

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE 8 MAI 45 GUELMA**



**FACULTE / DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME**

Mémoire fin d'études pour l'obtention du diplôme de  
master en Architecture

**Option : Architecture écologique**

Thème :

**L'IMPACT DES FAÇADES VITREES SUR LE CONFORT THERMIQUE  
DES EQUIPEMENTS PUBLICS-LE CAS DE GUELMA-**

**Encadré par :**

Mme MIHOUBI.M

**Présenté par :**

KHALLEF NESRINE

Année Universitaire 2017-2018

## *Dédicace*

*Je tiens d'abord à remercier mon dieu le tout puissant de m'avoir permis de vivre pour réaliser ce travail, et m'avoir donné la volonté et le courage pour arriver jusqu'au but.*

- A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.*
- A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral, source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir ; à toi mon père.*

*Mes parents vous serez toujours pour moi l'idéal que je veux atteindre, merci de m'aimer et d'être à mes côtés.*

- A mes frères HOUSSEM EDDINE & ABD-ELRAOUF.*

*Les plus sincère et les plus jolis filles mes cousines HANA, AMANI, NEDJLA.*

*Tous mes amis avec lesquels j'ai passé cinq années inoubliables, et en particulier, YASSAMINE, HALIMA, GHADA, IMANE, MARWA, SAMEH, AMIRA, BORHANE, ABD ENNOUR tout en leur souhaitant la réussite dans tout ce qu'ils entreprennent.*

*Tous les enseignants qui ont participé à ma formation durant mes cinq ans, sans les nommer, car la liste est longue et le risque est grand d'en oublier un  
A toutes les personnes que j'aime et qui m'aiment A moi-même.*

## ***Remerciements***

***Tout d'abord, je remercie le bon Dieu le tout puissant pour son aide et pour m'avoir guidé pour mener à bien ce travail.***

*Je tiens à remercier mes encadreurs Mme MIHOUBI MOUNIRA & SALAH SALAH HANA pour le suivie et les précieux conseils qu'elles m'a fait part et pour la qualité de ses encadrements, ses patiences, ses gentillesse et ses encouragements patients et bienveillants qui m'ont permis de mener à bien ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer le travail de recherche du présent mémoire, en espérant que leurs remarques, orientations et conseils me seront utiles pour la continuité de ma formation.*

*Je remercie tous ceux qui m'ont soutenu, qui m'ont supporté tout au long de ce travail.*

*En fin j'exprime mes vifs remerciements à mon père et ma mère, mes frères, ma grande mère, et mes chères SOUMIA&LAMISSE ainsi que toute ma famille et mes proches. Car ils n'ont cessé de me soutenir et de m'encourager pendant toute la période de ce travail.*

# SOMMAIRE

Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Remerciement.....	
Résumé.....	
Introduction générale :.....	01
Introduction thématique .....	02
Questions de recherche .....	03
Problématique.....	03
Hypothèses de recherche .....	05
L'objectif de recherche .....	05
Structure du mémoire et méthodologie .....	05

## PARTIE 01 : PARTIE TH2ORIQUE ET CONCEPTUELLE

### CHAPITRE N°1 : POSIIONNEMENT TH2ORIQUE ET CONCEPTUEL

Introduction.....	09
I-paroi vitré.....	10
I-1 Les principaux types de vitrages .....	11
I-1-1 Le simple vitrage (verre recuit) .....	11
I-1-2 Le vitrage réfléchissant (pour le contrôle solaire).....	11
I-1-3Le verre armé .....	11
I-1-4 Le verre trempé .....	11
I-1-5 Le verre durci .....	12
I-1-6 Le verre feuilleté .....	12
I-1-7 Le double vitrage .....	12
I-1-8 Le triple vitrage .....	13
I-1-9 Le vitrage chromogène .....	13
I-2 La protection solaire de la paroi vitrée .....	14
I-2-1 Protection solaire extérieure fixe .....	15
I-2-2 Protection solaire naturelle .....	15
I-2-3-protection solaire par le vitrage .....	16
I-2-4-Les brise-soleil.....	17
I-2-5 Films de protections solaires.....	18
I-2-6 Stores intérieurs et extérieurs .....	19
I-2-7 Stores intégrés au vitrage.....	19
I-3 Types des façades vitrées.....	20
I-3-1 Façade par vitrage extérieur parcloisé (VEP) .....	20
I-3-2 Façade par vitrage extérieur collé (VEC) .....	21
I-3-3 Façade par vitrage extérieur attaché (VEA.....	21
I-4 Emplacement de la paroi vitrée dans les façades .....	22

I-5 L'isolation des parois vitrées .....	22
II- Le confort thermique .....	24
II-1 La notion de confort.....	24
II-1-2 Les types de confort .....	25
II-1-3 Définition de confort thermique .....	25
II-2 Les paramètres influant sur le confort thermique .....	26
II-2-1 Facteurs liés à l'environnement .....	26
II-2-1-1 La température .....	26
II-2-1-2 L'humidité .....	30
2-1-2-1 L'impact de l'humidité relative dans un bâtiment .....	30
2-1-2-2 La plage de confort température-humidité .....	31
II-2-1-3 La vitesse ou le mouvement de l'aire .....	32
II-2-1-4 La ventilation .....	33
II-2-2 Les facteurs liés à l'individu .....	34
II-2-2-1 Le métabolisme.....	34
II-2-2-2 L'habillement.....	35
II-2-2-3 Les échanges thermiques du corps humain .....	35
2-2-3-1 L'échange de chaleur sensible .....	35
II-3- Le confort d'hiver.....	36
III- Impact des façades vitrées sur le confort thermique .....	37
Conclusion .....	37

## **CHAPITRE N°2 : ANALYSE DES MODELES NATIONAL ET INTERNATIONAL**

Introduction .....	37
I-Exemple 01 : l'impact des façades vitrées sur le confort thermique à travers le cas de l'immeuble de bureau à Biskra : .....	38
I-1 Situation du projet .....	38
I-2 les problèmes soulevés.....	39
I-3 Solutions proposées.....	40
I-4Resultats obtenus après l'analyse thermique avec l'outil d'informatique l'ecotect.....	40
I-5Méthode utilisée.....	40
II-Exemples 02 : Des solutions de vitrage performants pour l'améliorations du confort thermique : Le cas de l'école d'architecture et de paysage de l'Arizona .....	42
II-1 Description du projet .....	43
II-2 Les problèmes trouvés .....	45
II-3 Les solutions proposées .....	45

II-4 Les résultats obtenus d'après les simulations concernant la consommation énergétique après l'application des solutions .....	46
Conclusion.....	46
.	
Le choix d'outil de simulation « ECOTECT » dans notre projet .....	47

## **PARTIE 02 : PARTIE ANALYTIQUE**

### **CHAPITRE N°3 : L'ÉTUDE DE CAS**

Introduction .....	54
I-Étude climatique.....	55
I-1 Présentation de la ville.....	55
I-2 Climat de Guelma .....	55
I-3 Diagramme ombrothermique de Guelma .....	57
I-4 Diagramme solaire de Guelma .....	58
I-5 Le diagramme en thermoisoplèthes de Guelma.....	60
I-6 Microclimats de la ville .....	63
I-7 Éléments influençant le microclimat .....	63
I.7.1. Relief.....	63
I.7.2. Hydrologie.....	64
I.7.3 L'agriculture .....	65
I.7.4 Les sources thermales.....	66
II-Règlementation en vigueur du confort thermique.....	66
III- Application : simulation à l'aide de l'ECOTECT .....	68
Conclusion .....	71

### **CHAPITRE N°4 : PROCESSUS DE CONCEPTION**

Introduction .....	72
I-Analyse des exemples .....	
I-1 Exemple 01 : .....	72
I-1-1Présentation du projet :... ..	72
I-1-2 Situation du projet :.....	72
I-1-3Principes de conceptions .....	73

I-1-4 Aspects intérieur .....	74
I-1-5 Aspects extérieurs .....	76
I-1-6 Système constructif.....	76
I-1-7 Programme retenu .....	77
I-2 Exemple 02 : centre multifonctionnel Zorlu Istanbul .....	79
I-2-1 Motivation du choix de l'exemple .....	79
I-2-2 Présentation du projet .....	79
I-2-3 Situation .....	80
I-2-4 Les repères .....	80
I-2-5 Accessibilité .....	80
I-2-6 Composition Extérieur .....	81
I-2-7 La forme et intégration au terrain .....	84
I-2-8 Aspect intérieurs .....	85
I-2-8-1 Les entités .....	85
I-2-8-2 Les plans .....	86
I-2-9 programme retenu.....	86
II-Programme du projet .....	89
III-Analyse de site .....	
III-1Présentation de la WILAYA de Guelma .....	92
III-2 Situation de terrain d'implantation .....	92
III-3Les points de repères .....	93
III-4Accessibilité et circulation.....	93
III-5La topographie .....	94
VI- Schéma de principes .....	94
Conclusion générale.....	100
Bibliographie .....	
Les annexes .....	

## Tableau de figures

Figure 1 :LES ELEMENTS QUI SONT PRIS EN COMPTE DANS LA CONSTITUTION D'UNE PAROI VITREE.....	9
Figure 2: LE VERRE ARME.....	11
Figure 3: LE VERRE TREMPÉ.....	11
Figure 4: le double vitrage.....	12
Figure 5 : LE VERRE FEUILLETE.....	12
Figure 6: LE TRIPLE VITRAGE.....	13
Figure 7: le vitrage chromogène hors tension.....	13
Figure 8: le vitrage chromogène sous tension.....	14
Figure 9: COMPOSANTES DU FACTEUR SOLAIRE.....	14
Figure 10 :schéma zonwering.....	14
Figure 11: protection solaire naturelle.....	15
Figure 12: AUVENT FIXE.....	15
Figure 13: Visualisation des taches solaires sur le sol.....	16
Figure 14: Exemples de brise-soleil fixes.....	16
Figure 15: Brise-soleil orientables (SAB international).....	17
Figure 16 : Store extérieur à lames repliables.....	18
Figure 17 : vitrage extérieur attaché (VEA).....	20
Figure 18: vitrage extérieur parclosé (VEP).....	20
Figure 19: vitrage extérieur collé (VEC).....	20
Figure 20: Les pertes thermiques du corps humain dépendent de 6 paramètres physiques.....	24
Figure 21: La température de confort dépend de la température de l'air et de la température des parois.....	25
Figure 22: les échanges thermiques du corps humain.2005.....	28
Figure 23: Plage de confort pour une activité de bureau.....	29
Figure 24: les plages du confort hygrothermiques.....	30
Figure 25Les défauts d'étanchéité des bâtiments sont des sources de courants d'air inconfortables.....	31
Figure 26: Les facteurs déterminants le confort thermique.....	31
Figure 27: Effet de la ventilation nocturne sur la température d'une maison hyper-isolée en période estivale.....	32
Figure 28: Le métabolisme humain.....	33
Figure 29: L'interaction thermique entre le corps humain et son environnement.....	34
Figure 30: Les principes du confort d'hiver.....	35
figure 31: Immeubles de bureaux à Biskra, en Algérie.....	39
figure 32: carte Algérie.....	39
figure 33: la position de l'immeuble de bureaux dans le Contexte urbain.....	39
figure 34: la température maximale moyenne de Biskra – Algérie.....	40
figure 35: Immeubles de bureaux à Biskra, en Algérie.....	40
figure 36: avec ombrage dynamique.....	41
figure 37 : sans protection solaire.....	41
figure 38: la période de surchauffe avant et après le système dynamique.....	41
figure 39: Comparaison des systèmes cinétiques et étude de cas de référence pour la consommation annuelle d'énergie.....	42
figure 40: Production d'électricité mensuelle pour PV semi-transparent.....	42
figure 41: situation de la ville de Tucson.....	43
figure42:lespaysavecclimatsemi-aridefroidetsemi-aridechauddanslemonde.....	43
figure 43: Situation de l'école d'architecture de l'Arizona.....	44
figure 44: La façade sud de l'école.....	45
figure 45: La façade nord de l'école.....	45
figure 46L'école de l'architecture et de paysage de l'Arizona.....	46
figure 47: Analyse solaire au niveau de la façade sud.....	46
figure 48: L'utilisation de système d'ombrage au façade.....	46
figure 49: Résultats au niveau de la façade sud.....	47
figure 50: Résultats au niveau de la façade nord.....	47
figure51: simulation numérique par Ecotect.....	49
figure 52capture d'écran ECOTECT 2011.....	50
figure 53: capture d'écran ECOTECT 2011.....	50
figure 54: capture de l'interface ECOTECT 2011.....	51
figure 55: capture de l'interface ECOTECT 2011. Les différentes propriétés de chaque zone.....	51



figure 56: capture de l'interface ECOTECT 2011.Choisir les matériaux de construction.....	51
figure 57: capture de l'interface ECOTECT 2011. Etape d'analyse.....	52
figure 58: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville de Tébessa.....	52
figure 59: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville de Tébessa.....	52
figure 60: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville.....	53
figure 61: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix l'unité de dessin.....	53
figure 62: Situation géographique de la ville de Guelma.....	57
figure 63: Interprétation des données météorologiques de Guelma: période 95-2004.....	59
figure 64: Diagramme ombrothermique de Guelma.....	60
figure 65: Les trajectoires solaires du mois de décembre, novembre ou janvier sont très rapprochées.....	61
figure 66: Diagramme frontale de Guelma : latitude 36° 28'.....	62
figure 67: Diagramme polaire de Guelma (présentation de la zone de surchauffe en noir).....	62
figure 68: Calculatrice des températures horaires.....	63
figure 69 : Courbes d'égaux températures (isopleth) par mois et en heure de Guelma.....	64
figure 70: Différents éléments influençant le microclimat de Guelma.....	65
figure 71: Barrage de Bouhamdene.....	66
figure 72: Barrage de Medjaz El Bgar.....	67
figure 73 : Répartition de la superficie agricole/SAT.....	67
figure 74: Périmètre irrigué (Belkhir).....	67
figure 75: Forêt de Beni Salah.....	68
figure 76: Centre des impôts à Guelma dessiné par le logiciel ecotect@.....	69
Figure 77 : Centre des impôts à Guelma après l'analyse thermique.....	70
Figure 78 graphe qui montre la température de l'espace intérieur par rapport à celle de l'extérieur.....	70
Figure 79 : Centre des impôts à Guelma après l'utilisation d'un système d'ombrage.....	71
Figure 80 Centre des impôts à Guelma après l'analyse thermique après l'installation du système d'ombrage.....	71
Figure 81 graphe qui montre la température de l'espace intérieur après l'installation du système d'ombrage.....	72
Figure 82 : :park mall Sétif.....	73
Figure 83 situation du Park Mall Sétif.....	73
FIGURE 84 : PLAN DE MASSE.....	74
Figure 85 : PLAN DU PARKING.....	74
Figure 86 : Coupe longitudinale du Park mall.....	75
Figure 87 Plan de la salle de conférences.....	75
Figure 88 : centre commercial.....	76
Figure 89 : Plans d'étages du commerce.....	76
Figure 90 : Plans des tours de bureaux et d'hôtel.....	76
Figure 91 : circulation.....	77
Figure 92 volume du Park Mall.....	77
Figure 93 façade principale du Park Mall.....	78
Figure 94 système constructif du Park Mall.....	79
Figure 95 : zorlu centre.....	80
Figure 100 : composition volumétrique.....	81
Figure 96 : plan de situation.....	81
Figure 97 : les repères.....	81
Figure 98 : accessibilité.....	82
Figure 99 : plan de masse.....	82
Figure 101 : les espaces verts.....	83

Figure 102 : les toits jardins .....	83
Figure 103 : les zones de plantation et les cours d'eau .....	84
Figure 104 : intégration de projet selon la topographie du terrain.....	85
Figure 105 : les entités de projet.....	86
Figure 106 : plan sous-sol.....	87
Figure 107 : étages de commerce.....	88
Figure 108 : plan du théâtre.....	89
Figure 109 : piazza .....	90
Figure 110 : plans des bureaux.....	90
Figure 111 : Tours des appartements et hôtels.....	90
Figure 112 : plan des appartements.....	91
Figure 113 : situation de la ville de Guelma.....	92
Figure 114 : situation de terrain d'implantation.....	93
Figure 115 : les repères .....	94
Figure 116 : accessibilité et circulation.....	94
Figure 117 : topographie.....	95
Figure 118 : étape 01.....	95
Figure 119 : étape 02 et 03.....	96
Figure 120 : étape 04 et 05.....	96
Figure 121 : l'ajout d'un autre accès secondaire au terrain.....	97
Figure 122 : terrassement du terrain.....	97
Figure 123 : volume du projet.....	97
Figure 124 : structure métallique.....	98
Figure 125 : préfabrication lourde.....	98
Figure 126 : Plantes de sedum.....	99

## Les Tableaux

Tableau 1: les caractéristiques de double vitrage .....	15
Tableau 2: la performance thermique de la paroi au niveau de menuiserie .....	21
Tableau 3: la performance thermique de la paroi au niveau du vitrage .....	22
Tableau 4: Valeurs de référence de température de l'air .....	26
Tableau 5: Réactions observées en fonction de la vitesse résiduelle de l'air .....	32

## **Résumé**

Avec le renforcement des exigences de confort, l'enveloppe assure en fait une autre fonction plus complexe, celle de régulation du climat intérieur.

Un bâtiment conçu en suivant ces principes offrira un confort thermique satisfaisant à l'utilisateur. Et cela sans avoir recours à des équipements ou des technologies énergivores. Construire avec le climat pour un meilleur confort et une moindre consommation énergétique est une priorité absolue. Dans le but de savoir l'impact de la façade vitrée sur le confort thermique, une approche méthodologique et d'analyses climatiques, du cas d'étude : le centre des impôts de Guelma ; Les résultats ont prouvé que les façades vitrées jouent un rôle majeur dans la performance énergétique des bâtiments. Elles transmettent lumière et chaleur tout en participant à l'isolation de l'enveloppe. Ce sont en effet les éléments de l'enveloppe qui sont capables de contribuer à diminuer les consommations de chauffage, refroidissement et d'éclairage grâce à la maîtrise des apports de chaleur et de lumière. Ainsi la Conception avec la paroi vitrée convenable tout en utilisant un élément de protection en été, afin d'éviter un effet défavorisé est une démarche de la haute qualité environnementale.

## **Summary**

With the strengthening of the requirements of comfort, the envelope actually provides another more complex function, that of indoor climate control.

A building designed by following these principles will offer a satisfying thermal comfort to the user. And all this without resorting to equipment or energy-intensive technologies. Build with the climate for a better comfort and lower energy consumption is an absolute priority. For the purpose to know the impact of the glazed walls on the thermal comfort, a methodological approach and climate analysis, of the case study: "the center of taxes" of Guelma; The results showed that the glazed facades will play a major role in the energy performance of buildings. They transmit light and heat while participating in the isolation of the envelope are indeed elements of envelope that are able to contribute to reducing the consumption of heating, cooling and lighting grace to the

mastery of inputs of solar gains and light. Thus the design with the suitable glazed wall while using an element of protection in the summer, in order to avoid a disadvantage effect is a high environmental quality approach.

## ملخص

مع تعزيز متطلبات الراحة، يوفر الغلاف الخارجي للبناء في الواقع وظيفة أخرى أكثر تعقيداً، وهي تنظيم المناخ الداخلي للمكان.

سيوفر المبنى وفقاً لهذه المبادئ راحة حرارية مرضية للمستخدم. وهذا دون اللجوء إلى المعدات أو التقنيات المستهلكة للطاقة. يعتبر البناء وفقاً للمناخ موفراً للراحة أكثر ومستهلك أقل للطاقة الكهربائية. من أجل معرفة تأثير الواجهة الزجاجية على الراحة الحرارية، أجرينا دراسات منهجية وتحليلات مناخية، وكذلك دراسة الحالة: مركز الضرائب في قالمة؛ أظهرت النتائج أن الواجهات الزجاجية تلعب دوراً رئيسياً في فعالية الطاقة في المباني. فهي التي تنقل الضوء والحرارة أثناء مشاركتهم في مغلف العزل الخارجي للبناء هذه هي في الواقع مكونات الغلاف التي تكون قادرة على مساعدة في الحد من استهلاك التدفئة والتبريد والإضاءة مع مدخلات السيطرة الحرارية والضوء. وبالتالي فإن التصميم مع الجدار المزجج المناسب أثناء استخدام عنصر الحماية في الصيف، من أجل تجنب تأثير غير مناسب هو مسلك ذات جودة بيئية عالية.

# **INTRODUCTION GENERALE**

## Introduction thématique

Le verre est le matériau le plus remarquable dans le monde, avec plusieurs avantages qu'ils apportent à un projet, il est utilisé dans la construction de la majorité des maisons, des offices et des équipements publics à l'échelle mondiale, il permet l'accessibilité de lumière naturelle et la capacité de relier l'intérieur avec l'extérieur, ce matériau peut être utilisé pour transformer le bâtiment en une créature naturelle.

Les systèmes de vitrage en particulier ont permis de faire de grands progrès en termes de réalisations. Ce n'est pas seulement esthétiquement que le verre a un rôle prépondérant à jouer - il est également vital pour la performance énergétique d'un bâtiment et le confort des occupants. La technologie du verre a progressé rapidement au cours des dernières années et les architectes peuvent maintenant spécifier une gamme de produits haute performance dans ces systèmes soutenus par des points qui améliorent l'enveloppe du bâtiment, à partir de revêtements des vitrages isolants qui améliorent considérablement l'efficacité énergétique des intercalaires qui offrent une atténuation acoustique, une intégrité structurelle et des propriétés de sécurité améliorées.

Plus les systèmes de vitrage structurel sont avancés, moins le métal est visible dans la conception, ce qui permet de mettre en valeur d'autres éléments architecturaux. Pendant des années, les architectes ont souligné que moins c'est plus. Dans les projets les plus contemporains, cela signifie que les concepteurs peuvent créer des espaces frappants et inondés de lumière avec une esthétique presque extérieure.

Le verre architectural est connu pour ses propriétés esthétiques - sa capacité unique à transmettre, réfracter et réfléchir la lumière. Avec l'émergence de nouvelles technologies de fabrication et de revêtement, le verre commencera à jouer un rôle plus actif dans la régulation de l'environnement à l'intérieur des bâtiments. Des revêtements respectueux de l'environnement permettraient à la transmission du gain de chaleur solaire de changer tout au long de la journée et des saisons, en réponse aux conditions météorologiques. Cela apporterait également des avantages esthétiques, en particulier pour les fenêtres qui ne sont exposées au soleil que pendant une courte période de temps<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Site web : [w&wGlass.LLC](http://w&wGlass.LLC)

## **Question de recherche**

La façade est la source principale d'échange thermique avec l'extérieur ; dans ce cas :

Quel est l'impact de l'emploi à outrance des enveloppes vitrées sur le confort thermique des usagers ?

## **Problématique**

- L'enveloppe d'un bâtiment définit la séparation entre l'intérieur et l'extérieur ; elle exprime l'apparence d'un ouvrage et communique avec son environnement. Ses fonctions résident principalement dans la protection du bâtiment contre le vent, les intempéries et le rayonnement solaire. Avec le renforcement des exigences de confort, l'enveloppe assure en fait une autre fonction plus complexe, celle de régulation du climat intérieur.

-Les nouvelles techniques de façades vitrées (à partir de plus de 30% de la surface de la façade), le désir de transparence, la recherche de façades nues et nettes sans l'encombrement de stores a souvent amené les architectes à créer des problèmes de surchauffe quelquefois insolubles même avec l'adjonction d'une climatisation.<sup>2</sup>

-Donc, comment peut-on utiliser des façades vitrées en assurant le côté esthétique et le confort thermique du bâtiment ? et quels sont les moyens et les techniques adéquates pour cet arrangement !

En Algérie, Nos climats n'offrant pas des conditions climatiques suffisantes pour assurer le confort thermique toute l'année, donc il est nécessaire de corriger les effets du climat, par une consommation énergétique dans nos bâtiments en terme du chauffage ou climatisation, tenant compte les effets néfastes de cette consommation sur

---

<sup>2</sup>Site : [www.unige.ch/cuepe/virtual\\_campus/module\\_building/\\_principes/page\\_04](http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_building/_principes/page_04)

l'environnement : impacts sanitaires des pollutions diffuses, rejet de CO<sup>2</sup>, changement climatique. (Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark et Martin Zeumer 2011)<sup>3</sup>

Le souci d'optimisation des conditions d'éclairage naturel à l'intérieur, manifesté par de grandes surfaces vitrées, a conduit à une détérioration du confort thermique en raison des piètres qualités physiques du vitrage. De plus, des déperditions thermiques par transmission élevées au cours de la période de chauffage et des apports thermiques excessifs en période estivale entraînant une forte consommation d'énergie

Les apports thermiques dus aux façades transparentes constituent dans la plupart des cas la part la plus importante du bilan thermique d'été d'une pièce. La conception des surfaces vitrées doit par conséquent être faite avec beaucoup de précautions, en tenant compte le climat chaud de la ville de Guelma. Le parcours du soleil et l'intensité du rayonnement sont des aspects essentiels pour évaluer qualitativement les apports solaires thermiques. « Elisabeth Gratia, André De Herde 01 janvier 2006 »<sup>4</sup>

Alors Peut-on satisfaire un éclairage naturel et un climat confortable à l'intérieur des équipements sans négliger l'utilisation des façades vitrées ? Et est ce qu'on peut contrôler le poids des gains solaires ?

---

<sup>3</sup>Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark et Martin Zeumer « Construction et énergie - Architecture et développement durable», édition PPUR,2011,page 96 .

<sup>4</sup> Elisabeth Gratia, André De Herde « Thermique des immeubles de bureaux », Édition :1 juin 2006,01janvier 2006, page 289.



## **Hypothèses de recherche**

Si la sélection et l'utilisation actuelle de matériau de façade en verre augmente le risque de surchauffe et d'inconfort, le contrôle par l'utilisation du matériau verre approprié et de système d'ombrage efficace peut augmenter le confort thermique des utilisateurs

La tendance actuelle évolue vers l'utilisation d'équipements de bureautique performants, à la consommation et production de chaleur minimales, et vers l'utilisation de stratégies de refroidissement naturel : il est dès lors important de ne pas négliger le poids des gains solaires durant l'hiver.

La dimension des surfaces vitrées et la protection solaire associée devraient donc être différentes en fonction de l'usage du local, de son orientation, et de l'ombrage de l'environnement, cette contrainte peut apporter une certaine dynamique de conception. Mais si on décide d'adopter la même solution pour toute une façade, ou pour tout un bâtiment, ce doit être en connaissance de cause.

## **Objectifs**

L'objectif générale de cette thèse est premièrement d'étudier l'effet des façades vitrées sur le confort thermique des équipements puis proposer une méthodologie pour la sélection du matériau verre approprié et efficace

## **Structure du mémoire et méthodologie**

Ce mémoire est composé préalablement et après une brève analyse de l'hypothèse de recherche d'une introduction générale dans lequel l'on retrouve tous les tenants et aboutissants du sujet sous forme de réflexion sur le thème dans l'absolu ainsi que tous les éléments fondamentaux de la problématique générale.

Notre plan d'étude se résume en deux parties et chaque partie est subdivisée en deux chapitres.

Dans la première partie c'est la partie théorique et conceptuelle, Le premier chapitre traitera des concepts du confort thermique et le vitrage ainsi que le résultat de l'impact des façades vitrées sur le confort thermique, le second chapitre visera à analyser des modèles nationaux et internationaux afin d'approfondir et d'enrichir notre conscience et avoir une vision plus profonde. La deuxième partie est la partie analytique, dans le premier chapitre Nous présentons les données climatiques de la ville de Guelma, la réglementation thermique en vigueur et le cas d'étude et dans Le second nous Analysons des exemples des centres d'affaires afin de ressortir le programme nécessaire pour la conception du projet. Le mémoire sera terminé par une conclusion générale.

