

DÉDICACE

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

À Ma femme Lynda et mes fils : Amine, Baha et Nermine.

À l'âme de mon cher père Nouredine, disparu trop tôt,

À ma chère maman Ouarda

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien, et leur
encouragement.*

À Mes sœurs : Fouzia et Habiba, mon frère : Anis.

*Sans oublier mes Profs, mes amis et camarades pour leur soutien,
et leurs compréhensions.*

Je vous dis MERCI

Nasreddine Ferchichi

REMERCIEMENT

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

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

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

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

Nasreddine Ferchichi

RÉSUMÉ

Durant les dernières décennies, les activités humaines ont engendré une croissance économique qui a favorisé l'élévation du niveau de vie. Or la croissance économique et démographique s'effectue à un rythme plus soutenu que la réduction des dégradations environnementales engendrées, du coup ces conséquences néfastes à l'échelle planétaire telle que le réchauffement climatique et les risques environnementaux ont amené l'humanité à s'inquiéter de plus en plus sur l'avenir environnemental de notre planète.

L'humanité pense alors à profiter, des énergies renouvelables telles que : l'énergie solaire, éolienne, hydraulique, la géothermie, la biomasse, etc. Parmi ces ressources l'énergie solaire est disponible à tous les niveaux du globe terrestre, une ressource naturelle abondante et renouvelable. Toutefois, l'utilisation de cette énergie demeure, à ce jour, relativement peu répandue dans la pratique courante de l'architecture.

Le projet que je décris dans cet ouvrage c'est le résultat d'une démarche bien définie dont le but est l'ouverture de nouveaux espaces de pratique du sport ; l'encouragement et le développement des différents type du sport.

En marge de cet objectif, la recherche vise aussi à mettre en évidence l'importance et l'efficacité de l'énergie solaire tant qu'alternative pertinente et présenter des méthodes et des outils d'exploitation solaire pour les phases initiales du processus de conception des projets par les architectes.

Pendant la première phase nous tenterons d'examiner ce choix énergétique avec une analyse des projets d'architecture choisis pour leur utilisation de l'énergie solaire, et dans la deuxième phase notre examen s'appuiera sur une simulation architecturale comme outils méthodologique d'évaluation et d'estimation.

Finalement, l'ensemble des résultats obtenus à nous permis d'intégrer les innovations et les systèmes technologiques les plus récentes pour créer un projet innovant dédié à la nouvelle génération offrant une architecture solaire de qualité avec des conditions idéales de sécurité, de confort et de durabilité.

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

ملخص

على مدى العقود الماضية، أنتجت الأنشطة البشرية نموًا اقتصاديًا ساعد في رفع مستويات المعيشة. ومع ذلك، فإن النمو الاقتصادي والديموغرافي يحدث بمعدل أسرع من الحد من التدهور البيئي الذي تسبب فيه، وفجأة أدت هذه العواقب الضارة على الأرض مثل الاحتباس الحراري، المخاطر البيئية وتزايد قلق البشرية عن المستقبل البيئي لكوننا.

تفكر البشرية في الاستفادة من الطاقات المتجددة مثل: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة المائية، الطاقة الحرارية الجوفية، والكتلة الحيوية، إلخ. من بين هذه الموارد، تتواجد الطاقة الشمسية في مختلف اقطار الأرض، وهي مورد طبيعي وفير ومتجدد، ومع ذلك وحتى يومنا هذا فإن استخدام هذه الطاقة غير شائع نسبيًا في المشاريع المعمارية الحالية.

المشروع الذي أصفه في هذه المذكرة هو نتيجة نهج واضح المعالم هدفه فتح مجالات جديدة لممارسة الرياضة، تشجيع وتطوير أنواع الرياضة المختلفة. يهدف هذا البحث أيضًا إلى تسليط الضوء على أهمية وكفاءة الطاقة الشمسية كبديل مناسب، وتقديم طرق وأدوات استغلال الطاقة الشمسية للمراحل الأولية من عملية تصميم المهندسين المعماريين.

خلال المرحلة الأولى سنحاول فحص اختيار الطاقة هذا من خلال تحليل المشاريع المعمارية المختارة لاستخدامها للطاقة الشمسية، وفي المرحلة الثانية، سوف يعتمد فحصنا على محاكاة معمارية كأدوات تقييم وتقدير منهجية.

أخيرًا، مكنتنا جميع النتائج التي تم الحصول عليها من دمج أحدث الابتكارات والأنظمة التكنولوجية لإنشاء مشروع مبتكر مخصص للجيل الجديد الذي يقدم بنية شمسية عالية الجودة مع ظروف مثالية للسلامة، الراحة والمتانة.

الكلمات المفتاحية: الهندسة البيئية، الطاقة الشمسية، الهندسة الشمسية، كفاءة الطاقة.

ABSTRACT

Over the past decades, human activities have generated economic growth that has helped raise living standards. However, economic and demographic growth is taking place at a faster rate than the reduction in environmental degradation caused; suddenly these harmful consequences on a planetary scale such as global warming and environmental risks have led humanity to worry about the environmental future of our planet.

Humanity thinks of taking advantage of renewable energies such as: solar, wind, hydro, geothermal, biomass, etc. Among these resources, solar energy is available at all levels of the earth, an abundant and renewable natural resource. However, the use of this energy remains, to this day, relatively uncommon in current architectural practice.

The project that I describe in this thesis is the result of a well-defined approach whose goal is to open up new spaces for the practice of sport; the encouragement and development of different types of sport.

In addition to this objective, the research also aims to highlight the importance and efficiency of solar energy as a relevant alternative and to present methods and solar exploitation tools for the initial phases of the design process projects by architects.

During the first phase we will try to examine this energy choice with an analysis of the architectural projects chosen for their use of solar energy, and in the second phase our examination will rely on an architectural simulation as methodological assessment tools and estimation.

Finally, all the results obtained have enabled us to integrate the most recent innovations and technological systems to create an innovative project dedicated to the new generation offering quality solar architecture with ideal conditions of safety, comfort and durability.

Keywords: Ecological architecture, solar energy, solar architecture, energy efficiency.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENT	ii
RESUMES	iii
TABLE DE MATIERE	vi
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xv
*INTRODUCTION GENERALE.....	1
*PROBLEMATIQUE	3
*HYPOTHESES	4
*OBJECTIVES	4
*METHODOLOGIE	5
PREMIERE PARTIE : PARTIE THEORIQUE.....	7
CHAPITRE I.....	7
I. LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET ENERGETIQUES.....	7
INTRODUCTION.....	7
I.1. LES CRAINTES DE L'ENVIRONNEMENT.....	7
I.1.1. La pollution	8
I.1.1.1. Origines de la pollution	8
I.1.2. L'effet de serre (GES).....	8
I.1.2.1. Emissions des gaz à effets de serre.....	9
I.1.2.2. Sources des GES.....	9
I.1.2.3. Bilan des émissions des gaz à effet de serre en Algérie	10
I.1.3. Réchauffement climatique	11
I.1.3.1. Les conséquences du réchauffement climatique	12
I.1.4. La dégradation de la couche d'ozone.....	13
I.1.5. Le changement climatique	14
I.1.5.1. Stratégie d'adaptation au changement climatique.....	14
I.1.5.2. Un engagement contre le changement climatique.....	14
I.1.6. Conférences et rapports sur l'environnement	14
I.2. L'ARCHITECTURE ECOLOGIQUE.....	15
I.2.1. La consommation d'énergie du bâtiment.....	16
I.2.2. La réduction des rejets	16
I.2.3. La mise en œuvre de l'architecture verte	16
I.3. LA PERFORMANCE ENERGETIQUE.....	17
I.3.1. Aperçue sur l'énergie et le développement durable.....	17
I.3.2. Le Bâtiment durable	17

I.3.3. La performance énergétique.....	18
I.3.4. L'efficacité énergétique	18
I.3.5. Efficacité énergétique active et passive	18
I.4. LABELS DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE	19
I.4.1. Les labels français	19
I.4.1.1. Les labels HPE	19
I.4.1.2. EFFINERGIE	20
I.5. ARCHITECTURE ET ENERGIE RENOUVELABLE.....	21
I.5.1. Les Energies	21
I.5.2. La valorisation des énergies renouvelables.....	21
I.5.3. Les énergies fossiles.....	22
I.5.3.1. Ressources fossiles en surexploitation	22
I.5.3.2. Différents types d'énergies fossiles.....	22
I.6. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE	22
I.6.1 La consommation énergétique dans le monde	22
I.6.2 La consommation énergétique dans l'Algérie.....	23
I.7. LES ENERGIES RENOUVELABLES	26
I.7.1. Vers une transition énergétique.....	26
I.7.2. Pourquoi les énergies renouvelables ?	27
I.7.3. Les différents types d'énergies renouvelables	27
I.7.3.1. L'énergie éolienne	27
I.7.3.2. L'énergie hydraulique	28
I.7.3.3. L'énergie géothermique.....	29
I.7.3.4. L'énergie de la biomasse	29
I.7.3.5. L'énergie solaire.....	30
CHAPITRE II	31
II. L'ENERGIE SOLAIRE : UNE ENERGIE DURABLE AU FUTUR.....	31
INTRODUCTION.....	31
II.1. ÉNERGIE SOLAIRE	31
II.2. LES SYSTEMES SOLAIRES	32
II.2.1 Système solaire passif.....	32
II.2.2. Système solaire actif	34
II.2.2.1. Système solaire thermique	34
II.2.2.1.1. Production de chauffage de l'eau	35
II.2.2.1.2. Production de chauffage de l'air.....	36
II.2.2.2. Système solaire photovoltaïque.....	36
II.2.2.2.1. Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque	37
II.3. LA CONCEPTION SOLAIRE : DEMARCHE ET EXEMPLES	38
II.3.1. La conception d'un projet architectural solaire	38
II.3.2. Types de conception des panneaux solaires	39
II.3.2.1 Les réalisations surimposition.....	39
II.3.2.2 Les réalisations en intégration.....	40

II.3.3 Démarche d'intégration	40
II.3.4 Intégration des capteurs solaire dans le bâtiment	41
II.3.4.1 Les capteurs en toiture inclinée.....	41
II.3.4.2 Les capteurs en toiture terrasse	42
II.3.4.3 Les capteurs en façades	43
II.3.4.4 Les capteurs sur paroi verticale.....	44
A- Capteurs en allèges, auvent, garde-corps, brise soleil	44
B- Capteurs en couverture de décrochements de façades ou vérandas	45
II.3.4.5 Les capteurs hors bâtiments	45
II.3.4.5.1 Les capteurs au sol.....	45
II.3.4.5.2 les Capteurs sur une dépendance	46
II.3.5 Conditions d'efficacité énergétique	46
II.3.5.1 Besoin en capteurs.....	46
II.3.5.2 Influence de l'orientation, de l'inclinaison sur la quantité d'énergie captée	47
II.3.5.3 Course et masque solaire.....	48
II.3.5.4 Conditions de performance	48
II.4 EXEMPLES	49
II.4.1 Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires les plus courants.....	49
A- L'arche Solaire "Solar Ark"	49
B- La Gare Hangzhou, Chine	49
II.4.2 Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires passifs et actifs.	51
A- Habitation Imagine Rommen, Norvège.....	51
B- Laboratoire d'énergie Xelios, Italie	51
C- Siège social Tobias Grau, Allemagne.....	52
II.5 CONCLUSION	52
CHAPITRE III.....	53
III. LE SPORT : DEFINITION ET CONCEPT	53
III.1. DEFINITION GENERALE DU SPORT	53
III.2. HISTORIQUE	53
III.3. L'IMPORTANCE DU SPORT.....	54
III.4. LES CATEGORIES DE SPORTS	54
III.5. TYPE D'ACTIVITE SPORTIVE.....	57
III.6. SITUATION DU SPORT EN ALGERIE.....	57
III.7. LE SPORT A GUELMA	58
III.8. DEFINITION D'UN EQUIPEMENT SPORTIF	58
III.8.1. Définition.....	58
III.8.2. Différent type d'équipements sportif.....	58
III.8.3. Exigence d'emplacement.....	59
III.9. CONCLUSION	59
DEUXIEME PARTIE : PARTIE ANALYTIQUE.....	60

CHAPITRE IV	60
IV. LA SIMULATION SOLAIRE EN ARCHITECTURE	60
INTRODUCTION.....	60
IV.1. LA SIMULATION EN ARCHITECTURE.....	60
IV.1.1. Définition de la simulation	60
IV.1.2. Objectifs de la simulation.....	60
IV.1.3. Avantages et Limites	61
IV.1.3.1. Les avantages de la simulation numérique	61
IV.1.3.2. Les limites de la simulation numérique	61
IV.1.4. Méthodes de simulation	62
IV.1.4.1. Méthode de simulation thermique	62
IV.1.4.2. Climat, données et analyse	62
IV.1.4.3. Accès solaire, ombrages et géométrie solaire.....	62
IV.1.4.4. Eclairage naturel / artificiel	62
IV.5. SIMULATION THERMIQUE : BESOIN ENERGETIQUE ET APPORTS SOLAIRES	62
IV.5.1. L'outil de simulation thermique et énergétique : logiciel TRNSYS.....	63
IV.5.1.1. Présentation du logiciel	63
IV.5.1.2. Les opportunités de l'utilisation du Logiciel TRNSYS	63
IV.5.1.3. Inconvénients du logiciel TRNSYS	63
IV.5.1.4. Fonctionnement du Logiciel.....	64
• Les entrées (inputs).....	64
• Le traitement des données	64
• Les sorties (outputs).....	64
IV.5.1.5. Déroulement de la simulation.....	65
CHAPITRE V	66
V. PROJET D'INTERVENTION : ANALYSE, PROGRAMMATION ET INTERVENTION.	66
Introduction	66
V.1. ANALYSE DE SITE D'INTERVENTION	66
V.1.1. Présentation de la ville.....	66
V.1.1.1. Aperçu générale sur de la ville de Guelma	66
V.1.1.2. Situation géographique de la ville de Guelma	66
V.1.1.3. Administrativement la commune de Guelma est limitée.....	66
V.1.1.4. L'accessibilité à Guelma.....	67
V.1.1.5. Contexte géographique	67
V.1.1.6. Le climat de la ville de Guelma	68
V.1.1.7. Données climatiques	69
a/Températures.....	69
b/Précipitation	69
c/Vitesse de vents	70
d/Insolation.....	70
e/Diagramme solaire de Guelma.....	71

V.1.2. Analyse de site.....	73
V.1.2.1. Géographie de Ben Djerrah	73
a/Coordonnées géographiques de Ben Djerrah	73
b/Présentation et délimitation du terrain	74
c/Motivation de choix	74
d/Morphologie.....	74
e/Le tissu urbain	75
f/Environnement immédiat.....	75
g/Le profil topographique	76
h/Accessibilité	76
i/Moyens de transports	77
V.1.3. Analyse microclimatique du terrain	78
a/Ensoleillements	78
b/Vents dominants	78
V.1.4. Synthèse.....	79
V.2. ANALYSE DES EXEMPLES :	80
V.2.1. Complexe Olympique, Montréal (Canada)	80
V.2.1.1. Présentation.....	80
V.2.1.2. Situation	80
V.2.1.3. Le projet	81
V.2.1.4. Accessibilité.....	82
V.2.1.5. Ration des espaces intérieurs :	84
V.2.1.6. Le plan d'ensemble du complexe :	86
V.2.1.7. Le programme du complexe	87
V.2.1.8. Hauteur importante du projet par rapport à son environnement :	87
V.2.1.9. Structure du stade.....	89
V.2.1.10. Organisation spatiale.....	90
-Le Biodôme (palais des sports).....	91
-Le mat	92
V.2.1.11. Traitement des façades.....	94
V.2.1.12. Ecologie	95
Une correction écoénergétique majeure au parc olympique	95
V.2.1.13. Synthèses.....	97
V.2.2. Stades de Bienne Tissot Arena (Suisse)	98
V.2.2.1. La situation.....	98
V.2.2.2. L'accessibilité	99
V.2.2.3. Tissu proche	99
V.2.2.4. Conception architecturale	100
V.2.2.5. Structure du complexe	101
V.2.2.6. Les façades.....	101
V.2.2.7. Organisation spatiale.....	102
V.2.2.8. Espaces et disposition	105
V.2.2.9. Modules solaires	106
V.2.2.10. Efficacité énergétique	106

V.2.2.11. Constructions durables.....	107
V.2.2.12. Densification qualifiée.....	109
V.2.2.13. Faits et chiffres concernant la Tissot Arena.....	110
V.2.2.14. Synthèses.....	110
V.3. PROGRAMMATION.....	111
V.3.1. Tableau comparatif.....	112
V.3.2 Le programme retenu en (m ²).....	113
Synthèse et recommandations.....	119
V.4. GENESE ET DEMARCHE DE PROJET.....	119
V.4.1 Objectifs.....	119
V.4.2 Principes à suivre.....	119
V.5. SCHEMA DE PRINCIPE.....	120
V.5.1. Présentation de la méthode de conception.....	120
V.5.1.1. Première étape : les axes principaux.....	120
V.5.1.2. Deuxième étape : Les accès.....	121
V.5.1.3. Troisième étape : Hiérarchisation des espaces.....	121
V.5.1.4. Quatrième étape : schéma de principe.....	122
CONCLUSION GENERALE.....	123
*BIBLIOGRAPHIE.....	124

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1: LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE.....	8
FIGURE 2: L'EFFET DE SERRE.....	9
FIGURE 3: LA CONCENTRATION DES GAZES A EFFET DE SERRE DANS L'ATMOSPHERE.....	10
FIGURE 4: REPARTITION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE PAR SECTEUR, EN %.....	10
FIGURE 5: LES EMISSIONS DE CO ₂ DANS LE MONDE.....	11
FIGURE 6: LES SIX PREUVES DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE.....	12
FIGURE 7: PROTECTION UV DE LA COUCHE D'OZONE.....	13
FIGURE 8: COUCHE D'OZONE.....	13
FIGURE 9: LABELS HPE THPE.....	20
FIGURE 10: EVOLUTION DE LA CONSOMMATION MONDIALE ENERGETIQUE ENTRE 1990 ET 2035 EN QUADRILLION BTU(PREVISION).....	23
FIGURE 11: EVOLUTION DE LA CONSOMMATION NATIONALE D'ENERGIE EN ALGERIE PERIODE 2000-2010.....	24
FIGURE 12: REPARTITION DE LA CONSOMMATION FINALE PAR SECTEUR 2010.....	24
FIGURE 13: CONSOMMATION ENERGETIQUE EN ALGERIE DANS LE SECTEUR MENAGER... ..	25
FIGURE 14: REPARTITION DE LA CONSOMMATION DU TERTIAIRE PAR FORME D'ENERGIE.....	25
FIGURE 15: REPARTITION DE LA CONSOMMATION DU RESIDENTIEL PAR FORME D'ENERGIE.....	26
FIGURE 16: EFFETS DE LA POLLUTION DES SOLS.....	27
FIGURE 17: L'ENERGIE EOLIENNE.....	28
FIGURE 18: L'ENERGIE HYDRAULIQUE.....	28

FIGURE 19: L'ENERGIE GEOTHERMIQUE.	29
FIGURE 20: L'ENERGIE DE LA BIOMASSE.	30
FIGURE 21: L'ENERGIE SOLAIRE.	30
FIGURE 22: LE SOLEIL : PREMIERE SOURCE D'ENERGIE SUR TERRE.....	31
FIGURE 23: LE SOLAIRE PASSIF ET ACTIF.....	32
FIGURE 24: PRINCIPES DU CHAUFFAGE SOLAIRE PASSIF.	33
FIGURE 25: MUR TROMBE DE LA BIBLIOTHEQUE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE VERSAILLES.....	33
FIGURE 26: DETAIL D'UN MUR TROMBE	34
FIGURE 27: PANNEAUX SOLAIRES THERMIQUES NON VITRES POUR RECHAUFFER L'EAU DE PISCINE.	35
FIGURE 28: PANNEAUX SOLAIRES THERMIQUES A TUBES SOUS VIDE DESTINES A PRODUIRE DE L'EAU CHAUDE DOMESTIQUE.	35
FIGURE 29: PANNEAUX SOLAIRES THERMIQUES VITRES OPAQUES BLEUS FONCES, D'UNE FRACTION SOLAIRE DE 90%.	35
FIGURE 30: SYSTEME SOLAIRE THERMIQUE A AIR LUBI ^{MD}	36
FIGURE 31: FONCTIONNEMENT DU PHOTOVOLTAÏQUE.	38
FIGURE 32: VITRAGE PHOTOVOLTAÏQUE.....	38
FIGURE 33: LES REALISATIONS EN SURIMPOSITION (OPPOSITION) DES OUVRAGES.	39
FIGURE 34 : LES REALISATIONS EN INTEGRATION DES NOUVEAUX OUVRAGES.....	40
FIGURE 35: LES POSSIBILITES D'INTEGRATION SOLAIRE ARCHITECTURALE.	41
FIGURE 36: INTEGRATION DES CAPTEURS EN TOITURE INCLINE.....	42
FIGURE 37: INTEGRATION DES CAPTEURS EN TOITURE TERRASSE.	43
FIGURE 38: L'ECOLE SECONDAIRE GREEN DOT ANIMO LEADERSHIP A INGLEWOOD, LOS ANGELES, DISPOSE D'UN SPECTACULAIRE MUR SOLAIRE EXTERIEUR.	43
FIGURE 39: GARDE-CORPS SOLAIRE.....	44
FIGURE 40: L'AUVENT SOLAIRE.....	44
FIGURE 41: BRISE-SOLEIL PHOTOVOLTAÏQUE.	44
FIGURE 42: CAPTEURS EN ALLEGES.	44
FIGURE 43: SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE INTEGRE AU DECROCHEMENT DU BATIMENT.....	45
FIGURE 44: LE CAPTEUR A UNE FONCTION D'ALLEGE ET D'AUVENT.	45
FIGURE 45: LES CAPTEURS SOLAIRES AU SOL.....	45
FIGURE 46: CAPTEURS SUR UNE DEPENDANCE (ABRIS).	46
FIGURE 47: CAPTEURS SUR UNE ANNEXE.	46
FIGURE 48: PARAMETRES D'INFLUENCE DE L'ORIENTATION ET L'INCLINAISON SUR LE RENDEMENT.....	47
FIGURE 49: L'OMBRAGE, ENNEMI DES INSTALLATIONS PHOTOVOLTAÏQUES.....	48
FIGURE 50: COURSE SOLAIRE.....	48
FIGURE 51: CONCOURS : CONSTRUIRE UNE MAISON PASSIVE A FONTAINEBLEAU.....	48
FIGURE 52: PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES DE SILICIUM MONOCRISTALLIN INTEGRES AU BATIMENT.	49
FIGURE 53: PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES DE SILICIUM POLYCRISTALLIN INTEGRES A LA TOITURE	50

FIGURE 54: SYSTEME SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE DE SILICIUM AMORPHE INTEGRE A LA TOITURE.....	50
FIGURE 55: HABITATION IMAGINE ROMMEN, NORVEGE.....	51
FIGURE 56: LABORATOIRES D'ENERGIE XELIOS, ITALIE (STUDIO MARCO ACERBIS).	51
FIGURE 57: SIEGE SOCIAL TOBIAS GRAU, ALLEMAGNE.	52
FIGURE 58: SCHEMA DE DEROULEMENT DE LA SIMULATION.	65
FIGURE 59 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA VILLE DE GUELMA	67
FIGURE 60 : (SITUATION GEOGRAPHIQUE) ANALYSE CLIMATIQUE DE LA VILLE GUELMA.	68
FIGURE 61: ZONES-CLIMATIQUES D'ETE ET D'HIVER EN ALGERIE.....	68
FIGURE 62 : GRAPH DES VARIATIONS DES TEMPERATURES MENSUELLES EN 2018.	69
FIGURE 63 : GRAPH DE VARIATIONS DES PRECIPITATIONS MENSUELLES EN 2018.	69
FIGURE 64 : GRAPH DE VARIATION DE VITESSE DES VENTS MENSUELLE.	70
FIGURE 65 : VARIATION DE DUREE D'INSOLATION MENSUELLE.	71
FIGURE 66 : HAUTEUR ET AZIMUT DU SOLEIL (GUELMA).	71
FIGURE 67 : LE DIAGRAMME FRONTAL DE GUELMA.....	72
FIGURE 68: LE DIAGRAMME POLAIRE DE GUELMA MONTRANT LA ZONE DE SURCHAUFFE.	72
FIGURE 69 : SITUATION DE BEN DJERRAH PAR RAPPORT AU CENTRE-VILLE.	73
FIGURE 70 : COMMUNE DE BEN DJERRAH.....	73
FIGURE 71 : LA SITUATION DU TERRAIN PAR RAPPORT A LA VILLE ET A SON ENTOURAGE.	73
FIGURE 72 : LA DELIMITATION DU TERRAIN	74
FIGURE 73 : MORPHOLOGIE DU TERRAIN.	75
FIGURE 74 : LE TISSU URBAIN DU TERRAIN	75
FIGURE 75 : LE PROFIL TOPOGRAPHIQUE.....	76
FIGURE 76 : LES VOIES D'ACCESSIBILITE DU TERRAIN.	77
FIGURE 77 : MOYENS DE TRANSPORTS.	77
FIGURE 78 : LA COURSE SOLAIRE PENDANT LES SOLLICITES (21 DECEMBRE, 21 JUIN) ET L'EQUINOXE (21 MARS) « ANNEE 2020 »	78
FIGURE 79 : LA DIRECTION DES VENTS DOMINANTS.	78
FIGURE 80 : LE COMPLEXE OLYMPIQUE VUE GLOBALE	80
FIGURE 81 : LA SITUATION DU PARC.....	81
FIGURE 82 : L'EMPLACEMENT DU PARC PAR RAPPORT AU FLEUVE.....	81
FIGURE 83 : LES LIMITE DU PROJET.....	82
FIGURE 84 : LES RAMPES DU PARC.....	82
FIGURE 85 : L'ENTREE SOUTERRAINE ET LES STATIONS DE METRO DU PARC.	83
FIGURE 86 : LES ACCES VERS LES PARKINGS.....	83
FIGURE 87 : LES ESPACES DE STATIONNEMENT DU PARC.	84
FIGURE 88 : RATION DES ESPACES.	84
FIGURE 89 : LA VOIRIE INTERIEURE.	84
FIGURE 90 : CIRCULATION PIETONNE.	85
FIGURE 91 : LES ESPACES VERTS.....	85
FIGURE 92 : LES EQUIPEMENTS DU PARC.....	85
FIGURE 93 : LES EQUIPEMENTS MAJEUR DU PARC.	86
FIGURE 94 : CROQUIS DU PARTI DU PARC OLYMPIQUE.	86

FIGURE 95 : LES ZONES DU PARC.....	87
FIGURE 96 : LE PROGRAMME DU COMPLEXE.	87
FIGURE 97: LA TOURE UN POINT D'APPEL.....	88
FIGURE 98 :LES PYRAMIDES DES POINTS DE REPERES.	88
FIGURE 99 : TOUR ET PYRAMIDES POINTS D'APPELES ET REPERES.	88
FIGURE 100 : LES CONSOLES AUTO STABLES.....	89
FIGURE 101 : COUPE D'UNE CONSOLE.	90
FIGURE 102 : LA COUVERTURE EN TOILE DU STADE.	90
FIGURE 103 : L'ORGANISATION SPATIALE DU COMPLEXE.	90
FIGURE 104 : LES ENTREES AUX EQUIPEMENTS MAJEUR.	91
FIGURE 105 : LE BIODOME OU LE PALAIS DES SPORTS.	91
FIGURE 106 : LA TOITURE DU BIODOME.....	92
FIGURE 107 : LE MAT OU LA TOURE.	92
FIGURE 108 : PROJECTION DE NOUVEL ESPACE DE TRAVAIL A LOUER DANS LA TOURE...	92
FIGURE 109 : COUPE SUR LE STADE, LE MAT ET LA PISCINE.....	93
FIGURE 110 : L'ORGANISATION SPATIALE DU MAT.	93
FIGURE 111 : LA PISCINE OLYMPIQUE AVEC L'UN DES BASSINS DE PLONGE.	93
FIGURE 112 : LA FACADE DU MAT.	94
FIGURE 113 : LES PANNEAUX VITRES.	94
FIGURE 114 : MODERNISATION DE LA CENTRALE THERMIQUE.	95
FIGURE 115 : CHANGEMENT DU SYSTEME DE CHAUFFAGE.	95
FIGURE 116 : OPTIMISATION DES SYSTEMES DE VENTILATION.	96
FIGURE 117 : INSTALLATION D'ECLAIRAGE DEL.....	96
FIGURE 118 : STADES DE BIENNE TISSOT ARENA (SUISSE) VUE GLOBALE.....	98
FIGURE 119 : LA SITUATION DU STADE PAR RAPPORT AU CENTRE VILLE.....	98
FIGURE 120 : LA SITUATION DU STADE PAR RAPPORT AU AUTOROUTES.	99
FIGURE 121 : L'ACCESSIBILITE AU STADE.	99
FIGURE 122 : TISSU PROCHE.	100
FIGURE 123 : TERRAINS D'ENTRAINEMENT DE FOOTBALL.	100
FIGURE 124 :DIMENSION DU STADE.	100
FIGURE 125 : STRUCTURE BETON / ACIER.	101
FIGURE 126 : LA TOITURE DU STADE.....	101
FIGURE 127 : LA FAÇADE DU STADE.....	101
FIGURE 128 :LES PANNEAUX PROFILES EN INOX ET EN ALUMINIUM.	102
FIGURE 129 : PLAN DU 1 ^{ER} ETAGE DU STADE.	102
FIGURE 130 : LE STADE A L'INTERIEUR ET LES TRIBUNES.	103
FIGURE 131 : COUPE SUR LE STADE FOOTBALL.....	103
FIGURE 132 : TRANSFORMATION DU STADE DE HOCKEY EN SALLE DE CONGRES.	103
FIGURE 133 : LA HALLE DE CURLING.	104
FIGURE 134 : LA PATINOIRE EXTERIEURE COUVERTE.....	104
FIGURE 135 : COUPE SUR LE STADE DE HOCKEY ET LE HALLE DE CURLING.....	104
FIGURE 136 : TRANSFORMATION DE LA PLACE PUBLIQUE.....	105
FIGURE 137 : PLACE PUBLIQUE (COUVERTE) ENTRE LE STADE DE FOOTBALL ET LE STADE DE GLACE.	105

FIGURE 138 : ESPACES ET DISPOSITION.....	105
FIGURE 139 : MODULES SOLAIRES.	106
FIGURE 140 : SCHEMAS DU SYSTEME D'ECHANGEUR.	106
FIGURE 141 : PANNEAU SOLAIRE PRODUISANT LE COURANT ELECTRIQUE.	107
FIGURE 142 : ETANCHEITE DE LA TOITURE.	107
FIGURE 143 : ISOLATION PAR BITUME DU STADE.	107
FIGURE 144 : LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION : BETON, ACIER, INOX ET ALUMINIUM	108
FIGURE 145 : MURS EN BRIQUES SILICO-CALCAIRES.	108
FIGURE 146: POINTS DE RECUPERATION DES EAUX PLUVIALES	109
FIGURE 147 : SYSTEME DE RECUPERATION ET DE RECYCLAGE DES EAUX PLUVIALES/ET LE SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE.	109
FIGURE 148: GENESE ET METHODE DE CONCEPTION	120
FIGURE 149: AXES PRINCIPAUX ET LIGNES DE FORCE.	120
FIGURE 150: LES ACCES.	121
FIGURE 151: HIERARCHISATION DES ESPACES.	122
FIGURE 152: SCHEMA DE PRINCIPE.	122

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: LES DIFFERENTS TYPES D'ENERGIE PRIMAIRE.	22
TABLEAU 2: TABLEAU COMPARATIF DES SURFACES	113

***Introduction Générale**

A cause du développement et de la croissance des systèmes et procédés dans différentes disciplines, les architectes ont essayé d'appliquer les nouvelles technologies en architecture.

En même temps ils ont pris en compte les problématiques mondiales liées à la pollution, la couche d'ozone, l'effet de serre et la gestion de l'énergie ...etc.

À l'ère de ses changements climatiques, plusieurs grandes nations mettent sur pied divers plans afin de réduire le plus possible la dépendance aux sources d'énergie fossiles et ainsi limiter autant que possible les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Pour faire face à ces problèmes actuels il faut trouver des moyens pour favoriser et généralisé l'application des principes fondamentale du développement durable, et le développement de l'efficacité énergétique car elle permet de respecter l'intégrité environnementale, d'améliorer l'équité sociale, de maintenir le développement économique et d'obtenir un meilleur rendement énergétique par le choix des sources d'énergie.

« Dans le monde entier, le secteur du bâtiment n'a jamais été confronté à autant de défis : réduire la consommation d'énergie, créer des bâtiments haute performance, diminuer les émissions de dioxyde de carbone et assurer la sécurité énergétique pour les années à venir. En quoi la conception des bâtiments neufs et la réhabilitation du bâti existant peuvent-elles aider à atteindre nos objectifs en matière de climat ? »¹

Le secteur du bâtiment consomme aujourd'hui 47% de l'énergie produite et est responsable de 25% des émissions de gaz à effet de serre. Face aux changements climatiques qui en survenir, il est aujourd'hui plus que nécessaire de réduire les consommations d'énergie dans le bâtiment, et de substituer aux énergies fossiles des énergies renouvelables.

