est appelée géothermique.

La chaleur de la terre est produite par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croute terrestre : c'est l'énergie nucléaire produite par la désintégration de l'uranium, du thorium et du potassium. Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie profonde ne dépend pas à des conditions atmosphériques (soleil, vent, pluie...)<sup>30</sup>



Figure 11: L'énergie géothermique

Source : lenergeek.org

<sup>30</sup> Peeters, V., (2010). [En ligne] [www.legrenelle-environnement.fr](http://www.legrenelle-environnement.fr).

### I.5.5.2 Le puits canadien :

Utilise l'inertie du sol de manière passive, pour préchauffer ou rafraîchir l'air entrant selon la saison, L'air puisé à l'extérieur passe dans des tuyaux enterrés entre 1 et 2 mètres de profondeur.

A cette profondeur, la chaleur de la terre est constante toute l'année et se situe entre 13 et 17°C. Des économies de chauffage ou de climatisation sont réalisées :

- En hiver l'air entrant à une température de 13°C au lieu de 0°C.
- En été, la température de l'air entrant est de 20°C au lieu de 30°C.

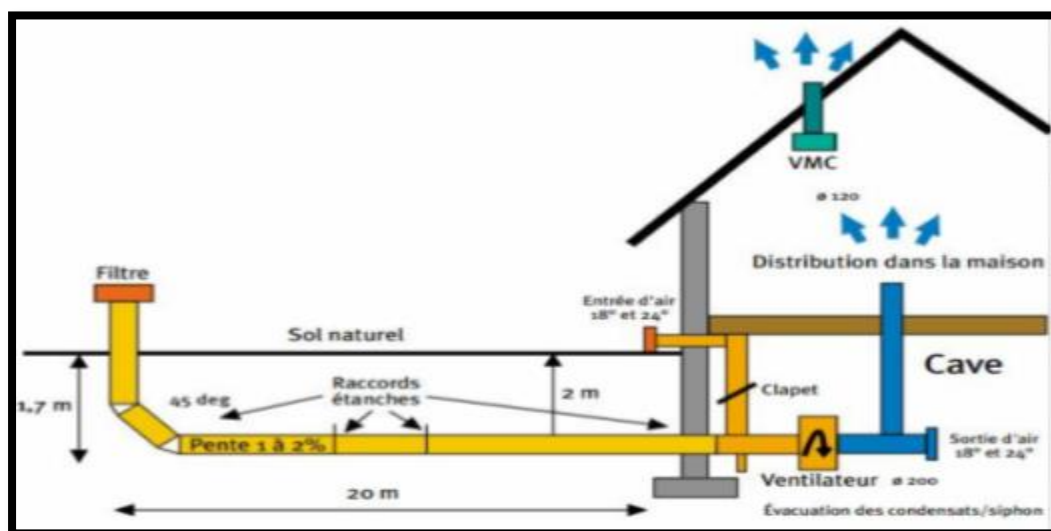


Figure 12: schéma d'un puits canadien.

Source : <http://www.herzog.nom.fr>

### I.5.5.3 La Pompes à chaleur :

Le principe des pompes à chaleur (PAC) qui utilisent la chaleur contenue dans le sol pour alimenter un plancher chauffant est connu depuis une vingtaine d'années, elle a subi de notables évolutions techniques qui lui permettent aujourd'hui de rivaliser avec les moyens de chauffage « Traditionnels ». Il existe deux types de pompes à chaleur géothermiques qui se distinguent par la configuration des capteurs :

- Les capteurs horizontaux.
- Les capteurs verticaux.

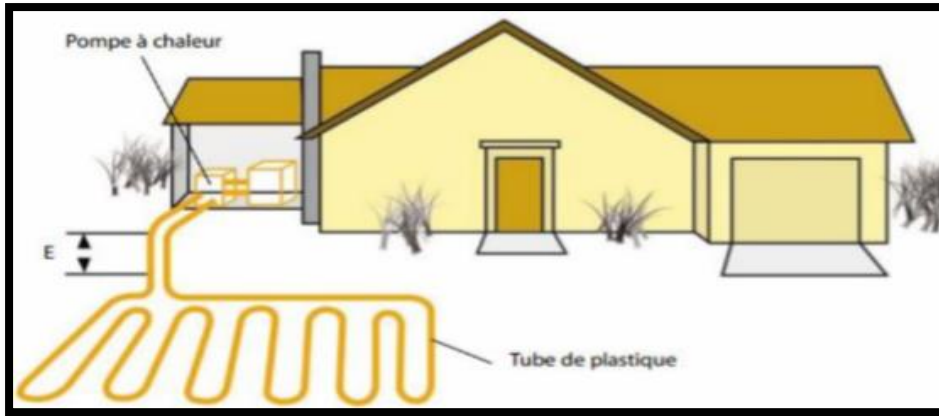


Figure 13: pompes à chaleur avec capteurs horizontaux  
 Source : [www.google.com/image/](http://www.google.com/image/) les types des sondes

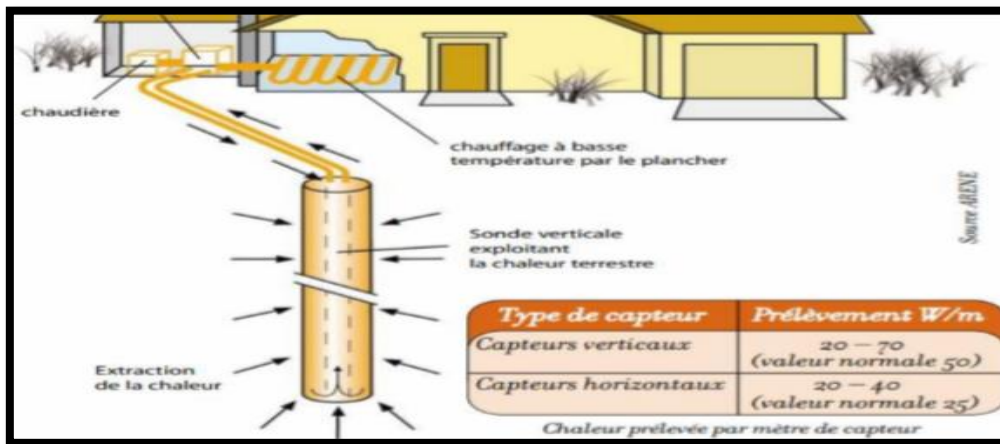


Figure 14 : sonde géothermique verticale  
 Source : [www.google.com/image/](http://www.google.com/image/) les types des sondes géothermique

#### I.5.5.4 Avantages et inconvénients d'énergie géothermique :

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pompes à chaleur installées a plus de 90% dans du neuf entrent en concurrence avec les moyens écologiques comme le solaire, le bois énergie et l'architecture bioclimatique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour le détartrage des installations, on injecte de l'eau sous pression, provoquant parfois des séismes de magnitude pouvant aller jusqu'à 4.6.</li> </ul>

Tableau 6: Avantages et inconvénients d'énergies géothermique

Source : Auteur

## **I.6 Le bâtiment et les énergies renouvelables :**

Les énergies renouvelables peuvent jouer un grand rôle dans la réduction des émissions des gaz nocifs à l'environnement, et créateurs des énergies créant une certaine autonomie, et par conséquent diminuer la consommation énergétique.

Les architectes contemporains dans le monde entier ont commencés à prendre conscience de cette soucie, dans leurs projets çà et là. Utiliser un minimum de matière. Des matériaux qui privilégient l'usage de produits écologiques, recyclés ou facilement recyclables.

### **I.6.1 Exemple : de la tour vivante à Rennes en France :**

Intégration des énergies renouvelables, solaires et éoliennes, le projet de la tour vivante à Rennes en France, la tour des jardins suspendus en plein cœur de Manhattan de 600 m de hauteur et d'autres projets sont des bons exemples :

Avec plus de 4.500m<sup>2</sup> de cellules photovoltaïques intégrées aux façades orientées vers le soleil et en toiture produisent de l'électricité à partir de l'énergie solaire à raison de 700 000 à 1 million de kWh/ an. Complétées par la production électrique des éoliennes, la Tour Vivante est énergétiquement autonome.



Figure 15: La tour vivante à Rennes

Source : [futura-sciences.com](http://futura-sciences.com)

Deux grandes éoliennes situées au sommet de la tour, orientées vers les vents dominants produisent de l'électricité facilitée par la hauteur de la tour. L'énergie électrique produite est de l'ordre de 200 à 600 kWh/an. Ces éoliennes servent également de station de pompage afin d'assurer la circulation et le recyclage des eaux de pluie récupérées en toiture et sur l'aménagement urbain du complexe.

### **I.7.1 Le potentiel des Energies Renouvelables en Algérie :**

L'objectif de la stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie est d'arriver à atteindre, à l'horizon 2017 (le niveau de 5% dans le bilan électrique national). L'introduction des énergies renouvelables aura pour conséquence:

- une plus grande exploitation du potentiel disponible.
- une meilleure contribution à la réduction de CO<sub>2</sub>.
- une réduction de la part des énergies fossiles dans le bilan énergétique national.
- un développement de l'industrie nationale.
- La création d'emplois.<sup>31</sup>

Dans les pays d'Afrique du Nord, la production d'électricité est principalement basée Sur les combustibles fossiles. L'Algérie présente la plus faible part d'énergies renouvelables (hydraulique) dans la structure de sa production électrique, plus de 99% de la production totale d'électricité provient des combustibles fossiles. Le peu qui reste (0,7%) provient des énergies renouvelables qui se résument pratiquement à une production hydroélectrique.

---

<sup>31</sup> Programme indicatif des besoins de production d'électricité 2007-2018, CREG.

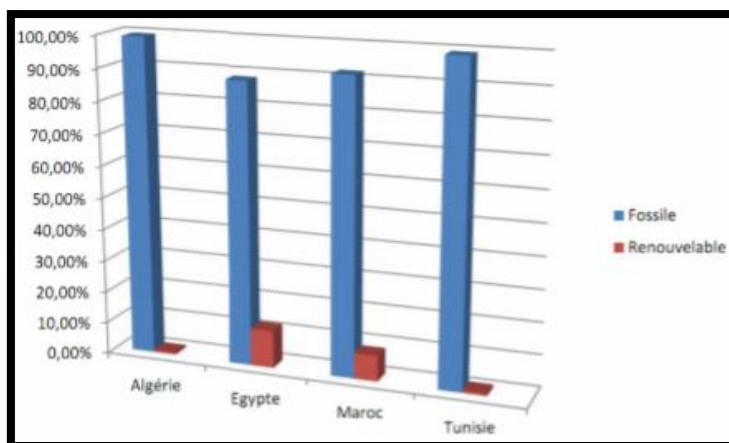


Figure 16 : Part des énergies fossiles et renouvelables dans la production d'électricité dans les pays arabes nord- africains.

En raison des importantes sources d'énergie fossiles dont le pays dispose et de l'absence de politiques environnementales, le développement des énergies renouvelables a connu beaucoup de retard. Selon le Ministère de l'Energie et des Mines, la capacité nationale d'électricité dépasse les 8400 MW avec 2,4 MW crête seulement pour des énergies renouvelables (Année 2007).<sup>32</sup>

Aujourd'hui, compte tenu des enjeux que représentent ces sources d'énergies durables, leur promotion constitue un des grands axes de la politique énergétique et environnementale du pays. D'autre part, l'Algérie possède des atouts majeurs: un potentiel considérable des énergies renouvelables et une politique énergétique favorisant une contribution plus conséquente des énergies renouvelables dans le bilan national. Plusieurs projets ont été réalisés (électrification de plusieurs villages, production d'eau chaude sanitaire,...etc.). Quant à l'utilisation du solaire thermique pour la production d'électricité, un projet d'une centrale hybride solaire-gaz (150 MW) située à Hassi R'mel est en cours de réalisation. Pour la filière éolienne, le peu de projets réalisés concernent l'installation de pompes éoliennes.

En plus, Un projet d'une ferme éolienne de 10 MW à Adrar est en cours d'étude. La stratégie de développement des énergies renouvelables en Algérie vise à porter la part des énergies renouvelables, à l'horizon 2015, à environ 5% de la production nationale d'électricité.

<sup>32</sup> Ministère de l'Energie et des Mines. Evolution du secteur de l'énergie et des mines 1962-2007. Edition 2008.



### **I.7.2 Les objectifs des énergies renouvelables :**

- Des économies importantes en matière de dépenses d'énergie et d'eau.
- Un confort accru pour les habitants tout en préservant notre environnement entre autre.
- Maitriser les impacts de la construction sur l'environnement extérieur:
  - ✓ en limitant au maximum la pollution de l'air de l'eau du sol.
  - ✓ en produisant le minimum de déchets ultimes (déchets ne pouvant être éliminés qu'après stockage).
  - ✓ en limitant au maximum les nuisances.

### **Conclusion :**

Gras à la situation dégrader de la terre, ainsi que le développement des activités socioéconomique, nous oblige de prendre rapidement des décisions prématurées pour sauver la vie humaine, le développement durable logis la solution idéal pour palier à ces problèmes telle que la préservation des ressources naturels ainsi que de l'environnement, l'assurance du confort des habitants, et surtout ne comprendre pas les générations futures et c'est l'essentiel.

Les énergies renouvelables représentent une grande partie de notre avenir énergétique, aussi une base essentielle pour le développement social et économique. Elles permettent de garantir des solutions de nos problèmes actuel énergétiques et environnementaux à cause de ces avantages, elles sont inépuisables, respectueuses de l'environnementale.

C'est-à-dire des effets réduits sur l'environnement qui permettent de conserver la qualité de vie humaine à long terme.

Et après avoir les différentes énergies renouvelables, nous choisissons l'énergie solaire thermique et photovoltaïque pour intégrer dans notre projet, à cause de ces avantages et la relation forte entre elle et l'architecture durable ou éco-construction.

**II. L'Architecture  
solaire appliquée dans  
les équipements  
aquatiques**

## **Chapitre II : L'Architecture solaire appliquée dans les équipements aquatiques**

### **Introduction :**

Un bâtiment sans système de chauffage, mais bien chauffée. Un bâtiment solaire conçu de telle manière qu'elle bénéficie au maximum des rayons du soleil, tout en s'en protégeant l'été.

Ce bâtiment existe : c'est le bâtiment solaire, C'est à la fois magique et très simple, pour aucun problème on peut faire appel à certains principes du solaire passif ou actif pour maximiser l'efficacité énergétique d'une demeure plus conventionnelle.

## II.1 L'Architecture écologique :

L'architecture fait partie de la pensée ou plutôt une extension de la pensée incorporée dans l'environnement physique par l'effort humain. Nous cherchons à en faire un environnement sain pour les utilisateurs du bâtiment et aussi en harmonie avec l'environnement. L'architecture écologique est naturellement sensible au site. L'emplacement d'un bâtiment a un impact direct sur sa performance. L'écologie locale du site, son gradient, son orientation et son exposition fournissent des conditions spécifiques, tandis que le climat régional offre un contexte plus général pour la conception.

L'architecture écologique cherche à trouver une symbiose entre l'objet architecturale et le milieu. L'Objectif est du «100 % durable» voire «100% recyclable». De "l'écodéveloppement" préconisé dès 1973 par la conférence des Nations unies à Helsinki à "l'éco responsabilité" qui s'impose à la Terre entière aujourd'hui, l'architecture essaie de frayer son chemin le plus intelligemment possible. Les premiers bâtiments courants dits écologiques sont postérieurs à la conférence de Rio (1992) et surtout au protocole de Kyoto (1997) .des expériences scientifiques, associations, ONG, et citoyens ont interpellé les gouvernements occidentaux sur les politiques à mettre en œuvre pour limiter les nuisances créées par un développement débridé.<sup>33</sup>

En effet, à y regarder de près, les pionniers que furent les géants F. L. Wright et Alvar Aalto, Sverre Fehn en Norvège, et Hassan Fathy en Egypte (qui offrit une alternative à la climatisation), ont ouvert la voie vers une architecture ami a la nature, être en symbiose avec le paysage, en cohérence avec la culture locale, conduit à travailler avec le climat comme avec le contexte, jusqu'à puiser localement les ressources pour construire. Le travail de Renzo Piano à Nouméa ou celui de Glenn Murcutt pour les aborigènes loin des centres urbains australiens nous ont apporté par la suite de magnifiques démonstrations en matière.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> Grégoire Bignier « Architecture et Écologie, comment partager le monde habité ? », 2eme Edition, p18, pp213, 2015.

<sup>34</sup> François de Mézières « Habiter écologique : quelles architectures pour une ville durable ? cité de l'architecture & du patrimoine, L'empreinte architecturale de l'écologie » p4, Exposition 13 mai - 1er novembre 2009.

« **L'architecture écologique** s'évertue donc à la mise en œuvre de technologies propres, la minimisation de l'impact sur l'environnement et la réduction de la consommation d'énergie, ces éléments peuvent rendre **un bâtiment écologique** et vecteur de santé et de bien-être ». <sup>35</sup>

### II.1.1 Histoire de la construction :

### II.1.2 Définitions et Notions :

### II.1.3 Notions d'Architecture :

- « L'architecture est un phénomène synthétique qui englobe presque toutes les facettes de l'activité humaine. ». <sup>36</sup>
- Ancienne définition du mot « Architecture » par l'académie Française (1798) « L'art de construire, disposer et orner les édifices, elle signifie aussi, la disposition et l'ordonnance d'un bâtiment, voilà une belle Architecture, une mauvaise architecture, un beau morceau d'architecture ».
- L'architecture est l'art de concevoir, de combiner et de disposer - par les techniques appropriées, des éléments pleins ou vides, fixes ou mobiles, opaques ou transparents, destinés à constituer les volumes protecteurs qui mettent l'homme, dans les divers aspects de sa vie <sup>37</sup>

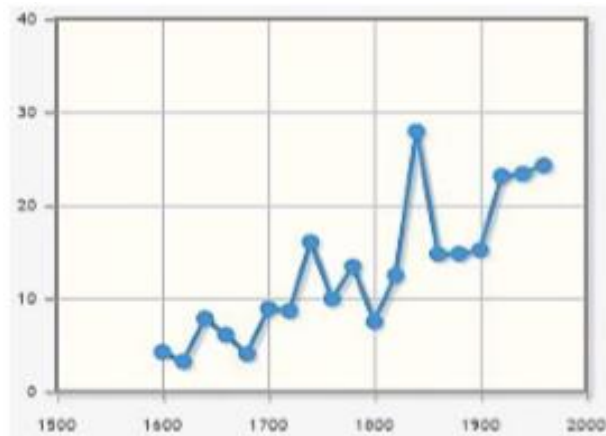


Figure 17: Usage du mot "architecture"

<sup>35</sup> Conception de Bâtiment, Principes d'Architecture, Agence Laurent Bansac Architecte et administré par Fluorcom , avril 2015, Dernière mise à jour : 1 février 2017.

<sup>36</sup> Alvar Aalto « La table blanche et autres textes, Humaniser l'architecture », É. Parenthèses, p102, pp 268.

<sup>37</sup> (En ligne) <http://www.cnrtl.fr/definition/Architecture> [Consulter le 03 /02/ 2017]

#### II.1.4 Notion d'Écologique :

- « Le terme Écologie a été dérivé de deux mots grecs *oikos* et *logos*. Le mot *oikos* signifie maison ou habitat et le mot *logos* est la science. Sur le plan étymologique, le mot écologie est la science de l'habitat au sens large, autrement dit la science de l'environnement. Il a été utilisé pour la première fois en 1866 par le biologiste Ernst Haeckel. Ernst Haeckel définit l'Écologie comme «la science des relations des organismes avec le monde environnant ». L'écologie au sens large est donc la science qui étudie les conditions d'existence.»<sup>38</sup>
- Une seconde définition de l'écologie est liée aux préoccupations environnementales liées aux évolutions climatiques, à la dégradation du cadre de vie local ou planétaire qu'elles soient dues à la pollution, au réchauffement climatique ou aux activités de l'homme. Cette utilisation du mot écologie vient de la naissance des mouvements écologiques dans les années 1960.

#### II.1.5 Notion d'Architecture Écologique :

- « Architecture écologique est une conception qui met l'accent sur les matériaux naturels et l'utilisation des ressources renouvelables qui viennent de la terre de telle manière qu'ils peuvent être retournés à la terre sans causer de préjudice ».<sup>39</sup>
- L'architecture écologique est celle qui permet une bonne intégration de l'objet architectural dans son environnement avec le confort adapté sans détruire le milieu naturel.
- L'intérêt de l'architecture écologique est préserver toute ressource naturelle, de concevoir des constructions adaptables réaliser avec bon sens. « Cet état attendu est le but prioritaire de la conception architecturale écologique. La réalisation de ce but impose l'utilisation intelligente des matériaux locaux (durables ou écologiques) ».<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> (En ligne) <http://www.teteamodeler.com/ecologie/ecologie/definition-ecologie.asp> [Consulter le 03 /02/ 2017] 3 Définition de Larousse

<sup>39</sup> (En ligne) <http://ecologicalarch.com/designapproach.php>.

<sup>40</sup> Dr. HARIDI Fatma-Zohra, Théorie de l'architecture, chapitre 01 « qu'est-ce que l'architecture écologique », Master 2 : Option Architecture écologique, université 08 mai 1945, Guelma 2017.

### **II.2.1 L'approche bioclimatique :**

Toute réalisation architecturale concrétise un microcosme en rapport plus ou moins étroit avec l'environnement auquel il appartient. Le but de la conception, de la rénovation et de la construction d'un bâtiment est de réaliser ce microcosme en concordance optimale avec son environnement et de donner ainsi au climat une juste place parmi les dimensions fondamentales de toute intervention de l'architecte sur l'environnement. L'architecture ainsi définie inclut le climat et la dynamique qu'il implique : c'est l'architecture bioclimatique.

L'occupant est au centre de l'architecture bioclimatique .Elle n'existe que dans l'objectif d'essayer de répondre à des exigences de confort. L'architecture bioclimatique se préoccupe donc des paramètres qui conditionnent le bien-être de l'habitant.

Le comportement des occupants commande la 'bonne marche' d'une habitation bioclimatique. Il importe que les habitations prennent conscience de l'importance de leur rôle et apprennent à vivre en symbiose avec leur environnement, au rythme des jours et des saisons.<sup>41</sup>

### **II.2.2 Définition :**

Le terme bioclimatique fait référence à une partie de l'écologie qui étudie plus particulièrement les relations entre les êtres vivants et le climat.

En architecture<sup>42</sup>, cette expression vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière naturelle, c'est-à-dire en minimisant le recours à l'énergie non renouvelable, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement. L'intérêt du bioclimatique va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, ce qui en fait un élément fondamental de l'art de l'architecture. Toutes les échelles de l'architecture sont concernées, de la pièce habitable au fragment de ville, à la fois par l'amélioration à chacun des niveaux et par l'interdépendance de ces différentes échelles d'intervention. Par exemple, la réalisation des conditions de confort dans un bâtiment et l'utilisation des énergies renouvelables exigent la prise en compte de son

---

<sup>41</sup> Liebard, A., (2004). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris : Le moniteur. P60

<sup>42</sup> Fernandez, P & Lavigne, P., (2009). Concevoir des bâtiments bioclimatiques. Paris : Le moniteur. P92

environnement mais le modifie en retour. Il dépend donc de celui-ci et lui est nécessairement intégré. On peut donc considérer que la démarche bioclimatique consiste à sublimer une contrainte pour en faire un élément moteur de la conception. Notre propos n'est pas de tenter de prôner une telle démarche chez tous les concepteurs. Cependant, il nous semble nécessaire que ces derniers en connaissent les fondements, ne serait-ce que pour apprendre à mieux gérer les interactions entre la dimension climatique et les autres composantes du projet. Il s'agit, en quelque sorte, que le concepteur s'approprie les avancées réalisées dans ce domaine.

*Olgyay* a utilisé le terme « bioclimatique » pour la première fois en 1953 pour définir l'architecture qui répond à son environnement climatique en vue de réaliser le confort pour les occupants grâce à des décisions de conception appropriées<sup>21</sup>. La conception bioclimatique est surtout une sorte d'engagement dont les bases sont : un programme architectural, un paysage, une culture, quelques matériaux locaux, certaine notion de bien-être et d'abri dont la synthèse est une couverture habitable.<sup>43</sup>

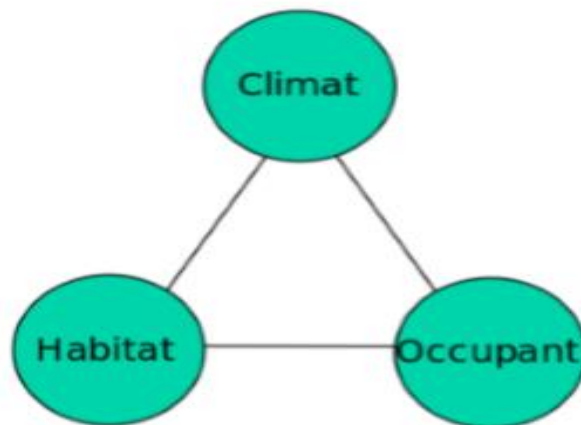


Figure 18: les trois éléments de l'architecture bioclimatique

Source : wikipedia.org

### II.2.3 Les principes de l'architecture bioclimatique :

- ✓ Dans le cadre de la conception bioclimatique, les six éléments clés à prendre en compte sur le bâti sont :

---

<sup>43</sup> De Asiain. A, et al., "Reflections on the Meaning of Environmental Architecture in Teaching", the 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, 19 – 22 September 2004, P.1



- ✓ Trouver les bons compromis entre la luminosité naturelle, l'éblouissement et le confort thermique en hiver comme en été.
- ✓ Laisser à l'occupant la possibilité de reprendre la main sur la lumière artificielle.
- ✓ Assurer le confort d'été en évitant les climatisations puissantes.
- ✓ Trouver des solutions de protection solaire permettant d'éviter les surchauffes d'été tout en laissant pénétrer la lumière dans le bâtiment et en favorisant les apports gratuits en hiver.
- ✓ Assurer l'étanchéité à l'air.
- ✓ Optimiser l'inertie thermique à l'aide d'outils de simulation thermique dynamique.

Concernant la mise en œuvre, six éléments clés sont également à prendre en compte :

- Emission : elle doit rester maîtrisable par l'utilisateur.
- Production : veiller à la compatibilité avec le niveau de température des émetteurs : faire attention au surdimensionnement.
- Régulation : anticiper les surchauffes, envisager systématiquement la régulation terminale qui seule prend en compte les apports internes. Sa manipulation doit rester compréhensible par tous.
- Ventilation : évaluer attentivement les gains par rapport aux pertes (coûts de maintenance, conjonction avec le chauffage, etc.).
- Consommation des auxiliaires : le CCTP doit être précis et accompagné d'un effort pédagogique sur le chantier.
- ENR : être vigilant sur la complexité des schémas.<sup>44</sup>

### **II.2.3.1 L'implantation :**

La nature du projet a un lien direct avec la localisation du terrain, Il faut donc choisir le meilleur endroit possible pour s'installer

- les activités avoisinantes peuvent engendrer des nuisances sonores, olfactives ou porter atteinte à la santé et à la tranquillité.
- prendre connaissance des projets futurs à proximité du terrain.

---

<sup>44</sup> Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Alain Lié bard, André De Herder.

- renseigner sur les services susceptibles de faciliter la vie quotidienne.

### II.2.3.2 L'orientation :

Le terrain doit permettre d'orienter le bâtiment de façon optimal pour qu'il puisse profiter des apports solaires.

- L'importance primordiale de la vue et de l'éclairage naturel
- Prévoir des protections contre l'éblouissement
- Favoriser l'utilisation des rayonnements solaires le matin en mi- saison
- Réduire l'inertie thermique
- Le soleil intervient pour dispenser lumière et chaleur.
- Une orientation adaptée permet de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage.

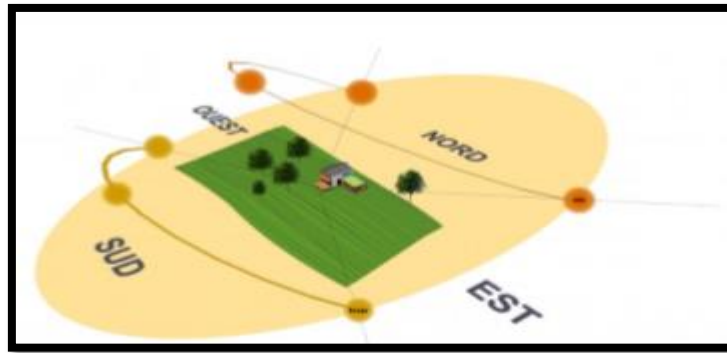
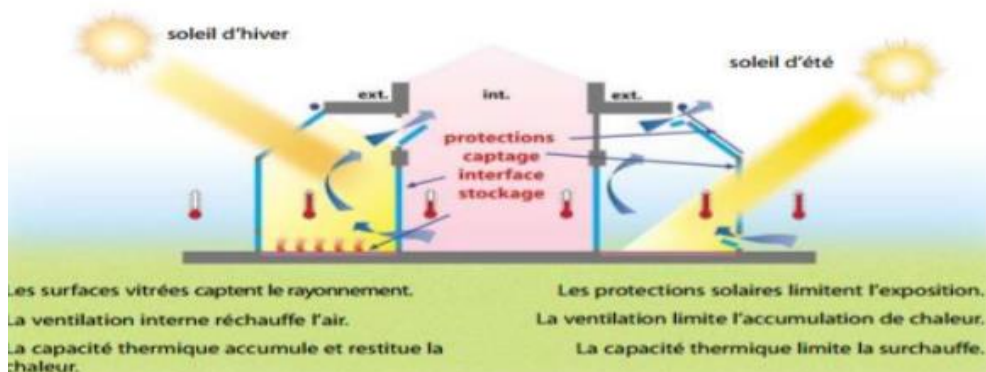


Figure 19: la disposition d'un bâtiment par rapport au soleil

### II.2.3.3 Les ouvertures des façades :

En exposant et ouvrant au maximum les bâtis au sud. On profitera des apports caloriques du soleil de la lumière (déborder la toiture afin d'éviter la surchauffe)



Les surfaces vitrées captent le rayonnement.  
La ventilation interne réchauffe l'air.  
La capacité thermique accumule et restitue la chaleur.

Les protections solaires limitent l'exposition.  
La ventilation limite l'accumulation de chaleur.  
La capacité thermique limite la surchauffe.

Figure 20: conception d'une maison bioclimatique.

### II.2.3.4 La forme du bâti :

Un bâtiment compact est plus performant, plus les bâtiments est éclaté plus la consommation énergétique sera élevée, le coefficient de forme (cf.) est le rapport entre la surface extérieure et le volume d'un bâtiment  $cf. = S/F$

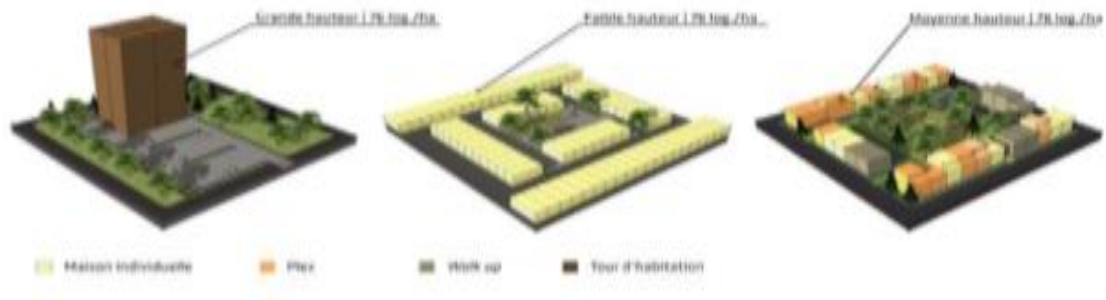


Figure 21: Les différentes formes de bâti.

Source : citego.org

### II.2.3.5 Le vent :

Les bâtiments seront implantés de préférence dans des zones à bonne potentialités potentialité de ventilation naturelle par exemple :

- Au vent. Au voisinage du sommet d'un même
- Entre deux obstacles en créant un effet venturi

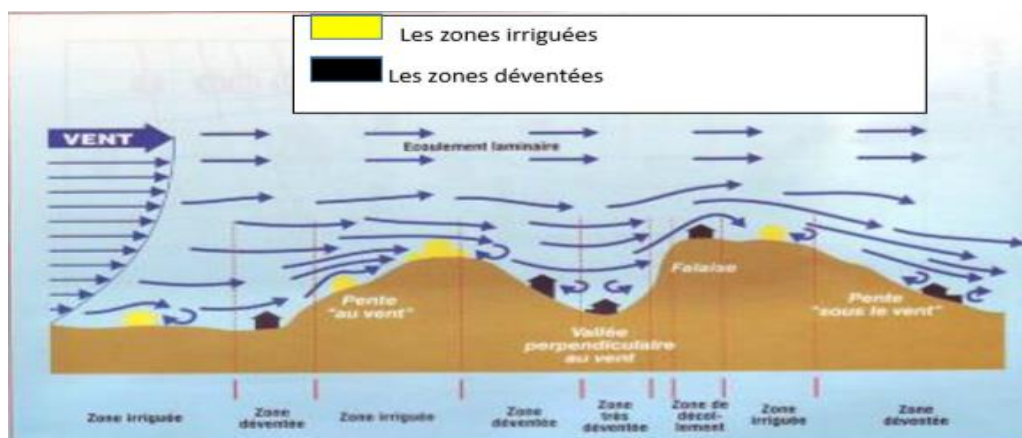


Figure 22: les zones favorables irriguées et les zones déventées défavorable à la ventilation naturelle due au vent en fonction de la topographie du site.