La méthode scientifique utilisée dans ce travail de recherche se repose sous la description et l'analyse, la critique constructive envers notre cas d'étude.

## **Outils de recherche**

**Recherche bibliographique** : notre recherche bibliographique est fondée essentiellement sur la consultation des différents ouvrages, articles, rapports scientifique et mémoires de fin étude de magistère, thèse de doctorat.

**La collecte des données** : actualisées, des informations, des recensements que nous avons récoltés auprès des différents services concernés.

**Les entretiens avec des responsables** : station météorologique de Guelma.

**L'exploitation des photos, schémas, figures, cartes, tableaux, graphes** : consultations des documents graphiques.

**PARTIE 01 : PARTIE THEORIQUE ET  
CONCEPTUELLE**

## **CHAPITRE 01 : POSITIONNEMENT THEORIQUE ET CONCEPTUELLE**

### **Introduction**

Les façades vitrées sont l'élément le plus important et moderne dans la majorité des équipements publics dans notre monde actuel.

Le confort thermique est considéré comme une exigence qui présente un souci majeur du fait de son impact sur la qualité des ambiances intérieures.

L'objectif du présent chapitre est de trouver des solutions pour les façades vitrées et résoudre les problèmes d'inconfort dans les équipements publics à travers la présentation de différentes définitions concernant le vitrage, les types de verre ainsi que le confort thermique et ses facteurs et de son impact sur la qualité des ambiances intérieure

## **I- La paroi vitrée :**

Ensemble menuisé constitué de l'assemblage d'un vitrage, d'un cadre et éventuellement d'une paroi opaque, créant une surface séparative entre un local et le milieu extérieur.

Une paroi vitrée peut être associée ou non à une protection mobile. Les fenêtres, façades rideaux et portes vitrées sont des exemples de parois vitrées

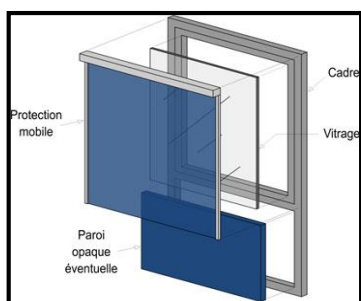
Une paroi vitrée est tout « ensemble menuisé constitué de l'assemblage d'un vitrage, d'un cadre et éventuellement d'une paroi opaque » venant clore une baie.

Une paroi vitrée est une ouverture ménagée dans une paroi extérieure servant à l'éclairage, le passage ou l'aération

Les parois vitrées jouent un rôle majeur dans la performance énergétique des bâtiments. Elles transmettent lumière et chaleur tout en participant à l'isolation de l'enveloppe.

Ce sont en effet les seuls éléments de l'enveloppe capables de contribuer à diminuer les consommations de chauffage, refroidissement et d'éclairage grâce à la maîtrise des apports de chaleur et de lumière.

La paroi vitrée : Ensemble menuisé constitué de l'assemblage d'un vitrage, d'un cadre et éventuellement d'une paroi opaque, créant une surface séparative entre un local et le milieu extérieur. Elle peut être associée ou non à une protection mobile. Les fenêtres, façades rideaux et portes vitrées sont des exemples de parois vitrées.<sup>5</sup>



**FIGURE 1 : LES ÉLÉMENTS QUI SONT PRIS EN COMPTE DANS LA CONSTITUTION D'UNE PAROI VITRÉE. SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT ÉCOLOGIQUE**

<sup>5</sup> LECUYER P. et DESOMBRE F. « Guide de l'habitat écologique », Editions du Fraysse. 2004

## **I-1 Les principaux types de vitrages :**

### **I-1-1 Le simple vitrage (verre recuit) :**

Il est constitué d'un verre clair ou coloré obtenu par coulage sur bain d'étain en fusion. Il est le produit de base pour former les doubles vitrages, les vitrages thermiques, feuilletés, armés, durcis, trempés, etc.

### **I-1-2 Le vitrage réfléchissant (pour le contrôle solaire) :**

Ce type de vitrage est obtenu en déposant par pyrolyse une couche à base de silice sur un verre clair ou sur un verre teinté. La couche qui s'intègre parfaitement au verre lui apporte ses propriétés de contrôle solaire et son aspect très réfléchissant. Pour garantir une meilleure longévité à la façade et bénéficier de toutes les qualités du produit, la face traitée doit être positionnée vers l'intérieur. Les performances thermiques varient selon les différentes teintes.

### **I-1-3 Le verre armé :**

C'est un verre dans lequel on a incorporé, lors de la phase de fabrication, un treillis métallique destiné à maintenir les morceaux de verre en place en cas de bris mais ne participant pas à la résistance mécanique ou thermique. Les performances de ce type de vitrage sont les mêmes que celles d'un simple vitrage.

### **I-1-4 Le verre trempé :**

Il s'agit d'un verre ayant subi un traitement thermique de renforcement augmentant considérablement sa résistance aux contraintes mécaniques et d'origine thermique (différence de températures pouvant aller jusqu'à 200 °C). En cas de bris, le verre se fragmente en petits morceaux non coupants minimisant ainsi les risques de blessures profondes. Les propriétés de contrôle solaire restent les mêmes que ceux du produit de base<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Roulet C.- A., Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2004



FIGURE 2: LE VERRE ARME,  
SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT  
ECOLOGIQUE.



FIGURE 3: LE VERRE TREMPE, SOURCE :  
GUIDE DE L'HABITAT ECOLOGIQUE.

### **I-1-5 Le verre durci :**

C'est un verre ayant subi un traitement thermique particulier augmentant sensiblement sa résistance aux contraintes d'origine mécanique ou thermique. Ce verre est appelé durci ou parfois semi-trempe. Ce traitement ne peut être réalisé que sur des verres d'épaisseur inférieure ou égale à 10 mm. En cas de bris, ces vitrages se fragmentent en morceaux de grandes dimensions. Ce type de vitrage présente des caractéristiques de résistance supérieures à celles d'un vitrage recuit mais inférieures à celle des vitrages trempés.

### **I-1-6 Le verre feuilleté :**

Il est composé de deux ou plusieurs feuilles de verre assemblées à l'aide d'un ou plusieurs films plastiques (en général du butyral de polyvinyle : PVB) ou de résines. Après la mise en place des composants, l'adhérence parfaite est obtenue par traitement thermique sous pression. Après la trempe, le verre feuilleté ne peut plus être coupé, scié, percé ou façonné. En cas de bris du vitrage, le ou les films PVB retiennent les fragments de verre en place. En faisant varier le nombre ou l'épaisseur de chacun des constituants, on obtient des vitrages feuilletés de caractéristiques différentes pour répondre à tous les types de sollicitations. Les films PVB peuvent être clairs, opalins ou, pour certaines applications, colorés.

### **I-1-7 Le double vitrage :**

Le double vitrage consiste à enfermer entre deux verres une lame d'air déshydraté ou un gaz améliorant l'isolation thermique (souvent de l'argon). Les deux verres sont séparés

par un intercalaire en aluminium ou en acier l'étanchéité Périphérique est assurée par des joints organiques. Des agents déshydratants sont contenus dans l'intercalaire<sup>7</sup>.



FIGURE 4: LE DOUBLE VITRAGE  
SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT  
ÉCOLOGIQUE.

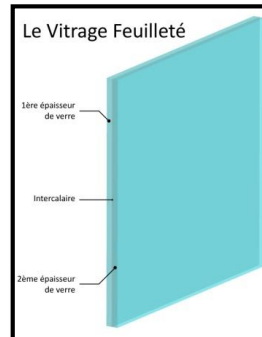


FIGURE 5 : LE VERRE FEUILLETÉ  
SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT  
ÉCOLOGIQUE.

### **I-1-8 Le triple vitrage :**

Il est possible d'améliorer la valeur U du vitrage en ajoutant une troisième, voire une quatrième plaque de verre. On obtient alors un meilleur pouvoir isolant, mais également une augmentation de l'épaisseur totale et du poids du vitrage. En outre les transmissions solaire et lumineuse diminuent. Lorsque la pulvérisation d'une couche d'oxydes métalliques, le remplissage de gaz et la composition totale du vitrage conduisent à une valeur U inférieure à 2 W/m<sup>2</sup>K, on parle de vitrage à haut rendement, ou vitrage HR.

Les gains solaires à travers un vitrage HR sont inférieurs de quelques pour-cent à ceux d'un double vitrage ordinaire. Les vitrages HR laissent un peu moins pénétrer la lumière du jour que les doubles vitrages ordinaires. Les performances acoustiques du vitrage HR sont parfaitement identiques à celles du double vitrage ordinaire en cas d'utilisation d'air sec dans l'espace. Par contre, le remplissage au moyen de certains gaz permet d'atteindre une meilleure isolation acoustique.

### **I-1-9 Le vitrage chromogène :**

Le double vitrage chromogène offre la propriété d'être tantôt translucide, tantôt opalin, au choix, permettant ainsi une intimité variable. Ce type de vitrage est composé de deux verres entre lesquels est placé un film dont les deux faces sont recouvertes d'une couche

---

<sup>7</sup> Op cité



métallique parfaitement transparente conductrice d'électricité. Des cristaux liquides sont emprisonnés dans ce film et les deux couches sont reliées à un conducteur électrique<sup>8</sup>.

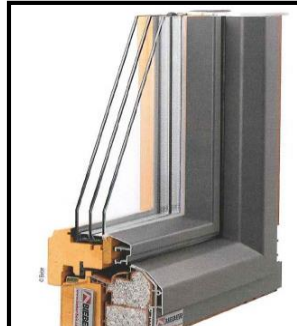


FIGURE 6: LE TRIPLE VITRAGE  
SOURCE : GUIDE DE  
L'HABITAT ECOLOGIQUE.

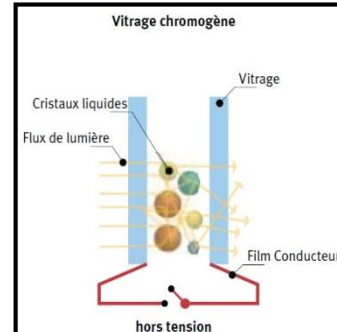


FIGURE 7: LE VITRAGE CHROMOGENE  
HORS TENSION SOURCE : GUIDE DE  
L'HABITAT ÉCOLOGIQUE

- Lorsque aucune tension électrique n'est imposée au système, les cristaux liquides ne sont pas alignés et leur position désordonnée entraîne une diffusion de la lumière dans toutes les directions : le vitrage apparaît alors d'un blanc laiteux, opaque à la vision.
- Par contre, dès qu'un champ électrique est établi entre les deux couches métalliques, les cristaux liquides s'alignent et le verre devient transparent<sup>9</sup>.

### **I-2 La protection solaire de la paroi vitrée :**

Une bonne protection solaire doit intercepter le rayonnement incident et ne pas trop l'absorber afin d'éviter tout échauffement de la protection elle-même. Le rayonnement absorbé doit donc être majoritairement réfléchi. Les exigences thermiques d'une baie équipée de sa protection se mesure en fonction de son facteur solaire.

Le facteur solaire d'un vitrage, équipé ou non d'une protection, est défini comme étant la proportion du flux énergétique que le vitrage et sa protection laisse passer par rapport au flux énergétique incident. Le facteur solaire est la somme de la partie transmise du flux énergétique et de la partie absorbée réémise vers l'intérieur du local.

<sup>8</sup> « ademe protection solaire » édition 2010

<sup>9</sup> Données documentées de Bruxelles-environnement : [bruxellesenvironnement.be](http://bruxellesenvironnement.be), consulté le : 02/05/2015

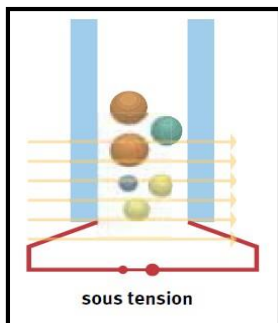


FIGURE 9: LE VITRAGE CHROMOGÈNE SOUS TENSION, SOURCE : GUIDE DE L'HABITAT ÉCOLOGIQUE.

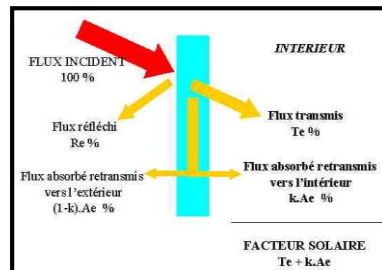


FIGURE 8: COMPOSANTES DU FACTEUR SOLAIRE, SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE.

### I-2-1 Protection solaire extérieure fixe :

Exemples : porte-à-faux, terrasse, auvent, lamelles fixes Application : uniquement utile sur la façade sud Règle pratique : profondeur horizontale porte-à-faux =  $0,7 * \text{hauteur de fenêtre}$ <sup>10</sup>.

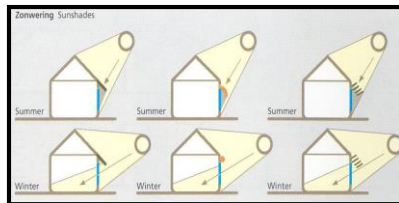


FIGURE 10 :SCHÉMA ZONWERING, SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE

#### Les avantages :

« Bonnes propriétés en termes de protection solaire » Permettent les apports solaires gratuits en hiver › Peu ou pas d'entretien, durée de vie importante › Frais d'investissement relativement réduits si intégrées à l'architecture

#### Les inconvénients :

Uniquement possible sur la façade sud › Peu ou pas flexible / réglable › N'offre aucune protection contre le rayonnement diffus.

### I-2-2 Protection solaire naturelle :

-Utiliser les propriétés de protection solaire des arbres, des haies, etc.

<sup>10</sup>Isabelle BRUYERE, Les différents aspects du confort et le confort thermique, Formation Bâtiment Durable ,2014

- Contrôle impossible
- Aucune protection solaire à l'entre-saison
- Apports solaires gratuits en hiver
- Non recommandée pour les applications tertiaires.

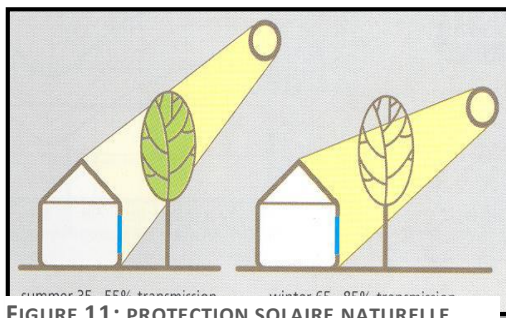


FIGURE 11: PROTECTION SOLAIRE NATURELLE, ADEME PROTECTION SOLAIRE.

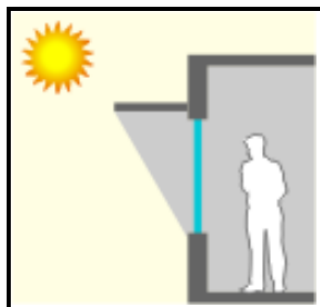


FIGURE 12: AUVENT FIXE SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE.

### I-2-3-protection solaire par le vitrage :

Avant de s'intéresser aux protections solaires, il est nécessaire de présenter les caractéristiques thermiques des vitrages qui peuvent être très différentes.

A l'origine le verre est un élément transparent qui laisse passer le rayonnement solaire (lumière et chaleur). La proportion de rayonnement réfléchi, absorbé ou transmis, dépend : de la couleur du vitrage, de son épaisseur et de la nature de la couche dans le cas d'un verre à couche. En choisissant les caractéristiques du vitrage, il est possible de moduler, à la fois :

- les entrées de lumière, les apports de chaleur solaire.

TABLEAU 1: LES CARACTÉRISTIQUES DE DOUBLE VITRAGE, SOURCE :ADEME PROTECTION SOLAIRE

	Transmission lumineuse TL (%)	Facteur solaire FS (%)	Exemple
Double vitrage clair	70	75	Planilux (Saint Gobain)
Double vitrage à contrôle solaire	66	34	IPASOL natura (Interpane)
Double vitrage réfléchissant	18	22	Cool-lite ArgentSS120 (Saint-Gobain)

Comme le montre le tableau ci-dessus, il existe des vitrages à contrôle solaire qui permettent de réduire de plus de 50 % le facteur solaire, tout en conservant un taux de transmission lumineuse similaire.

Il existe également d'autres matériaux qui présentent des caractéristiques thermo-optiques intéressantes. C'est le cas par exemple de certains polycarbonates avec une transmission lumineuse de 56 % et un facteur solaire de 27%, mais ils sont translucides et ne permettent pas de préserver la transparence sur l'extérieur.

#### **I-2-4-Les brise-soleil :**

Les protections "architecturales" peuvent être de plusieurs types : "casquettes", débords de couverture, décrochements de façade... Les brise-soleil peuvent être ajoutés sur une façade existante. Leur principal avantage est d'ordre esthétique puisqu'ils peuvent être l'opportunité d'une valorisation architecturale du bâtiment.

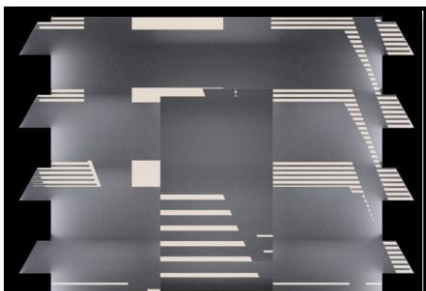


FIGURE 13: VISUALISATION DES TACHES SOLAIRES SUR LE SOL, SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE.



FIGURE 14: EXEMPLES DE BRISE-SOLEIL FIXES, SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE.

En

revanche, leur dimensionnement est délicat :

- ils atténuent la transmission lumineuse globale (mais ils peuvent contribuer à homogénéiser les niveaux d'éclairément à l'intérieur des locaux),
  - ils risquent d'empêcher la pénétration du rayonnement direct à des périodes où elle serait souhaitée, ou au contraire de laisser pénétrer le soleil quand on ne le souhaite pas, occasionnant des taches solaires, et générant des problèmes d'éblouissement, voire d'inconfort thermique
- Selon l'orientation des façades, la solution technique et le dimensionnement seront différents. L'installation de brise-soleil est une solution intéressante plus particulièrement pour les façades d'orientation sud : la hauteur du soleil sur cet azimut permet une bonne adaptation des protections fixes.

Pour pallier aux inconvénients des brise-soleil, une solution consiste à prévoir des protections mobiles, manuelles ou motorisées. Ceci permet d'adapter les protections aux conditions extérieures (ensoleillement, hauteur du soleil).

### **I-2-5 Films de protections solaires :**

La pose de films spécifiques sur un vitrage existant, généralement sur sa face interne, permet d'augmenter les performances du vitrage seul. Ils ont pour effet d'augmenter la réflexion globale du vitrage et par conséquent, ils limitent les apports énergétiques au sein des locaux. L'avantage de ce procédé est l'extrême facilité d'application puisqu'il suffit d'appliquer ces films directement sur le vitrage. Le gain observé sur le facteur solaire est intéressant. La pose d'un film solaire permet de réduire de plus de 50 % le facteur solaire du vitrage nu.



FIGURE 15: BRISE-SOLEIL ORIENTABLES (SAB INTERNATIONAL), SOURCE : ADEME PROTECTION SOLAIRE

Par contre, ils ont plusieurs inconvénients :

- Réduire considérablement la transmission lumineuse des baies vitrées, et par conséquent engendrer une surconsommation d'éclairage artificiel.
- Ne pas permettre une modulation du contrôle solaire selon les besoins hiver / été différents,
- Ne pas résoudre entièrement le contrôle de l'éblouissement, ce qui peut obliger des protections complémentaires de type stores intérieurs.

Ils sont donc à recommander plutôt dans des locaux climatisés, pour réduire les consommations de froid, et plutôt lorsque les besoins d'éclairage naturel sont limités, cas des locaux informatiques par exemple<sup>11</sup>.

#### **I-2-6 Stores intérieurs et extérieurs :**

Les stores sont généralement constitués de toiles dont le tissage est ajouré, on les appelle "Screen". Ils ont pour avantage de tamiser les rayons solaires tout en maintenant une vue sur l'extérieur grâce aux perforations. Dans les deux cas, les stores présentent l'intérêt d'une grande modularité. Ils peuvent être manœuvrés directement par l'utilisateur. A noter que le contrôle automatique est aussi possible, il permet de gérer leur fonctionnement en fonction de l'ensoleillement, de l'occupation effective des locaux, ou encore du vent extérieur. De cette façon, on peut bénéficier d'apports solaires gratuits en saison de chauffage, et contrôler le niveau d'éclairage naturel, ce qui entraîne dans les deux cas des diminutions de charges.

Enfin, les stores contribuent au confort visuel des occupants, ils permettent de résoudre efficacement. Les éventuels problèmes d'éblouissement<sup>12</sup>.



FIGURE 16 : STORE EXTÉRIEUR À LAMES  
REPLIABLES SOURCE : ADEME PROTECTION  
SOLAIRE

#### **I-2-7 Stores intégrés au vitrage :**

Pour ces procédés, le double vitrage simple ou à isolation renforcée intègre un store mobile. Le store est donc totalement intégré dans le battant de la fenêtre, il a pour effet

---

<sup>11</sup> La maison écologique, bimestriel consacré aux techniques et à l'actualité de l'éco construction, 1996

<sup>12</sup> Déoux S. et P., L'écologie c'est la santé, Editions Frison-Roche, Paris, 1993

de diminuer le facteur solaire et d'augmenter l'isolation thermique globale de la baie. Le store peut être constitué soit de lamelles orientables, soit d'un film métallique micro perforé. Les performances obtenues, qui dépendent de la nature du store, peuvent atteindre des niveaux comparables à celles d'un store extérieur (FS proche de 0,10), sans les contraintes liées l'exposition du store aux contraintes climatiques.

Ces stores peuvent être manœuvrés manuellement, ou bien être motorisés et pilotés par l'utilisateur. À noter qu'il existe, un système avec cellules photovoltaïques incorporées qui assurent l'autonomie en énergie du store intégré au double vitrage.

### **I-3 Types des façades vitrées :**

Une façade vitrée est un assemblage de plusieurs vitres maintenues entre elles, afin de créer une paroi, pour un immeuble par exemple. Les immeubles disposant de façades vitrées sont le plus souvent utilisés pour des bureaux, puisqu'ils permettent de bénéficier d'un maximum de lumière naturelle mais l'intérieur peut être visible de l'extérieur, ce qui pourrait poser des problèmes pour un domicile au niveau de la vie privée.

Les vitres des façades d'immeuble peuvent être assemblées entre elles de différentes manières :

Vitrage extérieur parclosé (VEP)

Vitrage extérieur collé (VEC)

Vitrage extérieur attaché (VEA)

#### **I-3-1 Façade par vitrage extérieur parclose (VEP) :**

Les vitrages extérieurs parclose sont des assemblages de verre qui sont fixés depuis l'extérieur sur des profilés en aluminium, à l'aide de parclose. Les profilés sont indépendants et entourent les carreaux de verre, créant ainsi un aspect visuel ressemblant à un damier. L'avantage du vitrage extérieur parclosé, c'est que chaque panneau de verre est indépendant. Il est donc possible d'avoir à la fois des ouvertures à la française, à l'anglaise, à l'italienne ou des ouvertures oscillo-battantes, tout en conservant une apparence globale homogène.

#### **I-3-2 Façade par vitrage extérieur collé (VEC) :**

Le vitrage extérieur collé est une autre technique qui permet de coller directement le verre sur un assemblage métallique (souvent en alu). Le procédé est similaire au vitrage extérieur parclosé, sauf que les fixations des carreaux de verre sont invisibles et la surface est complètement lisse et vitrée.

### **I-3-3 Façade par vitrage extérieur attaché (VEA) :**

Le vitrage extérieur attaché est un assemblage de panneaux vitrés qui sont tenus les uns aux autres par des fixations ponctuelles. Chacune des articulations est réglable afin de modifier la courbe de la surface vitrée en fonction des besoins, des conditions météorologiques, etc...<sup>13</sup>



FIGURE 17 : VITRAGE EXTÉRIEUR ATTACHÉ (VEA) SOURCE ([HTTP://FECAMP-SERVICES.COM/BLOG/FACADES-VITREES](http://fecamp-services.com/blog/facades-vitrees))



FIGURE 18: VITRAGE EXTÉRIEUR PARCLOSÉ (VEP)



FIGURE 19: VITRAGE EXTÉRIEUR COLLÉ (VEC)

### **I-4 Emplacement de la paroi vitrée dans les façades :**

La paroi vitrée constitue la solution la plus simple et la mieux connue. Lorsque l'énergie lumineuse arrive sur un vitrage, une part est réfléchiée, une part absorbée et une part est transmise à travers celui-ci. La part réfléchiée dépend de l'angle d'incidence de la vitre. Au-delà d'une inclinaison de 50°, cette part augmente jusqu'à ce que la lumière soit totalement réfléchiée pour une inclinaison de 90°. Cette propriété est intéressante, car comme l'angle d'incidence du soleil est plus grand en été, sa position étant plus haute

<sup>13</sup>[HTTP://FECAMP-SERVICES.COM/BLOG/FACADES-VITREES](http://fecamp-services.com/blog/facades-vitrees)



dans le ciel, un rayon solaire à midi sur une façade sud ne pénètre que très peu dans la maison. La part qui est absorbée dépend du type de verre (double vitrage ou non)<sup>14</sup>.

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

#### **I-4 L'isolation des parois vitrées**

Elle est augmentée grâce à la présence de fermetures (volets ou autres), qui réduisent les déperditions thermiques la nuit, et protègent des rayons du soleil en évitant les surchauffes le jour. Les fenêtres sont une source importante de déperditions thermiques. La performance thermique des parois vitrées dépend :

- de la nature du bâti,- des performances du vitrage,- de la menuiserie<sup>15</sup>.

TABLEAU 2: LA PERFORMANCE THERMIQUE DE LA PAROI AU NIVEAU DE MENUISERIE, SOURCE : ISOLATION DES PAROIS VITRÉES ET OUVERTURES.

	Avantages	Inconvénients
Bois	Naturel, recyclable, fabrication peu gourmande en énergie. Très bonnes performances en terme d'isolation thermique. Faible cout	Entretien régulier et nécessaire.

<sup>14</sup> L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

<sup>15</sup> « Habitat écologique : quels matériaux choisir », Ed. Terre vivante. 1998

PVC	Très bonnes performances thermiques.	Peu écologique. Additifs toxiques pour certains. Émanation d'acide chlorhydrique et de dioxines en cas d'incendie.
Aluminium	Durable et esthétique. Adaptés à de grands vitrages et aux menuiseries coulissantes.	engendre de fortes déperditions de chaleur en raison de la forte conductivité thermique du matériau

**TABEAU 3: LA PERFORMANCE THERMIQUE DE LA PAROI AU NIVEAU DU VITRAGE, SOURCE : ISOLATION DES PAROIS VITRÉES ET OUVERTURES.**

Type de vitrage	Caractéristiques	K (W/m <sup>2</sup> .°C)
Simple vitrage	Pertes de chaleur très importantes	5,7
Double vitrage standard 4/12/4	Les pertes de chaleur sont réduites de 40 % par rapport au simple vitrage.	2,8
Double vitrage peu émissif	Il piège les infra rouges à l'intérieur de la pièce ce qui réduit les pertes de chaleur de 30 % par rapport au double vitrage standard.	1,8
Double vitrage peu émissif à lame argon	L'argon est un gaz inerte qui améliore encore les performances thermiques.	1,2

Triple vitrage a gaz (argon...)	Il comporte trois panneaux de verre entre lesquels sont intercalées des lames de gaz. Il a une valeur isolante et insonorisant plus élevée que le double vitrage.	0,5
------------------------------------	---	-----

## II- Le confort thermique :

**II-1 La notion de confort :** Selon Victor CANDAS<sup>16</sup> « Le confort dépend de l'ensemble des commodités procurant de l'agrément, générant une impression plaisante ressentie par les sens et l'esprit, voire même un certain plaisir... tout ce qui fait défaut, qui est difficile à utiliser, qui ne correspond pas aux attentes, qui gêne ou qui est désagréable est contraire à la notion de confort »<sup>17</sup>

### II-1-2 Les types de confort :

Le confort est une notion subjective qui résume tout un ensemble de sensations. Ses composantes sont le confort thermique, visuel, olfactif et enfin acoustique.