L'objectif à l'horizon 2050 est le bâtiment à énergie positive, c'est-à-dire un bâtiment pouvant produire plus d'énergie qu'il n'en consomme

Le secteur du bâtiment en Algérie consomme plus de 40% du total de l'énergie, Contre 46% en Europe, et de 19% des rejets de CO2 dans l'atmosphère, contre

¹ Site : ISO Focus, par Elizabeth Gasiorowski-Denis (Rédactrice en chef d'ISOfocus) 14/10/2019
Lien : <https://www.iso.org/fr/news/2016/11/Ref2140.html>

25% ailleurs. Ce secteur représente un potentiel énorme d'efficacité énergétique et de réduction des gaz à effet de serres. Pour ce bâtiment, le concepteur devra continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, mais devra également faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement soit minimisé.²

L'Algérie actuellement est conduite par un modèle de développement basé essentiellement sur une richesse naturelle limitée, écologiquement très polluante et un partage injuste des richesses, l'Etat n'a pas encore réussi à mettre en place une stratégie fiable de développement sachant que les atouts sont divers et variés qui n'attendent qu'à être exploités autrement.

Ce pendant récemment L'Algérie a présenté en juillet 2019, lors de la session du Conseil Economique et Social (ECOSOC) des Nations Unies, son premier rapport national volontaire sur la mise en œuvre des Objectifs du Développement durables (ODD) à l'horizon 2030.³

L'Algérie amorce une dynamique d'énergie verte en lançant un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables (EnR) et d'efficacité énergétique. Cette vision du gouvernement algérien s'appuie sur une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour diversifier les sources d'énergie et préparer l'Algérie de demain. Grâce à la combinaison des initiatives et des intelligences, l'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable. (14/10/2019).⁴

Le sport notre thème de recherche regroupe « tout genre d'exercice ou d'activité physique » ayant pour but la réalisation d'une performance physique.

L'avènement de la technologie a contribué à l'amélioration du bâtiment en générale et plus particulièrement les équipements sportifs en termes de : matériaux, nouvelles structures et systèmes constructifs, respect de l'environnement...etc.

Aujourd'hui les infrastructures sportives et plus particulièrement les complexes sportifs sont des organismes où le développement des modes constructifs paraît autant au niveau

² L. Freris et D. Infield, « les énergies renouvelables pour la production d'électricité », DUNOD, 2009.

³ Site : aps.dz, 2019

⁴ Site : Ministère De L'énergie 14/10/2019 lien : <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie>

architectural, morphologique que fonctionnel et avec un degré de la technologie est très élevé.

***Problématique**

En comparaison avec les pays développés, en Algérie on voit qu'elle que projets qui atteignent un niveau de développement durable considérable, il existe en Algérie peu d'études développées ou concrétisées sur le confort intérieur d'un bâtiment et sur son adaptation aux conditions climatiques des régions, Ainsi, la rareté de recherche sur l'impact des bâtiments sur l'environnement et leur performance énergétique.

Sachant que « *l'architecte ne peut ignorer le climat sans renoncer à intégrer dans sa démarche de conception les données naturelles qui interfèrent directement avec la perception des formes et des matières, le confort, l'ambiance et l'économie d'un bâtiment* »⁵

La wilaya de Guelma malgré sa situation stratégique, son climat et ses richesses importantes, elle montre un faible niveau de développement durable, ceci se traduit par un certain retard économique, d'une part et le manque de l'application du cadre législatif et institutionnel au niveau régional et au niveau de la Wilaya.

La wilaya de Guelma est dotée de quelques infrastructures sportives pour les jeunes, ces derniers visent à améliorer le confort de vie des habitants au niveau de toute la wilaya.⁶ Néanmoins ces équipements n'utilisent aucune technologie qui mène à une réduction à la dépendance aux énergies fossiles et protégé l'environnement d'une part, et aussi profité des ressources naturelles recevables tel que le soleil d'autre part.

A la lecture de cette situation et selon les constats établis à l'échelle de la ville il ressort que les activités de sports accusent un retard important par rapport à l'utilisation de nouvelles technologies énergétiques.

Alors on peut contester qu'elle que questions de recherche :

- Comment contribuer à la réduction de la consommation des énergie fossiles en Architecture ?

⁵ LIEBARD. A, MENARD. J-P et PIRO. P 2007, p05.

⁶ D'après la direction de la jeunesse et sport de la wilaya de Guelma

- Pour les équipements sportifs de Guelma : comment tire part de l'énergie solaire pour cette catégorie d'équipement ?

***Hypothèses**

Pour renforcer le secteur de sport écologique :

- * L'architecte peut contribuer à la réduction de la consommation des énergies fossiles à travers une démarche environnementale.
- * Mettre en œuvre une conception solaire des équipements sportifs à Guelma, peut permettre la matérialisation de l'alternative écologique avec efficacité énergétique.
- * L'intégration des nouvelles techniques de construction, capable d'assurer un exemple réussi en matière d'architecture solaire.

***Objectives**

- **Une architecture innovante** : qui tient en compte les derniers progrès technologiques, et concevoir un complexe sportif qui répond aux exigences de la durabilité en termes de matériaux et systèmes constructifs.
- **L'efficacité énergétique** : L'intégration des nouvelles techniques de construction à la structure de base du projet comme l'architecture solaire.
- **Maitrise de l'énergie** : Calculer les besoins énergétiques d'un complexe sportif pour une utilisation rationnelle de l'énergie, concevoir un bon emplacement du projet doté d'une orientation efficace.

***Méthodologie**

Afin de répondre à notre problématique et d'atteindre nos objectifs, nous avons structuré notre travail en deux parties : une partie théorique et une autre Analytique, introduite par une introduction générale qui comporte la problématique, les hypothèses, et les objectifs.

- La première partie est théorique basée sur une recherche bibliographique

Elle est composée de trois chapitres,

Le premier chapitre pour un objectif de comprendre tous les éléments, les définitions et les concepts de bases en rapport avec les enjeux environnementaux et énergétiques à savoir : un aperçu sur les craintes de l'environnement, l'architecture, écologique, la performance énergétique, les labels français de la performance énergétique, l'architecture et énergie renouvelable, la consommation énergétique et les énergies renouvelables.

Un deuxième chapitre où on va établir une étude plus approfondie à propos de l'énergie solaire ses avantages et sa durabilité, à savoir les systèmes et les conceptions solaire, les types de conception et les démarches d'intégration avec des exemples, et en fin une conclusion.

Et un troisième chapitre où nous exploitons la littérature, définition, et l'historique du sport, également on va présenter les catégories et les types d'activité sportive, et enfin la situation du sport en Algérie et Guelma. Ensuite on va mettre une précision sur les équipements sportifs à savoir : définition, différents types et l'exigence d'emplacement. et en fin une conclusion.

Les outils sur lesquelles notre partie s'appuie sont : les ouvrages, les mémoires de fin d'étude, et les sites Web.

- La deuxième partie concerne le volet Analytique

Elle est composée de deux chapitres,

Le premier chapitre pour un objectif de présenter la simulation solaire en architecture à savoir : définition, objectifs, avantages, limites, différentes méthodes de simulation et enfin une étude plus approfondie à propos de la simulation thermique où on va présenter le logiciel TRANSYS et souligner ses avantages, inconvénients, fonctionnement et déroulement du logiciel.

Et un deuxième chapitre qui consiste en deux investigations : la première sur la ville et le terrain d'intervention et ces caractéristiques, comme : la géographie et le microclimat ; et une deuxième investigation sur les exemples où on va présenter et analyser le cas d'étude selon l'approche solaire à savoir les propriétés conceptuelles et les techniques utilisées. Ses expériences internationales sont sur le volet « sport » ; des exemples similaires à notre cas d'étude dans le but de mieux comprendre l'expérience énergétique et le déroulement de l'opération. Cette présentation nous donne la possibilité de dégager un programme nécessaire pour notre projet après l'interprétation des besoins énergétiques quantitatifs et fonctionnels, et en fin une synthèse.

Ces étapes sont basées sur l'usage d'un outil de recherche : comme les cartes, des relevés récents, des photos, des données climatiques, l'impact des équipements proches support informatique « logiciel » ...etc.

Notre choix expérimental s'est porté sur « Bendjerrah » une nouvelle zone d'habitation en plain extension.

- Finalement, une conclusion générale

Synthétiser les résultats de cette recherche et proposer des recommandations architecturales et techniques afin d'intégrer l'énergie solaire dans les complexes sportifs tout en économisant les consommations énergétiques.

Chapitre I

I. Les enjeux environnementaux et énergétiques

Introduction

L'environnement désigne l'ensemble des conditions naturelles ou artificielles (physiques, chimiques et biologiques) et culturelles (sociologiques) dans lesquelles les organismes vivants se développent (dont l'homme, les espèces animales et végétales). Le mot anglais *environment* signifie milieu.⁷

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 architecturale, 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.⁸

I.1. Les craintes de l'environnement

Les inévitables déséquilibres entre l'humain et la nature, auparavant locaux et bénins, se produisent maintenant à un rythme si élevé, avec une telle intensité et une telle amplitude, qu'ils deviennent de plus en plus destructeurs et menaçants. Le monde assiste alors à l'apparition de nouveaux phénomènes écologiques qui représentent un danger très sérieux pour l'équilibre naturel.⁹

Parmi les attitudes les plus influentes à la dégradation environnementale, on peut citer :

⁷ Dictionnaire environnement et développement durable “ http://www.dictionnaire-environnement.com/environnement_ID1045.html ” consulté le 05 décembre 2019.

⁸ MAZARI(Mohammed) : étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, mémoire de magister en architecture, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2012, p.61- 62.

⁹ Mémoire online : Essai d'élaboration d'un rapport de développement durable “<https://www.memoireonline.com/>”

I.1.1. 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.¹⁰



Figure 1: La pollution atmosphérique.
Source : google images

I.1.1.1. Origines de la pollution

Parmi les causes principales de pollution sont :

- La production et la consommation des combustibles fossiles et biomasse.
- Les sources industrielles : les activités dues aux diverses industries chimiques.
- Le traitement des déchets : déchets ménagers et assimilés.
- Les activités agricoles et à l'élevage : engrais et pesticide.

I.1.2. L'effet de serre (GES)

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.¹¹

¹⁰ Guide pratique " La pollution de l'air extérieur ", P2 Edition : Novembre 2016, www.ademe.fr.

¹¹ Guide en ligne " Changement climatique et énergie " de quoi parle-t-on ? , www.ademe.fr

La concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère

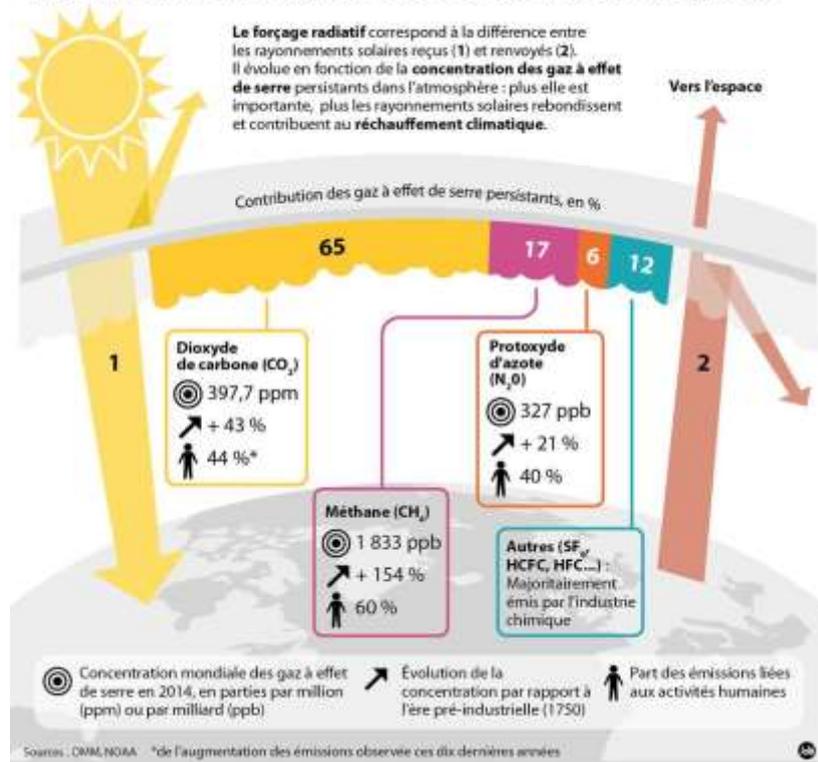


Figure 3: La concentration des Gazes à effet de serre dans l'atmosphère.

Source : <https://www.futura-sciences.com>

Le dioxyde de carbone est le principal gaz à effet de serre influençant le climat, devant le méthane et le protoxyde d'azote.

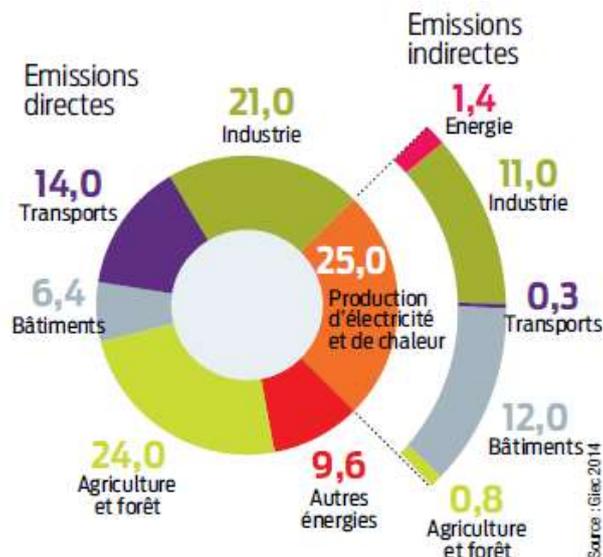


Figure 4: Répartition des émissions de gaz à effet de serre par secteur, en %.

Source : <https://www.alternatives-economiques.fr>

I.1.2.3. Bilan des émissions des gaz à effet de serre en Algérie

Le CO₂ est le principal gaz à effet de serre puisqu'il représente plus de 80% des émissions totales. En 2007, Les émissions dues à la combustion de l'énergie s'élèvent à

46 Millions de Tonnes de CO₂ ; Soit 3, 235 TCO₂ /TEP Le secteur des transports est le premier responsable à hauteur de 52 % des rejets de gaz à effet de serre, liés à l'utilisation massive de produits pétroliers, notamment le gasoil. A hauteur de 20 %, le secteur résidentiel occupe le second poste le plus émetteur des rejets nationaux ; l'utilisation du gaz naturel par les ménages étant à l'origine d'une grande partie de ces émissions. Le secteur de l'industrie est un émetteur également important de 17 % dans le bilan des émissions de GES, les fortes consommations de gaz naturel étant à l'origine d'une grande partie de ces rejets. Tandis que les secteurs faiblement consommateurs d'énergie se trouvent être également les secteurs les moins émetteurs en GES notamment l'agriculture et le tertiaire.

Les chiffres d'émission de CO₂ de l'électricité d'origine fossile est entre 400g et plus de 800g par kWh selon les technologies, sans même compter les émissions liées à l'installation initiale des centrales électriques. En Algérie la valeur moyenne est de 608 g/KWh [10]. La durée de vie de certains gaz à effet de serre dans l'atmosphère est considérable, notamment le gaz carbonique, le méthane et le peroxyde d'azote.¹⁴

I.1.3. 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.¹⁵

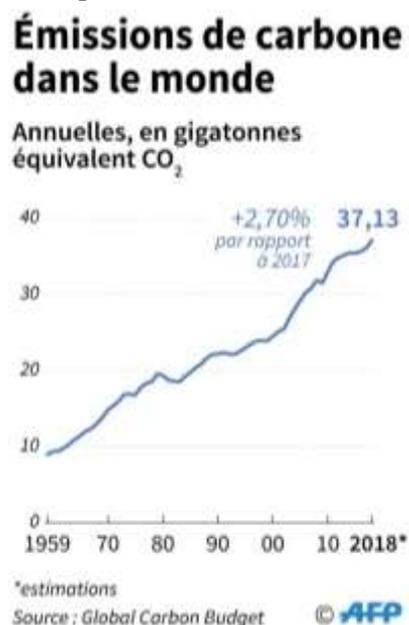


Figure 5: Les émissions de CO₂ dans le monde.
 Source : <https://www.franceculture.fr/>

¹⁴ « Consommation énergétique finale de l'Algérie » Ministère de l'Énergie et des Mines. 'www.aprue.org.dz'

¹⁵ Alain Liébard, 'traité d'architecture et urbanisme', éd observatoire des énergies renouvelable, p35, France

I.1.3.1. 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.¹⁶

Selon le GIEC, (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), les conséquences, très concrètes, du réchauffement seraient multiples :



Figure 6: Les six preuves du réchauffement climatique.

Source : <https://www.ouest-france.fr>

- Certaines zones se réchauffent plus rapidement que d'autres.
- Vagues de chaleur plus nombreuses.
- Sécheresses
- Le cycle de l'eau et les climats se modifient
- Le niveau des océans monte
- Inondations
- Précipitations violentes
- Cyclones plus intenses, acidification des océans...
- 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 XXI^e siècle

¹⁶ Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 5e rapport d'évaluation (2013).

I.1.4. La dégradation de la couche d'ozone

La couche d'ozone est une couche de la stratosphère terrestre qui se trouve entre 20 et 50 km d'altitude. Elle se caractérise par une concentration en ozone (O_3) proportionnellement plus importante que dans les autres couches de l'atmosphère, de l'ordre de dix parties par million (ppm).

Elle a la particularité d'absorber la plupart des rayonnements ultraviolets en provenance du Soleil qui sont nocifs pour vie (comme les UVB, qui peuvent altérer l'ADN).

La couche d'ozone se trouve dans la partie supérieure de la stratosphère.

Dans cette couche, les rayons ultraviolets issus du spectre solaire viennent exciter les molécules de dioxygène (O_2) qui, en se combinant avec un atome d'oxygène (O), forment de l'ozone (O_3) en grande quantité.¹⁷



Figure 7: Protection UV de la couche d'ozone
Source : <https://fr.123rf.com/>

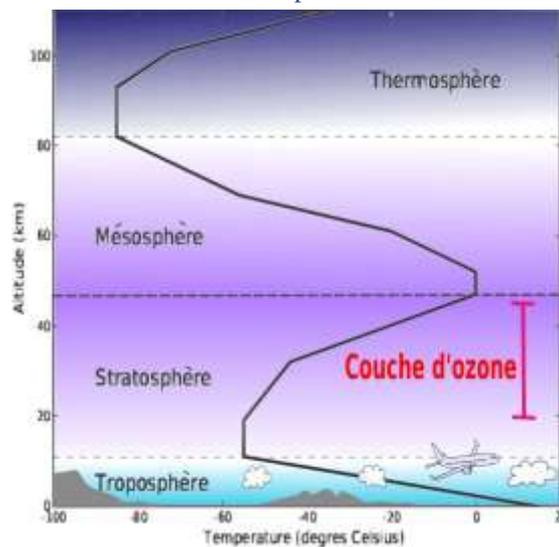


Figure 8: Couche d'ozone
Source : <https://www.futura-sciences.com/>

¹⁷ Futura Planète “<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-couche-ozone-4411/>” consulté le 10/12/2019.

I.1.5. Le changement climatique

Les experts du climat sont formels : la terre se réchauffe et à un rythme soutenu. En cause, l'augmentation des gaz à effet de serre d'origine humaine, avec pour conséquences des crises sanitaires, écologiques et humanitaires dont nous voyons les prémices. Malgré cela, la lutte contre le changement climatique est une véritable opportunité de transition vers une société bas carbone, créatrice d'emplois, d'innovations et de justice sociale à l'échelle locale et internationale.¹⁸

I.1.5.1. Stratégie d'adaptation au changement climatique

Mais le changement climatique est déjà là et produit des effets réels partout dans le monde. Il est donc nécessaire de s'adapter. Cela passe par la protection des biens et des personnes (plan canicule, plan inondation, lutte contre la précarité énergétique...), l'entretien et la préservation du patrimoine naturel (forêts, dunes, digues...) ou l'aménagement de l'espace urbain (ordonnancement urbain et bâti ; fontaines et points de rafraîchissement, espaces verts et végétalisation...)¹⁹.

I.1.5.2. Un engagement contre le changement climatique

Au niveau international, la transition énergétique et la lutte contre le changement climatique sont des opportunités pour limiter les tensions et les conflits et tendre vers une justice sociale. De plus en plus de chercheurs montrent ainsi que les dérèglements climatiques (sécheresses, mauvaises récoltes) sont souvent des facteurs aggravants dans le déclenchement des conflits. Au niveau local, maîtriser les consommations énergétiques, en isolant notamment les logements, permet de faire baisser les dépenses des ménages et ainsi lutter contre la précarité énergétique.

Enfin, le secteur de l'économie sociale et solidaire (ESS) est l'une des chevilles ouvrières de la transition énergétique et écologique.

La transition énergétique et la lutte contre le changement climatique doivent être compatibles avec un développement durable, c'est à dire socialement juste, économiquement viable et environnementalement sain.²⁰

I.1.6. Conférences et rapports sur l'environnement

Les activités de l'ONU dans le domaine de l'environnement sont guidées par de grandes

- ✓ Conférence des Nations Unies sur l'environnement (1972) :

¹⁸ Agence Parisienne du Climat “ <https://www.apc-paris.com/changement-climatique> ”

¹⁹ Agence Parisienne du Climat “ <https://www.apc-paris.com/changement-climatique> ”

²⁰ Ibid.

Tenue à Stockholm, 5 au 16 juin 1972, A conduit à la création du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).

✓ Commission mondiale de l'environnement et du développement (1987) :

Intitulé : Notre avenir à tous, également connu sous le nom de Rapport Brundtland,

A mis en avant le thème du développement durable.

✓ Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (1992) :

Tenue à Rio de Janeiro, du 3 au 14 juin 1992, connue à l'époque sous le nom de Sommet « Planète Terre », Appelée par la suite Conférence de Rio

A conduit à la création de la Commission du développement durable.

✓ Session extraordinaire de l'Assemblée générale consacrée à l'environnement (1997) :

Tenue à New York, du 23 au 27 juin 1997, connue sous le nom de « Sommet Planète Terre +5 », dix-neuvième session extraordinaire de l'Assemblée générale, Examen de la mise en œuvre d'Action 21.

Programme relatif à la poursuite de la mise en œuvre d'Action 21.

✓ Sommet mondial pour le développement durable (2002) :

Tenue à Johannesburg, du 26 août au 4 septembre 2002, également connu sous le nom de Rio +10, a examiné les progrès accomplis dans la mise en œuvre d'Action 21 depuis son adoption en 1992.

✓ Conférence des Nations Unies sur le développement durable (2012)

Tenue à Rio de Janeiro, du 20 au 22 juin 2012, connue sous le nom de Conférence de Rio+20, intitulé « L'avenir que nous voulons ».

✓ Sommet des Nations Unies sur le développement durable (2015) :

New York, 25-27 septembre 2015.

Convoquée en tant que réunion plénière de haut niveau de l'Assemblée générale.

Document final : A/RES/70/1, contient "Transformer notre monde : "le Programme de développement durable à l'horizon 2030" ²¹

I.2. L'architecture écologique

L'architecture écologique s'évertue à la mise en œuvre de technologies propres, la minimisation de l'impact sur l'environnement, la réduction de la consommation d'énergie, l'amélioration de la gestion des bâtiments et de la santé des utilisateurs.

Le choix de matériaux naturels, l'intégration dans le terrain et l'environnement, la disposition interne des différentes salles en fonctions des apports naturels, des besoins et

²¹ United Nations Library ‘‘<https://research.un.org/fr/docs/environment/conferences>’’

de la consommation effective d'énergies, la conception des espaces verts ou la gestion des déchets sont autant d'éléments par lesquels l'architecte, selon le souhait d'un maître d'ouvrage consciencieux de l'environnement, peut rendre un bâtiment écologique et vecteur de santé et de bien-être.²²

I.2.1. 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 :

- **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.²³

I.2.2. La réduction des rejets

Une autre partie importante de l'architecture durable est la minimisation de la pollution et de la production de déchets. Celle-ci peut être mise en application par la récupération des eaux de pluies, notamment pour l'arrosage, et le recyclage des eaux usées, l'intégration de systèmes de tri des déchets et de compostage des matières organiques. L'emploi de matériaux non-polluants peut aussi être un moyen de réduire l'émission de composés organiques volatils.²⁴

I.2.3. La mise en œuvre de l'architecture verte

Le but primordial de l'architecture durable est l'efficacité énergétique de la totalité du cycle de vie d'un bâtiment. Les architectes utilisent de nombreuses techniques différentes pour réduire les besoins énergétiques de bâtiments, et ils augmentent leur capacité à capturer ou générer leur propre énergie.

Les matériaux durables qui sont utilisés pour l'isolation sont des denims recyclés, en laine de verre, la paille, le bois, la laine de mouton, la ouate de cellulose...

²² Architecte de Bâtiments '<https://www.architecte-batiments.fr/architecture-ecologique/>'

²³ Ibid.

²⁴ Ibid.

En dehors de l'isolation, d'autres matériaux sont aussi importants dans le cadre d'une utilisation durable tel que : les peintures et les colles non toxiques et à faible composés organiques volatils.

L'architecture durable s'occupe de la gestion des déchets sur le chantier, incorpore des systèmes comme des systèmes d'arrosage de plates-bandes avec de l'eau grise, et des toilettes sèches pour réduire les eaux usées. Ces méthodes, si elles sont combinées au compostage et au tri des déchets, peuvent réduire les déchets domestiques en une petite quantité de déchets d'emballage.²⁵

I.3. La performance énergétique

I.3.1. Aperçue sur l'énergie et le développement durable

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.

- 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 futures.

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.²⁶

I.3.2. Le Bâtiment durable

Un habitat durable prend en compte ces trois critères :

- ✓ Un bâtiment durable est respectueux de l'environnement : moins on consomme d'énergie, moins on émet de gaz à effet de serre (CO₂)
- ✓ Un bâtiment durable concilie l'économique et le social : une maîtrise de la consommation.
- ✓ Un bâtiment durable bénéficie d'une conception bioclimatique : orientation, choix de matériaux et de la préservation des ressources naturelles.

²⁵ Association pour la mise en œuvre du développement durable et de l'agenda 21
'<http://www.gaea21.org/wpg21/architecture-verte/>'

²⁶ MAZARI(Mohammed) : étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, mémoire de magister en architecture, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 2012, p.61- 62

I.3.3. La performance énergétique

La performance énergétique des bâtiments concerne la quantité d'énergie consommée ou évaluée afin d'accorder au bâtiment une utilisation standardisée. Les critères quantitatifs de la performance énergétique sont : l'eau chaude, l'éclairage, le chauffage, la ventilation, et le système de refroidissement. De plus, la quantité énergétique résulte d'un calcul défini par un ou plusieurs indicateurs numériques prenant en compte les éléments suivants :

- Les caractéristiques techniques des installations ;
- L'exposition solaire et l'incidence des structures avoisinantes ;
- L'isolation ;
- La conception et l'emplacement à l'égard des paramètres climatiques ;
- L'auto-production d'énergie ;
- Le climat intérieur, qui influence la demande d'énergie.

Plus la quantité d'énergie nécessaire est faible, plus la performance énergétique de l'habitat est élevée.²⁷

I.3.4. L'efficacité énergétique

- L'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie directement utilisée (dite énergie utile) et l'énergie consommée (en général supérieure du fait des pertes).

- Elle s'applique à un équipement énergétique particulier, par exemple une chaudière ou une pompe à chaleur. Elle relève des qualités intrinsèques de cet équipement.²⁸

I.3.5. Efficacité énergétique active et passive

Il existe deux grands types d'efficacité énergétique :

- ✓ L'efficacité énergétique passive concerne l'isolation, les équipements de chauffage et la ventilation.
- ✓ L'efficacité énergétique active se rapporte, elle, à la régulation, à la gestion de l'énergie et à la gestion technique du bâtiment (GTB).

C'est la combinaison de ces deux efficacités qui révèle la performance énergétique globale d'un bâtiment.²⁹

²⁷ <https://www.datanergy.fr/glossaire/performance-energetique/> , 29/11/2019

²⁸ <http://cabinetnpm.com/efficacite-energetique-a-casablanca/> , 29/11/2019

²⁹ <https://www.gazprom-energy.fr/gazmagazine/2014/11/b-ba-lefficacite-energetique/>, 29/11/2019

I.4. Labels de la performance énergétique

I.4.1. Les labels français

I.4.1.1. Les labels HPE

Dans le cadre de son engagement dans la lutte contre le réchauffement climatique et la promotion des énergies renouvelables dans le secteur du bâtiment, la France a mis en place le label Haute Performance Énergétique (HPE) afin de certifier les constructions neuves, respectueuses de l'environnement. Depuis 1975, tout bâtiment nouveau doit répondre aux exigences de la Réglementation Thermique (révisée tous les 5 ans).³⁰

Le label "Haute Performance Énergétique" vient compléter la Réglementation Thermique 2005 (RT 2005) applicable aux permis de construire déposés depuis le 1er septembre 2006.

□□**HPE** (haute performance énergétique) qui concerne les constructions dont les consommations énergétiques conventionnelles sont au moins inférieures de 10% de la consommation de référence.

□□**THPE** (très haute performance énergétique) qui s'applique aux constructions dont les consommations énergétiques conventionnelles sont au moins inférieures de 20% de la consommation de référence.

□□**HPE EnR** (haute performance énergétique énergies renouvelables) qui s'adresse aux bâtiments respectant les exigences du niveau HPE et dont au moins 50% de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation de biomasse ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60% d'énergies renouvelables.

□□**THPE EnR** (très haute performance énergétique énergies renouvelables) qui a pour objectif un gain au moins 30% par rapport à la consommation de référence.

Les constructions concernées devront également utiliser des énergies renouvelables comme la biomasse, le solaire thermique ou photovoltaïque (pompe à chaleur incluse).

□□**BBC** (bâtiments basse consommation) qui est attribué aux bâtiments de logements neufs, consommant au maximum 50 kWh/m² par an. Il impose de contrôler la perméabilité de l'air de la construction dans le but d'augmenter la qualité du logement.

³⁰ A Multimedia magazine yumpu : <https://www.yumpu.com/fr/document/read/28620188/4-le-label-haute-performance-energetique-idemu> , 29/11/2019

□□**BBC 2005** (label Bâtiment Basse Consommation): consommation de l'ordre de 50 kWh/m² par an. Il faut inclure dans le calcul: le chauffage, la ventilation et clim, l'eau chaude sanitaire et l'éclairage. L'électroménager n'est pas compté.³¹

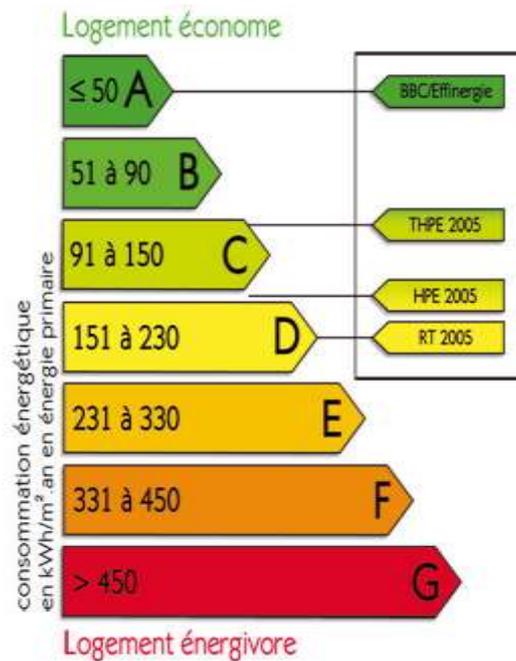


Figure 9: Labels HPE THPE
Source : Google images

I.4.1.2. EFFINERGIE

Il a été mis au point par l'association EFFINERGIE pour promouvoir la construction et la réhabilitation à basse consommation d'énergie, ce label correspond au label bâtiment basse consommation, BBC2005 et il est du même niveau que les labels suisse MINERGIE et allemand PASSIVHAUS mais le label EFFINERGIE tient compte des spécificités françaises en termes de réglementations et de normes, des zones climatiques, des modes de construction...³²

Pour obtenir ces labels, l'exigence principale est de ne pas dépasser une valeur de consommation de 50 kWh/m²/an pour le neuf, et de 80 kWh/m²/an pour la rénovation. ces valeurs prennent en compte la diversité des climats ainsi que l'altitude et

³¹ MISSOUM (Mohammed) : Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance Énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie, mémoire de Magistère en génie mécanique, Faculté de technologie, université hassiba benbouali, Chlef, décembre 2011, p. 96.

³² SEMAHI (Samir) : contribution méthodologique a la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie, mémoire de magister, laboratoire architecture et environnement, école polytechniques d'architecture et d'urbanisme, Alger, 2013, p.34.

portent sur les cinq usage de l'énergie (chauffage, auxiliaires de ventilation et de chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage-naturel, climatisation) par ailleurs , une mesure perméabilité à l'air est obligatoire pour tout logement BBC –Effinergie dans le secteur résidentiel neuf et recommandée pour le tertiaire et la rénovation .l'association Effinergie travaille actuellement sur la définition de référentiels pour des labels de bâtiments à énergie positive, de bâtiments passifs ...³³

I.5. Architecture et énergie renouvelable

I.5.1. Les Energies

L'énergie est la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement de la lumière, ou de la chaleur. C'est une grandeur physique qui caractérise l'état d'un système.