### **II.2.3.6 Le choix des matériaux :**

Le choix des matériaux est un élément capital de la conception bioclimatique .les matériaux composant le bâtiment vont directement impacter sur :

- Le confort de l'occupant : en captant la chaleur ou en préservant la fraîcheur et en évitant les sensations de « parois froides
- Les économies d'énergies : grâce à leur capacité d'isolation, d'inertie etc...
- Le bilan écologique global du bâtiment : puisque la conception bioclimatique vise à minimiser l'impact du bâtiment sur son environnement .Il est important d'utiliser des matériaux à faible impact sur leur environnement tant au niveau de leur fabrication que de leur destruction.
- Les matériaux naturels : présentant un intérêt écologique, permettent d'évoluer dans un environnement intérieur sain et confortable .prêter attention au cycle de vie du matériau depuis l'extraction des matières premières jusqu'à sa fin de vie, limite l'impact de la construction sur l'environnement

**Les matériaux de gros œuvres :** la terre, la pierre, le bois...etc.

**Les matériaux d'isolation :** Les isolants synthétiques, les matériaux minéraux et les matériaux végétaux<sup>45</sup>

### **II.3.1 Le soleil, source d'énergie :**

#### **II.3.1.1 Définition :**

Le soleil est une sphère gazeuse d'hélium et d'hydrogène, sa densité moyenne est de 76000 Kg /m<sup>3</sup> au centre, la masse du soleil représente 99.58% de la masse totale du système solaire et 330000 fois celle de la terre, son âge est estimé à 5.109 ans, le diamètre du soleil atteint 139100K m<sup>2</sup>. - Distance Terre-Soleil : 150000000 km - L'énergie solaire reçue par la Terre représente 10000 fois la consommation énergétique mondiale.<sup>46</sup>

---

<sup>45</sup> Guide de l'architecture bioclimatique- Éd. Systèmes solaires – 6 volumes, de 1996 à 2004.

<sup>46</sup> Site web: <http://www.energieplus-lesite.be/ensoliment.ht>



Figure 23: Le soleil

Source : teteamdeler.com

### II.3.1.2 Le mouvement Terre-Soleil:

La course de la Terre autour du Soleil décrit une ellipse légèrement aplatie. Dans cette ronde annuelle autour du Soleil, la Terre effectue un tour complet sur elle-même en 24 heures autour de l'axe des pôles. Cet axe nord - sud fait un angle de  $23^{\circ}27'$  avec la direction perpendiculaire au plan de l'orbite terrestre autour du Soleil.

Cette inclinaison est constante tout au long de la course autour du Soleil et est responsable des variations saisonnières. Ainsi pendant nos mois d'hiver, en hémisphère nord la durée d'insolation est relativement courte et le Soleil ne monte pas très haut dans le ciel, tandis que l'été règne sur l'hémisphère sud. Pendant nos mois d'été, la situation est inversée l'hémisphère nord est tourné vers le Soleil. Les jours sont alors plus longs que les nuits dans l'hémisphère nord et le rayonnement incident se rapproche de la verticale.

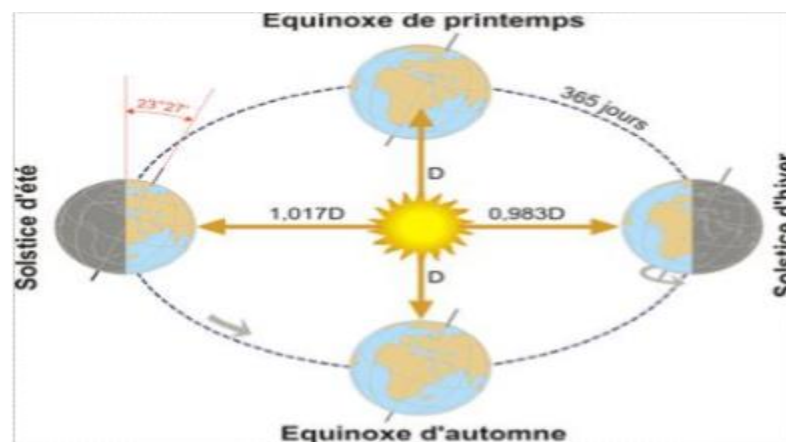


Figure 24: La course de la terre autour de soleil.

Source : enegieplus-lesite.be

**a- Aux solstices de printemps et d'automne** (21 mars, 21 septembre), à midi, le rayonnement est perpendiculaire à l'équateur (latitude  $0^\circ$ ) et partout sur le globe, les jours et les nuits sont de durée égale. C'est à ce moment que la hauteur du Soleil à midi est la plus facile à calculer. En effet, sa hauteur est égale à l'angle complémentaire de la latitude.

**b- Au solstice d'été** (21 juin), la terre est inclinée vers les rayons solaires, et à midi, ceux-ci sont perpendiculaires au tropique du cancer (latitude  $23^\circ 27' N$ ). Le Soleil ne se couche jamais dans les régions du globe situées à l'intérieur du cercle arctique (celui-ci se trouvant  $23^\circ 27'$  au-dessous du pôle Nord), La hauteur du Soleil à midi (solaire) est de  $23^\circ 27'$  supérieure à celle de l'équinoxe.

**c- Au solstice d'hiver** (22 décembre), l'angle d'inclinaison est inversé et c'est le tropique du capricorne (latitude  $23^\circ 27' S$ ) qui bénéficie d'un rayonnement perpendiculaire. La hauteur du Soleil à midi est de  $23^\circ 27'$  inférieure à celle de l'équinoxe.

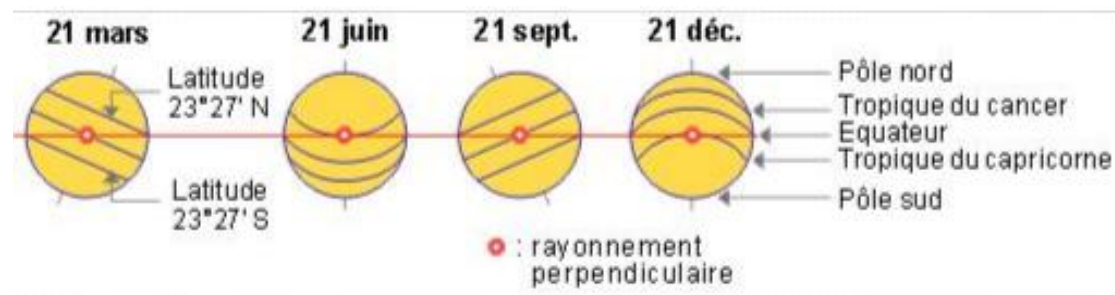


Figure 25: les points de solstice.

### II.3.1.3 Le rayonnement solaire:

Le rayonnement solaire est une superposition d'ondes dont les longueurs vont de 0,25 à 4 micro mètres ( $\mu m$ ). Cette énergie se décompose en 3% d'ultra-violet (U.V), 42% de lumière (VISIBLE) et 55% d'infrarouge (I.R).

La répartition énergétique des différentes longueurs d'ondes du rayonnement électromagnétique du Soleil est appelé spectre solaire.<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Production d'eau chaude solaire, PDF, Edition originale: ISBN 3-905232-16-2, N° de commande 724.213 f

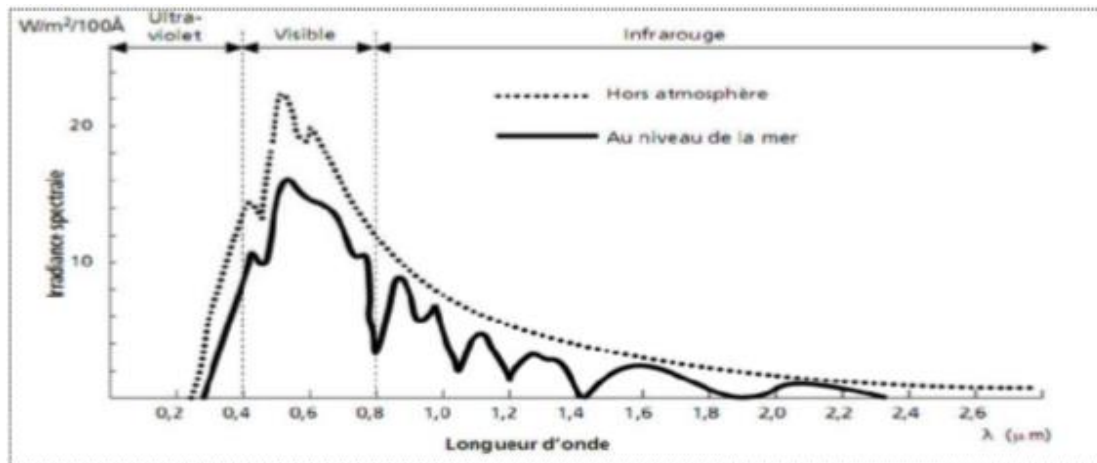


Figure 26: Le spectre solaire

Source : researchgate.net

### II.3.1.4 La propagation du rayonnement solaire dans l'atmosphère :

Lorsque le rayonnement solaire se propage dans l'atmosphère, il interfère avec les constituants gazeux de celle-ci et avec toutes les particules présentes en suspension (aérosols, gouttelettes d'eau et cristaux de glace), en réalité, le rayonnement total reçu sur une surface, appelé irradiation solaire incidente (ou encore éclairement énergétique global), est défini par la somme de trois composantes :

- **L'irradiation directe**, provenant directement du Soleil. Cette composante s'annule si le Soleil est caché par des nuages ou par un obstacle.
- **L'irradiation diffuse**, correspondant au rayonnement reçu de la voûte céleste, hors rayonnement direct. Cette énergie diffusée par l'atmosphère et dirigée vers la surface de la Terre, peut atteindre 50 % du rayonnement global reçu, lorsque le Soleil est bas sur l'horizon, et 100 % pour un ciel entièrement couvert.
- **L'irradiation réfléchie**, correspondant au rayonnement réfléchi par l'environnement extérieur, en particulier le sol, dont le coefficient de réflexion est appelé "albédo".<sup>48</sup>

<sup>48</sup> site web: <http://www.energieplus-lesite.be/ensoliment.htm>

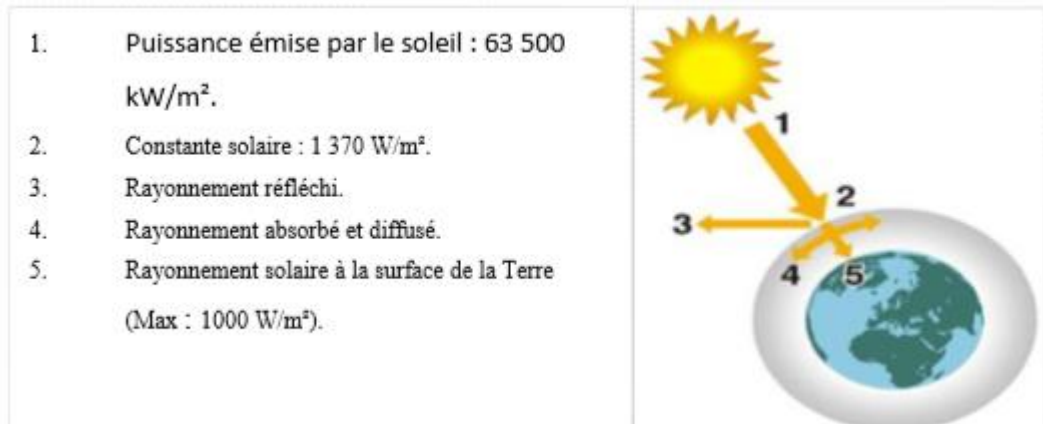


Figure 27: Schéma de rayonnement solaire.

Source : sites.google.com

### II.3.1.5 Coordonnées horizontales :

La hauteur et l'azimut du Soleil déterminent la position du Soleil dans le ciel. Ainsi est connue la direction du rayonnement solaire et peuvent être calculées les surfaces ensoleillées du bâtiment. Ces calculs tiendront compte des effets d'ombrage dus au relief, au cadre bâti, à la végétation ou au bâtiment lui-même.<sup>49</sup>

- La Hauteur du Soleil est l'angle que fait la direction du Soleil avec le plan horizontal. Elle se compte de 0° à 90° à partir de l'horizon vers la voûte céleste.
- L'Azimut du Soleil est l'angle créé entre le plan vertical passant à la fois par le Soleil et par le lieu considéré, et le plan vertical N-S. Cet angle vaut 0° au sud et est conventionnellement positif vers l'ouest et négatif vers l'est.

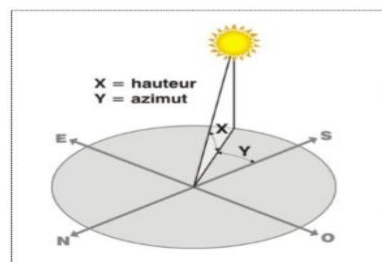


Figure 28: l'azimut et la hauteur de soleil

Source : energieplus-lesite.be

<sup>49</sup> Thèse: KHALDI Sabrina, étude numérique de la ventilation naturelle par la cheminée solaire, page 30.



### II.3.1.6 Puissance solaire

Le rayonnement solaire reçu sur une surface varie donc au cours du temps en fonction de la position du Soleil et de la couverture nuageuse. La puissance solaire maximale à la surface de la Terre est d'environ  $1000\text{W/m}^2$  pour une surface perpendiculaire aux rayons.<sup>50</sup>

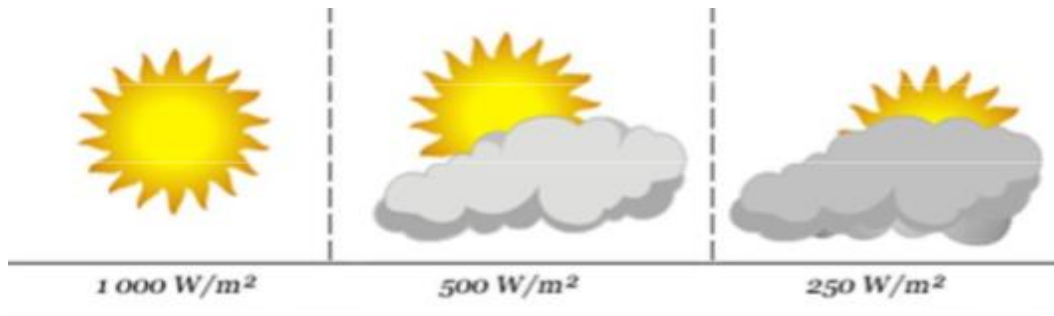


Figure 28 : Puissance solaire pour différents ciels.

Source : [energieplus-lesite.be](http://energieplus-lesite.be)

### II.4 Potentiel solaire en Algérie:

Notre pays a un des gisements solaires des plus élevés au monde, en effet de par sa position géographique dispose de plus de 2500 heures d'ensoleillement en moyenne par an sur une très grande partie de son territoire.

La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2500 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de  $1\text{ m}^2$  est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de  $1700\text{KWh/m}^2/\text{an}$  au Nord et  $2263\text{ kWh/m}^2/\text{an}$  au Sud du pays. Pour toutes les raisons citées ci-dessus plus l'impact social (sédentarisation et diminution de l'exode rural et création de milliers d'emplois directe et indirecte) ainsi que sur l'écologie (forte diminution de la pollution) font que le recours à l'énergie solaire soit la solution la plus évidente et la plus rationnelle.

<sup>50</sup> Site web: <http://www.energieplus-lesite.be/ensoliment.ht>

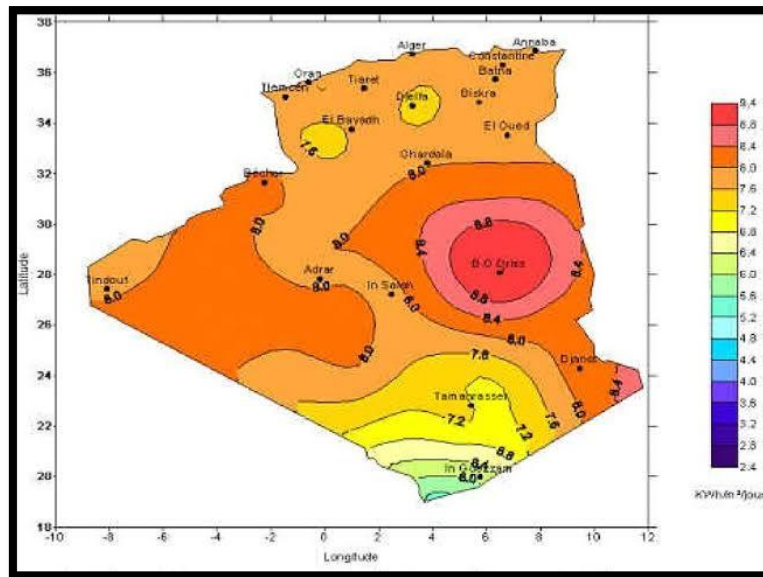


Figure 29: la carte d'ensoleillement de l'Algérie

Source : docplayer.fr

## II.5 L'énergie solaire passive:

C'est la lumière du soleil qui pénètre dans la maison par les fenêtres et peut ainsi contribuer de manière importante au chauffage d'un bâtiment.

Le domaine de l'énergie solaire passive suppose la conception de bâtiments et la mise en place des composants de construction appropriés afin d'utiliser la lumière solaire pour l'éclairage naturel, le chauffage des locaux et/ou la climatisation les locaux. En plus de réduire la consommation d'énergie, un avantage primordial que procure l'énergie solaire est le confort ressenti par les occupants.<sup>51</sup>

Les maisons passives c'est un exemple concret d'application d'énergie passive, sont des maisons très bien isolées. Elles sont étanches à l'air, elles sont bien orientées et possèdent des baies vitrées adaptées équipées de triple vitrage ainsi qu'un système de ventilation avec récupération de la chaleur.

Ces maisons ne demandent pas de chauffage conventionnel ou de système actif de refroidissement. Une excellente chose pour l'environnement, mais aussi pour les portefeuilles. Elles vous permettent d'économiser jusqu'à 75% sur votre facture énergétique par rapport à une maison PEB. De plus, elles garantissent un confort de

<sup>51</sup> [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch), SSES –Fiche d'informations sur l'architecture solaire :architecture solaire.pdf

vie maximal tout au long de l'année. Été comme hiver, elles jouissent d'un climat intérieur agréable.<sup>52</sup>

### II.5.1.1 L'architecture solaire passive :

L'architecture solaire passive est une architecture qui vise à réduire les besoins de chauffage et de climatisation grâce à une conception adéquate du bâtiment. Les principes relativement simples de l'architecture solaire passive devraient être appliqués au plus grand nombre de constructions possible. Le seul fait d'orienter correctement un bâtiment et de positionner adéquatement ses fenêtres par rapport au parcours du soleil réduit sa consommation énergétique pour le chauffage et même pour la climatisation.<sup>53</sup>

### II.5.1.2 Avantages et inconvénients du système solaire passif :

✓ **Les avantages :**

- **Un bâtiment sans pannes :** Le système solaire passif n'utilise aucun appareil pouvant tomber en panne. La durée de vie du système sera aussi longue que celle du bâtiment.
- **Des factures plus légères :** Un bâtiment unifamilial classique consomme environ 20 000 kWh par an en chauffage. Par contre le bâtiment de conception solaire passive en consomme jusqu'à 90% de moins.
- **Un système peu coûteux :** Comparativement aux autres systèmes de chauffage, les coûts du solaire passif sont minimes. Tout est dans le design du bâtiment et l'isolation, on se passe d'équipements de chauffage coûteux.
- **Un habitat hors gel :** Si le bâtiment passive avoir une très bonne isolation et une très bonne étanchéité, elle reste chaude même en cas d'absence de chauffage, sans pour autant consommer d'énergie.
- Moins de risque que les conduites d'eau explosent pour cause de gel.<sup>54-55</sup>

---

<sup>52</sup> Opter pour la Maison Massive Passive de Wienerberger - c'est opter pour l'avenir-building value, PDF.

<sup>53</sup> Solaire passif, La maison solaire passive de A à Z. [Eco-habitation. Canada].p: 02.

<sup>54</sup> Solaire passif, La maison solaire passive de A à Z. [Eco-habitation. Canada].p: 03, 04.

<sup>55</sup> Les maisons passives, l'avenir de la réalité, [l'Espace Info Énergie de Limousin Nature Environnement]. CAUE Isère. p:09.

✓ **Les inconvénients :**

- Des problèmes de surchauffe : on doit savoir contrôler et maîtriser la quantité de chaleur captée pour éviter les surchauffes lors des périodes de la journée fortement ensoleillées.
- Les pièces orientées au nord sont peu éclairées : Dans un bâtiment solaire passif, tout le vitrage concentre au Sud. Cependant une bonne répartition des pièces intérieures permettent de limiter ce problème. Donc, il est conseillé d'utiliser les fenêtres thermiquement performantes ou des isolants mobiles supplémentaires du côté intérieur du vitrage pour éviter les pertes thermiques pendant la nuit et pendant les périodes de moindre température externe.
- Construire passif en ville est difficile : Dans une aire urbaine de haute densité, ou le terrain est entouré par des bâtiments à haut hauteur. Ces derniers sont constituent un obstacle à l'utilisation du solaire passif pour fin de chauffage. Donc, il est difficile de trouver un terrain qui permette d'intégrer les notions d'orientation et d'ombrage.
- Bâtiment et végétation doivent s'adapter aux contraintes du solaire passif: L'orientation au Sud, la forme spécifique du bâtiment, l'utilisation des arbres feuillus et non conifères à côté Sud (les arbres de feuilles caduques par exemple), ainsi les règles du jeu sont précises<sup>56</sup>

### **II.6.1 Les stratégies Passives:**

Les techniques passives exploitent d'une part les caractéristiques architecturales des bâtiments, principalement les murs, les fenêtres, les sols et le toit, et d'autre part les éléments du milieu environnant. Elles captent l'énergie solaire thermique et la conservent sans mécaniques ni électroniques sophistiquées.<sup>57</sup>

On a deux Stratégies thermiques et principes de conception pour l'espace habité :

---

<sup>56</sup> Talal SALEM , Thèse : Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Année 2007.p: 47.

<sup>57</sup> Projet Serre solaire active et passive de culture potagère pour usage en zone de montagne Par Pierre Amet Président APPER France, PDF. [www.massivepassive.be](http://www.massivepassive.be)

#### **II.6.1.1.1 Stratégie du chaud (hiver):**

En hiver, la quantité d'énergie solaire reçue est plus importante sur une surface verticale orientée sud qu'horizontale.

#### **II.6.1.1.2 Stratégie du chaud : Capter**

L'hiver on a le maximum d'entrée solaire au Sud. On ne capte rien au Nord, et très peu à l'Est et à l'Ouest.

- Plan d'habitat très orienté au sud, c'est-à-dire De grands vitrages aux sud avec, plutôt les pièces de vie au sud et plutôt les pièces de service au nord.
- Eviter les masques aux entrées solaires d'hiver (masques propres au bâtiment autant que les masques proches).

#### **II.6.1.1.3 Stratégie du chaud : Stocker**

L'inertie par absorption:

- Prévoir une inertie intérieure par absorption suffisante pour que le captage solaire direct ait un bon rendement de récupération.
- Dallages, dalles, refends en maçonnerie.

#### **II.6.1.1.4 Stratégie du chaud: Distribuer**

Il s'agit de distribuer l'apport solaire entré par les ouvertures au sud :

- Par les mouvements d'air avec des thermosiphons naturels (ou mécaniquement forcés).
- Par les murs et dalles servant à stocker les apports et étant en contact avec des espaces ne recevant pas le soleil.

#### **II.6.1.1.5 Stratégie du chaud: Conserver**

Il s'agit de d'éviter les pertes vers l'extérieur des apports solaires et des apports provenant des dispositifs de chauffage. Moyens:

- Avoir une bonne isolation de l'enveloppe (murs, toiture, sol) de l'habitat (isolants, double vitrage, éviter les ponts thermiques, menuiseries de qualité posées au droit de l'isolant, etc.)

- Avoir un habitat compact afin de diminuer le rapport entre les surfaces en contact avec l'extérieur et le volume intérieur  $V$ . C'est le coefficient de forme:  $S/V$

Qui doit être faible. Principes:

- ✓ Garder des formes simples.
- ✓ Construire sur deux niveaux.
- ✓ Jouer sur l'effet d'échelle (semi-collectif, collectif,...).<sup>58</sup>

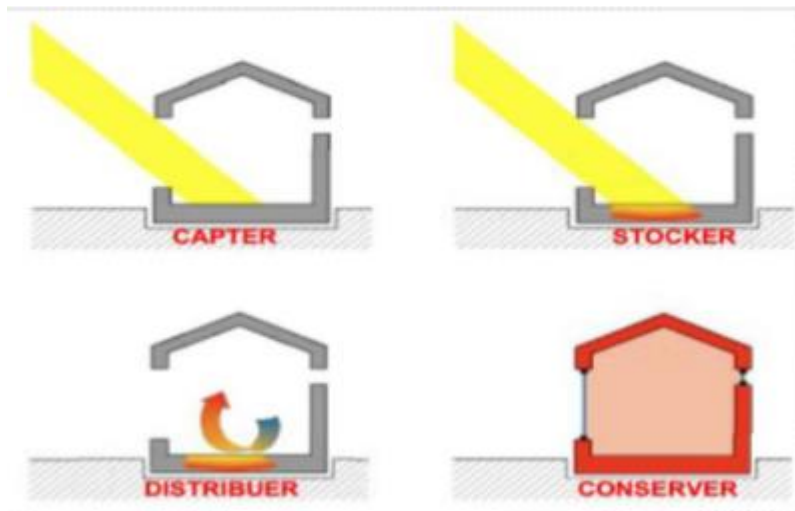


Figure 30: Stratégies du chaud-hiver

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

#### II.6.1.2.1 Stratégie du froid (été):

En été, la quantité d'énergie solaire reçue est plus importante sur une surface horizontale que verticale même orientée Sud.

#### II.6.1.2.2 Stratégie du froid: Se protéger

Il s'agit de se protéger au maximum des entrées solaires par les ouvertures. Au moyen :

- De brise-soleils horizontaux au Sud (calculés) tel que les Balcons, Casquettes, Passées de toiture Stores à lames horizontales situés à l'extérieur.

<sup>58</sup> Conception climatique selon les cours de NICOLAS TIXIER, PDF- L'ensemble de ce cours s'applique à des logiques d'habitat en climat tempéré (froid l'hiver / chaud l'été)

- De brise-soleils verticaux à l'Est et à l'Ouest (calculés) tel que les volets, les stores verticaux situés à l'extérieur, mais aussi des arbres.

#### **II.6.1.2.3 Stratégie du froid: Eviter**

Il s'agit d'éviter au le transfert de la chaleur vers l'intérieur par les matériaux :

- Par l'isolation des murs.
- Par l'isolation des toitures.
- Par la ventilation des espaces sous toiture.
- Par la présence de végétaux, sur les murs verticaux ou par des toitures végétalisées.

#### **II.6.1.2.4 Stratégie du froid: Dissiper**

Il s'agit de dissiper l'air chaud rentré dans l'habitat pendant la journée, ou l'air chaud produit par les activités à l'intérieur de l'habitat.

- Par une ventilation nocturne naturelle (l'air est plus frais que pendant la journée).
- L'idéal est d'avoir une ventilation transversale (traversant toute l'habitat).
- La ventilation nocturne permet de rafraîchir les matériaux intérieurs ayant une forte inertie par absorption, leur permettant d'emmagasiner du frais la nuit et de le « rendre » la journée.

#### **II.6.1.2.5 Stratégie du froid: Rafraîchir**

Il s'agit par un dispositif mécanique ou naturel d'apporter de la fraîcheur dans l'habitat. Quelques possibilités simples :

- Présence de l'eau (mouvement d'air, évapotranspiration)
- Bassin, mais aussi jarre de grande porosité, tissu humide, paille humide, etc.)
- Présence de la végétation (mouvement d'air, évapotranspiration)

#### **II.6.1.2.6 Stratégie du froid: Minimisé**

Les occupants, équipements et appareils d'éclairage artificiel constituent les principales sources de gains internes de bâtiment. Bien que la spécification d'équipement à très grande efficacité énergétique et que le nombre d'utilisateurs ainsi que leur taux métabolique soit difficile à contrôler par l'Architecte, ce dernier est le seul à

pouvoir optimiser l'éclairage naturel afin de minimiser les gains internes par l'éclairage artificiel. Cette stratégie a d'ailleurs été abordée dans un feuillet antérieur.

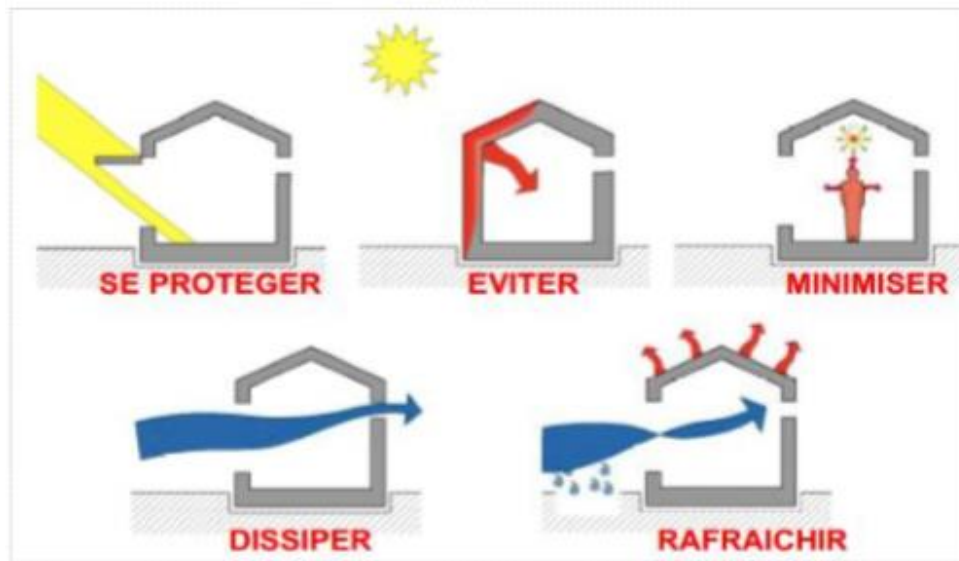


Figure 31: Stratégie du froid-été

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

## II.6.2 Dispositifs d'architecture solaire passive :

L'utilisation de l'énergie solaire passive dans l'habitat elle prend plusieurs formes, on a différents dispositifs liés à la conception d'une architecture solaire passive.<sup>59</sup>

- **L'apport solaire** est la partie du bilan thermique d'un bâtiment correspondant aux gains solaires directe (vitrage, façades vitrées).
- **Un mur capteur ou accumulateur thermique** est un mur construit dans un matériau apte à recevoir et à stocker la chaleur (ou le froid) qu'il peut ensuite restituer en se comportant comme une source de chaleur (ou de fraîcheur).
- **Un mur Trombe** est un mur capteur-accumulateur qui comporte des orifices dans ses parties basse et haute. Le phénomène de thermo-circulation (ascendance de l'air entre la vitre et le mur) se produit sous l'effet de l'absorption solaire; une boucle convective s'établit naturellement avec transfert de chaleur vers l'intérieur grâce à un mouvement permanent de l'air.
- **Un brise-soleil** est un dispositif construit en avant des baies vitrées d'une façade pour les protéger du soleil en été.

<sup>59</sup> [Outilssolaires.com/glossaire/systemes-solaires/architecture-solaire-passive+a193.html](http://Outilssolaires.com/glossaire/systemes-solaires/architecture-solaire-passive+a193.html).



- **Un atrium** est une cour communiquant avec des pièces à l'intérieur d'un bâtiment. Les atriums dans l'architecture contemporaine sont généralement couverts, créant un microclimat non chauffé. L'atrium de l'habitation romaine, généralement entourée d'un portique couvert, avait un bassin central ou citerne pour collecter l'eau de pluie.
- **Une véranda** est un espace vitré non-chauffé accolé à une maison ou encastré dans la surface habitable. Elle permet un accroissement des apports solaires pour réduire les besoins de chauffage et une augmentation de la surface habitable pour les activités temporaires (suivant les saisons).
- **Façades double peau** comme alternative à l'isolation opaque, intéressant aussi en réhabilitation.

#### **II.6.2.1 Le Chauffage solaire passif :**

L'architecture solaire passive se distingue par la performance de l'enveloppe et le soin mis à tirer parti des gains solaires directs pour raccourcir la saison de chauffage.

L'enveloppe d'un bâtiment est l'élément de construction qui sépare le volume chauffé de l'environnement extérieur. Sa fonction première est de protéger ses occupants contre les agressions extérieures (climatiques et sonores). Mais sa performance se mesure, d'une part, par sa capacité à gérer les apports passifs internes et externes, et d'autre part, par son niveau de confort ressenti par ses utilisateurs. La sensation de confort se traduit souvent par des critères thermiques, acoustiques, optiques et sanitaires.

#### **II.6.2.2 L'utilisation de la Masse thermique dans les bâtiments:**

L'image la plus simple pour comprendre la notion de masse thermique est une pierre autour d'un rond de feu. La pierre demeure chaude longtemps après la fin du feu car sa haute densité lui confère la capacité d'absorber beaucoup d'énergie et de l'émettre lentement par la suite. Cette propriété, qu'on appelle l'inertie thermique, crée un déphasage (décalage dans le temps) entre l'absorption de l'énergie et sa restitution. Parmi les matières à forte inertie thermique on retrouve principalement: la pierre, l'argile (sous forme de briques, de céramique ou de terre compactée), le béton,

le verre sous forme de bloc épais et l'eau. Les bois francs ont aussi une assez bonne inertie thermique.

La masse thermique permet de réduire la surchauffe occasionnée par le soleil. Une bonne utilisation de la masse thermique permet aussi de maximiser l'utilisation de l'énergie solaire thermique.