### I-1-3 Définition de confort thermique :

**« S'agit-il de construire une ville ? La première chose à faire est de choisir un endroit sain. Il doit être élevé, à l'abri des brouillards et du givre, situé sous la douce température d'un ciel pur, sans avoir à souffrir ni d'une trop grande chaleur ni d'un trop grand froid »** Vitruve (traité de architectura)<sup>18</sup>

Nous remarquons à travers la définition de Vitruve que, la notions de confort thermique a été toujours parmi les principales exigences et préoccupations de l'architecture, et il

<sup>16</sup> Victor Candas directeur de recherche au centre d'étude de physiologie appliquée (cepa) centre national de la recherche scientifique (ups 858) -Strasbourg

<sup>17</sup> Victor Candas « confort thermique », Strasbourg, 14-09-2008

<sup>18</sup> M. ben houhou med naim, « l'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides cas d'étude : la ville de djelfa », mémoire de magister, l'epau, 17/06/2012

définit le confort par l'absence d'inconfort ; c'est-à-dire que si l'utilisateur ne souffre ni d'une trop grande chaleur ni d'un trop grand froid, il est dans une ambiance confortable.

**« Il peut être défini dans un sens négatif, comme l'absence de gêne ou d'inconfort dû à la chaleur ou au froid, ou dans un sens positif comme un état engendrant le bien-être »** (Givoni, 1978)<sup>19</sup>

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.<sup>20</sup>

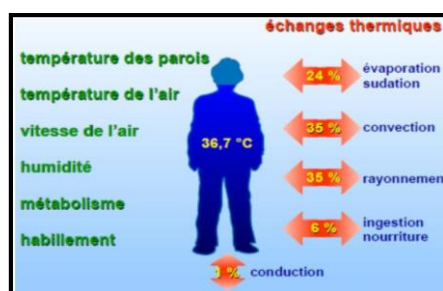


FIGURE 20: LES PERTES THERMIQUES DU CORPS HUMAIN DÉPENDENT DE 6 PARAMÈTRES PHYSIQUES.

La notion de confort thermique, désigne l'ensemble des multiples interactions entre l'occupant et son environnement ou l'individu est considéré comme un élément de système thermique. Pour le définir on lui associe plusieurs paramètres, notamment :

Le paramètre physique : l'homme est représenté comme une machine thermique et ont considéré ses interactions avec l'environnement en termes d'échanges de chaleur.

Le paramètre psychologique : il concerne les sensations de confort éprouvées par l'homme et la qualification des ambiances intérieures.<sup>21</sup>

## II-2 Les paramètres influant sur le confort thermique :

Le confort thermique dépend de plusieurs paramètres, il y a des paramètres sont liés à son environnement (La température ambiante de l'air  $T_a$ , la température moyenne des parois

<sup>19</sup> Givoni b. « l'homme, l'architecture et le climat » éditions du moniteur, France, 1978

<sup>20</sup> Liebard, et a. de Herde, « traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », édition le moniteur, paris 2005.

<sup>21</sup> Mazari Mohammed « étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) ». Mémoire de magister, septembre 2012.

TP, l'humidité, la vitesse de l'air, et le rayonnement solaire.) et les autres sont liés directement à l'homme (métabolisme et l'habillement).

## II-2-1 Facteurs liés à l'environnement :

### II-2-1-1 La température :

Dans une situation donnée, la température peut varier autour de la température de confort  $T_{rs}$  sans que le niveau de confort thermique de l'individu ne soit modifié.

$$T_{rs} = (T_a + T_p) / 2 \quad T_{rs} : \text{la température résultante sèche}$$

$T_a$  : La température ambiante

$T_p$  : La température des parois

La figure ci-dessous illustre la notion de température résultante sèche (température de confort).

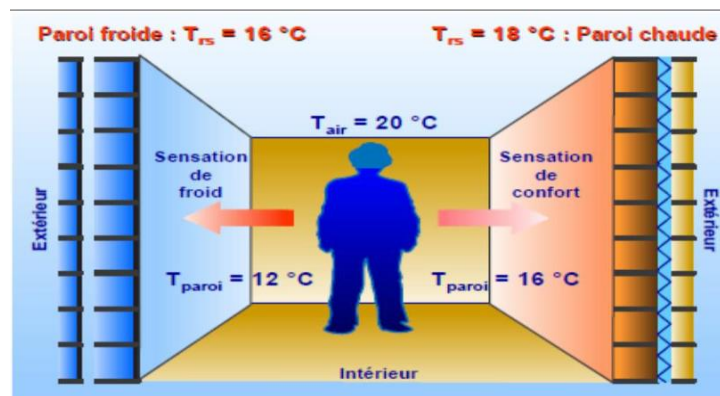


FIGURE 21: LA TEMPÉRATURE DE CONFORT DÉPEND DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR ET DE LA TEMPÉRATURE DES PAROIS. (SOURCE : TRAITÉ D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BIOCLIMATIQUE. PARIS 2005)

La température de l'air, ou température ambiante ( $T_a$ ), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conduisis être aspiratoires. Dans un local, la température

de l'air n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe. Ainsi par exemple la réglementation générale française pour la protection du travail (RGPT)<sup>22</sup>, impose des valeurs de référence pour les températures de l'air, données par le tableau ci-dessous.<sup>23</sup>

Type de local	Température de l'air
Locaux où des gens habillés normalement sous nature posent ou exercent une activité physique très légère. Par exemple : bureaux, salles de cours, salles d'attente, salles de réunion ou de conférence.	21°C
Locaux où des gens peu ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple salles d'examen ou soins médicaux, vestiaires.	23 à 25°C
Locaux où des gens habillés normalement exercent une activité physique très légère. Par exemple ateliers, laboratoires, cuisines.	17°C

<sup>22</sup> RGPT. (La réglementation générale française pour la protection du travail)

<sup>23</sup> Mazari Mohammed « étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) ». Mémoire de magister, septembre 2012.



Locaux ou des gens peu habillés exercent une grande activité physique Par exemple salles de gymnastique, salle de sport.	17°C
Locaux qui ne servent que de passage pour les gens habillés normalement. Par exemple corridors, cages d'escalier, vestiaires, sanitaire.	17°C
Locaux uniquement gardés à l'abri du gel. Par exemple garages, Archives.	5°C

TABLEAU 4: VALEURS DÉRÉFÉRENCE DE TEMPÉRATURE DE L' AIR, SOURCE : M. MAZARI MOHAMMED. SEPTEMBRE 2011

Pour une paroi non isolée (paroi gauche), la température de surface est basse (12 °C). Pour une température de l'air ambiant de 20 °C, la température résultante sera donc de 16 °C, soit une température inconfortable : c'est l'effet dit «de paroi froide ». Le corps perd de la chaleur en direction des sources froides.

Pour une paroi isolée (paroi droite), la température de la surface est égale 16 °C et la température résultante augmente jusqu'à 18 °C. la température des parois étant toujours inférieure à celle du corps, ce dernier continue à perdre de la chaleur mais en moindre quantité, lui permettant d'atteindre un état de confort.<sup>24</sup>

**Confort = équilibre entre l'homme et l'ambiance.**

Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu.

La diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance

S'effectue selon divers mécanismes :

-Plus de 50 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (Convection et évaporation par la respiration ou à la surface de la peau).

-Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 5 % du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1 %).

<sup>24</sup>Liebard, et A. De Herde, « Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », édition le moniteur, Paris 2005.



-Le corps perd également 6 % de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée



FIGURE 22: LES ÉCHANGES THERMIQUES DU CORPS HUMAIN.2005

Cette importance de nos échanges par rayonnement explique que nous sommes très sensibles à la température des parois qui nous environnent, ... et explique l'inconfort dans les anciennes églises, malgré l'allumage de l'aérotherme deux heures avant l'entrée des fidèles.<sup>25</sup>

<sup>25</sup><http://www.energieplus.com>

### II-2-1-2 L'humidité :

Entre 30 % et 70 %, l'humidité relative pèse peu sur la sensation de confort thermique. Un adulte exerçant une activité légère rejette sous forme de vapeur environ 50 g d'eau par heure.<sup>26</sup>

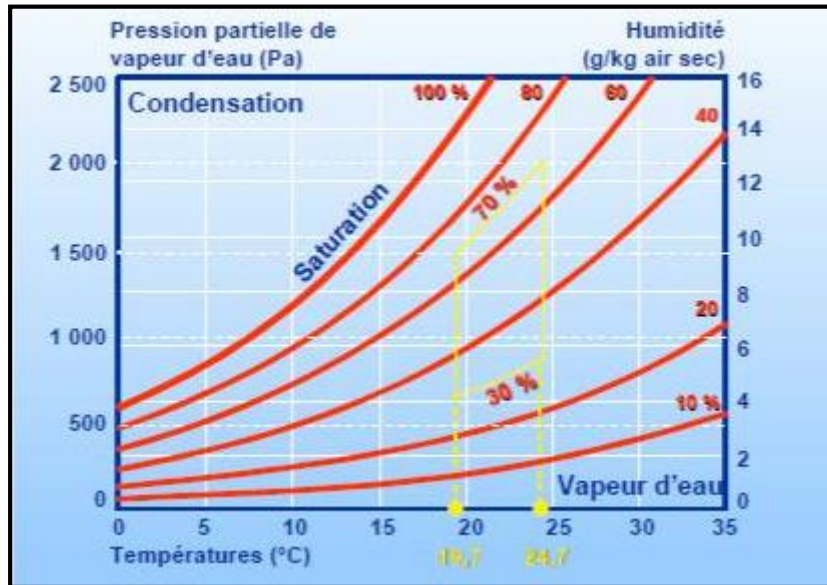


FIGURE 23: PLAGES DE CONFORT POUR UNE ACTIVITÉ DE BUREAU.

(Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris 2005)

### 2-1-2-1 L'impact de l'humidité relative dans un bâtiment :

L'humidité a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau

L'inconfort n'apparaît que lorsque :

L'humidité relative est inférieure à 30 % : donnent lieu à certains problèmes : augmentation de l'électricité statique, gêne et irritation accrue à la fumée de tabac, Augmentation de la concentration en poussières dans l'air, etc.

<sup>26</sup> Liebard, et A. De Herde, « Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », édition le moniteur, Paris 2005

-Augmentation de la concentration en poussières dans l'air, etc.

-L'humidité relative est supérieure à 70 % : donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides.<sup>23</sup>

### 2-1-2-2 La plage de confort température-humidité :

Pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22°C, on peut dès lors recommander que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.

Plus précisément, on peut définir une plage de confort hygrothermique dans le diagramme suivant (extrait de l'article de R. Fauconnier L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires paru dans le numéro 10/1992 de la revue Chauffage Ventilation Conditionnement).<sup>24</sup>

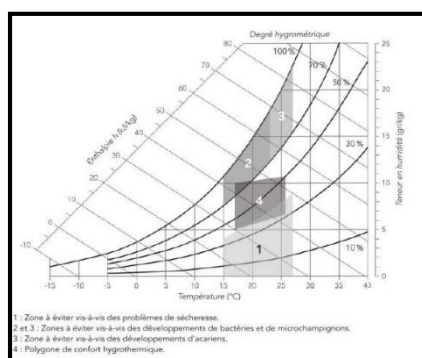


FIGURE 24: LES PLAGES DU CONFORT HYGROTHERMIQUES

Source : Malek Jedid et Omarane Benjeddou, 2016, page 17

La figure 05 illustre Le diagramme des plages du confort hygrothermique. Dont L'échelle verticale présente le teneur de l'humidité (g/kg) face à l'échelle horizontale qui présente la température (°C). (Extrait de l'article de R. Fauconnier « L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires », paru dans le numéro 10/1992 de la revue Chauffage Ventilation Conditionnement).

-Pour un confort optimal dit hygrothermique, on a une température de l'air aux environs de 18 à 26°C, vis-à-vis que l'humidité relative soit gardée entre 30 à 70 %.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> <http://www.energieplus.com>

<sup>24</sup> Idem

<sup>25</sup> Malek Jedid et Omarane Benjeddou, « La thermique du bâtiment : du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation », Editeur De Savoirs, Paris 2016, page56.

### II-2-1-3 La vitesse ou le mouvement de l'air :

La vitesse de l'air détermine les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau. Elle influence le confort dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s.<sup>26</sup>

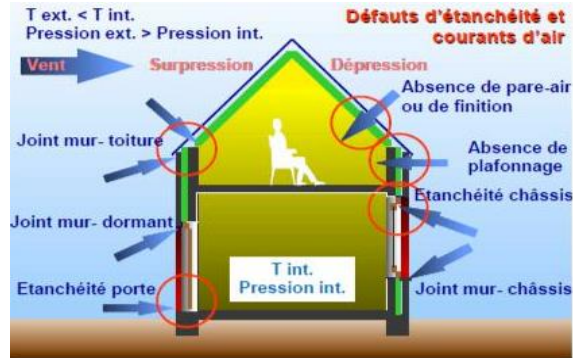


FIGURE 25 LES DÉFAUTS D'ÉTANCHÉITÉ DES BÂTIMENTS SONT DES SOURCES DE COURANTS D'AIR INCONFORTABLES.

(Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris 2005)

La figure 6 montre les facteurs définissant les interactions entre l'homme et son environnement : d'une part les facteurs extérieurs à l'homme et d'autre part les facteurs liés à l'individu. Pour définir le niveau de confort, nous devons déterminer tous les paramètres qui affectent l'ambiance thermique intérieure.

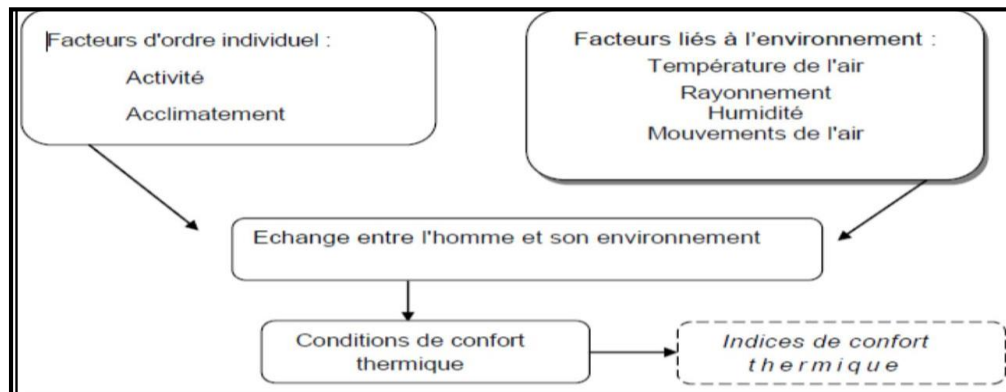


FIGURE 26: LES FACTEURS DÉTERMINANTS LE CONFORT THERMIQUE

(Source : Y. Mansouri, 2003)

<sup>26</sup> Liebard, et A. De Herde, « Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », édition le moniteur, Paris 2005

Le tableau suivant illustre les réactions observées en fonction de la vitesse résiduelle de l'air pour plusieurs situations possibles.<sup>27</sup>

Vitesse résiduelle	Réaction	Situation
0 à 0,08 m/s	Plaintes quant à la stagnation de l'air	Aucune
0,13 m/s	Situation idéale	Installation de grand confort
0,13 à 0,25 m/s	Situation agréable, mais à la limite du confort pour les personnes assises en permanence	Installation de confort
0,33 m/s	Inconfortable, les papiers légers Bougent sur les bureaux.	Grandes surfaces et magasins
0,38 à 0,5 m/s	Sensation de déplacement d'air important	Installations industrielles et usines où l'ouvrier est en mouvement

TABEAU 5: RÉACTIONS OBSERVÉES EN FONCTION DE LA VITESSE RÉSIDUELLE DE L'AIR

Source : Malek Jedid et Omarane Benjeddou, 2016, page 18

#### II-2-1-4 La ventilation :

La ventilation contribue à la qualité de l'air (par évacuation des polluants et de la vapeur d'eau), et au rafraîchissement des édifices en été (déstockage de la chaleur).<sup>28</sup>

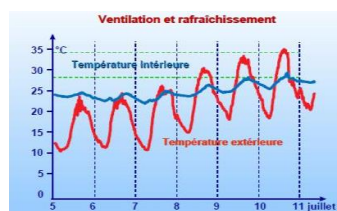


FIGURE 27: EFFET DE LA VENTILATION NOCTURNE SUR LA TEMPÉRATURE D'UNE MAISON HYPER-ISOLÉE EN PÉRIODE ESTIVALE

(Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris 2005)

<sup>27</sup> Malek Jedid et Omarane Benjeddou, « La thermique du bâtiment : du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation », éditeur de savoirs, Paris 2016, page

<sup>28</sup> Liebard, et A. De Herde, « Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », édition le moniteur, Paris 2005

## II-2-2 Les facteurs liés à l'individu :

### II-2-2-1 Le métabolisme :

Le métabolisme (noté M) qui s'exprime en Met<sup>29</sup>, représente la quantité de chaleur, produite par le corps humain, par heure et paramètre carré de la surface du corps au repos ainsi que la chaleur produite par l'activité humaine. C'est une grandeur toujours positive non nulle, l'activité métabolique minimale vitale est évaluée à 0,7 Met, Mais cette valeur est en fonction des paramètres physiologiques, notamment le poids, la taille, et Selon Pierre Fernandez, on peut distinguer trois niveaux de métabolisme.<sup>30</sup>

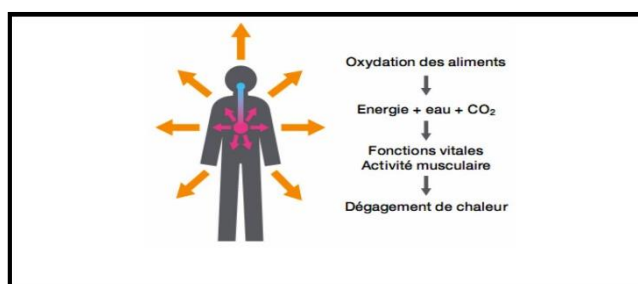


FIGURE 28: LE MÉTABOLISME HUMAIN.

Source : M. MAZARI Mohammed. Septembre 2012

On peut distinguer trois niveaux de métabolisme énergétique :

**Métabolisme de base** : nécessaire à la vie, il concerne la position couchée à jeun la digestion consomme de l'énergie). Pour une personne « normalisée », ce métabolisme est de l'ordre de 75W.

**-Métabolisme de repos** : c'est la chaleur Minimale produite dans des conditions pratiques de repos du corps, par exemple en positionnasse, ce métabolisme est de l'ordre de W.

**-Métabolisme de travail** : qui dépend de l'activité physique, comme exemple le travail de bureau, ce métabolisme est de l'ordre de 105 à 140 W<sup>31</sup>. Des valeurs du métabolisme sont répertoriées pour différentes activités pour un sujet standard (taille = 1,7 m, poids = 70 Kg et une surface de corps Sd = 1,8 m<sup>2</sup>)

<sup>29</sup> Met correspondant à l'activité métabolique d'un sujet assis au repos, 1 Met = 58 W/m<sup>2</sup>

<sup>30</sup> Gaouas Souad - Hafidi Ichraf « l'impact des surfaces vitrées dans les façades sur le confort thermique des immeubles bureaux » Mémoire de master 2014 / 2015

<sup>31</sup> Benhouhou Med Naim, « L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides cas d'étude : la ville de djelfa », Mémoire de magister, l'EPAU, 17/06/2012

### II-2-2-2 L'habillement :

L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. Elle est caractérisée par une valeur relative exprimée en « clo<sup>32</sup> », l'unité d'habillement.<sup>33</sup>

### II-2-2-3 Les échanges thermiques du corps humain :

Le corps humain notant que système ouvert, est en interaction permanente avec son environnement via des échanges cutanés être aspiratoires. La production de chaleur métabolique produite dans le corps peut être mise à profit d'une élévation de la température interne, ou bien être dissipée à l'extérieur.

Ces échanges thermiques suivent cinq modes différents qui sont : la conduction, la convection, le rayonnement, l'évaporation et la respiration, comme nous l'illustrons sur la figure.<sup>34</sup>

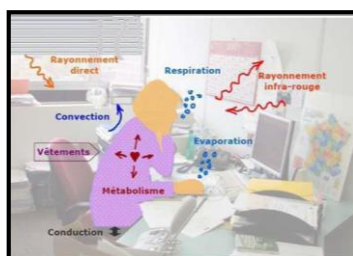
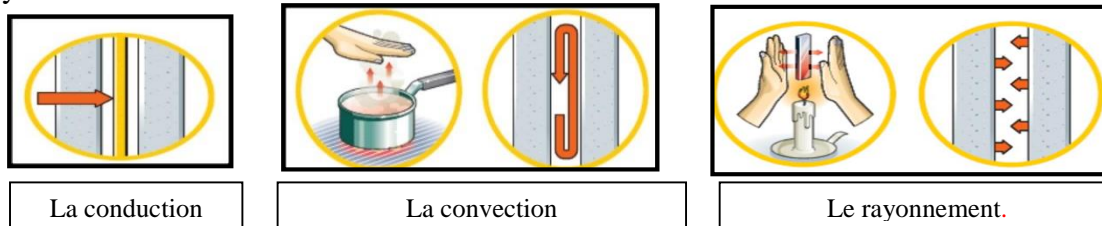


FIGURE 29: L'INTERACTION THERMIQUE ENTRE LE CORPS HUMAIN ET SON ENVIRONNEMENT

Source: M. Ben houhou Med Naim, l'EPAU, 17/06/2012

### 2-2-3-1 L'échange de chaleur sensible :

Les trois modes d'échange de chaleur sensible sont la conduction, la convection et le rayonnement.



<sup>32</sup> (1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>. °C/W) L'unité de **clo** correspond à l'isolement nécessaire au maintien de la balance thermique de l'homme sédentaire à 21 °C en air calme

<sup>33</sup> Malek Jedid et Omarane Benjeddou, « La thermique du bâtiment : du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation », éditeur de savoirs, Paris 2016

<sup>34</sup> Moujalled, B. « Modélisation dynamique du confort thermique ». Thèse de doctorat présentée à l'institut des sciences appliquées de Lyon (France). 2007.

### II-3- Le confort d'hiver :

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud : capter la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans la masse, la conserver par l'isolation et la distribuer dans le bâtiment tout en la régulant.<sup>35</sup>

**Capter** la chaleur consiste à recueillir l'énergie solaire et la transformer en chaleur. La quantité de chaleur due au rayonnement solaire direct reçue par un bâtiment dépend à la fois du climat, de l'orientation du bâtiment, de la nature des matériaux, de la topographie des lieux...etc.

La **stocker** puis la libérer au moment où le besoin de réchauffer se fait sentir grâce à l'inertie thermique du bâtiment. En effet, le rayonnement solaire produit souvent de la chaleur au moment où elle n'est pas nécessaire.

La **conserver**, en limitant les déperditions thermiques par une isolation efficace en climat froid ou frais, qu'elle découle de l'ensoleillement, d'apports internes ou de système de chauffage.

La **distribuer** et la répartir dans le bâtiment ; ce qui consiste à la conduire dans les différents lieux de vie où elle est souhaitable. Dans cette stratégie, les rôles de l'orientation, des surfaces vitrées, de l'inertie et de l'isolation sont prépondérants.

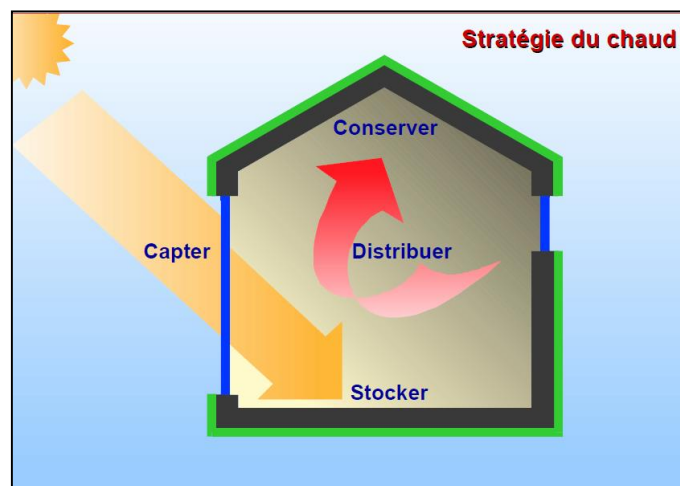


FIGURE 30: LES PRINCIPES DU CONFORT D'HIVER.

(Source : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique. Paris 2005)

<sup>35</sup> Liebard, et A. De Herde, « Traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques », édition le moniteur, Paris 2005



## **IMPACT DES FAÇADES DE VERRE SUR LE CONFORT THERMIQUE**

L'impact des surfaces vitrées sur le confort thermique des occupants peut être significatif pour deux raisons : leur propriété transparente permet au rayonnement solaire d'entrer dans la pièce, et la température de surface intérieure du vitrage, qui peut être très différente des températures de surface des autres surfaces intérieures, provoque un échange de chaleur radiante à ondes longues et des flux de chaleur par convection dans l'espace adjacent. Ainsi, la zone vitrée influence l'équilibre thermique du corps par convection, rayonnement à ondes longues et ondes courtes.

### **Conclusion**

Le vitrage permet de laisser passer le plus de lumière naturelle possible afin de réduire le recours à un éclairage artificiel durant la journée. Sans pour cela entraîner des problèmes d'éblouissement, l'utilisation de la lumière naturelle peut ainsi être optimisée.

Le vitrage doit contrôler le rayonnement entrant afin de limiter, voire d'éviter les dépenses en énergie de refroidissement en été. En effet, l'excès des apports solaires peut provoquer une surchauffe des locaux et donc l'inconfort des habitants qui auront alors tendance à recourir à la climatisation. Il faut cependant veiller à ne pas trop limiter les apports solaires afin de pouvoir encore bénéficier de cette énergie gratuite en hiver. C'est pourquoi on parle de gestion des apports solaires.

L'enveloppe extérieure d'un bâtiment doit limiter les pertes de chaleur en hiver et protéger de la radiation solaire en été. Cet objectif dépend des caractéristiques de transmission thermique des parois par conduction, convection et rayonnement.

En moyenne, 20 % des déperditions thermiques de l'enveloppe se font par les parois vitrées. Les vitrages doivent donc être associés à l'isolation thermique. Plus le vitrage est isolant, plus les déperditions thermiques seront réduites et plus la température de la face intérieure du vitrage sera élevée, assurant ainsi le confort thermique pour une température de l'air intérieur plus faible.

## **CHAPITRE 02 : ANALYSE DES MODELES NATIONAL ET INTERNATIONAL**

### **Introduction**

Dans ce chapitre nous analysons l'exemple d'immeuble de bureaux à Biskra et l'école d'architecture à l'Arizona, ces deux équipements publics avec façades vitrées sont situés dans des zones semi arides comme celui de Guelma, pour faire ressortir des solutions pour garder le vitrage dans ces bâtiments tout en préservant le confort intérieur.