Le changement climatique et l'épuisement des ressources naturelles fossiles ce sont les deux facteurs majeurs qui provoc un sentiment de responsabilité à l'humain vers ces dégradations naturelles, l'être humain se trouve alors en face de deux défis, réduire la consommation énergétique mondiale d'une part, et à profiter d'autre part des énergies primaires renouvelables.

I.5.2. La valorisation des énergies renouvelables

La valorisation des énergies renouvelables, c'est à dire leur transformation en une forme d'énergie propre, aisément utilisable, financièrement et socialement acceptable, devient un souci croissant de notre société. Les raisons en sont les critiques et/ou les faiblesses environnementales, économiques ou sociétales associées aux énergies traditionnelles qu'elles soient fossiles ou nucléaires.

Pour le futur, les prévisions de consommation d'énergie dans le monde (8 920 MTEp en 2011) sont en croissance régulière et certains prévisionnistes avancent une augmentation de 50% de cette consommation d'ici 2050. Une situation qui, fatalement et mécaniquement, conduit à un développement des trois sources d'énergie primaire à notre disposition : les fossiles, le nucléaire et les renouvelables.³⁴

³³ SIMONE (Schleifer), architecture et énergie –un enjeu pour l'avenir, Edition place des victoires, France, p.304.

³⁴ Association française pour l'hydrogène et les piles à combustible
'http://www.afhypac.org/documents/tout-savoir/fiche_9.3.3_valorisation_des_nergies_renouvelables_avril2014_th.a..pdf'

I.5.3. Les énergies fossiles

Les fossiles connaissent certes un renouveau, le charbon pour des raisons économiques, les gaz de schistes et le pétrole par grands fonds, pour des raisons de nouveaux développements technologiques, mais, par définition, ils sont en quantité finie et leur épuisement, même s'il est actuellement retardé est inéluctable à l'échelle d'un siècle ou deux, sans oublier leur impact sur la santé et l'environnement.³⁵

I.5.3.1. Ressources fossiles en surexploitation

La consommation d'énergie non renouvelable est indispensable à l'économie. Elle varie en fonction du taux d'équipement (véhicules, chauffage/climatisation, appareils électroménagers, appareils électroniques).

A l'échelle mondiale, selon L'AIE (Agence Internationale de l'Energie) **l'industrie consomme 29% des énergies primaires, le transport 27% et le résidentiel 23 %**. Ainsi plus un pays est développé plus il consomme d'énergies.³⁶

I.5.3.2. Différents types d'énergies fossiles

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

Tableau 1: Les différents types d'énergie primaire.

Source : IEA

I.6. La consommation énergétique

I.6.1 La consommation énergétique dans le monde

Depuis toujours, l'homme a consommé de l'énergie. Cette consommation était relativement linéaire et d'origine presque exclusivement renouvelable (biomasse, énergie hydroélectrique, énergie animale,.....) jusqu'à la révolution industrielle.

C'est durant cette période, marquée par des développements industriels et économiques toujours plus énergivores et un accroissement de plus en plus important de la population mondiale.

³⁵ Ibid.

³⁶ Chiffres clés de l'énergie, édition 2011. SOeS – chiffres de consommation 2010.

Depuis les années 1950, que l'essor des énergies fossiles (gaz, pétrole et charbon) a vu le jour, et leur consommation commença alors à augmenter de façon exponentielle.³⁷

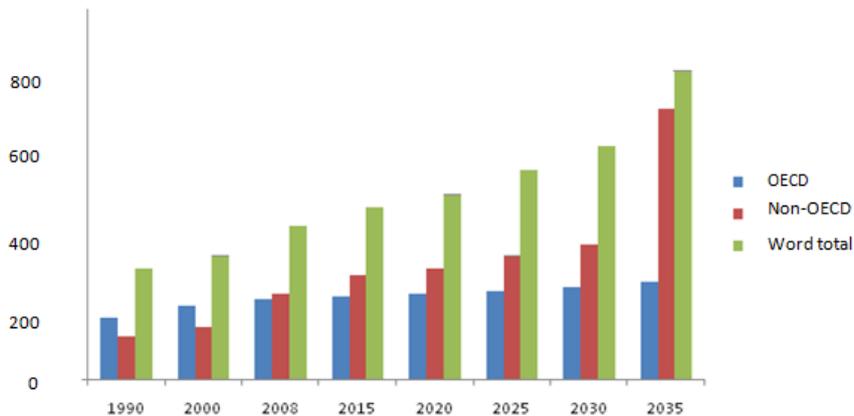


Figure 10: Evolution de la consommation mondiale énergétique entre 1990 et 2035 en quadrillion btu(prévision).

Source: The International Energy Outlook –EIA-, 2011

La consommation mondiale d'énergie est élevée de 42% entre 1990 et 2008 c'est-à-dire de 354 quadrillion Btu³⁸ à 505 quadrillion Btu. Cette consommation augmente de 53% entre 2008 et 2035, du 505 quadrillion Btu en 2008 à 770 quadrillion Btu en 2035 (fig.01).

Une grande partie de la croissance de la consommation d'énergie se produit dans les pays en dehors de l'OCDE³⁹, due à la croissance économique. L'utilisation d'énergie dans des pays non-OCDE augmente de 85% par rapport à une augmentation de 18% pour les économies d'OCDE (EIA, 2011, p.9).

I.6.2 La consommation énergétique dans l'Algérie

L'Algérie, riche en gaz et en pétrole ne s'est intéressée sérieusement à la rationalisation de l'utilisation de l'énergie qu'à la fin des années 80. Le gaz naturel qui constitue 60% de ses réserves en énergie fossile, alimente à hauteur de 30% de ses revenus en devises.⁴⁰ En 1995, la consommation nationale d'énergie a été de 25,3 Mtep avec une pénétration plus grande des produits gazeux, plus disponible dans le bilan des ressources.

³⁷ Cité par SEMAHI .S, « Contribution méthodologique à la conception des logements HPE en Algérie », mémoire de magister, EPAU ,2013.

³⁸ **Quadrillion Btu** : quadrillion British thermal unit, est une unité d'énergie anglo-saxonne, 1 Btu = 2,52.10-8 TEP. (TEP : Tonnes d'équivalent pétrole).

³⁹ **OCDE** : Organisation pour la Coopération et le Développement Economiques (Organisation for Economic Coopération and Développement (OECD)).

⁴⁰ S. Assyl, Revue de SONATRACH, Réseau N°3 Avril 2004, p30

En Algérie, le développement intense de la construction de bâtiment (résidentiel et tertiaire) et l'augmentation de nombre d'équipement électronique de régulation pour la climatisation et le chauffage fait du bâtiment un grand consommateur d'énergie.⁴¹

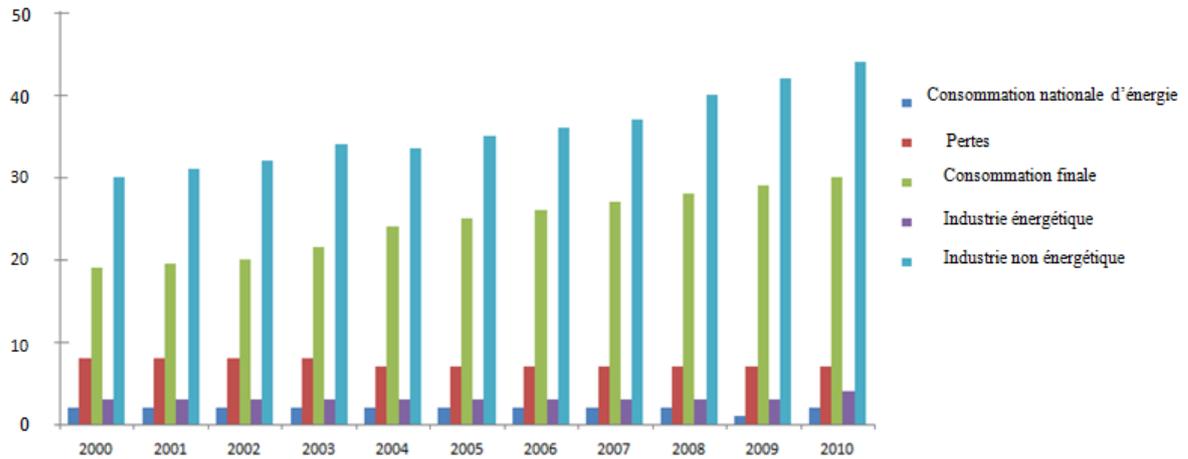


Figure 11: Evolution de la consommation nationale d'énergie en Algérie période 2000-2010.

Source : (Bilan MEM).

La consommation finale d'énergie en Algérie a connu une forte progression ces dernières années. En effet, entre 2000 et 2010 la consommation énergétique nationale a enregistré un taux de croissance annuel moyen de l'ordre de 3,85%.

La répartition de la consommation finale d'énergie par secteur montre que le secteur du bâtiment est le secteur le plus énergivore avec une part de 38%, il est à signaler que le secteur du bâtiment à usage résidentiel et tertiaire.

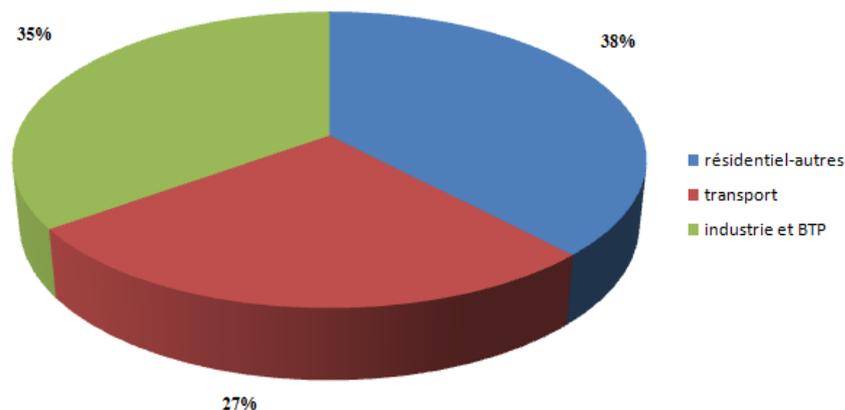


Figure 12: Répartition de la consommation finale par secteur 2010.

Source : (Bilan MEM).

Par forme d'énergie, l'électricité est l'énergie la plus consommée dans le tertiaire.

Cependant, le gaz naturel est l'énergie prépondérante dans la consommation du secteur résidentiel.

⁴¹ Bessalchi M., « évaluation de la consommation énergétique dans les salles de classes préparatoires à l'EPAU », mémoire de master, l'EPAU, 2013

Les différents types d'énergie dans le secteur résidentiel nous servent globalement à quatre différents usages :⁴²

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

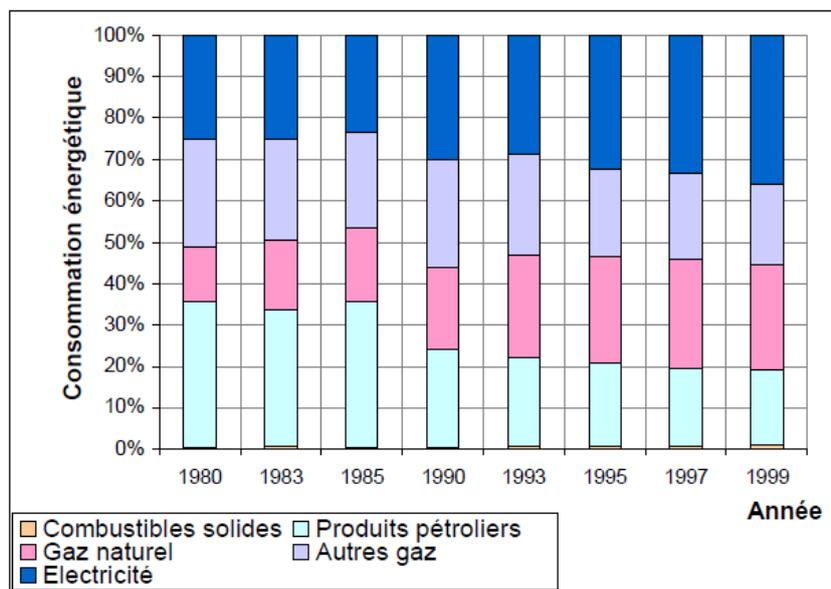


Figure 13: Consommation énergétique en Algérie dans le secteur ménager.
Source : Ch.E. Chitour, 1994 d'après Boutarfa, DGE, 2000

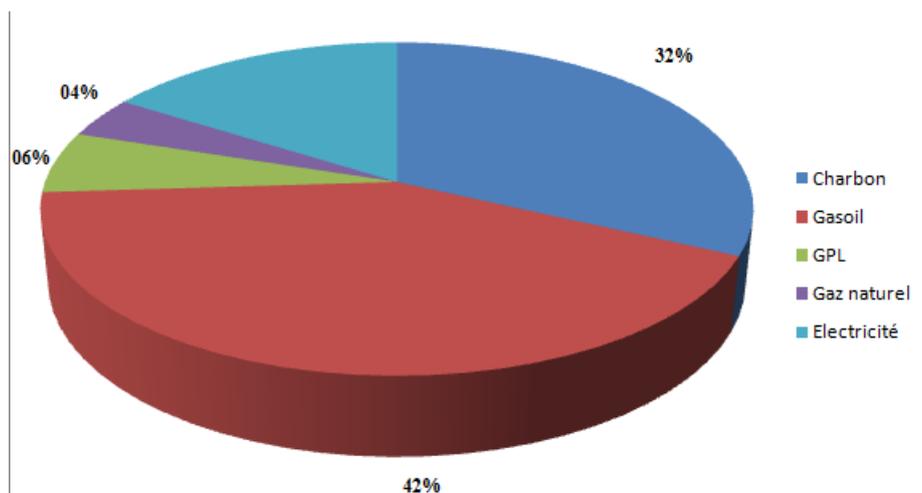


Figure 14: Répartition de la consommation du tertiaire par forme d'énergie.
Source : APRUE, 2012

⁴² CHITOUR. Chams Eddine, L'énergie- Les enjeux de l'an 2000, Alger : Office des Publications Universitaires OPU, 1991, p 41.

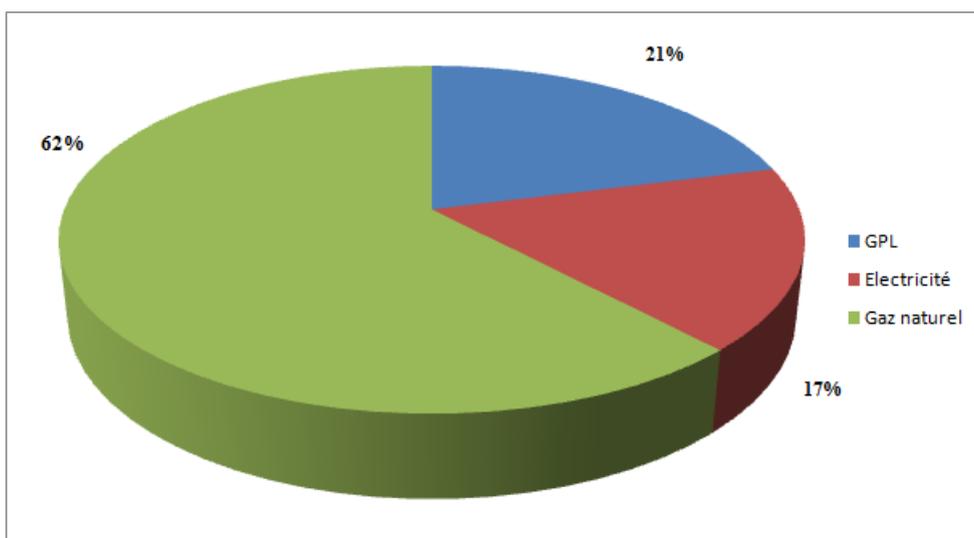


Figure 15: Répartition de la consommation du résidentiel par forme d'énergie.

Source : APRUE, 2012

I.7. Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables constituent une solution respectueuse de l'environnement.

Elles permettent d'acquérir une certaine autonomie énergétique et de réaliser des économies à moyen et long terme. En fonction de la situation géographique, plusieurs types d'énergies renouvelables sont utilisables.⁴³

Le caractère renouvelable d'une énergie dépend de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée.⁴⁴

I.7.1. Vers une transition énergétique

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

Le développement des ENR et les économies d'énergies demandent des investissements très importants dans la recherche/développement.⁴⁵

⁴³ BEGUIN Daniel : « Guide de l'éco-construction » Agence Régionale de l'Environnement en Lorraine, ADEME Février 2006.p23.

⁴⁴ Amory.B.LOVINS, Stratégie énergétique planétaire, édition Christian Bourgeois, Paris 1975, P97

⁴⁵ Manuel 'Gérer les ressources terrestres 'Chapitre 2. L'enjeu énergétique. La Russie p. 114, 116 et 118. PDF



Figure 16: Effets de la pollution des sols.
Source : indiacelebrating.com

I.7.2. Pourquoi les énergies renouvelables ?

Les énergies renouvelables sont des énergies primaires inépuisables à long terme car elles sont issues directement de phénomènes naturels comme le rayonnement du soleil (solaire), le vent (éolien), le courant des fleuves (hydraulique) ou encore la chaleur du sol (géothermie). Le bilan carbone des énergies renouvelables est par conséquent très faibles, elles permettent de lutter contre le changement climatique et sont donc une solution viable pour une transition énergétique.⁴⁶

I.7.3. Les différents types d'énergies renouvelables

I.7.3.1. L'énergie éolienne

L'énergie éolienne a été vite exploitée à l'aide de moulins à vents équipés de pales en forme de voiles, comme ceux que l'on peut voir aux Pays-Bas ou encore ceux mentionnés dans Don Quichotte.

Ces moulins utilisent l'énergie mécanique pour actionner différents équipements.

Les moulins des pays bas actionnent directement des pompes dont le but est d'assécher ou de maintenir secs les polders du pays.

Les meuniers utilisent des moulins pour faire tourner une meule à grains ; Aujourd'hui, ce sont les éoliennes qui prennent la place des moulins à vent.

Les éoliennes transforment l'énergie mécanique en énergie électrique.⁴⁷

⁴⁶ Manuel 'Gérer les ressources terrestres 'Chapitre 2. L'enjeu énergétique. La Russie p.114, 116 et 118. PDF

⁴⁷ Robert Bell, La bulle verte : La ruée vers l'or des énergies renouvelables, édition Scali, Paris 2007 P296



Figure 17: L'énergie éolienne.
Source : Google images

I.7.3.2. 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.⁴⁸



Figure 18: L'énergie hydraulique.
Source : Google images " Chute Niagara Canada "

⁴⁸ JEAN JACQUOT, Energies renouvelables pour l'habitat 2001

I.7.3.3. 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 croûte 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...).⁴⁹



Figure 19: L'énergie géothermique.

Source : Google images

I.7.3.4. L'énergie de la biomasse

Le terme bioénergie désigne l'énergie issue de toute matière organique renouvelable.

Des produits très divers peuvent être utilisés, notamment les résidus de la foresterie, les copeaux, les cultures, les déjections animales et autres sources de déchets organiques.

La bioénergie utilise plusieurs types de procédés différents. La biomasse peut être brûlée directement pour produire de la chaleur et/ou alimenter la production d'électricité. Elle peut subir un processus pour produire un carburant liquide comme le biodiesel. Comme elle peut subir un procédé de gazéification ou un procédé de digestion anaérobique pour produire des gaz qui peuvent être stockés puis utilisés pour chauffer, pour la cuisson et même pour la production d'électricité. L'énergie de la biomasse couvre un large éventail de technologies, depuis les applications primitives (par exemple, la production traditionnelle de charbon de bois et les fours à bois)

⁴⁹ www.legrenelle-environnement.fr, Virginie Peeters, Février 2010

jusqu'aux procédés énergétiques avancés, qu'on désigne souvent collectivement par l'expression 'La biomasse moderne'.⁵⁰



Figure 20: L'énergie de la biomasse.

Source : Google images

I.7.3.5. 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. 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.⁵¹



Figure 21: L'énergie solaire.

Source : Google images

⁵⁰ « L'investissement dans les énergies renouvelables crée des emplois ». Union européenne 2012

⁵¹ A. Liebard, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, Ed le moniteur, 2004.

Chapitre II

II. L'énergie solaire : une énergie durable au futur

Introduction

L'énergie solaire disponible sur la terre constitue une ressource naturelle abondante et renouvelable. Toutefois, l'utilisation de cette énergie demeure, à ce jour, relativement peu répandue dans la pratique courante de l'architecture. Afin de contrer cette tendance, l'Agence Internationale de l'énergie (AIE) a mis sur pied la Tâche 41 "Énergie solaire et Architecture", dont le but principal est d'encourager et d'accélérer le développement d'une architecture solaire de haute qualité à l'échelle internationale.⁵²

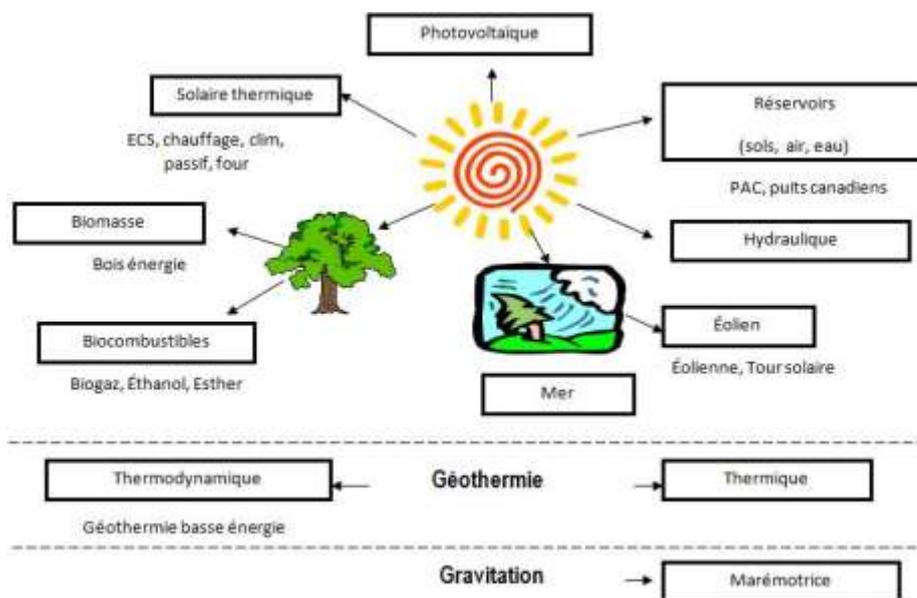


Figure 22: Le soleil : première source d'énergie sur Terre.

Source : <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/>

II.1. Énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie rayonnée par le soleil. Cette énergie est à l'origine de nombreux phénomènes physiques tels que la photosynthèse, le vent ou le cycle de l'eau. Elle vient de la fusion nucléaire se produisant au cœur du soleil. Elle circule dans l'espace sous forme d'un rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement est composé de photons, petites particules d'énergie élémentaires.⁵³

L'énergie solaire est aujourd'hui utilisée dans le cadre de l'architecture solaire passive (par des Bais vitrées, les serres, les chauffes eaux solaires...), quant au solaire

⁵² Alain Liébard, *traité d'architecture et urbanisme*, éd observatoire des énergies renouvelable, p878, France

⁵³ D. Wright, *'Soleil, nature, architecture'*. Ed parentheses, P85, Paris 1979.

photovoltaïque, il permet la conversion du rayonnement solaire en électricité (Rendement 10 à 12%).⁵⁴

II.2. Les systèmes solaires

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

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

-Le solaire thermique active : consiste à utiliser l'énergie solaire en ayant recours à des systèmes actifs (mécaniques) qui convertissent l'énergie solaire en énergie thermique pour produire de la chaleur utile.⁵⁵

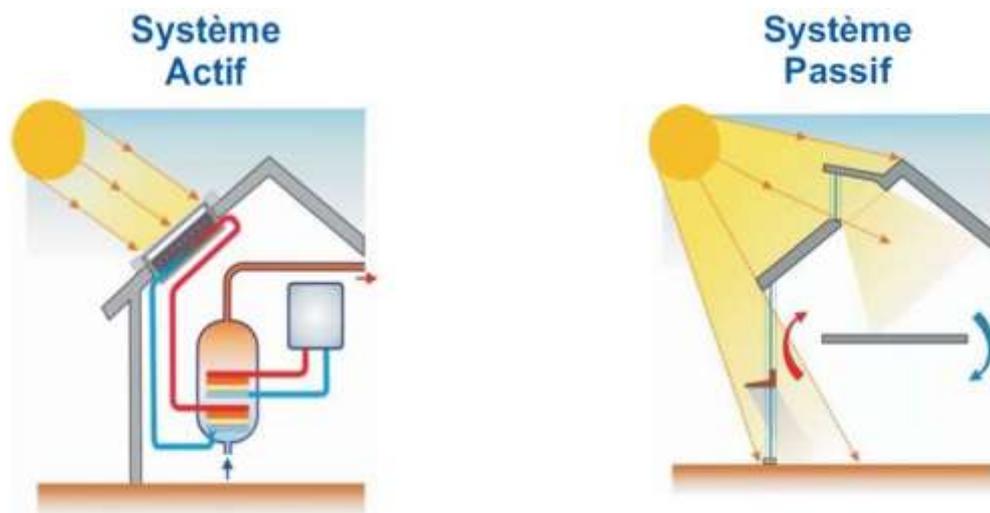


Figure 23: Le solaire passif et actif.
Source : google image

II.2.1 Système solaire passif

Le solaire thermique passif ou chauffage solaire passif est l'utilisation des apports solaires passifs pour chauffer un équipement en saison hivernale, et réduire la consommation énergétique du chauffage, le chauffage solaire passif a plusieurs avantages. Selon Heschong (1981), il permet entre autres :

- ✓ D'améliorer la sensation de bien-être thermique ;
- ✓ De créer un microclimat favorable ;

⁵⁴ Alain Liébard, 'traité d'architecture et urbanisme', éd observatoire des énergies renouvelable, p878, France

⁵⁵ Hestnes, A. G. (1999). Building integration of solar energy systems. *Solar Energy*, 67(4-6), 181-187

- ✓ D'assurer une ambiance chaleureuse et confortable.

L'énergie solaire est captée et stockée dans les éléments massifs internes du bâtiment (Murs, planchers, cloisons). La fenêtre, grâce à ses apports de chaleur, peut réduire une consommation d'énergie qui avoisine les 10%.

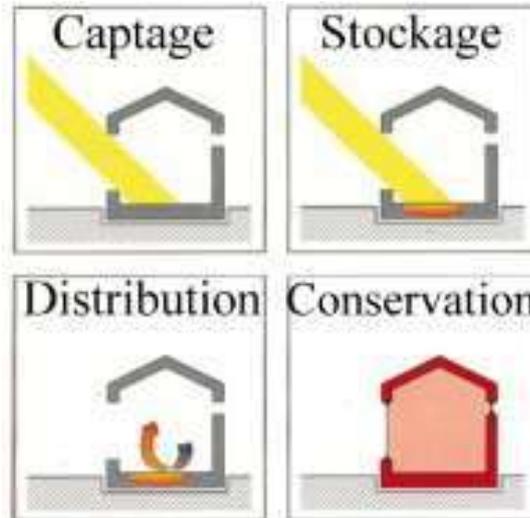


Figure 24: Principes du chauffage solaire passif.
Source : Cofaigh et al, 1996

Trois façons de capter et stocker l'énergie solaire, soit directement, indirectement ou séparément (par le phénomène de thermo circulation). Le mur capteur et le mur trombe sont des exemples de dispositifs qui mettent à profit la convection naturelle pour transférer et accumuler de la chaleur à l'intérieur des bâtiments. La figure 15 présente un exemple de mur trombe intégré en façade sud, participant aux fortes exigences de Haute Qualité Environnementale (HQE) auxquelles le bâtiment devait répondre.⁵⁶



Figure 25: Mur trombe de la bibliothèque des sciences de l'université de Versailles.
Source : google image

Enfin, les deux composantes fondamentales du chauffage solaire passif sont :

- ✓ Les fenêtres : doit être choisie selon les paramètres de performance et bien positionnée afin de limiter les pertes thermiques, ce qui permet d'augmenter leur

⁵⁶ DEMERS, C. et POTVIN, A. (2004), Le chauffage solaire passif comme stratégie bioclimatique, Esquisses, Ordre des Architectes du Québec,

superficie (exemple double ou triple vitrage à faible émissivité pour améliorer le rendement d'un mur trombe).

- ✓ Les matériaux de stockage : sert à absorber, à stocker et à distribuer l'énergie solaire quand la température de l'air s'abaisse. Le matériau idéal est celui qui possède une masse thermique d'une capacité calorifique élevée, une conductance et une densité modérée ainsi qu'une émissivité élevée.

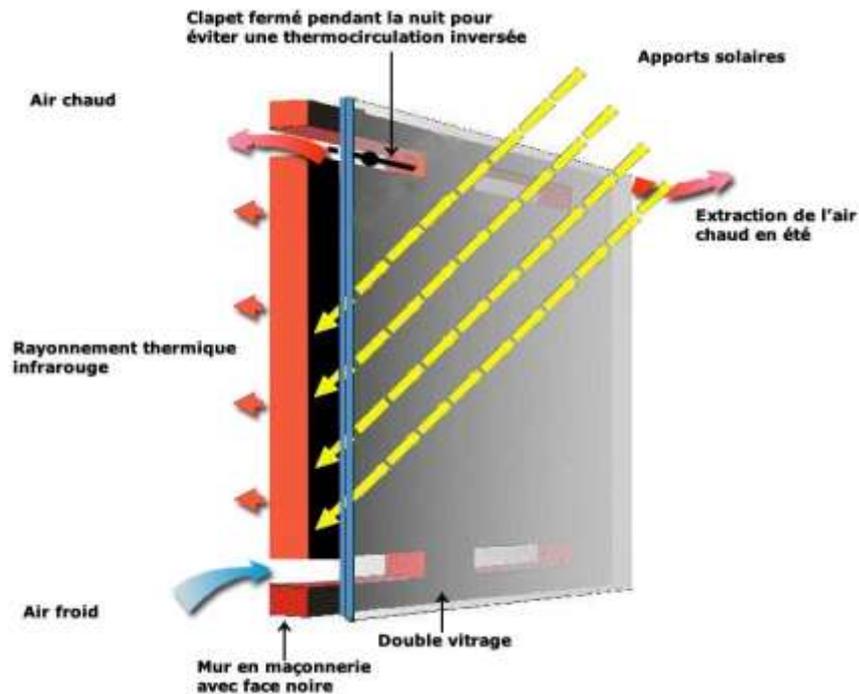


Figure 26: Détail d'un mur trombe .
Source : google image

II.2.2. Système solaire actif

Le système solaire actif est créée à partir d'installations spécifiques qui récupèrent les rayons du soleil et les transforment en électricité et en chaleur, pour l'utiliser de façon propre et renouvelable.

On compte deux types d'utilisation indirecte de l'énergie solaire : le solaire thermique et photovoltaïque.

II.2.2.1. Système solaire thermique

Le solaire thermique active est l'utilisation de l'énergie solaire en ayant recours à des systèmes actifs (mécaniques) qui convertissent l'énergie de la lumière solaire en énergie thermique, ensuite l'énergie thermique est absorbée par un fluide caloporteur, par exemple de l'eau ou de l'air. Pour produire de la chaleur (eau de piscine, eau chaude domestique, eau dans des procédés industriels, chauffage de l'air, etc...)

Les systèmes thermiques actifs les plus courants sont les capteurs de polymères noirs (copolymères) pour l'eau de piscine, les panneaux solaires thermiques non vitrés, les panneaux thermiques vitrés, les panneaux à tubes sous vide et les murs solaires.

II.2.2.1.1. Production de chauffage de l'eau

Les systèmes solaires pour réchauffer l'eau de piscine ou domestique peuvent être intégrés aux bâtiments en utilisant un simple capteur de polymères noirs ou encore un panneau solaire thermique non-vitré, composé d'un absorbeur solaire, un système hydraulique et un isolant.



Figure 27: Panneaux solaires thermiques non vitrés pour réchauffer l'eau de piscine.
Source : google image

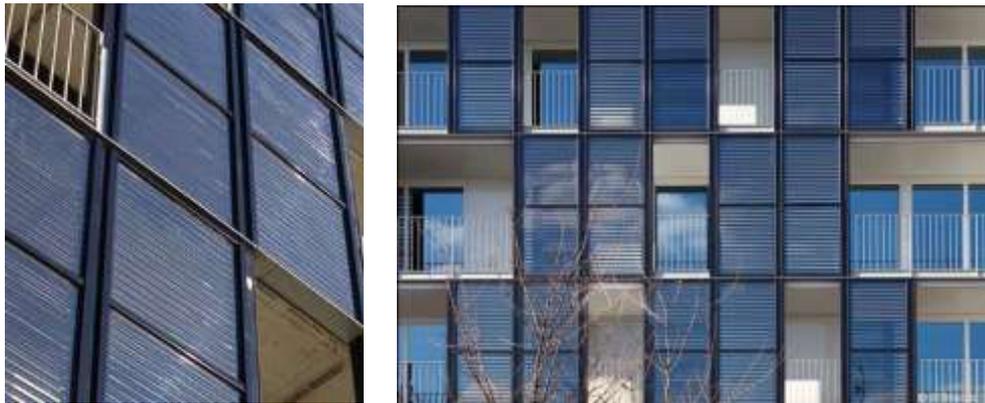


Figure 28: Panneaux solaires thermiques à tubes sous vide destinés à produire de l'eau chaude domestique.
Source : google image



Figure 29: Panneaux solaires thermiques vitrés opaques bleus foncés, d'une fraction solaire de 90%.
Source : AKS DOMA Solartechnik, 2011

II.2.2.1.2. Production de chauffage de l'air

Les systèmes solaires pour le chauffage de l'air peuvent être intégrés aux bâtiments, afin d'optimiser les gains solaires passifs en les transférant vers d'autres zones non exposées au soleil (pompe à chaleur, système de ventilation, etc.).