On peut emmagasiner les calories solaires dans les éléments de construction, de pierres ou de béton. Le stockage solaire thermique permet aussi de réduire la puissance des équipements de chauffage traditionnels. Ceci permet d'économiser sur le coût des équipements et sur leur efficacité énergétique.<sup>60</sup>

Le matériau	KJ/m <sup>3</sup> °C	C Le matériau	KJ/m <sup>3</sup> °C
<b>Argile Sèche</b>	1535	Pierres haute densité, granite, ardoise	2025
<b>Béton</b>	1840	Pierres moyenne densité, calcaire	1650
<b>Bois dur</b>	720	Sable sec	1200
<b>Brique d'argile</b>	1535	Sol humide	2000
<b>céramique</b>	1610	Sol sec	1250
<b>Eau</b>	4190	Stuc de ciment	1550
<b>Plaque de plâtre</b>	865	Verre	2100

Tableau 7: Stockage d'énergie des matériaux par volume (KJ/m<sup>3</sup>°C)

L'absorption de l'énergie et son stockage dans une masse thermique peut se faire de trois façons : par le rayonnement direct, par le contact de l'air ou par conduction (par exemple lorsqu'un conduit d'eau chaude circule dans la masse thermique), L'absorption du rayonnement direct se produit lorsque le rayonnement solaire ou de tout autre chauffage radiant frappe la surface d'un matériau. La couleur et la texture du matériau aura alors une forte incidence sur l'absorption d'énergie : les surfaces foncées, mates et granuleuses sont les plus efficaces pour absorber la chaleur. Cette forme d'absorption est nettement la plus rapide et la plus efficace pour réduire la surchauffe. En architecture solaire passive, on l'utilise par le biais de murs

<sup>60</sup> <http://www.guideperrier.com/article1428/Comment-utiliser-la-masse-thermique-dans-les-maisons>

épais en pierres, de dalles de plancher en béton, de réservoirs d'eau et de planchers de céramiques ou de bois francs qui couvrent de grandes surfaces ensoleillées. En général, elle vise à restituer l'énergie dans les deux à quatre heures suivant la perte de soleil.

Couleur du matériau	Absorption du rayonnement direct (%)
<b>Noire</b>	90-95
<b>Gris foncé</b>	85-90
<b>Bleu foncé</b>	80-85
<b>Vert olive foncé</b>	80-85
<b>Rouge foncé</b>	70-75
<b>Vert moyen ou orange moyen</b>	55-65
<b>Jaune pâle ou rose pâle</b>	20-25
<b>Blancs</b>	15-20

Tableau 8: Absorption du rayonnement solaire en fonction des couleurs

#### II.6.2.4 L'importance du vitrage dans les procédés solaire passifs:

La nature du vitrage influence fortement les performances thermiques. Celles-ci sont évaluées au moyen du coefficient de déperdition surfacique  $U$ , qui doit être le plus bas possible. Le tableau suivant présente les valeurs moyennes de coefficient  $U$  de chaque type de vitrage.

Le type de vitrage	$U(K)W/m. °C$
<b>Simple vitrage</b>	5.7
<b>Double vitrage simple</b>	3
<b>Double vitrage argon de base</b>	1.5
<b>Double vitrage argon haute qualité</b>	1.2
<b>Triple vitrage argon haute qualité</b>	0.5

Tableau 9: les performances thermiques des différents types de vitrage

### **II.6.2.5 L'orientation d'une paroi vitrée :**

La performance énergétique d'une fenêtre est largement déterminée par son orientation (nord, sud, est, ouest). De l'orientation résulte l'intensité de l'apport solaire et aussi son exposition à la pluie et au vent.

Au nord, les fenêtres ont un bilan énergétique faible, tout comme celles situées à l'est et à l'ouest. Pour ces orientations, les fenêtres doivent être utilisées uniquement à des fins d'éclairage et non de chauffage dans le cadre d'apports solaires passifs. Les baies vitrées doivent donc être orientées du sud-est au sud-ouest, le bilan énergétique de ces fenêtres étant toujours positif. L'échange de chaleur par rayonnement entre deux milieux présentant des températures différentes est proportionnel à l'émissivité des surfaces. Lorsqu'une vitre présente une surface peu émissive, elle échange moins de chaleur avec l'extérieur. D'une façon générale, il faut privilégier une orientation au sud et utiliser des doubles vitrages, peu émissifs si possible.<sup>61</sup>

### **II.6.2.6 Climatisation passive:**

#### **II.6.2.7 L'Atrium:**

L'atrium était, chez les étrusques et dans Rome antique, la pièce centrale de la maison familiale. C'est la partie de la maison ouverte aux hôtes, aux clients et aux visiteurs. L'atrium, c'est un espace convivial, nœud de communication au sein du bâtiment. Galeries, halls d'hôtel, centres commerciaux ou lieu d'exposition, les atriums permettent d'apporter l'agrément des conditions extérieures (lumière naturelle, végétation) sans leurs désavantages. Ils ménagent l'utilisateur au niveau sensoriel (température contrôlée, bruit modéré, effet de vent nul). En raison de ses dimensions et particularités, l'atrium est l'espace-référence de la composition architecturale autour duquel s'articulent les autres parties du bâtiment.<sup>62</sup>

---

<sup>61</sup> Document PDF: guide éco construction.

<sup>62</sup> [http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10330/conception d'un atrium.](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10330/conception_d'un_atrium)

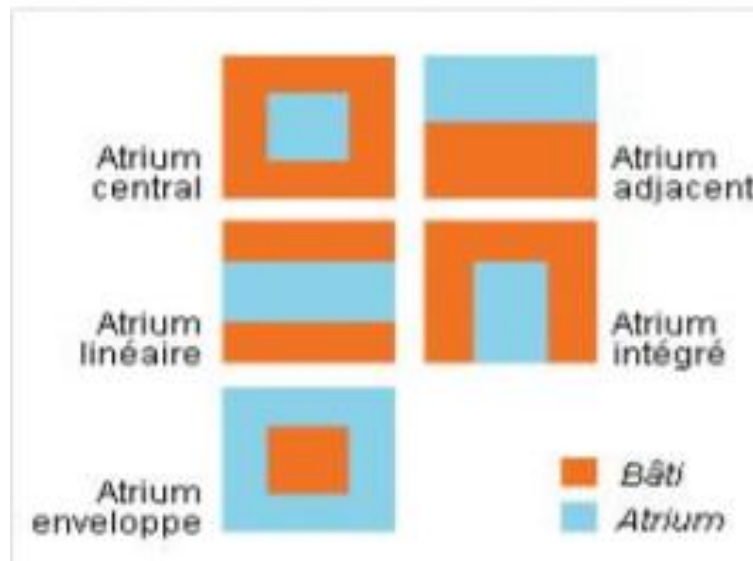


Figure 32: Les configurations d'atrium énergétique

#### II.6.2.7.a) La fonction de l'atrium :

**En hiver:** l'air de l'atrium est sensiblement plus chaud que l'air extérieur. Si la prise d'air est réalisée dans l'atrium, un préchauffage de l'air neuf hygiénique des locaux est réalisé. En quelque sorte, c'est la chaleur du bâtiment lui-même qui est recyclée. L'intérêt est renforcé en période ensoleillée puisque tout l'atrium sert alors de capteur solaire. Une économie d'énergie importante a lieu sur le préchauffage de l'air neuf.

**En été:** on peut tirer profit de l'effet de cheminée afin de créer un mouvement d'air traversant, de l'extérieur vers l'atrium. Lorsqu'il fait très chaud cette thermo-circulation peut être maintenue de nuit afin de refroidir les structures comprises dans l'atrium. Une ventilation efficace pourra s'établir à condition de disposer d'ouvrants au niveau du sol et de la toiture (afin de tirer profit de l'effet de cheminée).

- La partie ouvrante du toit représentera de 6 à 10 % de la surface du toit. Pour des atriums de grande taille, on adoptera des systèmes automatiques d'ouverture et de fermeture des ouvrants.

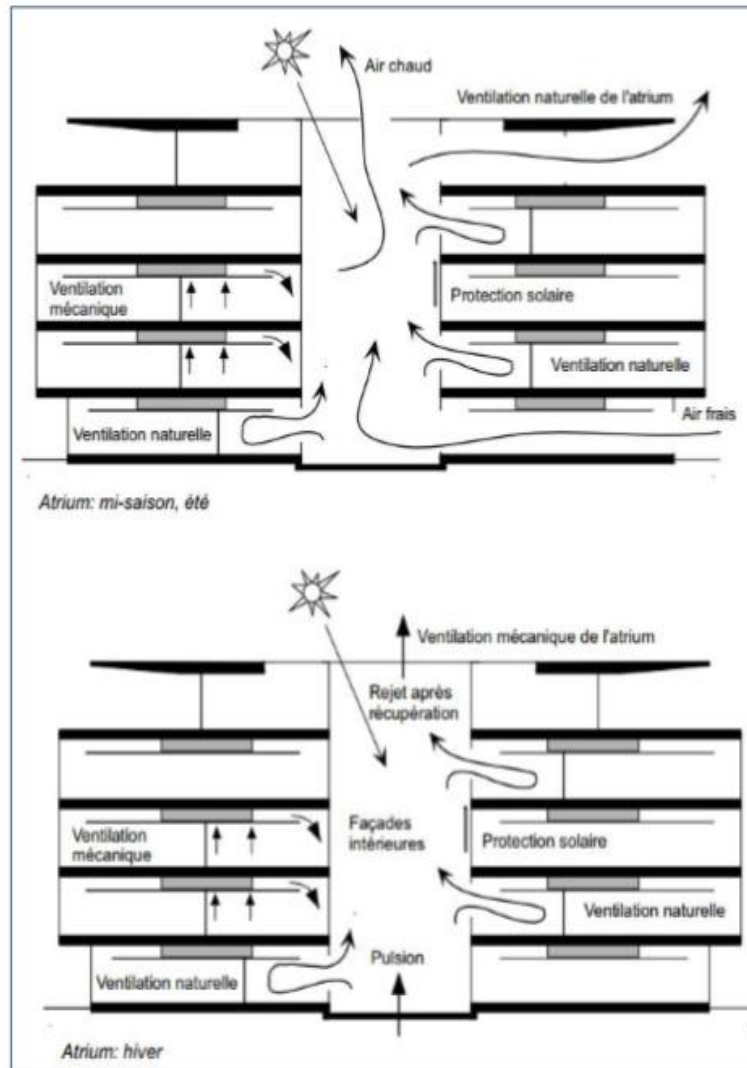


Figure 33: La fonction d'un atrium-EPFL Bâtiment BC-Climat & Concept énergétique

### II.7.1 L'énergie solaire active:

Les systèmes de chauffage solaire actif emploient des capteurs solaires et une source d'électricité supplémentaire pour actionner des pompes ou des ventilateurs qui distribuent l'énergie solaire. L'élément central du capteur est un absorbeur foncé qui convertit l'énergie solaire en chaleur (UV en Infrarouge), Celle-ci est acheminée vers un autre endroit, où elle sera utilisée immédiatement ou stockée en vue d'un usage ultérieur. Le transfert de la chaleur s'effectue au moyen d'un fluide caloporteur, qui est de l'eau, de l'antigel ou de l'air.<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Projet Serre solaire active et passive, PDF, Par Pierre Amet Président APPER France.

### II.7.1.1 Les systèmes solaires actifs :

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.<sup>64</sup>

### II.7.1.2 Système solaire thermique :

Un système solaire thermique exploite le rayonnement du soleil afin de le transformer directement en chaleur (énergie calorifique). Les systèmes thermiques actifs utilisent la chaleur du rayonnement solaire pour préchauffer l'air ou chauffer l'eau. L'air est utilisé pour le chauffage des espaces intérieurs et permet ainsi de réduire la consommation énergétique des systèmes de ventilation de l'édifice. L'eau est quant à elle utilisée pour le chauffage de l'eau chaude domestique.<sup>65</sup>

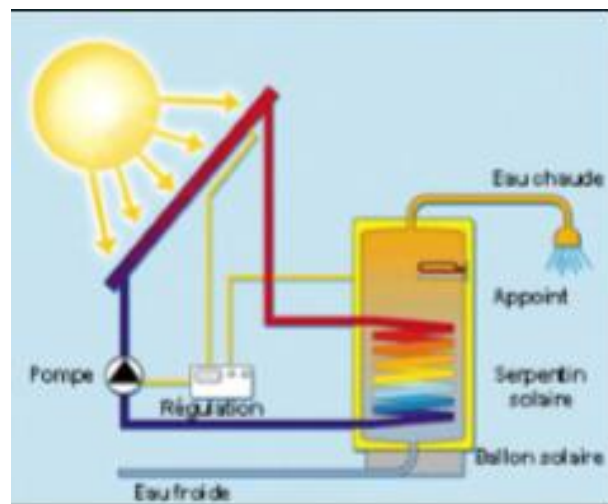


Figure 34: Schéma du système solaire thermique.

### II.7.1.3 Principe de fonctionnement :

Un système solaire thermique actif est « un dispositif destiné à intercepter le rayonnement solaire en vue de sa conversion thermique et à transmettre la chaleur ainsi produite à un fluide caloporteur ».

<sup>64</sup> GROBE (Carsten) : Construire une maison passive, Conception, Physique de la Construction, Détails de construction, Rentabilité. L'inédite. 2008. P148

<sup>65</sup> Guide pédagogique sur les énergies renouvelables

Pour un système solaire de production d'eau chaude, le système est composé du capteur, d'un échangeur de chaleur, d'un ballon de stockage, de tuyauteries et de pompes.

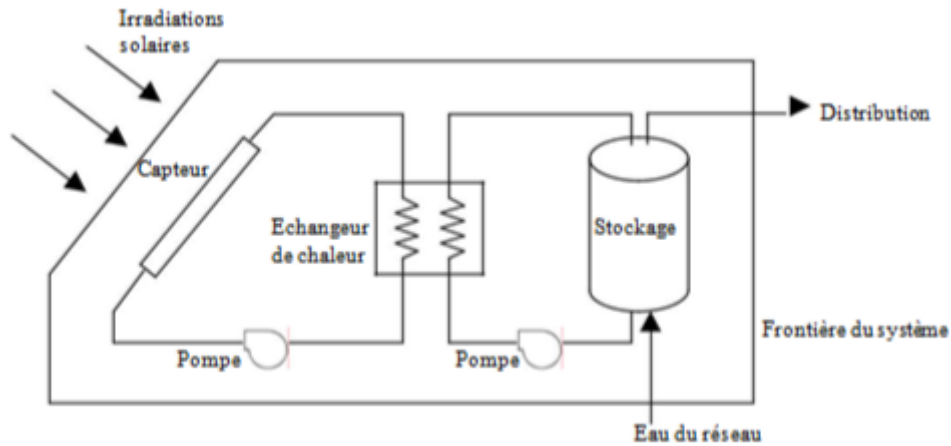


Figure 35: Schéma représentant les composants de la production d'eau chaude sanitaire.

Les composants, processus et effets qui font partie du système sont désagrégés en sous-systèmes et en interactions entre ces sous-systèmes. Les sous-systèmes sont définis par les entrées, les sorties, les caractéristiques du modèle et les contrôles. Par exemple, le ballon de stockage peut être considéré comme un sous-système défini par sa forme, sa dimension, et les débits entrants et sortants. L'interaction entre ces composants, en réponse aux variations climatiques et des besoins en énergie, déterminent la quantité d'énergie utile qui sera livrée par le système.<sup>66</sup>

Du point de vue fonctionnel, le système solaire actif pourra être représenté de la façon suivante :

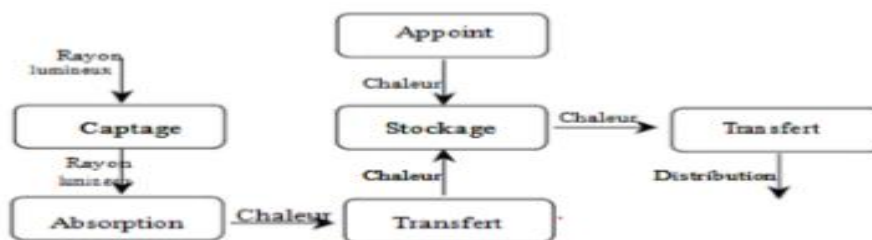


Figure 36: Schéma représentant le circuit de fonctionnement du système solaire thermique

<sup>66</sup> Talal, S., (2007). « Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie ». Thèse de doctorat. L'Institut National des Sciences Appliquées. Lyon.



On distingue deux types de technologies permettant d'exploiter l'énergie solaire thermique :

#### **II.7.1.3.1 La technologie solaire thermique à basse température :**

La technologie solaire «active» : traditionnellement, ce terme désigne les applications à basse et moyenne température. Les rayons du soleil, piégés par des capteurs thermiques vitrés, transmettent leur énergie (énergie solaire) à des absorbeurs métalliques - lesquels réchauffent un réseau de tuyaux de cuivre où circule un fluide caloporteur. Cet échangeur chauffe à son tour l'eau stockée dans un cumulus. Un chauffe-eau solaire produit de l'eau chaude sanitaire ou du chauffage généralement diffusé par un «plancher solaire direct".

#### **II.7.1.3.2 La technologie solaire thermique haute température :**

La technologie solaire concentrée ou « thermodynamique » : ce procédé fournit de la chaleur haute température (de 250 à 1 000°C) par concentration du rayonnement solaire. Ce pouvoir calorifique est utilisé pour actionner des turbines à gaz ou à vapeur afin de produire de l'électricité.

### **II.7.2 Types de capteurs solaires thermiques :**

Il existe différents types de capteurs solaires thermiques. Leur choix de mise en application dépend du type d'utilisation, de la nature de l'élément caloporteur utilisé et du niveau de température qu'ils permettent d'atteindre. On distingue généralement les capteurs à air et des capteurs à eau :

#### **II.7.2.1 Les capteurs à air :**

Permettent, par l'apport d'air réchauffé, d'augmenter la température de l'air ambiant interne de quelques degrés. D'un fonctionnement simple, ils sont pourtant peu employés.

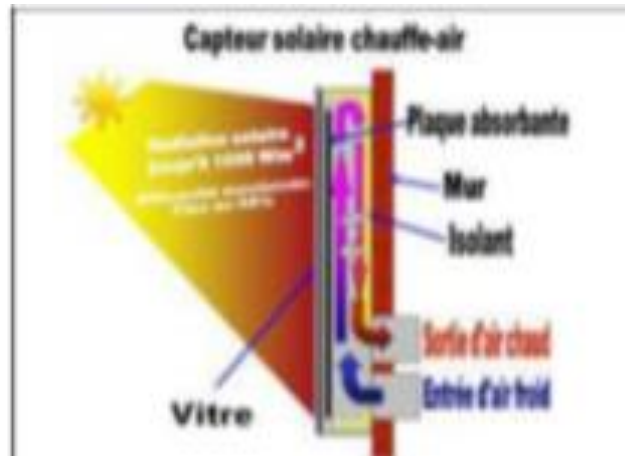


Figure 37: Schéma représentant le fonctionnement du capteur solaire à air.

### II.7.2.2 Les capteurs à eau :

Fonctionnent à l'aide d'un fluide caloporteur. Ils se répartissent en trois familles :

- Les capteurs plans non vitrés : leur structure est assez simple, puisque composée d'un réseau de tubes plastiques noirs où circule le fluide caloporteur. Ils sont utilisés essentiellement pour le chauffage de l'eau des piscines en été.
- les capteurs plans vitrés : le fluide caloporteur, très souvent de l'eau mélangée à un antigel, passe dans un circuit en serpentin placé derrière une vitre.
- les capteurs à tubes sous vides : le fluide caloporteur circule à l'intérieur d'un double tube sous vide. Le principe est le même que pour les capteurs plans vitrés, l'isolation étant simplement assurée par l'absence de molécules d'air (sous vide).<sup>67</sup>

### II.7.3 Capteur solaires à concertation :

#### II.7.3.1 les concentrateurs paraboliques :

Dans les concentrateurs paraboliques, les rayons du soleil convergent vers un seul point, le foyer d'une parabole.

<sup>67</sup> Zondag, H- A & al., (2003). « The yield of different combined PV-thermal collector designs ». Solar Energy. Vol 74. Pp 253-269.

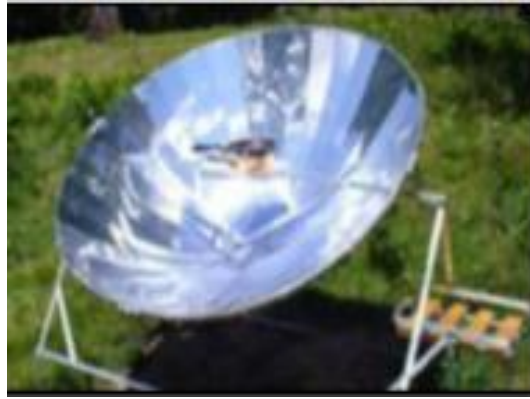


Figure 38: Le concentrateur parabolique.

### II.7.3.2 les centrales à tour :

Dans les centrales à tour, des centaines voire des milliers de miroirs (héliostats) suivent la course du soleil et concentrent son rayonnement sur un récepteur central placé au sommet d'une tour.



Figure 39: Le central à tour.

### II.7.3.3 Les capteurs cylindro-paraboliques :

Les capteurs cylindro-paraboliques concentrent les rayons du soleil vers un tube caloporteur situé au foyer du capteur solaire.



Figure 40 : Les capteurs cylindro-parabolique

## II.7.4 Système solaire photovoltaïque :

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.

Le système 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.

### II.7.4.1 La technologie des capteurs photovoltaïques :

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




	Technologie	Rendement typique	Rendement maximum obtenu (laboratoire)
	Mono-cristallin	16-20%	28%
	Poly-cristallin	12-16%	20%
	Couche mince : Amorphe	6-7%	12.7%

Figure 41: La technologie des capteurs solaires photovoltaïques.

- 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.<sup>68</sup>

-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%.

<sup>68</sup> BENAMRA, M., (2013). « Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale ». Mémoire de magister. UNIV Mohamed KHIDER. BISKRA.

-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-IN".<sup>69</sup>

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

- la dimension, de l'ordre de 0.2 à 2 m<sup>2</sup> (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/m<sup>2</sup> (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.

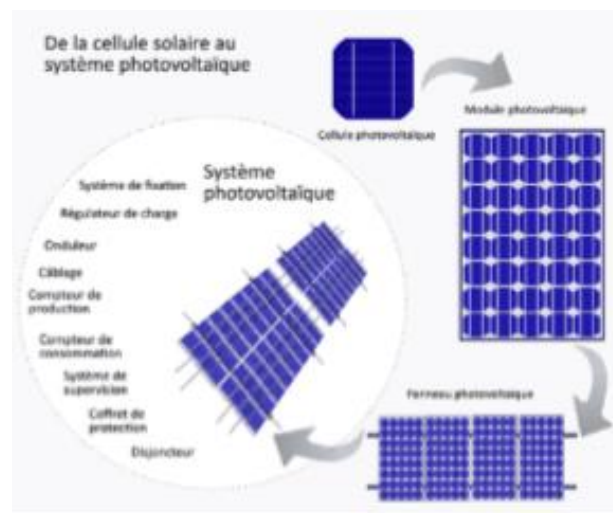


Figure 42: de la cellule solaire au système photovoltaïque.

#### II.7.4.2 L'effet photovoltaïque :

Un système photovoltaïque transforme directement le rayonnement solaire en électricité. Ce processus s'effectue à l'intérieur d'une cellule photoélectrique

<sup>69</sup> Probst, M & al., (2012). UNI-SOLAR;

composée d'un matériau semi-conducteur. Ce dernier absorbe les photons du rayonnement solaire, ce qui libère des électrons qui circulent maintenant dans la matière. À ce jour, l'efficacité des cellules photovoltaïques est d'environ 20 %. Cela signifie que 20 % de l'énergie du soleil absorbée par les cellules est transformée en électricité et 80 % en chaleur qui est dégagée par le système.<sup>70</sup>

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque.

#### **II.7.4.2.1 Le principe de fonctionnement :**

Une installation photovoltaïque est un système de production d'énergie électrique fonctionnant grâce à la lumière naturelle. Le principe physique mis en jeu, l'effet photovoltaïque, repose sur la capacité de certains matériaux à transformer l'énergie lumineuse en énergie électrique. Au sein du système, cette fonction est assurée par les modules ou panneaux photovoltaïques qui, d'un point de vue électrique, sont des générateurs de courant continu. Un ou plusieurs onduleurs, placés en sortie des modules, vont convertir ce courant continu en courant alternatif synchronisé sur la tension du réseau public. Ainsi l'électricité issue de l'installation photovoltaïque pourra être utilisée directement pour n'importe quelle application. Divers composants électriques classiques vont compléter le système qui sera ainsi conforme aux normes électriques et pourra être raccordé au réseau électrique par l'intermédiaire d'un branchement, comprenant entre autres un compteur de l'énergie produite. Un module photovoltaïque est caractérisé par son rendement surfacique exprimé en %, qui est le rapport entre l'énergie lumineuse reçue et l'énergie électrique délivrée. Celui-ci est de l'ordre de 14 % pour la technologie au silicium cristallin la plus largement répandue sur le marché.<sup>71</sup>

---

<sup>70</sup> GAGNON, Sh., (2012). « ÉNERGIE SOLAIRE ET ARCHITECTURE : Les outils numériques et leur utilisation par les architectes pour la conception solaire ». Mémoire de maitre en science. UNIV LAVAL. QUÉBEC, P 39.

<sup>71</sup> L'union sociale pour l'habitat. (2013). « Guide Intégration du photovoltaïque dans une opération de logement social ». P9.

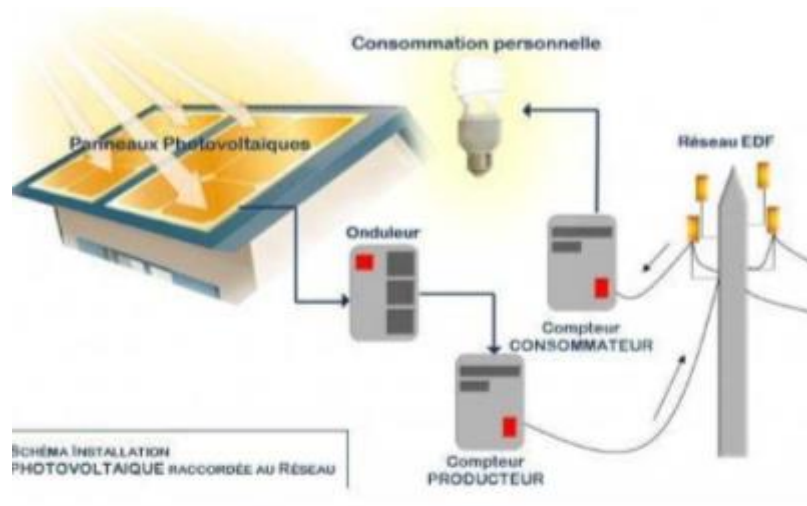


Figure 43: Schéma d'installation photovoltaïque raccordé au réseau.

### II.8.1 La conception de l'architecture solaire :

### II.8.2 La Conception d'un projet architectural solaire:

L'élaboration d'un projet architectural bioclimatique et solaire, est un travail complexe à la fois technique et artistique sensibles. Parallèlement au déploiement de procédures intuitives<sup>72</sup>, elle nécessite le recours à des instruments rigoureux, permettant le traitement des dimensions objectives. C'est dans le développement de cette idée, que s'inscrivent la recherche d'intégration des objets énergétiques et leurs efficacités comme troisième élément architectural dans le projet. La prise en compte des facteurs physiques, d'ambiances dans le projet d'architecture n'est possible que si l'on considère les formes des édifices comme des scènes constituées par l'intégration d'objet et de phénomènes.<sup>73</sup>

### II.8.3 Types de conception des panneaux solaires:

Le concept de l'architecture bioclimatique, ou la conception passive n'est pas l'objet de notre recherche, mais il est préférable de noter que n'en peut pas arriver à concrétiser une bonne intégration des éléments actifs, et calculer leur performance pour le bilan énergétique dans le bâtiment, sans passer par une architecture purement bioclimatique en utilisant tous ses éléments passifs connus. Alors, des modules solaires sont déployés principalement dans et sur des bâtiments. Pour cette raison, des modules solaires devraient être considérés non seulement en tant que composants

<sup>72</sup> Houpert, S., (2003). « Approche inverse pour la résolution de contraintes solaires et individuelles dans le projet architectural et urbain ». Thèse de doctorat. École d'architecture de Nantes.

<sup>73</sup> Mazria, E., (1981). Guide de l'énergie solaire passive. France : Parenthèses.

techniques pour produire de l'électricité, mais comme matériaux de construction souple qui s'harmonise avec le bâtiment et, tout en se conformant aux règlements, peut être intégré dans son enveloppe. Si l'architecture dite solaire a été en majorité en réelle symbiose avec la mouvante géométrie du système solaire<sup>74</sup> et avec les lois de la chaleur sensible, elle n'en pas moins soulevé des problèmes inhérents à l'intégration des techniques solaire et leur rapport au concept global qu'est l'architecture.

Une grande variété de modules standards et spéciaux est préfabriquée, avec les modules standards, les concepteurs peuvent choisir entre de divers types de cellules, tailles et structures, d'armature, selon l'application, il y a également une gamme étendue des modules spéciaux. En distingue actuellement de grandes familles de conception des panneaux solaires aux cadres bâtis :

**Les réalisations surimposition** sur des ouvrages existant, ou on les appelle solutions additifs : des capteurs solaires sont fixés au toit ou sur la façade en utilisant une structure en métal. En conséquence, le système solaire sera un élément structural technique additionnel au bâtiment avec la fonction unique de développer la puissance.

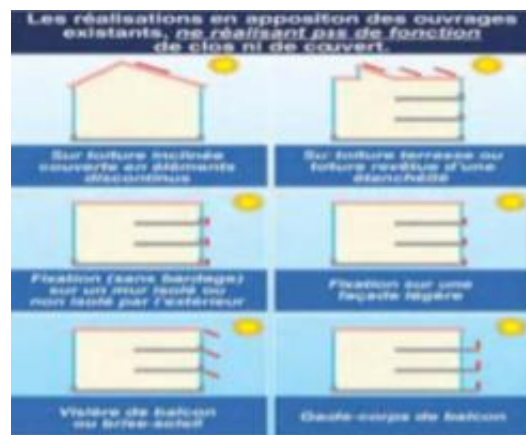


Figure 44: Les réalisations en opposition des ouvrages existants au réseau.

**Les réalisations en intégration**, ou solutions intégratrices : des composants de construction du toit ou de la façade sont remplacés par les composants solaire - ceci est également connu en tant que le solaire intégré au bâtiment-. Le système solaire devient une partie de l'enveloppe du bâtiment et, en plus de la fonction de développer la puissance, remplit des fonctions telles que la protection contre les intempéries, l'isolation thermique, l'isolation de bruit (phonique), l'ombrage du soleil et la sécurité.

<sup>74</sup> Mazouz, S., (2004). Éléments de conception Architecturale. Alger : OPU.



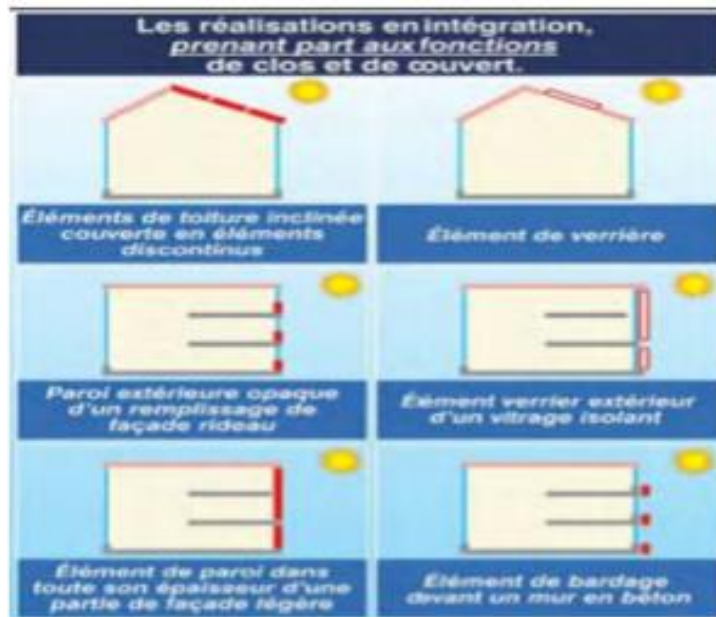


Figure 45: Les réalisations en intégration des nouveaux ouvrages

### II.8.3.1 Démarche d'intégration:

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

- Minimiser l'impact Visual des capteurs dans leur environnement proche et lointain.
- Adapter la forme, la proportion et la position des champs de capteur à la physionomie générale du bâtiment.
- Privilégier le capteur double fonction: Fonction couverture, brise soleil, allège, garde-corps, fenêtre, verrière, bardage, mur-rideau...
- Marier performance et intégration: Une bonne intégration architecturale ne nuit pas aux performances globales du système.
- Choisir le matériel adapté: Le marché du solaire s'est développé ces dernières années, après la standardisation du matériel, on commence à proposer des types et accessoires facilitant l'intégration du solaire dans le bâtiment, et offrant ainsi de diverses solutions pour l'usage recherché.<sup>75</sup>

<sup>75</sup> BENAMRA, M., (2013). « Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale ». Mémoire de magister. UNIV Mohamed KHIDER. BISKRA.

### **II.8.3.2 Intégration des capteurs solaire dans le bâtiment :**

L'harmonie architecturale est un élément important de la réussite de l'intégration des éléments solaires dans la construction. Le problème d'intégration du système solaire dans la construction repose surtout sur l'intégration des capteurs dans le bâtiment car ce composant du système est le plus visible et indique aux observateurs que le bâtiment est solarisé.

La tendance actuelle d'intégration des capteurs solaires ainsi que d'autres éléments du système solaire tend à les inclure dès la phase de conception des bâtiments. Ces éléments doivent donc être considérés comme des composants du bâtiment au même titre qu'un mur ou une toiture. À ce titre, l'architecte ou le concepteur se doit de l'intégrer dans l'ordonnancement d'une façade, d'une toiture ou d'un volume, en veillant conserver ses spécificités formelles et fonctionnelles : éléments vitrés de quelques mètres carrés, de couleur noire, orientés au sud dans une zone dégagée de toute ombre.