Le but est de cerner les principaux problèmes du vitrage dans les équipements publics choisis, afin d'appliquer les solutions utilisés dans ces projets dans notre projet final.

## Exemple 01 : l'impact des façades vitrées sur le confort thermique à travers le cas de l'immeuble de bureau à Biskra

Nous avons choisi cet exemple car il sert à :

- Ressortir les effets négatifs des façades vitrées même à double vitrage sur le confort intérieur.
- Proposer des solutions d'ombrage pour l'amélioration du confort thermique des employés, et pour minimiser la consommation énergétique.



Figure 31 : Immeubles de bureaux à Biskra, en Algérie, (Photos par auteur)

### Situation du projet :

Le cas d'étude choisi est un immeuble de bureaux avec une grande façade de mur-rideau située dans la ville de Biskra ; dans la partie sud-est de l'Algérie (latitude 34,6N).<sup>36</sup>



Figure32: carte Algérie (Source : [lgerie.monde.com](http://lgerie.monde.com))



figure 33: la position de l'immeuble de bureaux dans le Contexte urbain Source : [Google Earth](http://Google Earth), 2016)

<sup>36</sup>Cherif Ben Bacha, Fatiha Bourbia « Effet des façades cinétiques sur le confort thermique dans les immeubles de bureaux - climats chauds et secs » 11th Conference on Advanced Building Skins 11 October 2016, Bern, Switzerland.

**Son climat** se caractérise par :

- Un été chaud et sec la différence de température diurne est importante atteignant 18 C.
- Une courte période hivernale caractérisée par une nuit froide.

Selon la répartition des zones climatiques de l'Algérie, Biskra appartient à la zone D, qui existe près au désert du Sahara et du Sahara, ces régions décrites par une température maximale moyenne atteignant 41C ° en été comme le montre la figure. Le rayonnement solaire est très intense en été avec une moyenne journalière de 5962 Wh / m<sup>2</sup> pour une surface horizontale, durant le mois de juillet.

Un immeuble de bureaux typique avec 60% de murs rideaux à double vitrage, à la façade extérieure. Le bâtiment s'étend sur une superficie de 859 m<sup>2</sup> et, il a quatre étages<sup>37</sup>.

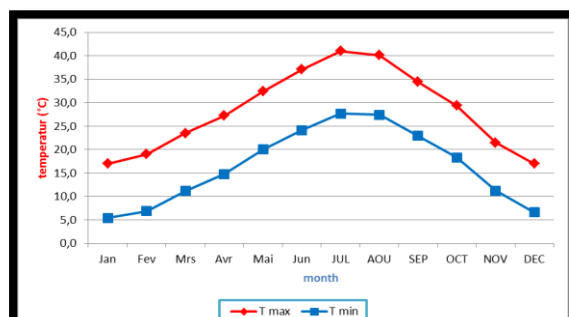


Figure34: la température maximale moyenne de Biskra – Algérie

### les problèmes soulevés:

une énorme consommation d'électricité en été

une insatisfaction totale concernant le confort thermique intérieur.(enquête)

Aucune mesure de contrôle dans la phase de conception.



Figure35: Immeubles de bureaux à Biskra, en Algérie(Photos par auteur)

<sup>37</sup> Op cité

Solutions proposées

l'intégration des cellules photovoltaïques

l'intégration d'un système de protection solaire dynamique, en seconde peau

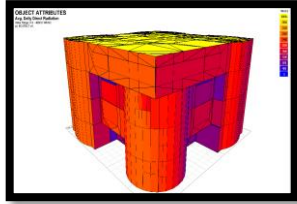


Figure36 : sans protection solaire

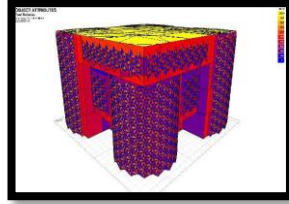


Figure37 : avec ombrage dynamique

Resultats obtenus après l'analyse thermique avec l'outil d'informatique l'ecotect

Minimisation de l'exposition au rayonnement direct de 17,9%

une réduction significative de la consommation d'énergie atteignant 43%,

une diminution de la température de l'air intérieur comprise entre 4,0 C ° et 4,8 C °.

une contribution positive dans la production d'électricité qui génère la quantité 6000 kW / mois.

Méthode utilisée

pour calculer la zone de surchauffe, ils ont adopté le confort adaptatif (ASHRAE 55-2010) destiné au bureau ( température entre 22.9- 26.9)Un système d'ombrage dynamique programmé en fonction de la période de surchauffe citée, et fonctionne indépendamment pour chaque façade en fonction du besoin de protection, lié aux heures de travail. <sup>38</sup>

Les moyennes horaires des températures (°C) dans les locaux (Bureau)												
Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
01.00	8,6	10,6	14,4	18,3	22,2	26,1	30,0	25,0	20,0	15,0	10,0	8,6
02.00	8,6	10,6	14,4	18,3	22,2	26,1	30,0	25,0	20,0	15,0	10,0	8,6
03.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
04.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
05.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
06.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
07.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
08.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
09.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
10.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
11.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
12.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
13.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
14.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
15.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
16.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
17.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
18.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
19.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
20.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
21.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
22.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
23.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
24.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
25.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
26.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
27.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
28.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
29.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
30.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
31.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8

Sans ombrage

Les moyennes horaires des températures (°C) dans les locaux (Bureau)												
Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
01.00	8,6	10,6	14,4	18,3	22,2	26,1	30,0	25,0	20,0	15,0	10,0	8,6
02.00	8,6	10,6	14,4	18,3	22,2	26,1	30,0	25,0	20,0	15,0	10,0	8,6
03.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
04.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
05.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
06.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
07.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
08.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
09.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
10.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
11.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
12.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
13.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
14.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
15.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
16.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
17.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
18.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
19.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
20.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
21.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
22.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
23.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
24.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
25.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
26.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
27.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
28.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
29.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
30.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8
31.00	7,8	9,8	13,6	17,5	21,4	25,3	29,2	24,2	19,2	14,2	9,2	7,8

Avec l'ombrage dynamique

Figure38: la période de surchauffe avant et après le système dynamique (source : par les auteurs).

38 Op cité

Après analyse, les résultats obtenus ont montré que la période de surchauffe commence d'avril à octobre et couvre toutes les heures de travail de 8h à 17h.

- Après l'installation du système de protection dynamique, la zone de surchauffe a été réduite et les heures de confort ont augmenté de 360 heures.

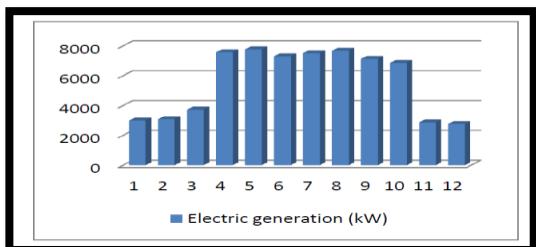


Figure 39 : Production d'électricité mensuelle pour PV semi-transparent

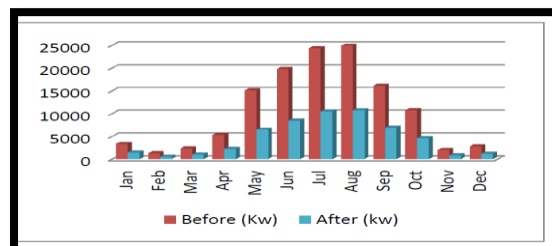


Figure 40: Comparaison des systèmes cinétiques et étude de cas de référence pour la consommation annuelle d'énergie

Les résultats obtenus sont très satisfaisants, en termes d'économie d'énergie et de génération électrique, avec des valeurs obtenues allant de 2775,69 kW en décembre jusqu'aux valeurs extrêmes qui atteignent 7680,40 kW au mois d'août, avec une production moyenne mensuelle de 5612,50 KW<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> Op cité

## Exemples 02 : Des solutions de vitrage performants pour l'amélioration du confort thermique : Le cas de l'école d'architecture et de paysage de l'Arizona

L'Arizona est un Etat de l'ouest des Etats Unis. Sa capitale et la plus grande ville est Phoenix. Tucson est une ville américaine, deuxième de l'Etat de l'Arizona se situe à 188 km au sud de Phoenix et à 98 km de la ville de Nogales, le long de la frontière américano-mexicaine

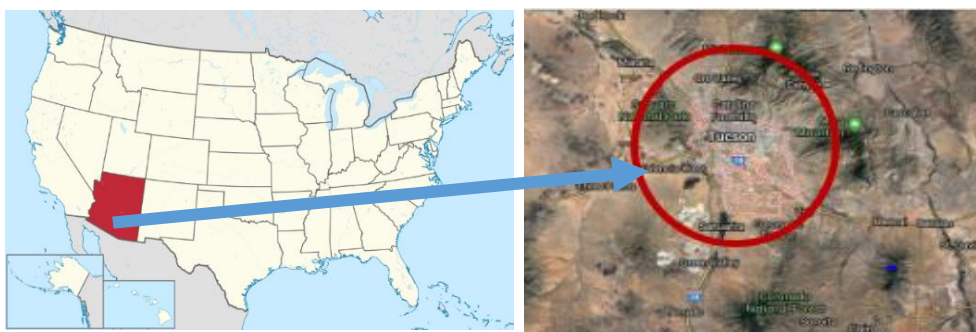


Figure 41 : situation de la ville de Tucson (source : Google maps)

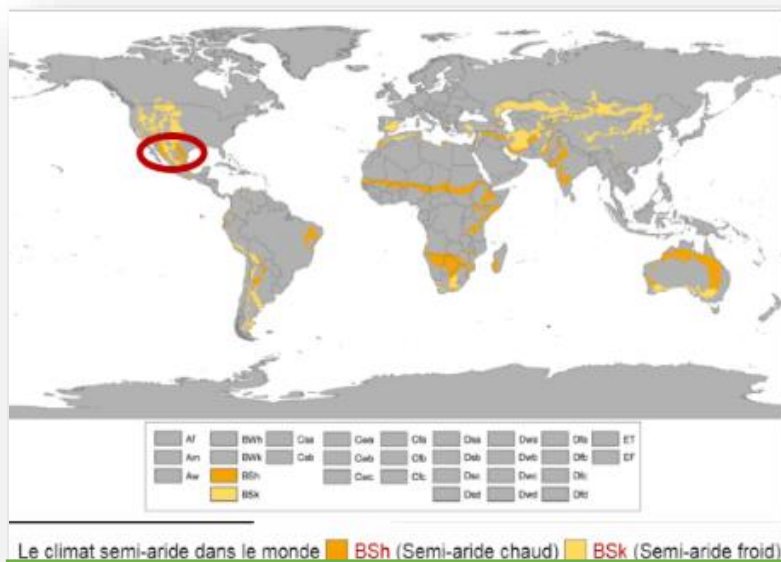


Figure 42 : les pays avec climat semi-aride froid et semi-aride chaud dans le monde  
(source : DRY LANDS AND DESERTIFICATION)

## **DESCRIPTION DU PROJET :**

Comme un projet d'étude de cas, un nouveau bâtiment institutionnel dans le campus de l'Université de l'Arizona a été choisi pour étudier la consommation d'énergie.

L'expansion à l'est de l'école d'architecture et d'architecture de paysage était l'exemple parfait d'un bâtiment à dominante de verre dans la région chaude et aride de Tucson, en Arizona.

Le bâtiment a été achevé et ouvert à compter de janvier 2007. Cette structure est un projet intéressant pour l'analyse énergétique, car il comprend une variété de zones affectées par différentes façades et des matériaux avec des modes d'utilisation différents.

Le rez-de-chaussée est principalement conditionné par des refroidisseurs évaporatifs, car un grand espace est dédié aux magasins de métaux et de bois. Les plans de deuxième et de troisième étage comprennent des studios sur le côté nord, des bureaux administratifs au sud, un espace de dégagement vers le centre du deuxième étage et les blocs de toilettes au sud-est et ces étages ont des systèmes de climatisation de top package<sup>40</sup>



Figure 43: Situation de l'école d'architecture de l'Arizona (source : Google earth)

---

<sup>40</sup> Glass Dominated Institutional Buildings in Hot & Arid Climates (the university of Arizona)



**La façade nord** comprend un mur en béton exposé jusqu'à 8'-0" au-dessus du niveau (pour les ateliers au niveau du premier étage) et tout le verre du sol au plafond jusqu'au toit (pour les studios au deuxième et troisième étage niveau). Le vitrage est un système de mur rideau en aluminium et en verre du verre Old Castle. Il s'agit d'un verre trempé à faible émissivité de "à double vitrage avec une transmissivité d'environ 82%.

**La façade sud** comprend un mur biologique avec un tube en acier moulé et un mur d'écran en toile métallique avec des murs plantés devant un mur en stucco peint de finition lisse. Les fenêtres du balcon sont en verre trempé clair de 1/4". La section du bâtiment révèle une hauteur de plancher de 14'-0" au premier et au deuxième étage et de 19'-10" au troisième étage. Les zones de studio ont un sol en béton exposé et un plafond en acier galvanisé acoustique.

Les murs sont en stuc peint à la finition lisse. Le puits de construction est dans la zone centrale au sud.

Réservoir d'eau et l'équipement mécanique avec une lucarne centrale au niveau du toit. Le puits a des ouvertures dans les studios au deuxième et au troisième étage.

La façade ouest n'a pas d'ouvertures ou de fenestrations. La partition entre le studio et les bureaux sont en verre à vitre simple avec une transmissivité d'environ 90%. La façade a une seule fente verticale. Les portes vitrées du studio se trouvent au sud-est et au sud-ouest<sup>41</sup>.



Figure 44: La façade nord de l'école (source : Glass Dominated Institutional Buildings in Hot & Arid Climates(the university of Arizona)



figure 45: La façade sud de l'école(source : Glass Dominated Institutional Buildings in Hot & Arid Climates(the university of Arizona)

<sup>41</sup> Chatterjee, Arunima, The University of Arizona.azu\_etd\_mr0088\_sip1\_m.pdf, 2007

## Les problèmes trouvés :

L'étude d'ombrage a révélé que le verre de la façade nord habituellement considéré peut-être une source de gain solaire direct dans les après-midi d'été de Tucson.

Les brises solaires horizontal protègent la plupart des fenêtres de la façade sud pendant la mi-journée ou l'intensité du soleil est importante, mais pas efficace pour le soleil du matin et de l'après-midi<sup>42</sup>.

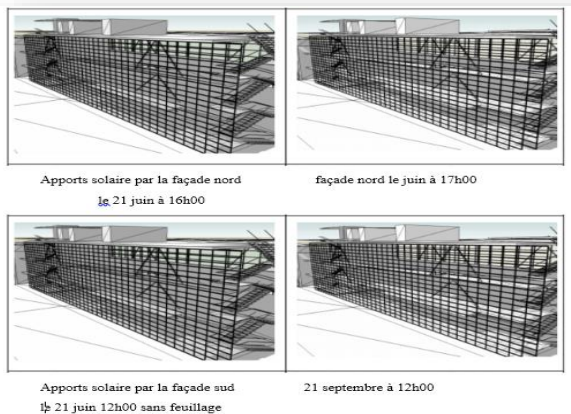


figure 46 L'école de l'architecture et de paysage de l'Arizona (source : Glass Dominated Institutional Buildings in Hot & Arid Climates(the university of Arizona))

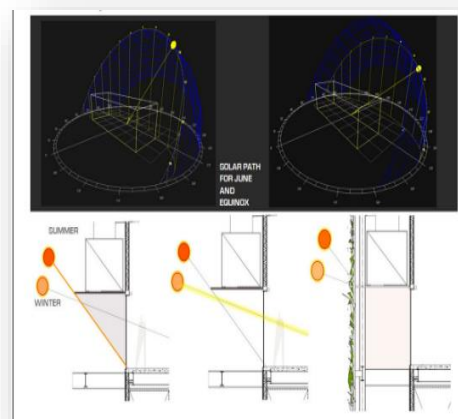


Figure47: Analyse solaire au niveau de la façade sud (source : logiciel ecotecte)

## Les solutions proposées :

Ombrage plein sud avec vignes à feuilles

Persistantes sur un acier vertical à écran maillé

Ombrage avec des ailettes verticales dans la façade nord

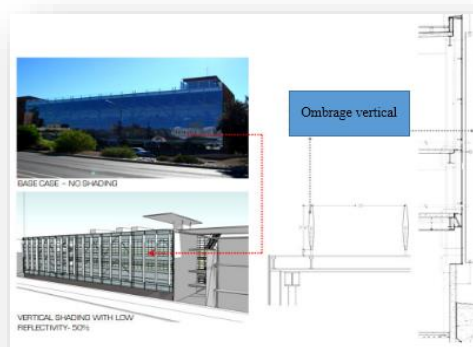


Figure 48: L'utilisation de système d'ombrage au façade

<sup>42</sup> OP cité

## Les résultats obtenus d'après les simulations concernant la consommation énergétique après l'application des solutions

L'effet de l'ombrage plein sud a entraîné une amélioration de 4% par rapport à la température de base. Cela implique une différence de consommation d'énergie de 11803 kWh par an à partir de l'utilisation de l'énergie de base.

L'ajout d'ombrage d'ailettes verticales dans la façades nord réduit l'énergie de refroidissement<sup>43</sup>

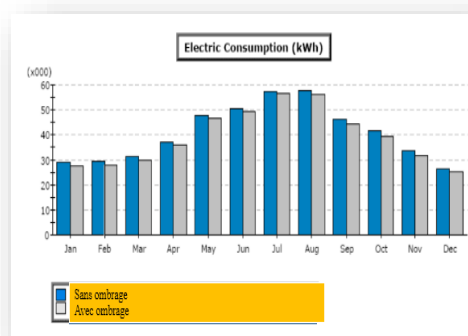


Figure 49: Résultats au niveau de la façade sud

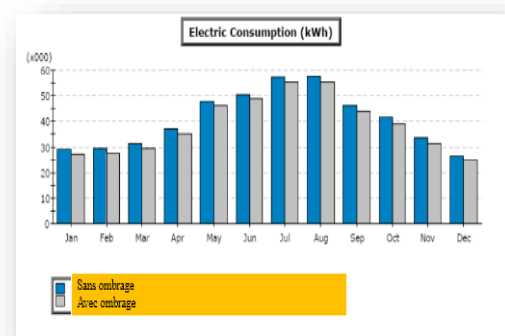


Figure 50: Résultats au niveau de la façade nord

### Conclusion :

Sur la base des résultats de simulation présentés, nous pouvons utiliser les façades vitrées dans le climat arides et semi arides avec les solutions suivantes :

- 1- ombrage avec vignes à feuilles persistantes sur un acier vertical à écran maillé
- 2- Ombrage avec des ailettes vertical et horizontal
- 3- Amélioration de l'isolation des murs
- 4- Hausse de la valeur du toit vert
- 5-l'intégration d'un système de protection solaire dynamique, en seconde peau
- 6- l'intégration des cellules photovoltaïques

<sup>43</sup> OP cité

## **Le choix d'outil de simulation « ECOTECT » dans notre projet :**

C'est un outil de simulation qui combine une interface de modélisation 3D très visuelle et interactive avec une vaste gamme de fonctions d'analyse solaire, thermique, visuelle, acoustique et de coûts. ECOTECT se présente comme un outil parfait pour communiquer avec les architectes et les concepteurs.

**« Le but est de permettre aux concepteurs d'adopter une approche holistique au processus de conception du bâtiment facilitant ainsi de créer des bâtiments énergétiquement efficaces »** (Crawley, 2005).

Ses résultats d'analyse peuvent être montrés directement sur les surfaces du bâtiment ou dans les espaces concernées par l'analyse, donnant au concepteur la meilleure possibilité de comprendre les performances du bâtiment et, donc, apporter les vraies améliorations conceptuelles.

## **Le logiciel utilisé pour la simulation :**

### **Ecotect Analysis 2011 :**

Le logiciel d'analyse de conception Ecotect Analysis est un outil complet de conception depuis la phase d'avant-projet jusqu'à celle de détail.

Ecotect Analysis offre un large éventail de fonctionnalités de simulation et d'analyse de l'énergie des bâtiments qui peut améliorer les performances des bâtiments et des nouveaux projets de bâtiments.

Les fonctionnalités d'analyse de consommation d'énergie, d'eau et d'émissions de carbone intègrent des outils qui permettent de visualiser et de simuler les performances d'un bâtiment dans son environnement : analyses énergétique du bâtiment, performance thermique, consommation d'eau et évaluation des coûts, rayonnement solaire, éclairage naturel, ombres et réflexions.<sup>59</sup> C'est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. Il a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design<sup>60</sup>.

Ce logiciel qui possède une large gamme d'application (thermique, acoustique, ensoleillement et éclairage) permet :

Calculer la consommation d'énergie et des émissions de carbone d'un bâtiment sur une base annuelle, mensuelle, quotidienne et horaire, en utilisant une base de données d'informations météorologiques ;

- Calculer les besoins en chauffage et climatisation des modèles et d'analyser les effets de l'occupation, des gains internes, de l'infiltration et de l'équipement.
- Estimer la consommation d'eau à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment.
- Visualiser le rayonnement solaire sur les fenêtres et les autres surfaces, à n'importe quelle période de l'année.
- Calculer les facteurs d'éclairage naturels et les niveaux d'éclairement à n'importe quel point du modèle.
- Afficher la position et le parcours du soleil par rapport au modèle à n'importe quelle date, heure et emplacement.

## 2- Les Avantages :

- o Prise en main assez rapide
- o Résultats très visuels (parfaits pour communiquer avec des architectes)
- o Bon outil pour la phase esquisse et pour bien orienter la conception
- o Nombreuses sorties vers des logiciels plus performants<sup>61</sup>

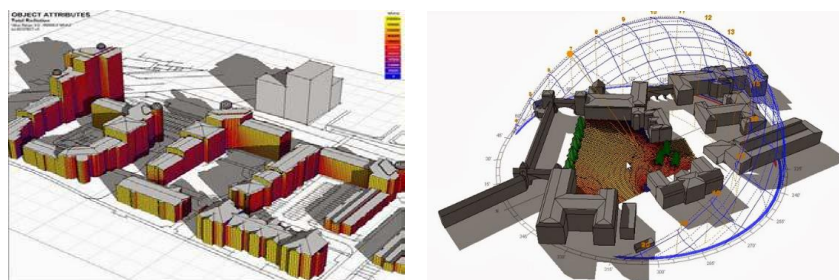


Figure 51 : simulation numérique par Ecotect

Source: <http://jengosanifumagazine.blogspot.com/2013/12/autodesk-ecotect-analysis.html> .

## Les extensions de Ecotect

**Importations :** 3D Studio (.3DS, ASC, PRJ), AUTOCAD (.DXF), EnergyPlus (.IDF), Windows Bitmap (.BMP) **Exportations :** DOE-2 (.INP), AIOLOS (.PPA), VRML (.WRL), ESP-r (.CFG), WinAir4 CFD (.GEO), Radiance (.RAD, .OCT), EnergyPlus (.IDF), AUTOCAD (.DXF)

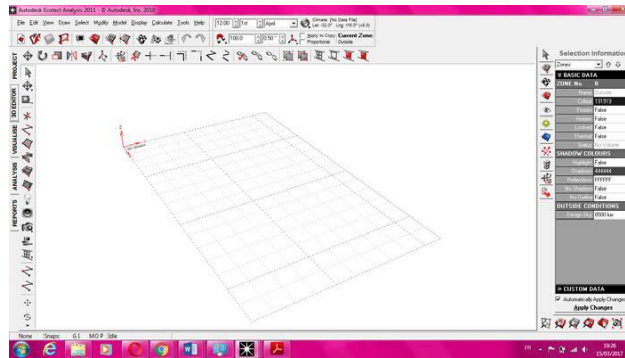


Figure 52 : capture d'écran ECOTECT 2011

Source : étudiante

## Etape du travail via ECOTECT :

Les étapes du travail de simulation via le logiciel ECOTECT sont :

### Préparation

- Donner un nom au dessin.
- Fixer le type du bâtiment étudié.
- Télécharger les données climatiques de la région.
- Fixer l'environnement du bâtiment (urbain, rural, etc.).

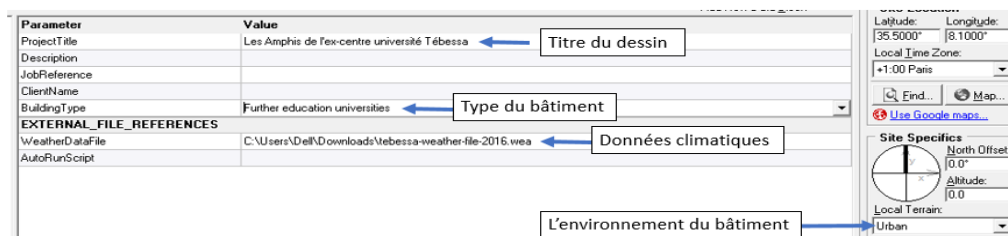


Figure 53 : capture d'écran ECOTECT 2011

### Dessin :

- Fixer le Nord.
- Fixer la hauteur des espaces.
- Choisir les matériaux de construction de chaque élément.
- Définir les différentes propriétés de chaque zone (données générales, propriétés thermiques).

- Nous pouvons, aussi, désactiver le calcul des données thermiques pour les zones non concernées par l'étude.

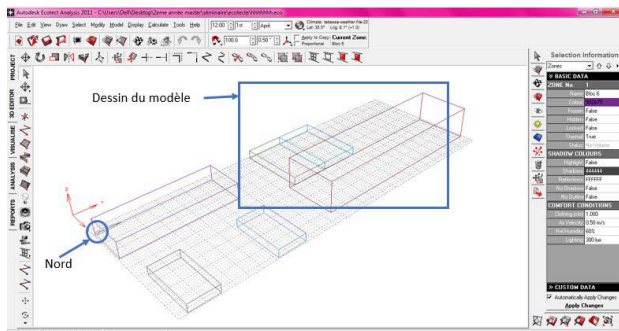


Figure 54: capture de l'interface ECOTECT 2011

Source : étudiante

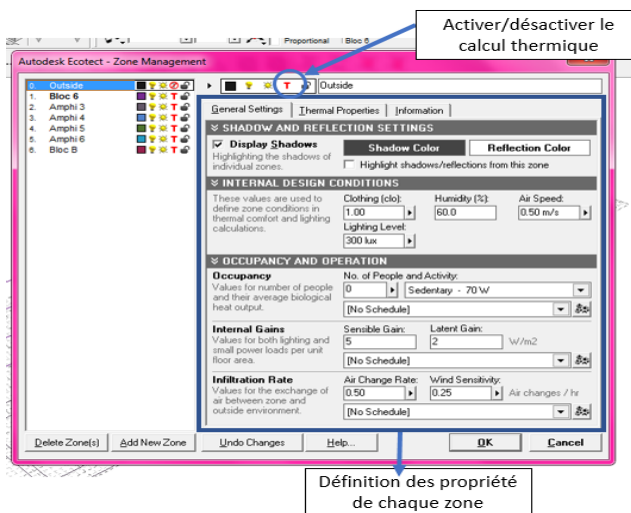


Figure 55: capture de l'interface ECOTECT 2011. Les différentes propriétés de chaque zone

Source : étudiante

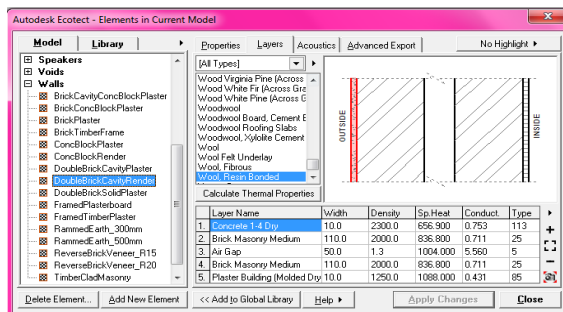


Figure 56: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choisir les matériaux de construction.