Figure 30: Système solaire thermique à air Lubi^{MD}.
Source : <https://www.enerconcept.com>

II.2.2.2. 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.

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

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

- 1) Les cellules en silicium cristallin,
- 2) Les cellules en silicium amorphe (première technologie à couche mince).
- 3) Les nanotechnologies, dont les systèmes à base de cellules organiques, polymères ou de fullerènes.⁵⁷

⁵⁷ M. BENAMRA (Mostefa Lamine) : Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale, Université de BISKRA, 2013

Les systèmes photovoltaïques les plus courants sont :

- Le panneau solaire photovoltaïque de silicium monocristallin est composé d'un seul cristal uniforme et son rendement est de 17 à 22%.
- Le panneau solaire photovoltaïque de silicium multicristallin (polycristallin) est composé de plusieurs cristaux non uniformes et son rendement est de 11 à 17%.
- Le panneau solaire photovoltaïque de silicium amorphe exploite une surface composée de silicium hydrogéné ayant un rendement moyen entre 4 à 8%.
Et jusqu'à 13% pour une technologie amorphe de type "P-I-N".

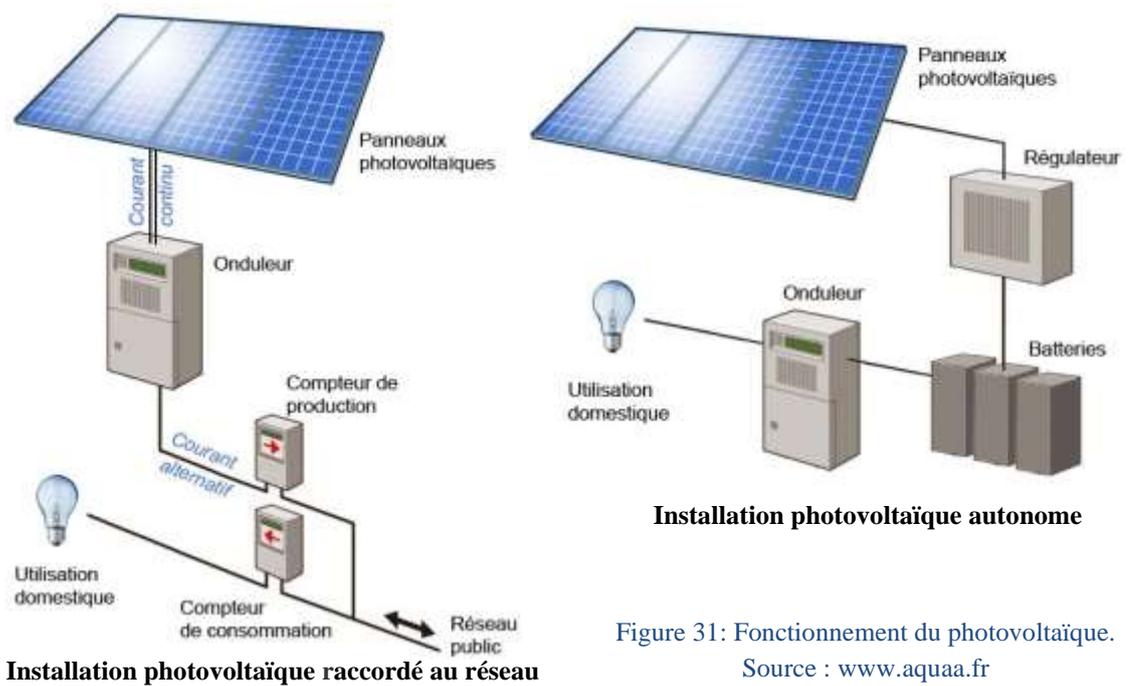
Les aspects importants à retenir avec la technologie photovoltaïque sont les suivants :

- ✓ La dimension, de l'ordre de 0,2 à 2 m² (dans lequel chaque cellule Photovoltaïque varie entre 10 x 10 cm à 20 x 20 cm), d'une épaisseur d'environ 0,4 à 1 cm et un poids de 9 à 18 kg/m² (données moyennes pour la technologie de silicium cristallin) ;
- ✓ L'apparence, variée, qui peut être opaque, translucide, avec ou sans encadrement et sous différentes couleurs, motifs et textures ;
- ✓ L'équipement, qui comprend un câblage assez restreint d'environ 0,8 à 1,5 cm de diamètre ;
- ✓ Le rendement, qui dépend de plusieurs facteurs dont la température des cellules et le type de technologie.

En effet, la chaleur interne à l'arrière des panneaux photovoltaïques réduit son rendement électrique pour chaque degré supérieur à la température d'émission prévue de 25°C.

II.2.2.2.1. Le principe de fonctionnement d'un panneau solaire photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques de silicium génèrent un courant continu quand elles sont exposées au soleil. Ce courant est directement transformé en courant alternatif par un onduleur ou est alternativement stocké dans des batteries. Le courant alternatif est ensuite utilisé dans le bâtiment par les appareils électriques (éclairage artificiel, réfrigérateur, etc.). Un panneau solaire génère typiquement entre 180 et 250 W.



II.3. La conception solaire : démarche et exemples

II.3.1. La conception d'un projet architectural solaire



Figure 32: Vitrage photovoltaïque.
Source : blog.equipbaie.com

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.⁵⁸

⁵⁸ S.Houper, « thèse de doctorat ».2003 école d'architecture de Nantes, titre : « approche inverse pour la résolution de contraintes solaires et individuelles dans le projet architectural et urbain »

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.⁵⁹

II.3.2. Types de conception des panneaux solaires

N'en peut pas arriver à concrétiser une bonne intégration des éléments actifs, et calculer leur performance pour le bilan énergétique dans un bâtiment, sans passer par une architecture bioclimatique ou passive, Pour cette raison, des modules solaires devraient être considérés non seulement en tant que composants techniques pour produire de l'énergie, mais comme matériaux de construction souple qui s'harmonise avec le bâtiment et, peut être intégré dans son enveloppe.

Actuellement en distingue de grands types de conception des panneaux solaires, les concepteurs peuvent choisir entre de divers types de système photovoltaïque, tailles, structures et d'armature, selon l'application :

II.3.2.1 Les réalisations surimposition

On peut les appeler aussi solutions additives, les capteurs solaires sont fixés à une structure métallique d'un toit ou d'une façade, alors ce system solaire et un élément structurel additionnel aux charges du bâtiment.

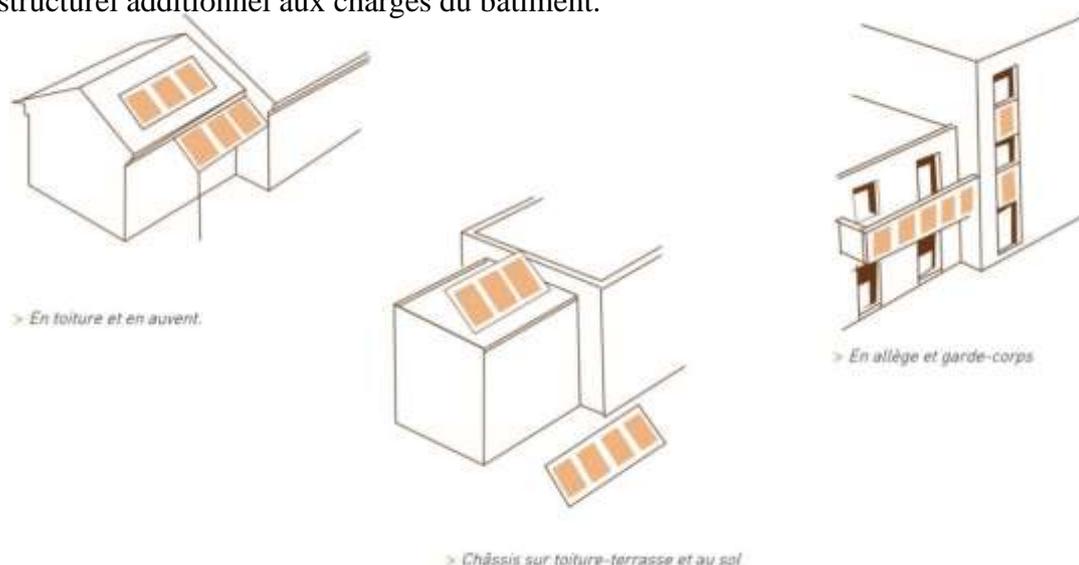


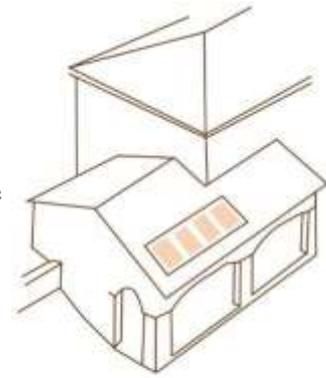
Figure 33: Les réalisations en surimposition (opposition) des ouvrages.

Source : http://www.solaire-collectif.fr/photo/img/outils/guide_integracion_architecturale.pdf

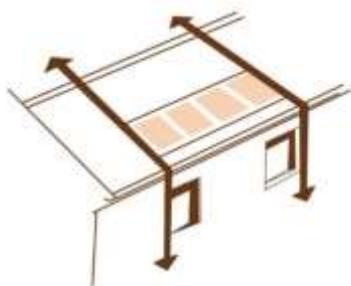
⁵⁹ E. Mazria. « Le guide de l'énergie solaire passive », 1980.

II.3.2.2 Les réalisations en intégration

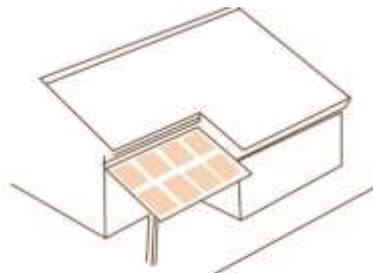
On peut les appeler aussi solutions intégratrices, les composants solaires remplacent ou sont intégrés aux éléments de base tels qu'un toit ou une façade, le système solaire fait partie de l'enveloppe du bâtiment, répond aux fonctions telles que la protection contre les intempéries, l'isolation thermique, l'isolation de bruit, l'ombrage du soleil et la sécurité, en plus de sa fonction majeure, produire de l'énergie.



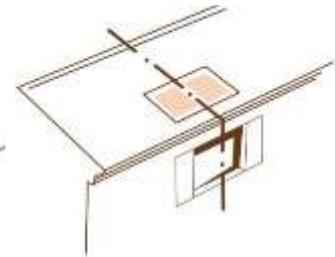
> Implantation des capteurs à privilégier sur toiture secondaire



> Implantation horizontale.
Alignement du champ de capteurs avec les ouvertures en façade.



> Capteurs comme éléments à part entière de la composition architecturale (toiture de terrasse...)



> Alignement avec ouverture de façade

Figure 34 : Les réalisations en intégration des nouveaux ouvrages.

Source : https://www.solaire-collectif.fr/photo/img/outils/guide_integracion_architecturale.pdf

II.3.3 Démarche d'intégration

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

- ✓ Minimiser l'impact visuel des capteurs dans leur environnement proche et lointain.
- ✓ Adapter la forme, la proportion et la position du champ 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.⁶⁰

II.3.4 Intégration des capteurs solaire dans le bâtiment

L'intégration des éléments solaire à la conception est primordial pour offrir une harmonie architecturale, en plus l'intégration du système solaire a la conception offre une personnalisation solarisée plus visible au bâtiment.

Ces éléments doivent donc être considérés comme des composants du bâtiment au même titre qu'un mur ou une toiture. À ce titre, le concepteur doit intégrer dans l'organisation d'une façade, d'une toiture ou d'une enveloppe d'un volume, en conservent ses spécificités formelles et fonctionnelles.

Il y a une gamme diversifiée de technologies solaires pouvant être intégrées aux projets dans la pratique de l'architecture, les différentes technologies offrent donc de nouveaux matériaux de composition aux architectes, standardisés ou sur-mesure.

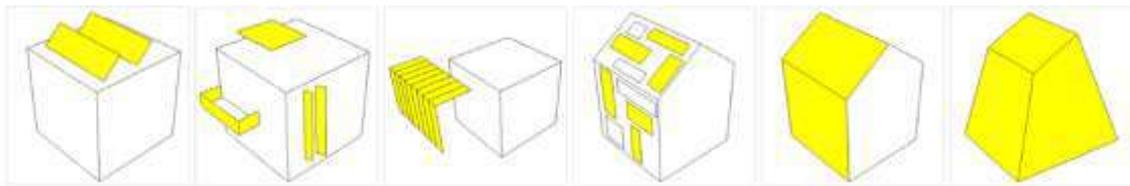


Figure 35: Les possibilités d'intégration solaire architecturale.
Source : Munari Probst et Alain, 2012

II.3.4.1 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.

⁶⁰ M. BENAMRA : Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale, Université de BISKRA, 2013

- 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.⁶¹



Figure 36: Intégration des capteurs en toiture incliné.
Source : www.guide-panneaux-photovoltaïques.be

II.3.4.2 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.

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.⁶²

⁶¹ M. BENAMRA : Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale, Université de BISKRA, 2013

⁶² Alian RECAUT, Système photovoltaïque, Ecole polytechnique Savoie, Oct 2011, P152



Figure 37: Intégration des capteurs en toiture terrasse.

Source : www.esb.ch

II.3.4.3 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.



Figure 38: L'école secondaire Green Dot Animo Leadership à Inglewood, Los Angeles, dispose d'un spectaculaire mur solaire extérieur.

Source : newatlas.com

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.⁶³

⁶³ Talal SALEM : Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 19 janvier 2007.

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.⁶⁴

Le capteur solaire marque sa présence comme un élément structurel de la façade et fait partie de l'architecture, les décrochements, les allèges, garde corps ou véranda, nous offrant ainsi plus d'alternatives d'intégration.

II.3.4.4 Les capteurs sur paroi verticale

A- Capteurs en allèges, auvent, garde-corps, brise soleil

Parmi l'intégration verticale du panneau solaire en distingue : intégration aux auvents, aux garde-corps d'une terrasse ou un balcon, sous la fenêtre (on allège), comme il peut avoir le rôle d'un brise soleil.



Figure 40: L'auvent solaire.
Source : www.mitjavila.com



Figure 39: Garde-corps solaire.
Source : www.lumossolar.com



Figure 41: Brise-soleil photovoltaïque.
Source : terre-bleue-energies.e-monsite.com



Figure 42: Capteurs en allèges.
Source : www.solaris-store.com

⁶⁴ Alian RECAUT, Système photovoltaïque, Ecole polytechnique Savoie, Oct 2011, P152

B- Capteurs en couverture de décrochements de façades ou vérandas

Le capteur est naturellement intégré dans le volume architectural, t'elle qu'un décrochement ou une véranda, l'efficacité d'ensoleillement du capteur dépend à l'inclinaison et à l'orientation des panneaux solaire.



Figure 43: système photovoltaïque intégré au décrochement du bâtiment.

Source : spa.aiachicago.org



Figure 44: Le capteur a une fonction d'allège et d'auvent.

Source: docplayer.fr

II.3.4.5 Les capteurs hors bâtiments

II.3.4.5.1 Les capteurs au sol

Cette solution est intéressante. Elle simplifie la pose et permet d'obtenir l'angle d'inclinaison choisi pour le capteur. Cette solution est envisageable sur un talus de jardin ou sur une terrasse au pied de la maison. Il faut faire face à une perte de rendement causée par une plus grande distance du transfert énergétique entre le capteur et le stockage, et porter une attention toute particulière aux raccords et à l'isolation, ce qui implique l'absence de recours à cette solution dans les régions au climat trop rigoureux ou trop venteux.

Les capteurs solaires peuvent aussi trouver leur place naturellement comme composants des annexes de l'habitation sous réserve que ces annexes soient proches du bâtiment principal (serres, garages, abris, ...).⁶⁵



Figure 45: Les capteurs solaires au sol.

Source : www.insunetrust.solar

⁶⁵ Talal SALEM : Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 19 janvier 2007.

II.3.4.5.2 les Capteurs sur une dépendance

Ces capteurs solaires on peut les intégrer comme un composant architectural aux annexes proche d'un bâtiment principal (serres, garages, abris...)



Figure 47: Capteurs sur une Annexe.
Source: waldenlabs.com



Figure 46: Capteurs sur une dépendance (abris).
Source: www.pinterest.com

II.3.5 Conditions d'efficacité énergétique

II.3.5.1 Besoin en capteurs

Pour le solaire thermique :

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

Pour le solaire photovoltaïque :

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

eau chaude sanitaire). Donc cette surface pourra leur couvrir entre 40 à 60% de leur consommation.⁶⁶

II.3.5.2 Influence de l'orientation, de l'inclinaison sur la quantité d'énergie captée

L'orientation sud et une inclinaison de 30 à 45° environ par rapport à l'horizontale assurent les meilleurs rendements pour une installation solaire à nos latitudes. Mais même avec des écarts importants (orientation sud-ouest à sud-est, inclinaison de 25 à 70°), une installation solaire reste rentable. Une inclinaison plus faible est conseillée si les capteurs ne peuvent pas être orientés vers le sud. Des capteurs solaires inclinés à 30° et orientés à 45° sud-ouest présentent encore 95% de la puissance optimale. Et même en cas d'orientation est ou ouest, il est possible d'espérer encore 85 % si le toit est incliné de 25 à 40°. Une inclinaison plus forte du capteur offre l'avantage d'une fourniture d'énergie lissée sur l'année.

Une inclinaison inférieure à 20° est à déconseiller pour éviter tout encrassement excessif des capteurs.⁶⁷

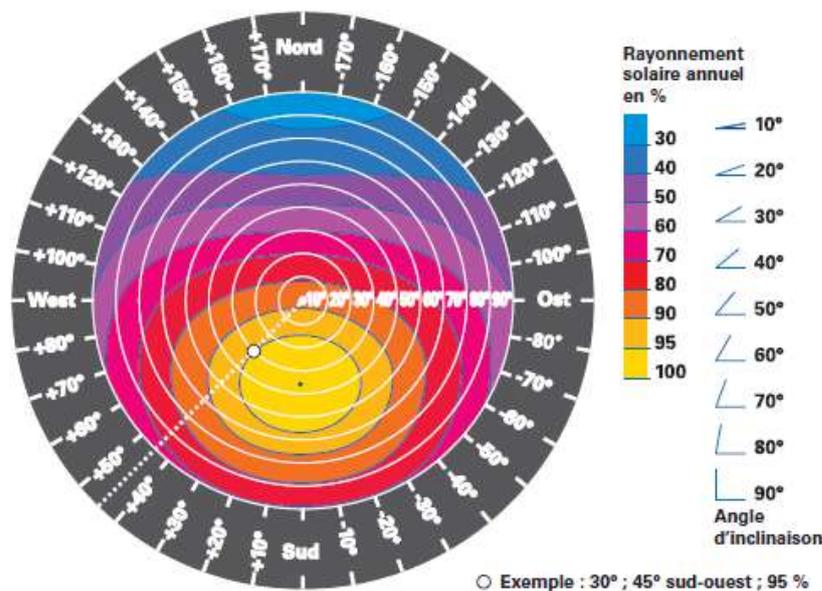


Figure 48: Paramètres d'influence de l'orientation et l'inclinaison sur le rendement.
Source: conseils.xpair.com

⁶⁶ M. BENAMRA (Mostefa Lamine) : Intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : Approche architecturale, Université de BISKRA, 2013

⁶⁷ Daniel MUCK, capteurs solaire thermiques, Cogesol

II.3.5.3 Course et masque solaire

Pour fonctionner de manière optimale et pour avoir une meilleure solution, avant l'installation photovoltaïque il est essentiel d'étudier les conditions climatiques particulièrement la course solaire.

Elle doit être soumise à aussi peu d'ombrages que possible, ces masques solaires peuvent être produits par des obstacles environnementale (arbres, colline, ou un relief environnant....), ou artificiel-t-elle que un bâtiment mitoyens ou proches.



Figure 49: L'ombrage, ennemi des installations Photovoltaïques.

Source : artisanelectricien.wordpress.com

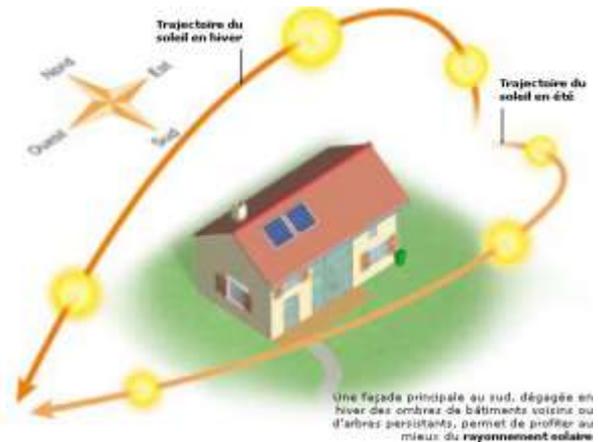


Figure 50: Course solaire.

Source : lesmaisonsecologiques.blogspot.com

II.3.5.4 Conditions de performance

Pour assurer une meilleure productivité des panneaux solaires il est essentiel d'adopter le projet à une démarche passive, pour la réduire la consommation énergétique du bâtiment. Et aussi en augmentant sa performance énergétique en adéquation avec les différents labels et normes énergétiques.



Figure 51: Concours : construire une maison passive à Fontainebleau.

Source : www.mysweetimmo.com

II.4 Exemples

II.4.1 Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires les plus courants

A- L'arche Solaire "*Solar Ark*"

Une technologie de silicium monocristallin avec un projet du fabricant de technologies solaires SANYO construit en 2001, la compagnie a construit une arche solaire, laquelle abrite un musée solaire et un laboratoire.

Solar Ark est un système photovoltaïque arqué et autoportant se trouve à la périphérie de la ville de *GIFU*. La centrale de 37 m de haut et 315 m de long, composée de plus de 5 000 modules solaires, est l'une des plus grandes centrales solaires au monde et réduit de 97 t CO₂ par an par rapport aux centrales conventionnelles. *Solar Ark* produit environ 53000 kWh d'énergie électrique par an. Après le rachat de Sanyo par Panasonic, le logo attaché à *Solar Ark* a été remplacé en conséquence en 2011.



Figure 52: Panneaux solaires photovoltaïques de silicium monocristallin intégrés au bâtiment.
Source : www.japan-photo.de

B- La Gare Hangzhou, Chine

La gare de *Hangzhou* Est conçue par CSADI est un énorme centre de transport en trois dimensions. Il a fourni plusieurs services de transport tels que chemin de fer, métro, transport terrestre, bus, autocar, taxi, etc...

La conception a utilisé l'auto-ombrage du volume de construction, un pare-soleil externe mobile, une ventilation naturelle par pression thermique pour une mesure de conservation d'énergie passive, et également un système de pompe à chaleur géothermique, une batterie solaire photovoltaïque sur le toit pour une technologie écologique active. Le toit avec des cellules solaires et photovoltaïques repose sur 79 milliers de m² de modules solaires photovoltaïques en silicium polycristallin. La capacité de production est d'environ 10,04 MWP.



Figure 53: Panneaux solaires photovoltaïques de silicium polycristallin intégrés à la toiture
 Source : www.archdaily.com

La figure 54 présente des panneaux solaires photovoltaïques de silicium amorphe, lesquels sont agencés avec un revêtement et une structure de bois apparente. Une autre particularité de la technologie choisie est qu'elle peut facilement être installée sur des surfaces courbes. Elle aurait pu aussi bien être installée ultérieurement à la construction, sous réserve de planifier à l'avance l'emplacement des conduits mécaniques. Par sa malléabilité, cette technologie convient particulièrement aux surfaces existantes.



Figure 54: Système solaire photovoltaïque de silicium amorphe intégré à la toiture
 Source : RHEINZINK, 2011

II.4.2 Exemples d'architecture solaire intégrant des systèmes solaires passifs et actifs.⁶⁸

A- Habitation *Imagine Rommen*, Norvège

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



Figure 55: Habitation *Imagine Rommen*, Norvège.

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

B- 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 56: Laboratoires d'énergie *Xelios*, Italie (Studio Marco Acerbis).

Source : www.comune.lodi.it

⁶⁸ Emilie. B 'conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception'. Mémoire.

C- 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 57: Siège social Tobias Grau, Allemagne.

Source : www.frener-reifer.com

II.5 Conclusion

Afin de conclure cette section, les systèmes solaires passifs nécessitent souvent un investissement minime et sont en tout cas nécessaires et préférables aux mesures actives ou techniques. Néanmoins, les systèmes actifs bien conçus sont aujourd'hui beaucoup mieux ajustés aux besoins des occupants qu'autrefois, surtout en termes d'énergie, ajoutant aussi une isolation ou une protection supplémentaire de l'enveloppe du bâtiment. Il est nécessaire aussi d'intégrer les panneaux solaires en amont dans la phase conception.

En outre la production de chauffage d'eau chaude, est un système qui doit être isolé et qui possède une production adéquate aux besoins et la capacité de stockage. Pour la production d'électricité, il s'agit d'un système qui doit être bien ventilé, en amont dans le processus de conception des architectes et qui, peut-être dimensionné selon la surface disponible.

Enfin, les systèmes actifs sont très dépendants des conditions locales (prix de l'électricité, coût d'installation, subvention gouvernementale, etc.), et elle doit être accompagné par une démarche passive pour assurer un meilleur rendement énergétique.

Chapitre III

III. Le sport : définition et concept

III.1. Définition générale du sport

Le sport est tout en ensemble d'exercices physiques où l'on doit respecter des règles pouvant aussi être une pratique orientée vers la compétition. Bien que la capacité physique (l'endurance/la résistance) soit l'élément-clé pour le résultat final de la pratique sportive, d'autres facteurs sont également décisifs, comme l'adresse mentale (ou la coordination) ou encore l'équipement du sportif.

Outre les compétences sportives auxquelles la discipline fait appel, le sport est un divertissement aussi bien pour les pratiquants que pour les spectateurs.⁶⁹

Cependant on peut préciser des axes majeurs ; le sport est une activité humaine, qui doit pouvoir être pratiquée comme un loisir, qui est cadré par des règles respecté par un grand nombre et qui met en compétition entre les pratiquants d'une même discipline.

Il existe des activités à propriété sportif mais pratiquées à titre de loisirs sans but de compétition, comme la randonnée, qui n'a pas été admise comme sport par fois ; et aussi il a y a des activités peu physiques et particulièrement des jeux cérébraux, comme les échecs.

III.2. Historique

Plusieurs trouvailles archéologiques démontrent qu'en l'an 4000 av. J.-C. le sport se pratiquait déjà en Chine. En Égypte antique, par exemple, des compétitions de natation, pêche, lancer de javelot, saut en hauteur et de lutte libre avaient lieu. De même, en Perse antique les sports existaient déjà, tels que les arts martiaux.

⁶⁹ <https://lesdefinitions.fr/sport>

En 776 avant J.-C, la peste ravage une région du sud de la Grèce "*le Péloponnèse*", faisant de nombreux morts. Alors à leur croyance, le roi décide d'organiser une importante fête religieuse : les jeux Olympiques de l'Antiquité sont nés et ont lieu tous les quatre ans à Olympie. Les Grecs organisent des offrandes ainsi que des jeux sportifs. Progressivement, ces jeux deviennent de plus en plus importants dans la vie des Grecs. Les épreuves sportives se multiplient : course, puis lutte, saut en longueur, lancer du javelot et du disque, boxe, course de char, etc.

Au fil du temps, les sports sont devenus de plus en plus populaires tout en comptant sur le soutien des supporters, qui font tout ce qui peuvent pour accompagner la pratique sportive de leurs idoles. Grâce aux médias et avec l'accroissement des loisirs, le sport est devenu une activité professionnelle, ce après quoi les athlètes ont commencé à recevoir de l'argent pour se consacrer aux entraînements et aux compétitions.⁷⁰

III.3. L'importance du sport

-Le sport a pour objet de :

- * L'épanouissement physique et moral des citoyens et la préservation de leur santé.
- *L'éducation de la jeunesse et sa promotion culturelle et sociale.
- *L'enrichissement du patrimoine national culturel et sportif.
- *Le développement des idéaux de rapprochement, d'amitié et de solidarité en tant que facteurs de cohésion nationale.
- *La lutte contre les maux sociaux par la promotion des valeurs morales liées à l'éthique sportive.
- *La digne représentation de la nation dans le concert de la confrontation sportive internationale.

III.4. Les catégories de sports

Les sports peuvent être individuels ou collectifs et pratiqués en salle ou en plein air. Il existe plus de cinquante (50) sports, chacun pouvant être constitué de plusieurs disciplines.

- On dénombre maintenant vingt et une (21) catégories principales de sports :

⁷⁰ Ibid.

1/ Athlétisme

Un ensemble d'épreuves sportives codifiées comprenant les courses, sauts, lancers, épreuves combinées et marche.

2/ Sport collectif

Un sport qui oppose des équipes entre elles, t'elle que : Basket-ball, Football, Handball, Volley-ball ...etc.

3/ Sports de force

Désigne un ensemble d'activités physiques permettant au pratiquant d'améliorer sa condition physique, comme : Fitness, Force basque, Powerlifting, Tir à la corde.

4/ Sport mécanique

Ce sont des sports qui utilise des véhicules motorisés, "automobile, motocycliste ou aéronautique", la plupart implique des courses entre les concurrents, comprenant par exemple : Rallye, Course de camions, Formule 1, Endurance moto, Moto-cross, Course aérienne...etc.

5/ Sports de raquette

Un sport de raquette oppose deux ou plusieurs joueurs, les joueurs utilisent une raquette cordée verticalement et horizontalement, t'elle que : Speed-ball, Squash, Tennis, Tennis de table...etc.

6/ Sports avec animaux

C'est l'ensemble des disciplines sportives qui ont pour point commun l'utilisation des capacités athlétiques et esthétiques des animaux. Ces disciplines donnent lieu à des compétitions sportives appelés par fois des concours, comme : Courses de lévriers
Course de chameaux, Course de chars, Sport hippique, Sports équestres, Polo...etc.

7/ Sports anciens

Ce sont les sports les plus anciens de l'histoire et qui sont toujours pratiqués de nos jours, comme : Barres, Course de chars, Crosse ancienne, Pentathlon antique, Soule, Stoolball, Town ball...etc.

8/ Gymnastique

C'est un terme générique qui regroupe aujourd'hui des formes très diverses de disciplines sportives, et aussi appliqué à des formes d'activités dites gymniques, pratiquées pour le loisir ou la compétition, comme : Danse sportive, Breakdance, "Gymnastique : acrobatique, aérobique, artistique, rythmique", Parkour, Trampoline, Tumbling...etc.

9/ Cyclisme

Activité sportive, quotidienne ou de loisir qui nécessite une bicyclette, il y a plusieurs disciplines comme : BMX, "Cyclisme : en salle, artistique, sur piste, sur route", Vélo tout terrain (VTT)...etc.

10/ Art martial

C'est un style ou une école dont l'enseignement porte principalement sur des techniques de combat, avec ou sans arme, il y a plusieurs disciplines comme : Judo, Karaté, Ninjutsu, Sumo, Taekwondo, Wushu (Kung Fu) ...etc.

11/ Sport de combat

Il appartient à une catégorie d'activités sportives basé le plus souvent sous une forme compétitive un affrontement entre deux combattants (appelé duel), on peut citer : Tout genre de Boxe, Escrime, Lutte, Canne et Bâton de combat...etc.

12/ Sports de glace

C'est un sport qui déroule principalement sur la glace, comme : Curling, Hockey sur glace, Danse sur glace, Patinage artistique, Patinage de vitesse...etc.

13/ Sports de plein air et de nature

C'est une pratique sportive dans la nature, qui repose sur différentes techniques de progression, comme : Alpinisme, Course d'orientation, Escalade sportive, Bloc (escalade), Grimpe d'arbres, Pêche sportive...etc.

14/ Sports aériens

Ce sont des compétitions réalisées principalement par des avions, des planeurs, des motoplaneurs et ou d'autres types d'aéronefs selon la nature de la compétition on peut citer : Parachutisme, Cerf-volant, Deltaplane, Vol libre, Vol à voile, Voltige aérienne...etc.

15/ Épreuves sportives combinées

Compétitions sportives associant plusieurs disciplines, soit d'athlétisme (heptathlon, décathlon), soit de disciplines aussi éloignées que la natation et l'escrime ou l'équitation et le cyclisme.

16/ Sports de précision

Ce sont des activités de sports de précision ou un sportif doit avoir une certaine compétence de ponctualité comme : Billards, Bowling, Golf, Tir, Tir à l'arc.

17/ Sports nautiques

Comme : Apnée, Canoë-kayak, Natation, Planche à voile, Plongée sous-marine, Surf, Voile, Water-polo...etc.