#### **II.8.3.2.1 Les capteurs en toiture inclinée :**

Capteur suivant la pente de la toiture :

- Pente faible favorise les gains entre Mars et Octobre. Solution idéale pour le photovoltaïque.
- Pente forte optimise les gains énergétiques durant toute l'année. Solution idéale pour le chauffage.
- Capteurs en couverture de porche ou véranda. Une intégration naturelle dans le volume d'un élément architectural. Afin de réussir une intégration, on veille à respecter quelques bases :
  - ✓ Aligner le champ de capteurs avec les éléments constitutifs du bâtiment (baies vitrées, arches, etc..).
  - ✓ Privilégier une incorporation des capteurs dans la toiture.
  - ✓ Intégrer soigneusement les passages des câbles ou tuyauteries.

Pour une construction neuve, si on a besoin de grandes surfaces de capteurs pour chauffage, eau chaude collective ou photovoltaïque, il est possible d'adapter le plus possible la taille du champ de capteurs pour couvrir l'intégralité d'un plan de toiture. Si la surface de la toiture dépasse celle des capteurs, on pourrait compléter la

différence restante par l'ajout d'un bac en acier, d'un complexe d'étanchéité, d'un vitrage sans absorbeur, dans l'objectif d'éviter un contraste trop marqué entre une grande surface vitrée foncée et une petite surface de tuiles.

Pour une construction existante, on suggère de ne pas surélever le capteur par rapport à la pente de la toiture, ou sur la terrasse, mais essayer de trouver une alternative (intégration en façade, au sol, etc.) sur le corps d'un bâtiment pour minimiser l'impact visuel.<sup>76</sup>



Figure 46 : Intégration des capteurs en toiture incliné.

Source : systemed.fr

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilité de pose si la toiture est facilement accessible</li> <li>• Permet une certaine ventilation des modules par l'arrière (laisser 5 à 10 cm entre le toit et les panneaux)</li> <li>• Meilleure densité de puissance par m<sup>2</sup> de toiture comparé avec les modules souples</li> <li>• Impact de la charge de vent moins important</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulté de pose si la toiture est difficile d'accès ou dangereuse</li> <li>• Productivité fortement dépendante de l'orientation et de l'inclinaison de la toiture</li> <li>• Intégration esthétique limitée</li> <li>• Maintenance compliquée</li> </ul>

<sup>76</sup> BENAMRA, M., (2013). « Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale ». Mémoire de magister. UNIV Mohamed KHIDER. BISKRA.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantité de matériaux nécessaires à la pose limitée</li> <li>• Bonne visibilité (aspect marketing)</li> </ul>	
--	--

Tableau 10: Avantages et inconvénients de la surimposition de modules sur toiture inclinée

Source : Auteur

### II.8.3.2.2 Les capteurs en toiture terrasse :

Solution consistant à fixer des capteurs solaires au-dessus d'un toit terrasse par l'intermédiaire d'un bac lesté ou d'un châssis support permettant d'orienter et d'incliner les modules selon les contraintes du projet.



Figure 47: Intégration des capteurs en toiture terrasse.

Source : batirama.com

Ces toitures sont des emplacements privilégiés pour capter l'énergie solaire, cependant la plupart de ces toits sont pourvus d'une étanchéité multicouche très délicate

Avec ce type de toiture il est nécessaire de poser des structures dont la stabilité est assurée par leur propre poids. Ces structures sont en général fixes mais adaptées à l'angle de captage optimum. Une structure secondaire légère est composée de profilés rigides qui permettent d'adapter l'angle de captage au moment du montage.<sup>77</sup>

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégration architecturale parfaite</li> <li>• Économies en matériau de toiture (tuiles, ardoises)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilation des modules limitée</li> <li>• Travaux d'installation compliqués</li> <li>• Maintenance compliquée</li> </ul>

<sup>77</sup> RECAUT, A., (2011). « Système photovoltaïque ». Ecole polytechnique Savoie. P152

	Ventilation des panneaux difficile <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût élevé</li> </ul>
--	---

Tableau 11: Avantages et inconvénients de l'intégration des panneaux en toiture

### II.8.3.2.3 Les capteurs en façades :

Un capteur solaire intégré en façade sert non seulement comme capteur, mais également en tant qu'isolation thermique et d'élément formel de la façade. Ces capteurs intégrés offrent une irradiation solaire répartie d'une façon plutôt stable au cours de toute l'année. Le fait que les capteurs inclinés puissent être couverts de neige en hiver.

Les bâtiments à façades en verre, sont réfléchissants vus de l'extérieur et légèrement opaques vus de l'intérieur. Il est donc intéressant de réaliser, pour un tel bâtiment, une façade de capteurs qui laisserait passer suffisamment de lumière et fournirait l'énergie nécessaire à l'électricité, à l'eau chaude sanitaire, au chauffage et à la climatisation des locaux.<sup>78</sup>

Ce genre de façade à capteurs solaires utilise les mêmes systèmes de fixation que les façades plaquées conventionnelles. Le plus souvent des rails verticaux sont fixés au gros œuvre, à une certaine distance pour tenir compte de l'isolation thermique et de la ventilation. Les brides de fixation doivent permettre un alignement très précis des rails et les déplacements longitudinaux dus à la dilatation. Les éléments de fixation des panneaux solaires sur les rails doivent également assurer un bon alignement et un léger jeu vertical. En outre, le montage, le câblage et le remplacement éventuel d'un seul module doivent être possibles.<sup>79</sup>

En façade, on profite des décrochements pour que les capteurs prennent place naturellement, les allèges, gardes corps ou véranda, nous offrant ainsi plus d'alternatives d'intégration. Le capteur impose sa présence comme élément structurant de la façade et devient une partie de l'architecture.

<sup>78</sup> Talal, S., (2007). « Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie ». Thèse de doctorat. L'Institut National des Sciences Appliquées. Lyon.

<sup>79</sup> RECAUT, A., (2011). « Système photovoltaïque ». Ecole polytechnique Savoie. P152.

#### II.8.3.2.4 Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires passifs et actifs

##### ✓ 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<sup>80</sup>.



Figure 48: Habitation Imagine Rommen, Norvège

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

##### ✓ 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 49: Laboratoire d'énergie Xelios, Italie

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

<sup>80</sup> Emilie. B 'conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception'. Mémoire.

- **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 50: 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.

### **Conclusion :**

À travers ce chapitre on peut conclure qu'il est nécessaire d'intégrer les panneaux solaires en amont dans la phase conception. Plusieurs solutions peuvent être envisagées avec différents dispositifs. Ainsi que cette source peut générer les deux types de besoins énergétiques: la chaleur à travers le système thermique et l'électricité par le système photovoltaïque.

Au final, on a vu que ce choix doit être accompagné par une démarche passive pour assurer un meilleur rendement énergétique.

**III. La Simulation  
comme outil  
d'évaluation  
énergétique : Application**



## **Introduction :**

Il existe un nombre important de logiciels dédiés à la simulation énergétique. Les logiciels existants diffèrent entre eux par les algorithmes qu'ils utilisent, par leur interface utilisateur et finalement par leurs vocations et leurs domaines d'application.

Ce chapitre consiste à évaluer le bilan énergétique d'une partie de mon projet, en utilisant une méthode numérique, soit le logiciel ArchiWIZARD, et déterminer ainsi les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation.

## **III.1 La simulation numérique :**

### **III.1.1 Définition:**

Définition selon *Dictionnaire Universel Francophone Hachette* :

- Reproduction expérimentale des conditions réelles dans lesquelles devra se produire une opération complexe.
- Modèle de simulation ou, par abrégé., 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.

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 optimale.

### **III.1.2 Objectifs de la simulation :**

- Un ensemble de simulations peuvent être réalisées pour obtenir des résultats des indicateurs de performance. Une fois ces résultats obtenus, nous cherchons à les analyser et ensuite les présenter sous forme de graphes qui permettent de décrire le comportement du bloc en fonction de quelques paramètres de la conception du bloc.
- Les graphes sont des fonctions qui relient une caractéristique de la conception du bloc à sa réponse comportementale comme la consommation d'énergie ou le confort thermique...etc.
- Dans cette étude, l'objectif principal des simulations est l'obtention des résultats des indicateurs de performance du bloc à travers des tableaux et des graphes qui décrivent les comportements.

- Dans cette optique, nous devons réaliser les simulations de telle façon que les résultats puissent être utiles pour cette fin. L'approche possible pour atteindre ces objectifs est de faire les simulations grâce à une étude paramétrique sur le modèle virtuel du bloc représentatif de la typologie choisie.

### **III.1.3 Types de simulation :**

La simulation est la reproduction artificielle - informatique essentiellement d'un comportement réel. On suppose que cette image de la réalité se comporte « de la même manière » que le phénomène à étudier. C'est le cas pour les simulations basées sur les modèles physiques.

#### **III.1.3.1 La simulation analogique :**

Simulation digitale La simulation peut être une expérimentation à échelle réduite qui permet l'extrapolation à l'échelle réelle. On peut observer cette approche dans les tunnels de vent par exemple. Par ailleurs on fait des expérimentations sur des systèmes plus simples, mais dans lesquels il existe une analogie des lois physiques. Les ordinateurs analogues en sont un exemple. Parfois cette approche est appelée une simulation analogique. Aujourd'hui on a le plus souvent recours à la puissance de calcul des ordinateurs, la simulation digitale. L'ordinateur est un outil qui permet un large éventail d'approches très différentes pour mener des calculs.

Temps discret — événements discrets Les systèmes thermiques sont en général des systèmes dynamiques, une simulation du régime permanent est insuffisante. La dynamique des phénomènes thermiques au sein d'un système est souvent continue. Deux types d'approches existent pour prendre en compte cette dynamique : simulation par temps discret et simulation par événements discrets.

Dans le premier cas la simulation passe par une discrétisation du temps. L'horloge des modèles « avance en segments discrets en passant d'une valeur à la prochaine avec un pas de temps spécifié ». Dans ce cas, la simulation consiste à calculer l'état du système à chaque pas de temps. Un changement d'état du système est déterminé aux intervalles définis.

### **III.1.3.2 La simulation par événements discrets :**

Utilise un temps continu. La simulation n'est pas avancée par des pas de temps, mais plutôt par une liste d'événements à venir. Cette liste « contient des instants d'horloge auxquels on assigne aux composants un nouvel état déterminé d'une manière interne ». L'avantage d'une simulation par événements discrets est une souplesse qui évite la perte de précision d'un pas de temps trop long et la lourdeur d'un pas de temps trop fin. Les inconvénients d'une simulation par temps discret sont surmontés aujourd'hui par des pas de temps variables, gérés pour diminuer l'erreur de calcul. La simulation par événement discret est basée sur deux conditions qui ne sont que rarement vraies pour des systèmes thermiques continus:

1) l'apparition d'un événement peut être déduite à partir de l'apparition d'autres événements.

2) Si l'apparition d'un événement ne peut pas être prévue, les composants ne changent pas d'état, sauf si ce changement d'état est déclenché par le changement d'état d'un composant qui a été programmé. Dans ces conditions, une simulation a lieu avec des pas de temps irréguliers et l'horloge est avancée irrégulièrement à l'instant du prochain événement. Habituellement, on installe un gestionnaire d'événements qui envoie des signaux aux modules concernés.

Dans presque toutes les applications modernes on trouve des dispositifs de régulation qui, quant à eux, se laissent très bien décrire par une représentation aux états discrets. Une simulation générale de systèmes thermiques devrait permettre un mode mixte. Dans le cadre du présent travail nous nous intéressons à une simulation déterministe, continue et dynamique, par temps discrétisé.

### **III.1.4 Méthode de simulation :**

#### **III.1.4.1 Méthode de simulation 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

- **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

- **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.

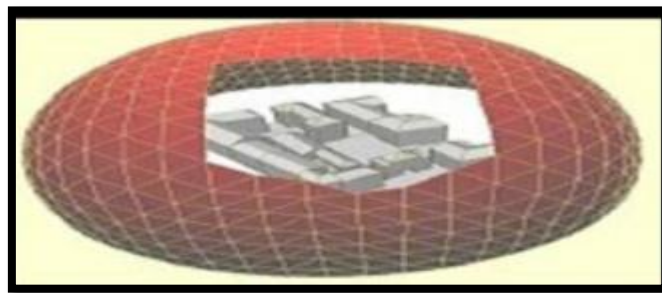


Figure 51: logiciel de calcul d'ombrage

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

- **Eclairage naturel / artificiel :**

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

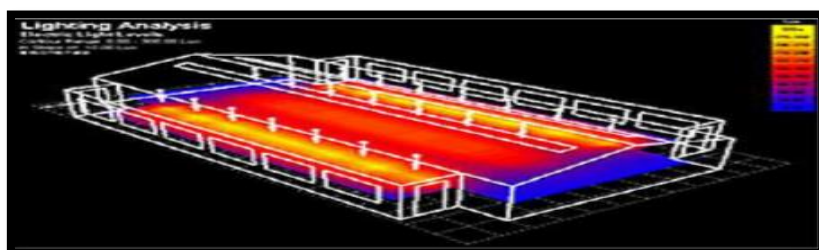


Figure 52: logiciel ECOTECT de simulation d'éclairage naturel.

Source : <http://www.squ1.com>.

### **III.1.3.3 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 Simulation à l'aide du logiciel ArchiWIZARD:**

ArchiWIZARD est un logiciel de simulation thermique et énergétique 3D en temps réel, sur la maquette numérique (BIM), en connexion directe avec les CAO architecturales sur MAC ou PC<sup>81</sup>.

#### **III.2.1 Avantages du logiciel :**

- Le logiciel pour l'optimisation et la validation réglementaire de la performance énergétique et environnementale du bâtiment dès l'esquisse et jusqu'à l'achèvement des travaux, en neuf comme en rénovation, en connexion directe avec la maquette numérique BIM.
- Permet d'intégrer toutes les caractéristiques d'un bâtiment et de son équipement (les systèmes de chauffage et la climatisation), pour l'étude détaillée du comportement thermique du bâtiment, en fonction de son emplacement, des matériaux de construction utilisés, de l'architecture globale, du concept énergétique choisi, etc.
- Automatisation du calcul de la performance de l'enveloppe
- Aide à la conception bioclimatique et simulation énergétique en temps réel<sup>82</sup>.

#### **III.2.2 Limites du logiciel ArchiWIZARD :**

Archiwizard n'est pas parfaite et présente plusieurs inconvénients de par son mode de fonctionnement. Il ne lit pas vraiment les informations de la maquette, mais

---

<sup>81</sup> [www.graitec.com](http://www.graitec.com)

<sup>82</sup> [www.graitec.com](http://www.graitec.com)

les interprète en reconstruisant la volumétrie du projet avec un système de lancer de rayons<sup>83</sup>.

### III.3 Le Cas d'étude : présentation, données et démarche

La simulation a été faite sur une partie d'un projet touristique (centre aquatique de loisir et de sport).

La partie choisie c'est un bloc de R+1.

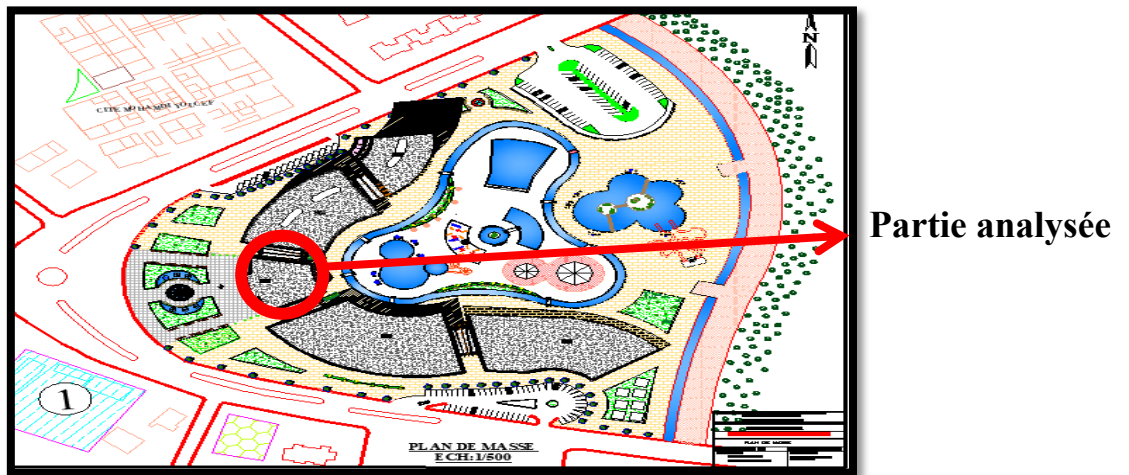


Figure 53: Plan de masse

#### III.3.1 Données et matériel utilisés :

##### 1. Les données climatiques : Ville de Guelma

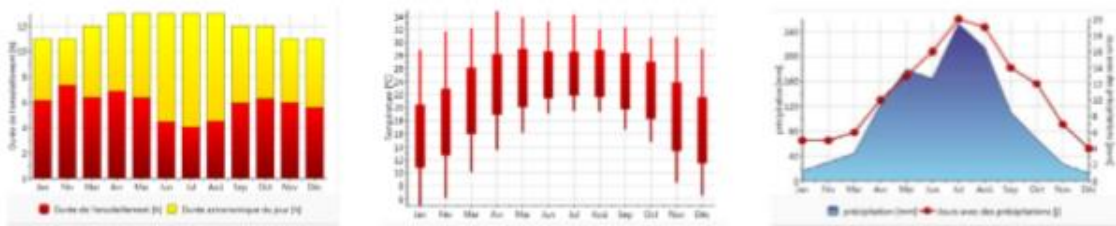


Figure 54 Figure : Donnée climatique de Guelma. A-Ensoleillement ; B- Température ; C- Précipitations.

##### 2. Les données de projet :

La partie choisie c'est un bloc de R+1 réservé à la réception et les bureaux d'administration.

<sup>83</sup> www.graitec.com

- **Plans :** pour définir :
  - La situation de bloc
  - La surface

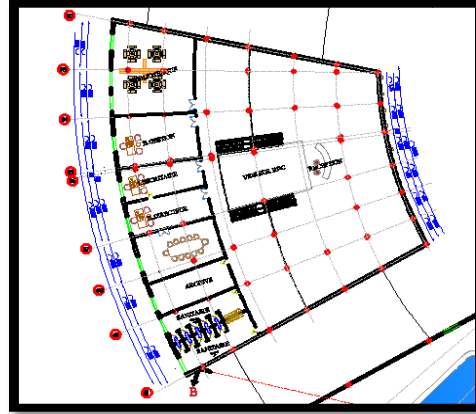
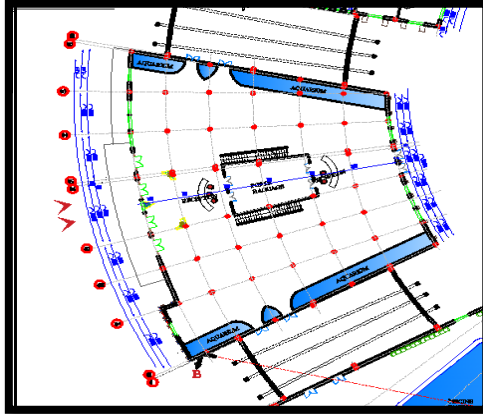


Figure 55: Plan RDC la partie étudiée    Figure 56: Plan R+1 la partie étudiée

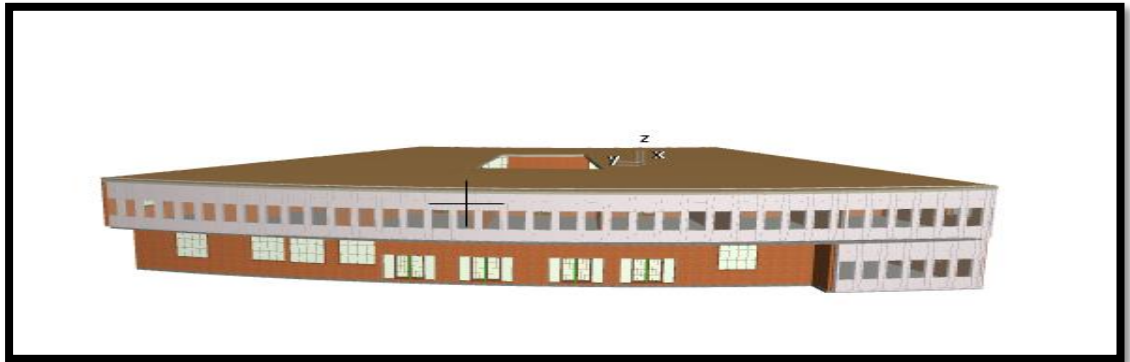


Figure 57 : le modelé énergétique 3D.

- **Matériaux de construction.**

Les composants	Matériaux	Epaisseur
Murs extérieurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brique</li> <li>• Béton cellulaire</li> </ul>	30 cm (Enduit extérieur de 3cm+15 cm+ 5cm d'isolant+ 10cm+ Enduit de plâtre 2cm).
Murs intérieurs	Brique	10 cm
le sol	Gravier +sable Béton (plate-forme) 10cm,	20cm

	Mortier 3 cm, Carrelage 5cm	
Les planchers	Carrelage 5cm ; Mortier 3cm ; Béton 5cm ; Hourdis 16cm ; Enduit de plâtre 2cm.	30cm
Ouvertures	Double vitrage	/
Mur rideau	Double vitrage	/

Tableau 12: type des matériaux de construction des composants de la partie étudié

### III.3.2 Matériel :

Le logiciel de modélisation BIM : ArchiCAD version 2019

Le logiciel de simulation : ArchiWIZARD version 2020.

### III.3.3 Démarche méthodologique :

La simulation appliquée dans notre étude est passée par trois étapes :

#### 1. La première étape : la création du modèle énergétique (modélisation énergétique)

C'est faire le modèle 3D dans logiciel ArchiCAD 2019 est défini les matériaux de construction

#### 2. La deuxième étape : paramétrage énergétique

Dans cette étape nous allons définir :

1. Les paramètres climatiques et environnementaux à introduire comme source des données
2. Les paramètres de normalisation comme source de référence thermique énergétique et environnementale, dans notre cas le calcul est fait en référence avec le RT2012.
3. Calculer les indicateurs de consommation aux ambiances thermiques lumineuse, besoin et consommation.
4. Calculer les indicateurs globaux comme : Ubat, Ratio



Les indicateurs	La description
U bat	Indicateur de performance thermique de l'enveloppe
Ratio	Ration de transmission thermique linéique moyenne globale. Il soit inférieur à 0.28
VPT	Valeur du pont thermique moyen de la jonction plancher intermédiaire-façade. Il soit inférieur à 0.6
Imagerie solaire	Pour analyser en détail l'ensoleillement et l'irradiation des projets et optimiser l'exploitation de la ressource solaire.
Carte d'éclairage	Assurez un accès à la lumière naturelle et un confort visuel optimaux dans vos projets à l'aide de cartographies d'éclairage précises.

Tableau 13: Les paramètres énergétiques et leur description (RT 2012)

### 3. La troisième étape : résultats et interprétation

Après la simulation les résultats obtenus sont les suivants :

- **Indicateur de performance thermique de l'enveloppe (U bat) :**

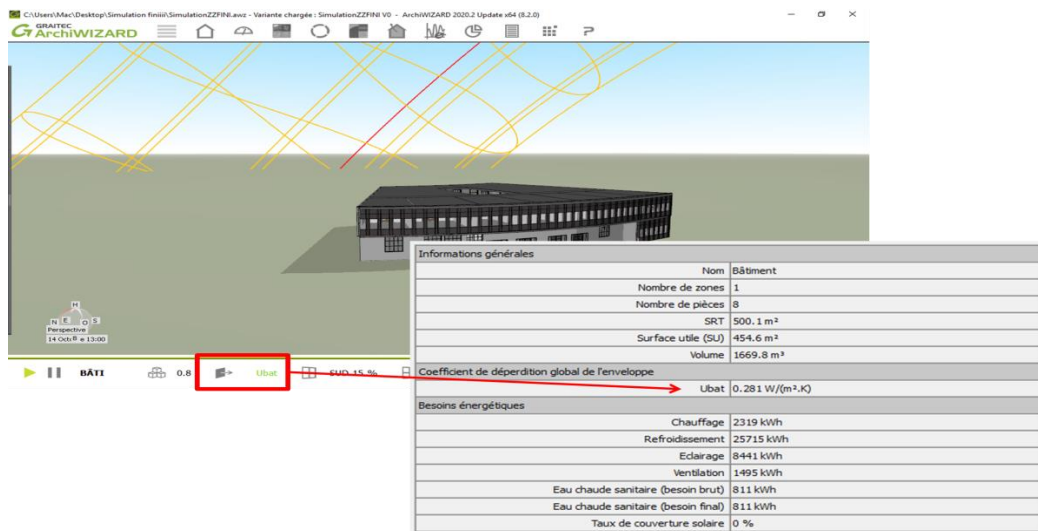


Figure 58: la valeur Ubat de la partie étudiée

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

Indicateur de performance thermique de l'enveloppe **Ubat** égale à **0.281 W/m<sup>2</sup>.K**: donc il est dans le cas **favorable**.

- **Ration de transmission thermique linéique moyenne globale :**

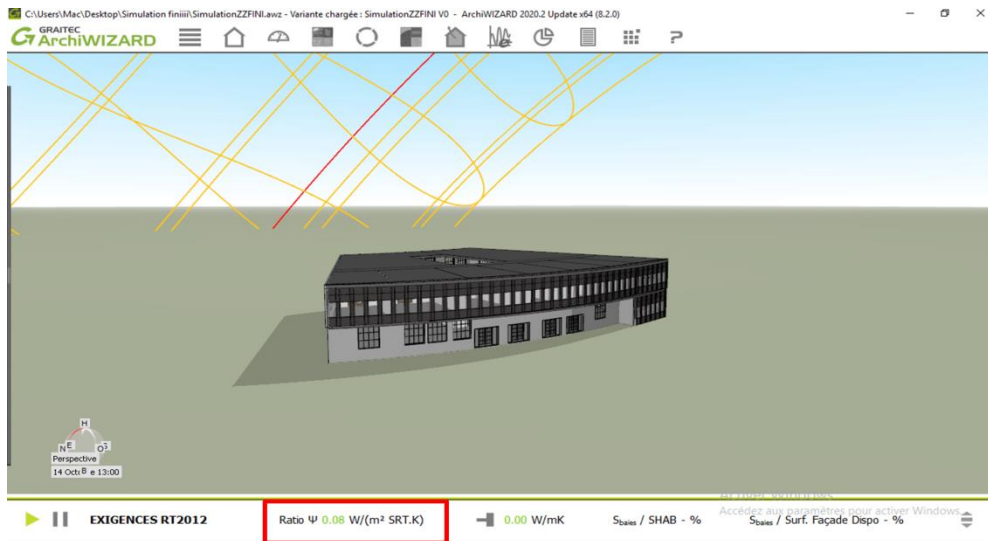


Figure 59:la valeur Ratio de la partie étudiée

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

La valeur de Ratio de transmission thermique linéique moyen globale est **0.08 W (m<sup>2</sup>RST.K)**, il est inférieur à 0.8. Donc il est **dans les normes**.

- **Valeur du pont thermique moyen de la jonction plancher intermédiaire-  
façade :**

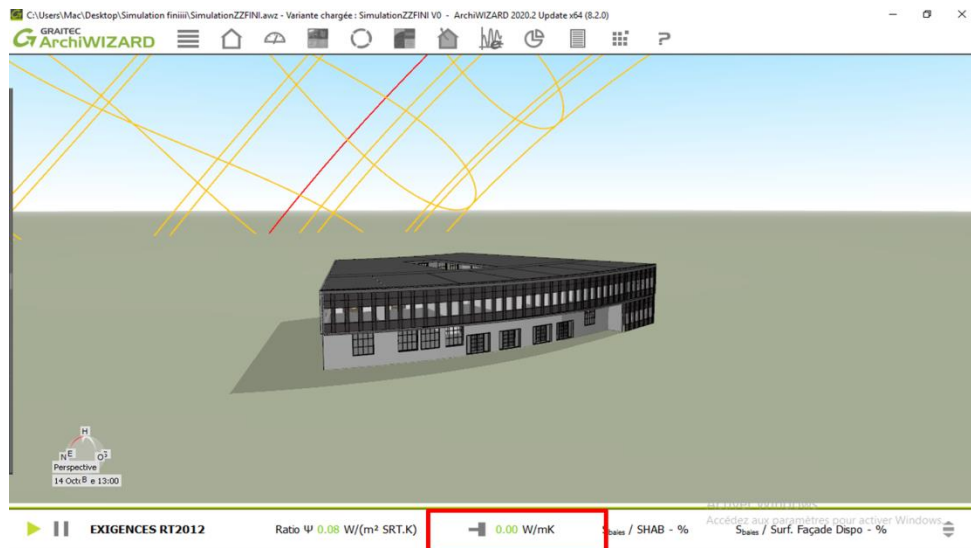


Figure 60:Valeur du pont thermique

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

• **Les besoins énergétique :**

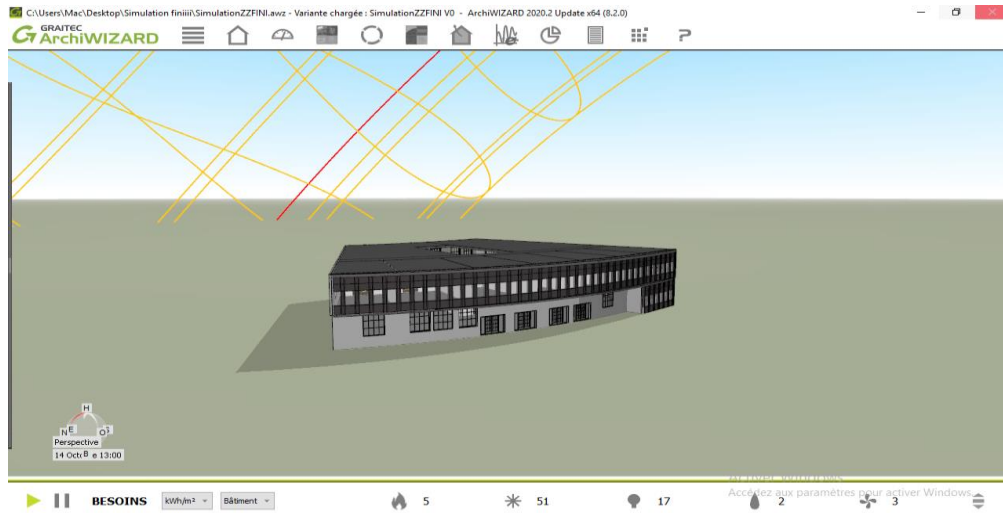


Figure 61: valeurs des besoins de la partie étudiant

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

Les besoins	Les valeurs	Total
Besoin annuel de chauffage du bâtiment	5	78
Besoin annuel de refroidissement du bâtiment	51	
Besoin annuel d'éclairage du bâtiment	17	
Besoin annuel brut d'eau chaud sanitaire du bâtiment	2	
Besoin annuel de ventilation du bâtiment	3	

Tableau 14: valeurs des besoins de la partie étudiant

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

• Le besoin en eau chaude sanitaire :

Besoins mensuels (kWh)	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Chauffage	1749	355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215	2319
Refroidissement	0	0	0	562	2811	4286	6263	5235	3506	2518	534	0	25715
Eclairage	860	702	694	607	630	571	639	686	625	792	828	807	8441
Eau chaude sanitaire	76	66	73	61	76	69	69	47	66	76	73	60	811
Ventilation	132	115	126	120	132	120	126	132	115	132	126	120	1495

Tableau 15: le besoin en eau chaude sanitaire avant l'installation des panneaux thermiques

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

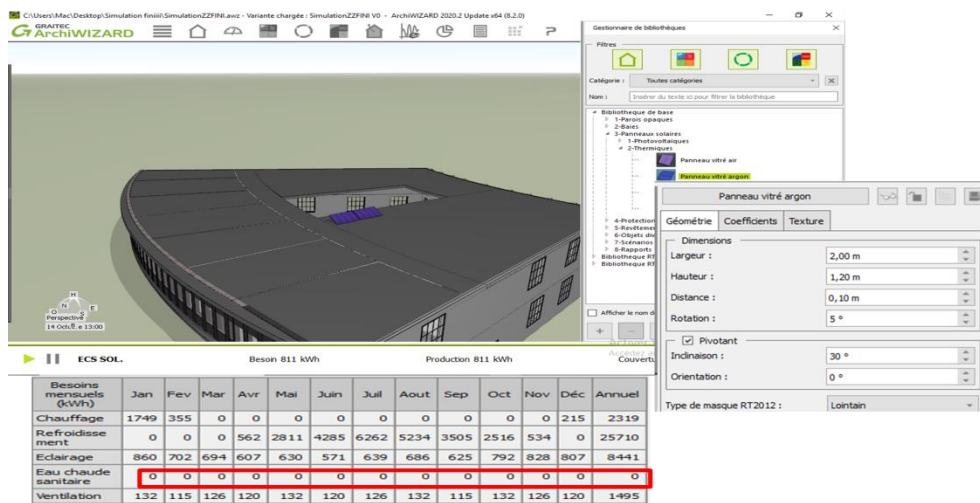


Figure 62: le besoin en eau chaude sanitaire après l'installation des panneaux thermiques

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

**Solaire thermique : Chiffres clés**

**Configuration :**  
 Nombre de panneaux : **2**  
 Surface totale : **4.80 m<sup>2</sup>**

**Production :**  
 Réception annuelle : **9436 kWh**  
 Irradiation annuelle : **1966 kWh/m<sup>2</sup>**  
 Production annuelle : **811 kWh**  
 Productivité annuelle : **169 kWh/m<sup>2</sup>**

**Besoins Eau Chaude Sanitaire :**  
 Besoin annuel brut : **811 kWh**  
 Besoin annuel non couvert : **0 kWh**  
 Couverture annuelle **100 %**  
 moyenne :

Figure 63: caractéristique des panneaux thermiques intégrés

Source : ArchiWIZARD version 2020

Après l'installation des panneaux thermiques au niveau de toiture, avec une surface de 4.80m<sup>2</sup> et production annuelle 811 KWh. Nous avons marqué qu'il y a une équilibre entre le besoin et la production de l'eau chaude sanitaire.