Source : étudiante

**Analyse :**

- Définir le paramètre à mesurer (température, gains thermiques, etc.).
- Définir la période et l'heure d'étude.
- Lancer l'analyse. (Voir aussi annexe D).

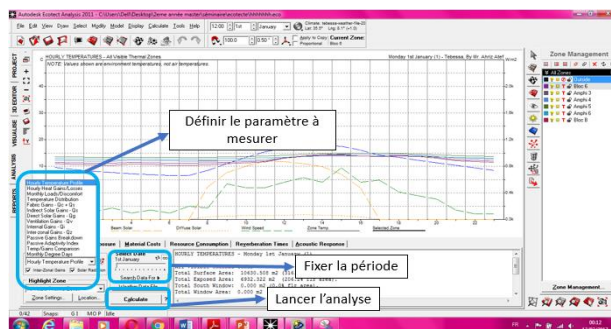


Figure 57: capture de l'interface ECOTECT 2011. Etape d'analyse.

Source : étudiante

**Intégration des données météorologique de la ville :**

Cliquer sur projet et chercher Weather data file

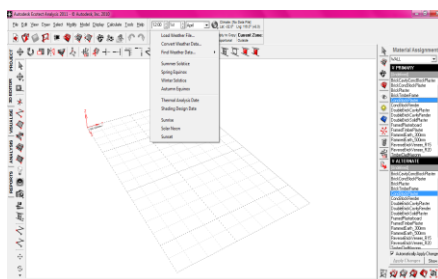


Figure 58: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville de Tébessa.

Source : étudiante

Sélectionné le fichier (Weather Data) de la ville de Tébessa sur le boîte de dialogue et cliquer sur ouvrir.

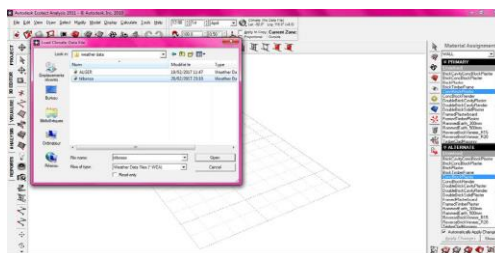


Figure 59: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville de Tébessa.

Source : étudiante



Les données climatiques de la ville vont être affichées sur le logiciel ECOTECT 2011

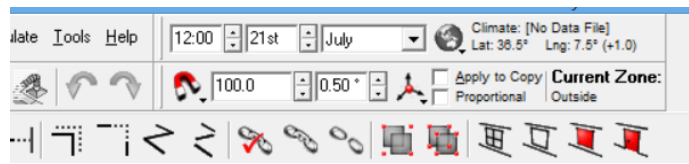



Figure 60: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix des données climatique de la ville.

Source : étudiante

## Réglage des paramètres de ECOTECT :

Cliquer sur le symbole  suivant: (preference) pour choisir l'unité de dessin

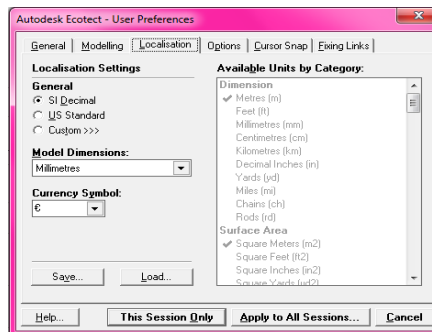


Figure 61: capture de l'interface ECOTECT 2011. Choix l'unité de dessin.

Source : étudiante

## **PARTIE 02 : PARTIE ANALYTIQUE**

## **CHAPITRE 03 : L'ÉTUDE DE CAS**

### **Introduction**

Dans ce chapitre on va faire une analyse climatique effectuée dans la ville de Guelma, il s'avère essentiel de prendre le climat en considération lors de cas d'étude elle peut aussi servir de jalon à déterminer des caractéristiques spécifiques architecturales.

Dans le but de cerner les principaux problèmes du confort thermique dans les équipements publics, nous avons choisis comme cas d'étude, le centre des impôts de Guelma a analysé l'enveloppe extérieure pour comprendre son rapport avec le climat.

## I- Étude climatique

### I-1 Présentation de la ville

Guelma, ville du nord-est algérien, se situe entre  $36^{\circ} 28'$  de latitude nord et  $7^{\circ} 25'$  de longitude est. Elle occupe une position médiane entre le nord, les hauts plateaux et le sud du pays. Limitrophe de six wilayates: Annaba au nord, El Taref au nord-est, Souk Ahras à l'est, Oum El Bouaghie au sud, Constantine à l'ouest et Skikda au nord-ouest.



Figure 62 : Situation géographique de la ville de Guelma

### I-2 Climat de Guelma :

Le climat de Guelma est celui de l'arrière littoral montagne (Zone B). Déterminé par des hivers plus froids et plus longs et des étés chauds et moins humides que ceux du littoral.

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

A rappeler que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données moyennes et extrêmes. D'où peuvent se mesurer les amplitudes moyennes des températures

annuelles entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, et amplitude des extrêmes absolues de températures quotidiennes (entre le maximum diurne et minimum nocturne) (ESTIENNE. Pierre et GODARD. Alain, Climatologie, Paris : Edition Armand Colin, 1970, p11).

L'interprétation des données météorologiques de Guelma, période 95-2004 fait ressortir que la température annuelle moyenne est de 17.9°C avec 27.7°C en août (le mois le plus chaud) et 10°C en janvier (le mois le plus froid). Les extrêmes absolus enregistrés varient entre -3.5°C au mois de janvier à 47°C au mois de juillet. Les amplitudes mensuelles ne sont pas très contrastées comparées aux amplitudes annuelles qui dépassent les 31.6°C. Ce qui distingue la période chaude de la période froide. L'amplitude diurne variée entre 15.4 et 20.4°C pendant les saisons fraîches. La moyenne mensuelle de l'humidité relative dépasse les 68.3 % avec une moyenne maximale de 94.2% et une moyenne minimale de 29.1%. Les valeurs des humidités moyennes maximales laissent penser à un climat humide ou sub-humide. D'après le calcul d'indice d'aridité de Martonne :  $Im = P / Tm + 10$   $Im = 24.70$ , où  $20 \leq IDM \leq 30$  Donc le climat de Guelma est un climat sub-humide. 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. 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. Mais il est enregistré 36.2 j/an de Sirocco. Les vents à Guelma sont de diverses directions. Ceux de nord-ouest avec une moyenne de 23.77%, il atteint leur maximum au mois de décembre et leur minimum au mois de juillet avec 10.36%. A l'inverse les vents nord-est sont plus fréquents au mois de juillet, avec un maximum de fréquences entre les mois d'octobre et février. Enfin le sirocco se manifeste au nord plus qu'au sud de la région, surtout en juillet de 6 à 7 jours en moyenne. C'est un vent chaud et desséchant très néfaste pour les cultures. L'évaporation mensuelle atteint un maximum de 186.8mm au mois de juillet et un minimum de 49.6mm en février. L'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée est de l'ordre de 994 mm.(ZEDDOURI. Aziz, Contribution à l'étude hydrogéologique et

hydro chimique de la plaine alluviale de Guelma (Essai de modélisation), Thèse de magister en hydrogéologie, Université Badji Mokhtar, Annaba2003,p31-37.)La répartition des précipitations à Guelma est marquée par une durée de sécheresse durant l'été, avec un minimum de 2.6mm enregistré en juillet. Le reste des saisons est marqué par des précipitations considérables. Le total annuel est de 688.3 mm avec un maximum de 137.7 mm enregistré en décembre. Près de 57% de la pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide.

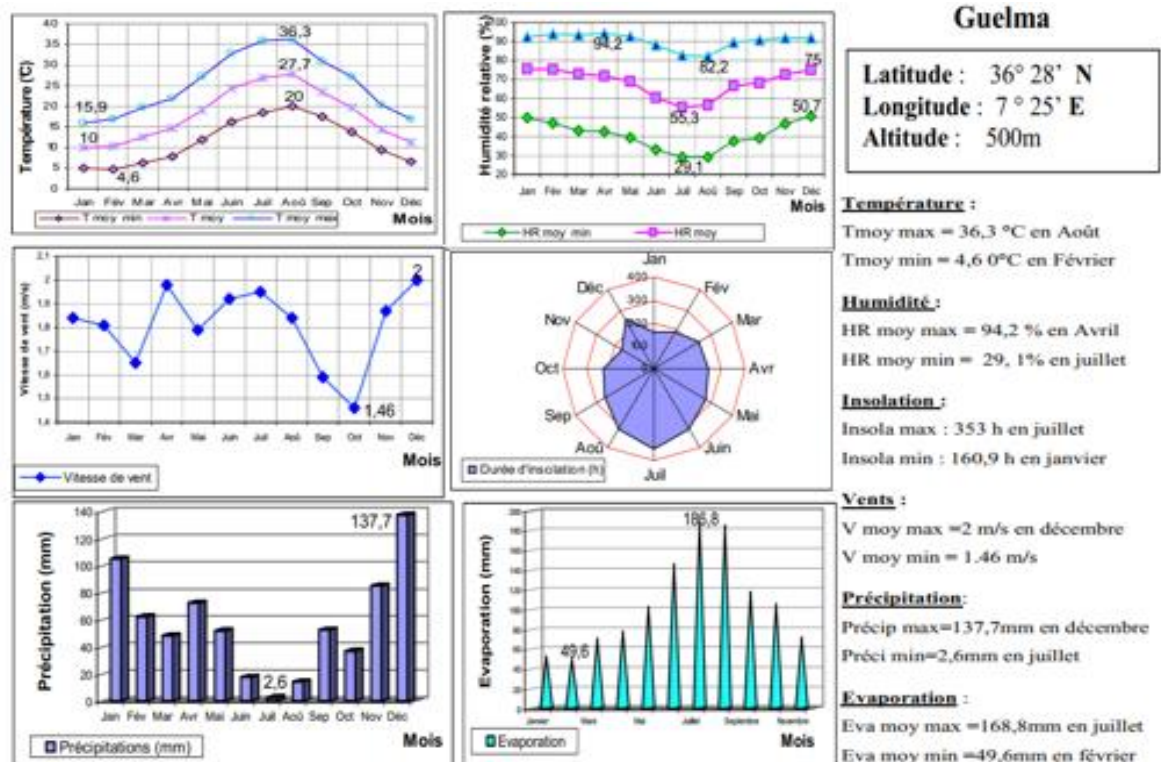


Figure 63 : Interprétation des données météorologiques de Guelma : période 95-2004(Source : Météo, 2004, réadapté par auteur)

### I-3 Diagramme ombrothermique de Guelma

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

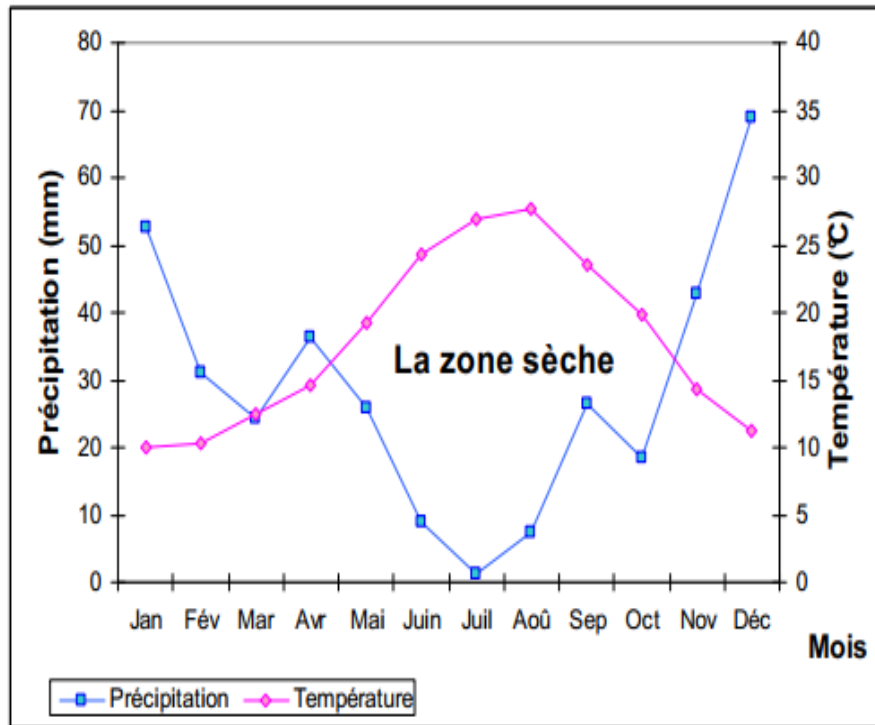


Figure 64 : Diagramme ombrothermique de Guelma

Pour ce qui est de l'enneigement, il est enregistré 12,7 j/an à l'une des stations (Ain Larbi) et s'il neige sur les principaux sommets, les risques sur les plaines sont minimales. Quant au nombre de jours de gelées blanches, il est de l'ordre de -11 j/an à la station de Guelma et -33,5 j/an à la station de Ain Larbi. Par ailleurs, il est relevé 2.2 j/an de grêle à la station de Guelma et 3.6 j/an à la station d'Ain Larbi.

#### I-4 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 ci-dessous.

**Hauteur et azimut du soleil à « Guelma latitude 36°.28' »**

Heurs	Angle	21Juin	21 Mai et 21 juillet	21Avril et 21Août	21Mars et 21Sept	21Fev et 21Octo	21janv et 21Nov	21Dèce
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							
<b>Angle du soleil levant &amp; couchant</b>		<b>60° 43' 4h 03'</b>	<b>64° 32' 4h 17'</b>	<b>75° 36' 5h 01'</b>	<b>90° 24' 6h 01'</b>	<b>104°63' 6h 59'</b>	<b>115°67' 7h 43'</b>	<b>119°58' 7h 58'</b>

Figure 65 : 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'. 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 04h03' (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 21 mars 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.



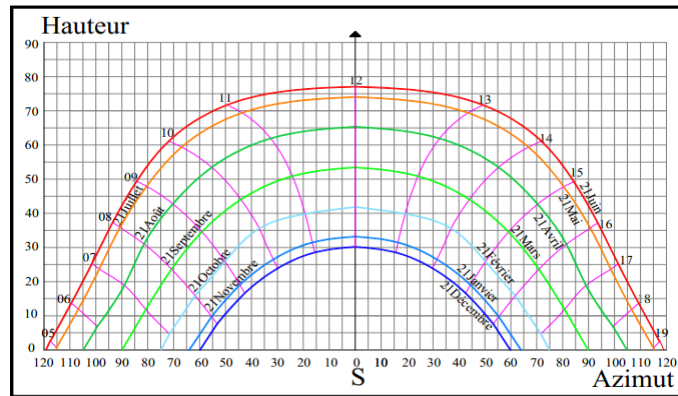


figure66: Diagramme frontale de Guelma : latitude 36° 28'

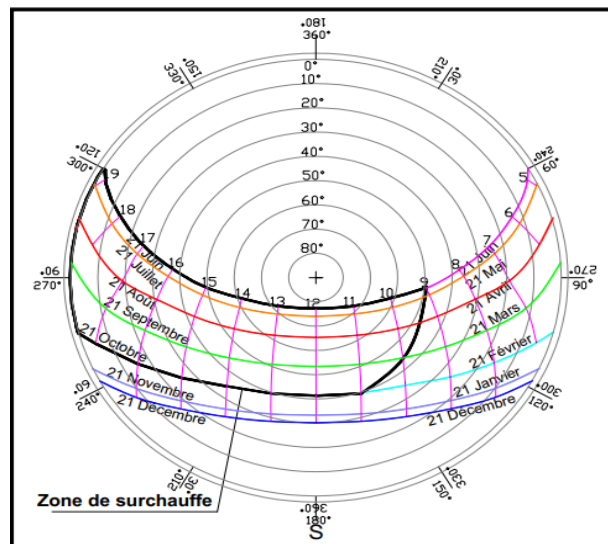


Figure 67 :Diagramme polaire de Guelma (présentation de la zone de surchauffe en noir)

### I-5 Le diagramme en thermoiso-plèthes de Guelma

Ce diagramme met en évidence les variabilités diurnes et saisonnières des températures de l'air. Pour le tracé de ce dernier, on projette d'abord les températures mensuelles maximales et minimales sur la calculatrice des températures horaires. Puis on représente sur un tableau les températures pour chaque mois, où on trace les lignes d'égale température qui séparent les espaces d'un seuil de 5°C. En surcharge on présente le lever et le coucher de soleil.

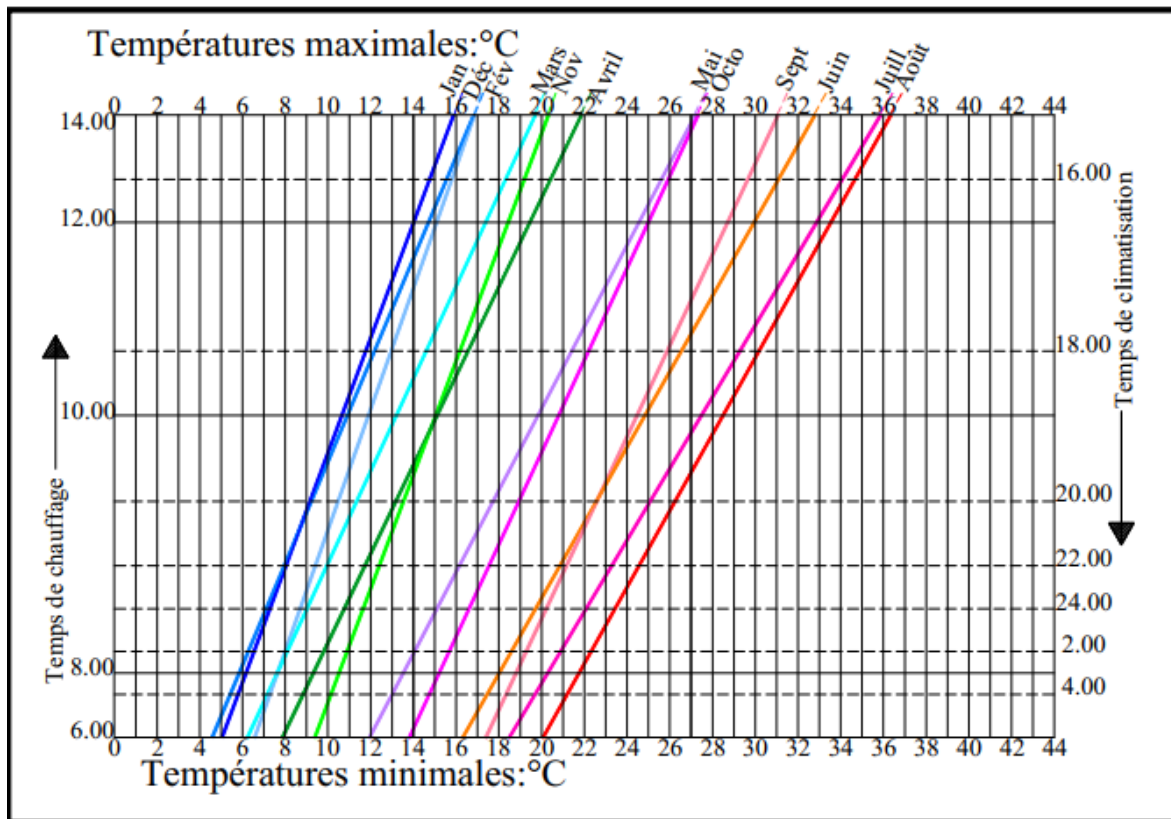


figure 68: Calculatrice des températures horaires

La lecture de l'isotherme de Guelma fait ressortir cinq zones distinctes:

- Zone de sous chauffe très froide**, très réduite comprise entre 4.6 et 5°C. Elle concerne les mois les plus froids de janvier et février de 5h à 6h du matin.
- Zone de sous chauffe froide**, comprise entre 5 et 15°C, concerne la saison de l'hiver de décembre à février, de 16h à 00h et de 1h à 12h et la saison de printemps de mars à mai de 20h à 00h et de 1h à 11h.
- Zone de confort**, définie par la température neutre de 23.14°C, comprise entre 20 et 26.14°C d'avril à novembre.
- Zone de chauffe**, comprise entre 30 et 35°C concerne les mois de juin, juillet, août et septembre de 10h à 18h.

**Zone de surchauffe** : Comprise entre 35 et 36.3°C concerne les mois les plus chauds (juillet et août de 13h à 16h). A savoir que la zone de surchauffe peut se rapporter sur le diagramme solaire frontal ou polaire. Tracée à partir de la limite supérieure de la zone de confort. (SZOKOLAY. S V, *Environmental science handbook for architects and*

*builders*, LONDON, NEW YORK , LACASTRE: THE CONSTRUCTION PRESS, 1980, p320.)

Le diagramme peut être résumé en trois zones principales : la zone de sous chauffe qui s'étale durant la saison d'hiver le jour comme la nuit, et la saison de printemps et l'automne

uniquement la nuit. La zone de confort, présente en saison d'automne et de printemps le jour

et la saison d'été la nuit. Enfin la zone de surchauffe qui dure pendant l'été le matin et l'après-midi. Les températures à Guelma comme ailleurs, varient principalement avec le moment de l'année où l'alternance du jour et de nuit permet de définir l'amplitude thermique diurne.

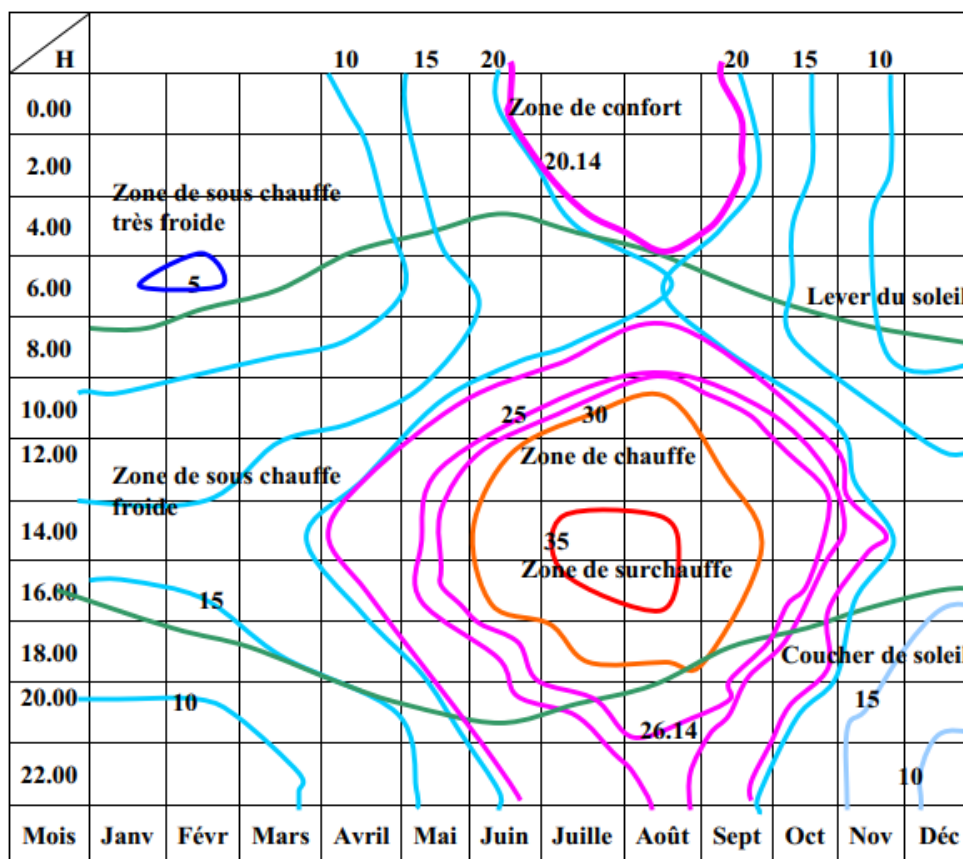


figure 69 : Courbes d'égalité de température (isopleth) par mois et en heure de Guelma.

## I-6 Microclimats de la ville

Le territoire Guelmois se caractérise par un microclimat semi-humide au centre et au nord, et semi-aride vers le sud. La diversité des microclimats est due à l'influence de plusieurs paramètres qui participent simultanément. Surtout à l'élévation du taux d'humidité comme son rapprochement par rapport à la mer (60Km), la présence d'oued Seybouse, le massif forestier intense, les sources thermales et les barrages. On donne dans ce qui suit en chiffres l'importance de chaque paramètre, d'après des données recueillies auprès de la D.P.A.T Guelma « monographie 2004 » :

## I-7 Éléments influençant le microclimat

### I.7.1. Relief

La géographie de Guelma se caractérise par un relief diversifié avec une importante couverture forestière. Il se décompose comme suit :

#### Montagnes

37,82 % dont les principales sont :

- 1 – Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411 M d'Altitude
- 2 – Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292 M d'Altitude
- 3 – Taya (Bouhamdane) : 1.208 M d'Altitude
- 4 – D'bagh (Hammam Debagh) : 1.060 M d'Altitude

<b>Plaines et Plateaux</b>	: 27,22 %
<b>Collines et Piémonts :</b>	26,29 %
<b>Autres</b>	: 8,67 %



Figure 70 : Différents éléments influençant le microclimat de Guelma

(Source: D.P.A.T, 2004)

## I.7.2. Hydrologie

Le territoire de Guelma comporte globalement 04 zones hydrogéologiques distinctes. La zone des plaines de Guelma et Bouchegouf, dont les nappes captives s'étendent sur près de 40 Km le long de la vallée Seybouse. Elles enregistrent un débit de 385 l/s. Elles constituent les plus importantes nappes de la Wilaya.

**Potentialités hydrauliques:** 264,96 Million m<sup>3</sup> d'eaux mobilisables dont :

- **Eaux souterraines:** 04 sous bassins versants (hydriques) et 997 points d'eau opérationnels totalisant un potentiel total de 40,6 Millions m<sup>3</sup>/an.

- **Eaux superficielles:** 224,86 millions m<sup>3</sup> se répartissant comme suit :
  - \*Barrage de Bouhamdane : 220 millions m<sup>3</sup> ;
  - \*Barrage de Medjez-Beggar (Ain Makhoulouf): 2,86 millions m<sup>3</sup>;
  - \*Important nombre de retenues collinaires : 1,578 millions m<sup>3</sup> ;

## Principaux Oueds

**1/ O. Seybouse:** Traverse la plaine Guelma - Bouchegouf sur plus de 45 Km du sud au nord.

Son apport total est estimé à 408 millions m<sup>3</sup>/an.

**2/ O. Bouhamdane:** Prend sa source à l'ouest; d'un apport de 96 millions m<sup>3</sup>/an.

**3/ O. Mellah:** Provenant du sud-est; d'un apport total de 151 millions m<sup>3</sup>/an.

**4/ O. Charef:** Prend sa source au sud; d'un apport total de 107 millions m<sup>3</sup>/an.



*figure 71: Barrage de Bouhamdane  
(Source: Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Guelma)*



figure 72: Barrage de Medjaz El Bgar

(Source: Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Guelma)

### I.7.3 L'agriculture

D'une vocation essentiellement agricole, Guelma recèle un important potentiel. Avec 266.000 Ha de surface agricole totale, soit 72,15 % de la superficie totale. La surface agricole utile est de près de 186.122.Ha.

Une superficie de pacages et parcours de 53.473 ha, soit 14,50 % de la superficie totale de la wilaya et 20,10 % de la SAT Les terres improductives de 26.405 ha, soit 7,16 % de la superficie totale de la Wilaya et 9,92 % de la S.AT.