Les sports nautiques ce sont des activités sportives qui se pratiquent sur ou dans l'eau, certains sports nautiques peuvent participer aux jeux Olympique.

18/ Sports de glisse

Sports où l'on glisse sur une surface avec l'utilisation d'accessoires, et ils demandent aux pratiquants un haut niveau de technique et physique, t'elle que : Biathlon, tout genre de Ski, Snowboard...etc.

19/ Nouveaux sports de glisse

Les sportifs glissent sur une surface comme l'eau, glace ou bien une surface dure, il regroupe plusieurs sports récent, t'elle que : Bodyboard, Freeboard, Kayak Surf, Kite snow, Roller, Speed-riding, Street board, Voile sur glace...etc.

20/ Sports cérébraux

Ce sont des sports intellectuels qui demande aux sportifs : la réflexion, l'observation, la vivacité et une certaine capacité de réaction, t'elle que : Belote, Dames, Échecs, Poker, Scrabble...etc.

21/ Autres sports

Il y a aussi d'autres sports qui ne sont pas encore classifié comme : Speed cubing, Culturisme, Main à main, Marche nordique, Sport électronique...etc.

III.5. Type d'activité sportive

La pratique d'un sport se décompose en trois types d'activités : la formation, la Compétition et la récupération.

1-La formation : a pour objectif de former et d'entraîner le pratiquant pour que ses performances augmentent. Pour être bénéfique, l'entraînement doit être réparti sur une succession de séances régulières, progressives et complémentaires les unes aux autres.

2-La compétition : a pour objectif de mesurer les sportifs entre eux et de récompenser les meilleurs. Pour de nombreux sportifs, la compétition est le moment le plus fort et le plus agréable de la pratique du sport.

3-Récupération et détente : L'objectif de ces séances est de laisser au corps de l'athlète le temps et le repos nécessaire pour qu'il se remette en état de produire les meilleurs efforts.

III.6. Situation du sport en Algérie

En Algérie, nombreuses et variées sont les revendications à l'égard des équipements sportifs, il existe une insuffisance flagrante de ces équipements, et beaucoup de régions

souffrent d'un déficit extrêmement préoccupant constituant ainsi les obstacles à une large diffusion des pratiques sportives, ne serait-ce que dans le cadre scolaire, et sans oublier qu'il faut répondre à l'accroissement de la population jeune, au développement des aspirations fortement répandues dans la société et au bien-être des relations sociales par les activités sportives.

III.7. Le sport à Guelma

La wilaya de Guelma est dotée de quelques infrastructures sportives pour les jeunes, ces derniers visent à améliorer le confort de vie des habitants au niveau de toute la wilaya. Néanmoins certains équipements restent encombrés et insuffisants que ce soit dans le nombre au bien dans la couverture des besoins, tels que les aires de jeux et les terrains de quartiers, qui ne réponds pas malheureusement aux normes et la majorité de ces équipements à besoin des opérations de restauration et de renouvellement pour pouvoir réceptionner plus de jeunes⁷¹.

III.8. Définition d'un équipement sportif

III.8.1. Définition

- Un équipement sportif est un aménagement spatial ou une construction permettant la pratique d'un ou plusieurs sports. Le plus souvent ces équipements s'appellent terrain (football, handball, basket-ball, tambourin, etc.) mais ils portent parfois un nom spécifique.
- Un complexe sportif est un ensemble des constructions magnifiques qui soient harmonieusement pragmatiques et esthétique, qui combinent de manière équilibrée entre fonctions diverses, la diversité sociale et enjeux économique.

III.8.2. Différent type d'équipements sportif

a) les stades

Les stades sont des installations comportant un ou plusieurs terrains de compétition associés, accompagnés d'aménagement plus ou moins important pour les spectateurs, en fonction de leur destination et de leurs équipements, on peut classer les stades en deux catégories principales :

Les stades spécialisés : Ils permettent la pratique d'une seule activité sportive (tennis, athlétisme, rugby, football).

⁷¹ D'après la direction de la jeunesse et sport de la wilaya de Guelma

Les stades omnisports : Ils sont conçus pour la pratique de plusieurs activités sportives.

b) les salles de sports

Deux cas peuvent se présenter :

Salles spécialisées : Elles sont destinées à une seule activité sportive : par exemple certaines salles sont conçues pour la pratique exclusive du basket-ball.

Salles omnisports : Elles sont destinées à plusieurs activités sportives : c'est le cas le plus courant. Une salle omnisport dépend essentiellement de diverses activités que l'on veut exercer au niveau pratique (compétition, entraînement, sport scolaire, initiation, détente).

III.8.3. Exigence d'emplacement

-Ils doivent être incorporés harmonieusement dans le paysage et dotés de bons moyens de transport (station de chemin de fer, autobus, tramways...etc).

-Eviter le voisinage d'industrie (la fumée cause la nuisance).

-Proximité des grandes routes facilement accessible.

-Dans des terrains vagues par l'obligation de leurs dimensions grandes.

-Eviter la proximité des agglomérations pour faciliter l'évacuation des spectateurs.

III.9. Conclusion

Les équipements sportifs sont des éléments essentiels qui favorisent l'épanouissement individuel stimulent la vie sociale, participent à l'enrichissement du temps libre de chaque membre de la société et répondent à des aspirations nouvelles.

Le sport a une dimension sociale et culturelle : pour certain, engendre des relations et des échanges, seulement pour acquérir une expérience palpable dans le domaine, il est nécessaire de créer des équipements sportifs de taille et ceci joindra l'utile à l'agréable, l'espace architectural tel qu'il sera utilisé par les gens qui fréquenteront notre équipement.

Chapitre IV

IV. La simulation solaire en architecture

Introduction

La simulation numérique en architecture est un moyen efficace pour mettre au point et étudier l'attitude thermique d'un bâtiment en régime variable, il existe un nombre important de logiciels consacrés à la simulation énergétique et solaire

Ce chapitre consiste à évaluer les besoins énergétiques d'une construction existante, en utilisant une méthode numérique, soit le logiciel TRNSYS, et déterminer ainsi les besoins en énergie pour le chauffage et la climatisation.

IV.1. La simulation en architecture

IV.1.1. Définition de la simulation

La simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable. Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimal.⁷²

Définition selon Dictionnaire Universel Francophone Hachette

- Reproduction expérimentale des conditions réelles dans lesquelles devra se produire une opération complexe.
- Modèle de simulation ou, par abrég., simulation : représentation mathématique d'un certain nombre d'éléments pouvant intervenir sur un système, afin d'étudier les conséquences de la variation de certains de ces éléments.⁷³

IV.1.2. Objectifs de la simulation

- La simulation numérique permet de réaliser de nombreux scénarios d'études complexes en un temps record.
- La simulation nous permet d'enlever l'incidence d'une ressource pour pouvoir obtenir les besoins d'un équipement non impacté par la ressource.

⁷² CHATELET. Alain, FERNANDEZ. Pierre et LAVIGNE. Pierre, Architecture climatique Une contribution au développement durable Tome 2 Concepts et dispositifs, EDITION EDISUD Aix-en-Provence, 1998, p133

⁷³ <http://www.farncophonie.hachett-livre.fr>

- Comparé les besoins d'un équipement ont des périodes différées par rapport aux ressources afin de déterminer le potentiel nécessaire.
- Déterminé l'incidence et l'impact sur les équipements sans et avec la ressource et aussi soustraire la quantité d'énergie provenant de la ressource.
- Alors, l'objectif final des simulations est, donc, l'acquisition des résultats des indicateurs de performance du bloc à travers les graphes qui décrivent les comportements.

IV.1.3. Avantages et Limites

IV.1.3.1. Les avantages de la simulation numérique

La simulation numérique permet de comprendre, optimiser ou anticiper le fonctionnement et le bon fonctionnement d'un bâtiment. On parle souvent de la simulation comme outil de prototypage virtuel, car c'est une solution qui excelle notamment dans les phases de développement, permettant de réduire le nombre (et donc le coût) de prototypes réels par rapport à un développement traditionnel. La simulation numérique permet de couvrir un vaste domaine de recherche en architecture et en engineering.

- Observations des états du système.
- Etudes des points de fonctionnement d'un système.
- Etudes de l'impact des variables sur les performances du système.
- Etude d'un système sans les contraintes matérielle.
- Possibilité d'ajouter ou de retirer des composants à la demande.

IV.1.3.2. Les limites de la simulation numérique

- La validation sur le terrain vérification réel.
- Les données (*inputs*) dépendent aux utilisateurs elle change d'une personne a un autre.
- La conception de modèles peut nécessiter des compétences spéciales.
- Résultats pas forcément généralisable.
- Le temps d'exécution est beaucoup plus long dans qu'elle que simulation,
- Certain logiciel de simulation numérique demande des outils informatiques très puissant et plus performant pour exécuter un bon résultat.

IV.1.4. Méthodes de simulation

IV.1.4.1. Méthode de simulation thermique

Lors de la conception d'un bâtiment, le confort hygrothermique, visuel, acoustique, olfactif, psychologique... sont des données essentielles qui seront à moduler en fonction des besoins des utilisateur et la nature de fonction du bâtiment.

Souvent, il faut tenir compte des requêtes liées aux conditions climatiques de fonctionnement de certains équipements et appareillages de production (ordinateurs, machines, résistance...). Logiciels : **PEM – confort**

IV.1.4.2. Climat, données et analyse

Pour les calculs en physique du bâtiment en est besoin des données climatique, pour calculé un bilan énergétique par exemple il nous faut des données mensuelles (moyennes mensuelles), et lors de simulations dynamiques, il faudra faire recours à des données horaires. Logiciels : **METEONORM**

IV.1.4.3. Accès solaire, ombrages et géométrie solaire

Les accès solaires jouent un rôle important, la connaissance des phénomènes d'ombrage permet une meilleure maîtrise du fonctionnement passif des bâtiments et de leur réaction avec le milieu environnant.

La connaissance de la géométrie solaire est importante pour un contrôle des problèmes d'éblouissement et prend toute son importance lors de choix d'implantation, soit pour éviter des ombres portées, ou encore dans le but d'optimiser par exemple l'implantation de puits de lumière ou de capteurs solaires. Logiciel **ECOTECT**

IV.1.4.4. Eclairage naturel / artificiel

Actuellement les simulations en éclairagisme ont une importance très particulière, ces outils sont des aides à la conception en permettant une meilleure compréhension des phénomènes liés aux différentes facettes de l'utilisation de la lumière dans les bâtiments. Logiciel **ECOTECT** de simulation d'éclairage naturel

IV.5. Simulation thermique : besoin énergétique et apports solaires

Afin de valider les résultats des mesures de consommation énergétique et comprendre le comportement énergétique global du bâti et de son environnement, on peut utiliser le logiciel **TRNSYS** ça va nous permettre de tester des variantes pour intégrer l'architecture solaire (panneaux solaires) dans notre équipement.

IV.5.1. L'outil de simulation thermique et énergétique : logiciel TRNSYS

IV.5.1.1. Présentation du logiciel

TRNSYS (*TRANSIENT SYSTEM SIMULATION PROGRAM*) : programme de simulation de systèmes transitoires), est un logiciel développé par le laboratoire « *solar energy* » de l'université de *WISCONSIN Madison*.

TRNSYS permet la simulation thermique dynamique appliquée au bâtiment. Le logiciel 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 de ce bâtiment, en fonction de son emplacement, des matériaux de construction utilisés, de l'architecture globale, du concept énergétique choisi, etc. Principalement destiné aux bureaux d'étude, aux fabricants et aux fournisseurs de gaz et électricité, le logiciel TRNSYS est également fortement plébiscité par les universités.

IV.5.1.2. Les opportunités de l'utilisation du Logiciel TRNSYS

Simuler les performances thermiques de vos bâtiments avec TRNSYS vous permet de :

- Réduire le temps et le coût de votre étude, en comparaison avec une expérience réelle
- Prendre en compte des phénomènes physiques dynamiques tels que les conditions météorologiques
- Valider les choix architecturaux et les équipements techniques de votre projet, dès la phase de conception
- Réaliser des bâtiments énergétiquement performants : un enjeu majeur dans un contexte énergétique mondial tendu
- Valider le concept énergétique de votre projet et expérimenter des approches innovatrices (stratégies de gestion, énergies renouvelables, variantes architecturales, etc.) dans le respect de la démarche HQE.⁷⁴

IV.5.1.3. Inconvénients du logiciel TRNSYS

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

⁷⁴ Site : <https://logiciels.cstb.fr/batiments-et-villes-durables/performances-energetiques/trnsys/> consulté le 25 janvier 2020.

IV.5.1.4. Fonctionnement du Logiciel

Ce logiciel informatique, se caractérise par ses trois fonctions qui se résument comme suit :

- **Les entrées (inputs)**

Elles concernent toutes les informations à introduire et à stocker selon l'ergonomie du logiciel dans des bibliothèques que le concepteur peut utiliser. Ces entrées englobent l'environnement physique (climat, site), le bâtiment (l'enveloppe), les apports internes (occupants...) et les équipements « ventilation, chauffage, climatisation... »

- **Le traitement des données**

Se fait en fonction d'un modèle de représentation du bâtiment et la demande de l'utilisateur.

- **Les sorties (outputs)**

Sont les ensembles des résultats qui peuvent être fournis par le logiciel à l'issue d'une exécution.

TRNSYS utilise un grand nombre de modules représentant les composants de systèmes courants mais également de sous programmes et de gestion de base de données thermiques. Ce logiciel multi zones permet de valider plusieurs options architecturales.

Les types les plus utilisés pour la simulation dans le bâtiment sont :

- Type 9 : Lecteur de données standard.
- Type 54 : Générateur des données météorologiques.
- Type 33 : Lecture à partir du diagramme psychrométrique.
- Type 16 : Processeur ou générateur d'ensoleillement.
- Type 56 : Bâtiment multi zones (simuler le comportement thermique du bâtiment).
- Type 34 : Introduction et simulation des caractéristiques de la fenêtre ; dimensions, type de protections, position de la protection avec détail.
- Type 25 : Impression des données.
- Type 65 : Affichage des résultats.

Pour ce travail, la simulation est utilisée pour l'évaluation du cas existant avec la variation du paramètre de la couleur.

Les phénomènes que le model de simulation thermique doit prendre en compte :

- Le transfert de chaleur par conduction à travers l'enveloppe et les effets de stockages calorifiques dans la masse du bâtiment.
- Les gains dus aux occupants, aux appareils, à la lumière électrique.
- L'ombrage des parois opaques et transparentes.

- Les effets des radiations solaires de courte longueur d'onde et les radiations reçues par les surfaces exposées et internes.
- Les radiations de longueur d'ondes échangées entre les surfaces externes, la voûte céleste et l'environnement.
- Les effets de l'humidité.⁷⁵

IV.5.1.5. Déroulement de la simulation

A partir des données architecturales et des propriétés thermo physiques du matériau, une analyse du comportement thermique des échantillons est effectuée à l'aide du logiciel « TRNSYS V 14.1»

Le déroulement de la simulation a pris comme cheminement :

1. La première étape : concerne l'introduction des données climatiques de la région de Constantine (36° 17') ; les valeurs horaires des températures et des humidités relatives pour la période d'été.
2. La deuxième étape concerne la description détaillée du bâtiment et les scénarios de la pratique de l'espace dans les fichiers TRNWIN et BID (voir annexe V).
3. La dernière étape concerne la lecture des résultats de la simulation par le biais du logiciel Excel.⁷⁶

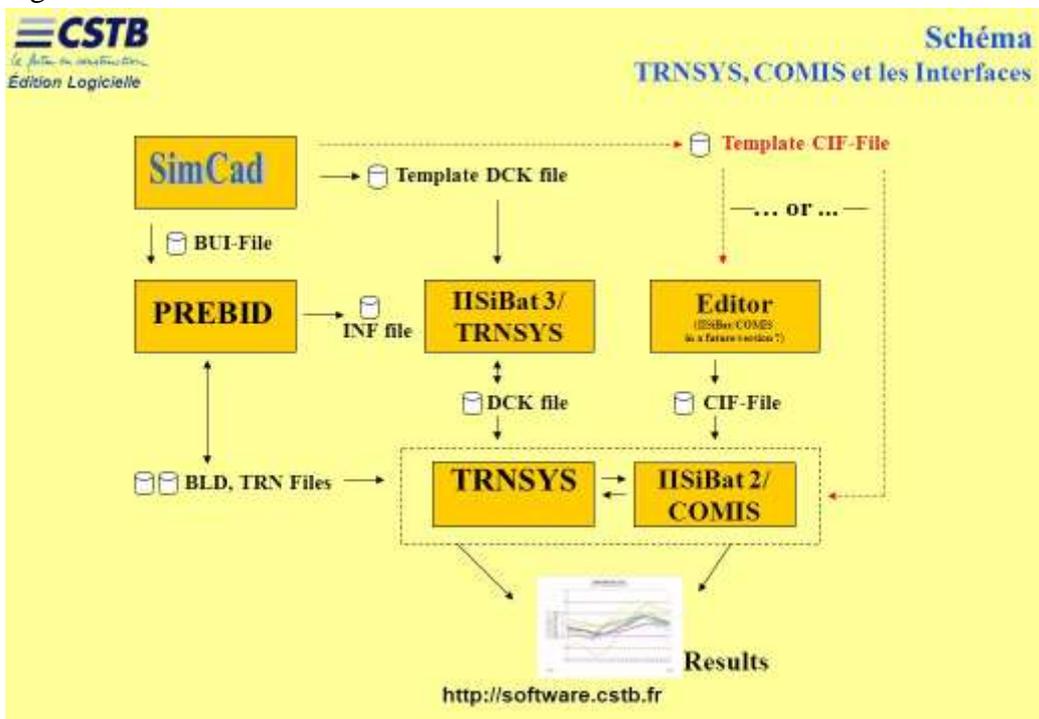


Figure 58: Schéma de déroulement de la simulation.

Source : <http://software.cstb.fr>

⁷⁵ Mémoire de Magistère ; de BENHALILOU Karima ; Thème : Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment ; pages : 196 – 198.

⁷⁶ Ibid.

Chapitre V

V. Projet d'intervention : analyse, programmation et intervention.

Introduction

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

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

V.1. Analyse de site d'intervention

V.1.1. Présentation de la ville

V.1.1.1. Aperçu générale sur de la ville de Guelma

Des inscriptions libyques trouvées à Guelma prouvent que la région a été civilisée bien avant l'arrivée des Carthaginois ou des Romains ; des mentions latines attestent que Guelma portait déjà le nom de « Calama », bien que ce nom soit probablement d'origine phénicienne

C'est à l'époque de la civilisation arabo-musulmane que Calama appelée désormais Guelma.

V.1.1.2. Situation géographique de la ville de Guelma

La Wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le Sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km².

Elle est limitrophe aux Wilayas de : Annaba, au Nord, El Taref, au Nord-est, Souk Ahras, à l'Est, Oum El-Bouaghi, au Sud, Constantine, à l'Ouest, Skikda, au Nord-ouest.

V.1.1.3. Administrativement la commune de Guelma est limitée

-Au nord par les communes d'El Fedjoudj et Héliopolis

-Au sud par la commune de Bendjerrah

-A l'est par la commune de Belkheir

-A l'ouest par la commune de MEDJEZ-AMAR

Elle a été érigée en commune mixte en 1854, puis en chef-lieu d'arrondissement (Daïra) en 1858, avant d'être promue chef de Wilaya en 1975.



Figure 59 Situation géographique de la ville de Guelma
Source : Google Image

V.1.1.4. L'accessibilité à Guelma

Des premières portes qui assuraient l'accessibilité à la ville, et après l'extension, la ville avait de nouvelles routes qui assurent la transition d'elle aux autres villes et le contraire.

Notamment :

Les routes nationaux 21, 80, 16 au Nord.

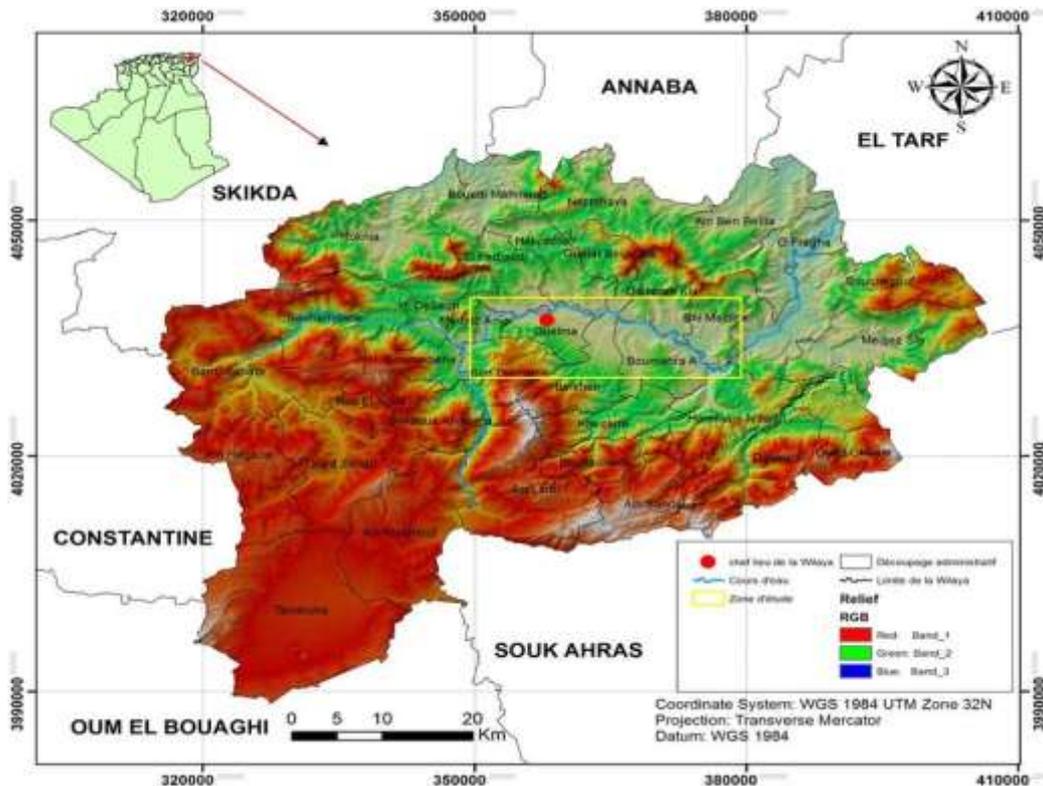
Les routes nationales 81, 102 et 32 au Sud.

V.1.1.5. 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%.



Source : Google Image

V.1.1.6. Le 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 un climat SUB-HUMIDE DE se caractérise par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides.

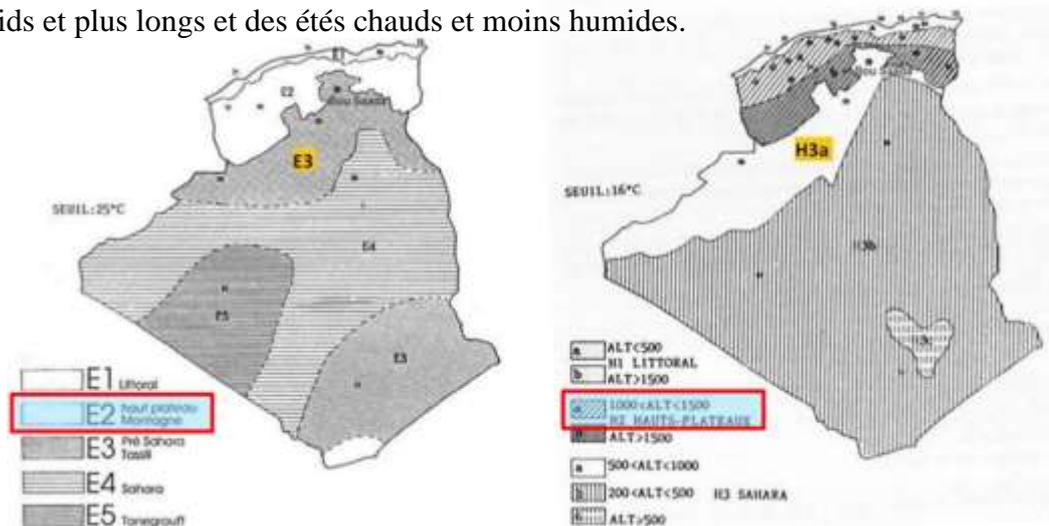


Figure 61: Zones-climatiques d'été et d'hiver en Algérie.

Source : Google Image d'après : Ould-Henia-2003

V.1.1.7. Données climatiques

a/Températures

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.

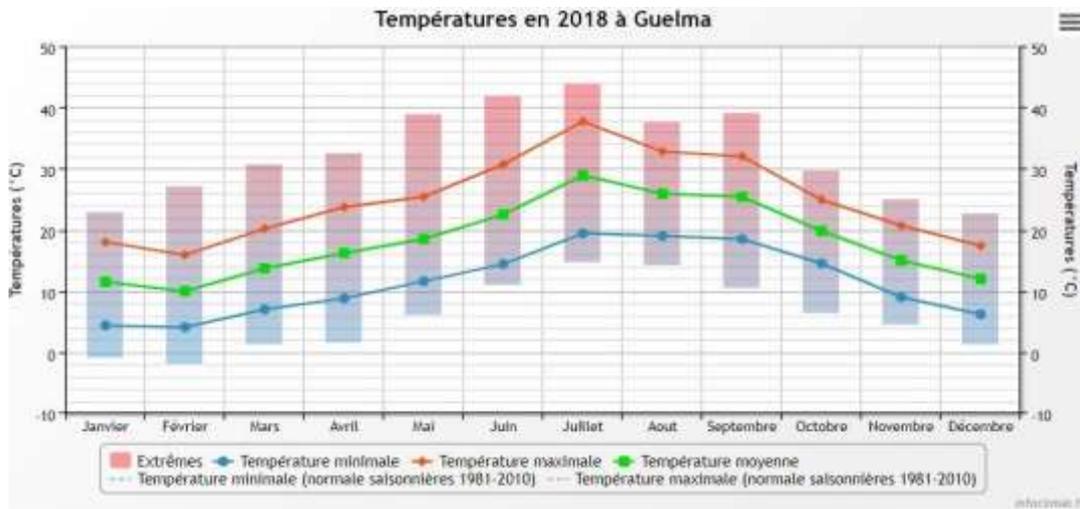


Figure 62 : Graph des variations des températures mensuelles en 2018.

Source : infoclimat.fr

b/Précipitation

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.

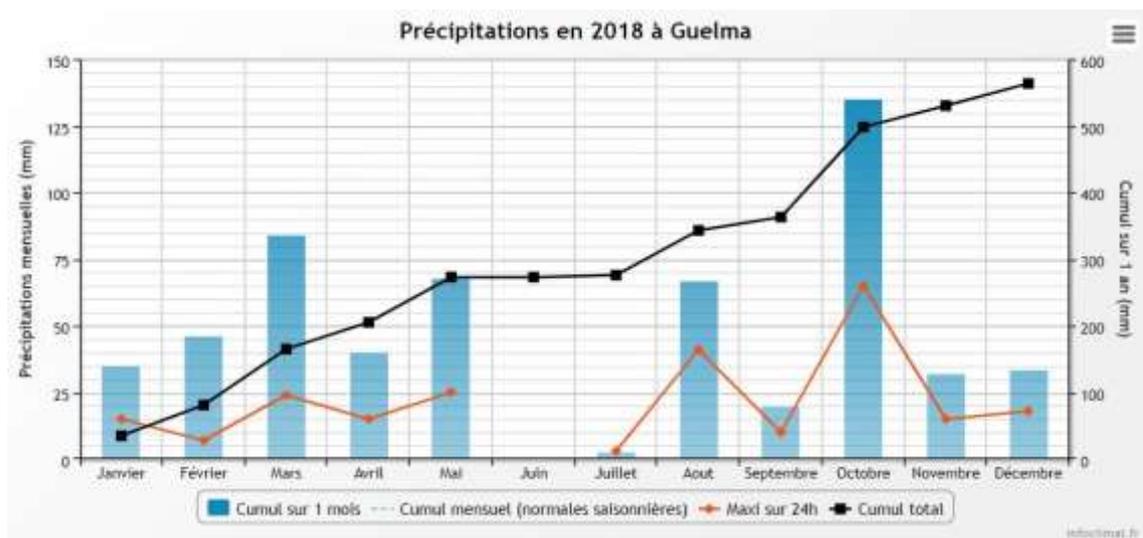


Figure 63 : Graph de variations des précipitations mensuelles en 2018.

Source : infoclimat.fr

c/Vitesse de vents

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. A l'inverse les vents nord-est sont plus fréquents au mois de juillet.

Les vents prédominants à Guelma sont d'une vitesse moyenne qui varié de 1.46 à 2m/s pour une moyenne annuelle de 1.80m/s.

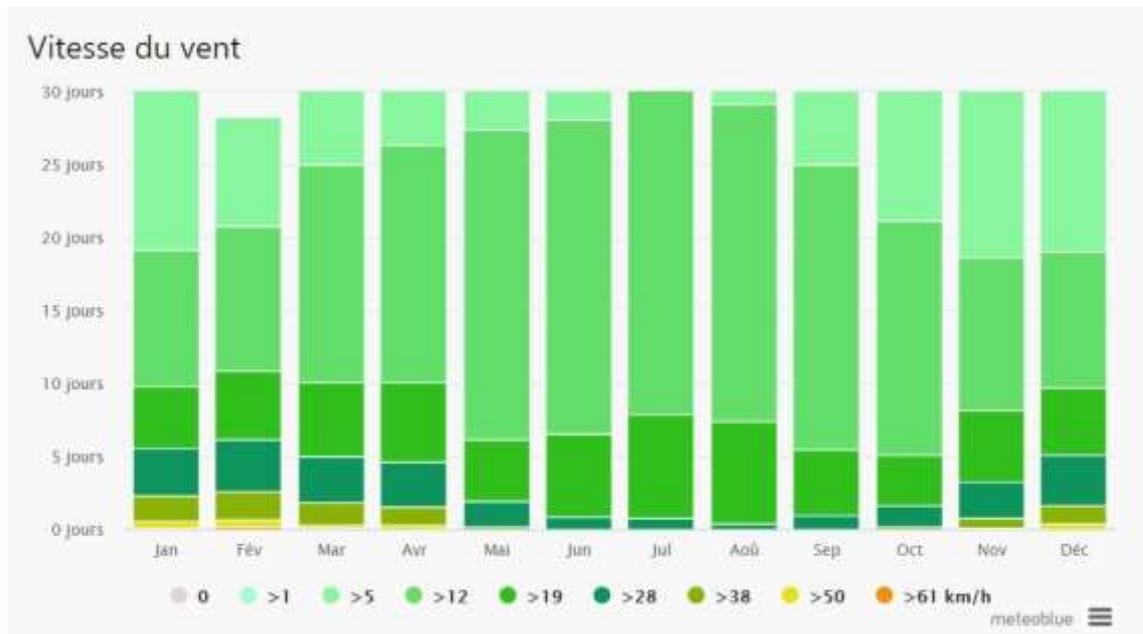


Figure 64 : Graph de variation de vitesse des vents mensuelle.

Source : meteoblue.com

La direction horaire moyenne principale du vent à Guelma varie au cours de l'année.

Le vent vient le plus souvent du nord pendant 5,4 mois, du 24 avril au 06 octobre, avec un pourcentage maximal de 47 % le 20 juillet. Le vent vient le plus souvent du sud pendant 3 jours, du 06 octobre au 09 octobre, avec un pourcentage maximal de 29 % le 06 octobre. Le vent vient le plus souvent de l'ouest pendant 6,5 mois, du 09 octobre au 24 avril, avec un pourcentage maximal de 49 % le 01 janvier.

d/Insolation

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.

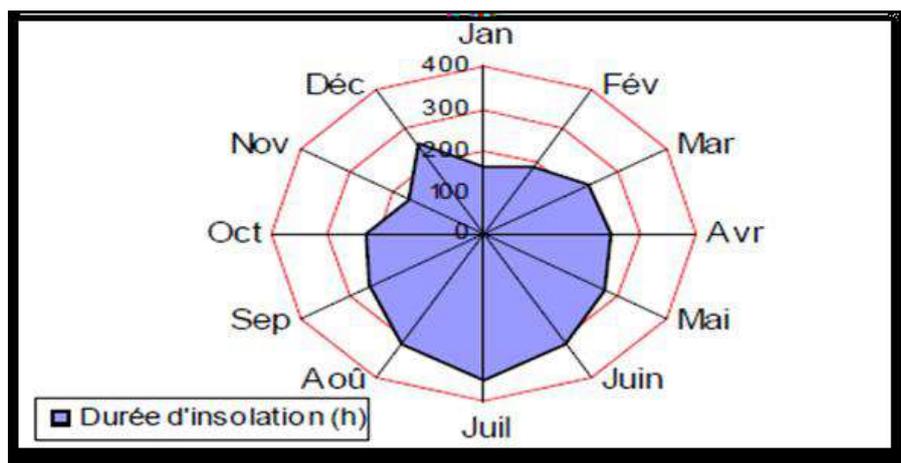


Figure 65 : Variation de durée d'insolation mensuelle.

Source : Mémoire Master CHORFI MARWA, Titre :

Vers une architecture solaire des établissements universitaires à Guelma.

e/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 66 : Hauteur et Azimut du soleil (Guelma).

Source : Mémoire Master CHORFI MARWA, Titre :

Vers une architecture solaire des établissements universitaires à Guelma.