- **La consommation énergétique d'éclairage :**

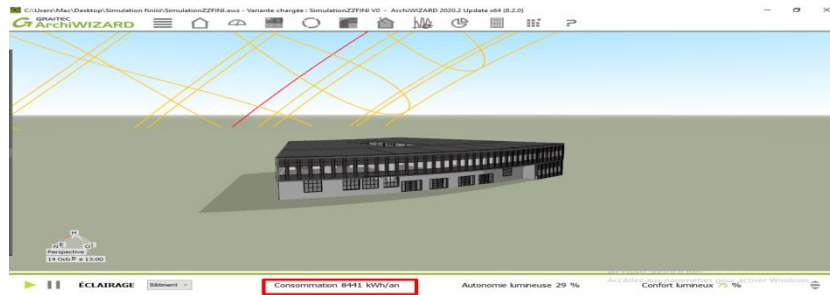


Figure 64: La consommation énergétique d'éclairage

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

La valeur de la consommation d'énergie réservée à l'éclairage artificiel est **8445 KW/an avant l'installation des panneaux photovoltaïque.**

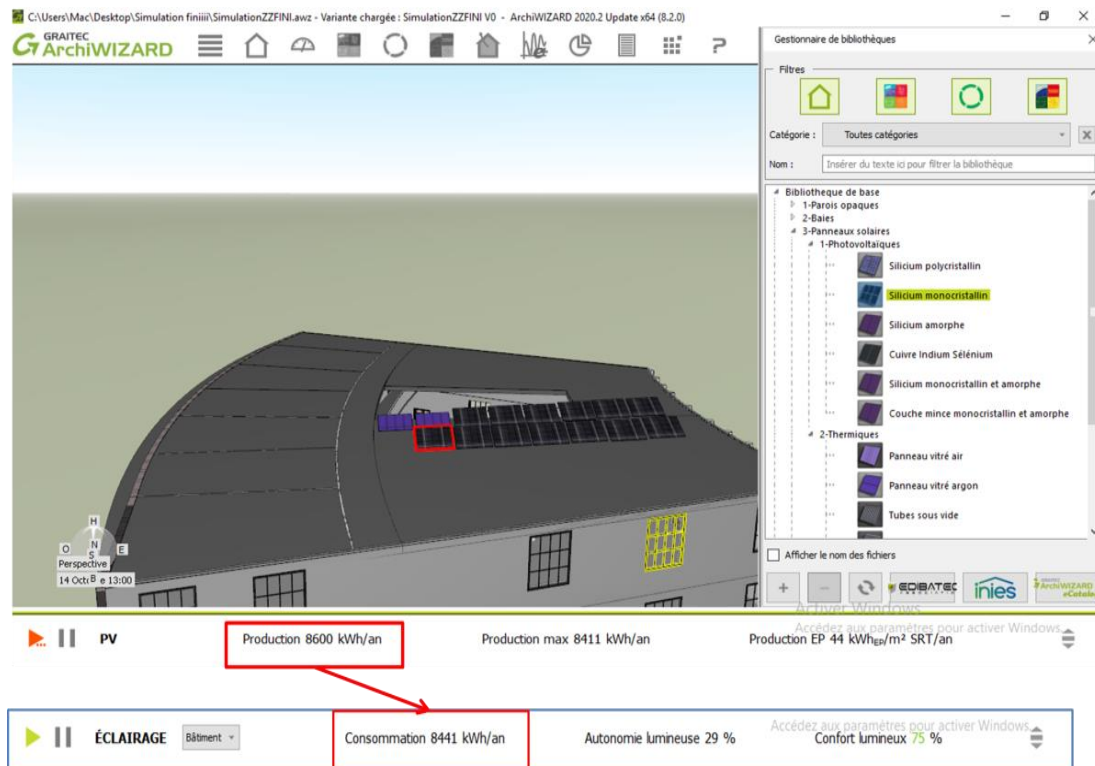


Figure 65: La consommation énergétique d'éclairage après l'installation des panneaux photovoltaïques

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

Solaire photovoltaïque : Chiffres clés	
Nombre de panneaux	14
Surface totale	40.3 m <sup>2</sup>
Puissance crête	6.4 kWc
Onduleur	Onduleur standard
Rendement de l'onduleur	Par défaut
Puissance AC de l'onduleur	5140 W
Réception solaire	
Réception annuelle	79161 kWh
Irradiation annuelle	1963.52 kWh/m <sup>2</sup>
Production	
Production électrique annuelle	8836 kWh
Productivité annuelle	1375 kWh/(kWc.an)
Production électrique perdue par masquage	-188 kWh (-2 %)
Durée de mise en protection	0 h
Energie primaire équivalente	22797 kWh <sub>EP</sub>
Impact environnemental	
Emissions CO2 équivalentes évitées	724.551 kgCO <sub>2</sub> .eq/(m <sup>2</sup> .an)

Figure 66 : caractéristique des panneaux thermiques intégrés

Source : ArchiWIZARD version 2020

Après l'installation des panneaux photovoltaïques dans la toiture avec une surface de 40.3m<sup>2</sup> et production électrique annuelle de 8836 KWh. Nous avons constaté qu'il y a un équilibre entre la consommation et la production d'énergie.

- **Le taux d'inconfort :**

Le taux d'inconfort est **1%** et le nombre des heures dans cette situation est **31h**. **Il est acceptable**

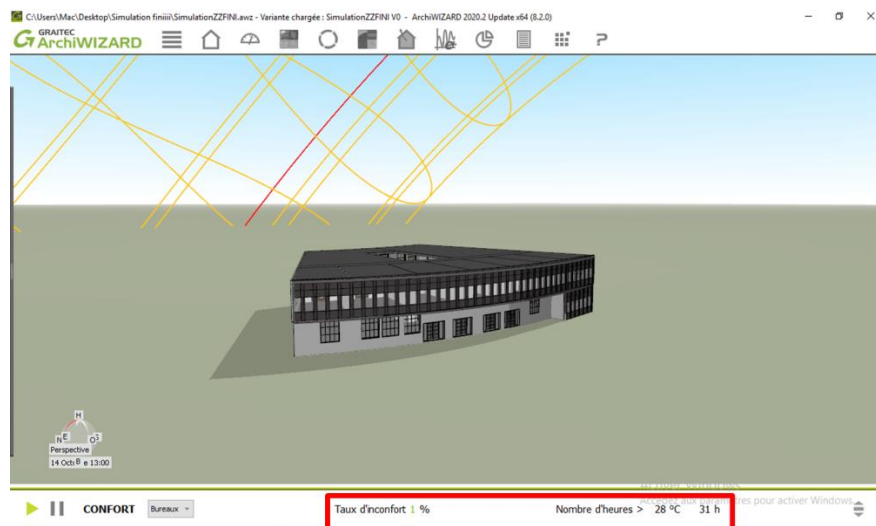


Figure 67: Le taux d'inconfort

Source : ArchiWIZARD version 2020 réadapté par l'auteur

• **L'ensoleillement :**

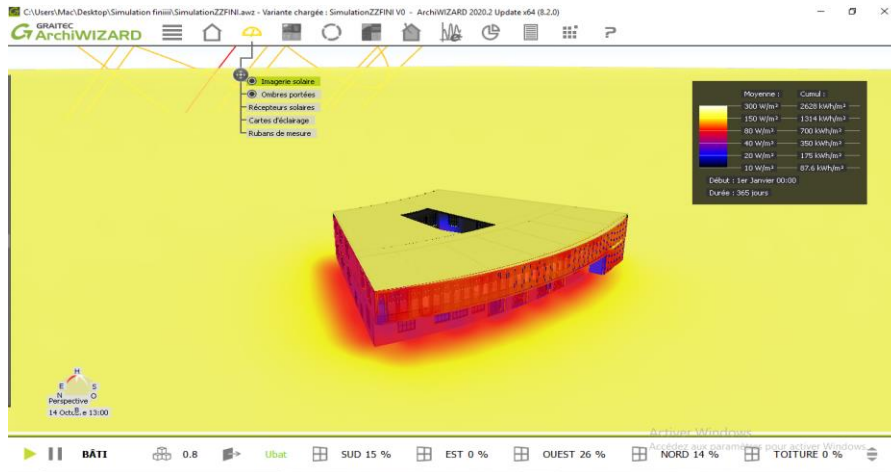


Figure 68: étude d'ensoleillement de la partie étudiée

Source : ArchiWIZARD version 2020

Après avoir l'étude de simulation sur le modèle numérique sur la partie de mon projet les résultats afficher comme suite:

- La valeur minimale est **29W/m<sup>2</sup>**, il est marqué dans les décrochements de projet
- La valeur maximale est **205W/m<sup>2</sup>**, il est marqué dans la toiture qu'il est le meilleur emplacement des panneaux solaire pour un meilleur captage.

• **L'éclairage :**

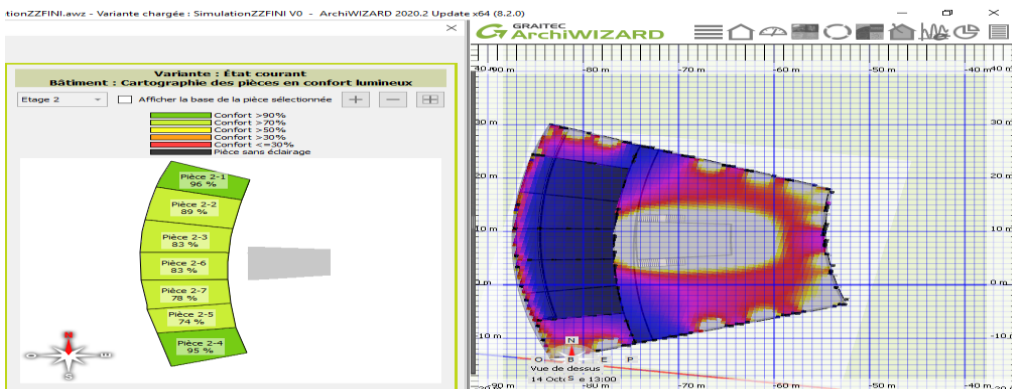


Figure 69: étude d'éclairage de la partie étudiée

Source : ArchiWIZARD version 2020

La figure ci-dessus représente la carte d'éclairage

- Une valeur minimal **250 Lux** dans la profondeur de projet
- et la valeur maximal **55000 Lux** est marqué dans les pièces de 1<sup>er</sup> étage

Donc le bâtiment est éclairé par un pourcentage entre **74% et 96%**.

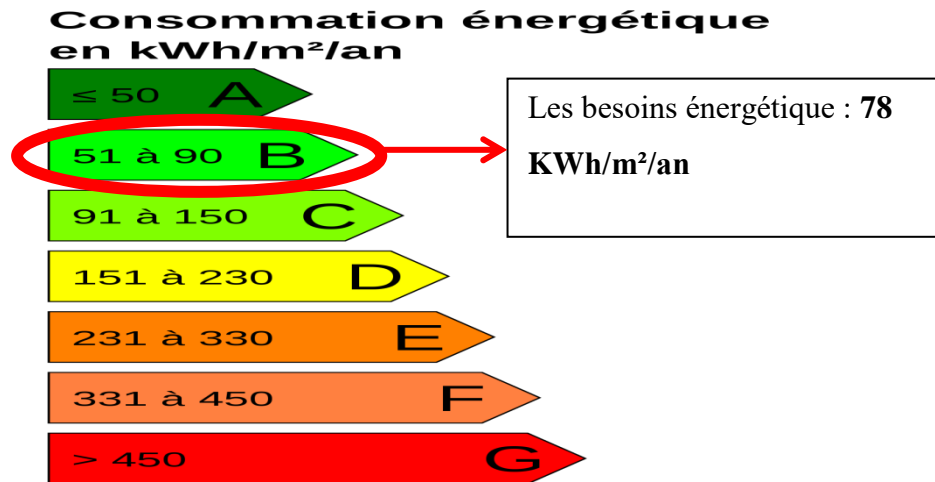


Figure 70: classification de la partie du projet

### Conclusion :

Les résultats de la simulation montrent des niveaux acceptables aussi bien pour les besoins de confort intérieur que pour les indicateurs globaux de performance. Nous avons constaté que le meilleur emplacement des panneaux solaire c'est la toiture avec l'orientation Sud permet de couvrir la demande annuelle avec efficacité et rendement électrique optimales.

La simulation est un outil efficace pour l'étude en architecture environnementale qui aide l'architecte soit à la phase conception ou à la phase rénovation, ainsi que l'estimation réelle de la consommation d'énergie et aussi le pourcentage d'inconfort. Donc la simulation est nécessaire pour la validation des solutions architecturales préposées.

Pour une architecture solaire de meilleure efficacité énergétique il est importé d'adopté une démarche globale intégrant :

- une conception passive.
- rationalisation de la consommation énergétique à travers une démarche d'optimisation basée sur la simulation architecturale.
- Intégration des panneaux solaire comme élément dans le projet architecturale.



**IV. Projet  
d'intervention : Analyse  
de site, exemples,  
programmation et  
schéma de principe.**

## **Chapitre IV : Etape de projet : Site, Analyse, programmation et intervention.**

### **IV.1 Analyse de site d'intervention:**

#### **IV.1.1 Motivation de choix:**

J'ai opté pour le choix de la wilaya de Guelma dans mon projet de fin d'étude, car elle possède beaucoup de potentialités touristiques par sa richesse historique (vestiges romaines, théâtre romain, piscine romaine,..) et richesse naturelle (forets, montagne, sources thermales,..)

Et j'ai choisi la commune de ben Djerrah pour les raisons suivants :

- Zone d'expansion Touristique (Z.E.T) proposée de Djebel Maouna et la commune de Ben Djerrah.
- Un tourisme de montagne ou climatique principalement au niveau de djebel Maouna et la commune de ben Djerrah
- Ensoleillement favorable pour l'exploitation de l'énergie solaire photovoltaïque et thermique.
- L'accessibilité et le flux mécanique
- L'absence des équipements touristiques

#### **IV.1.2 Situation géographique de la ville de Guelma:**

Cette ville de Nord-est algérien se situe au cœur d'une grande région agricole à 290m d'altitude, entourée de montagnes : Maouna, Dbegh et Houara ce qui lui donne le nom de la ville assiette.

Elle constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du littoral (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges des régions intérieures (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud, entre 36° 28' de latitude Nord et 7° 25' de longitude Est avec une altitude 290m

(min. 256m, max. : 321m)



Figure 71: La situation géographique de la ville de Guelma.

Elle jouit également d'une position géométriquement centrale dans son territoire wilaya. La commune est limitée au Nord par les communes de Héliopolis et el Fedjoudj, à l'Est par la commune de Belkeir qui s'étend et l'encadre vers le Sud, au Sud et Sud-ouest par Ben Djerrah et à l'Ouest par Medjez Ammar.

#### **IV.1.3 Contexte géographique :**

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié. Son relief se décompose comme suit :

Montagnes : 37,82% dont les principales :

- Maouna (Ben Djerrah) : 1 411m d'altitude.
- Houara (Ain Ben Beidha) : 1 292m d'altitude.
- Taya (Bouhemdane) : 1 208m d'altitude.
- Dbegh (Hammam Dbegh) : 1 060m d'altitude.

Plaines et plateaux : 27,22% ; Collines et piémonts : 26,29% ; Autres : 8,67%

#### **IV.1.4Analyse climatique de la ville Guelma:**

##### **IV.1.4.1Le climat de la ville de Guelma :**

D'après la classification donnée par recommandation architecturale 1993, la ville de Guelma appartient à la zone climatique E2 d'été et H2a d'hiver, qui possède deux saisons principales :

- Un été plus chaud moins humide ou l'écart de température diurne est important.

- Un hiver froid et sec, avec un écart de température diurne important.

Le climat de Guelma est donc un climat SUB-HUMIDE. Il 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 caractériser son climat.

A rappeler que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données moyennes et extrêmes.<sup>84</sup>

#### IV.1.4.2 Températures:

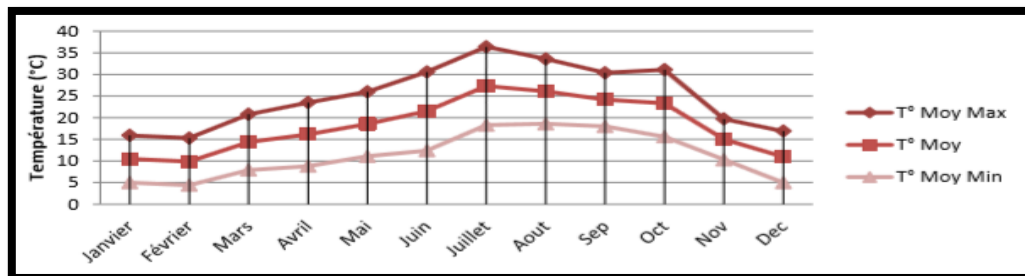


Figure 72 : Graph des variations des températures mensuelles en 2016

La courbe des températures moyennes mensuelles évolue d'une manière régulière. La température moyenne annuelle est 18C° avec une valeur maximale de 36.4 dans le mois de Juillet et une valeur minimale de 4.4 dans le mois de Février.

#### IV.1.4.3 Précipitation:

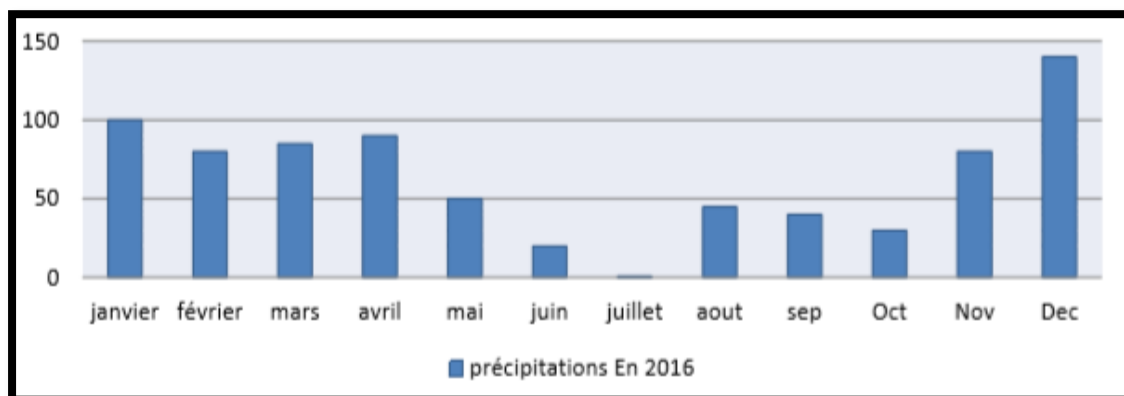


Figure 73: Graph de variations des précipitations mensuelles en 2016

<sup>84</sup> ESTIENNE, P et GODARD, A., (1970). Climatologie, Paris: Edition Armand Colin, p11

La répartition annuelle des précipitations est marquée par une importante période de sécheresse (Mai, Juin, Juillet et Août, septembre et octobre) où les précipitations sont très faibles ou rarement sous forme d'orages.

#### IV.1.4.4 Vitesse des vents :

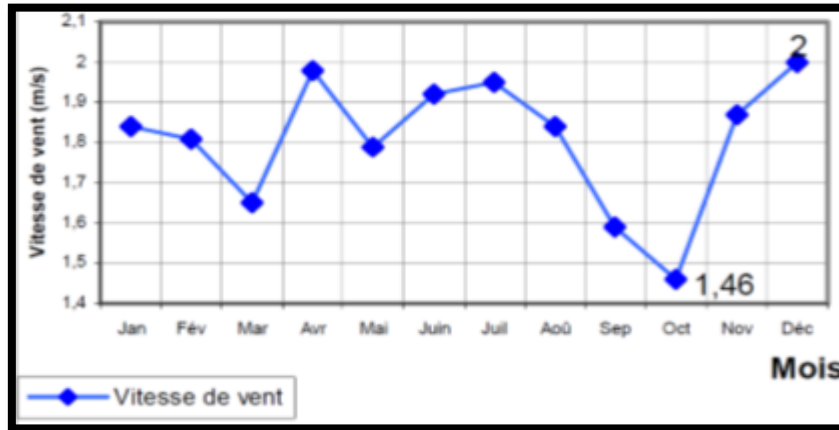


Figure 74 : Graph de variation de vitesse des vents

Les vents prédominants à Guelma sont d'une vitesse moyenne qui a varié de 1,46 à 2 m/s pour une moyenne annuelle de 1,80 m/s.

Les vents à Guelma sont de diverses directions. Ceux de nord-ouest atteignent leur maximum au mois de décembre et leur minimum au mois de juillet. À l'inverse les vents nord-est sont plus fréquents au mois de juillet, avec un maximum de fréquences entre les mois d'octobre et février. Enfin le sirocco se manifeste au nord plus qu'au sud de la région, surtout en juillet de 6 à 7 jours en moyenne. C'est un vent chaud et desséchant très néfaste pour les cultures.

#### IV.1.4.5 La rose des vents :

À partir des données météorologiques du logiciel Meteonorme 7 et de Climate consultant 6.0 qui trace la rose des vents dans la région de Guelma dans les quatre (04) saisons, on peut lire que dans la période :

- Hivernal : les vents viennent du côté Nord et sont moins fréquents du côté Sud-Ouest avec une température entre 0 °C et 20 °C.
- Du printemps : les vents viennent des côtés Sud et sont moins fréquents du côté Nord avec une température entre 20 °C et 24 °C.

- D'été : les vents sont vienne des cotés Sud, Sud-Est et Sud-Ouest avec une température varier entre 24 °C et 38 °C.
- D'automne : les vents sont vienne des cotés Nord-Est et Nord-Ouest avec une température varier entre 20 °C et 24 °C.

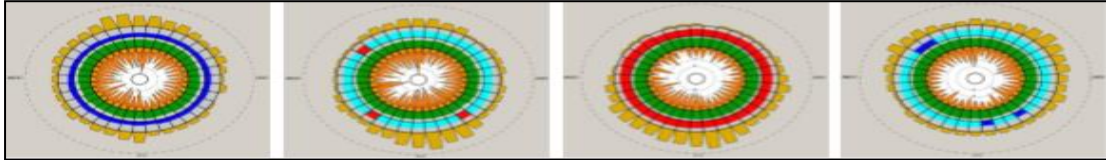


Figure 75: La rose du vent dans les 4 saisons de la wilaya de Guelma

Source : (Météonorm 7 + Climat)

#### IV.1.4.6 Insolation:

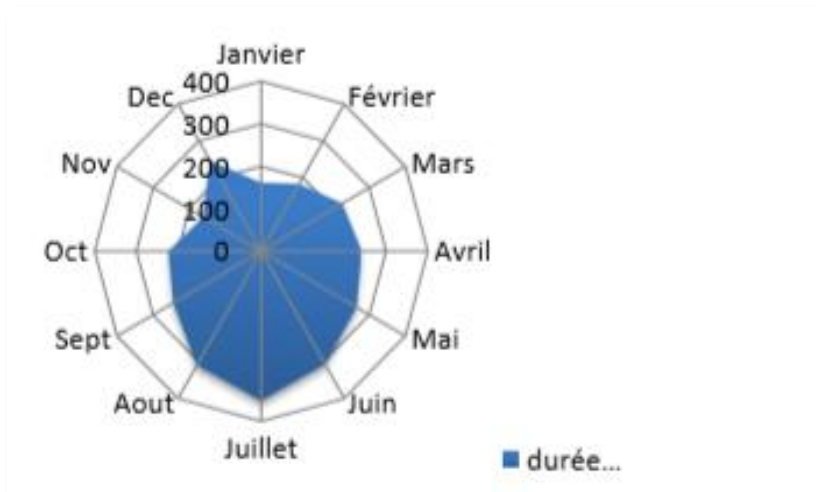


Figure 76: Variation de durée d'insolation mensuelle

Source : (Météonorm 7 + Climat)

Le nombre d'heures d'ensoleillement pour les périodes chaudes dépasse 10 heures par jour.

L'insolation totale mensuelle est considérable. D'une moyenne de 243.3 h avec un minimum 160.9 h enregistré en janvier et un maximum 353 h enregistré en juillet.

#### IV.1.4.7 Diagramme ombrothermique de Guelma :

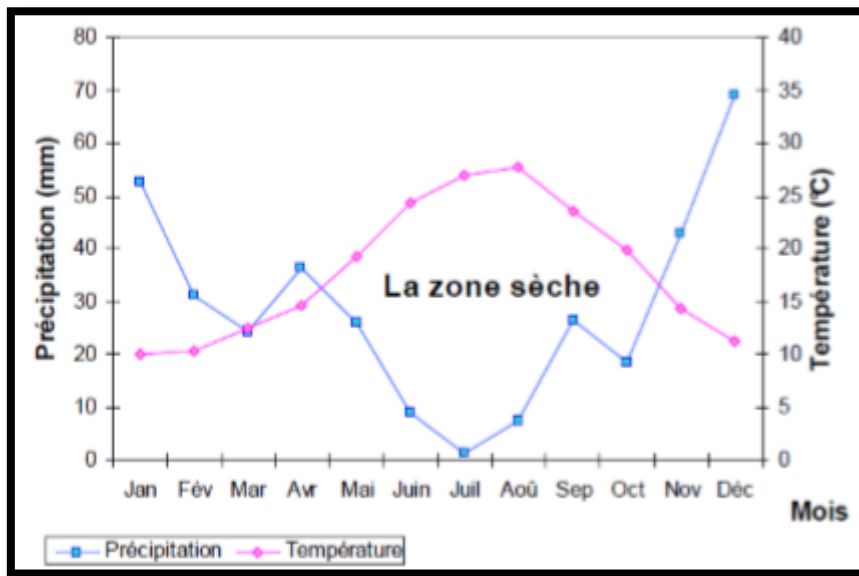


Figure 77: Le digramme ombrothermique de Guelma

Le diagramme ombrothermique de Guelma fait distinguer deux périodes. La première froide et humide où la courbe de précipitations est au-dessus de celle des températures. La seconde est considérée chaude et sèche. La période humide débute d'octobre à avril et la période sèche s'étale de mai à octobre.

#### IV.1.4.8 Diagramme solaire de Guelma :

Afin de connaître la trajectoire annuelle apparente du soleil dans la ville de Guelma, on a procédé au calcul des hauteurs et des azimuts solaires. Les valeurs calculées le 21 de chaque mois sont indiquées au tableau :

Heurs	Angle	21Juin	21 Mai et 21 juillet	21Avril et 21Août	21Mars et 21Sept	21Fev et 21Octo	21janv et 21Nov	21Déce
12	H	77°16'	74° 16'	65° 47'	53° 52'	41° 97'	33° 28'	30° 27'
	A	0	0	0	0	0	0	0
13	H	71° 77'	69° 44'	61° 98'	50° 95'	39° 92'	31° 53'	28° 61'
	A	49° 38'	43° 68'	32° 64'	24° 25'	19° 29'	16° 53'	15° 69'
14	H	61° 15'	59° 40'	53° 51'	44° 11'	35° 66'	26° 58'	23° 89'
	A	71° 92'	66° 98'	55° 40'	44° 13'	37° 04'	31° 59'	30° 11'
15	H	49° 32'	47° 80'	42° 73'	34° 61'	25° 94'	19° 11'	16° 70'
	A	84° 38'	80° 54'	70° 47'	59° 22'	50° 34'	44° 50'	42° 63'
16	H	37° 25'	35° 75'	31°	23° 64'	15° 90'	09° 85'	07° 72'
	A	93° 64'	90° 78'	81° 55'	70° 97'	61° 83'	55° 45'	53° 30'
17	H	25° 27'	23° 71'	18° 95'	11° 92'	4° 80'		
	A	101°50'	98° 68'	89° 10'	80° 82'	71° 72'		
18	H	13° 62'	11° 92'	6° 92'				
	A	109°27'	106°72'	99° 52'				
19	H	2° 52'	0° 64'					
	A	117°50'	115°15'					
20	H							
	A							
Angle du soleil levant & couchant		60° 43' 4h 03'	64° 32' 4h 17'	75° 36' 5h 01'	90° 24' 6h 01'	104°63' 6h 59'	115°67' 7h 43'	119°58' 7h 58'

Figure 78: Hauteurs et Azimuts du soleil (Guelma).

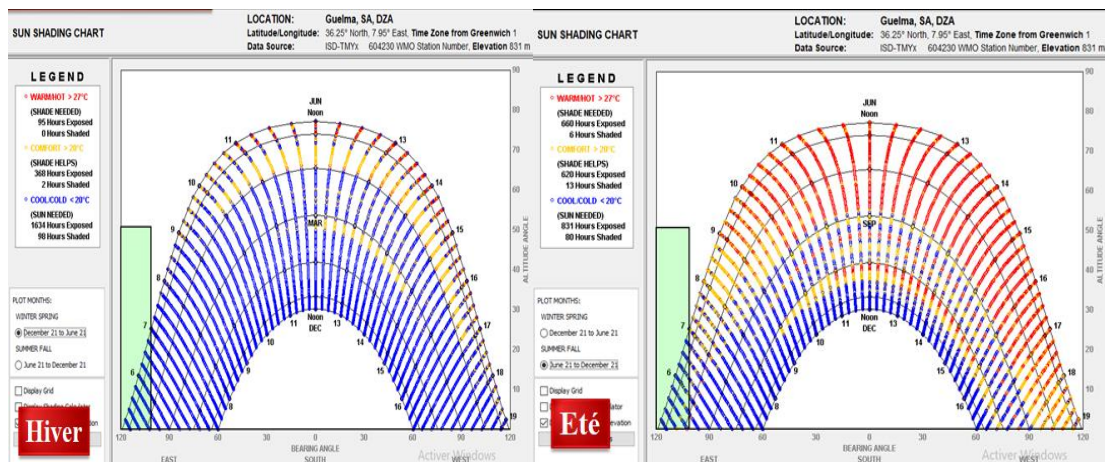


Figure 79: Le diagramme frontal de Guelma

Source : Climate consultant

#### IV.1.5 Analyse bioclimatique de la ville de Guelma :

Diverses recherches ont été entamées pour connaître les limites du confort thermique sous forme d'indices et diagrammes bioclimatiques.



### IV.1.5.1 Application de la méthode de S. Szokolay :

En se basant sur les recherches d'Humphrey, Auliciems sur la température neutre, et la température effective (SET) des normes ASHRAEA, Steve Szokolay a défini une zone de confort avec diverses zones de contrôle potentiel en fonction des données climatiques de la région d'étude.<sup>85</sup> Cette méthode a été retenue pour évaluer la situation dans la ville de Guelma. Les recommandations se résument ainsi:

- 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.

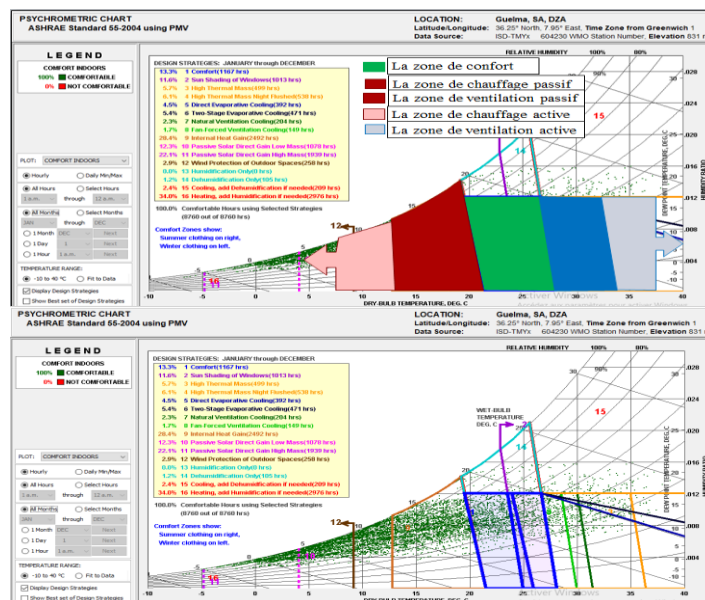


Figure 80: Le diagramme de GIVONI

Source : Climate consultant

### IV.1.5.2 Les tables de Mahoney :

Les tables de Mahoney présentent l'avantage d'intégrer certaines variables sociales et fonctionnelles en fonction des variations climatiques. C'est un autre outil pour déterminer les recommandations nécessaires à la réalisation du confort thermique dans le bâtiment. Les besoins en confort sont groupés en six indicateurs :

<sup>85</sup> SZOKOLAY, S-V., (1979). « Environmental science handbook for architects and builder ». LACASTRE, LONDON, NEW YORK: THE CONSTRUCTION PRESS, p263.

H1 : la ventilation indispensable (climat chaud et humide) ;

H2 : la ventilation souhaitée (climat chaud et sec) ;

H3 : la protection de la pluie nécessaire (climat tropical et tempéré) ;

A1 : l'inertie thermique (climat à grand écart diurne de température) ;

A2 : dormir dehors (climat chaud en été) ;

A3 : protection du froid.

L'analyse et les résultats sont présentés sous forme de tables avec recommandations. Cette méthode a été aussi choisie pour évaluer la situation dans la ville de Guelma.

Les principes de conception architecturale et les recommandations nécessaires déduites sont :

- Le terrain est exposé aux différentes directions de vent.
- 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 Décembre, janvier.
- L'utilisation de double vitrage
- L'utilisation des brises soleil dans le côté sud
- La végétation dans le nord-ouest et le sud-est pour la protection contre les vents dominants

#### **IV.1.6 La commune de Ben Djerrah:**

##### **IV.1.6.1 Situation et limites :**

Ben Djerrah est une municipalité dans la wilaya de Guelma, en Algérie. Il est situé à Guelma district, au sud-ouest de la ville. C'est un site qui renferme la forêt d'Aïn Sefra, ainsi qu'une importante garnison militaire.