La superficie irrigable est près de 17.343 Ha, soit 9,35 % de la SAU.

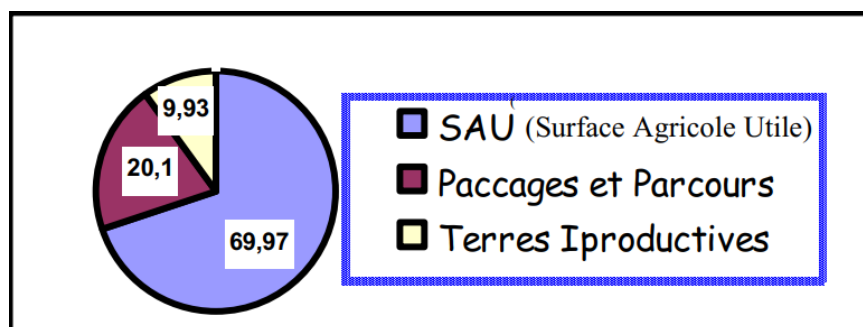


Figure 73 : Répartition de la superficie agricole/SAT (Source: Services agricoles de Guelma, 2004)

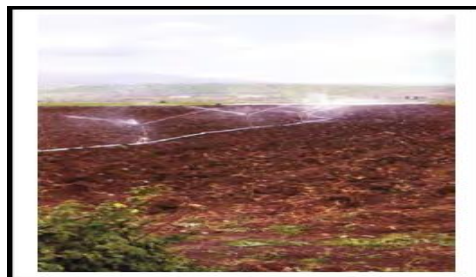


Figure 74 : Périmètre irrigué (Belkhir)

(Source : D.P.A.T Guelma, 2004)

## Potentialités forestières

La superficie de couverture forestière totale est de 106.145 ha, soit un taux de 28,79 % de la superficie de la Wilaya. Le paysage forestier est discontinu et hétérogène confiné dans des massifs répartis d'ouest en est. Les grands espaces de terrains à vocation forestière sont dans la partie sud-est. Un important potentiel de bois (chêne zen et liège aux forêts de Béni Salah à Bouchegouf , de Houara à Ain Ben Beida et Djeballah, Mahouna à Ben jerrah et Béni Medjeled à Bouhamdane) totalisant près de 19.771 ha de forêts et moyennant une production de l'ordre de 510,10 stères de chêne zen et chêne liège et de 345 m<sup>3</sup> de bois.

### I.7.4 Les sources thermales

Les plus importantes sont hammam Debagh; hammam Ouled Ali, hammam N'bails et hammam Belhachani.<sup>47</sup>



Figure 75 Forêt de Beni Salah (Source: D.P.A.T Guelma, 2004)

## II- Règlements en vigueur du confort thermique

Décret exécutif n° 2000-90 du 19 Moharram 1421 correspondant au 24 avril 2000 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs.

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport conjoint du ministre de l'habitat et du ministre de l'énergie et des mines ;

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement ;

---

<sup>47</sup>MEDJELEKH DALEL « impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment » Cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma Pour l'obtention du diplôme de MAGISTER le novembre 2006

Vu la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme ;

Vu la loi n° 99-09 du 15 Rabie Ethanie 1420 correspondant au 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie, notamment ses articles 11 et 12 ;

Vu le décret présidentiel n° 99-299 du 15 Ramadhan 1420 correspondant au 23 décembre 1999 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

**ART.4 - Le maître d'ouvrage est tenu de s'assurer que la conception et la construction des bâtiments neufs obéissent aux principes suivants :**

Les caractéristiques thermiques des bâtiments neufs doivent être telles que les transferts de chaleur par transmission thermique, à travers les parois constituant l'enveloppe de ces bâtiments, soient en adéquation avec les niveaux de transfert de chaleur acquis ;

Les systèmes de ventilation dans les bâtiments neufs doivent être tels que le renouvellement d'air soit en adéquation avec le niveau de renouvellement d'air acquis.

Les systèmes de chauffage d'hiver et de climatisation d'été dans les bâtiment doivent comporter des dispositifs automatiques de régulation ;

**ART.5 – Les caractéristiques d'isolation thermique dans les bâtiments neufs doivent répondre à l'une au moins des deux conditions ci-après :**

La déperdition calorifique calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une limite appelée « déperdition de référence » ;

Les apports calorifiques calculées pour la période d'été doivent être inférieurs à une limite appelée « apport de référence ».

**ART.7 – Les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques concernant les bâtiments neufs à un usage autre que d'habitation sont fixées dans des documents techniques réglementaires (D.T.R.) approuvés par arrêté conjoint du ministre chargé de l'habitat, du ministre chargé de l'énergie et des ministre concernés.**

**ART.8 – Sont également définies dans les documents techniques réglementaires (D.T.R.) visés dans les articles 6 et 7 ci-dessus :**

Les méthodes relatives au calcul des déperditions et des apports calorifiques ;

Les zones climatiques correspondant aux périodes d'hiver et d'été ainsi que les valeurs des paramètres du climat extérieur associés aux zones climatiques ;



Les valeurs limites pour le climat intérieur des locaux.<sup>48</sup>

### III- Application : simulation à l'aide de l'ECOTECT

Dans cette partie, nous allons faire une simulation numérique sur les amphis centre des impôts de Guelma. Pour étudier le paramètre d'ensoleillement et l'efficacité thermique d'un matériau dans les bâtiments publics.

Nous nous focalisons sur la vérification de l'impact des variables étudiées sur les niveaux de la température intérieure en utilisant l'outil d'informatique le logiciel ECOTECT.

Le vitrage de la façade principale (sud) du projet est un système en mur-rideau ainsi que des fenêtres en double vitrage

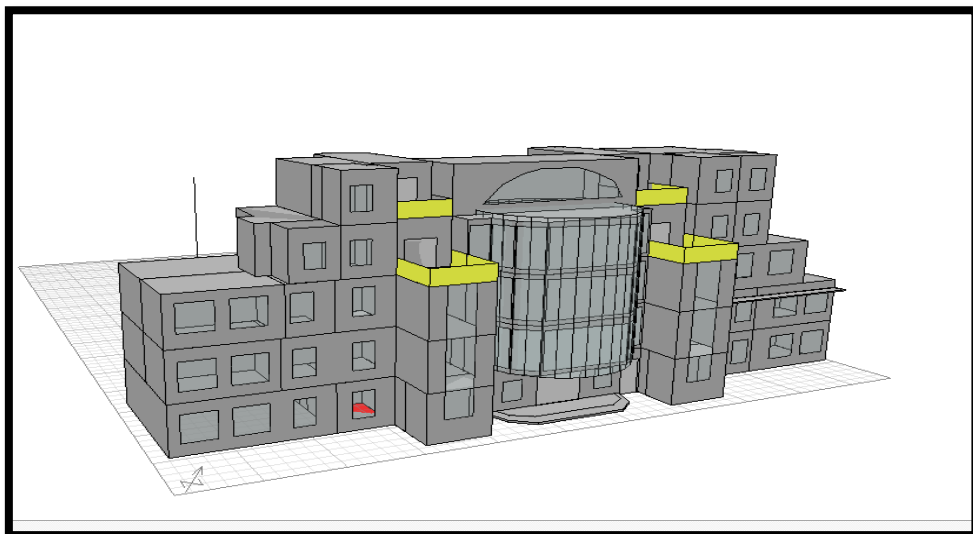


Figure 76: Centre des impôts à Guelma dessiné par le logiciel ecotect@

---

<sup>48</sup> [www.cntppdz.com/uploads/loi-maitrise-energie.pdf](http://www.cntppdz.com/uploads/loi-maitrise-energie.pdf)

**Analyse thermique de l'élément centrale du bâtiment qu'il s'oriente vers le sud avant d'introduire les solutions correctives sur le verre et la façade :**

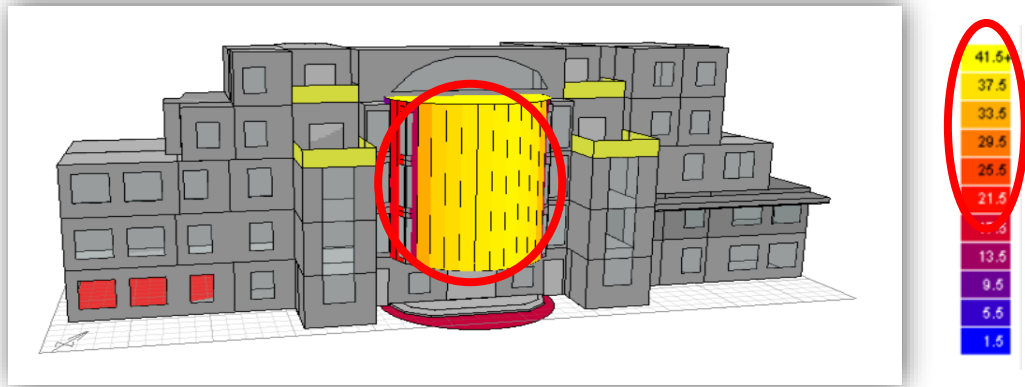


Figure 77 : Centre des impôts à Guelma après l'analyse thermique

Source : auteur

L'image montre que le vitrage absorbe une grande quantité de l'énergie solaire qui s'atteint 37.5 kWh ce qui produit un milieu trop chaud et irrésistible sur tout pour un milieu de travail.

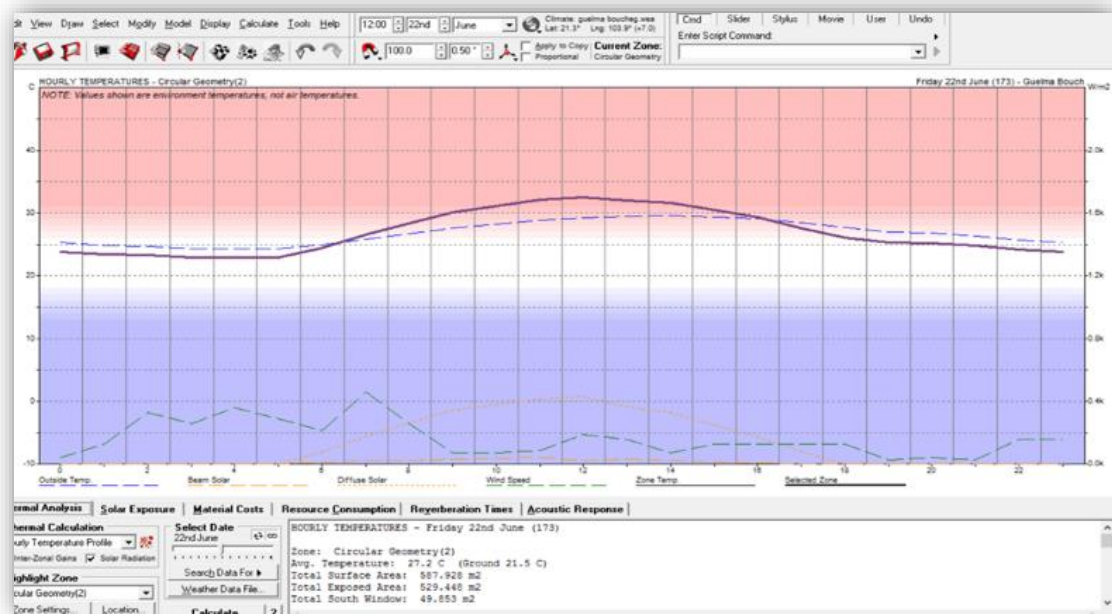


Figure 78 graphe qui montre la température de l'espace intérieur par rapport à celle de l'extérieur

Source : auteur

Le graphique montre que les pièces analysées se trouvent dans la zone d'inconfort du 8h du matin jusqu'au 18h du soir dans le jour le plus chaud de l'année.

Donc l'objectif et la solution la plus fiable c'est de créer un système d'ombrage assez performant pour diminuer la température intérieure.

### Analyse thermique des pièces après l'application d'un système d'ombrage "les ailettes verticales" ainsi que l'utilisation du triple vitrage

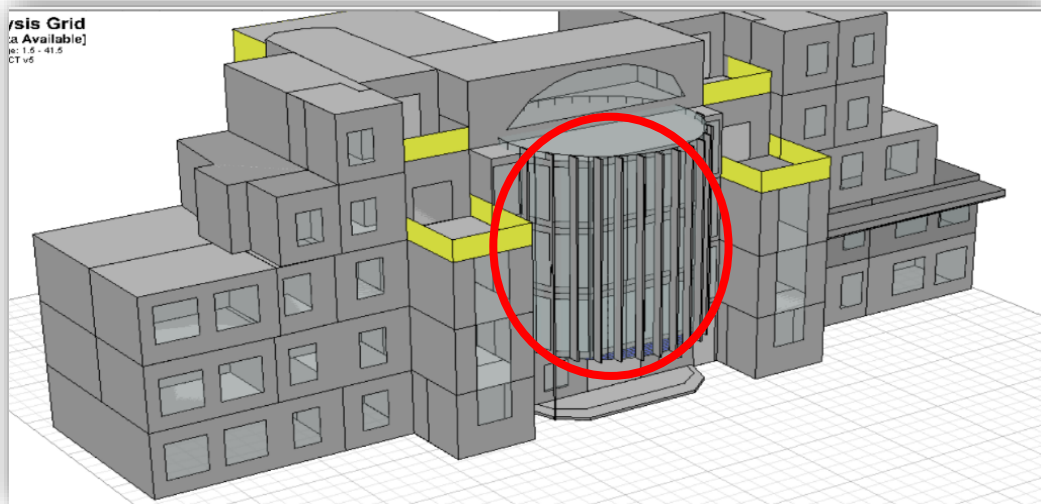


Figure 79 : Centre des impôts à Guelma après l'utilisation d'un système d'ombrage (Source : auteur)

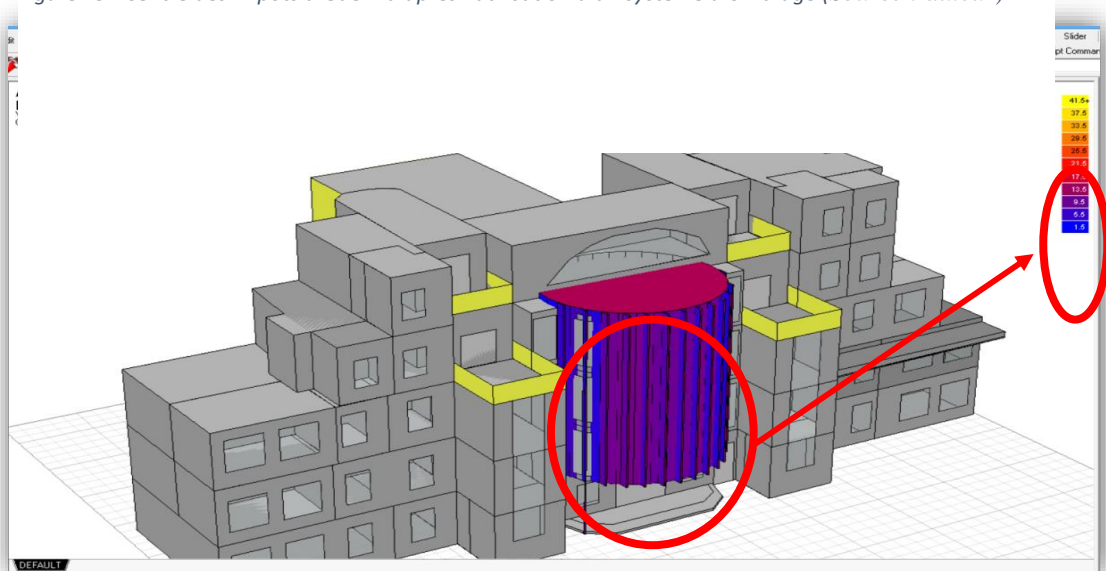


Figure 80 Centre des impôts à Guelma après l'analyse thermique après l'installation du système d'ombrage

Source : auteur

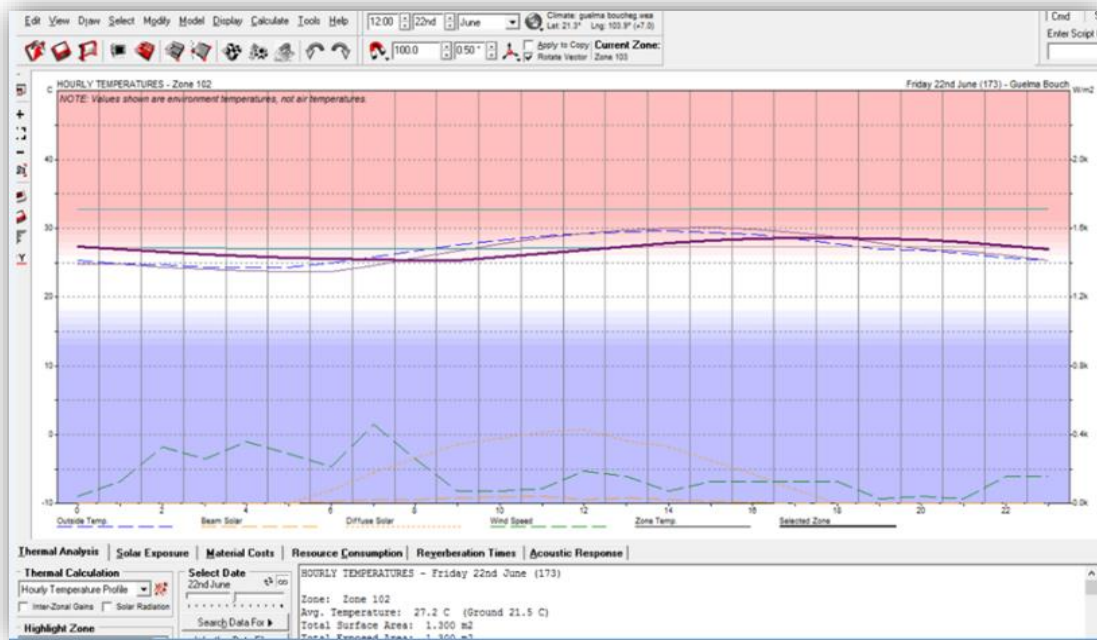


Figure 81 graphe qui montre la température de l'espace intérieur après l'installation du système d'ombrage

Source : auteur.

La figure montre que l'énergie absorbée par l'enveloppe extérieure est réduite par rapport à la précédente après l'installation du système d'ombrage qui rend l'espace intérieur plus confortable.

Après l'analyse thermique, la courbe montre une descente assez importante de la température intérieure du 34°C à 28°C donc une différence de 6°C dans l'espace intérieur ce qui produit un milieu de travail plus commode et plus confortable ; cette valeur va rendre l'espace plus performant en matière d'énergie.

## Conclusion

La simulation numérique basée sur l'efficacité thermique de la construction.

Nous avons conclu, l'influence des différents inconstants étudiés sur le rayonnement solaire qui a reçu par le bâtiment et pénétrant à l'intérieur. Valeur de ce rayonnement est en relation directe avec l'augmentation ou la limitation des valeurs de la température intérieure qui influence directement sur la conservation du confort thermique.

Effectuer une interprétation des résultats obtenus pour des recommandations afin d'améliorer le confort thermique dans la construction en augmentant l'efficacité thermique.

## **Chapitre 04 : processus de conception : projet centre multifonctionnel :**

### **Introduction :**

Dans ce chapitre on va faire une analyse on va faire une analyse des exemples afin d'obtenir le programme de notre projet ainsi que l'analyse de terrain d'implantation pour ressortir les caractéristiques du terrain et puis on détermine le schéma de principes de notre projet.

### **I- Analyses des exemples :**

#### **I-1 Example 01: Park Mall "Sétif » :**

On a favorisé ce projet car c'est l'exemple le plus récent et le plus motivant en Algérie, par son classement, sa modernité et son architecture gigantesque.

#### **I-1-1Présentation du projet :**

Présenté comme le plus grand complexe commercial et de loisirs du pays, le Park Mall de Sétif, situé en plein centre de la ville, comprend, entre autres, un gigantesque centre d'affaires avec une multitude de boutiques pour le shopping et de bureaux d'affaires.



Figure82 : :park mall Sétif (en chantier)

<b>Fiche technique</b>	
Nom du projet	Park mall
Type de projet	Centre d'affaires et de commerce
Surface	14 hectares
Maitre d'ouvrage	Promo Bâti
Assistant maitre d'ouvrag	GEMO bâtiments et infrastructures
Entreprise	KAYI internationale (turk)
Architecte de conception	Arte charpentier architectes (France)
Architectes d'exécution	ARCREA design architecte et interio design(France)
Bureau d'étude structure	Bureau d'étude technique and enginnering
Bureau d'étude technique	NET muhendislik (Istanbul)

#### **I-1-2 Situation du projet :**

Le projet s'élève en plein cœur de la ville de « Sétif ».

Il est situé le long de l'avenue de l'ALN, entre la Wilaya à l'est et le grand parc d'attractions à l'ouest.



Figure 83 situation du Park Mall Sétif (google earth)

### **I-1-3 Principes de conceptions :**

#### **Composition spatiale extérieure :**

- Salle de conférences
- Centre d'affaires « Commerce, loisir, détente, affaire et hébergement »

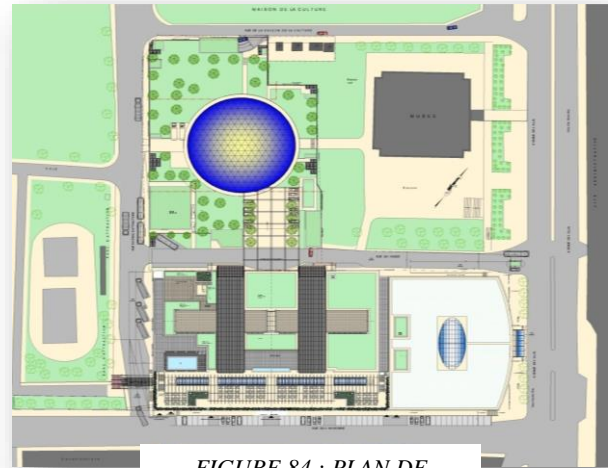


FIGURE 84 : PLAN DE MASSE (auteur)

### **I-1-4 Aspects intérieur :**

Les parkings de 5 niveaux au sous-sol et sous la salle de conférences, d'une capacité globale de 1 400 véhicules, autrement dit, plus de 300 voitures par niveau pour les locataires et les clients.



Figure 85 : PLAN DU PARKING(auteur)

S'imposant en véritable valeur ajoutée, ce Park Mall est à la fois un centre d'affaires, de shopping et de loisirs. Il comporte, à sa base, un centre commercial de dimension internationale, avec plus de 41 250 m<sup>2</sup>.

Une tour de bureaux de 18 étages et d'une surface de 13 650 m<sup>2</sup> sera dédiée aux bureaux et services. Les 5 derniers étages de <sup>1</sup>cette dernière abriteront une vingtaine d'appartements haut standing de près de 200 m<sup>2</sup> chacun. Les 8 autres étages devront abriter pas moins de 28 bureaux d'affaires et services.

La deuxième tour de 17 étages abritera un grand hôtel 4 étoiles de 192 chambres de la prestigieuse chaîne internationale Marriott

Sous forme de coupole, un palais des congrès de 900 places

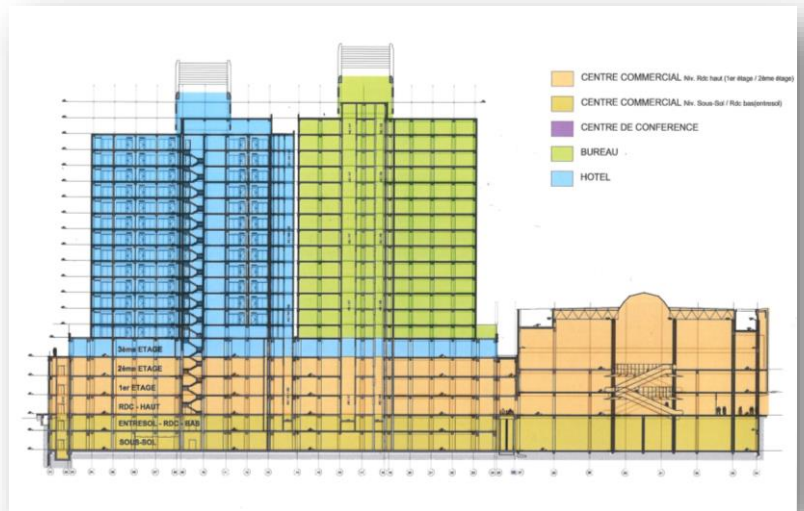


Figure 86 : Coupe longitudinale du Park mall (auteur)

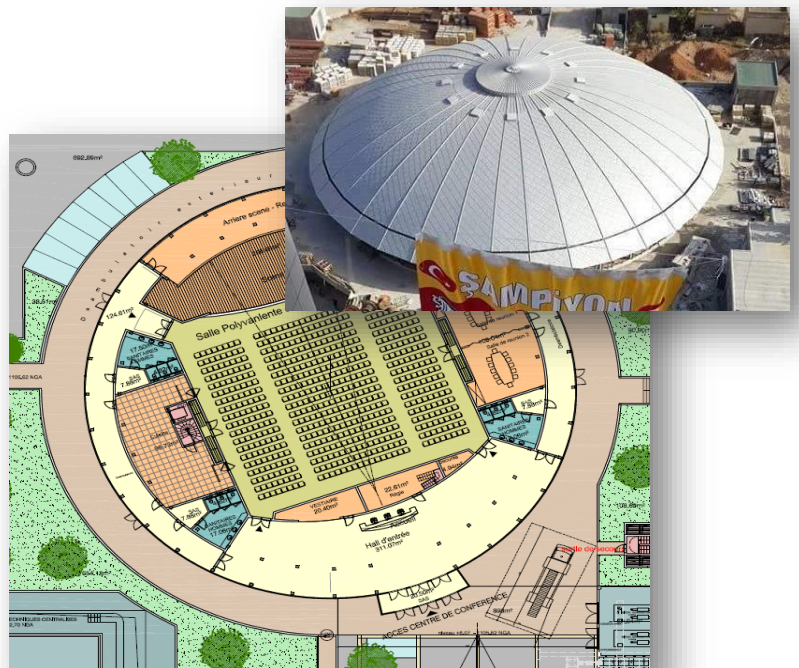


Figure 87 Plan de la salle de conférences (auteur)

<sup>1</sup> [www.elkhadra.com/fr](http://www.elkhadra.com/fr)

Un centre commercial de 5 étages (le 1er étage est occupé par un l'hypermarché UNO du groupe Cevital). Le 2e étage est réservé pour une salle de bowling de 2 138 m<sup>2</sup> avec 2 pistes pour les enfants et 8 autres pour les adultes, le 3ème étage contient 95 enseignes. Le 3e étage est destiné aux loisirs, 7000 m<sup>2</sup> de jeux pour enfants et adultes, dont une patinoire de 400 m<sup>2</sup>. Le 4e étage sera occupé par 13 restaurants qui auront des vues sur la ville.



Figure 88 : centre commercial (auteur)



Figure 89 : Plans d'étages du commerce (auteur)



Figure 90 : Plans des tours de bureaux et d'hôtel(auteur)



Pour assurer une fluidité des déplacements à l'intérieur du mall, pas moins de 25 ascenseurs, dont 2 panoramiques, et 16 escaliers mécaniques ont été prévus<sup>2</sup>.

### **I-1-5 Aspects extérieurs :**

#### **Composition volumétrique du projet :**

Une combinaison de plusieurs parallélépipèdes avec une touche de modernité par les arrêts tronqués et par matériaux constitutifs qui donne une valeur esthétique extraordinaire.