Les trajectoires solaires du mois de décembre, novembre ou janvier sont très rapprochées. Le soleil se lève à 7h58' le 21 décembre (solstice d'hiver : la plus courte

journée de l'année) et se couche à 16h 03'. A midi, il prend une position inférieure à une hauteur de 30°27'et azimut 0. A 16h l'azimut atteint son maximum de 53°30'.

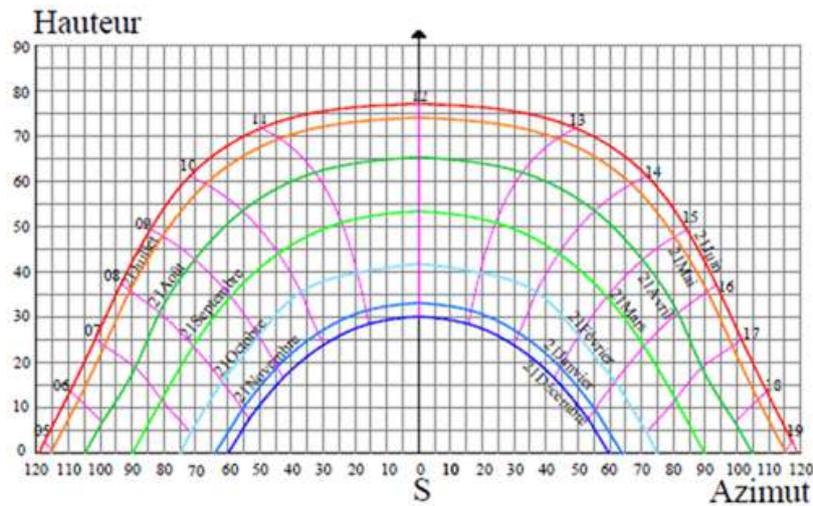


Figure 67 : Le diagramme frontal de Guelma.

Source : Mémoire Master CHORFI MARWA, Titre :
Vers une architecture solaire des établissements universitaires à Guelma.

Au 21 juin le soleil occupe une position supérieure à une hauteur maximale de 77°16' à midi. L'azimut atteint son maximum de 117°5' à 19h. Le lever de soleil est à 04h 03' (solstice d'été : la plus longue journée de l'année) et le coucher est à 7h58'. Les trajectoires du mois de juin et juillet ou mai sont aussi très rapprochées.

Au 21mars ou le 21 septembre (les équinoxes de printemps et d'automne) le soleil prend une position médiane entre les deux précédentes à une hauteur de 53°52' à midi. L'azimut atteint les 80°82' à 17h.

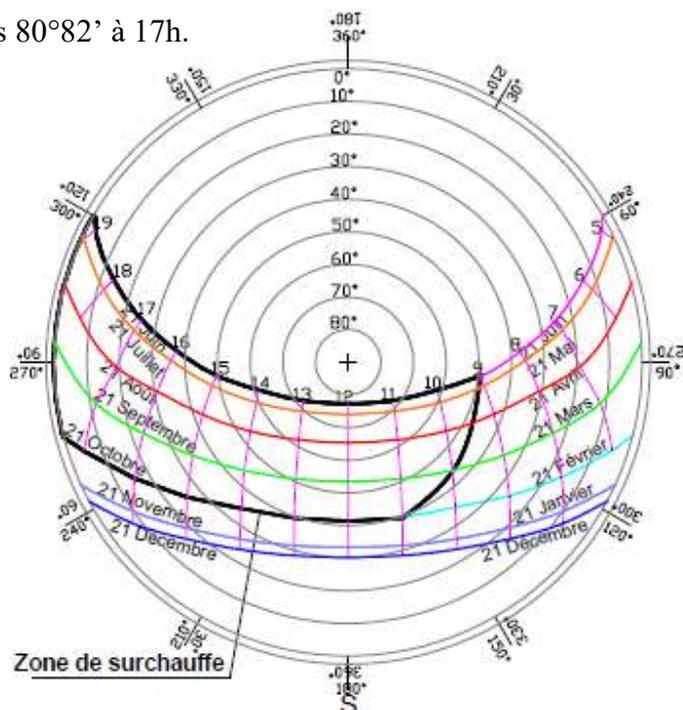


Figure 68: Le diagramme polaire de Guelma montrant la zone de surchauffe.

Source : Mémoire Master CHORFI MARWA, Titre :
Vers une architecture solaire des établissements universitaires à Guelma.

V.1.2. Analyse de site

Ben Djerrah est une petite ville de la wilaya de Guelma en Algérie, situé à 7 km de la ville de Guelma. Le terrain sujet de notre étude est située à l'Est par rapport au centre, s'étend sur une superficie de 30.000 m².



Figure 70 : Commune de Ben Djerrah.
Source : Google Image réadapté par l'auteur



Figure 69 : Situation de Ben Djerrah par rapport au centre-ville.
Source : Google Earth réadapté par l'auteur

V.1.2.1. Géographie de Ben Djerrah

a/Coordonnées géographiques de Ben Djerrah

Latitude : 36.4321, Longitude : 7.36856

36° 25' 56" Nord, 7° 22' 7" Est

Altitude de Ben Djerrah 668 m

Climat de Ben Djerrah

Climat méditerranéen avec été chaud (Classification de Köppen: Csa)

Nombre d'habitants à Ben Djerrah 6 553 habitants

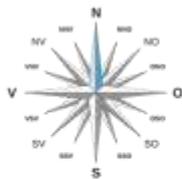


Figure 71 : La situation du terrain par rapport à la ville et à son entourage.
Source : Google Earth réadapté par l'auteur

b/Présentation et délimitation du terrain

Le terrain sujet de notre étude est situé au Ben Djerrah

Il est limité par :

Est : Terrain nue.

Nord-Ouest : La Route W162 (double voie).

Sud-Ouest : La Route W162 (double voie).

Ouest : Rond-point.



Figure 72 : La délimitation du terrain

Source : Google Earth réadapté par l'auteur

c/Motivation de choix

*Ensoleillement favorable pour l'exploitation de l'énergie solaire photovoltaïque et thermique.

*L'absence d'un complexe sportif.

*L'accessibilité et le flux mécanique.

d/Morphologie

Forme : le terrain se trouve à l'angle entre les deux axes principaux qui relie Ben Djerrah au centre-ville la route W162

Il est d'une forme Irrégulière.

Surface total : 30404m² soit 3 hectares

Réseaux : un réseau électrique qui passe au nord-ouest du terrain sur la voie W162 vers le centre-ville de la commune.

Il n'y a pas d'autres réseaux qui traversent le site.

Servitudes : il faut par contre respecter le règlementaire qui fixe la servitude au chemin willaya et la servitude au réseau électrique moyenne tension.



Figure 73 : Morphologie du terrain.
 Source : Google Earth réadapté par l'auteur

e/Le tissu urbain

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

f/Environnement immédiat



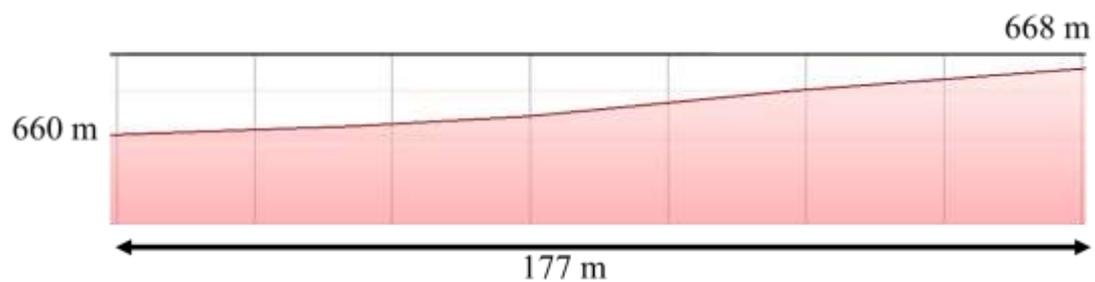
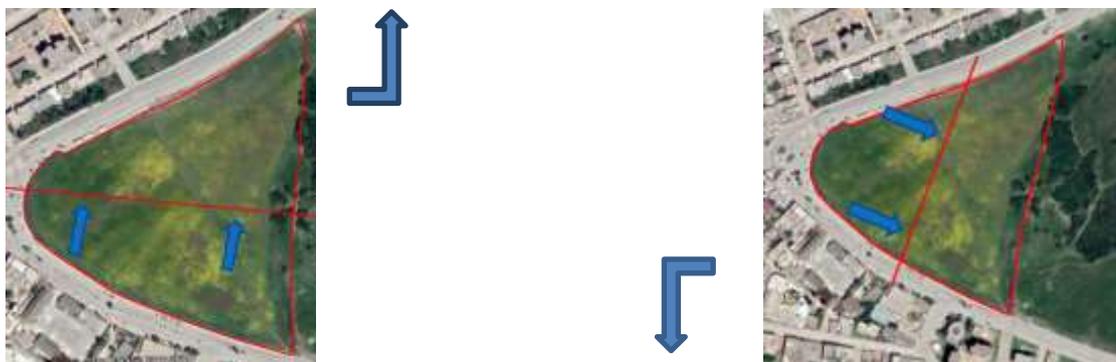
Projet	Habitations collectives	Habitations individuelles
Equipements	Activité industrielle	Activité sportive

Figure 74 : Le tissu urbain du terrain
 Source : Google Earth réadapté par l'auteur

g/Le profil topographique

La topographie du site comporte des pentes plus ou moins moyennes à faibles :

La coupe longitudinale montre une pente de 2% dont l'altitude se varie entre (666m et 662m).



Et la coupe transversale montre une pente de 4,5% dont l'altitude se varie entre (668m et 660m).

Figure 75 : Le profil topographique.

Source : Google Earth réadapté par l'auteur

h/Accessibilité

Le terrain est desservi par deux voies principales articulées par un rond-point « présente un flux mécanique moyen »,

Et cinq vois secondaire « présente un flux mécanique faible ».

Sans oublier un chemin piétonnier qui traverse le terrain (raccourcie qui relie les deux voies).



Figure 76 : Les voies d'accessibilité du terrain.
Source : Google Earth réadapté par l'auteur

i/Moyens de transports

L'un des avantages du site est l'arrêt de bus à proximité du terrain, du côté Nord ouest “
ligne qui relie Ben Djerrah à Guelma “



Figure 77 : Moyens de transports.
Source : Google Earth réadapté par l'auteur

V.1.3. Analyse microclimatique du terrain

a/Ensoleillements

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

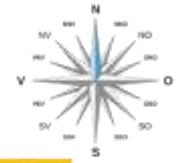


Figure 78 : La course solaire pendant les sollicités (21 décembre, 21 juin) et l'équinoxe (21 mars) « année 2020 »

Source : SunEarthTools.com 2020

b/Vents dominants

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

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

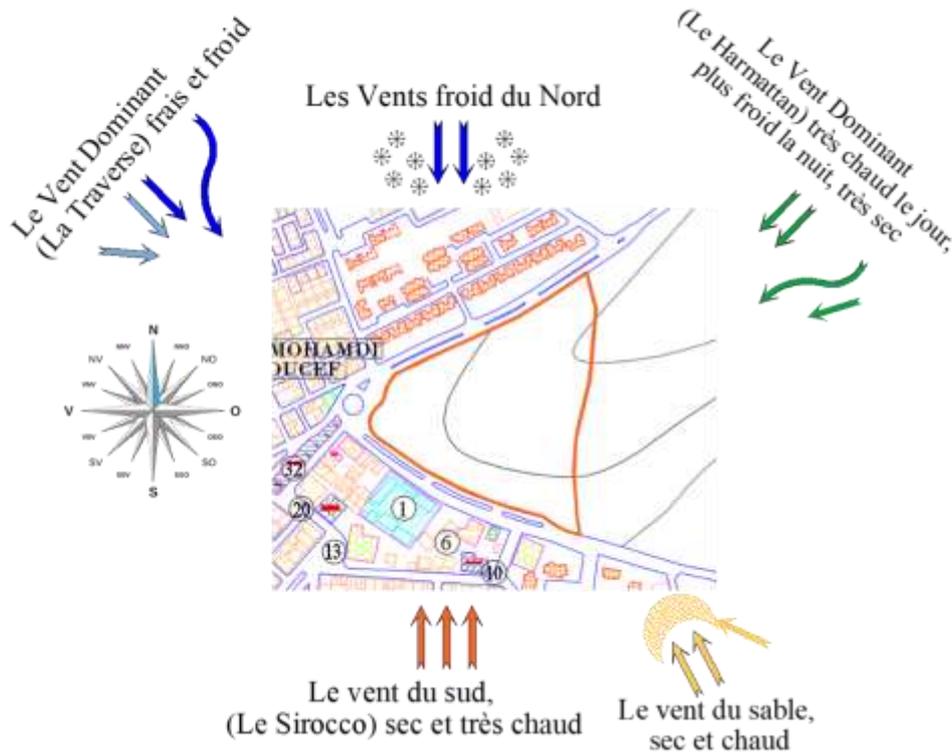


Figure 79 : La direction des vents dominants.

Source : PDAU réadapté par l'auteur

V.1.4. Synthèse

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

- La proximité au centre-ville.
- L'accessibilité et le flux mécanique.
- La topographie du terrain est favorable à tout type de construction.
- Le terrain est bien exposé au soleil vu leur environnement immédiat.
- Le terrain est favorable pour l'implantation d'un équipement sportif.
- 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.

V.2. Analyse des exemples :

V.2.1. Complexe Olympique, Montréal (Canada)



Figure 80 : Le Complexe Olympique vue globale
Source google Image

V.2.1.1. Présentation

-Réalisé à l'occasion des jeux olympiques de 1976 ; il comporte 03 unités destinées à accueillir 10.000 athlètes. Appelle en raison de sa longue expérience dans le domaine de constructions sportives ROGER TAILLIBERT est le concepteur du complexe olympique de Montréal.

Le site occupé par les installations olympiques est localisé dans l'Est de la ville, sur une parcelle de 60 hectares longeant la rue Sherbrooke. Il est relié au parc Maisonneuve et au Jardin botanique, situés de l'autre côté de cette artère urbaine.

V.2.1.2. Situation

Le complexe de Montréal de Roger Taillibert est situé à l'Est de la ville, environné sur les quatre cotés ; au Nord et Nord-Est par une autoroute métropolitaine, à l'Est, Sud-Est et le Sud par le fleuve Saint Laurent, à l'Ouest par la voie de Papineau dans la région de Laval.



Figure 81 : La Situation du parc.

Source : google Maps réadapté par l'auteur



Figure 82 : L'emplacement du parc par rapport au Fleuve.

Source : google Maps réadapté par l'auteur

V.2.1.3. Le projet

Le terrain du complexe sportif de Montréal a une forme régulière, presque un triangle, il est plat et choisi selon la situation, presque dans le cœur de la ville à côté de l'autoroute principale et le fleuve pour profiter d'une vue panoramique, limité par les 04 voies principales : Boulevard Pie IX, Avenue Pierre de Coubertin, Rue Viau et Rue Sherbrooke.

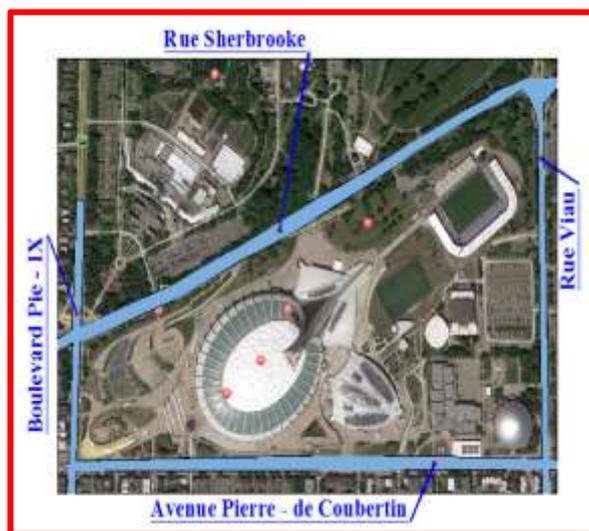


Figure 83 : Les limite du Projet.
 Source : google Earth réadapté par l'auteur

V.2.1.4. Accessibilité

Il y a deux accès directs à l'intérieur du complexe :

- Un accès mécanique à partir de l'autoroute qui traverse le complexe.
- Un accès piéton pour chaque entité dont on peut accéder directement.
- Des rampes qui facilitent l'accès au différent niveau du projet et facilite l'évacuation rapide des terrains.



Les Rampes

Figure 84 : Les Rampes du Parc.
 Source : google Image réadapté par l'auteur

- Voies secondaires lie l'Axe principale avec les autres espaces du projet.
- Le Parc olympique est facilement accessible par les stations de métro Viau et Pie-IX.
- Et un passage sous la rue de Sherbrook pour accéder au jardin botanique, et une voie d'accès pour les véhicules lourds "viaduc Sherbrook"
- Également une entrée souterraine logistique relie l'axe de la route Bennett.

-À quelques pas seulement... La station de métro Viau est la station la plus près de la Tour de Montréal



Figure 85 : L'entrée souterraine et les stations de Métro du Parc.

Source : google Earth réadapté par l'auteur

- Il comprend également le plus grand stationnement intérieur du Canada avec plus de 4 000 places, partagé sur plusieurs airs de stationnement accessible à partir des 04 voie qui entoure le parc, on remarque aussi qu'il y a deux types de stationnements : Couverte souterraine et en plein air.

Il est situé dans l'arrondissement de Mercier-Hochelaga-Maisonneuve dont l'accessibilité est facile.



Figure 86 : Les accès vers les Parkings.

Source : google Earth réadapté par l'auteur



Figure 87 : Les espaces de stationnement du Parc.
 Source : Mémoire Master de Zerigui.K et Ghoulal.A; année 2016

V.2.1.5. Ration des espaces intérieurs :

a) Espace Non Bâti : environ 70% des espace sont non bâti, ils sont réservés aux espaces extérieurs est se distingue en deux catégories :

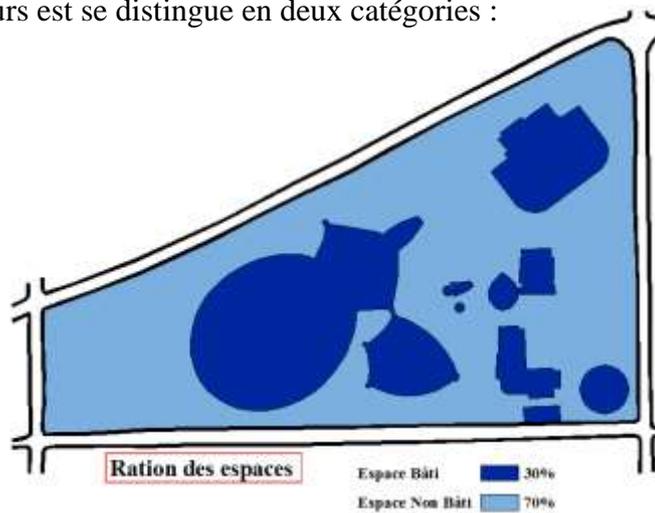


Figure 88 : Ration des espaces.
 Source : aute:ù5mur

- *Espace Revêtue : comprend
- Les Parking : environ 4000 places
- La voirie intérieure
- Les Rampes

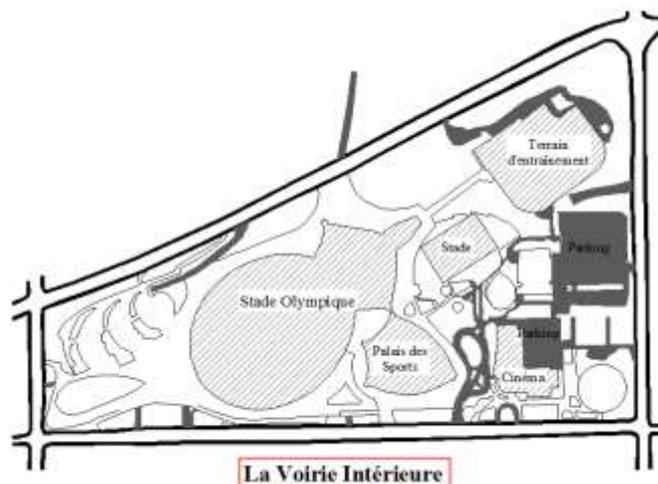


Figure 89 : La voirie intérieure.
 Source : auteur

- Circulation piétonne (Pavage)
- Stade en plein air

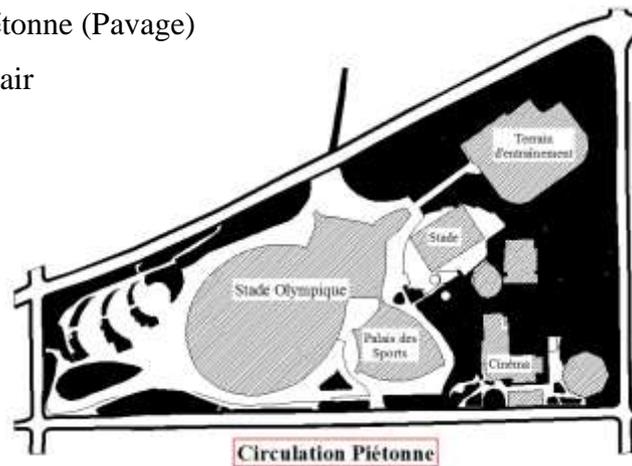


Figure 90 : Circulation Piétonne.
Source : auteur

- *Espace non Revêtue : comprend
- Les espaces verts
- La végétation

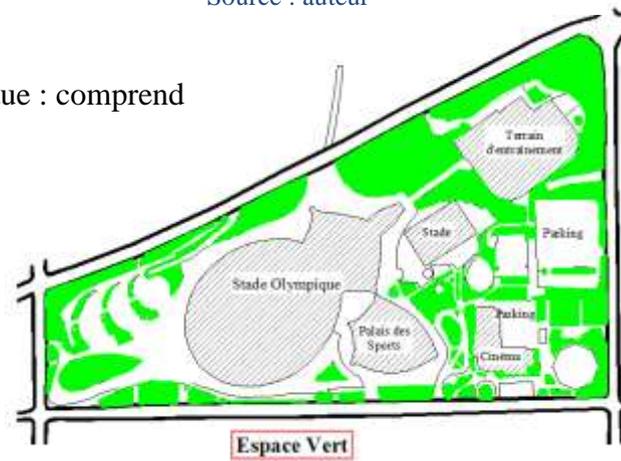


Figure 91 : Les espaces verts.
Source : auteur

b) Espace Bâti environ 30% des espace sont bâti réserver, ils sont réservés aux équipements qui composent le complexe :

- Le stade Olympique
- La Toure
- Le centre sportif

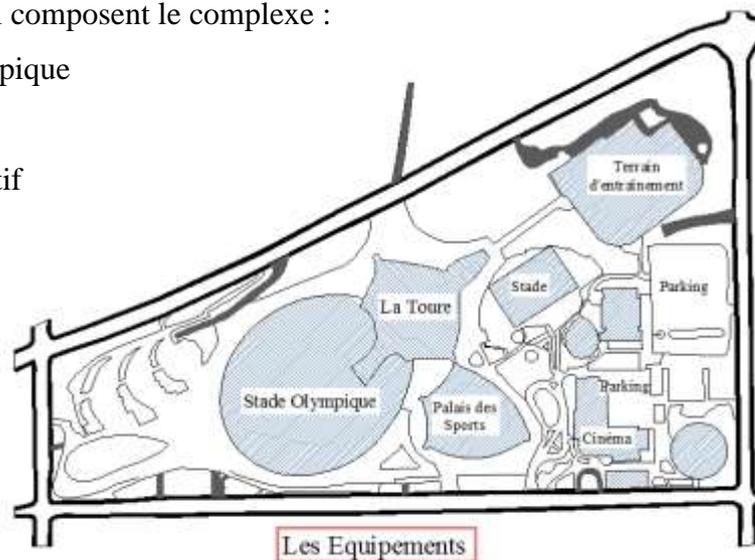


Figure 92 : Les Equipements du Parc.
Source : auteur

V.2.1.6. Le plan d'ensemble du complexe :

L'architecte Roger Taillibert s'est prononcé à plusieurs reprises sur ses préférences en matière d'architecture et sur sa méthode de design.

Il apprécie les formes courbes, « naturelles », celles des animaux et du corps humain ; il conçoit l'architecture comme « un prolongement du corps ».

Il privilégie de plus le « grand geste » « L'usage des poteaux et des plateaux en architecture ne m'intéresse pas, car il n'y a aucun grand geste », précise-t-il. Il ajoute avoir une prédilection pour les voûtes et donc pour la tradition gothique : « le geste gothique, est à la fois ancré dans le sol et, grâce aux voûtes, ouvert sur le ciel. »

Pour le quadrilatère au sud de la rue Sherbrooke, Taillibert dessine un plan-masse concentré : le Stade et les piscines sont regroupés en un seul édifice, auquel est adjacent le Vélodrome.



Figure 93 : Les Equipements majeur du Parc.

Source : google Image réadapté par l'auteur

Le stade et le centre de natation sont intégrés par un « grand geste » qui trace au sol un large ovale, une forme tourbillonnante axée sur la diagonale ascendante du terrain vers le nord-est et élançée en contrepoint vers le ciel, l'arène du Stade en étant le centre et son mât, sa tour, le point d'orgue.

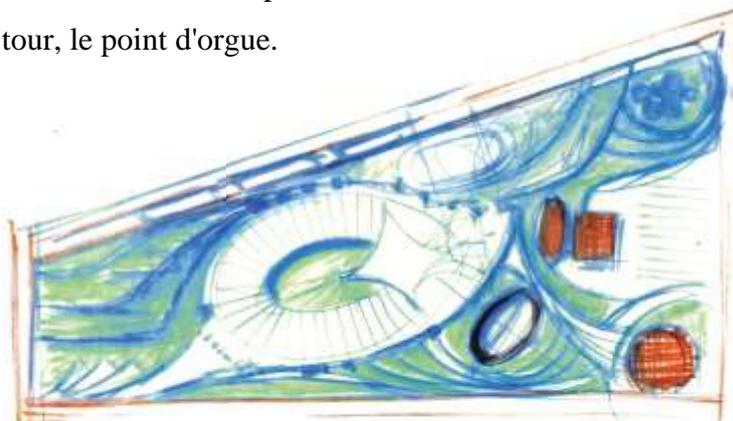


Figure 94 : Croquis du parti du Parc olympique.

Source : Etude patrimoniale du Parc olympique réalisée par Docomomo Québec à la demande de la RIO. Québec,

2017

V.2.1.7. Le programme du complexe

Le parc olympique est divisé en deux zones : une zone conservée pour les sports quotidiens contient deux stades piscine vélodrome, palais des sports, et un cinéma fréquenté généralement par des clubs sportifs amateurs Et une autre zone réservée pour les grands événements contient un stade olympique couvert et des grandes espaces extérieures fréquenté par des professionnels.



Figure 95 : Les Zones du Parc.
Source : auteur



Figure 96 : Le programme du complexe.
Source : google Image réadapté par l'auteur

V.2.1.8. Hauteur importante du projet par rapport à son environnement :

La tour olympique est un élément très spectaculaire.

La plus haute tour inclinée au monde est la Tour de Montréal avec ses 175 m et une Inclinaison de 45 degrés.

-la tour a une forme d'un triangle, repose sur quatre appuis principaux construits par des grands éléments en béton.



Figure 97: La toure un point d'appele.
Source : google Image réadapté par l'auteur

La fluidité et les repères (tour et pyramide) sont les éléments de composition les plus marquants dans le Site.



Figure 98 :Les Pyramides des points de repères.
Source : google Image réadapté par l'auteur

Et cette dernière (la fluidité) est présentée par des grands espaces de circulation.

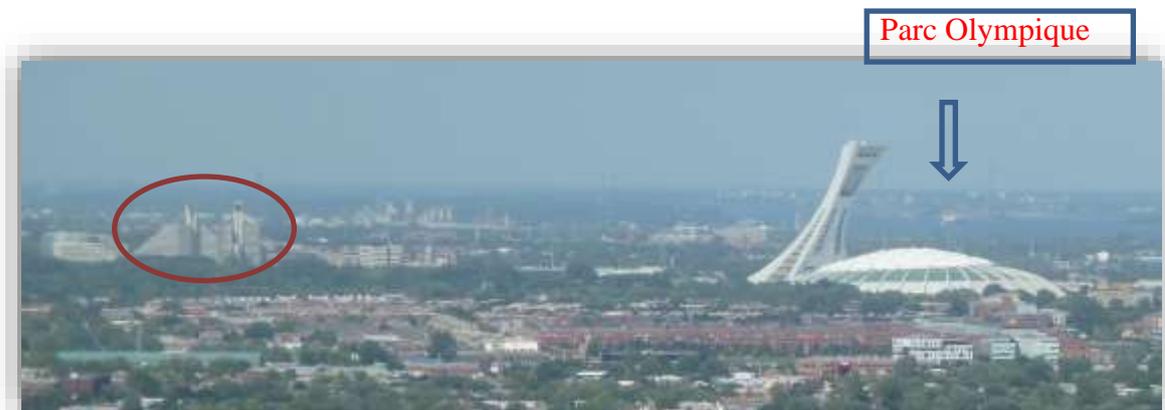


Figure 99 : Tour et pyramides points d'appeles et repères.
Source : google Image réadapté par l'auteur

V.2.1.9. Structure du stade

-Le stade, tracé sur un plan elliptique.

Les deux axes de l'ellipse ayant respectivement 490 et 180 mètres, se compose d'un anneau de gradins qui, en plusieurs niveaux, sont disposés sur 34 consoles auto stables soutenant la couverture et contenant les divers réseaux techniques. Ces consoles, de tailles inégales, ont toutes des porte-à-faux pouvant atteindre 50 mètres avec des espacements entre elles allant jusqu'à 20 mètres. Elles sont construites avec 1500 éléments qui, préfabriqués au sol en béton, peuvent parfois peser plus de 120 tonnes, ce qui donne une idée des moyens mis en œuvre et de la précision nécessaire dans l'assemblage des pièces.



Figure 100 : Les consoles auto stables.
Source : <http://www.remontees-mecaniques.net>

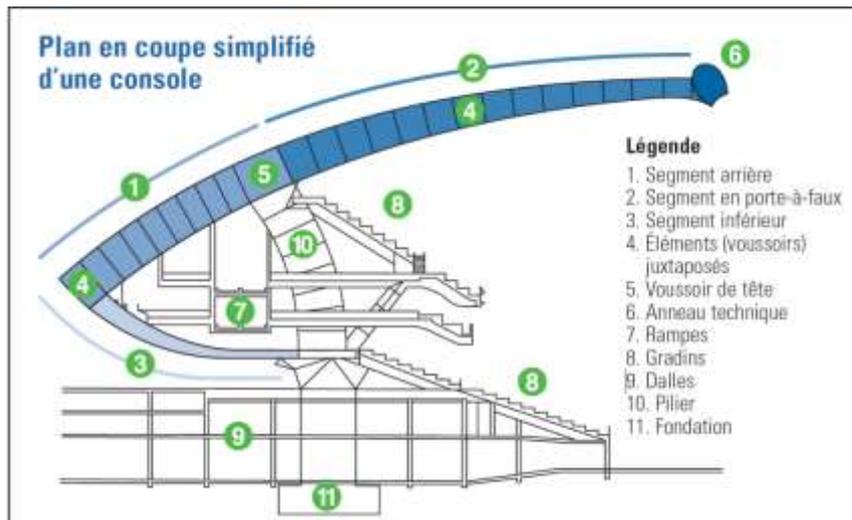


Figure 101 : Coupe d'une console.

Source : https://parcolympique.qc.ca/wp-content/uploads/2011/10/F_architecture_genie.pdf

- Le grand stade olympique d'une capacité de 80.000 places ; couvert par une couverture en toile tirées par des câbles sous pression en acier supporter par un élément vertical « le mat oblique » de 165 mètres et avec son angle d'inclinaison de 45 degrés.



Figure 102 : La couverture en toile du stade.

Source : google Image

V.2.1.10. Organisation spatiale

-Le complexe est composé à un grand stade de 80.000 places utilisables en toutes saisons et transformables à un stade de base-ball, un centre de natation, un vélodrome et tous les équipements complémentaires.



Figure 103 : L'organisation spatiale du complexe.

Source : Mémoire Master de Zerigui.K et Ghoul.A; année 2016

Pour des raisons d'efficacité, ROGER TAILLIBERT choisit, dès le départ, le parti de regrouper les principaux éléments du programme, de les articuler entre eux et de les construire simultanément. C'est ainsi qu'il a conçu et dessiné un ensemble homogène composé de trois éléments différents mais imbriqués : la forme annulaire du stade, le mât central et la voûte sphérique du vélodrome.