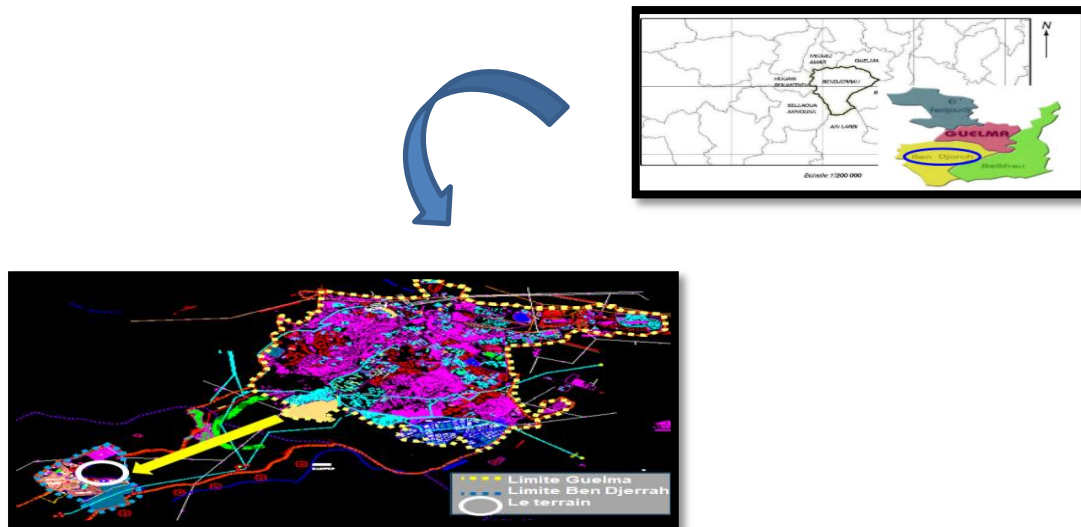


Figure 81: situation et limites de la commune de Ben Djerrah

#### IV.1.6.2 Accessibilité :

La commune de Ben Djerrah est accessible depuis la route de la wilaya N°165 et une piste.



Figure 82: l'accessibilité de la commune de Ben Djerrah

Source : Google earth réadapté par l'auteur

#### IV.1.6.3 Type de biodiversité :

Les richesses végétales qui se trouve dans la commune de ben Djerrah, maquis, chêne liège, pelouse....

Il y aussi une richesse animal comme les oiseaux

- Connue pour sa production agricole (blé, orge, olive, miel), la commune de Ben Djerrah est réputée par ça terre fertile et arbres fruitiers.

- A l'époque, elle produisait la cire d'abeille qui a permis la fabrication des petites chandelles (les bougies).

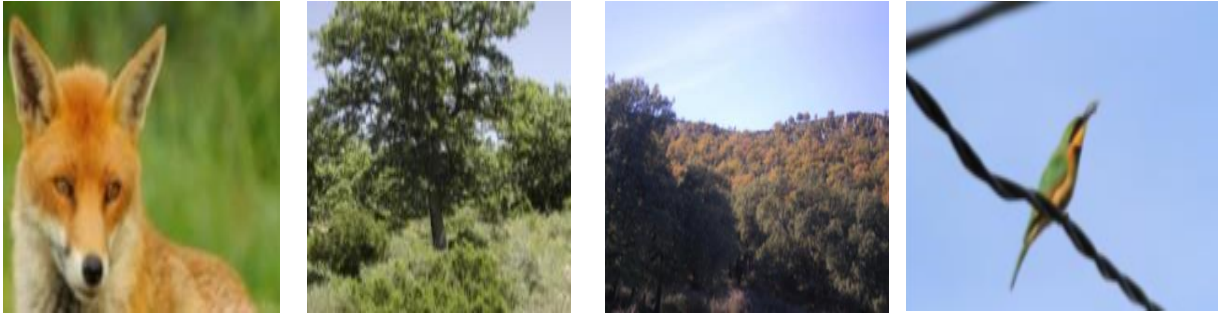


Figure 83: Type de biodiversité dans la commune de Ben Djerrah

#### IV.1.6.4 Hydrographie :

La présence de l'eau est indispensable pour la survie de toute espèce de la commune de Ben Djerrah doit son existence à cause de cette richesse et ce n'est pas au hasard que plusieurs agglomérations et mechtas de cette commune ont nom Ain, Ain Senia, Ain Sefra et Ain Djebar. Donc à côté de ces différentes sources

- Le réseau hydrographique est présenté par de très nombreux Chaâbas plus ou moins profonds et des principaux affluents de l'oued Echaref.

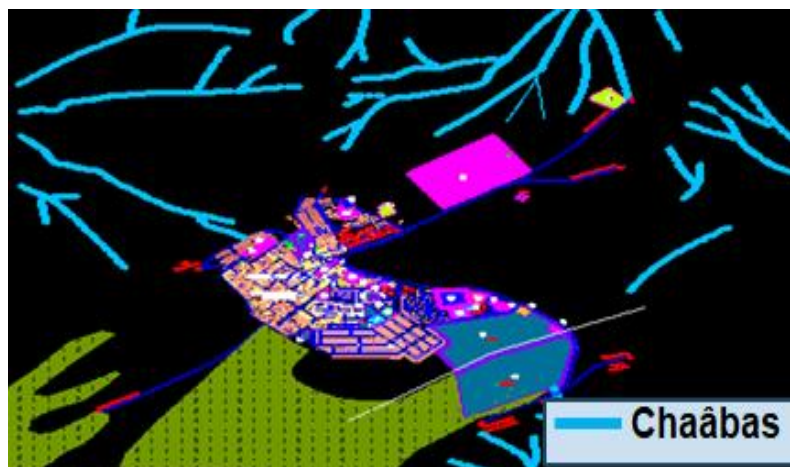


Figure 84: Hydrographie dans la commune de Ben Djerrah

#### IV.1.7 Analyse de site :

##### IV.1.7.1 Présentation et situation de terrain :

- Le terrain d'intervention se situe dans une zone d'expansion touristique (ZET).

- Le terrain d'intervention se trouve à la commune de Ben Djerrah, à 4 km de la ville de Guelma
- Le terrain se situe dans la partie Nord-ouest de la commune de Ben Djerrah

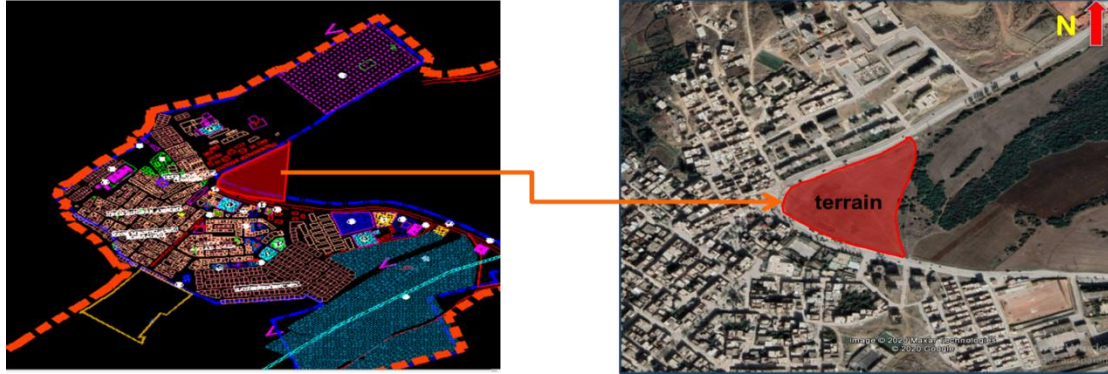


Figure 85: situation de terrain par rapport à la commune de ben Djerrah

Source : Google earth / PDAU de Guelma réadapté par l'auteur



Figure 86 : Le terrain

Source : Auteur

#### IV.1.7.2 Délimitation :

Le terrain se trouve dans un tissu urbain dense et divers il se compose de plusieurs cité résidentielles et équipements à proximité du centre-ville de Ben Djerrah.

Le site est limité du :

- **Coté Nord** : par des habitations collectif.
- **Coté Sud** : par des habitations individuels.

- Coté Ouest : des habitations individuelles

- Coté Est : par un foret

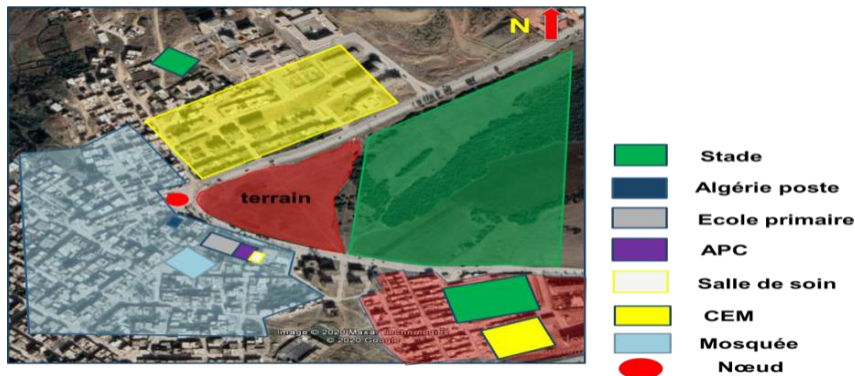


Figure 87: délimitation du terrain

Source : Google earth réadapté par l'auteur

Le terrain est bien repéré par rapport la commune de Ben Djerrah à cause de la présence de plusieurs équipement

#### IV.1.7.3 Accessibilité :

- Le terrain choisi est desservi par la route wilaya le n° 162 de 7m de largeur
- Et cinq vois secondaire « présente un flux mécanique faible ».
- Le site contient un (02) accès principal donc on remarque que notre site est situé sur une route principale
- Grace à la présence des voies mécaniques et piétonne et arrêt de bus, le site est accessible de deux cotés aussi bien pour les véhicules que pour les piétons.



Figure 88: accessibilité du terrain

Source : Google earth réadapté par l'auteur

#### IV.1.7.4 Analyse physique du site :

##### IV.1.7.4.1 Morphologie:

###### IV.1.7.4 .1.1 Forme de terrain :

- Le terrain a une forme triangulaire équilatérale
- N'a qu'un centre très caché puisqu'il manque de diagonales.
- C'est moins centralisant que le carré
- Le triangle dans l'art et l'architecture est un symbole de stabilité
- Cette stabilité et l'équilibre qu'offre la forme triangulaire a été largement adoptée par les architectes: les pyramides, toitures, flèche de cathédrale, l'architecture gothique et les dômes géodésiques

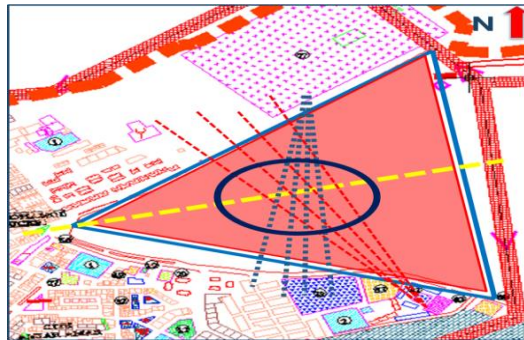


Figure 89: Forme de terrain

Source : Auteur

###### IV.1.7.4 .1.2 Superficie:

Il a une surface de 6h.

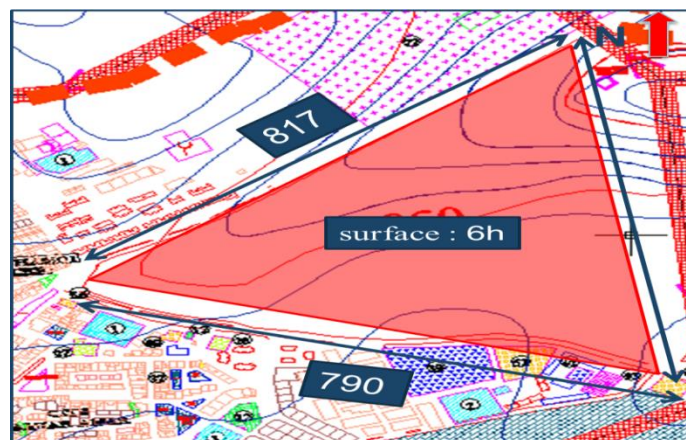


Figure 90: surface de terrain

Source : Auteur

#### IV.1.7.4 .1.3 Le profil topographique :

Le relief dans ce site est généralement accidenté, Les pentes qui délimitent la zone étudié offrent une variété de vues

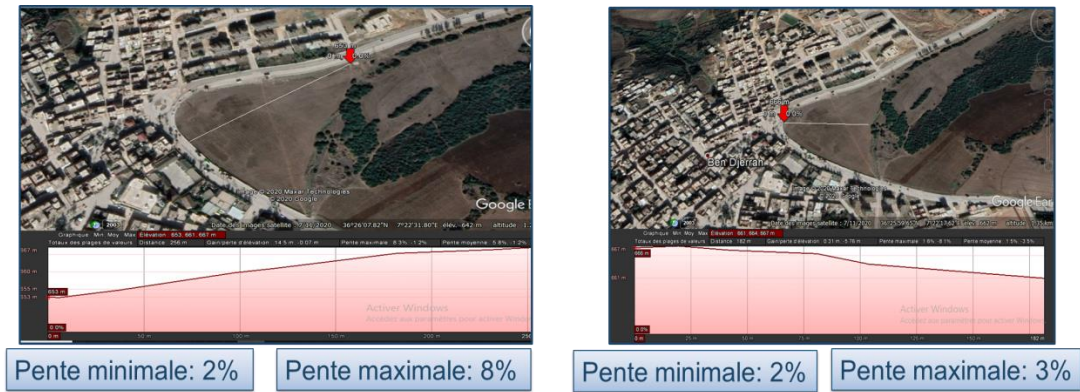


Figure 91: Coupes topographiques du terrain

Source : Google earth

- La pente du terrain est variée entre 2 % et 8%.
- Elle est très favorable à l'urbanisation

#### IV.1.7.4.2 Analyse microclimatique du terrain:

##### IV.1.7.4.2.1 Ensoleillements :

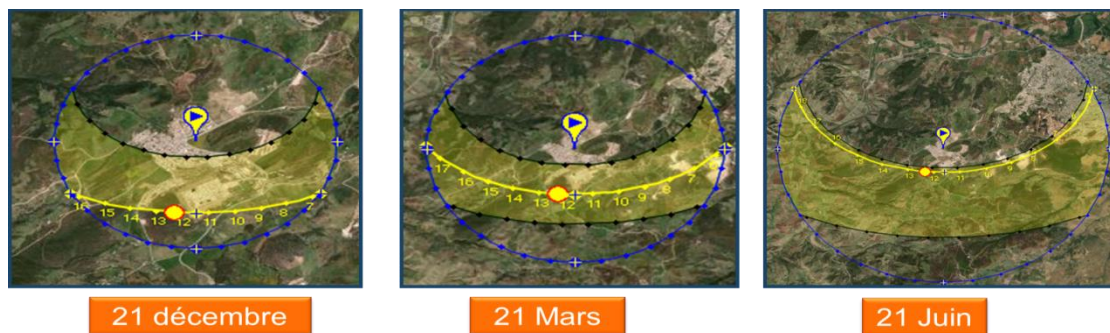


Figure 92: La course solaire pendant les 3 solstices (21 décembre, 21 mars, 21 juin).

Source : SunEarthTools.com

Le nombre d'heures d'ensoleillement pour les périodes chaudes dépasse 10 heures par jour.

En hiver, il est de l'ordre de 5 heures.



Le terrain est exposé au soleil pendant toute l'année vu son environnement immédiat qui ne marque aucun obstacle matériel ou naturel.

#### IV.1.7.4.2.1 Vents dominants :



Figure 93: La direction des vents dominants.

Source : Google earth réadapté par l'auteur

Les vents dominants dans le terrain sont de direction Nord-ouest en hiver ; Sud –est en été qui caractérisé par des vents chauds. Le terrain est totalement exposé aux différents vents illustrés dans la photo vue de leur environnement immédiat et sont hauteur.

#### Synthèse :

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le terrain est favorable pour l'implantation d'un équipement touristique.</li> <li>- Un terrain qui profite d'une bonne exposition au soleil.</li> <li>- La topographie du terrain est favorable à tout type de construction.</li> <li>- L'accessibilité et le flux mécanique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le terrain est exposé aux différentes directions de vent.</li> </ul>

Tableau 16: les forces et les faiblesses du terrain

## IV.2 Analyse des exemples :

### IV.2.1 Exemple 01: Le bain des docks

#### IV.2.1.1 Fiche technique :

- **Architecte:** Jean Nouvel
- **Nouvel Lieu:** Le Havre, France
- **Projet Année:** 2008
- **Client :** Mairie du Havre, CODAH
- **Structural Engineering:** SERO et CET
- **ville :** Havre, France
- **Paysage:** Ducks Scéno
- **Superficie totale:** 12 000 m<sup>2</sup>



Figure 94: Le bain des docks

#### IV.2.1.2 Situation générale:

Les bains des docks se situe au nord-ouest de la France, dans l'agglomération Havraise, ou se trouve la Commune de Havre

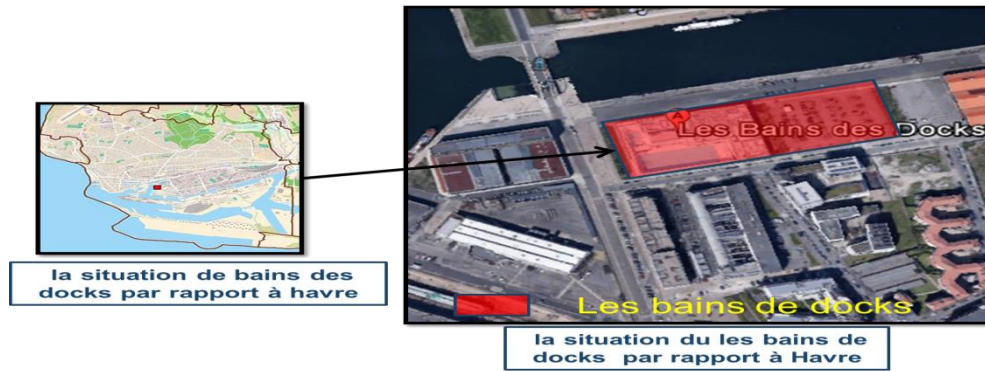


Figure 95: la situation de bain des docks

Source : Google Maps / Google earth

#### IV.2.1.3 Analyse de contexte :

Le projet est situé dans une zone croisière principalement commercial.

Les friches industrielles et portuaires sont transformées en halls d'exposition, salle de spectacles et pôle commercial (Docks Océanes et Docks Vauban). Un nouveau complexe aquatique y a été imaginé par Jean Nouvel (Bains des Docks).



Figure 96: le contexte urbain de bain des docks

Source : Google earth / Auteur

#### IV.2.1.4 Environnement immédiat :



Figure 97: Environnement immédiat de bain des docks

Source : Google earth / Auteur

- L'environnement immédiat très riche
- Répondre à l'ensemble des besoins, par de nouveaux équipements de qualité couvrant l'ensemble de l'agglomération

#### IV.2.1.5 Accessibilité de complexe :

##### IV.2.1.5.1 Accessibilité mécanique :

Les bains des docks est un élément structurant de l'interface ville/port

On peut accéder à complexe aux véhicules ou aux bus par :

- Le bassin Paul Vatine
- Autoroute B6015 depuis le nord-est
- Des voies primaires depuis le nord-ouest
- Des rues secondaires depuis le nord et le sud vers le projet
- on peut stationner dans le parking au nord du complexe et accéder aux bains des docks aux piétons par l'entrée principale

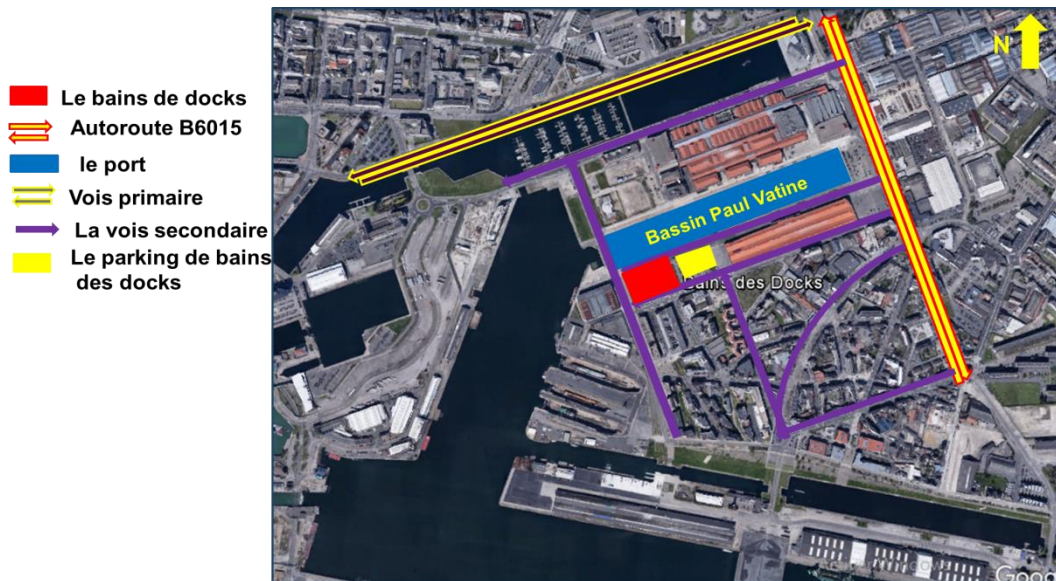


Figure 98: Accessibilité mécanique de bain des docks

Source : Google earth / Auteur

#### IV.2.1.5.2 Les accès : mécaniques et piétons :

En peut accéder au projet par:

- Des accès mécanique par les rues secondaires de côté nord-est et nord-ouest et le sud-est
- Des accès piétonnes de côté nord-est et nord-ouest et le sud-est et sud-ouest
- on a une séparation entre accès public et service

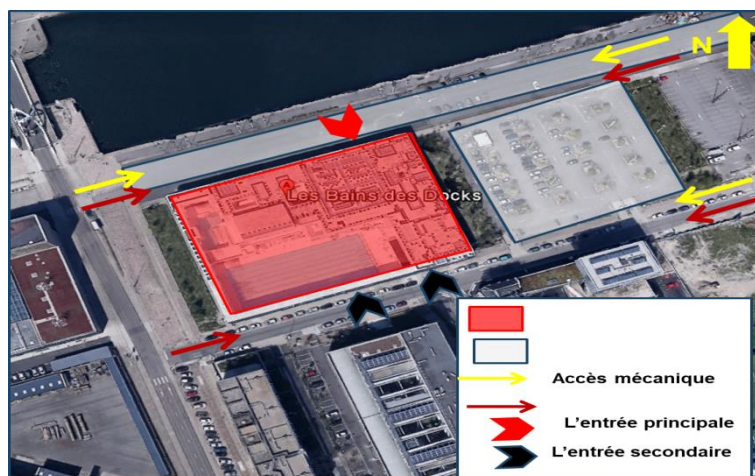


Figure 99: Les accès mécanique de bain des docks

Source : Google earth / Auteur

#### IV.2.1.6 Implantation du projet :



Figure 100: implantation du bain des docks

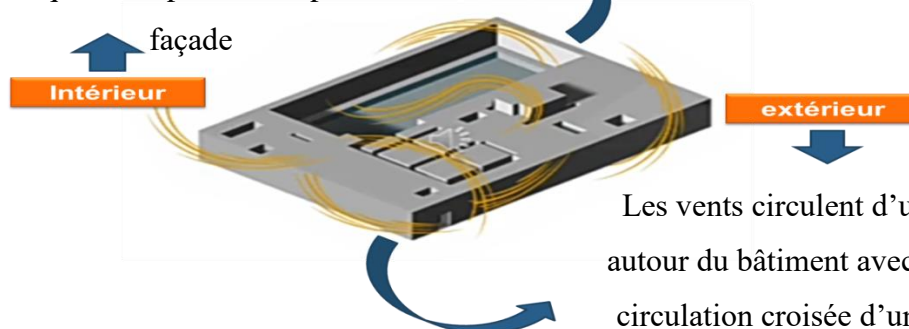
Source : Google earth / Auteur

Le projet est entouré par :

- des rues secondaires nord, sud et ouest de largeur de 6 m
- Et par le parking de côté nord-est
- Et par des édifices de R+2 de côté sud (à 25m du projet)
- Aucun obstacle matériel (Exposé aux vents et bien ensoleillé)
- **Parce que les proportions des portées et la façon dont elles sont distribuées permettent une entrée totale de fluide**

#### IV.2.1.7 Circulation des vents :

La fraîcheur de vent prédominant du port a été tiré avantage de chacune des directions dans lesquelles il pourrait impact sur la



Les vents circulent d'une façon efficace autour du bâtiment avec une possibilité de circulation croisée d'un endroit à l'autre, aidant à reculer le niveau de confort dans l'environnement intérieur

#### IV.2.1.8 Etude d'intérieur :

##### IV.2.1.8.1 Programme surfacique :

N °	Espace	Nombre	Surface (m <sup>2</sup> )	Description
1	Hall d'accueil	1	124	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hall commun desservant les vestiaires</li> <li>• Orienté vers le nord</li> <li>• Pour faciliter la circulation</li> <li>• Reconfiguré avec la création des escaliers « multi-pass »</li> </ul>
2	Salle de fitness	1	90	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A deux façade l'une permet l'entrée de la lumière naturelle en plus d'avoir une vue sur le parking et l'autre permet de voir la piscine balnéothérapie</li> </ul>
3	Salle de cardio-training	1	110	
4	Bassin loisir	1	175	
5	Pataugeoire	1	50	
6	Bassin de (0-3ans)	1	105	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orienté vers le nord-ouest</li> <li>• Avec un espace de jeux</li> </ul>
7	Bassin de (3-8ans)	1	117	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation des couleurs</li> </ul>
8	Zone toboggan	1	138	
9	Hammam	1	30	

10	Sauna	2	16*2	
11	Une zone de repos	1	53	
12	Spas individuel	1	94	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 cabines de soin avec un accueil spécifique</li> </ul>
13	Spas collectif	1	130	
14	Solarium	1	50	
15	Bassin de massage de partie inferieur	1	57	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orienté vers le nord</li> </ul>
16	Bassin de massage de partie supérieur	1	30	
17	Salle de soin de visage	1	12	
18	Les bureaux	1	50	<ul style="list-style-type: none"> <li>• placés dans le 1<sup>er</sup> étage avec une vue vers l'extérieur</li> </ul>
19	Dépôt	/	/	
20	Vestiaire et douche	4	334	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un accès direct à la lumière naturelle</li> <li>• Divisé en six espaces blocs séparés</li> </ul>
21	Sanitaire	2	64	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problème de ventilation</li> </ul>
22	Pédiluve	1	3-13	
23	Espace hygiène de bien-être	1	124	



24	Espace hygiène pour enfant	1	14	
25	Déchaussage	1	21	
26	Espace de manger	1	52	
27	Sanitaire	1	13	
28	Cuisine	1	22	
29	Coin de manger	1	25	
30	Bassin sportif extérieur	1	1050(50*21)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chauffé toute l'année</li> <li>• A deux façades dispose-lui d'ouvertures rectangulaires sur la ville et l'histoire quartier des docks</li> </ul>
31	Bassin de loisir extérieur	1	150	

Tableau 17: Programme surfacique de bain des docks

#### IV.2.1.8.2 Le plan de RDC :

Description du plan de RDC : L'entrée se fait par le nord, à partir d'une porte large et généreuse. Le RDC réservée par l'accueil, administration, les espaces de loisirs, de relaxation, de sport dans l'eau et ses espaces d'hygiènes

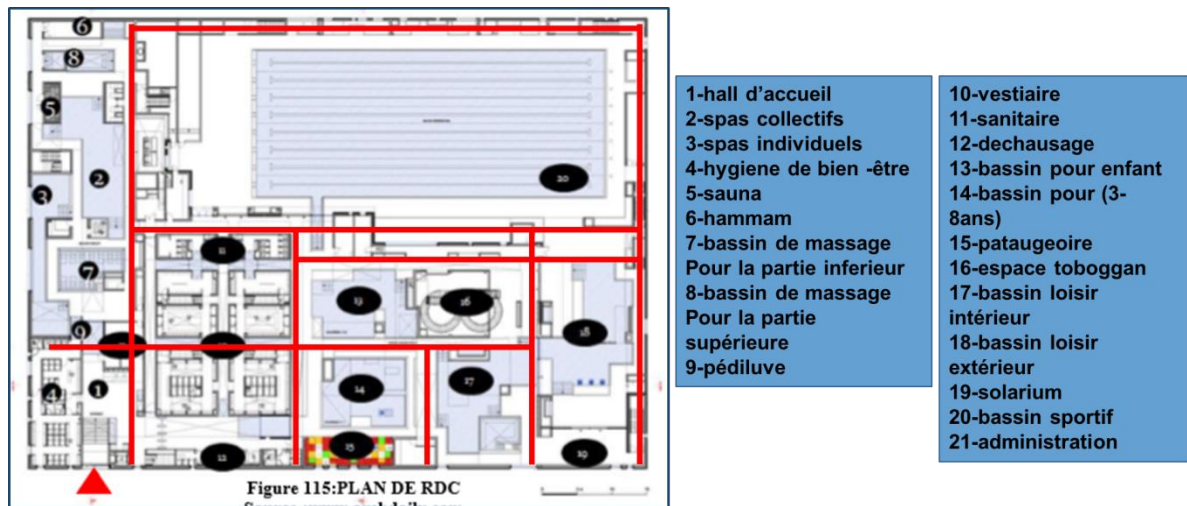


Figure 101: plan RDC de bain des docks

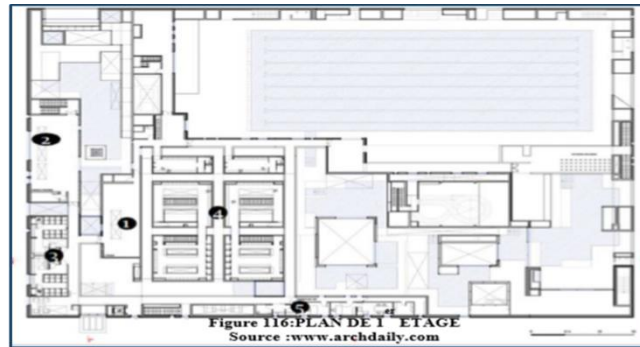


Figure 102: L'emplacement des bassins dans les bains des docks

#### IV.2.1.8.3 1<sup>er</sup> étage :

Description du plan de 1er ETAGE :

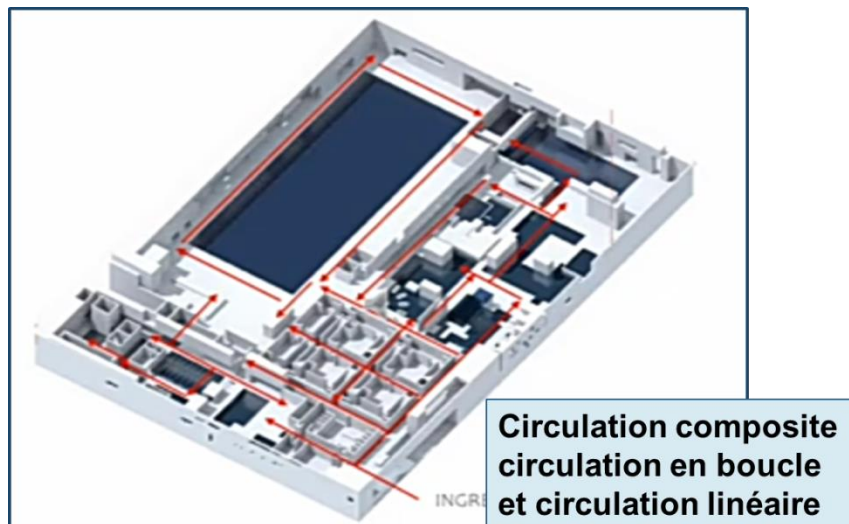
On peut parvenir au 1er étage par des escaliers et un ascenseur qui assurant l'accessibilité. Le 1<sup>er</sup> étage réservé par les espaces de sport hors l'eau et ses espaces d'hygiènes et de restauration.