Figure 91 : circulation verticale (escaliers mécanique, auteur)



Figure 92 volume du Park Mall (auteur)

Le design extérieur appliqué à l'aide de revêtements muraux, les carreaux de fenêtres et l'élément tronqué avec une coiffe peuvent également définir des surfaces, à l'échelle de l'impact, transmettre un style de conception, et ajouter un intérêt visuel à un espace.



Figure 93 façade principale du Park Mall (auteur)

La texture appliquée sur les façades exprime la qualité du projet et ses fonctions différentes, et lui donne un caractère particulier à l'environnement.

### **I-1-6 Système constructif :**

Un système constructif composé d'un ensemble d'éléments linéaires horizontaux "poutres ou traverses" et verticaux "poteaux ou montants". Les murs de revêtements sont en brique crue<sup>3</sup>.



Figure 94 système constructif du Park Mall (auteur)

<sup>2</sup> [www.elkhadra.com/fr](http://www.elkhadra.com/fr)

<sup>3</sup> [www.elkhadra.com/fr](http://www.elkhadra.com/fr)

**I-1-7 Programme retenu :**

	les espaces	surfaces m <sup>2</sup>	nombre	surf sous-totale
<b>Entreprises</b>	entreprise petites	100	3	300
	entreprise moyennes	150	4	600
	les sanitaires (h/f) public	25	2	50
<b>Les agences</b>	agence de communication	250	1	250
	agence de voyage	100	1	100
	agence immobilière	100	1	100
	agence d'assurance	250	1	250
	agence de transport	100	1	100
	agence de publicité	100	1	100
	agence bancaire	250	1	250
<b>les bureaux</b>	grands bureaux	150	2	300
	petits bureaux	80	3	240
	Moyens bureaux	100	3	300
	bureaux médicaux	150	3	450
	laboratoire d'analyse médicale	150	1	150
	salle de conférence	150	1	150
	bureau directeur	30	1	30
	sécuritaire	20	1	20
	bureau de comptable	25	1	25
<b>Bureaux d'administrations Générales</b>	bureau de gestion	40	1	40
	salle de réunion	40	1	40
	archive	20	1	20
	sanitaire	30	1	30
	magasin de consommation	250	1	250
	magasin lux	150	6	900
<b>partie commerce</b>	Boutiques	80	7	560
	super marché	1200	1	1200

	Hall d'accueil	200	1	200
	kiosque	9	8	72
	aire d'exposition	300	1	300
<b>Loisir et détente</b>	restaurant	680	1	680
	cinéma	400	1	400
	sanitaires	30	2	60
	cafétéria	80	5	400
	salle de jeux	80	1	80
	espace de ski	300	1	300
	aqua Park	150	1	150
	Garde enfants	15	1	15
	Chaufferie	80	1	80
	Ventilation, climatisation	80	1	80
<b>locaux technique</b>	Électricité	80	1	80
	Cour de service			0
	vestiaires Sanitaires et	30	1	30
<b>parking</b>				

## **I-2 Exemple 02 : centre multifonctionnel Zorlu Istanbul :**

### **I-2-1 Motivation du choix de l'exemple :**

- C'est un centre à plusieurs fonctions intéressantes
- Avec une architecture moderne et écologique
- L'utilisation des techniques de la durabilité comme la végétalisation



Figure 95 : zorlu centre( [tripadvisor.com](http://tripadvisor.com))

### **I-2-2 Présentation du projet :**

Au cœur d'Istanbul, au carrefour de l'Europe et de l'Asie, un nouveau style de vie le site a été créé.

Le Centre Zorlu est le résultat de la coopération de deux architectes primés équipes. C'est le premier projet à usage mixte en Turquie qui remplit cinq fonctions différentes<sup>4</sup>.

### **Fiche technique**

Superficie : ca. 80.000 m<sup>2</sup>  
Année de construction : 2011-2013  
Architecte / Conception :  
EAA-Istanbul, Levent (Istanbul) et  
TABANLIOĞLU ARCHITECTS, Istanbul  
Architecte paysagiste:  
DS Mimarlık Dr. Deniz Aslan, Istanbul  
Entrepreneur  
Karaoğlu Peyzay Mimarlık Müh. Tic. Ltd.  
Şti., Istanbul  
Accumulation de système avec Floradrain®  
FD 40-E et FD 25-E et l'irrigation goutte à goutte  
Coordonnées:  
41 ° 4'0,14 "N 29 ° 1'1,48" E

<sup>4</sup> Site web : [www.tripadvisor.com](http://www.tripadvisor.com)

**I-2-3 Situation :**

Le projet s'éleve en plein cœur d'Istanbul, Turquie au carrefour de l'Europe et de l'Asie.

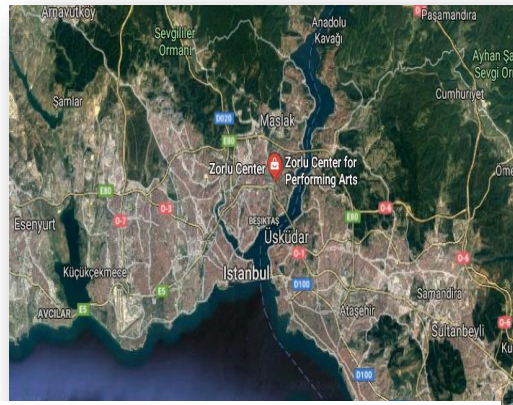


Figure 96 : plan de situation (Google Earth)

**1-2-4 Les repères :**

Le centre est situé à la jonction de la connexion européenne du pont du Bosphore (O-1) et de l'avenue Büyükdere qui mène au quartier central des affaires de Levent. Il contient Zorlu Center PSM, le plus grand centre des arts de la scène du pays, ainsi que le premier Apple Store du pays.




Figure 97 : les repères (Google Earth)

**I-2-5 Accessibilité :**

 Rue de Taksim et boulevard de Barbaros



 L'accès principale

 L'accès secondaire

 L'accès au parkings sous-sol et au métro



Figure 98 : accessibilité (Google earth)

R  
u  
e

d  
e

k

**I-2-6 Principes de conceptions :**  
**Composition Extérieur :**

-  Tours
-  Théâtre et salle de concert
-  Centre commercial, bureaux et appartements
-  Des jardins
-  Piazza

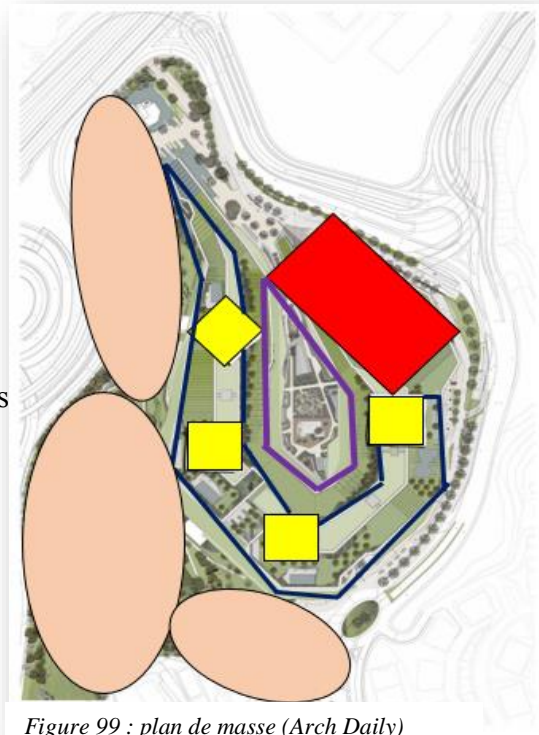


Figure 99 : plan de masse (Arch Daily)

Le centre est un groupe de quatre tours à cinq fonctions, comprenant une place publique, un complexe résidentiel et des bureaux. Le design est dit « façonné par une compréhension moderne de l'architecture », basé sur le concept d'une place de ville historique, incorporant « des lignes géométriques audacieuses qui encadrent le ciel, aussi bien que de grandes étendues de verdure ».

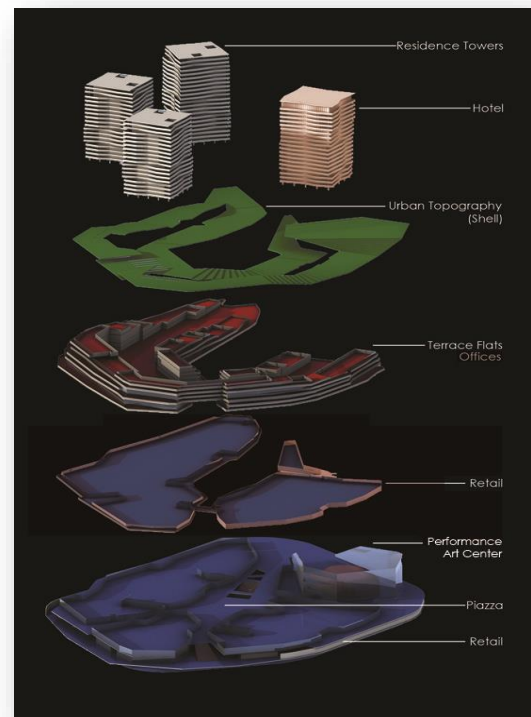


Figure 100 : composition volumétrique (Arch Daily)

Plus de 200 espèces végétales différentes, dont 68 espèces d'arbres, ont été plantées au sommet et autour du Centre Zorlu.



Figure 101 : les espaces verts (Arch Daily)

Les espaces verts intensifs avec leurs arbustes et arbres ainsi que les zones pavées de la cour ont tous été réalisés à partir de l'élément de drainage Floradrain FD 40-E, tandis que le toit vert extensif du théâtre est basé sur Floradrain® FD 25-E<sup>5</sup>.

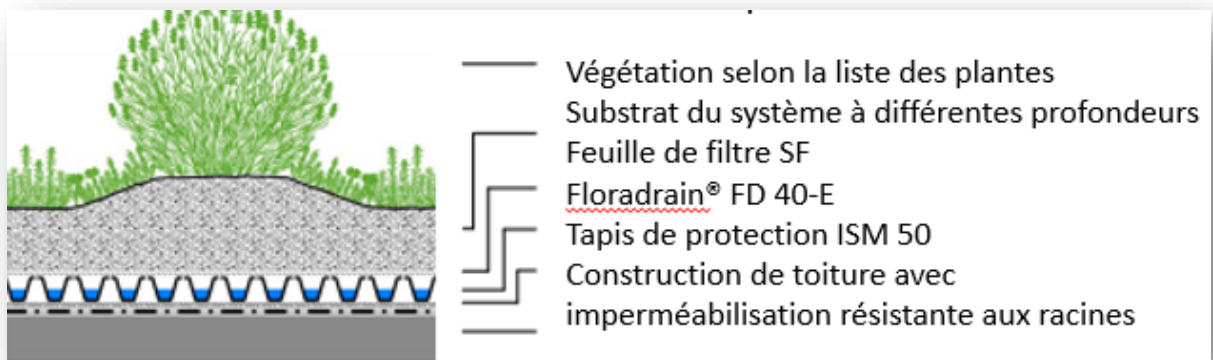
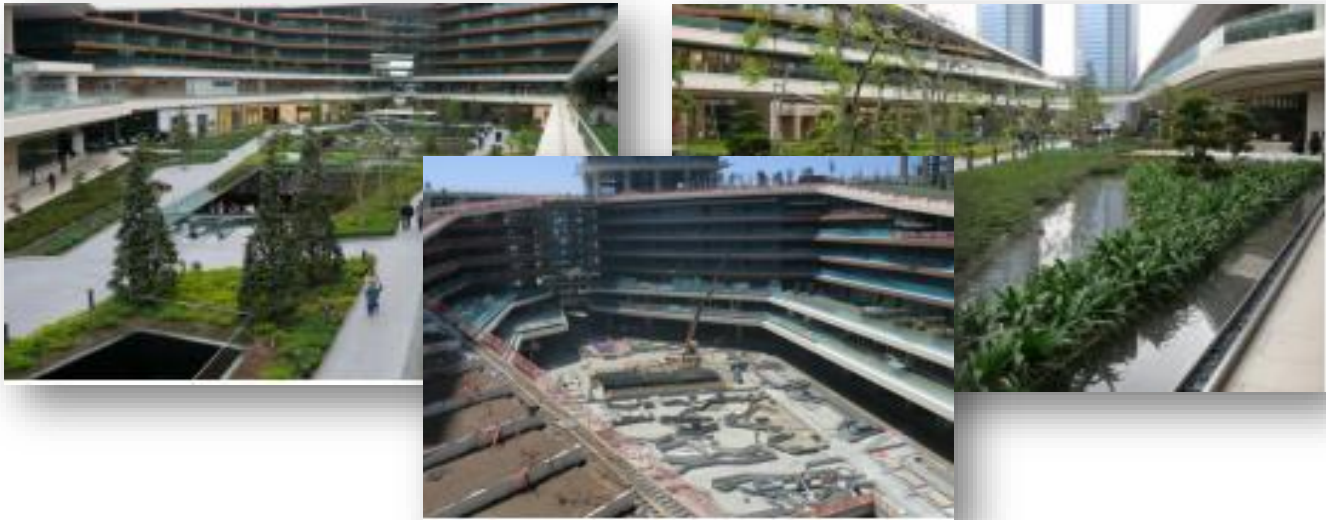


Figure 102 : les toits jardins (zinco-greenroof.com)

<sup>5</sup> Site web: [www.zinco-greenroof.com](http://www.zinco-greenroof.com)

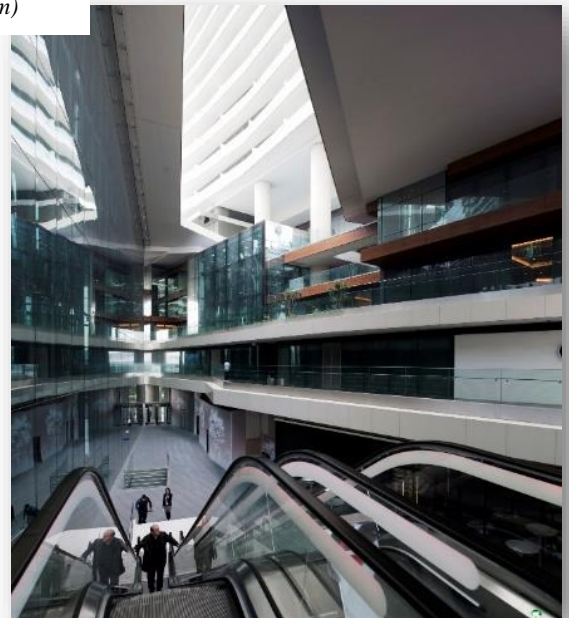
L'installation des zones de plantation et des zones piétonnières et des cours d'eau a commencé alors que les travaux de construction du Centre Zorlu étaient toujours en cours.



*Figure 103 : les zones de plantation et les cours d'eau (zinc-greenroof.com)*

La place principale est directement reliée aux parkings souterrains et aux transports en commun par des escalators.

Le garage de stationnement de cinq étages est situé dans le sous-sol ainsi qu'un métro tunnel piétonnier reliant le Centre Zorlu aux transports en commun.

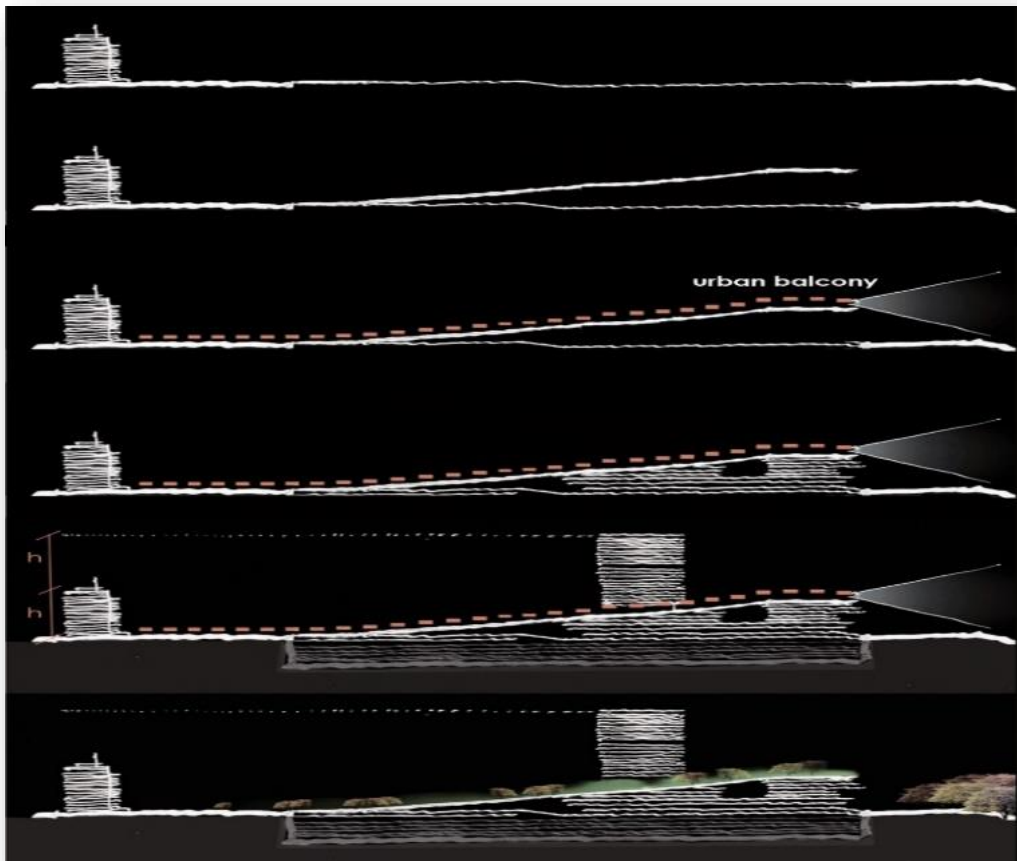


*Figure 104 : les escaliers mécaniques (zinc-greenroof.com)*



### I-2-7 La forme et intégration au terrain :

Le sol est reconstitué par une interprétation topographique, avec une sorte de coque qui se transforme en couche intermédiaire entre les différentes fonctions combinées dans le complexe. La coque commence au niveau du boulevard, avec une place publique au point de rencontre avec la ville, et s'élève vers le sud et l'est. Il est divisé en deux bras séparés par des différences de niveau, afin de surmonter la dichotomie entre le privé et le public. La route intérieure, la topographie publique atteint les 28m. Balcon urbain supérieur avec la merveilleuse vue sur le Bosphore. La bague extérieure se termine avec une hauteur de 32m créant la topographie privée des unités résidentielles.



*Figure 105 : intégration de projet selon la topographie du terrain (Archi Daily)*

## **I-2-8 Aspect intérieurs :**

### **I-2-8-1 Les entités :**

Zorlu Center PSM, le plus grand centre des arts de la scène de la ville, a été développé et créé par Nederlander Worldwide Entertainment. Il dispose d'un théâtre de 770 places ainsi que d'une salle de concert de 2 300 places. Le Raffles Istanbul Hôtel & Spa a ouvert ses portes en septembre 2014. Le centre commercial abrite également de nombreux restaurants et cafés, dont le restaurant italien Eataly, l'italien Jamie's et le Tom's Kitchen<sup>6</sup>.

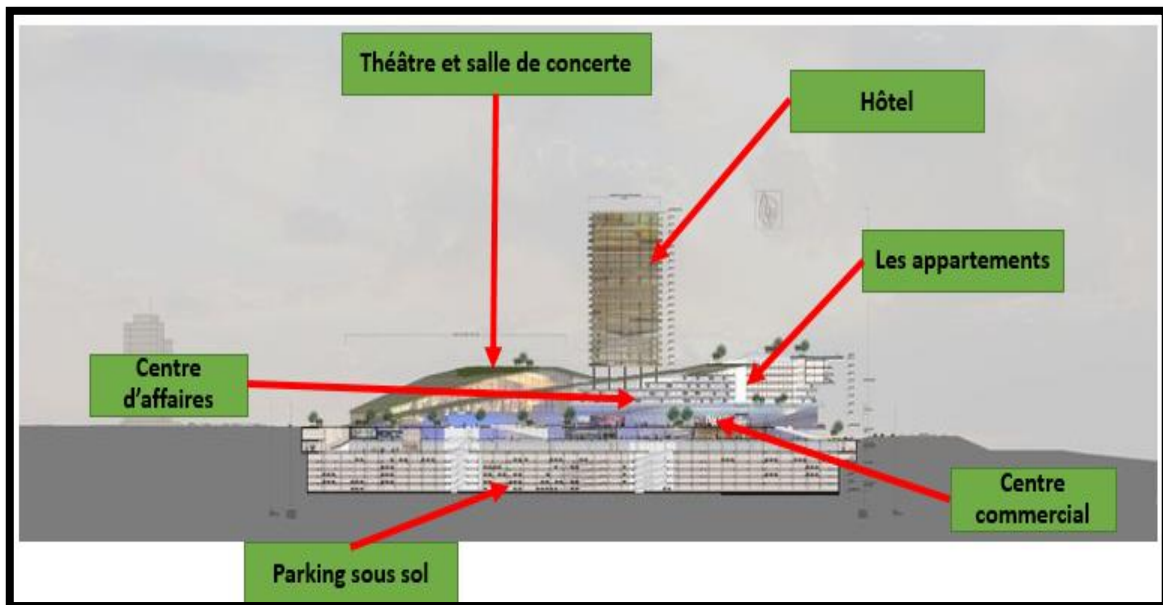


Figure 106 : les entités de projet (ArchDaily)

---

<sup>6</sup> Site web : ArchDaily

### **I-2-8-2 Les plans :**

Les parkings de 5 niveaux au sous-sol et sous la salle de conférences, d'une capacité globale de 1 400 véhicules, autrement dit, plus de 300 voitures par niveau pour les locataires et les clients.



*Figure 107 : plan sous-sol (Archi Daily)*

Le Zorlu Center abrite un théâtre musical pour 2 300 invités, un centre commercial avec environ 180 magasins disposés autour d'un grand carré.

Le centre commercial contient plus de 200 magasins, 40 cafés et restaurants. Il contient des branches d'entreprises de luxe telles que Beymen, Atelier Rebul, Vakko, Cos, Moncler, Bulgari, Pomellato, Louis Vuitton, Fendi, Lanvin, Dior, Miu Miu, Burberry, Tory Burch, Michael Kors et Valentino, et le premier magasin Apple d'Istanbul (et du pays). Le plus grand magasin de Beymen dans le centre couvre quelque 10.000 mètres carrés (110.000 pieds carrés) remplis de « chaque article à la mode imaginable, du prêt-à-porter à de la haute couture, de la cosmétique aux accessoires pour la maison, de la mode masculine aux vêtements pour femmes, des accessoires aux livres et des stylistes qui ne sont pas disponibles ailleurs dans la ville ».



Figure 108 : étages de commerce (Archi Daily)

Il contient le restaurant Morini, appartenant au groupe AltaMarea, et sert une cuisine italienne et méditerranéenne sous la direction du chef Michael White. L'Atelier Rebul est exploité par Rebul, la plus ancienne pharmacie de la ville, et est une boutique vendant des produits de beauté spécialement conçus, y compris la lavande, le thé vert ou le jasmin.

Juste au centre, au niveau du Boulevard est la Piazza entourée par les unités de vente au détail, qui s'efforce de créer un espace public alternatif. La salle de concert de 2500 personnes dispose d'une entrée amphi dans le prolongement de la place publique et de la Piazza, qui offre un espace semi-fermé pour des spectacles alternatifs.

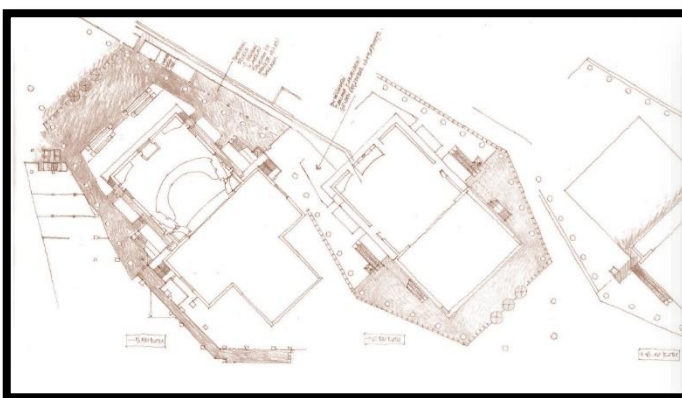


Figure 109 : plan du théâtre (Archi Daily)



Figure 110 : piazza (Archi Daily)

Un espace de bureau exceptionnel avec terrasses privées et résidences pour discerner des familles

Les appartements de terrasse sous la coque, sont équipés de grands jardins au premier niveau, et avec de grandes terrasses sur les niveaux supérieurs bénéficiant de la vue sur le Bosphore. Ils sont atteints par l'atrium linéaire en plein air, assez riche, éclairé et joyeux. Le reste des unités résidentielles forment trois tours identiques, détachées de la coque avec "piloti" et leur formation structurelle continue les projections horizontales des appartements de la terrasse, sans se transformer en éléments symboliques du complexe.