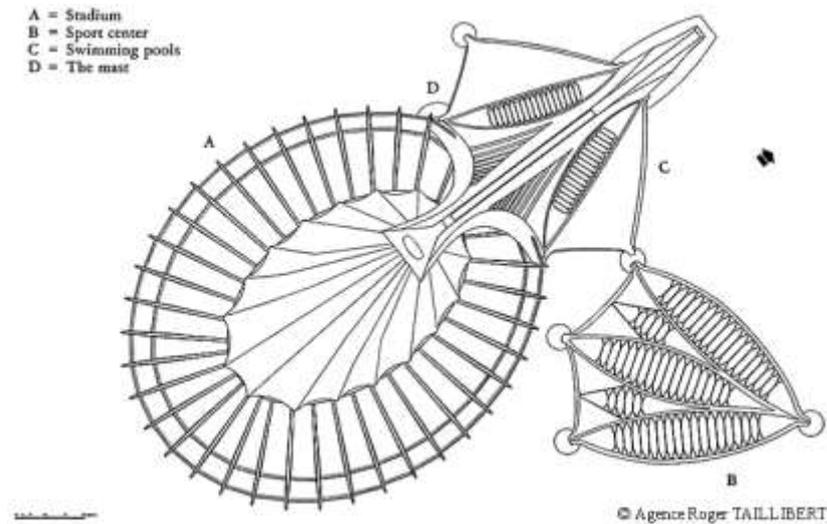


Figure 104 : Les entrées aux équipements majeur.

Source : mignon.frederic.free.fr/19990930_Taillibert/accueil/projets/sport/montreal/index.html

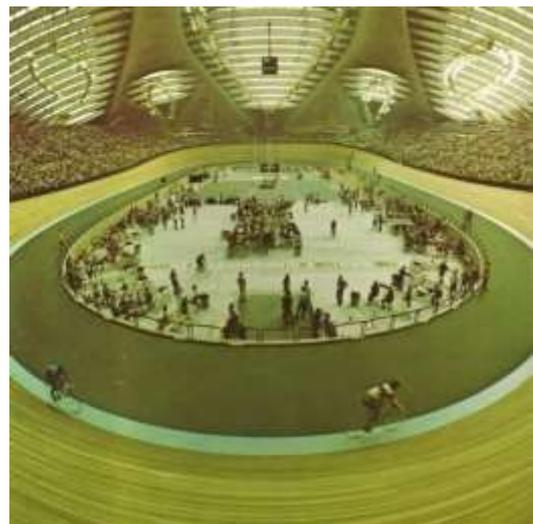
-Le Biodôme (palais des sports)

L'intérieur du palais des sports est bien aménagé par des gradins bien placés, décoré par des différents éléments en béton, vitrage sur toute la toiture supportée par des grandes poutres arquées en béton séparés par un vitrage courbé.



Figure 105 : Le Biodôme ou le palais des sports.

Source : google Image



- Transformable en vélodrome d'une capacité de 7000 personnes, d'une piste de 287m.



Figure 106 : La toiture du Biodôme.

Source : google Image

-Le mat

comporte 18 niveaux
d'installation technique.
Des salles d'entraînements,
un restaurant panoramique.



Figure 107 : Le Mat ou La toure.

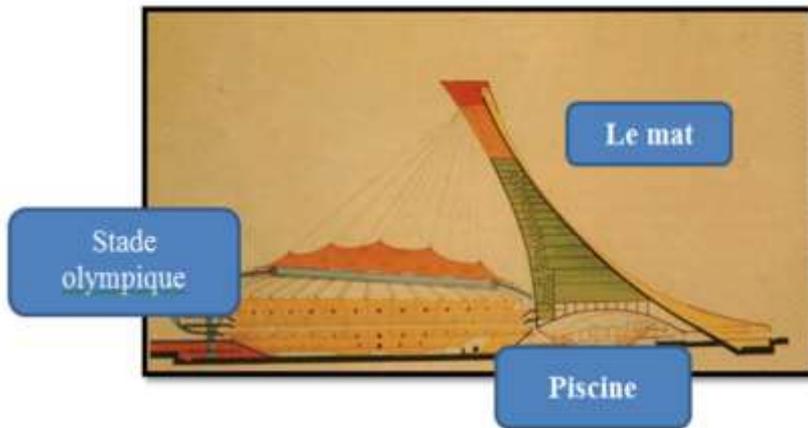
Source : google Image

Restaurant panoramique



Figure 108 : Projection de nouvel espace de travail à louer dans la Toure.

Source : google Image



Coupe

Figure 109 : Coupe sur le stade, le mat et la piscine.

Source : Mémoire d'un projet de fin d'études de Gaouar.Y et Benhammadi.A; année 2012, Tlemcen

Le niveau inférieur du mat permet de loger la piscine olympique avec ses trois bassins de plongée.



Figure 110 : L'organisation spatiale du Mat.

Source : Mémoire d'un projet de fin d'études de Gaouar.Y et Benhammadi.A; année 2012, Tlemcen



Figure 111 : La piscine olympique avec l'un des bassins de plongée.

Source : google Image

V.2.1.11. Traitement des façades

Une section de murs rideaux est installée sur la Tour de Montréal.

Les matériaux vitrés laissent également transparaître les colonnes obliques, dévoilant ainsi le secret de sa structure



La nuit, l'intérieur de la Tour illuminera la structure en mettant cette dernière en valeur, pour tous les visiteurs et automobilistes de passage aux abords du site.



Figure 112 : La Facade du Mat.

Source : google Image réadapté par l'auteur

Les panneaux vitrés, assemblés en usine, sont recouverts d'une pellicule autonettoyante, appliquée sur la partie extérieure de chaque panneau vitré, s'activant automatiquement sous l'effet combiné de la pluie et du soleil.

Les panneaux de verre s'étendent du plancher jusqu'au plafond



Figure 113 : Les panneaux vitrés.

Source : google Image

V.2.1.12. Ecologie

Une correction écoénergétique majeure au parc olympique

En 2016 il a commencé un important chantier de modernisation des systèmes électromécaniques du Parc olympique.

Ces travaux ont pour but d'optimiser la consommation énergétique du Parc tout en réduisant sa facture.

Les quatre grands chantiers

- ✓ Modernisation de la centrale thermique



Remplacement des tours d'eau

Figure 114 : Modernisation de la centrale thermique.

Source : youtube.com/réadapté par l'auteur

- ✓ Conversion vapeur-eau chaude du système de chauffage



Remplacement des refroidisseurs

Figure 115 : Changement du système de chauffage.

Source : youtube.com/réadapté par l'auteur

✓ Optimisation des systèmes de ventilation et des contrôles centralisés

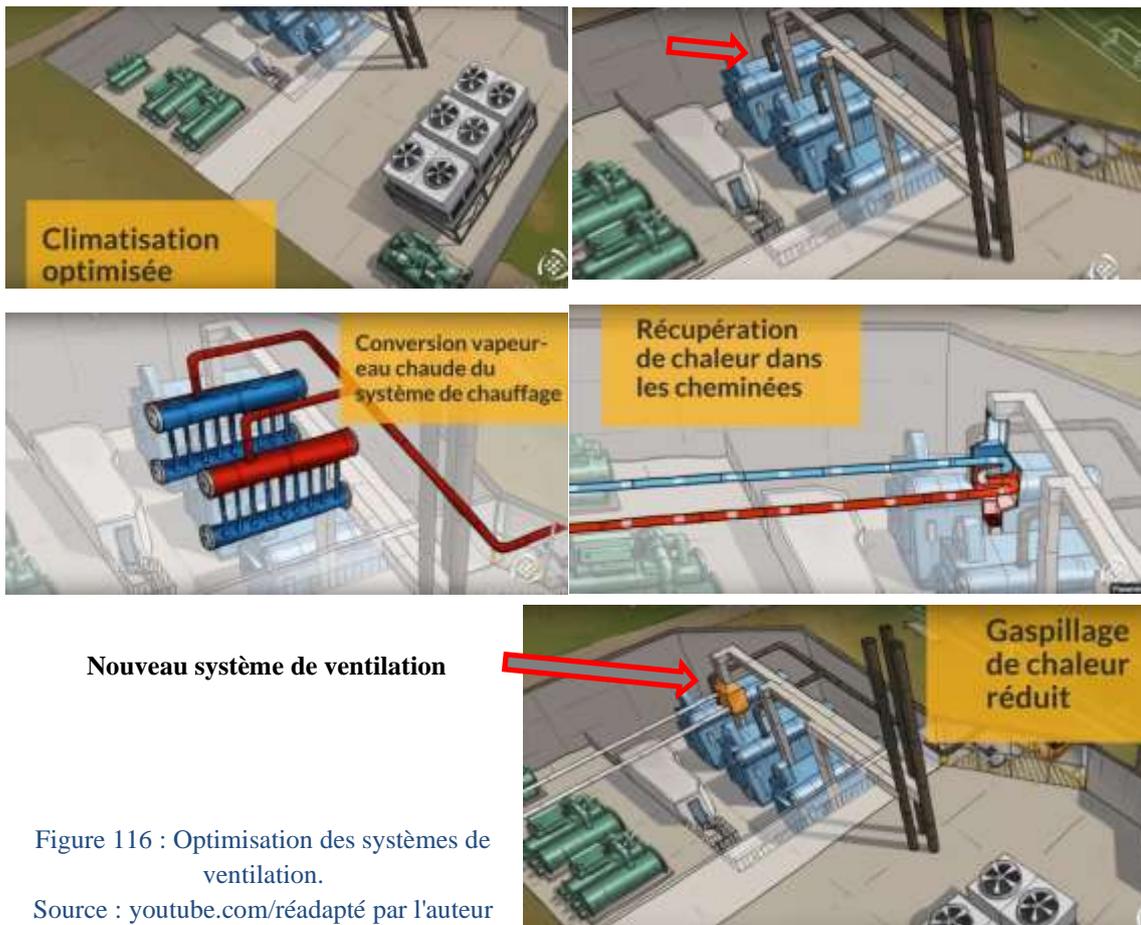


Figure 116 : Optimisation des systèmes de ventilation.

Source : youtube.com/réadapté par l'auteur

✓ Installation d'éclairage DEL

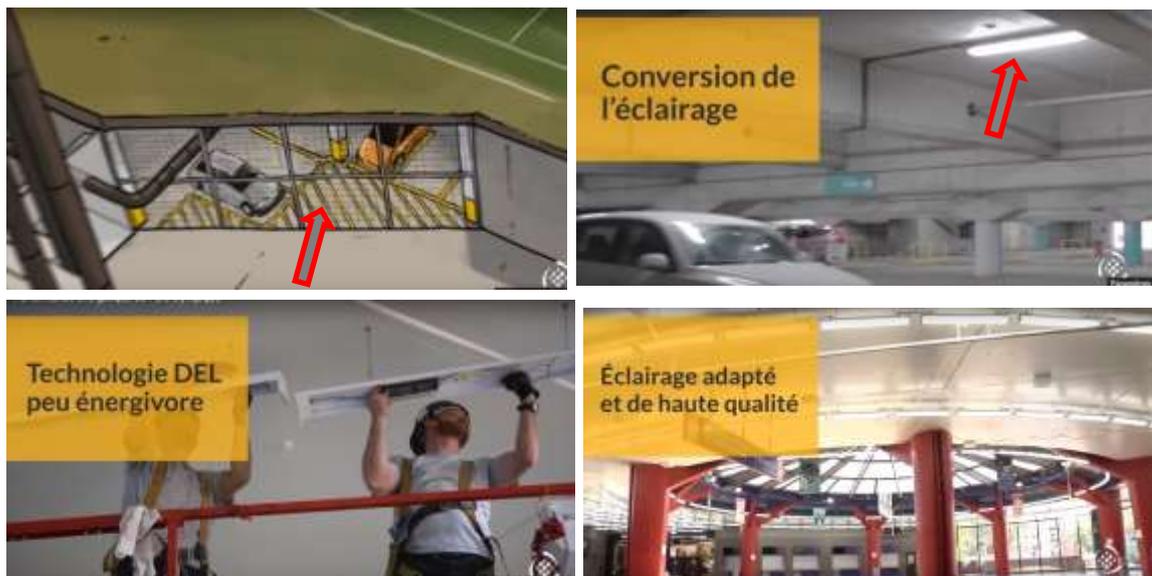


Figure 117 : Installation d'éclairage DEL.

Source : youtube.com/réadapté par l'auteur

V.2.1.13. Synthèses

- Résulta de la correction écoénergétique majeure au parc olympique :
 - ✓ Des économies annuelles garanties de 1,3 M \$ CA.
 - ✓ Une réduction de la facture énergétique de 26 %.
 - ✓ Une réduction de la consommation de 31 %.
 - ✓ Une diminution des émissions de GES de 5181 tonnes de CO²/an, ce qui équivaut au retrait de 1524 véhicules légers de la circulation

- Un site favorable au niveau de l'aspect visuel intégré à l'environnement, et structurer par des grandes espaces vertes et végétales.
- Préséance des rampes autour du projet connecté au issus d'évacuation d'urgence.
- Le bioclimat immédiat créé par la végétation assure une qualité de l'aie naturel.
- Une liaison avec la ville et assuré par des différent grand axe de circulation.
- Une excellente condition de circulation, d'accès et de cheminement piétonne intégré au projet.
- Un projet d'envergure bien intégré et valorisation le patrimoine naturel de Montréal.

Inconvénients

- Manque d'utilisation des énergies renouvelables.
- Le manque de dispositifs énergétiques : La géothermie, malgré la surface importante du projet.
- Le manque de dispositifs énergétiques : Panneaux photovoltaïques, malgré il y avait une rénovation de la façade du mat (la Toure) qui a été très couteuse.
- Absence du system de récupération des eaux pluviale malgré la surface du projet 60 hectare
- Une utilisation excessive du béton comme un matériau de structure de base dans les différent bloc et niveaux du projet : matériau non écologique et non réutilisable.
- Le manque de dispositifs de traitement des déchets et des eaux usées.
- Manque des plans d'eau : malgré la présence de la végétation mais en remarque l'absence de la trame bleue, qui déséquilibre l'aspect visuel.
- Le complexe peut provoquer au voisinage proche une nuisance sonore lié aux évènements sportifs internationaux.

V.2.2. Stades de Bienne Tissot Arena (Suisse)

Stade Multifonctionnel Avec Centre Commercial

La Tissot Arena est un complexe sportif multifonctionnel situé à Bienne, en Suisse, qui réunit le hockey sur glace, le patinage, le curling et le football sur un seul site. Les stades de la Tissot Arena se trouvent au-dessus d'un centre commercial



Figure 118 : Stades de Bienne Tissot Arena (Suisse) vue globale
Source : google Image

V.2.2.1. La situation

La Tissot Arena est implantée à l'Est du centre-ville de Bienne, sur les Champs-de-Boujean, l'un des pôles de développement de la cité horlogère.



Figure 119 : La situation du stade par rapport au centre ville.
Source : google Maps réadapté par l'auteur

Proche de l'autoroute A5 et facilement accessible.

La Tissot Arena bénéficie ainsi d'un accès amélioré au réseau routier.

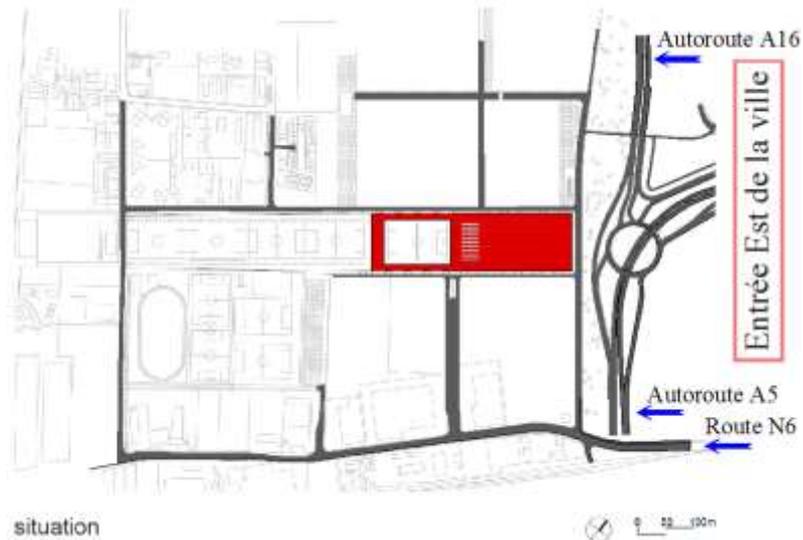


Figure 120 : La situation du stade par rapport aux Autoroutes.
Source : <https://gd-archi.ch/wp-content/uploads/2016/06/BIL06.pdf> ;
réadapté par l'auteur

V.2.2.2. L'accessibilité

Le projet s'inscrit dans la réflexion urbanistique il marque l'entrée Est de la ville et conduite par les autorités biennoises.

Et par son emplacement en limite d'urbanisation, 400 places de stationnement extérieures, 750 places de stationnement au sous-sol.

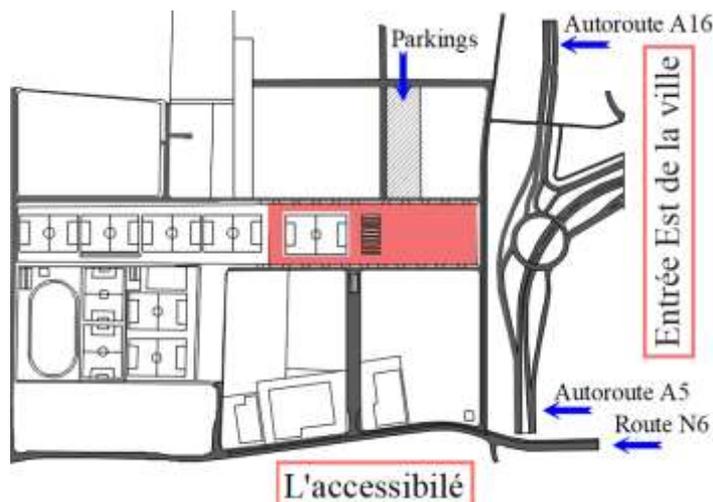


Figure 121 : L'accessibilité au stade.
Source : Auteur

V.2.2.3. Tissu proche

Structurer tout le développement des terrains alentour encore essentiellement agricoles.

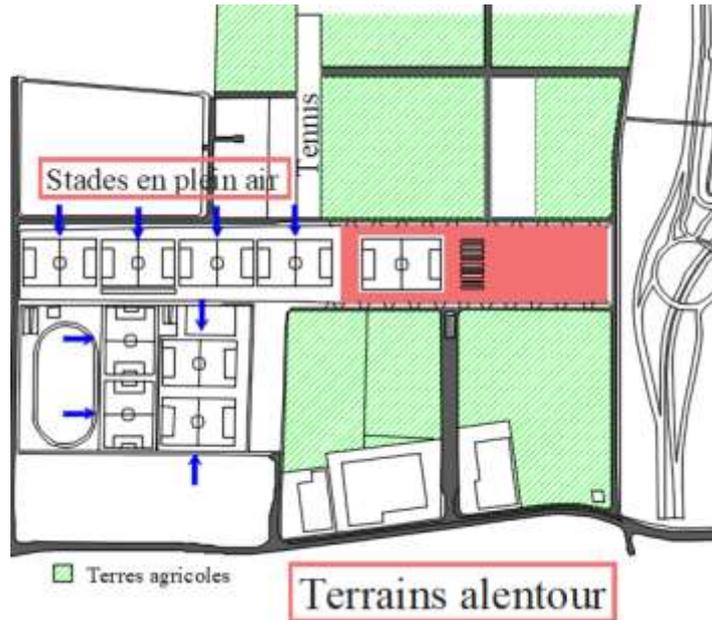


Figure 122 : Tissu proche.

Source : Auteur

Le site comprend également quatre terrains d'entraînement de football à l'extérieur.

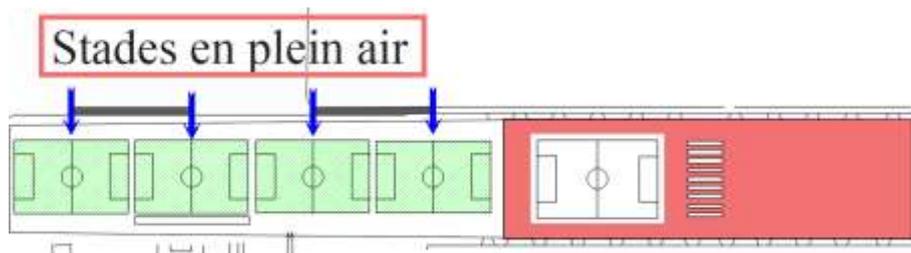


Figure 123 : terrains d'entraînement de football.

Source : Auteur

V.2.2.4. Conception architecturale

Le complexe des « Stades de Bienne » consiste en un socle paysager et en deux bâtiments distincts recouverts par une grande toiture unique.

La grandeur de la Tissot Arena se mesure à ses masses imposantes : 380 mètres de long, 120 mètres de large pour une hauteur de 28 mètres.

L'ensemble du complexe occupe une surface de 88 600 m², la taille de douze terrains de football.



Figure 14 : Dimension du stade.

Source : google Image réadapté par l'auteur

V.2.2.5. Structure du complexe

Le bâtiment neuf est constitué d'une structure traditionnelle béton / acier avec murs en briques silico-calcaires.



Figure 125 : structure béton / acier.
Source : google Image

La toiture du stade a été renforcée avec une structure en acier.



Figure 126 : La toiture du stade.
Source : google Image



V.2.2.6. Les façades

Les façades des arènes sportives sont matérialisées de manière différente.

Afin de garantir une bonne ventilation du gazon naturel, la façade du stade de football est constituée essentiellement de caillebotis galvanisés à chaud,



Figure 127 : La façade du stade.
Source : www.architectes.ch

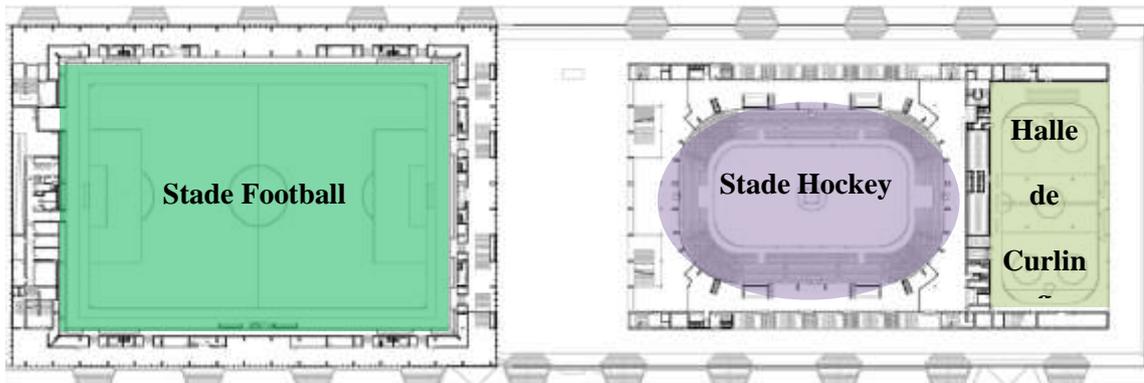
Tandis que le stade de glace est majoritairement recouvert de panneaux profilés en inox et en aluminium.



Figure 128 :Les panneaux profilés en inox et en aluminium.
Source : google Image

V.2.2.7. Organisation spatiale

La Tissot Arena est l'unique stade de Suisse réunissant sous un même toit un stade de hockey sur glace, un stade de football et une halle de curling.



Plan du 1^{er} Etage

Figure 129 : PPlan du 1^{er} Etage du stade.

Source : <https://gd-archi.ch/wp-content/uploads/2016/06/BIL06.pdf> ; réadapté par l'auteur

- ✓ Avec une capacité de 5200 places couvertes dont 3200 places assises, et peut être aménagé pour une capacité de 10 000 places, le stade de football ; la Tissot Arena peut accueillir des matchs de *Challenge League*. Des possibilités de circulation suffisantes pour les spectateurs sont assurées par un étage dit de distribution qui se situe 2 m sous les tribunes. Cet étage est équipé des locaux de service usuels tels que cantines, kiosques, sanitaires et locaux techniques.



Niveau de circulation
locaux de service :
cantines,
kiosques,
sanitaires et
locaux
techniques

Figure 130 : Le stade a l'intérieur et les tribunes.

Source : <https://www.tissotarena.ch/fr/events/espaces-et-disposition.3163.html>

- ✓ Les salles VIP et le secteur des médias se trouvent à l'étage du belvédère directement sous le toit, avec vue sur le terrain et le paysage environnant. Les locaux de gestion et les salles VIP ont un accès indépendant de la zone des spectateurs

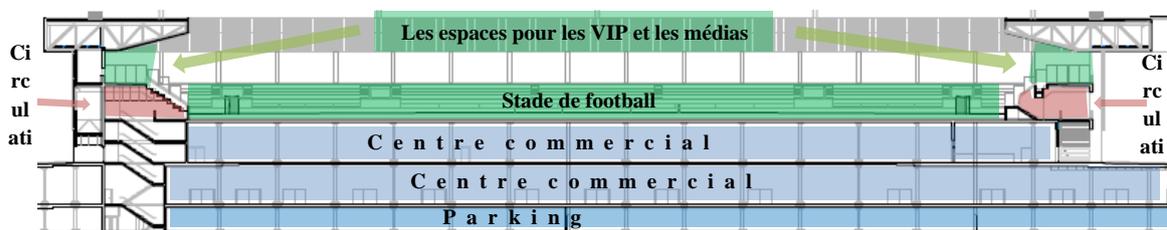


Figure 131 : Coupe sur le Stade football.

Source : <https://gd-archi.ch/wp-content/uploads/2016/06/BIL06.pdf> ; réadapté par l'auteur

- ✓ Le stade de hockey sur glace contient 7000 places (4500 places assises), et ses conditions d'accès pour les livraisons permettent de le transformer en un temps très court en un lieu de concerts, d'expositions, de congrès ou de foires commerciales.



Le stade de hockey sur glace



La salle de congrès

Figure 132 : Transformation du Stade de hockey en salle de congrès.

Source : <https://www.tissotarena.ch/fr/events/espaces-et-disposition.3163.html>

- ✓ La halle de curling se situe directement au-dessus du rez supérieur, équipée de six couloirs peut accueillir des compétitions internationales.



Figure 133 : La halle de curling.

Source : <https://www.tissotarena.ch/fr/events/espaces-et-disposition.3163.html>

- ✓ La patinoire extérieure couverte se situe à l'extrémité est du bâtiment, deux étages au-dessus du rez supérieur. Depuis la terrasse extérieure aménagée latéralement, on peut observer la patinoire extérieure et les environs.



Figure 134 : La patinoire extérieure couverte.

Source : <https://www.tissotarena.ch/fr/events/espaces-et-disposition.3163.html>

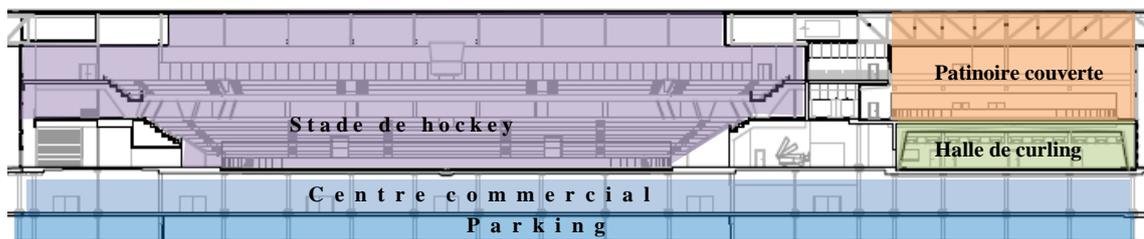


Figure 135 : Coupe sur le Stade de hockey et le halle de curling.

Source : <https://gd-archi.ch/wp-content/uploads/2016/06/BIL06.pdf> ; réadapté par l'auteur

- ✓ Place Publique (couverte) avec des dimensions impressionnantes de :
90 m x 35 m et une superficie totale de 3200 m², la place couverte située entre le Stade de Football et le Stade de Glace est l'une des plus grandes de Suisse.

Elle peut se convertir en lieu de rencontre, cinéma en plein air, une place pour un concert ou une représentation théâtrale accueillant jusqu'à 4500 spectateurs.



Transformation de la Place publique

Figure 136 : Transformation de la Place publique.

Source : <https://www.tissotarena.ch/fr/events/espaces-et-disposition.3163.html>



Figure 137 : Place Publique (couverte) entre le Stade de Football et le Stade de Glace.

Source : <https://gd-archi.ch/wp-content/uploads/2016/06/BIL06.pdf> ; réadapté par l'auteur

V.2.2.8. Espaces et disposition

- | | | |
|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|
| (1) Terrains d'entraînement | (6) Place publique | (10) Patinoire extérieure couverte |
| (2) Stade de Football | (7) AMAG Lounge | (11) Halle de curling |
| (3) Sky Lounge | (8) Stade de Glace | (12) Centre commerciale |
| (4) sBIELbar | (9) Club39 | (13) Parking |
| (5) <i>IL Capitano</i> | | |

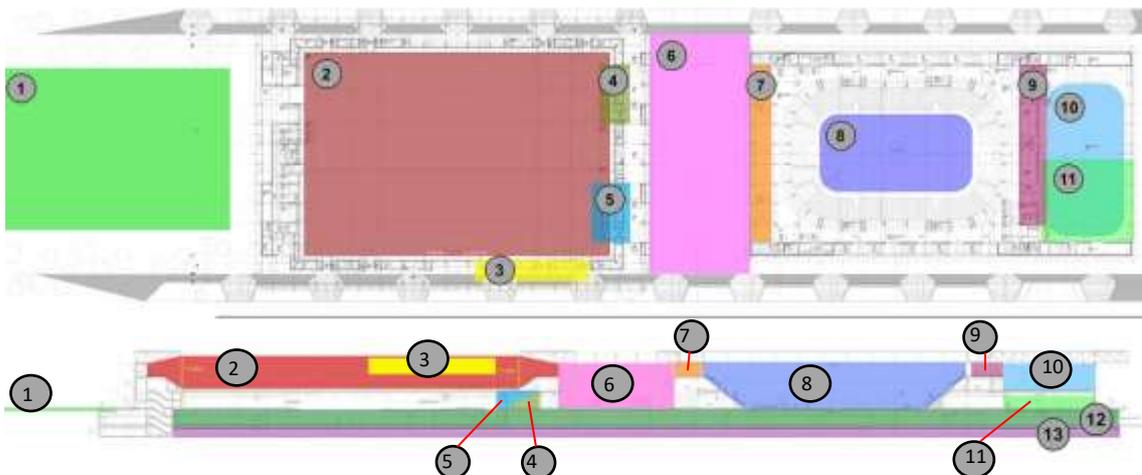


Figure 138 :Espaces et disposition.

Source : <https://www.tissotarena.ch/fr/events/espaces-et-disposition.3163.html>; réadapté par l'auteur

V.2.2.9. Modules solaires

- ✓ Avec 7000 modules solaires installés sur le toit des "Stades de Bienne", la plus grande installation de ce type au monde, et qui produira du courant pour quelque 500 ménages.
- ✓ La plus grande centrale solaire jamais construite sur un stade, sur 16'500 m² de surface de toit.
 - ✓ Avec un rendement annuel de 1,7 GWh
 - ✓ Avec taux d'efficiences des panneaux est de 15%
 - ✓ Cela signifie que 15% de l'énergie qui se trouve dans la lumière solaire sont transformés en électricité.



Figure 139 : Modules solaires.
Source : google Image

V.2.2.10. Efficacité énergétique

Le projet peut représenter un concept énergétique exemplaire au niveau Suisse pour la production de froid, de chaleur et d'électricité qui soit sans émission de CO₂.

L'utilisation de la nappe phréatique par un système d'échangeur de chaleur permettra de produire du froid, nécessaire à la fabrication de la glace, et de la chaleur.

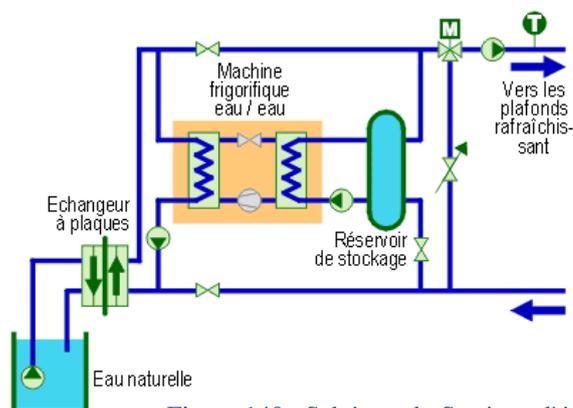


Figure 140 : Schémas du Système d'échangeur.
Source : google Image

Le courant électrique ainsi produit couvrir les besoins en électricité de la partie publique, assurant l'autonomie énergétique des infrastructures sportives.



Figure 141 : Panneau solaire produisant le courant électrique.
Source : google Image

Les exigences en matière de production énergétique et d'isolation ainsi que le système thermique global et optimisé dans l'ensemble de ses composantes et l'étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments permettent d'envisager la labellisation MINERGIE® du complexe multifonctionnel.



Figure 142 : Etanchéité de la toiture.
Source : google Image



Figure 143 : Isolation par Bitume du stade.
Source : google Image

V.2.2.11. Constructions durables

Les matériaux de construction choisis parmi les produits ayant une incidence moindre sur l'environnement pendant toute leur durée de vie – à savoir sans conséquence néfaste à long terme pour les sols, les eaux et l'air.

Pour autant qu'ils soient disponibles sur le marché, les matériaux de construction bénéficier de l'écolabel européen.