- 1-Salle de fitness
- 2-salle cardio-training
- 3-vestiaire+sanitaire
- 4-vestiaire
- 5-espace de restauration

Figure 103: plan 1er étage de bain des docks

#### IV.2.1.8.4 Circulation :



#### IV.2.1.9 Analyse du cadre architectural:

##### IV.2.1.9.1 La forme planimétrique

- La forme de projet est rectangulaire
- Un centre lisible puisqu'il présente des diagonales.
- Inspiré par les thermes de l'époque romaine, le projet se développe entre les boîtes, des bords nets et des formes aléatoires de fournir un environnement blanc, lumineux et pur qui est interrompu que par des boîtes de couleurs vives dans l'aire de jeux

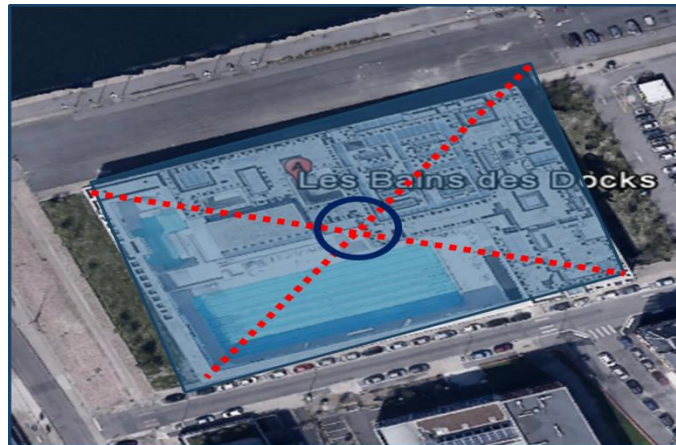


Figure 104: la forme de projet de bain des docks

Source : Google earth réadapté par l'auteur

#### IV.2.1.9.2 La volumétrie :

La volumétrie des bains des docks c'est un parallélépipède



Figure 105: la volumétrie de projet de bain des docks

#### IV.2.1.9.3 La façade et la coupe :

- Le bâtiment repose sur des façades en béton gris

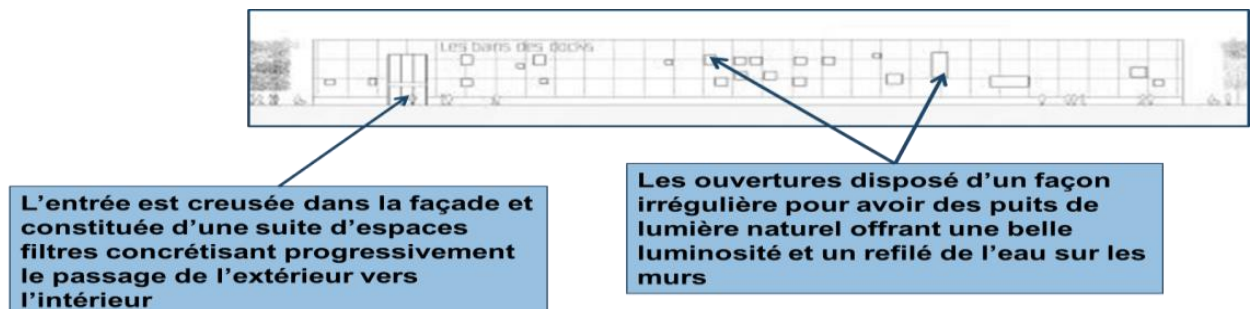




Figure 106: Coupe du projet bain des docks

La coupe montre que le projet a réservé les locaux techniques enterrer au sol et au RDC les espaces publics.

#### IV.2.1.10 Analyse du cadre structurel et technique:

##### IV.2.1.10.1 Matériaux et système constructif :

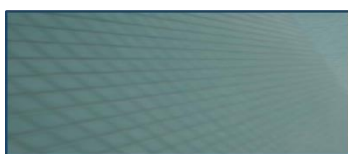


La construction se fait en béton armé :  
- 7 000 m<sup>3</sup> de béton « haute performance ».  
- 500 tonnes de ferrailage

- La résistance aux agressions chimique
- Résistance a la compression et la traction



-300 panneaux de façades préfabriqués sur place.



-15 000 m<sup>2</sup> de mosaïques soit plus de 32 millions de petits carrés, la mosaïque ayant envahi toutes les surfaces solmur-plafond

##### IV.2.1.10.2 Les ambiances :



Figure 109 : Les couleurs dans d'eauhydro-massant



Figure 108: Les jets L'espace de jeux d'enfant

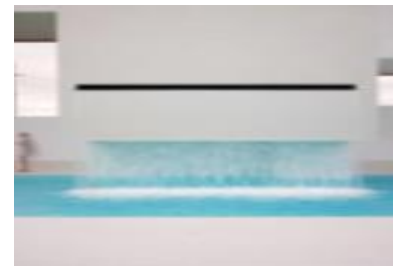


Figure 107: UNE CASCADE



Figure 111 : Le verre de fenêtres décorées donne une ambiance



Figure 112 : L'éclairage zénithal



Figure 110: L'éclairage artificiel

#### IV.2.1.11 Les concepts retenus de projet rendre « Les bains des docks jean nouvel » :

- L'eau chauffée à l'intérieur comme à l'extérieur permet l'utilisation de tous les bassins en toute saison.
- les bassins eux-mêmes seront recouverts de pâte de verre blanche qui réagira à la lumière du soleil créant des légers effets de réfraction.
- jeu d'ouvertures permettant astucieusement d'apercevoir depuis l'extérieur certains espaces intérieurs.
- Jean Nouvel avoir été séduit par la lumière et jouer avec les couleurs, avec les lignes et les volumes.
- l'éclairage zénithal naturel sur tous les espaces créent une ambiance calme et apaisante.
- Tous les plafonds sont munis d'un système acoustique constitué de faux plafonds en toiles tendues.

#### IV.2.1.12 Synthèse critique :

N°	Cible	Appliquer /non appliquer	Observation
1	Energie	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'eau chauffée à l'intérieur comme à l'extérieur permet l'utilisation de tous les</li> </ul>

			<p>bassins en toute saison</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'éclairage zénithal naturel</li> </ul>
2	Eau	/	/
3	MDC	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• béton gris anthracite</li> <li>• Pâte de verre</li> </ul>
4	Paysage	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégrer dans un milieu urbain et naturel (au bord de port)</li> </ul>
5	Sécurité et risque	/	/
6	L'air	/	/
7	Le bruit	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• un système acoustique constitué de faux plafonds en toiles tendues</li> </ul>
8	Les déchets	/	/

Tableau 18: synthèse critique de projet de bain des docks

## IV.2.2 Exemple 02: Complexe aquatique Intercommunal CASEO

### IV.2.2.1 Fiche technique :

- NOM:CASEO.
- TYPE D'EQUIPEMENT: Complexe aquatique intercommunal.
- SA SITUATION : France, Louviers.
- MAITRE D'OUVRAGE: Communauté D'agglomération Seine-Eure.
- MAITRE D'OEUVRE:
- L'ARCHITECTE: Emmanuel Delabranche né en 1969 au havre, la France.

- B.E.T Structure + fluide et VRD:GIRUS.
- B.E.T Acoustique: Acoustibel.
- ETYMOLOGIE: Caséo en référence à la Communauté d'Agglomération Seine –Eure auquel a été ajouté la lettre «O» afin d'identifier le milieu aquatique et l'eau.
- LE LOGO: Les couleurs choisies pour le logo:
  - des teintes de bleus: en référence à l'aquatique.
  - des couleurs chaudes : représenter la partie forme et ludique.
  - les formes: symbolisant les différents espaces du complexe aquatique.



Figure 113: Complexe aquatique Intercommunal CASEO

#### IV.2.2.2 Situation géographique:

CASEO se situe au nord-ouest de la France, dans l'agglomération Seine –Eure, où se trouve la Commune de Louviers.



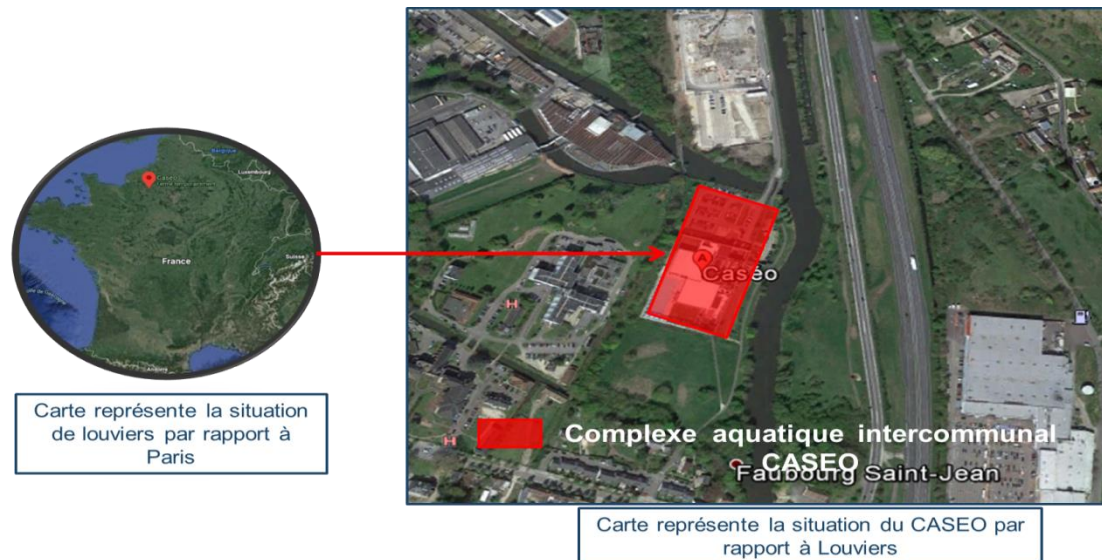


Figure 114: la situation de Complexe aquatique Intercommunal CASEO

Source : Google earth réadapté par l'auteur

#### IV.2.2.3 Analyse de contexte et l'environnement immédiat :



Figure 115: l'environnement immédiat de Complexe aquatique Intercommunal CASEO

Source : Google earth réadapté par l'auteur

- Le projet est situé au cœur d'un bassin de population important de 68 600 habitants, et proche des établissements scolaires
- le déficit constaté sur le territoire parce qu'il y a :

- seulement 2 équipements pour une population de 68 600 habitants ne permettent pas de répondre de façon satisfaisante aux exigences de l'Education Nationale, s'agissant de l'apprentissage de la natation aux plus jeunes.

-la vétusté de l'équipement situé à Louviers

#### IV.2.2.4 Accessibilité de complexe:

##### IV.2.2.4.1 Accessibilité mécanique :

L'accessibilité mécanique au complexe a été faite par l'autoroute A154 et une vois principal

La création d'un complexe aquatique intercommunal situé à l'extrémité de la rue du Canal à l'entrée Est de Louviers, en bord de l'Eure et en lien direct avec l'autoroute A154



**— Autoroute A154**  
**— La vois Principal**

Figure 116: Accessibilité mécanique de Complexe aquatique Intercommunal CASEO

Source : Google Maps réadapté par l'auteur

#### IV.2.2.4.2 Les accès : mécaniques et piétons :



Figure 117: Les accès mécaniques et piétons de Complexe aquatique Intercommunal CASEO

Source : Google earth réadapté par l'auteur



Figure 118: les accès au CASEO

On peut accéder à CASEO aux véhicules ou aux bus par la rue de canal soit au nord ou au sud, une fois près de projet, on peut stationner dans le parking au nord du complexe et accéder au complexe aux piétonnes .



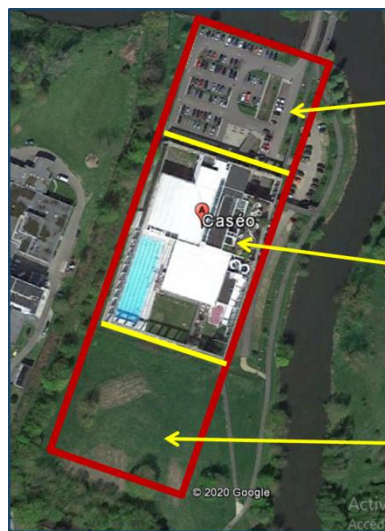
Figure 119: le parvis de CASEO

Et accéder aux piétonnes et aux cyclistes par la voie verte qui se trouve en Est et la voie ferrée désaffectée à l'Ouest. Une fois près de projet on a trouvé :

- la rampe au nord
  - Une longue parcelle
  - À l'est
  - les escaliers
  - un ascenseur
- } Qui mènent vers le parvis et accéder directement vers l'accès principale

#### IV.2.2.5 Implantation du projet :

Le terrain se compose de 3 tiers :



**Le 1er tiers nord recevant le parking et son entrée par l'ancien pont d'accès**

**Le 2eme tiers « central » est contraint par règles de recul et d'inconstructibilité définissant une emprise au sol réduite, aggravée d'un facteur de 35 % seulement constructible.**

**Le 3eme tiers inondable au Sud servant de zone d'expansion des crues**

#### IV.2.2.6 Etude d'intérieur :

##### IV.2.2.6.1 Programme surfacique :

N°	Espace	Nombre	surface	Observation
1	Sas d'entrée.	1	10	
2	Entrée	1	38	• L'entrée se fait au nord
3	Billetterie	1	22	
4	Hall d'accueil	2	48.3	
5	bassin sportif intérieur		510	• Orienté vers le nord

6	bassin d'apprentissage		150	
7	salle de fitness.		105.2	
8	salle de cardio-training.		110.3	
9	bassin ludique		122	
10	lagune de jeux.		50	
11	Pataugeoire		30	
12	zone toboggan		147	
13	jeux d'eau		90	
14	Hammam		12.5	
15	Tisanerie		43	
16	Sable chaud.		13	
17	Aromathérapie, luminothérapie		11	
18	Douche hydromassante		7	
19	Douche écossaise.		7	
20	Salle de glaces.		9	
21	Sauna		9	
22	bureau régie, administration		24	
23	office bassin		12.5	
24	vestiaire de la		8	

	personne			
25	Dépôt matériels zone éducatif		25.6	
26	Dépôt matériels zone loisir		23	
27	Entretien		16	
28	Pédiluve		8	
29	douche individuelle		35.5	
30	sanitaires.		26.6	
31	Pédiluve	1	8	
32	douche individuelle	1	35.5	
33	sanitaires.	1	26.6	
34	déchaussage.	1	25	
35	vestiaires individuels	1	226	
36	vestiaires collectif	1	27	
37	Patio	1	116	
38	Puits de lumière	1	32	
39	Bassin sportif extérieur.	1	750	
40	Pentaglisse	1	80	
41	jardin Zen	1	520	
42	solarium minéral	1	230	

43	solarium végétal	1	550	
----	------------------	---	-----	--

Tableau 19: Programme surfacique de CASEO

#### IV.2.2.6.2 Le plan de RDC :

**Description du plan de RDC :** L'entrée se fait par le nord, à partir d'une rampe large et généreuse. On peut également y parvenir par des escaliers et un ascenseur assurant l'accessibilité à tous. Une longue passerelle, tirée du Nord au Sud du site tout entier, borde le bâtiment en offrant aux usagers d'autres manières d'y parvenir, Cette passerelle directement raccordée au parvis. LE RDC réservée par l'accueil, administration, les espaces de loisirs et de sport dans l'eau et ses espaces d'hygiènes.



Figure 118: le plan RDC de CASEO

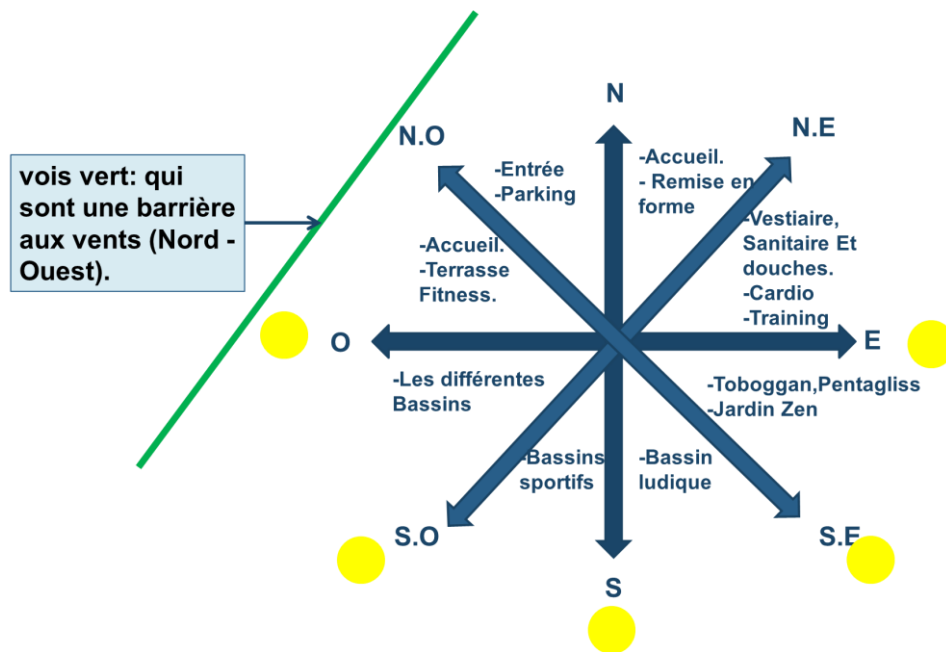
#### IV.2.2.6.3 Plan de 1er Etage:

**Description du plan de 1er ETAGE :** On peut parvenir au 1er étage par des escaliers et un ascenseur qui assurant l'accessibilité. LE 1er étage réservée par l'accueil, administration, les espaces de relaxation et de sport hors l'eau et ses espaces d'hygiènes.



Figure 119: le plan 1er Etage de CASEO

#### IV.2.2.6.4 Affectation des espaces :



#### IV.2.2.7 Analyse du cadre architectural:

##### IV.2.2.7.1 La forme planimétrique :

La forme planimétrique de complexe c'est un rectangle



Figure 120 : La forme planimétrique de CASEO

Source :Google earth réadapté par l'auteur

##### IV.2.2.7.2 La volumétrie :

La volumétrie de CASEO se s'élève sur les pilotés. C'est un parallélépipède contient deux volumes de cubes et un parallélépipède. Les deux volumes de cubes sont en



double hauteur. Et l'autre volume contient RDC et 1ER étage avec un jardin zen à la terrasse.



Figure 121 : La volumétrie de CASEO

#### IV.2.2.7.3 La façade et la coupe



Figure 122: La façade principale de CASEO

La façade principale présente une plus grande diversité : Écran, filtre, portique et soulèvement lui assurent un caractère « principal », une attention particulière. La rampe déjà mentionnée et le parvis soulevé ne laisse aucune ambiguïté sur sa fonction d'accueil, d'accès.

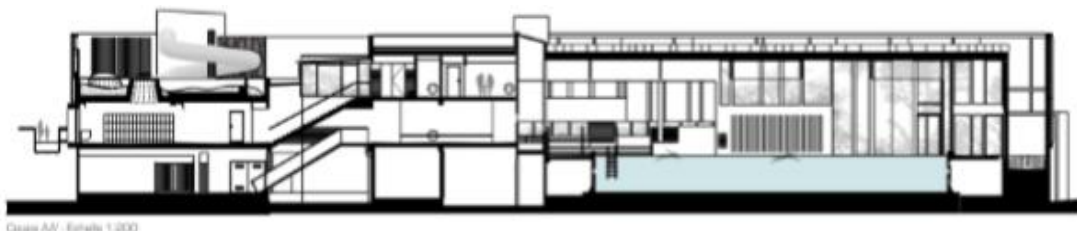


Figure 123: coupe de CASEO

La coupe montre que le projet a été développé au rez-de-chaussée les locaux techniques et au premier étage les espaces publics.

#### IV.2.2.8.1 Analyse du cadre structurel technique:



Figure 125: façade en béton de CASEO



Figure 124: façade en bois de CASEO

Les matériaux ont été choisis pour leur faible impact carbone (bois et béton)

L'utilisation du bois permet:

- Une exploitation non polluante, non destructive et renouvelable de sites.
- Un faible cout énergétique de production.
- Un approvisionnement de proximité.
- Un recyclage complet, confort et santé.
- Des économies de chauffage et une diminution de l'effet de serre.

#### IV.2.2.8.2 Les ambiances :



Figure 126: puits de lumière



Figure 127: les jets d'eau et les aménagements autour de bassin



Figure 128: les variations des végétations dans jardin zen.



Figure 129: les arbres ponctués dans un large ponton

#### IV.2.2.9 Les éléments biologiques :

- le projet s'inscrit dans une démarche Haut Qualité Environnemental (HQE): Tout le bâtiment fonctionne donc en lumière naturelle grâce aux nombreux vitrages et l'intégralité des services sera accessible à tous les publics (donc aussi aux personnes à mobilité réduite).
- Architecture en bois.
- Ventilation et Eclairage Naturels (grâce aux nombreux vitrages) .
- Il se soulève pour minimiser l'emprise de sol.
- Les espaces enherbés permettant de profiter du soleil en été.
- Le projet est parallèles a la vois vert (les rideaux de peupliers) qui sont une barrière aux vents (Nord -Ouest).
- Récupération des eaux pluviales dans des bassins d'infiltration qui sont plantés de plantes aquatiques macrophytes dépolluantes.
- Jardin à la terrasse est composé de plantes aux floraisons printanières ou estivales de terre de bruyère.
- la paroi périphérique possède un traitement anti-bruit.

#### IV.2.2.10 Synthèse critique :

N°	Cible	Appliquer /non appliquer	Observation
1	Energie	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lumière naturelle grâce aux</li> </ul>

			nombreux vitrages
2	Eau	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Récupération des eaux pluviales dans des bassins d'infiltration</li> </ul>
3	MDC	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Architecture en bois</li> </ul>
4	Paysage	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intégrer dans un milieu naturel</li> <li>Le projet est parallèles a la vois vert</li> </ul>
5	Sécurité	/	/
6	L'air	/	/
7	Le bruit	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>la paroi périphérique possède un traitement anti-bruit</li> </ul>
8	Les déchets	/	/

Tableau 20 : Synthèse critique de CASEO

### IV.2.3 Exemple 03: le centre aquatique le Cube d'eau

#### IV.2.3.1 Fiche technique :

- **SITUATION** : Pékin, chine
- **ETAT** : en service
- **OUVERTURE** : 2008
- **ECHELLE D'APPARTENANCE** : national
- **CAPACITÉ D'ACCUEIL** : 17 000 places ( 6000 permanentes et 11 000 temporaires comme pendant les Jeux olympiques).
- **SURFACE TERRAIN** : 69500m<sup>2</sup>
- **CES** : 0.43
- **GABARIT** : RDC

- **Structure** : charpente métallique
- **Hauteur** : 30 m



Figure 132: le centre aquatique le Cube d'eau

#### IV.2.3.2 Situation :

Situé au sud du Parc olympique de Pékin, le centre aquatique s'étend sur 6,95 hectares et peut héberger 17.000 spectateurs, sur 6.000 sièges permanents et 11.000 sièges provisoires.

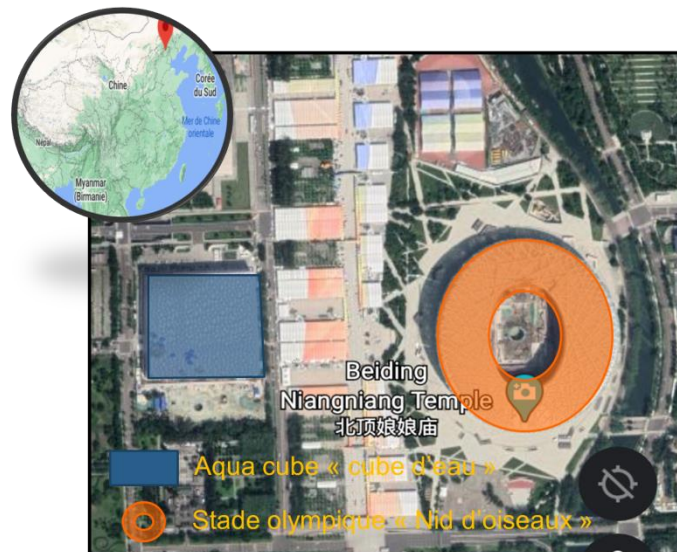


Figure 130: la situation de centre aquatique le Cube d'eau

Source : Google earth

#### IV.2.3.3 L'environnement immédiat :

L'aqua- cube se dresse au sein d'une cité olympique unicité et spécificité de fonction par rapport à l'environnement.

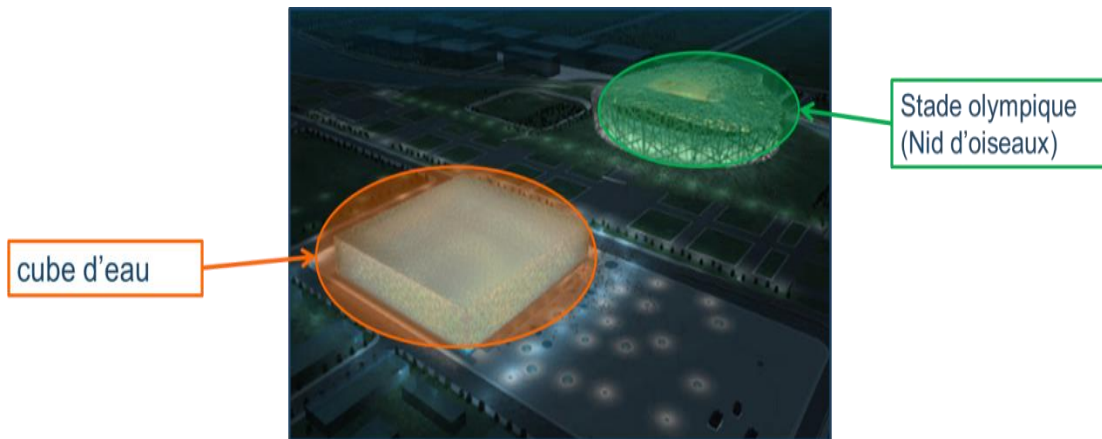


Figure 131: L'environnement immédiat de centre aquatique le Cube d'eau

Source : Google earth

#### IV.2.3.4 Implantation et accessibilité de projet :

Accès : Le centre est doté de 05 accès :

- Accès principal pour les membres du club
- Accès public pour les visiteurs
- Accès secondaire
- Parking : repartis sur deux pour au service du stade et du centre aquatique.

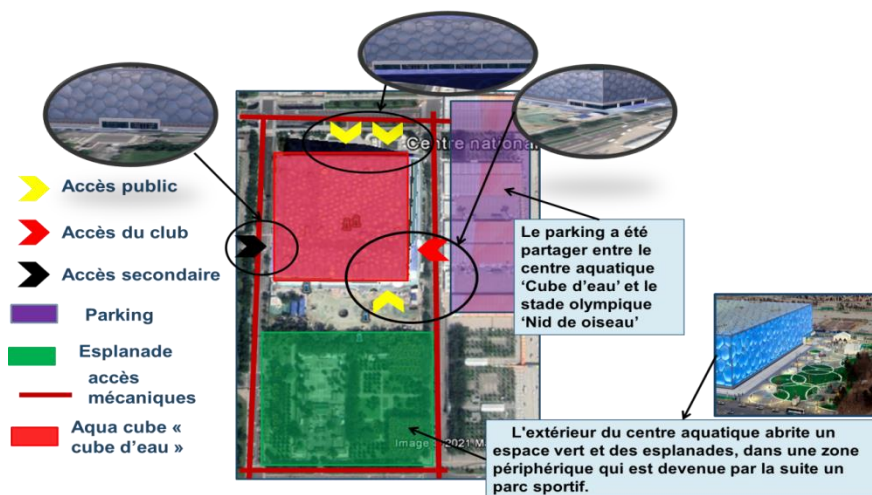


Figure 132: plan de masse de centre aquatique le Cube d'eau

Source : Google earth

**IV.2.3.5 Etude d'intérieur :**

**IV.2.3.5.1 Programme surfacique :**

Espace	Surface m <sup>2</sup>
Accueil et administration	1120
Guichet (2)	80
Aire de jeux (6)	360
Loisir aquatique	8120
Magasin de détail (9)	200+455
Douches (2)	80
Vestiaire	240
Basket Ball	1160
Piscines	Piscine olympique 1200
	Piscine 840
	gradins 950
Salle omnisport et	2080
Gradins	445
Concession (7)	506
Cafeteria	480
Foyer	470

Sanitaire (3)	90
Bar	90
Locaux technique	225

Tableau 21: Programme surfacique de centre aquatique le Cube d'eau

#### IV.2.3.5.2 Le plan de RDC :

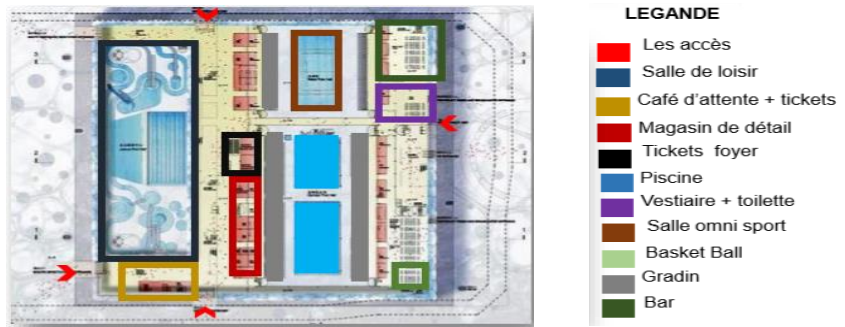


Figure 133 : la distribution spatiale de centre aquatique le Cube d'eau

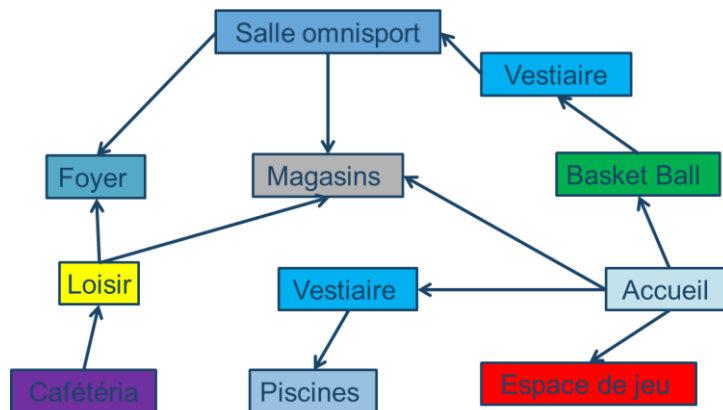


Figure 134: l'organigramme spatial de centre aquatique le Cube d'eau

#### IV.2.3.5.2.1 Les bassins :



Figure 135: Les bassins de centre aquatique le Cube d'eau



La structure cubique, abritant 3 bassins :

- un bassin de 3m de profondeur
- un bassin pour échauffements
- un bassin pour les épreuves de plongeon.

#### IV.2.3.5.2 Salle de loisir :



Figure 136: Salle de loisir de centre aquatique le Cube d'eau

L'espace est aménagé tout en couleur avec :

- Des toboggans,
- Une rivière,
- Des cascades,
- Une piscine à vagues,
- Des méduses flottantes

#### IV.2.3.5.2.3 Les bureaux :

Bien éclairé artificiellement avec l'accès principal ainsi que deux guichets.



Figure 137: Les bureaux de centre aquatique le Cube d'eau

### IV.2.3.6 Analyse du cadre architectural:

#### IV.2.3.6.1 La forme planimétrique :

- La forme de projet est un carré
- Un centre lisible puisqu'il présence des diagonales.
- les partenaires chinois ont estimé un carré était plus symbolique à la culture chinoise
- En architecture, cette forme est prétendue être un gain d'espace contrairement un cercle
- Le carré est également exempt de toute tension et est symbole de neutralité, et d'objectivité, il est solide et stable.

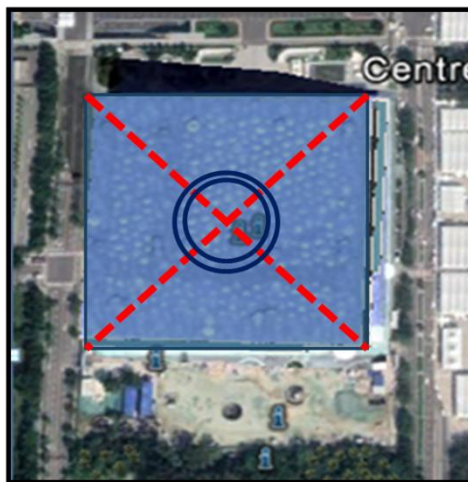


Figure 138: la forme de centre aquatique le Cube d'eau

#### IV.2.3.6.2 La volumétrie :

- Le volume est de forme compacte, un simple cube translucide purement géométrique.
- Le projet est aligner avec la rue depuis trois façades

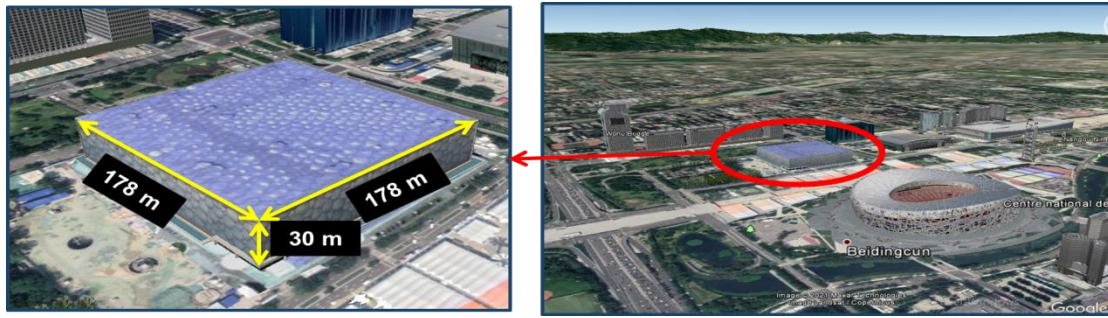


Figure 139: La volumétrie de centre aquatique le Cube d'eau

Source : Google earth réadapté par l'auteur

#### IV.2.3.6.3 Les façades :

Avec des bulles rassemble à celle du savon : utilisant plus de 100.000 m<sup>2</sup> de feuilles polymère translucides ETFE (éthylène-tétra-fluor éthylène) ont été déployés pour former les parois des coussins d'air, afin d'obtenir l'apparence de cellule en 3D.

Avec l'idée de couvrir le cube avec des bulles, symbolisant l'eau.

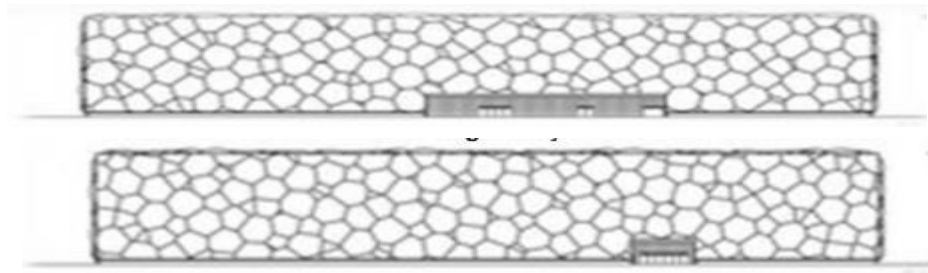


Figure 140: les façades de centre aquatique le Cube d'eau

#### IV.2.3.7 Les ambiances :

##### • Le hall d'entrée :



Figure 144: Le hall d'entrée de centre aquatique le Cube d'eau

Recevant un éclairage artificiel assez dense, il donne sur l'accès principal et les guichets.