Les quatre tours accueillent un hôtel appartenant à la chaîne de luxe "Raffles",



Figure 111 : plans des bureaux (Archi Daily)



Figure 112 : Tours des appartements et hôtels (Archi Daily)

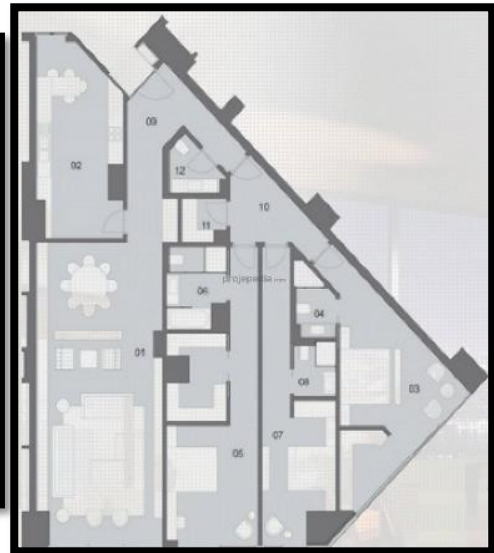
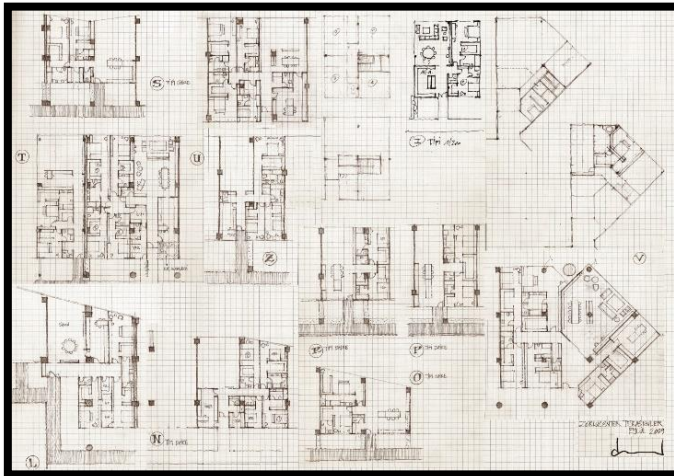


Figure 113 : plan des appartements (Archi Daily)

**I-2-9 Programme retenu :**

Espaces	Informations
Salle de conférences	Capacité de 2500 personnes
Parking	1400 places (5niveaux )
Centre commercial	40 restaurants 200 magasins
Tours	4 tours Hôtels +appartements
Centre d'affaire	Bureaux Agences Entreprises

**II- Programme du projet :**

D'après l'analyse des deux exemples on a retenue le programme suivant :

Unité	Espace	Surface en m2	Nombre	Surface total
<b>Entreprise</b>	<b>petites entreprises</b>	<b>150</b>	3	450
	<b>moyennes entreprises</b>	<b>200</b>	5	1000
	<b>grandes entreprises</b>	<b>350</b>	5	1750
	<b>les sanitaires(h/f) public/privé</b>	<b>25</b>	30	750
				3950
<b>Les agences</b>	<b>agence de télécommunication</b>	<b>190</b>	<b>1</b>	190
	<b>agence de voyage</b>	<b>150</b>	<b>1</b>	150
	<b>agence immobilière</b>	<b>170</b>	<b>1</b>	170
	<b>agence location divers</b>	<b>190</b>	<b>1</b>	190
	<b>Agence de comptabilité</b>	<b>150</b>	<b>1</b>	150
	<b>agence publicitaire</b>	<b>270</b>	<b>1</b>	270
	<b>agence bancaire</b>	<b>300</b>	<b>1</b>	300
				1420
<b>Les bureaux</b>	<b>grands bureaux</b>	<b>190</b>	<b>7</b>	1330
	<b>petits bureaux</b>	<b>70</b>	<b>6</b>	420
	<b>Moyens bureaux</b>	<b>90</b>	<b>7</b>	630
	<b>Cabinet médical</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	120
				2500
<b>bureaux d'administrations générales</b>	<b>bureau directeur +secrétaire</b>	<b>150</b>	<b>1</b>	150
	<b>bureau de comptable</b>	<b>50</b>	<b>1</b>	50
	<b>bureau de gestion</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	100
	<b>salle de réunion</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	100
	<b>archive</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	27

	<b>sanitaire</b>	<b>30</b>	<b>1</b>	30  457
<b>partie commerce</b>	<b>magasins luxes</b>	<b>130</b>	<b>13</b>	1690
	<b>Boutiques</b>	<b>80</b>	<b>43</b>	3440
	<b>super marché+électroménagers</b>	2700	1	2700
	<b>kiosque</b>	6	12	72
	<b>aire d'exposition</b>	100	3	300
	<b>Sanitaires et vestiaires</b>	30	4	120
				8322
<b>Loisir et détente</b>	<b>Restaurant</b>	700	1	700
		1050	1	1050
	<b>Salle de conférence</b>	30	9	270
	<b>sanitaires</b>	80	3	240
	<b>cafétéria</b>	800	1	1000
	<b>salle de jeux</b>	120	1	120
	<b>Patinoire</b>	560	1	560
	<b>Librerie</b>	200	1	200
	<b>Garderie d'enfants</b>			4140
<b>locaux techniques</b>	<b>Chaufferie</b>		2	Sous sol
	<b>Ventilation, climatisation</b>		2	
	<b>Electricité</b>		2	
	<b>stockage</b>		3	
<b>Parkings et air de jeux</b>				Sous sol



### III- Analyse de site :

#### III-1 Présentation de la WILAYA 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), outre la proximité du territoire Tunisien à l'Est. Comptant 460.918 habitants (Année 2001), elle couvre une superficie de 3.686,84km<sup>2</sup>



Figure 114 : situation de la ville de Guelma (auteur)

#### III-2 Situation de terrain d'implantation :

Le terrain se situe à l'ouest de la ville de Guelma, délimité par des habitations individuelles au nord et à l'ouest, par la caserne à l'est et par l'université 08 mai 1945 au sud.

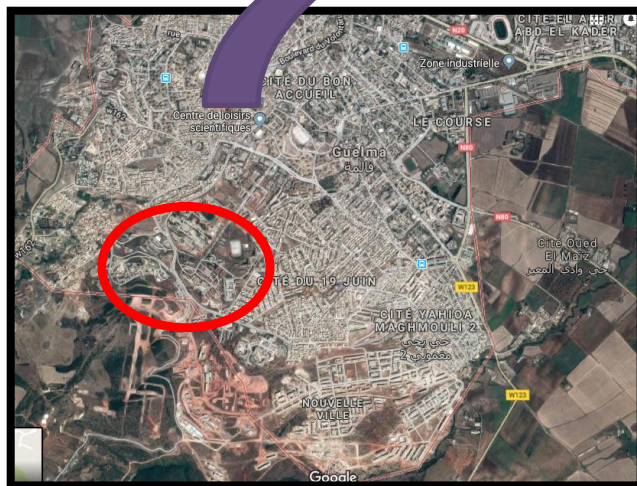


Figure 115 : situation de terrain d'implantation (Google earth)

### III-3 Les points de repères :

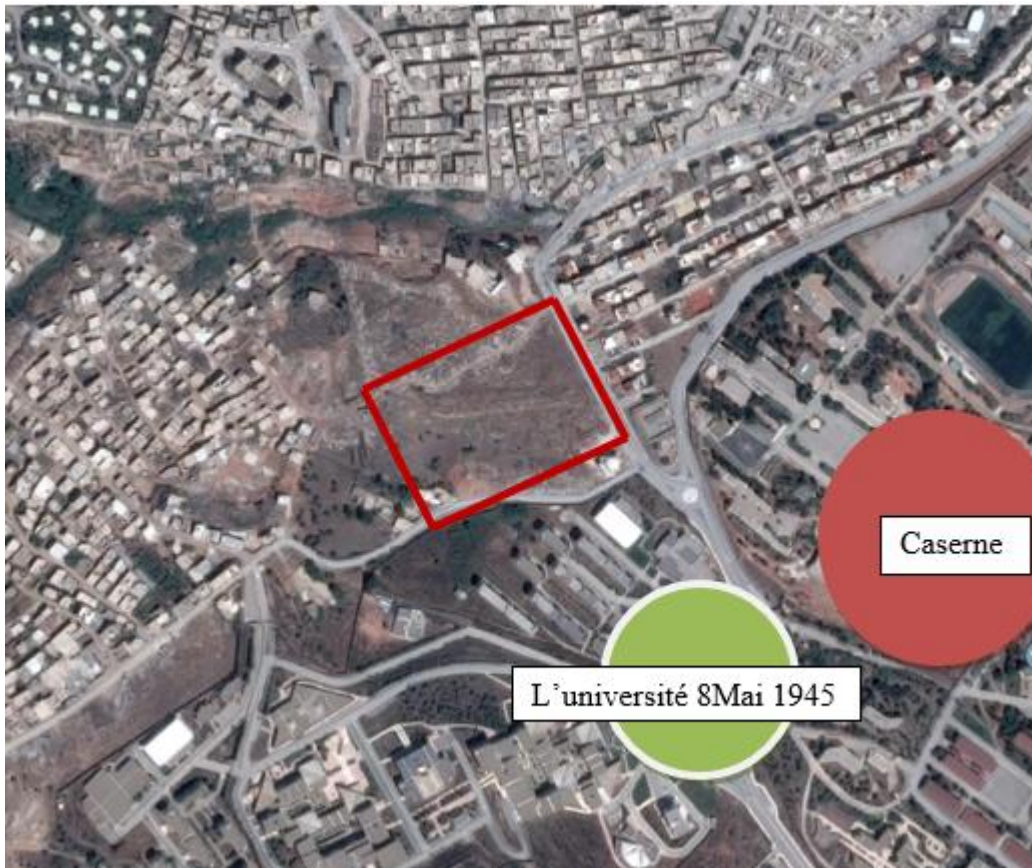


Figure 116 : les repères (Google earth)

### III-4 Accessibilité et circulation :

- Le terrain est bien accessible, donne sur une route principale et l'autre secondaire ainsi qu'une piste
- Circulation piétonne d'un flux moyen
  - Le terrain a une forme rectangulaire, d'une surface de 32 290 m<sup>2</sup>
  - Le terrain est bien ensoleillé

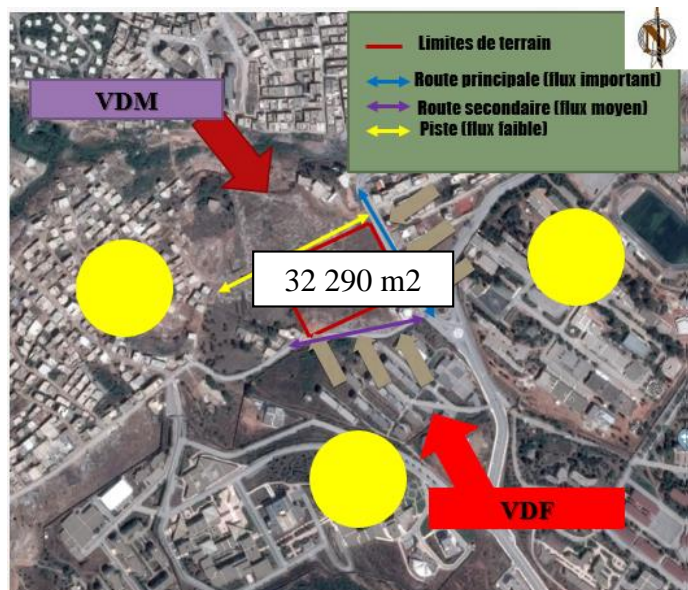


Figure 117 : accessibilité et circulation (auteur)

### III-5 La topographie :

Notre terrain est colinéaire avec une Pente De 18.00 %

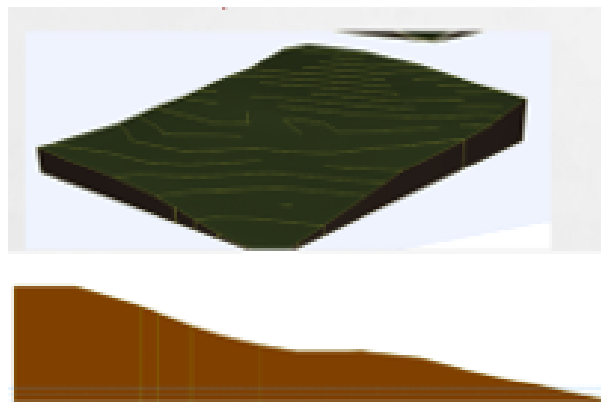
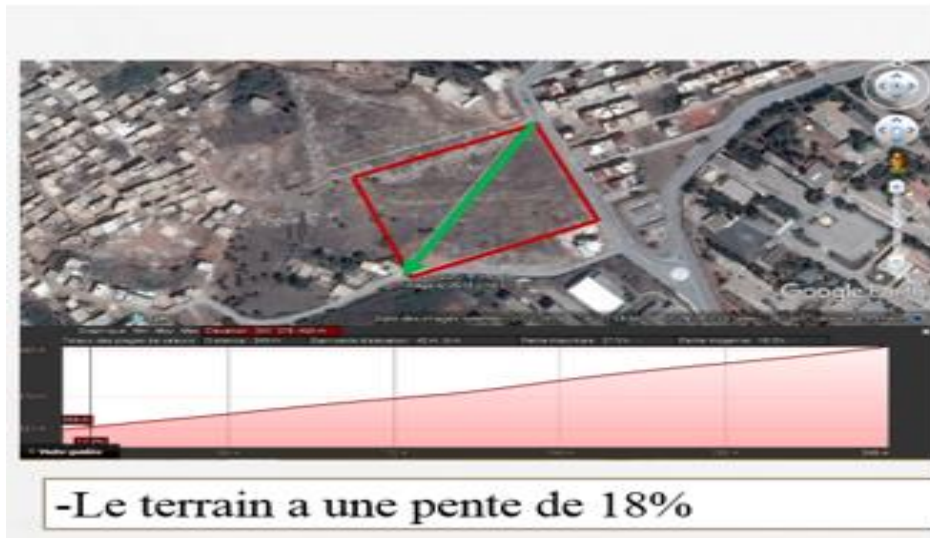


Figure 118 : topographie du terrain (auteur)

### VI- Schéma de princij

#### VI-1 Terrassement et forme :

Étape 01 : j'ai devisé le terrain en deux parties :

La partie basse et la partie haute, les deux parties sont séparé selon deux critère à savoir les activités de projet et la topographie du terrain.

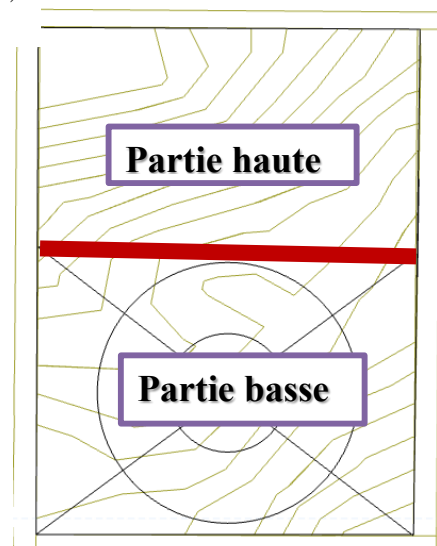


Figure 119 : étape 01

Étape 02 et 03 : l'intersection des deux axes principaux de la partie basse a donné lieu un élément centrale d'une forme circulaire et qui représente le centre commercial. Cet élément entouré par un autre cercle avec un soustraction d'une partie, ce dernier représente la partie de loisir, les deux éléments sont séparés par un patio aménagé.

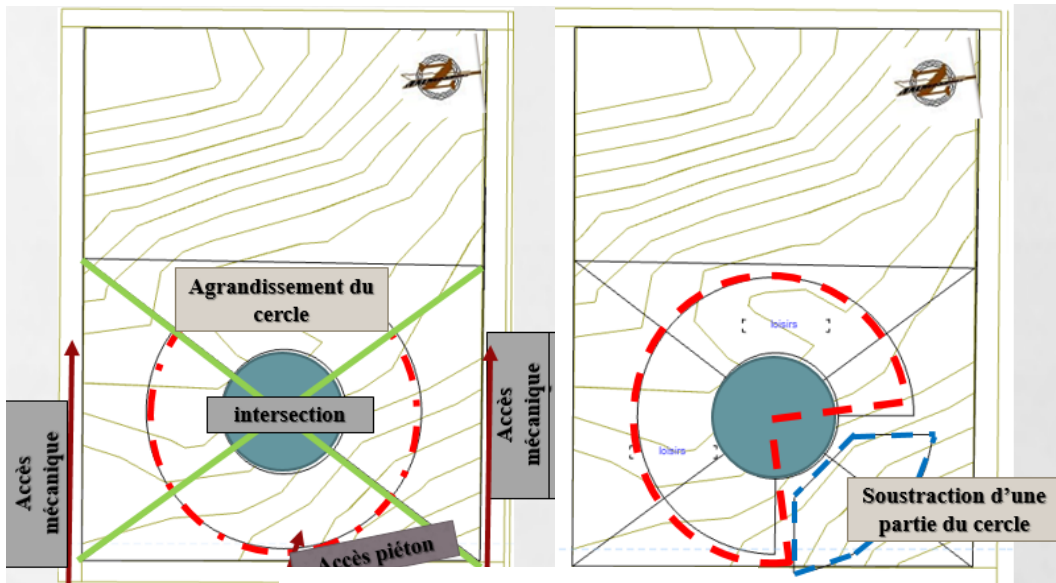


Figure 120 : étape 02 et 03

Etape 04 et 05 :

Dans la partie haute, j'ai projeté le centre d'affaire avec une forme qui est en harmonie avec le reste du projet, il est implanté dans la partie haute pour permettre une vue panoramique. Les deux parties sont reliée par un passage aménagé, pour permettre l'accessibilité entre les blocs.

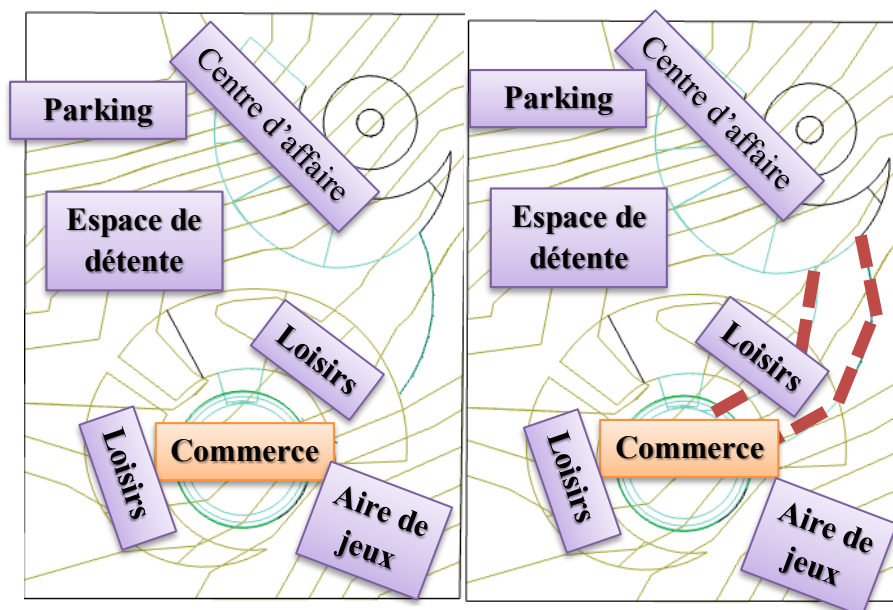
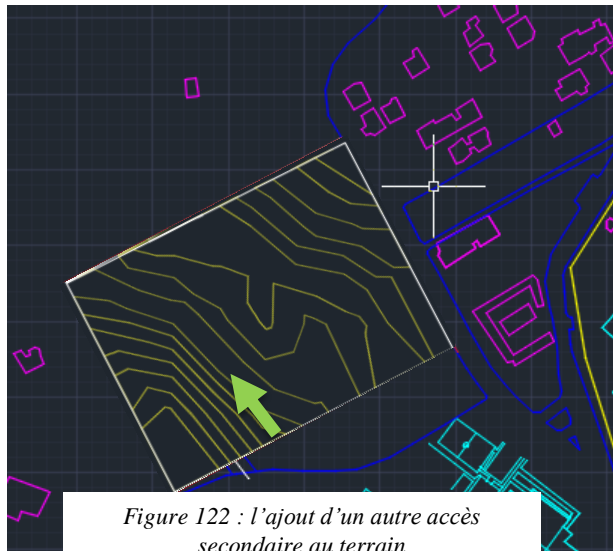


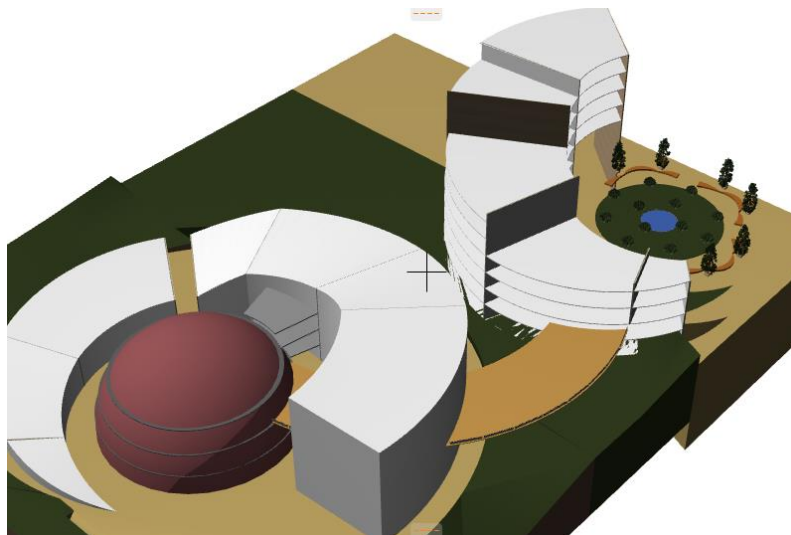
Figure 121 : étape 04 et 05

Concernant l'accessibilité au projet et en outre du maintien des voies existantes, j'ai créé une autre piste secondaire qui permette une fluidité de circulation.

Vue la nature de terrain accidenté et afin de préserver le paysage, j'ai opté pour des terrassements seulement au niveau de bâti ainsi au niveau des aménagements extérieurs qui sont l'aire de jeux, l'espace de détente et le parking du centre d'affaire.



## **VI-2 : volumétrie :**



Au niveau de volume, le centre commercial à une forme demi sphérique, j'ai choisi cette forme tenant compte des avantages qu'elle présente dont :

- Une excellente ventilation au niveau du centre commercial.
- Un espace infini et visible
- Une résistance à la tempête, aux tremblement de terre, à la neige et le vent.

Pour les volumes, l'inclinaison et la dégradation sont faites pour des raisons esthétiques et permettre une belle vue, et la même raison pour les deux axes suspendus.

### **VI-3 Façades et technique utilisées (aspect écologique)**

#### **Structure et matériaux :**

- Structure Métallique pour plusieurs avantages dont, la grande souplesse, la préfabrication de la construction, la résistance et la solidité, construction de qualité, la durabilité, recyclage 100% et aucun rejet dans la nature
- Préfabrication lourdes (béton écologique) : solidité, stabilité, rapidité, résistance et isolation.



Figure 125 : structure métallique (auteur)



Figure 126 : préfabrication lourde(auteur)

#### **Les façades :**

Revenant à notre résultat concernant les solutions au niveau de façades vitrées et leur impact sur le confort thermique des équipements publics, j'ai choisi les solutions suivantes :

- L'utilisation des murs rideaux avec un verre trempé à double vitrage
- L'utilisation du 2<sup>ème</sup> peau (moucharabieh moderne comme brise solaire)
- La façade intelligente (système d'ombrage avec des ailettes verticales cinétiques)

### **Revêtements :**

- Utilisation de la peinture sans COV, des adhésifs à base d'eau et des meubles intégrés en bois massif.
- Les revêtements de planchers seront en pierre naturelle installée avec un adhésif à base d'eau.

### **Isolation :**

- Au niveau des planchers on utilise le liège
  - La laine de roche est aussi une excellente option d'isolation. La laine de roche est faite à base de basalte (une roche volcanique) et en plus d'être un excellent isolant thermique et acoustique, elle est incombustible, hydrofuge et perméable à la vapeur d'eau (isolant pour les murs extérieurs et les cloisons intérieurs)
  - Pour les planchers on utilise le liège
- le polyuréthane giclé est une solution écologique très avantageuse à l'extérieur du bâtiment comme à l'intérieur des fondations. Le produit choisi devrait être composé de plastique recyclé, d'huile et de résidus de soya. Cet isolant constituera assurément une enveloppe de bâtiment saine, efficace et durable.

(Pour les fondations)

### **Toiture :**

Pour les toits jardins, je propose un type de végétation extensive (il est plus économique, renforce l'isolation du toit) avec des plantes grasses type SEDUME (gazon, arbuste,), ils sont très résistants et n'ont pas besoin d'être arrosés régulièrement.



*Figure 127 : Plantes de sedum*

**L'utilisation de l'énergie renouvelable :**

Panneau solaire sur les toits (utilisation de l'énergie solaire)

**Les réseaux :**

- Tous les réseaux au niveaux du faux plafond –
- Recyclage des eaux usées et des eaux pluviales



## **Conclusion générale**

-Le vitrage doit être associé à l'isolation thermique. Plus le vitrage est isolant, plus les déperditions thermiques seront réduites et plus la température de la face intérieure du vitrage sera élevée, assurant ainsi le confort thermique pour une température de l'air intérieur plus faible.

- Avec l'assurance du confort thermique, l'inertie thermique permet une consommation énergétique réduite.

-l'intégration de la double paroi « à basse émissivité », dans l'éco-quartier est convenable à partir de la comparaison entre une paroi simple et celle-ci ou les résultats ont donné une efficacité de l'utilisation de la double paroi à basse émissivité à cause de l'amélioration de la température ambiante vers la zone de confort.

- Conception avec la paroi vitrée convenable dans un équipement publique en utilisant les différents éléments de protection, afin d'éviter un effet défavorisé est une démarche de la haute qualité environnementale

-le plan de projet final proposé s'adapte correctement avec les données climatiques du site d'étude.

## **Abréviation**

**PVB** : Le verre feuilleté

**HR** : Haut Rendement

**U** : Coefficient de transmission thermique

**VEP** Vitrage extérieur parcloisé .

**VEC** Vitrage extérieur collé.

**VEA** Vitrage extérieur attaché

**PVC** : polyvinyl chloride

**TP** la température moyenne des parois

**Ta** La température ambiante de l'air

**Trs** : la température résultante sèche

**RGPT** : La réglementation générale française pour la protection du travail

**Met** correspondant à l'activité métabolique d'un sujet assis au repos, 1 Met = 58 W/m<sup>2</sup>

**Sd** une surface de corps

**1clo** = 0,155 m<sup>2</sup>. °C/W) L'unité de **clo** correspond à l'isolement nécessaire au maintien de la balance thermique de l'homme sédentaire à 21 °C en air calme

**PV** panneau photovoltaïque.

# Bibliographie

# Annexe

## **Livres et ouvrages :**

- Manfred Hegger, Matthias Fuchs, Thomas Stark et Martin Zeumer « Construction et énergie - Architecture et développement durable», édition PPUR,2011,page 96 .
- Elisabeth Gratia, André De Herde « Thermique des immeubles de bureaux », Édition :1 juin 2006,01janvier 2006, page 289.
- Liebard, et A. De Herde, « Traite D'architecture Et D'urbanisme Bioclimatiques », Edition le Moniteur, Paris 2005.
- Malek Jedid et Omarane Benjeddou, « LA THERMIQUE DU BATIMENT : Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation », Editeur De Savoirs, Paris 2016.
- Givoni B. « L'homme, l'architecture et le climat » Editions du moniteur, France, 1978.
- « Habitat écologique : quels matériaux choisir », Ed. Terre vivante. 1998

## **Thèses et mémoires :**

- Moujalled, B. « Modélisation dynamique du confort thermique ». Thèse de doctorat présentée à l'institut des sciences appliquées de Lyon (France). 2007.
- Benhouhou Med Naim, « L'impact des matériaux sur le confort thermique, dans les zones semi-arides cas d'étude : la ville de djelfa », Mémoire de magister, l'EPAU, 17/06/2012.
- Gaouas Souad - Hafidi Ichraf « l'impact des surfaces vitrées dans les façades sur le confort thermique des immeubles bureaux » Mémoire de master 2014 / 2015
- Mazari Mohammed « étude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) ». Mémoire de magister, septembre 2012.

## **Les sites internet :**

- w&wGlass.LLC

-[www.unige.ch/cuepe/virtual\\_campus/module\\_building/\\_principes/page\\_04](http://www.unige.ch/cuepe/virtual_campus/module_building/_principes/page_04).

-<http://www.energieplus.com>

-L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

-<http://fecamp-services.com/blog/facades-vitrees>

- Site web : ArchDaily

- Site web: [www.zinco-greenroof.com](http://www.zinco-greenroof.com)

- Site web: [www.tripadvisor.com](http://www.tripadvisor.com)

- [www.elkhadra.com/fr](http://www.elkhadra.com/fr)

## **Documents divers et guide :**

-Idem

-Victor Candas directeur de recherche au centre d'étude de physiologie appliquée (cepa) centre national de la recherche scientifique (ups 858) -Strasbourg

- Victor Candas « confort thermique », Strasbourg, 14-09-2008

-La maison écologique, bimestriel consacré aux techniques et à l'actualité de l'éco construction, 1996

-Déoux S. et P., L'écologie c'est la santé, Editions Frison-Roche, Paris, 1993

-Isabelle BRUYERE, Les différents aspects du confort et le confort thermique, Formation Bâtiment Durable ,2014

-Données documentées de Bruxelles-environnement : [bruxellesenvironnement.be](http://bruxellesenvironnement.be), consulté le : 02/05/2015

-« ademe protection solaire » édition 2010

-Roulet C.- A., Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2004

-LECUYER P. et DESOMBRE F. « Guide de l'habitat écologique », Editions du Fraysse. 2004