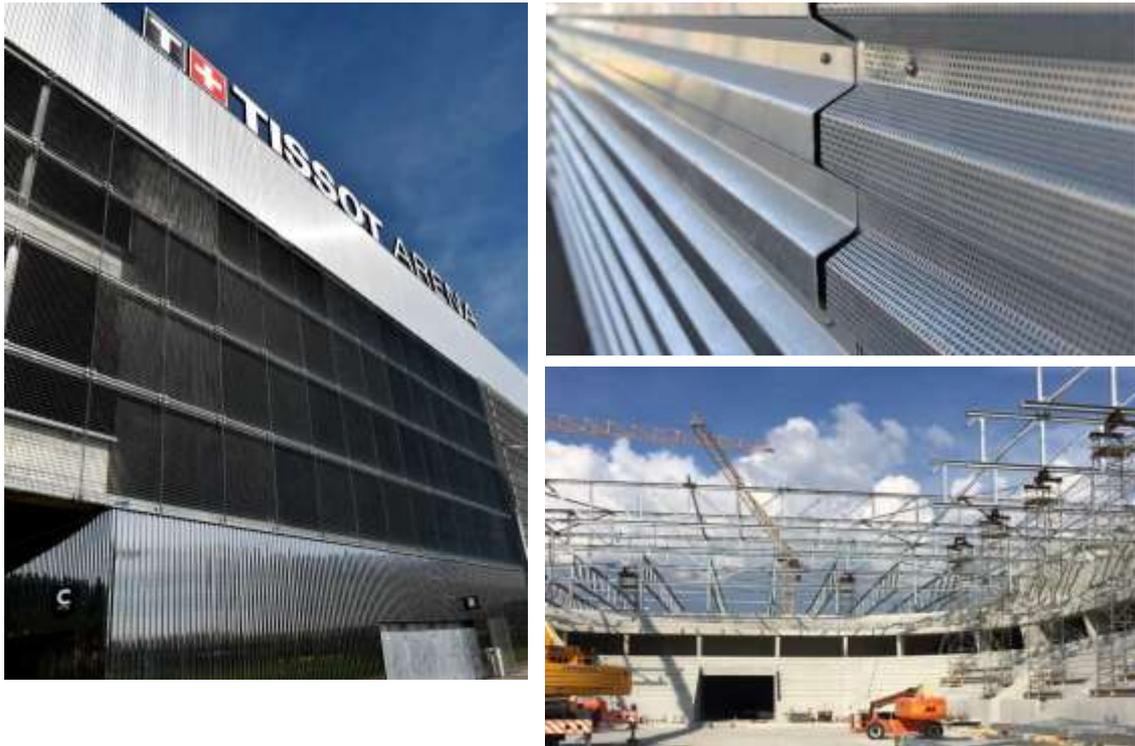


Figure 144 : Les matériaux de construction : Béton, Acier, inox et aluminium
 Source : google Image



Figure 145 : Murs en briques silico-calcaires.
 Source : google Image



Le concept de récupération des eaux pluviales permettra de fournir les quantités d'eau nécessaires aux installations sanitaires du complexe multifonctionnel et à la production de glace, sans avoir à puiser dans les réserves d'eau potable.



Figure 146: Points de récupération des eaux pluviales
 Source : google Image, réadapté par l'auteur

Convergence of technologies & environmental design

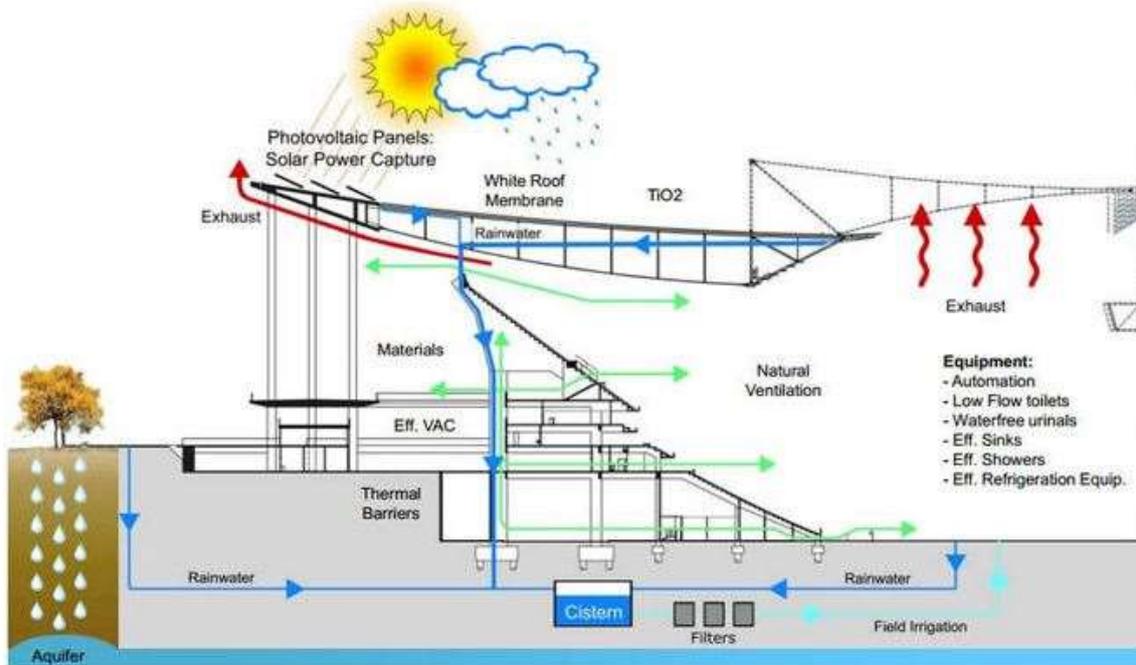


Figure 147 : Système de récupération et de recyclage des eaux pluviales/et le système photovoltaïque.
 Source : <https://www.rinnovabili.it/greenbuilding/mondiali-2014-brasile-stadio-energia-zero555/>

V.2.2.12. Densification qualifiée

- ✓ Rationaliser davantage l'usage du sol en combinant et en réunissant sur un seul espace différentes affectations répond au principe durable de la densification du milieu bâti.
- ✓ Le projet paysager des stades intègre harmonieusement les ouvrages sportifs et les données paysagères créant un volume de qualité, en partie végétal, dans un espace encore à valoriser.

- ✓ La proximité souhaitée des deux stades permet le développement de synergies en matière d'énergie, de complémentarité des locaux publics pour l'organisation de manifestations, de logistiques et du stationnement.
- ✓ Le projet permettra également de libérer une surface dans le quartier de la *Gurzelen*, où est situé aujourd'hui le stade de football. Cet emplacement est approprié pour de futurs projets de lotissements.
- ✓ Une planification de qualité permettra ici de créer un espace résidentiel attrayant et recherché en centre-ville.

V.2.2.13. Faits et chiffres concernant la Tissot Arena

1 stade de glace multifonctionnel pour 7000 spectatrices et spectateurs, dont 4500 places assises

1 stade de football avec pelouse naturelle pour 5200 spectatrices et spectateurs, dont 3200 places assises

4 terrains de football extérieurs (dont 3 avec pelouses artificielles)

1 halle de *curling halle* avec 6 *rinks*

1 « place publique » couverte avec 3200 m² de surface

1 restaurant principal

1 restaurant VIP et un bar VIP dans le stade de glace

1 *sky lounge* dans le stade de football

1 restaurant dans la halle de curling

10 buvettes

1 cinéma doté de 5 salles

1 centre de fitness et un *shopping mall*

1 parking souterrain avec 750 places

400 places de stationnement extérieures

1000 places de stationnement pour vélos.

V.2.2.14. Synthèses

- Une excellente condition de circulation et d'accès.
- Le projet et une Infrastructure ultramoderne il répond aux normes écologiques par l'utilisation des techniques qui permettent d'exploiter des énergies renouvelables-t-elle que l'énergie solaire et la récupération des eaux pluviales.

- Une conservation des eaux potable par l'utilisation des eaux de la nappe phréatique pour le stade de glace et les installations sanitaires.
- Fonctionnement intérieur réussie grâce à la place publique centrale entre les plus grand Stades, de Glace et de Football.
- Une diversité de relation verticale entre les niveaux.
- La façade du stade de football est constituée essentiellement de caillebotis galvanisés à chaud afin de garantir une bonne ventilation du gazon naturel.
- Utilisation des matériaux de construction ayant une incidence moindre sur l'environnement.
- Un site favorable au niveau de l'aspect visuel intégré à l'environnement, et structurer par des terrains alentour encore essentiellement agricoles.

Inconvénients

- Pas d'intégration des panneaux photovoltaïques à la conception architecturale (Les Panneaux se trouve uniquement sur le toit).
- Le manque de dispositifs énergétiques : La géothermie, malgré la surface importante du projet.
- Une utilisation excessive du béton comme un matériau de structure de base : matériau non écologique.
- Les places de stationnement extérieures pour le stade et le centre commercial se trouve dans un seul endroit, provoque parfois des points de convergence surtout dans les heures de pointe ou au cours des évènements sportifs.

V.3. 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 »⁷⁷

⁷⁷ Cahier de l'EPAU n°2-3 1993, « programmation et conception en architecture » ; essais méthodologiques », M. Azouz ; enseignant à l'EPAU.

V.3.1. Tableau comparatif

Complexe Olympique, Montréal (Canada)	Stades de Bienne Tissot Arena (Suisse)
<p>Le stade olympique</p> <p>Superficie totale de l'esplanade..... 338 733 m²</p> <p>Superficie occupée par les édifices..... 72 046 m²</p> <p>Capacité des gradins 56 040 sièges.</p> <p>Superficie brute du Hall Est..... 7 284 m²</p> <p>Salle principale... 18 933 m²</p> <p>Capacité des vestiaires 4 000 places.</p> <p>La tour de Montréal</p> <p>-Superficie brute du Salon Montréal..... 395 m²</p> <p>-Superficie brute de l'auditorium de 181 sièges et de la salle de projection..... 272 m²</p> <p>-Superficie brute de l'aire de restauration de 140 sièges..... 381 m²</p> <p>-Superficie brute des deux boutiques souvenirs... 91 m²</p> <p>Le centre sportif</p> <p>-Superficie brute du niveau des plages... 16 536 m²</p> <p>-Superficie brute de la salle de musculation... 581 m²</p> <p>-Salle omnisports... 1 510 m²</p> <p>-Aire d'entraînement à sec 1 118 m²</p> <p>Capacité des gradins 2 700 sièges.</p>	<p>85'600 m² de surface (pour l'ensemble de l'installation)</p> <p>-Stade de glace multifonctionnel pour 6500 spectatrices et spectateurs, dont 4400 places assises.</p> <p>-Stade de football avec pelouse naturelle pour 5100 spectatrices et spectateurs, dont 2900 places assises</p> <p>4 terrains de football extérieurs (dont 3 avec pelouses artificielles).</p> <p>-Halle de curling avec 6 <i>rinks</i>.</p> <p>-Place publique couverte avec 3200 m² de surface.</p> <p>-Restaurant principal</p> <p>-Restaurant VIP et un bar VIP dans le stade de glace.</p> <p>-<i>Sky lounge</i> dans le stade de football</p> <p>-Restaurant dans la halle de curling</p> <p>-10 buvettes</p> <p>-Cinéma doté de 5 salles</p> <p>-Centre de fitness et un shopping mall.</p> <p>Les aires extérieures</p> <p>-Parking souterrain avec 750 places. 400 places de stationnement extérieures.</p> <p>1000 places de stationnement pour vélos.</p>

<p>Les aires extérieures</p> <p>-Terrain de football..... 16 781 m²</p> <p>-Les stationnements</p> <p>Stationnements intérieurs</p> <p>(3 933 places).....153 045 m²</p> <p>Stationnements extérieurs</p> <p>(270 places).....9 997m²</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Tableau 2: Tableau comparatif des surfaces

Source : Auteur

V.3.2 Le programme retenu en (m²)

D'après l'analyse des exemples avec leur programme et le programme officiel des salles de sports et le programme des stades homologué par la FIFA, on conclut avec le programme retenu ci-après.

1) Le Stade de Football

Compétition (Niveau RDC)

Aire de jeux Terrain de football 45,00 x 90,00.....	4050,00
Espace libre et Accès au terrain et tunnel.....	3032,00
Zones d'équipes et Bancs des remplaçants 100,00 x 02.....	200,00
Gradins 0,5 x 0,8 x 10 000	4000,00
Bureau techniciens de l'équipe 30,00 x 02.....	60,00
Bureau responsable des tenues 20,00 x 02.....	40,00
Vestiaires des Joueurs avec douches 50,00 x 02.....	100,00
Vestiaire des arbitres avec douches.....	20,00
Vestiaires et douches des ramasseurs de ballon.....	20,00
Sous Total :	11522,00

Administration et organisation (Niveau RDC)

Bureau du directeur.....	16,00
Bureaux de gestion 15,00 x 02.....	30,00
Bureau du chef de délégation.....	16,00
Bureau du commissaire du match.....	12,00
Salle de préparation des médailles et coupes.....	18,00

Réfectoire.....	35,00
Sanitaires 15,00 x 02.....	30,00
Bureau des membres de la commission des arbitres.....	18,00
Bureau du coordinateur général.....	18,00
Salle de réunion du coordinateur générale.....	35,00
Infirmierie.....	30,00
Contrôle antidopage.....	20,00
Bureau chef de Sécurité.....	16,00
Bureau du Contrôle de la Sécurité.....	12,00
Bureau de la Protection.....	20,00
Salle de réunion du service de Sécurité.....	35,00
Vestiaires et Sanitaires 20,00 x 02.....	40,00
Bureau chef service d'entretien et maintenance.....	15,00
Salle du personnel de maintenance.....	15,00
Salle du matériel d'entretien	20,00
Atelier de Maintenance.....	35,00
Dépôt 1200,00 x 02.....	240,00
Local technique 120,00 x 02.....	240,00
Local matériel 60,00 x 04.....	240,00
Stockage des Batteries.....	350,00
Formation sportive	
Salle de cours 125,00 x 02.....	250,00
Bibliothèque 35,00 x 02.....	70,00
Salle des Professeurs 22,00 x 02.....	44,00
Circulation total et escalier.....	500,00
Sous Total :	2420,00
Salles de sport (Niveau RDC)	
Salle de fitness.....	240,00
Salle d'aérobic.....	240,00
Attente 70,00 x 02.....	140,00
Sanitaires 22,00 x 02.....	44,00
Vestiaires et douches 80,00 x 02.....	160,00
Bureau d'entraîneur avec vestiaire 15,00 x 02.....	30,00

Atelier de Maintenance 10,00 x 02.....	20,00
Sas d'entrée et contrôle 5,00 x 02.....	10,00
Sous Total :	884,00

Entée Public et mécanique Accès au Parking

Entrée Nord (Niveau Sous-sol)

Hall d'accueil 840,00 x 02.....	1680,00
Guichets Billetteries 9,00 x 04.....	36,00
Accueil et Information 9,00 x 02.....	18,00
Contrôle 9,00 x 02.....	18,00
Accès au Parking	100,00
Parking, circulation et escaliers	15000,00

Entrée Est (Niveau Sous-sol)

Hall d'accueil 250,00 x 02.....	500,00
Contrôle 9,00 x 02.....	18,00
Accès au Parking	100,00

Entrée Sud (Niveau 1^{er} étage)

Hall d'accueil	1500,00
Guichets Billetteries 9,00 x 04.....	36,00
Accueil et Information 9,00 x 02.....	18,00
Contrôle 9,00 x 02.....	18,00
Circulation.....	2700,00
Sous Total :	21742,00

Commerce et service

(Niveau RDC)

Cafétéria.....	320,00
Terrasse 650,00 x 02.....	1300,00
Circulation.....	1400,00

(Niveau 2^{eme} étage)

Cafétéria.....	320,00
Terrasse 650,00 x 02.....	1300,00
Circulation.....	1400,00
Sous Total :	6040,00

2) La salle Omnisport

Hall d'accueil Public, accueil VIP et Joueurs (Niveau RDC)

Hall Principal.....	400,00
Guichets Billetteries 9,00 x 04.....	36,00
Accueil et Information.....	9,00
Bureau de Sécurité.....	9,00
Accueil VIP.....	30,00
Sas d'entrée.....	5,00
Ascenseur 2,00	2,00
Accueil Joueurs 12,00 x 02.....	24,00
Sas d'entrée 5,00 x 02.....	10,00
Sous Total :	525,00

Salles de sport (Niveau RDC)

Sas d'entrée et contrôle 40,00 x 02.....	80,00
Hall d'accueil, réception et Attente 140,00 x 02.....	280,00
Hall entre les salles de sport 20,00 x 02.....	40,00
Salle de judo.....	120,00
Salle de Karaté.....	120,00
Salle de boxe.....	120,00
Salle de Gymnastique.....	120,00
Salle de jeux pour enfant.....	90,00
Salle des jeux Vidéos et Echecs.....	90,00
Vestiaires des Joueurs avec douches 45,00 x 04.....	180,00
Sanitaires des Joueurs 16,00 x 04.....	64,00
Bureau d'entraîneur avec vestiaire et douches 12,00 x 08.....	96,00
Atelier de Maintenance 18,00 x 02.....	36,00
Circulation.....	240,00
Sous Total :	1676,00

Commerce (Niveau RDC)

Tabac journaux.....	20,00
Magasin des produits sportifs.....	20,00
Fast Food 20,00 x 06.....	120,00

Restaurant + Annexe 440,00 x 02.....	880,00
Sanitaire Restaurant 25,00 x 02.....	50,00
Cafétéria + Annexe 300,00 x 02.....	600,00
Sanitaire Cafétéria 25,00 x 02.....	50,00
Sanitaire publique 25,00 x 02.....	50,00
Local technique 25,00 x 02.....	50,00
Circulation.....	1800,00
Sous Total :	3640,00

Salle d'Entrainement et Compétition (Niveau 1^{er} étage)

La grande salle pour :	- Handball
20,00 x 40,00	- Volley-ball.....salle avec espace libre et tunnel.....
1350,00	
	- Basket-ball
Zones d'équipes et Bancs des remplaçants 50,00 x 02.....	100,00
Tribunes :	
Pour une capacité d'accueil de 2800 spectateurs	
Gradins 0,5 x 0,8 x 2 800	1120,00
Hall et circulation.....	100,00
Ascenseur 2,00	2,00
Vestiaires des Joueurs + Douches 50,00 x 02.....	100,00
Bureaux d'Entraîneurs + Vestiaire 12,00 x 04.....	48,00
Sanitaires 12,00 x 02.....	24,00
Infirmierie.....	15,00
Contrôle antidopage.....	15,00
Bureau du coordinateur général.....	12,00
Salle de réunion du coordinateur générale.....	18,00
Bureau responsable des tenues 12,00 x 02.....	24,00
Vestiaire des arbitres.....	15,00
Vestiaire des ramasseurs de ballon.....	15,00
Bureau des membres de la commission des arbitres.....	12,00
Bureau du chef de délégation.....	14,00
Bureau du commissaire du match.....	14,00
Bureau responsable des médailles et coupes.....	14,00

Sanitaires publique 24,00 x 02.....	48,00
Atelier de Maintenance	35,00
Local matériel.....	35,00
Circulation du publique : circulation sous les gradins et tunnels.....	2500,00

Sous Total :5630,00

Administration (Niveau 1^{er} étage)

Bureau du directeur.....	18,00
Secrétariat.....	12,00
Bureau gestionnaire 17,00 x 02.....	34,00
Salle de réunion	28,00
Bureau de Club 16,00 x 03.....	48,00
Salle de réunion des Clubs.....	28,00
Salle d'Attente.....	12,00
Sanitaires Homme 6,50 x 02.....	13,00
Sanitaires Femme 6,50 x 02.....	13,00
Circulation sur la mezzanine.....	90,00
Sous Total :296,00	

Service (Niveau 2^{eme} étage)

Hall et circulation.....	50,00
Ascenseur 2,00	2,00
Réception VIP.....	18,00
Salon pour VIP.....	55,00
Salle des Journalistes.....	18,00
Salles de conférence.....	55,00
Sanitaires 15,00 x 02.....	30,00
Sous Total :228,00	

Parking : 400 places de stationnement.....5000,00

Synthèse et recommandations

Cette étude nous a montré l'importance de l'énergie solaire comme source écologique, une énergie de refuge qui peu remplacé au future proche les énergies fossiles qui sont polluantes, et nocives.

Ainsi, pour assurer un meilleur rendement des systèmes actifs et passifs, il est nécessaire d'entamer une évaluation climatique et microclimatique tenant compte des conditions d'ensoleillement, de plus il faut opter pour une conception passive qui assure une meilleure performance énergétique.

Sur le plan opérationnel, l'efficacité des panneaux solaires et leurs rendements électriques, dépend généralement de : ses dimensions ; sa technologie ; sa typologie ; du rayonnement reçu et de la durée d'exposition au soleil.

V.4. Genèse et démarche de projet

Projet proposé : un complexe sportif size à la commune de Bendjerrah à Guelma ; Sur une assiette de 50000 m² de surface, situé à proximité de la voie principale qui relie la commune à Guelma, et la voie qui mène aux montagnes agréables connue sous le nom de la Maouna.

V.4.1 Objectifs

- Concevoir un complexe sportif à efficacité énergétique ;
- Développé l'énergie solaire comme un choix écologique à mettre en avant.

V.4.2 Principes à suivre

- Intégration des panneaux solaires comme élément conceptuels dans la composition du projet.
- Adopter au projet une écoconception en utilisant :
 - Une démarche passive (bioclimatique) ;
 - Opté pour une qualité environnementale de l'enveloppe architecturale avec l'utilisation des éco matériaux.

V.5. Schéma de principe

V.5.1. Présentation de la méthode de conception

La méthode optée pour la conception du projet est « la métaphore ». Notre forme de base s'est inspirée de deux formes géométriques pures et simples **d'un rectangle combiné avec une ellipse**.

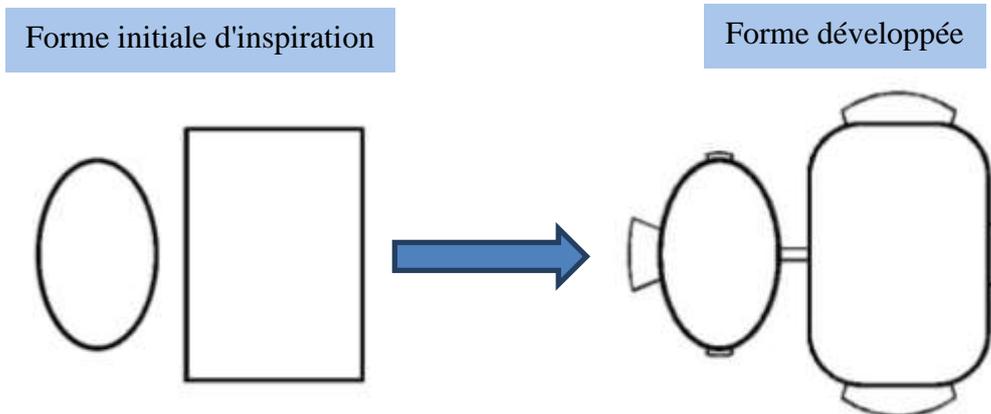


Figure 148: Genèse et méthode de conception
Source : Auteur

V.5.1.1. Première étape : les axes principaux

Les Axes majeurs : L'exploitation des deux axes principaux par la projection d'une façade principale qui domine les deux voies qui se croise au rond-point va enrichie notre projet.

Axe de projet : le projet se développe en profondeur d'une façon linéaire à partir du nœud (articulation de force relis le projet au centre-ville)

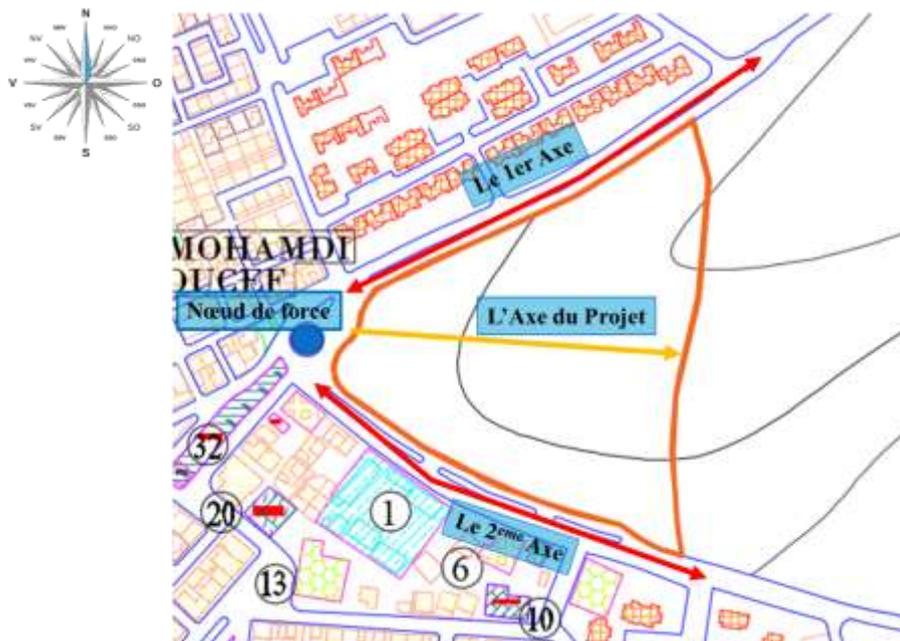


Figure 149: Axes principaux et lignes de force.
Source : PDAU réadapté par l'auteur

V.5.1.2. Deuxième étape : Les accès

Accès principal : après l'analyse de l'accessibilité, l'accès principal du projet sera orienté vers les 02 voies principales pour partager le flux, contenant l'entrée principale mécanique vers les parkings et de services

L'accès piéton et réservé à l'ouest proche du rond-point la zone la plus proche a l'agglomération, et autre à l'est relie le Sud Est de la ville, les parkings en sous-sol sont accessibles à partir des deux axées mécaniques



Figure 150:Les accès.

Source : PDAU réadapté par l'auteur

V.5.1.3. Troisième étape : Hiérarchisation des espaces

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

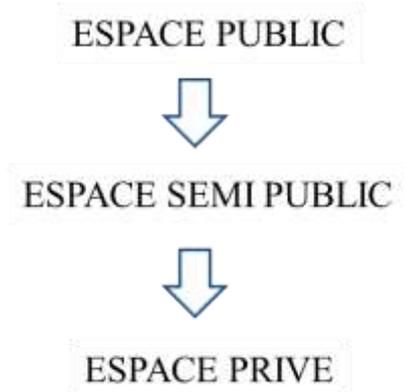




Figure 151: Hiérarchisation des espaces.
Source : PDAU réadapté par l'auteur

V.5.1.4. Quatrième étape : schéma de principe

Les espaces de stationnement à partir des accès mécaniques de part et d'autre
 Une bande verte qui entoure le projet surtout au nord ; nord-ouest pour la protection au vent froid. Une zone calme réservée à l'activité sportive extérieure : le footing, et autres exercices. Le stade occupe une place majeure il est accessible à partir des 02 voies, du côté ça va faciliter l'évacuation du stade en cas d'urgence,
 La salle omnisport la zone la plus fréquentée est plus au moins proche à l'accès piéton pour faciliter l'entrée et la sortie des sportifs.

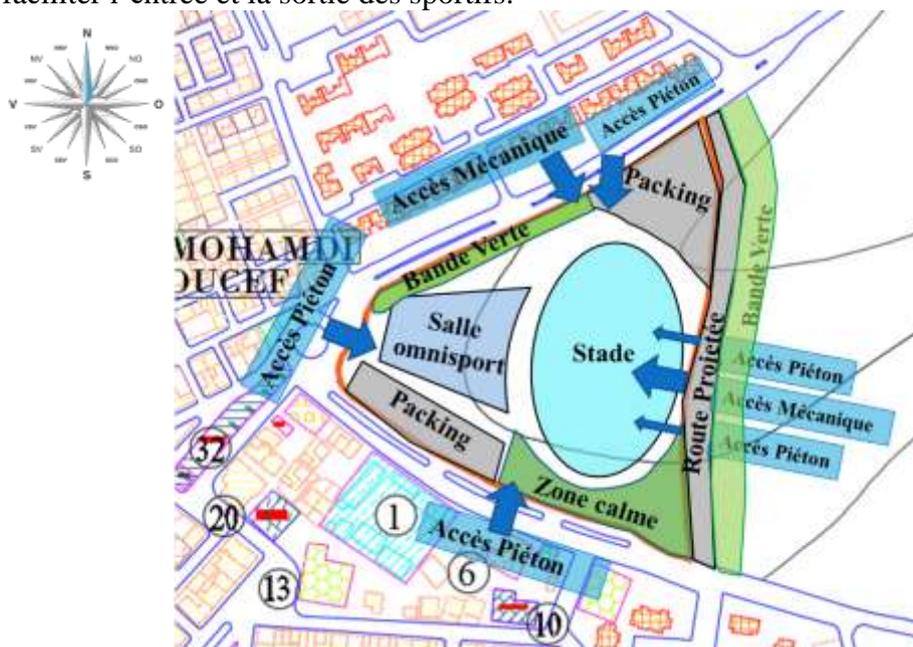


Figure 152: Schéma de principe.
Source : PDAU réadapté par l'auteur

Conclusion Générale

En premier lieu, à partir à la recherche théorique nous avons essayé de mettre en évidence l'efficacité de l'énergie solaire en tant que source énergétique renouvelable dans le processus de la production du projet architecturale.

Alors vue les apports solaires en Algérie nous avons opté pour développer l'énergie thermique et photovoltaïque offertes par les panneaux solaires,

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

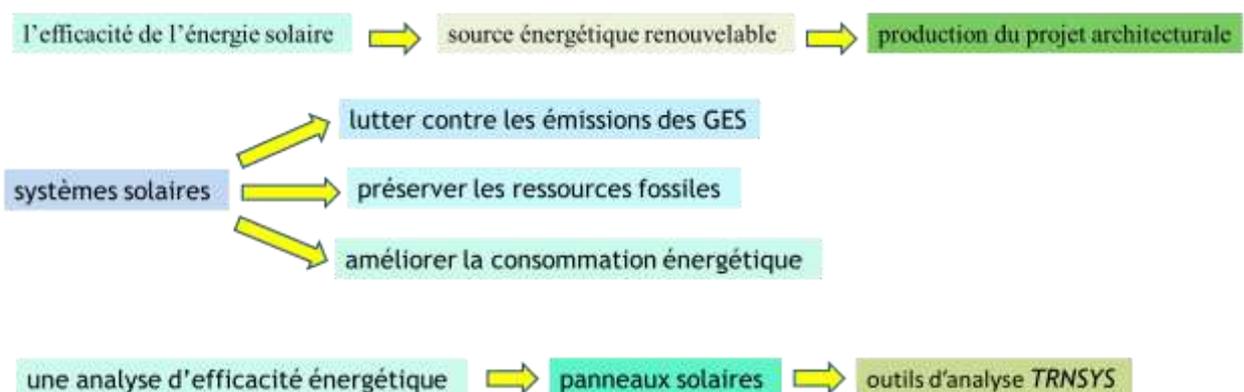
En second lieu, on a tenté d'effectuer une analyse d'efficacité énergétique des panneaux solaires photovoltaïques par l'intermédiaire des outils d'analyses offerte par la simulation architecturale notamment avec le logiciel *TRNSYS*.

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

L'efficacité des panneaux solaires et leurs rendements électriques, dépend généralement de :

- ✓ Ses dimensions ;
- ✓ Sa technologie, typologie et sa qualité ;
- ✓ Du rayonnement solaire reçu ;
- ✓ De la durée d'exposition.

Alors on va matérialiser l'intégration et l'utilisation des panneaux solaires dans un équipement sportif.



***Bibliographie**

Livres et dictionnaires

- Les éléments des projets de construction, Ernst Neufert, 8^{eme} édition.
- Architecture des sports, auteur : Marc gaillard.
- L'architecture écologique. Auteur : Dominique Gauzin-Muller.
- Chauffage de l'habitat et énergie solaire - Tome 2 Thierry CABRIOL- Daniel ROUX, Edition Edisud, France (1984).
- L. Freris et D. Infield, « les énergies renouvelables pour la production d'électricité », Dunod, 2009
- Liebard. A, menard. J-p et piro. P 2007, p05.
- Energies Renouvelables et agriculture (la transition énergétique) - Bernard Pellecuer 2^e Edition.

Thèses

- Mémoire de SHIRLEY GAGNON **ÉNERGIE SOLAIRE ET ARCHITECTURE**
Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en sciences de l'architecture.
- Mémoire de Alili.A **ARCHITECTURE SOLAIRE**, Faculté de technologie
Département d'Architecture université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen.
- Mémoire de BACHAGHA Sabrina et BENTALEB Sabrina **Le logement à Haute Performance Énergétique (HPE)**, Faculté de technologie Département d'Architecture
Université Abderrahmane Mira – Bejaia.

Publications officielles

- Organisation Mondiale de la Santé
- Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. (2002). Directive sur la performance énergétique des bâtiments. (19 mai 2010). Bruxelles : Union européenne, 23 p. En ligne. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FR:PDF>>. Page consultée le 04 Novembre 2019.

Articles et actes de colloque

- Le journal nationale -le soir-Lundi 2 octobre 2017
- ISO Focus, par Elizabeth Gasiorowski-Denis (Rédactrice en chef d'ISOfocus)

- La direction de la jeunesse et sport de la wilaya de Guelma.

Documents et Instruments

-P.O.S sud de Guelma.

-Statistiques de la direction de la jeunesse et du sport – Guelma.

Sites internet

Algérie presse service, 2019 <http://www.aps.dz/>

Ministère De L'énergie <https://www.energy.gov.dz/>

www.wikipedia.com

www.google.com

www.archdaily.com