• **L'éclairage :**

Se fait selon deux possibilités :

**1 - Naturel :**

Économique et se fait grâce aux parois transparentes qui permettent de profiter de 9 heures d'éclairage.

**2 - Artificiel :**

Avec des projecteurs situés au-dessus du bassin et suspendus au plafond.

- Style architectural : Contemporain
- La transparence est assurée par le matériau utilisé au niveau des façades
- intégration en contraste avec le stade olympique « le nid d'oiseaux » dans la cité olympique.
- 3 000 coussins d'air forment les 110 000 m<sup>2</sup> de façade.

**IV.2.3.8 Les éléments biologiques :**

- Bâtiment cubique de style déconstructiviste.
- Forme de cube translucide purement géométrique.
- Utilisation de ETFE « éthylène tétrafluoroéthylène », un matériau plastique transparent très résistant aux différences de pression et de température.
- Le bâtiment se veut résolument écologique ; il produit lui-même sa propre électricité et recycle les eaux de pluie, l'éclairage à travers les parois permet de diminuer la consommation d'énergie.
- Le plafond et les murs reprennent le thème redondant des bulles au travers desquelles on peut voir par transparence une armature complexe.
- La structure incluse entre deux parois : une intérieure et une extérieure.

**IV.2.3.9 Synthèse critique :**

N°	Cible	Appliquer /non appliquer	Observation
1	Energie	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il est capable de produire lui-même sa propre électricité</li> <li>• La paroi transparente laissant passer la lumière naturelle</li> <li>• Huit bouches d'aération ont été installées sur le toit et les parois</li> </ul>
2	Eau	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• recycler les eaux de pluie</li> </ul>
3	MDC	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le matériau utilisé permet de contrôler le niveau de transparence des bulles ; on peut réduire la luminosité à l'intérieur et à l'extérieur</li> <li>• Utilisation de ETFE « éthylène tétrafluoroéthylène », un matériau plastique transparent très résistant aux différences de pression et de température.</li> </ul>
4	Paysage	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégrer dans un milieu urbain (un cité olympique)</li> </ul>
5	Sécurité	/	/
6	L'air	/	/
7	Le bruit	Appliquer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le MDC utilisé permet l'isolation faunique</li> </ul>
8	Les déchets	/	/

Tableau 22 : synthèse critique de centre aquatique le Cube d'eau

#### IV.2.3.10 Recommandation de conception :

Situation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se situe généralement a la périphérie de la ville</li></ul>
Accessibilité	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bien desservi par le réseau routier, et les moyens de transport.</li></ul>
Fonctions	<ul style="list-style-type: none"><li>• Réparti en trois grands pôles: ludique, sport et bien être</li></ul>
Plan de masse	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intégration en harmonie au site avec des formes fluides et organiques</li><li>• Développement du projet en largeur plus qu'on hauteur</li><li>• Intégration du projet à la naturel.</li></ul>
Forme	<ul style="list-style-type: none"><li>• Implantation éclaté avec des hauteurs réduites afin de respecter l'échelle humaine</li></ul>
Fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les activités aquatiques se situent au niveau du R.D.C, et ont une très grande relation avec l'extérieur.</li><li>• Les niveaux supérieurs sont réservés aux autres fonctions (secondaires).</li><li>• Une organisation spatiale claire avec une hiérarchisation des espaces (séparation des différentes fonctions)</li></ul>
Matériaux et techniques bioclimatiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'utilisation de la charpente pour assurer les grandes portées.</li><li>• Traitement de façades par le vitrage pour tirer profit de l'éclairage naturel et avoir un aspect de visibilité et de transparence.</li><li>• L'utilisation des matériaux écologiques.</li></ul>

---

Tableau 23 : Les recommandations de la conception

## **V.1 Programmation :**

« Le programme est un moment fort du projet. C'est une information obligatoire à partir de laquelle l'architecture va pouvoir exister. C'est un point de départ mais aussi une phase préparatoire »<sup>86</sup>

Selon Bernard Tschumi : « le programme est un moment en amont du projet, c'est une information obligatoire à partir de laquelle l'architecture va pouvoir exister, c'est un point de départ, mais aussi une phase de préparation »

La programmation architecturale est une démarche prévisionnelle, elle permet d'avoir une vision globale de l'opération envisagée et de maîtriser le processus de rationalisation de celle-ci par rapport à la commande. Elle part de l'idée initiale, fondatrice du futur projet, jusqu'à la mise en service des locaux.

Le programme est la dimension arithmétique de quantification pour constituer un véritable cadre objectif pour la conception architecturale en définissant les rôles et les buts de l'équipement ; en hiérarchisant et regroupant les activités.

### **V.1.1 Objectifs de la programmation :**

Les objectifs du programme s'articulent autour de la vocation du loisir et sport aquatique d'un projet; cela se traduit par :

- Définir les fonctions et les activités de l'équipement et leur hiérarchisation.
- Etudier les différents modes de relations fonctionnelles.
- Définir un schéma général d'organisation spatial du projet.
- Traduire le besoin en programme d'espaces et des surfaces.
- L'accompagnement du programme qui caractérise le projet, par une Somme d'espaces sportifs et de loisir, afin de faire de cet équipement un lieu fréquenté, aussi bien, pour sa qualité d'espace
- Etablir le programme de base.

---

<sup>86</sup> Cahier de l'EPAU n°2-3 1993, «programmation et conception en architecture» ; essais méthodologiques », M. Azouz ; enseignant à l'EPAU.

**V.1.2 Tableau comparatif :**

<b>Espace</b>	<b>Exemple 01 Le bain des docks</b>	<b>Exemple 02 Complexe aquatique CASEO</b>	<b>Exemple 03 Centre aquatique le cube d'eau</b>	<b>Programme retenue</b>
Hall d'accueil	<b>124</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	✓
Billetterie	/	<b>22</b>	<b>80</b>	✓
administration	/	<b>44.5</b>	<b>120</b>	✓
Salle de fitness	<b>90</b>	<b>105.2</b>	/	✓
Salle de cardio-training	<b>110</b>	<b>110.3</b>	/	✓
Bassin loisir	<b>175</b>	<b>122</b>	<b>250</b>	✓
Pataugeoire	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>80</b>	✓
Bassin enfant	<b>222</b>	/	/	✓
Zone toboggan	<b>138</b>	<b>147</b>	<b>244</b>	✓
Pataugeoire	/	<b>30</b>	<b>74</b>	✓
penta glisse	/	<b>80</b>	/	✓
Hamмам	<b>30</b>	<b>12.5</b>	/	✓
Sauna	<b>32</b>	<b>36</b>	/	
Une zone de repos	<b>53</b>	✓	✓	✓
Spas individuel	<b>94</b>	/	/	/
Spas collectif	<b>130</b>	/	/	✓
Solarium	<b>50</b>	/	/	✓
Salle massage de partie inferieur	<b>57</b>	/	<b>64</b>	✓
salle massage de partie supérieur	<b>30</b>	/	/	✓
Salle de soin	<b>12</b>	/	/	✓



de visage				
Tisanerie	/	<b>43</b>	/	/
Les bureaux	<b>50</b>	<b>48</b>	√	√
Dépôt	√	<b>48</b>	√	√
Vestiaire	<b>334</b>	<b>253</b>	<b>60</b>	√
Douche	√	<b>49.5</b>	<b>60</b>	√
Sanitaire	<b>64</b>	<b>26.6</b>	<b>60</b>	√
Pédiluve	<b>93</b>	<b>8</b>	/	√
Espace hygiène pour enfant	<b>14</b>	/	/	/
Déchaussage	<b>21</b>	/	/	/
Espace de manger	<b>52</b>	√	<b>76</b>	√
Cuisine	<b>22</b>	√	<b>30</b>	
bassin d'apprentissage	/	<b>150</b>	<b>120</b>	√
Bassin sportif extérieur	<b>1050</b>	<b>750</b>	/	√
Bassin de loisir extérieur	<b>150</b>	<b>750</b>	/	√
Sable chaud	/	<b>13</b>	/	/
Douche hydromassante	/	<b>7</b>	/	/
Dépôt matériels	/	√	√	√
Locaux technique	√	√	√	√
Bar	/	/	<b>30</b>	/

Tableau 24 : la comparaison entre les programmes

### V.1.3 Programme surfacique :

Fonction	Espace	Nombre	Surface	Surface totale
Accueil et regroupement	Accueil			630
	Hall d'accueil	1	120	120
	Réception	1	10	10
	Salle d'attente	1	120	120
	Aquarium	1	50	50
	Salle d'exposition	1	200	200
	Loge de sécurité	1	30	30
	Billetterie	4	15	60
	Sanitaire	2	15	30
	Administration			145
	Bureau directeur	1	30	30
	Bureau secrétaire	1	20	20
	Salle de réunion	1	80	80
	Sanitaire	2	15	15
Restauration	Restaurant			335
	Espace de consommation	1	220	220
	Cuisine	1	50	50
	Chambre froide	1	15	15
	Dépôt	1	20	20
	Sanitaire	2	15	30
	Pizzeria			250
	Espace de consommation	1	130	130
	Cuisine	1	60	60
	Chambre froide	1	15	15
	Dépôt	1	15	15
	Sanitaire	2	15	30
	Sport	Sport		
Accueil et attente		1	90	90

	Salle de musculation	1	100	100
	Salle de gym	1	90	90
	Salle de fitness	1	90	90
	Salle polyvalente	1	90	90
Sport aquatique	Sport aquatique			2741
	Hall d'accueil	1	100	100
	Espace de regroupement	1	100	100
	Vestiaire	1	100	100
	Douche	1	190	190
	Sanitaire	1	34	34
	Bureau de moniteur	2	38	76
	Infirmierie	1	20	20
	Bassin semi-olympique	1	375	375
	Salle de cardio-training	1	100	100
	Bassin plongeon	1	300	300
	Bassin d'apprentissage	1	240	240
	Gradin	1	1000	1000
	Local matériel	1	30	30
Formation	Formation			370
	Accueil	1	20	20
	Salle de cour	4	40	160
	Bureaux	4	20	80
	Salle polyvalente	1	80	80
	Sanitaire	2	15	30
Loisir aquatique	Loisir aquatique			1830
	Accueil	1	100	100
	Pataugeoire	1	300	300

	bassin avec toboggan	1	300	300
	Bassin à vague	1	300	300
	Bassin pour adulte	1	300	300
	Bassin pour enfant+ bébé nageur	1	200	200
	Bureau moniteur	2	30	60
	Vestiaire	1	100	100
	Douche	1	34	34
	Sanitaire	1	34	34
	Infirmierie	1	20	20
Remise en forme				1008
	Hammam			430
	Accueil + attente	1	60	60
	Vestiaire	2	30	60
	Douche individuel	2	30	60
	Jacuzzi	4	15	60
	Chambre tiède	1	80	80
	Chambre chaude	1	80	80
	Sanitaire	2	15	30
				430
	Accueil + attente	1	80	80
	Salle de massage	12	15	180
	Solarium	2	40	80
	Douche	2	15	30
	Vestiaire	2	15	30
	Sanitaire	2	15	30
	Sauna			288
	Accueil + attente	1	80	80

	attente			
	Sauna	6	18	18
	Salle de yoga	1	100	100
	Salon de beauté 408			
	Accueil + attente	2	80	160
	Salon de coiffure	2	62	124
	Salon de soin esthétique	2	62	124
Commerce	Boutique			120
	Boutique de souvenir	1	30	30
	Boutique article de sport	1	30	30
	Boutique article de natation	1	30	30
	Boutique pour produit bien être	1	30	30
Block médical	Block médical			115
	Salle de consultation	1	30	30
	Infirmierie	1	20	20
	Pharmacie	1	30	30
	Salle d'attente	1	20	20
	Sanitaire	2	15	30
Local technique	Local technique			260
	Groupe électrogène	1	30	30
	Traitement de l'air	1	30	30
	traitement d'eau	1	30	30

	Chaufferie et Climatisation	1	60	60
	Conversion de l'énergie solaire vers l'électricité	1	80	80
	Atelier technicien	1	30	30
<b>Hébergement</b>	Hébergement			1150
	Chambre simple	7	30	210
	Chambre double	10	40	400
	Suite	6	90	540
<b>Loisir extérieur</b>				1900
	Bassin principale	1	850	850
	Bassin toboggan	1	370	370
	Aire de jeux aquatique pour enfant	1	680	680

Tableau 25: Le programme surfacique

#### **IV.4 Genèse et démarche du projet :**

**Le projet proposé :** centre aquatique de loisir et de sport, dans la commune de Ben Djerrah – Guelma - . Dans une assiette de 6 a de surface.

##### **IV.4.1 Objectifs :**

- Concevoir un centre aquatique de loisir et de sport a empreinte écologique.
- Assurer une conception solaire en intégrant les principes de l'architecture bioclimatique.

##### **IV.4.2 Principes à suivre :**

Notre conception est basée sur les recommandations suivantes :

- Respecter l'environnement.
- L'utilisation des Eco matériaux.
- Utilisation de système solaire passif par l'utilisation des principes de l'architecture bioclimatique et le système solaire actif en intégrant des panneaux solaire.
- Minimiser la consommation énergétique.
- L'utilisation de double vitrage.

##### **IV.4.3 Présentation de la méthode de conception :**

La méthode utilisée pour la conception de l'idée de base du projet s'intitule « la métaphore».

Une métaphore d'un élément de la nature nous permet de consolider une relation entre le thème et le projet.

Une métaphore intangible de la goutte d'eau car elle est l'indicateur principal de la présence d'eau dans le projet.



Figure 142: la goutte d'eau

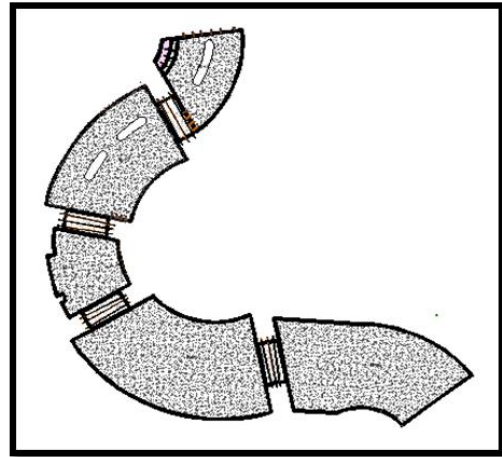


Figure 141 : La forme finale obtenue par rapport à la métaphore de la goutte d'eau

#### IV.4.3.1 Première étape : accessibilité et circulation:

Le projet est accessible par plusieurs types d'accès :

- La création d'une voie piétonne de 15 m de largeur pour un renforcement d'accessibilité piétonne.
- La création d'un lac d'eau artificiel pour intégrer la nature dans le projet.
- **L'axe majeur :**
  - ✓ la route de la willaya N° 162 de 22 m de largeur, sur lequel le projet est orienté.

L'exploitation de cet axe majeur par la construction d'une façade principale qui donne sur ce dernier pour enrichir le projet.

- **L'axe secondaire :**
  - ✓ contiennent de nœud de repère de départ du projet. Il présente la vue axonométrique de tout le projet.



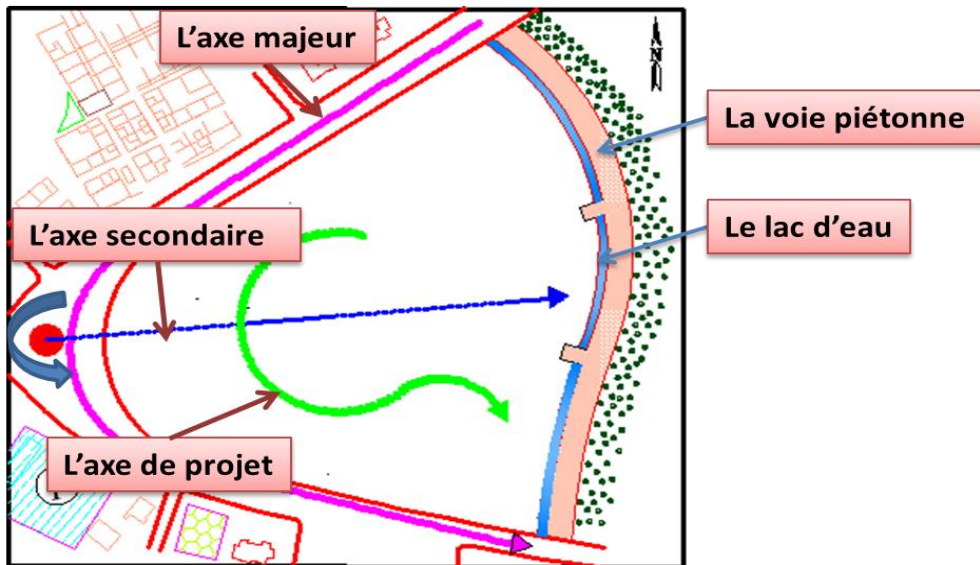


Figure 143 : Schéma montrant les différents axes du projet.

#### IV.4.3.2 Deuxième étape : les accès :

Le projet est accessible par un accès majeur :

- Un accès principal qui contient l'entrée principale piétonne
- L'accès mécanique vers les parkings à partir la route de la willaya N° 162 qui se caractérise par un flux mécanique assez important.
- Un autre accès mécanique avec un moins flux mécanique et autre piéton réservé aux spectateurs.

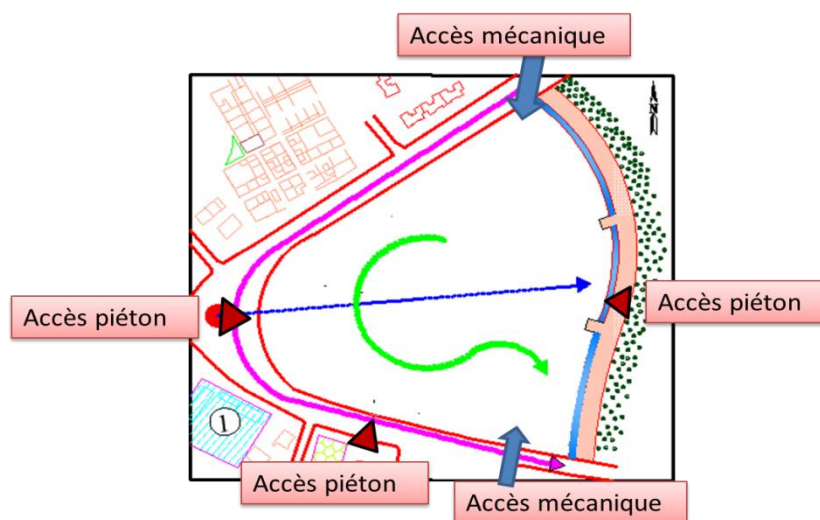


Figure 144 : Schéma montrant les différents accès du projet.

### IV.4.3.3 Troisième étape : Approche environnementale

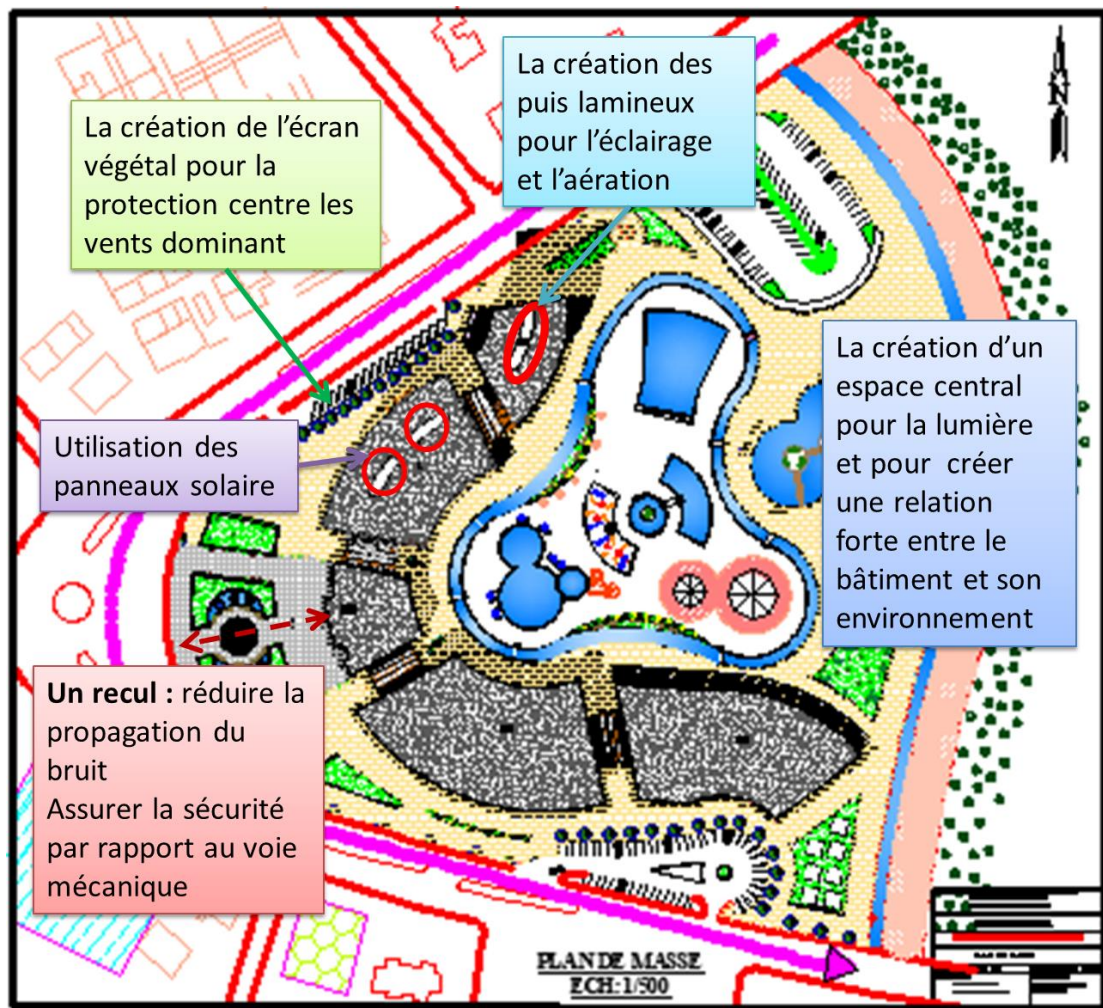
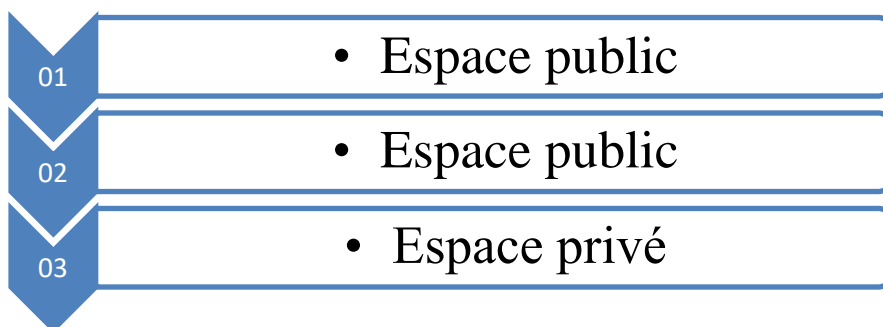


Figure 145 : Schéma montant l'environnement et les différentes techniques écologiques intégrées

### IV.4.3.4 Quatrième étape : Schéma de principe

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



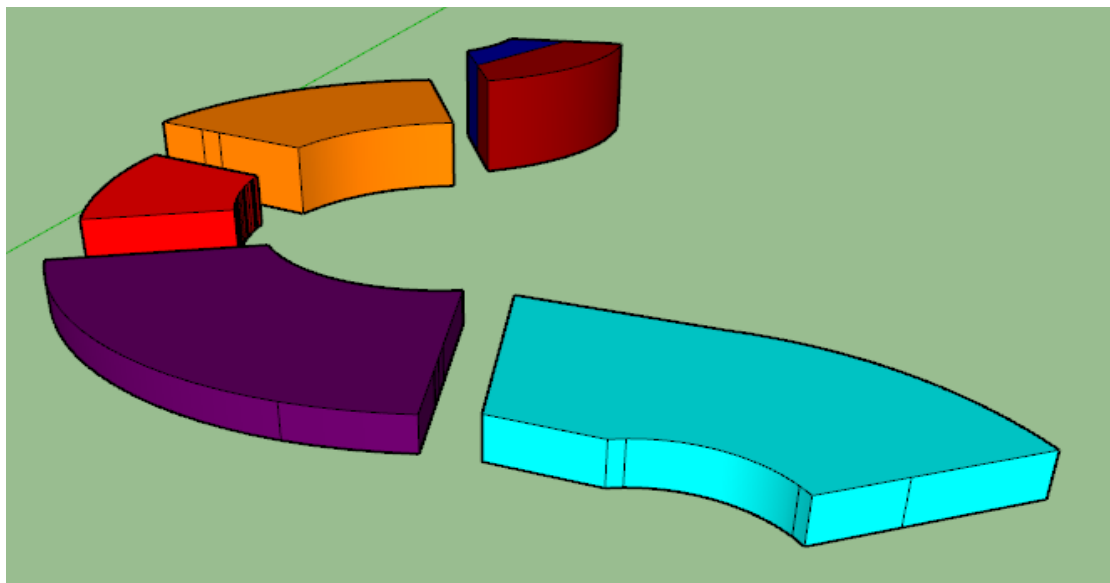


Figure 146: Schéma de principe du projet

**Conclusion générale :**

Les ressources fossiles exploitées jusqu'à nos jours tendent de plus en plus vers l'épuisement. La consommation énergétique, dont le secteur du bâtiment est considéré premier consommateur d'énergie et troisième émetteur de gaz à effet de serre, devrait être convenablement réfléchi dans tous les projets de développement. La transition vers les énergies renouvelables devient plus que nécessaire, et nous appel à se procéder à la mise en disposition de nouveau système de construction.

L'essor de l'architecture écologique, ainsi bioclimatique, permet à la fois la théorisation et la concrétisation de cette réflexion dans la production architecturale du cadre bâti. Cette conception vise principalement plusieurs paramètres bioclimatiques qui sont : l'orientation, l'implantation, la ventilation, l'isolation, etc. Ainsi qu'une introduction des différentes dispositions de l'énergie solaire en minimisant le recours aux énergies fossiles, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement.

Sur le plan opérationnel, Il existe une diversité de méthodes « solaires », chacune d'elles a des conséquences sur l'aspect du bâtiment, L'utilisation de l'énergie solaire dans le bâtiment conduit au recours aux techniques différentes : thermiques pour produire de la chaleur ou photovoltaïques pour produire de l'électricité.

Dans cette optique, nous avons tenté d'effectuer une analyse d'efficacité énergétique des panneaux solaires sur notre cas d'étude par l'utilisation d'un outil de simulation offert par le logiciel ArchiWIZARD. La simulation des panneaux solaires nous a permis de constater que la quantité d'énergie thermique et électrique générée par cette source renouvelable avec orientation sud peut couvrir la demande énergétique annuelle avec un important taux de rendement. Ainsi cette étude nous a permet de conclure que l'amélioration de l'efficacité énergétique des projets aquatiques peut être assurée en appliquant une démarche conceptuel passive qui se base, d'une part, de l'analyse de site, et d'autre part par la valorisation des solutions bioclimatiques.

**Bibliographie :**

**Ouvrage :**

- Alvar A., (1995), *La table blanche et autres textes, Humaniser l'architecture*. Parenthèses. 268p.
- Fernandez, P & Lavigne, P., (2009). *Concevoir des bâtiments bioclimatiques*. Paris : Le moniteur. 92p.
- François .M., (2009), « *Habiter écologique : quelles architectures pour une ville durable ? cité de l'architecture & du patrimoine, L'empreinte architecturale de l'écologie* ».
- Grégoire B., (2015). *Architecture et Écologie, comment partager le monde habité ?* , 2eme Edition, p18, pp213,
- Liebard, A., (2004). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*. Paris : Le moniteur. P60
- Mazouz, S., (2004). *Éléments de conception Architecturale*. Alger : OPU.
- Rolf.E., (2010). « Développement d'un environnement de simulation de systèmes complexes. Application aux bâtiments ».P12-15

**Reuves :**

- AOUDIA, M-T., (2009). « Gaz à effet de serre et réchauffement climatique ». *Equilibre : La lettre de la commission de régulation de l'électricité et de gaz*, numéro spécial, environnement et développement durable, N°5 ; P4
- Desprez, H .,(2004). « Maitrise de l'énergie dans le bâtiment Définition usages .consommation », *Revue technique de l'ingénieur*, N° BE 9020, vol 4.
- Shobhakard. (2005) , « Comment infléchir les émissions de CO<sub>2</sub> dans quatre mégapoles d'Asie » *la Revue Durable «Vivre ensemble en mégapole* » , N° 14.
- Zondag, H- A & al., (2003). « *The yield of different combined PV-thermal collector designs* ». Solar Energy. Vol 74. Pp 253-269.

**Thèses et mémoires :**

- BENAMRA, M., (2013). « Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale ». Mémoire de magister. UNIV Mohamed KHIDER. BISKRA.
- Boukli Hacene (Mohammed El Amine) : Aspects Énergétiques, Économiques et Environnementaux d'une Habitation Écologique, Thèse de Doctorat en Physique, Faculté des Sciences, Université Abou Belkaid,
- Emilie. B 'conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception'. Mémoire.
- GAGNON, Sh., (2012). « Energie solaire et architecture : Les outils numériques et leur utilisation par les architectes pour la conception solaire ». Mémoire de maitre en science. Univ Laval. Québec, P 39.
- Houpert, S., (2003). « Approche inverse pour la résolution de contraintes solaires et individuelles dans le projet architectural et urbain ». Thèse de doctorat. École d'architecture de Nantes.
- MENALI. (2017). « Vers une architecture solaire des établissements universitaires à Guelma ». Mémoire de Master. L'Université 08 Mai 1945 de Guelma. Architecture Ecologique
- KHALDI Sabrina, étude numérique de la ventilation naturelle par la cheminée solaire, page 30.
- Morillon, R., (2005) « L'intégration de l'efficacité énergétique et développement urbain durable dans les bâtiments », Thèse de master en Génie urbain, Université Marne la vallée.
- Redjal.O., (2005).vers un développement urbain durable, université de Constantine .p23.
- Talal.S, (2007). Thèse : Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.p: 47.
- Thèse : Les énergies renouvelables en Hôtellerie, Emmanuelle JACQUOT, 2008. 21

**Articles:**

- De Asiain. A, et al., “Reflections on the Meaning of Environmental Architecture in Teaching”, the 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, 19 – 22 September 2004, P.1-
- GROBE (Carsten) : Construire une maison passive, Conception, Physique de la Construction, Détails de construction, Rentabilité. L'inédite. 2008. P148
- Production d'eau chaude solaire, PDF, Edition originale: ISBN 3-905232-16-2, N° de commande 724.213 f

**Documents gouvernementaux :**

- GIEC., (2008). Changements Climatiques. Rapport de Synthèse. [En ligne] [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
- JORADP, la loi de 06-06 l'orientation de la ville.
- Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 5e rapport d'évaluation (2013)
- Les dossiers FNAU.N°07-Mai 2001.Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme-paris.
- Ministère de l'Écologie du Développement durable des Transports et du Logement, Les essentiels du développement durable, Février 2012
- Ministère de l'Énergie et des Mines, « Consommation énergétique finale de l'Algérie »
- Ministère de l'Énergie et des Mines. Evolution du secteur de l'énergie et des mines 1962-2007.
- Programme indicatif des besoins de production d'électricité 2007-2018, CREG.
- [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch), SSES –Fiche d'informations sur l'architecture solaire : [architecture solaire.pdf](#)

**Dictionnaires :**

- Dictionnaire environnement et développement durable. [En ligne] <http://www.dictionnaireenvironnement.com>.

Pierre Merlin, francoise Choay. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, édition Quadrige, 2005

**Cours:**

- Dr. HARIDI Fatma-Zohra, Théorie de l'architecture, chapitre 01 « qu'est-ce que l'architecture écologique », Master 2 : Option Architecture écologique, université 08 mai 1945, Guelma 2017.

**Sites web:**

- (En ligne) <http://www.cnrtl.fr/definition/Architecture> [Consulter le 03 /02/ 2017]
- À partir de document PDF. Energie solaire et site web [www.Google.com](http://www.Google.com).
- En ligne) <http://www.teteamodeler.com/ecologie/ecologie/definition-ecologie.asp> [Consulter le 03 /02/ 2017] 3 Définition de Larousse
- En ligne) <http://www.teteamodeler.com/ecologie/ecologie/definition-ecologie.asp> [Consulter le 03 /02/ 2017] 3 Définition de Larousse
- [http:// www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10330/conception d'un atrium.](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10330/conception_d'un_atrium)
- <http://portailjeunes.banq.qc.ca>
- <http://www.connaissancedesenergies.org/>
- [http://www.economiedenergie.fr/2ilieres\\_en\\_2006.gif.](http://www.economiedenergie.fr/2ilieres_en_2006.gif)
- <http://www.guideperrier.com/article1428/Comment-utiliser-la-masse-thermique-dans-les-maisons>
- <Http://www.lamaisonpassive.be/contexte-general>
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Environnement>
- <https://sites.google.com/site/pollusiondelenvironnement/les-types-de-pollution>
- <https://www.batirama.com>
- [Outilssolaires.com/glossaire/systemes-solaires/architecture-solaire-passive+a193.html.](Outilssolaires.com/glossaire/systemes-solaires/architecture-solaire-passive+a193.html)
- Site web: <http://www.energieplus-lesite.be/ensoliment.ht>
- [www.graitec.com](http://www.graitec.com)